徒然がなるままに

「放送電波の受信」

ほぼ一代記

追記：放送用の電波測定器

2021年（令和3年）10月28日

発行　デジタルインストラクター.COM

劔持　甫　著

執筆にあたり、各種文献や資料を参考に、また一部を引用させて頂きました。著者の方々および出版社各位に厚くお礼申し上げます。

本書中の製品名等は、一般的に各社の登録商標または商標です。

本書の内容は、著作権上の保護を受けています。著作権者、出版権者の文書による許諾を得ずに、本書の内容の一部、 あるいは全部を無断で複写・複製・転載することは、禁じられております。

まえがき

隔世の感

「隔世の感」は「時代がすっかり変わってしまったなという実感」(大辞林)と言う意味があるそうですが、我が人生のこの数十年間は振返って見るとまさに「隔世の感」がピッタリでした。

「つれづれなるまゝに、ひぐらし硯にむかひて、心にうつりゆくよしなしごとを、そこはかとなく書きつくれば、あやしうこそものぐるほしけれ。」(徒然草)に有るように、これから説明するその時々の事柄は、我が人生に於いて放送電波の受信に携わった、ほぼ一代記になります。このためタイトルを“徒然がなるままに「放送電波の受信」のほぼ一代記”と致しました。

21 世紀に入り、放送界には革命的な変化がもたらされました。その兆候は以前から少しづつ具現化しつつありましたが、ついに実現しました。それは 2000 年(平成 12)から開始された「デジタル放送」です。もう読者の殆どの方々がデジタルテレビを視聴しているでしょう。

20 世紀には電子機器等の多くが発明・開発され進歩しましたが、中でもテレビの発明は我々の生活を一変させ、瞬く間に全世界で普及した大きな出来事の一つと言えるでしょう。

ご存知のように、電子機器の内部では以前からデジタル化が進んでいます。もちろん、放送機器の分野でもデジタル化が進んでいましたが、これはアナログ信号を「0,1」に変換する事を目的としてデジタル化しています。例えば、デジタル技術を使った EDTV(Extended Defnition TV)や IDTV(Improved Definition TV)さらに MUSE ハイビジョン TV(Multiple Sub-Nyquist Sampling EncodingHDTV)などはその例です。

しかし、デジタル放送では、「符号化」という概念が導入され、単なる「0,1」のデジタル化だけではなく、これらの組合せでデジタル信号を構成(符号化)することにより、より効率的に信号を伝送することが出来るようになりました。

デジタル放送は、2000 年 12 月に BS デジタル放送が、2003 年 12 月には地上デジタル放送が開始されました。また、110 度 CS 放送や CATV なども次々とデジタル化が進んでいます。これらのデジタル放送は、媒体の異なるメディア間の往来が容易に出来るように ISDB(統合デジタル放送)という規格で統一されています。

さらに、インターネットの出現によって、放送と通信の融合（連携）が進んでいます。今後もまだまだ新しいメディアが登場する事でしょう。

では、デジタル放送に変わったから、今までのアナログ技術が全く不要になってしまったのでしょうか。一例として、皆様が最後まで観ていたアナログテレビの画面の良さは S／N の値は 38dB（後述）で、デジタルテレビでもこの数値を使用します。

また、電波障害は、電波そのものはアナログ放送でもデジタル放送でも同じですから、電波伝搬の理論はそのまま使用できます。したがって、電波障害もアナログ放送のように発生します。

放送は大まかに、番組を作る（番組制作）、電波を送り出す（送信技術）、電波を受信する（受信技術）の各分野で構成されています。

筆者が従事した、放送の受信技術の仕事には、全国民の方々への新たなメディアの普及や人材育成と、クリーンな電波が受信機に届くよう電波障害の改善があります。最終的に視聴者が目にし、耳にするのはテレビ受信機でありラジオ受信機です。したがって、この受信機の性能次第で最終的な評価が決まってしまいます。（もちろん、番組の内容も大切ですが、画面がチラチラしていては、良い番組も台無しです。）

新たなメディアの普及には、まず筆者達が仕組みや理論を理解し、その上で技術講習会などで関連業界などの方々の技術力を向上して、お客様への説明や機器の修理などにつなげて行かなければなりません。また、電波障害は新たな電気器具の開発や高層建造物の建築など、次々と障害原因となるものが出現しています。これらに対応するための研究を欠かすことができません。

筆者は 1963（昭和 38 年）から 50 年以上に渡り、良い番組をきれいに視聴して頂けるように、電波を受信する「放送電波の受信技術」の仕事に携わってきました。これから、筆者が携わり経験してきた受信技術の変化（歴史）の一端をご紹介しましょう。

最後に、これらの内容は、筆者が経験したことを中心に、当時のメモなど参考に説明しますので、内容の中には、筆者の独断で解釈し記述した部分もありますので、ご理解下さい。

2021 年（令和 3 年）10 月 28 日

58 年前！ 入局した日を思い出しながら～　　筆者

目次

まえがき　- i -
目次　- iii -
第一章　テレビの世界へ　- 1 -
無線への眼覚め
第二章　1963 年（昭和 38 年）からの思い出　- 4 -
１．入局
＜エピソード＞　レコード盤のカッティング
２．配属後、測定器との出会い
３．放送用電波測定器を振り返る
（３－１）簡易な電界強度測定器
（３－２）雑音強度測定器　- 6 -
（３－３）スペクトラムアナライザ
４．ラジオから白黒テレビへ、さらにカラーテレビへ
５．雑音など電波障害との出会い　- 8 -
～コラム～　この頃の複写機　- 10 -
（５－１）同一チャンネル混信
（５－２）高周波ウエルダ　- 11 -
（５－３）テレビ受信機雑音防止用フィルタ　- 12 -
（５－４）蛍光灯雑音からの解放（低雑音蛍光管の開発）
（５－５）本物の幽霊（ゴースト）との出会い
（５－６）CB-C2 型雑音防止器による雑音防止　- 13 -
（５－７）ＶＨＦ帯の雑音防止器の開発
６．テレビ共同受信の始まり　- 14 -
（６－１）難視聴解消から電波障害対策、そして CATV へ　- 15 -
（６－２）集合住宅での共同受信設備の普及　- 16 -
（６－３）集合住宅への「BS」と「CS」の導入　- 18 -
７．テレビ受信機委託修理業務　- 19 -
８．卒業論文
９．初めての講習会講師
第三章　1970 年（昭和 43 年）代の思い出　- 21 -
１．新たな電波障害
（１－１）建造物障害
（１－２）フラッター障害との出会い
（１－３）東海道新幹線の車体による電波障害対策
（１－４）成田空港（現、新国際空港）フラッター対策　- 22 -
（１－５）雑誌に投稿
（１－６）オールチャンネル受像機における中間周波妨害の改善対策
２．新しい技術との出会い　- 23 -

（２－１）家庭用ビデオレコーダ
（２－２）FM 放送の始まり
（２－３）音声多重放送の開始 - 24 -
３．テレビジョン受信機修理技術者試験との関わり - 25 -
（１）実技試験の担当
（２）試験問題の作成
（３）資格制度の変遷 - 26 -
４．リモコン - 27 -
５．コンピュータとの出会い
（５－１）マイコンでの技術講習会、プログラム開発 - 29 -
６．単行本「NHK カラーテレビ受信技術」の執筆 - 30 -
第四章　1980 年（昭和 53 年）代の思い出 - 31 -
１．またまた、新たな電波障害
（１－１）建造物障害の予測精度向上
（１－２）ゴルフ場「防球ネット」による反射障害予測・改善
（１－３）不法無線による電波障害の横行 - 32 -
（１－４）電波雑音ハンドブックの刊行
２．衛星放送との関わり
（２－１）BS（アナログ）放送の開始 - 34 -
＜エピソード＞　ローカル放送に生出演
（２－２）ハイビジョン放送（MUSE 方式）の開始 - 35 -
（２－３）共同受信用「AM ヘッドエンド装置」の開発 - 36 -
（２－４）データ放送用ヘッドエンド装置及び CATV システムの開発 - 37 -
（２－５）信号対雑音比（C/N）と雑音指数（NF）
３．新しい放送の開始 - 39 -
（３－１）緊急警報放送
（３－２）中波同期放送調査
（３－３）IDTV、EDTV の始まり - 40 -
第五章　1990 年（平成 2 年）代の思い出 - 41 -
１．懸案の電波障害の抜本的改善
（１－１）懸案のＥスポ対策
（１－２）Ｅスポ対策
（１－３）発想の転換
（１－４）対策の実施 - 42 -
～コラム～　対策余話
２．「スペクトラムアナライザ」活用の始まり - 43 -
３．初めての北海道、札幌放送局へ転勤 - 44 -
４．災害は突然やってくる
５．また、スポラディクＥ層混信障害 - 46 -
６．CS デジタル放送の開始 - 47 -

７．各地での地域情報推進会議 - 48 -
第六章　2000 年（平成 12 年）代の思い出 - 49 -
１．アナログ放送からデジタル放送へ
（１－１）BS デジタル放送の PR
（１－２）本格的な衛星デジタル放送の開始
（１）BS デジタル放送 - 50 -
（２）BS デジタル放送の受信方法
２．㈶NHK 放送研修センター（NHK-CTI）へ転籍 - 51 -
（２－１）新・㈶NHK 放送研修センターへの引っ越し
（２－２）研修等の講師担当経歴（抜粋）
（１）ダイクロイックミラーによる光の分解 - 52 -
（２）同軸ケーブル障害,波長短縮率実験
（３）光ケーブル伝送損失の可視可
（４）各種同軸ケーブル接栓カットモデル - 53 -
（５）光ファイバ端面検査装置
（６）CATV 延長系システム装置
（７）集合住宅共同受信システム
（３－１）地デジ放送の開始前 - 54 -
（３－２）地上デジタル放送の遅延波測定システムの開発 - 56 -
（３－３）統合デジタル放送（ISDB）
（３－４）地上デジタル放送
（３－５）デジタル障害は、原因と症状が直接結び付かない - 57 -
４．世界のデジタルテレビジョンの標準方式 - 59 -
第七章　2010 年（平成 22 年）代の思い出 - 60 -
１．「デジタルインストラクター.COM」設立
２．新放送タワー・スカイツリー完成
３．電波障害防止功労者表彰 - 61 -
４．４Ｋ・８Ｋ試験放送開始
５．「テレビジョン受信機用真空管の歩み」の発行
（５－１）真空管コレクションと記録 - 62 -
（５－２）パソコンと真空管 - 63 -
（５－３）全テレビ回路図集「第１集～第６集」の分析 - 64 -
６．時代毎に購入した自宅用テレビ受信機
第八章　2020 年（令和元年）代の思い出 - 66 -
１．放送用電波測定器を振り返る-
（１－１）簡易な電界強度測定器
（１－２）雑音強度測定器
（１－３）スペクトラムアナライザ
２．ISDB 信号の測定 - 67 -
３．新たなメディア開始時の測定器

＜エピソード＞電波の測定
4．光信号測定器 - 68 -
第九章　関連資料編 - 71 -
1923 年（大正 12）　日本のテレビジョンの始まり（略史） - 72 -
1955 年（昭和 30）伊香保町における TV 共同受信方式の実験 - 75 -
1956 年（昭和 31）ラジオ・テレビジョンの雑音防止（A5） - 77 -
1956 年（昭和 31）標準放送受信障害防止器（JIS C6901,C6902） - 85 -
1958 年（昭和 33）テレビ共同聴視について(日立家電) - 88 -
1958 年（昭和 33）頃　ノイズレスコイルについて（A4） - 93 -
1960 年（昭和 35）頃　精密オフセットキャリアー方式 -104 -
1962 年（昭和 37）頃テレビ受信機雑音防止用フィルタ（A017 型） -108 -
1962 年（昭和 37）高周波ウェルダーの雑音防止（B5） -110 -
1965 年（昭和 40）高周波ウェルダ—用しゃへい室の作り方（A5） - 134 -
1967 年（昭和 42）受信技術資料、営業技術アイデア（B5） -136 -
1968 年（昭和 43）卒業論文・日本大学理工学部電気工学科(A4) -142 -
1968 年（昭和 43）TECHNICAL HANDBOOK FOR CATV SYSTEMS -174 -
1969 年（昭和 44）電気学会誌「雑音防止器」(B5) -181 -
1971 年（昭和 46）隣近所と付き合う法（A5） -184 -
1972 年（昭和 47）雑誌「電気店」、知っていると得をするチョットし知識 -191 -
1972 年（昭和 47）オールチャンネル受像機における中間周波妨害の改善対策 -212 -
1972 年（昭和 47）テレビ受信機アンテナ端子の変遷 -218 -
1973 年（昭和 48）雑誌「電気店」、カラーテレビジョン上級コース（B5） -219 -
1974 年（昭和 49）「日本の共聴を創った人々」有線放送とテレビ別冊号 -237 -
1975 年（昭和 50）CATV システム　テクニカル・マニュアル（A5） -240 -
1975 年（昭和 50）CATV 技術－施設設置の指針－(B5) -246 -
1975 年（昭和 50）家庭用ビデオテープレコーダ（発売） -253 -
1976 年（昭和 51）電気店　別冊 '76 オーディオショップ_1（B5） -256 -
1978 年（昭和 53）PET とは（B5） -275 -
1978 年（昭和 53）音声多重放送の受信方法 -280 -
1979 年（昭和 54）都市テレビ共同受信中規模システムの設計（A4） -281 -
1979 年（昭和 54）PET によるグラフィック入門、(B5) -286 -
1979 年（昭和 54）PET にカタカナを加えた「百人一首」プログラム（B5） -293 -
1979 年（昭和 54）「マイコンプログラム全集 1」10 月、（B5） -301 -
1979 年（昭和 54）NHK カラーテレビ受信技術（A5） -305 -
1979 年（昭和 54）電子チューナ,リモコンの原理と各社の方式(B5) -307 -
1981 年（昭和 56）建造物障害予測ガイドブック（B5） -315 -
1982 年（昭和 57）不法 CB 無線搭載状況実態調査 -369 -
1982 年（昭和 57）電気柵による電波障害 -378 -
1983 年（昭和 58）電波雑音ハンドブツク（A5） -386 -
1984 年（昭和 58）ゴルフ場「防球ネット」による反射障害 -403 -

1986年（昭和61）「EDTV,IDTVの現状と動向」（B5） -396-
1987年（昭和62）電気雑音対策ハンドブック（A5） -403-
1987年（昭和62）共同受信施設用「BS受信装置」の開発・試作 -408-
1988年（昭和63）机の上の情報源 -412-
1988年（昭和63）衛星放送の受信システムと画質（B5） -416-
1989年（平成元）EDTV-Ⅰ・Ⅱ（ワイドクリアビジョン）の開発 -429-
1991年（平成3）衛星放送再送信装置（EIAJ CPR-5201A） -432-
1991年（平成3）衛星放送再送信装置の測定方法（EIAJ CP-5202） -434-
1992年（平成4）スペクトラムアナライザ活用の手引き（B5） -435-
1993年（平成5）北海道受信技術情報誌「どさんこ」 -442-
1993年（平成5）アサヒグラフ緊急増刊「北海道南西沖地震」(B4変形) -457-
1993年（平成5）9月　北海道南西沖地震　受信対策 -469-
1993年（平成5）10月 災害対策を通して「放送局の営業活動」を考える -468-
1994年（平成6）画像圧縮したビート障害の再現性検討（B5） -470-
1997年（平成9）足立区地域情報化推進協議会委員（委嘱状）、足立区長 -473-
1997年（平成9）豊島区地域情報化推進委員（委嘱状）、豊島区長 -475-
1997年（平成9）千代田区ケーブルテレビ協議会委員(委嘱状)、千代田区長 -476-
1999年（平成11）スポラディクE層による異常伝搬とイオノグラム -477-
2000年（平成12）デジタルテレビジョンの購入 -479-
2000年（平成12） 地上デジタル放送（OFDM波）の遅延波測定システムの開発 -485-
2000年（平成12）～2017年（平成29） 研修・セミナー講師の記録 -488-
2001年（平成13）新（㈶）NHK放送研修センター -489-
2001年（平成13）BSデジタルデータ放送対応ヘッドエンド装置の開発 -490-
2001年（平成13）営業局担当局長賞 -492-
2001年（平成13）感謝状、㈳映像情報メディア学会（B5） -494-
2002年（平成14）デジタルネットワーク技術研修 -497-
2003年（平成15）スペクトラムアナライザの基本使用法（A4） -498-
2004年（平成16）テレビ信号の基礎（A4） -504-
2004年（平成16）デジタル放送技術理論(映像符号化)（A4） -581-
2004年（平成16）,2006（平成18）デジタル放送技術理論(誤り訂正) -583-
2004年（平成16）～2006（平成18）デジタル放送技術理論（変調） -585-
2005年（平成17）CATV関連企業向けスペアナ研修 -587-
2005年(平成17) デジタル信号の基礎（A4） -588-
2010年（平成22）「ケーブルネットワーク技術とデジタル受信機」研修 -658-
2006年（平成18）デジタル機器サポート養成講座 -670-
2007年（平成19）民放連「テレビ技術研修会」
2007年（平成19）民放連主催「テレビ技術研修会」 -672-
2008年（平成20）民放連主催「テレビ技術研修会」
2008年（平成20）よく分かるCATVのデジタル伝送 -673-
2008年（平成20）初めてのスペアナとデジタル測定

2008年（平成20）よくわかるCATVのデジタル伝送（記事） -673-
2008年（平成20）初めてのスペアナとデジタル測定
2008年（平成20）初めてのスペアナとデジタル測定実習
2008年（平成20）デジタル測定基礎実習（B5） -677-
2009年（平成21）CATVデジタル機器サポート養成講座 -681-
2009年（平成21）～2011年（平成23）技術デジタルマネジメント -683-
2010年（平成22）データ放送用ヘッドエンド装置及びCATV(放送波) -686-
2010年（平成22）データ放送用ヘッドエンド装置及びCATV(ネット) -688-
2010年（平成22）デジタル測定基礎実習 -690-
2010年（平成22）デジタル測定基礎実習2日間、(B5) -693-
2010年（平成22）初めてのスペアナとデジタル測定実習 -696-
2013年（平成25）電波障害防止功労表彰、関東受信環境クリーン協議会 -698-
1993年（平成5）放送記念日、職員表彰（年功表彰） -703-
2013年（平成25）スペアナの基本使用法（デジタル)、(A4) -705-
2017年（平成29)「テレビジョン受信機用真空管の歩み」(A4) -772-
PART.Ⅰ 真空管とその回路（目次、本文抜粋） -773-
PART.Ⅱ 真空管／ダイオードの写真（目次、本文抜粋） -797-
2018年（平成30） 静岡大学への寄贈（真空管一式） -807-

追補：放送用の電波測定器 -829-
1925年(大正14）～2020年（令和2）放送用電波測定器一覧（発売順） -835-
2005年(平成17)～2006年（平成18）放送用電波測定器一覧（光測定器） -846-

あとがき -847-

第一章　テレビの世界へ

筆者は、日本放送協会（ＮＨＫ、文字が傾斜したのが正式な略称）で、放送技術者（特に放送受信の技術者）として新たな放送メディアの進展と共に、吸収した知識と技術で視聴者を始め、関連業界の発展のための活動をしてきました。

2019 年（平成 31)、元号が「令和」となり、この原稿をパソコンで書いています（打っている！)。筆者が生を受けたのは 1944 年（昭和 19)、終戦の十か月ほど前で、本土決戦などと言われていた時期でした。(もちろん、筆者は知らないので、後に母から、当時は庭先に掘った防空壕の中から B29 の爆撃にさらされた恐怖の思い出を何度となく聞かされました。)

父は 1944 年（昭和 19）にマリアナ諸島のサイパン島に出兵する途中で輸送船（はーぶる丸）が魚雷で沈没、後に生還した戦友から手紙を頂き、沈没する輸送船の波に巻き込まれたのでないかと知りました。母は戦争末期の学徒出陣の記憶が鮮明な為か、筆者が成人した頃には、また戦争で赤紙が来るのではないかと、逝去するまで戦争は嫌だと常々言っていました。

幸いな事にその後、戦争は起こらず、筆者も成人し、母も孫も抱けたので良かったと思っています。

さて、物心ついた頃に母と近くの神社の近くで壊れた車（戦車?）の部品を拾って遊んだことを朧気ながら記憶の片隅にあります。（この頃から機械に興味が有ったのか・・・。）

小学校は、地元川越の第二小学校で一年松組の記憶があります。この当時は戦後の子供の多い時であり、午前と午後の二部授業でした。下駄に足袋・番傘でした。

父は鉱山技術者で今の早稲田実業を卒業後、兵庫県養父市中瀬の日本精鉱㈱に就職して、戦時中に必需鉱石であったアンチモン鉱を扱い、父と母は結婚後、父の勤務先である中瀬鉱山の社宅に住んでいたと母から聞かされました。

その時のアンチモン鉱の見本（木箱入り、約 30×25cm）が我が家に遺品として残っていましたが、自宅に置いても宝の持ち腐れなので、研究の役に立てばと思い、2018 年（平成 30）に”東京大学総合研究博物館”に寄贈させて頂きました。

父は技術者ということで、遺伝かどうか判りませんですが、筆者も技術者の道を目指しました。高校は大宮市立大宮工業高校電気科（卒業時は埼玉県立大宮工業高校､第１期生)でした。大学は会社のご理解で日本大学理工学部電気工学科に通学させて頂き卒業しました。

無線への眼覚め

今振り返ると、筆者と「無線」との出会いは既に小学校の低学年から始まったようです。小さい頃は鉱石ラジオを電灯線アンテナ（マイカコンデンサーで、松下幸之助氏が発明した二股ソケットに差し込む）で、良く聞こえる鉱石（方鉛鉱）の位置を探ったりしたのが始まりであったのかも知れません。

その後、一時は模型電気機関車の０「オー」ゲージや模型ヒコーキ（県大会出場）に凝ったこともありましたが、自然と無線に興味が戻って行ったようです。

筆者は、小学校 5 年生の頃、母親に「5 級スーパーラジオ（ST 管式)」のキットを買って貰い、真空管のヒーターを切らないようにヒヤヒヤしながら組み立て、初めて音が出た時の感動は今でも記憶に残っています。その後、このキットは何度も壊しては組立を繰り返し、少しづつ真空管の働きなどを勉強しました。

次第に、5 級スーパーラジオでは物足りなくなり、また、アマチュア無線を知り、 第 1 図の短波放送とアマチュア無線が受信できる無線機（トリオ、9R-4 型、高周波 1 段中間周波 2

段、mT 管と GT 管 9 球）のキットを小学校 6 年生の時に、夢中になって組み立てたことが昨日のように蘇ります。

この無線機は、春日無線工業㈱（トリオ㈱）から発売されたもので、購入したのは 9R-4 型（1954.昭和 29 年発売）のキット（完成品も発売していた）購入し組み立てました。

この 9R-4 型は、550kc～30Mc を 4 バンドで切り換え周波数を連続で受信しますので漁業無線など一般的な受信機として使用できるようになっています。(同時期に発売された 9R-42 型はアマチュア無線に特化した周波数配置となっていましたので、受信周波数帯が連続していませんでした。)

当時は、アマチュア無線が盛んで、同社では 6R-4S（1952 年)、9R-4 と 9R-42（1954 年)、9R-4J（1958 年)、9R-59（1960 年)、9R-59D（1966 年）と製造・販売されています。



第 1 図 通信型受信機（9R-4 型）

この頃には、いろいろな本を見ながら、秋葉原の電気街からシャーシーなどのパーツを買ってきて、訳もわからずいろいろにものを作っていました。この当時、買った工具で第 2 図の「ハンドドリル」は欲しかったものの一つで、



第 2 図　愛用したハンドドリル

手にした時の感動は今でも伝わってくる感じです。

さて、工高に進学し、ラジオ部に所属してアマチュア無線のクラブ局を造ろうということで、まず各自アマチュア無線の資格を取ることとなり、電話級アマチュア無線技士の資格が新設されたことも有り早速取得（1961 年）し、CQ 誌を参考に送信機を設計（終段：1619、変調：6V6 プッシュプル、10W）組立して、無線局（コールサイン：JA1JBN）の開設にこぎ着けました。

自宅は埼玉県川越市でしたので工高のある大宮まで国鉄・川越線で通いました。普段は気動車で通学しましたが、一日一往復、汽車（蒸気機関車）が走っていて、朝は汽車で帰りもクラブ活動の後に汽車で往復した思い出が有ります。今は埼京線が乗り入れています。

筆者が中学生の頃は、まだ、秋葉原の電気街は米軍無線機等のジャンク品が大量に放出されていて、安価で入手することができました。真空管や水晶発振子（クリスタル、X’ｔａｌ）も沢山あり、選り取り見取りでした。

米軍放出品の水晶発振子ですから、日本のアマチュア無線の帯域に合った周波数のものは有りませんので、帯域より少し低い周波数の物を見つけて購入し、中の水晶片（ＦＴ２４３型でないと蓋が開かない）を取り出して歯磨き粉（本来はカーボランダムで研磨しますが、高価で入手できませんでした。）で研磨して周波数を少しづつ上げて、発振器で確認しながら帯域内に収まるように調整したことが思い出されます。周波数が上がり過ぎてしまった場合は、水晶片にハンダを付着させ、周波数を下げるこ



第 3 図　FT243 型水晶振動子
（周波数チェック用 1,000kc）

ともしました。（第 3 図　周波数チェック用水晶振動子）

放出ジャンク品の中から自作送信機の終段管に第 4 図のメタルＧＴ管「1619」（VT-164、RCA 製、オールブラックのスタイルが気に入って購入しました）を選んだのでしたが、これが知識不足で取り扱いに大変苦労させられました。

一般的に送信管として使用する真空管は、入力端子をシャーシーの下側、出力のプレートはシャーシー上側に配置するなど、入出力が結合しにくいように設計します。しかし、入手した「1619」は、入力（グリッドＧ$_1$）と出力（プレートＰ）がＧＴソケット下面の同一平面に配置されているため、フィードバックによる自己発振を避けるためのシールド等の対策が厄介でした。



第 4 図　アマチュア無線で終段に使用した
真空管（CKR-1619,RCA 製）

当時はアマチュアバンドの 3.5Ｍｃ帯や 7Mc 帯（1972 年計量法改正、Mc→MHz）が主流で、送受信用アンテナは、CQ 誌の記事を参考に 10m 位の竹竿を 2 本購入し 7Mc 用 1／2 波長のダブレット・アンテナ（約 20m）を張り、割箸にパラフィンを浸み込ませたスペーサーで自作フィーダ線を作り、電波を発射しましたが、なかなか上手く電波が乗ってくれませんでした。（アンテナやフィーダ線も少ないながらも市販品も有りましたが、生徒には高価で手ができませんでした。）

何故、上手くいかなかったのかは、後々、就職してから色々と勉強していくうちに判ってきました。これらの苦労（失敗？）がその後の仕事に深く係わってくることになったのです。

また、50Mc 帯や 144Mc 帯のアマチュアバンドの受信機だけでも自作しようとしましたが、なかなか難しかったです。モービルハムを楽しむ方も雑誌に紹介されていましたが、固定局の製作も難しいのに、移動局（無線機以前に自動車自体がまだ一般的ではなかった、）は至難の業でした。（皆さんが手にしているスマートホン等はＧＨｚ帯で、当時は想像もできない時代です。）

さらに後日、カラーテレビにも第 5 図のような水晶振動子（3579.545kc、HC／6U 型）が使用されており、アマチュア無線時代に使用した水晶振動子の経験で取り扱いはスムーズにできました。



第 5 図　カラーテレビ色副搬送波発振用
HC6/U 型 水晶振動子

第二章　1963 年（昭和 38 年）からの思い出

１．入局

筆者は、東京オリンピック前年の 1963 年（昭和 38）に工高を卒業して、日本放送協会（ＮＨＫ）に入局しました。

今から約５７年前の１９６２年１１月１５日、放送技術要員として受験したＮＨＫから待ちに待った電報が届きました。内容は「サイヨウナイテイスイサイアトフミ」でした。（この頃はＦＡＸも無く電報が一般的でした。今ならメールやＬＩＮＥ等で連絡があるのでしょうに。）

入局後、ＮＨＫ中央研修所（世田谷区砧）で放送技術全般の研修を約２か月間受講し、それぞれの配属先へ赴任して行きました。

筆者は、東京の技術管理局受信機部に配属になりました。研修の中では関東近県の放送局に一週間現場実習に数人づつ分かれていきました。筆者は、松本放送局（現：松本支局）にお世話になりました。宿は「浅間温泉」で松本城（通称：黒城）は今でも思い出します。

筆者の希望職種は、技術者が憧れていたスタジオの調整卓で仕事をすることでしたが、配属されたのは「技術管理局受信機部」という、放送の受信に関する仕事でしたので、ガッカリしましたが、今となっては放送の受信を専門とする受信機部に配属されたことが、その後の人生に取って良かったと感謝しています。

その理由を、筆者の約５７年に渡る業務経験から説明します。

この経験談は、放送メディアが大きくはラジオから白黒テレビさらにカラーテレビ、衛星放送（ＢＳ）、そして何と言ってもアナログ放送からデジタル放送へ大変革をした物語になります。

大見出しで書くとこのようになりますが、この変化の間に、現在実用化されている放送サービスのほとんどが開発され、実用化され放送技術が大躍進した時代でもあります。

なお、同時期に勤務した方やお付き合いの有った業界関係者の方々のなかには、異論のある方もおられるかも知れませんが、筆者の記憶や当時の手帳を頼りに思い出しながら書いていますので、ご了承下さい。

＜エピソード＞レコード盤のカッティング

現場実習の思い出は、SP レコード盤への音声の記録作業でした。ツヤツヤしたラッカー製レコード盤をカッター針で記録するのを始めて体験しました。SP 盤 78rpm ですから 12 インチでも数分しか記録できないとの事でした。（その後、ラッカー盤を切ることは有りませんでした。）

レコード盤へのカッティングは、一般的には外から内側に向かって行いますが、ラジオ放送が始まった時代には「街頭録音」のために現場でレコード盤をカッティングしていたそうです。

この時、レコードの一般的なカッティング方法では風などにより切りくずがヘッドに絡み付き事故となることが有ったため、内側から外に向かって行う方法が考案されたそうです。

この方法は切りくずが中央のスピンドルに集中し、ヘッドに絡まないそうです。

２．配属後、測定器との出会い

前述のように、中央研修所での研修が終わり技術管理局受信機部に配属されました。当時は

ＮＨＫの拠点は千代田区内幸町に有りましたが、内幸町の本館はテレビやカラーテレビ放送の開始で手狭になっていたため、幾つかの部所が近くのビルに間借りしていました。受信機部は新橋駅に近い田村町ビル（港区芝田村町）でした。（このビルは現存しています。）

事務室は、田村町ビルの４階と５階で、席は４階にありました。所属は雑音防止係で、主に都内での放送受信に関わる雑音防止の仕事でした。

受信機部は間借りだけでは不足していたので、近くの第三森ビルも使用していました。ここは主に測定器関係の整備や保管および倉庫になっていました。（この場所は、筆者にとって測定器の勉強が出来る有意義な場所でした。）

1964 年（昭和 39）に組織改正で営業局受信サービス部に変更され、事務所も NHK 本館（千代田区内幸町）に移転しました。

入局してからしばらくして、新人が任される「物品管理主任」を担当しました。（この仕事は、各種測定器などの管理ですが、普通は、あまり面白くない仕事なので率先して担当する人はいません。）

固定資産台帳と備品台帳を渡され、現物と照合することが仕事ですが、現物を確認しているうちに、いろいろな測定器が有ることが判り、面白くなってきました。（元々、アマチュア無線で、自作で発振器やグリッドディップメータなどを自作で製作していたので、測定器の必要性は判っていました。）

この仕事は員数のチェックも大切ですが、測定器類を常に使用できる状態に維持管理することが大切な仕事です。そこで、珍しい測定器なども取扱説明書を見ながら、一つ一つ実際に動作させて学んでいきました。

測定器の維持管理は、故障が無く正常に動作するかの確認は、当然のことですが、新たなメディアに対応する測定器の導入や各放送局への配備なども担当しなければなりません。本部（東京）の仕事は、全国の放送局の測定器の維持管理のため、送られてきた測定器の故障内容を確認して、製造メーカーに修理依頼し完了検査をしなければなりませんが、この完了検査には動作確認の為の測定法にも手順や規格があり、性能を維持するために幅広い知識が要求されました。

関連資料：放送用電波測定器一覧（発売順）、p841

これらの仕事を経験したことにより、測定器の大切さや取り扱いおよび理論を吸収することができました。筆者はこの仕事のお陰で、測定器の虜になってしまいました。

３．放送用電波測定器を振り返る

入局早々に測定器の保守・管理を担当し測定器の大切さや面白さを体感したお陰で、その後に経験するいろいろな業務でも常に測定器のことを考えていたように思い出します。

小学生の頃からラジオ受信機やアマチュア無線に親しみ、入社してからはラジオはもちろん、白黒テレビ、カラーテレビ、そして衛星放送、ハイビジョンなどの受信に関わり、これらの経験を生かして各種セミナー等で回路解析や動作解析などの講師を担当し、テレビ修理技術者試験の問題作成なども担当しました。

このように電波測定器は、無線機やラジオ・テレビ受信機の構成と基本的には同じであったのも親しみを覚えた源になったのかも知れません。

（３－１）簡易な電界強度測定器

1985 年頃まで電界強度計が市販されていました。1996 年頃からレベルチェッカと言う簡易

型が市販されるようになってきます。

時代と共に、都市部でも共同受信が普及し、また宅内での分配数の増加等により、電界強度計よりも単に端子電圧を計る小型で携帯に便利な「レベルチェッカ」になって行きました。

（３－２）雑音強度測定器

1954 年（昭和 29）に中短波の雑音強度測定器が登場します。この測定器も、前述と同様に端子電圧を測定しますが、小型電気機器などのインパルス性雑音は、大きな先頭値と連続性を正確に測定するために、帯域幅や検波回路の充放電時定数などが、国際規格 CISPR（1975 昭和 50 年、国内規格から移行）に準拠して規定されています。

（３－３）スペクトラムアナライザ

1979 年（昭和 54）頃には、国産の放送電波が測定できる仕様のスペクトラムアナライザが市販されています。

1964 年（昭和 39）に世界初の掃引型スペクトラム・アナライザ（8551A/851A）がヒューレット・パッカード社（HP 社）により開発されました。

筆者が入局したのが 1963 年ですから、その次の年に開発されたスペクトラムアナライザは、当然、現場には有りませんので電波測定は電界強度測定器でした。

スペクトラムアナライザが普及してくると、電波を可視化し、チャンネル配列や帯域内の信号の分布など、非常に魅力的な測定器でした。

スペクトラムアナライザに関する書籍は少なく、筆者の知る限りでは、次の二冊です。（両書とも著者は横河・ヒューレットパッカード㈱）

- 「スペクトラムアナライザ－理論と応用」（日刊工業新聞社）、1979 年発行
- 「スペクトラムアナライザのすべて」㈱ラジオ技術社、1981 年発行

４．ラジオから白黒テレビへ、さらにカラーテレビへ

ラジオやテレビの技術的な紹介は、筆者の本業ですから後程、順を追って説明しますが、ここでは、筆者が過ごした時代というか、社会的には高度成長期や何とか景気などと呼ばれた時代の話を纏めてみましょう。

ご存知のようにラジオは 1925 年（昭和元）に放送開始されましたが、当時は真空管式受信機の価格も高く、筆者は小学校の３～４年生頃は「鉱石ラジオ」を製作し電磁式イヤホンで、アンテナは電灯線からマイカコンデンサーを通して、聞いていました。当時、何を聞いていたかは覚えていませんが、聞こえたことに感激していました。真空管式の「並４受信機」は有りましたので、壊さないように真空管を抜き差しして、遊んで（？）いました。

その頃だったと記憶しているが、親戚の家で「白黒テレビ」を購入し、初めて真近にテレビを見て、興味津々でした。それから、誰も見ていない時に（何しろ貴重品でしたから立派なカバーが書けられ床の間に飾って有りました。）、裏蓋を開けて真空管の光り具合や、いろいろな部品の配置などを観察（？）していました。

入局した 1963 年は、白黒テレビが開始（1953 年、総合テレビ）されてから 10 年、また、教育テレビも開局（1959 年）して、白黒テレビの普及率は 88.7％になっていました。

白黒テレビは、1959 年（昭和 34）の皇太子

殿下（現、上皇陛下）ご成婚時に急速に普及しました。そして、カラーテレビも放送開始（1960年）されて、入局当時は普及の真っ最中であり、東京オリンピック（1964年）で白黒テレビ受信機の買い替え等でカラーテレビが急速に普及していきます。

なお、カラーテレビ受信機の市販は1959年が最初（東芝㈱、D-21WE型、21インチ）でした。

その東芝㈱は2012年（平成24）にテレビ受信機の国内生産を停止し、2021年（令和3）には埼玉県深谷工場が閉鎖されます。この深谷工場はカラーテレビ用ブラウン管の生産拠点でしたので、当時、見学に行った思い出が有ります。

筆者が、1963年（昭和38）にＮＨＫに就職した頃は、カラーテレビが始まっていましたが、それほど普及していませんでしたから、カラーテレビ普及のために全国の主な所（東京は新橋駅前広場）にカラーテレビ（使用機種　RCA CTC-9型、CTC-10型）を設置し、受信公開をしていました。

これらのカラーテレビの保守用（特に、カラーブラウン管は貴重で、RCAの21CYP22や国産化した日立の同型のカラーブラウン管）を東京で調達して故障時に全国に送っていました。

この受信公開ではカラーテレビは、今と違って画面が暗く、ブラウン管の管面が球面（現在のようにフラットではない）のため外光の写り込みがあるので、輝度を最大にして使用するため、直ぐにエミ減（エミッション減少＝不良）になり、ブラウン管を交換する必要がありました。

（ブラウン管は21インチ・丸形と大型のためたいへん重く、管面を下にして二人で持ち上げ交換しました。）

この仕事で初めてカラーテレビジョンに出会い、素晴らしいものだと感心しました。東京オリンピックは、入局の次の年（昭和３９年１０月）でした。

つまり、筆者は、前回の東京オリンピックをカラーテレビで観戦することが出来たのです。今度の東京オリンピックは、「４Ｋ液晶テレビ」を購入しました。画質やコントラストなど映像の素晴らしさには隔世の感があります。

ここで、少し前に戻ってテレビの創世記からの変遷を振り返ります。

関連資料：1923年（大正12）日本のテレビジョンの始まり（略史）、p.72

第1表は、白黒テレビから4K/8Kテレビまでテレビメディアの大まかな変遷をまとめたものです。この後、年代ごとに説明をします。

第１表　テレビメディアの変遷

放送開始年		1953～	1960～	1989～	1991～	2000～	2003～	2016～
テレビ		白黒	カラー	衛星放送	ハイビジョン	衛星デジタル	地上デジタル	４Ｋ／８Ｋ
技術		アナログ	アナログ→アナログ／デジタル		アナログ／デジタル	デジタル（符号化）		
デバイス		真空管→トランジスター／ＩＣ	トランジスター／ＩＣ					
地上	電波	VHF帯　→　VHF/UHF帯					UHF帯	ー
	アンテナ	3～7素子八木式	（メイン） VHF:8素子八木式 UHF:14素子八木式			14素子八木式		
衛星	電波	ー		SHF(12GHz帯)				
	アンテナ	ー		パラボラ 120cm→90→75→60→45（メイン）		パラボラ 45cm		

＜エピソード＞初めての電話機

1955 年（昭和 30）代後期の電話普及台数は一千万台強でしたので、約１０世帯に１台程度の普及でした。このような時代ですから、我が家では特に電話を必要ともしなかった為、電話は有りませんでした。

工高を卒業してＮＨＫに入局した当時は、筆者は母と共に川越市の市立保育園に住み込み（その前は親戚の家で同居していました。）で、母はその保育園の保母をしていた関係で保育園には黒電話（業務用）が有りましたので、持ち前の好奇心で、少し触ったことがあった程度でした。

入局して配属になると、目の前に電話機が有り、ベルが鳴れば受話器を取らなければなりません。電話に出ても、入局したての筆者は相手の方も分かりませんし、話の内容も分かりませんので、ベルが鳴るのが大変緊張した思い出があります。

しかし、本部であることから、全国の先輩方からくる電話を受け答えする中で、徐々に慣れスムーズに仕事を進めることができるようになっていきました。

1979 年（昭和 54）に東北本部（東北管内統括）に転勤し、上杉寮の社宅（仙台市上杉）の３階に入寮しました。全戸（２４戸）が NHK の職員なので、何時でも緊急呼び出し出来るように１階の入り口に共通の壁掛式黒電話機が設置され、1 階のお宅に各戸の呼び出し用ブザーがありました。

しかし、筆者が転勤した頃は、各戸に電話機が有る時代でしたので使うことは有りませんでした。しばらくして、共用の電話機は撤去されました。

５．雑音など電波障害との出会い

まず、入局以前の雑音など電波障害の状況を入手した資料を基に振り返ってみます。

関連資料：1969 年（昭和 44）電気学会誌「雑音防止器」、p.181

電波障害との出会いは、1962 年（昭和 37）にＮＨＫへの内定が決まった年の冬、ラジオとアマチュア無線受信機に一定間隔のジャー・ジャーという雑音が入り、たいへん困ってしまいました。

そこで、ラジオの雑音について地元の NHK 浦和放送局に相談したところ、早速、調査に来て頂き、我が家の周辺を調査の結果、電気あんかのサーモスタットからの雑音と判り、雑音を止めて頂きました。

実は、この時は、お世話になった浦和放送局のＳ.Ｉさんとは入局後､先輩として定年まで同じ仕事でお世話になるとは全く判りませんでした。

配属後、初めてお目にかかった時には、お互いにまさか同じ仕事をするとは･･･と、ビックリしました。その後は、折に触れ、先輩にはお世話になりました。

関連資料：1956 年（昭和 31）標準放送受信障害防止器（JIS C6901,C6902)、p.85

この時に、電気雑音のほとんどは電気接点などの火花放電が原因で有る事を教えて頂き、渡されたテキストも理解が進みました。最も、身近に感じた雑音は前述の通りですが、入局して直ぐから雑音に追いかけられることとなりました。

配属になって直ぐに、雑音の勉強用に次のテキストを渡されました。

関連資料：1956 年（昭和 31）ラジオ・テレビジョンの雑音防止 p.77

1960年（昭和35）以前から団地と呼ばれる

鉄筋の集合住宅が急増し、この鉄筋集合住宅では、室内の電波低下や家庭用電気器具の普及により、ラジオに雑音が入り良く聞こえない場合が多くなりました。

配属になり最初に先輩に連れられていった現場は、当時、建設が盛んだった東京都下の団地でした。十数棟の新しい団地が立ち並んだ風景は、まさにこれからの新しい時代の風景のように思えました。(しかし、50年も時代が経過すると、現在は年寄りばかりの空き家が目立つ団地になっているようです。)

ここでは、あるお宅を訪問したところラジオがガーガー・ジィージィー鳴って聞こえないとのことで、実際に聞いたところ雑音の陰に辛うじて放送内容が聞こえる程度でした。(この時、初めて鉄筋住宅のシールド効果を体感しました。)

この当時は、ポータブルラジオは一般的ではなく、ほとんどが据え置き型で壁のＡＣコンセントから電源を取るので、早速、雑音防止器をコンセント・ボックス内のＡＣ端子に接続し、雑音防止器のアース端子をコンセント・ボックスのビス(ボックスの筐体は建物が鉄筋住宅なので設置されている。)に接続すると、見事に雑音は無くなりました。

この雑音防止器は、ＣＢ-Ａ型(後にＤＣＢ３-６６型)で、ラジオの周波数帯の1MHz付近の雑音電波をカットするフィルタになっています。

標準放送受信障害防止器は、1956年にＣ型がJIS C6901、Ｆ型がJIS C6902として登録され、1976年(昭和51)にそれぞれ廃止されています。また、登録に伴う「標準放送受信障害防止器の防止効果試験方法(JIS C6904)」が1961年(昭和36)に制定され1994年(平成6)に廃止されています。

雑音防止器の諸特性について電気学会誌に論文が掲載されています。

団地は鉄筋住宅ですから電波が部屋の中に入ってきません。このため、一般的にラジオの電波は電灯線経由で受信していますので、雑音の防止と共に放送もほとんど聞こえなくなってしまいます。(不完全ながらシールドルームになっています。)

そこで、本来の放送電波を受信するために、ベランダにある物干しのフック間にビニール電線を張り、その一端をラジオに接続することで見事に改善することができました。この時は、アマチュア無線をやっていたので逆Ｌ型アンテナの要領で簡単に処理することが出来ました。

この方法は経費もほとんど掛からず簡便で良いのですが、実用面では洗濯物を干しにくいなどの欠点もあり、電波的には鉄筋住宅のベランダの内側に設置するので、効率が良くありません。

そこで、効率的に受信するアンテナということで、開発されたのは鉄筋住宅のベランダから建物に直角に棒状のアンテナを突き出し鉄筋の遮蔽効果を少しでも軽減しようとして開発されたのがステンレス製の「通称：釣り竿アンテナ」でした。

さらに、従来の物干しアンテナもこの釣り竿アンテナもラジオのアンテナ入力端子との整合(マッチング)が取れていないと効率が悪いので、これを改善するのに「ノイズレスコイル」



第6図　ノイズレスコイル　1958年頃

関連資料：1958年(昭和33)頃ノイズレスコイルについて、p.93

(第6図)が開発され、一段と受信感度を改善することができました。(このインピーダンス・

マッチングがどれほど大切かは後々知ることになるのですが、この時はそれほど考えていませんでした。）

この「ノイズレスコイル」は、前述のテキスト（1956 年ラジオ・テレビジョンの雑音防止）には記述されていませんが、「第 7.11 章に受信機側で行う防止法」として結合トランスと高周波ケーブルを用いて、電波を強く受信する方法が紹介されています。この頃から電波を効率的に受信する方法が模索されていたようですが、アンテナ線を延長する方法が主体的に採用されていたようです。

また、1960 年（昭和 35）以前から団地（鉄筋集合住宅）が急激に増加したことから、鉄筋のシールド効果で益々ラジオの雑音が目立ち始め、マッチングトランス式の「ノイズレスコイル」が開発され使用されるようになりました。

この製品の正確な発売年月などは不明ですが上記資料の「主に弱電界ように開発」、「1960 年頃から団地に急増」、さらに前記の「1956 年（昭和 31）ラジオ・テレビジョンの雑音防止」などから、1958 年（昭和 33）頃に発売されたものと推定されます。

一方、団地などの鉄筋住宅では、コンセント・ボックスが躯体に接続されているので容易にアースを取ることができますが、一般の木造住宅ではこの方法は使えません。しかし、雑音は同じように発生しています。

室内に設置されている金属として水道管とガス管が有りますが、ガス管は危険性があるので使えませんが水道管はアースとして使えました。（当時は水道管として塩ビ管はほとんど使われていませんでしたのでアースとして最適でした。今は、ほとんどが塩ビ管ですからアースとして使用できません。）

水道管が使えない場合は、雑音防止器のアースを取るためにアース棒が必要になりました。アースとしては、出来るだけ接地面積が広い方が良いのですが、全て銅で作ると価格が高くなりますので、中心を約 1 センチ（長さ約 1 メートル）の鉄として周りに銅を巻き付けたアース棒が開発されました。（これを打ち込むための工具として「金づち」が必需品でした。）

その後、ラジオのいろいろな電波障害を経験しました。主な障害源は①蛍光灯（蛍光管やグローランプ）②直巻モーター（歯科エンジンや電気ドリルなど）③凍結防止器（凍結防止帯）など、の電気接点の火花が雑音となっているのです。

これらは火花の発生の仕方や間隔などが異なるため、障害を受けるラジオのスピーカーから聞こえる雑音の音にも特徴が有り、次第に音を聞くだけでほとんどの雑音源を特定できるようになりました。

～コラム～　この頃の複写機

この頃の複写機は「青焼き」でしたので、手元に有る当時の資料も茶色く変色してしまいました。また、当時の文章のコピーは製図の青写真と同じ方法で、薄い原稿用紙に黒のインクペンで文章を書き、青焼機で焼き付けするものでした。

黒のインクで書くので間違ったら最初から書き直しとなり、これに上司から手直しを言われた場合、非常に手間が掛かった思い出があります。その後、第二原紙のコピー機ができ、さらに青焼機で無い普通のコピー機ができましたが、まだ鉛筆書きでは鮮明にコピーされませんでした。

コピー機の進化は素晴らしいものがあり、今ではカラーコピーは当たり前であり、ＦＡＸ等の通信機能まで装備している。まさに隔世の感があります。

（５－１）同一チャンネル混信

テレビの急速な普及に合わせて、全国的にテレビ放送局が増設されたため、近距離の放送局の電波が同一チャンネルで受信され、ビート混信を起こすことがあるため、1960 年（昭和 35）に「同一局間の精密同一周波数割り当て」（郵政省）が制定されました。

第 7 図の同一チャンネルトラップは、テレビの映像検波回路で検波された映像信号に含まれているビート成分（10kHz,20kHz）を映像増幅回路で抑圧するものです。

この頃は、筆者は東京に勤務していたので、サテライト局間のこのような混信は経験しませんでしたので、諸先輩からお話を伺いました。

関連資料：1960 年（昭和 35）頃　精密オフセットキャリアー方式、p.104



第 7 図　TV 同一チャンネルトラップ CHT-10 型(10kc 用)三春通信機㈱

（５－２）高周波ウエルダ

入局した頃は白黒テレビの普及期で、高周波ウエルダによる電波障害がクローズアップされていました。全国受信障害依頼数の約 6％（1,846 件）が高周波ウェルダによるものでした。この資料で、高周波ウェルダの勉強をしました。

高周波ウェルダに使用する周波数は工業用に割り当てられた周波数（13.56MHz, 27.12 MHz,40.68MHz）を使用していますが、高周波出力は 1kW,1.5kW,2kW2.5kW,3kW 以上等と放送局並みの出力でした。

関連資料：1962 年（昭和 37）高周波ウェルダの雑音防止、p.110

この周波数の内 27MHz 帯は旧型テレビの中間周波数に直接妨害を与えますが、一般的にはこれらの周波数の第 3 高調波が VHF 帯のテレビに障害を発生します。

この障害は、塩化ビニールの接着に高周波を印加し熱で溶かして溶着するビニール材料の性質により誘電率や誘電体損失が変化し、高周波インピーダンスが大きく変化することにより発生します。（当時、流行した「抱っこちゃん人形」などはこの方法で塩化ビニールが溶着されていました。）

高周波ウェルダは回路の簡素化のため、高周波出力の発振は自励発振のために、負荷の影響をまともに受けることに問題が有りました。

その負荷が塩化ビニールで、しかも熱で溶ける時に厚みが変化して高周波のインピーダンスが大きく変化するために発振周波数も大きく変化します。

したがって、これらの障害の対策は、大きく変化する周波数の安定化を図るために空洞共振器（キャビティ）を付加したり、シールドルームに機器を収納します。

シールドルームはしゃへいの方法が難しいので、マニュアルが関東雑音防止協議会から発行されています。後には、不安定な自励発振から水晶発振器を使用した高周波ウェルダも開発使用されています。

関連資料：1965 年（昭和 40）高周波ウェルダ用しゃへい室の作り方、p.134

（５－３）テレビ受信機雑音防止用フィルタ

白黒テレビが急速に普及したため、テレビの水平発振周波数（15.75kHz）が電灯線ラインを伝わって近隣に漏洩し、ラジオに妨害をあたえる障害が多く発生したため 1962 年（昭和 37）にテレビ受信機から発生するラジオ妨害雑音の調査が行われ、この結果を受けて、電源ラインに挿入する第 8 図のテレビ受信機雑音防止用フィルタ（A-017 型）が開発されました。

関連資料：1962 年（昭和 37）頃　テレビ受信機雑音防止用フィルタ（A-017 型）、p.108



第 8 図　テレビ受信機雑音防止用フィルタ（A-017 型）（東京電気化学工業製）

この雑音防止器は手元に実物が有るが、ラジオ電波の弱い地域でテレビの水平発振器の出力が強いテレビ受信機が使用されているような条件が揃ってしまうと発生しやすいのです。

残念ながら筆者はこの雑音が問題になる時期に東京に勤務（強電界地域）していたため、この雑音に遭遇することは有りませんでした。（経験した先輩から事例談を拝聴しました。）

（５－４）蛍光灯雑音からの解放（低雑音蛍光管の開発）

蛍光灯は、白熱電球から全世帯に広がりつつある時代でした。グローランプからの雑音は点灯時に一時的に発生するので雑音防止器をつければ抑制することができますが、蛍光管からの雑音は点灯中発生し続けるので、蛍光管に直接雑音防止器を取り付けることはできません。

そこで、ＮＨＫ技術研究所と東京芝浦電気㈱の共同研究で「低雑音蛍光管」が開発（1964 年、昭和３９）されました。1965 年（昭和４０）には商品化され、その後はこの低雑音蛍光管が全国的に販売され、蛍光灯による雑音は蛍光管の劣化による交換などにより、徐々に無くなって行きました。今はＬＥＤ照明に変わりつつあるので、点灯にインバータを使用し、この高周波ノイズが問題になっています。

1965 年に販売開始されてから、約 10 年後には低雑音蛍光管がほぼ全世帯に行きわたったので、1976 年（昭和 51）に標準放送受信障害防止器の JIS 規格が廃止されました。

（５－５）本物の幽霊（ゴースト）との出会い

入局した次の年に「久里浜送電線障害対策」という大規模な電波障害対策が東京タワーから約 50km 離れた三浦半島の神奈川県久里浜で行われました。

この障害は、東京タワーから送信された電波（VHF 帯）に正対するように超高圧送電線（50kV）が丘の上（標高 100m＋約 50m 高）に建設されたために、電波が反射して受信アンテナの後方から強い反射波（妨害波）が混入し、ゴーストになったものです。

ゴースト（Ghost、幽霊）とは、本来受信する電波（希望波）の他に、ここでは送電線から反射してきた、つまり遅れてきた電波（妨害波）が一緒に受信され、画面上に二重に映ってしまう現象で、幽霊のように見えることからゴーストと呼ばれます。

この障害は、反射波が弱ければ受信アンテナの後方からの電波をアンテナの特性（前後比）

で受信されないのですが、この例のように反射波が山の上で、さらに、高い送電線鉄塔と長い電線路という特殊性からゴーストとなってしまったものです。

筆者は、都内など一般的な受信環境での二重三重のゴーストは経験していましたが、ここのゴーストは反射している二重像の後側の画像が時間と共にゆっくりと濃くなり、ついには本来の画像と反転して白黒写真のネガのようになり、次第にそれが薄くなって元の画像に戻るという現象の繰り返しでした。

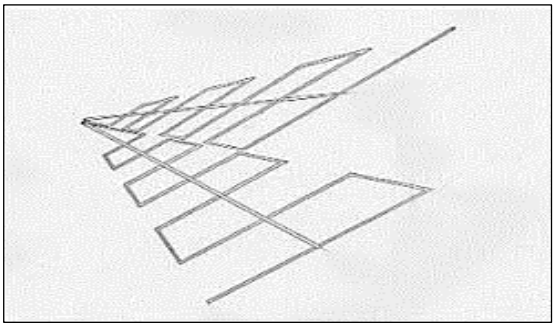
原因は、送電線の電線が風によりゆっくりと前後に揺れ、東京タワーとの距離が波長レベル（数メートル）で変化して位相が変化し、本来の電波と合成されたのです。

このような強烈なゴーストは、筆者はその後も見たことはありません。しかし、これにより位相合成という現象の大切さを勉強し、その後、各所で役にたちました。

この改善には、後方からの反射波に対する前後比が良い受信アンテナを使用すれば改善されます。この当時、市販されていた前後比の優れた受信アンテナは「対数周期アンテナ」でVHF用に12素子の「商品名：ニジアンテナ（電気興業製品）」を各戸に設置しました。（第 9 図）

このアンテナは VHF チャンネル用ですからエレメント長が約 1.5m あり、これを最長とするエレメント12本で三角形の面が構成されて、これが 2 面で 1 本のアンテナとなります。

しかも、海が近い地域でもあることから、エレメント間を接続する約 50 カ所の蝶ネジやアルミ製のアンテナは長く持たず、結果的には1972年（昭和４７）にUHFサテライト局の設置により原因者による抜本的な改善が図られました。



第 9 図　対数周期アンテナの構成

（５－６）CB-C2 型雑音防止器による雑音防止

電気ドリルや歯科エンジンなどの直巻モーター（ブラシかから出る火花が雑音となる）の電気ドリルなどは手に持って使用するため雑音防止器を接地（アース）することが出来ないために、器具の筐体に取り付けるように開発されたのは第 10 図のＣＢ-Ｃ２形です。

また、工場などで使う場合はコイルとコンデンサーの組み合わせた雑音防止器が電源電流毎に 2 アンペア（FA-2）10 アンペア（FA-10）30 アンペア（FA-30）などの電流容量毎に電源雑音防止器が開発されました。これらの雑音防止器を適切な適所に使うことによりラジオの雑音は抑制することができました



第 10 図　CB-C2 型雑音防止器
（関西二井製作所,1966 製）

（５－７）ＶＨＦ帯の雑音防止器の開発

テレビ受信機への雑音は、主にローチャンネルにパルス状のノイズが混入します。この原因はラジオの雑音と同様に電気接点の火花によるもので、中波帯から VHF 帯にまで発生する

場合があります。この場合は、中波用の雑音防止器では効果が無いので、新たな防止器が必要になります。

新しい防止器は、NHK 技術研究所では貫通型コンデンサーによる方法を研究していました、筆者たちはコイルのインダクタンスを利用する方法を開発しました。

関連資料：1955 年（昭和 30）伊香保町における TV 共同受信方式の実験、p.75

関連資料：1974 年（昭和 49)「日本の共聴を創った人々」、p.237

筆者たちの防止器は、フェライトコアにコイルを巻いたもので、コアの種類やコイルの巻き数などカットアンドトライで何回も作り雑音強度測定器で測定しました。

この時、某ミシン製造メーカから米国への輸出に雑音が多すぎて輸出出来ないので、何とかならないかと相談が有り、筆者どもが開発したインダクタンス型の雑音防止器を組み込んだところ、雑音を抑えることに成功し、無事輸出することができました。

これらの結果、NHK 技術研究所の貫通型コンデンサーと筆者共のコイルの組合せの効果が大きいことが判り、現場で使用しました。

6．テレビ共同受信の始まり

筆者が入局した当時は「共同受信」とは何か全く知らなかったのですが、研修中に勉強する機会がありました。まず、入局した 1963 年（昭和 38)当時の共同受信の現状を振り返ってみます。

関連資料：1958 年（昭和 33）テレビ共同聴視について、p.88

共同受信の黎明期となる技術的な試行錯誤の時代がありました。黎明期を知る事のできる貴重な資料から読み解いて見ましょう。

その発端は、山間僻地での放送受信の解決方法として、アメリカでの視察でマスターアンテナを知り、この方法を 1954 年（昭和 29）に伊香保温泉（35 分配）で取り入れた施設を作った事から始まります。

一朝一夕に出来た訳ではなく、当初、伝送方式にはビデオ伝送方式と高周波伝送方式（同軸ケーブル式、レッフェル線式、G ライン式）が検討されましたが、ビデオ伝送方式は短距離伝送しかできない、高周波伝送方式のレッフェル線方式は不安定のため、G ライン方式は実験段階であったので、「伊香保」は同軸ケーブル方式で施工されました。

これ以前にも、メーカーで試作した「4 分配器」を使用して、昭和 29 年に 60 端子のビル内分配施設が作られました。

分配方式は損失が次々と加算され、多くの分配には無理があることが分かり、「増幅器」を多数設置して分配したそうです。

この時使用した増幅器（アンプ）は、次の通りでした。

ヘッドアンプ 1 台（当時は三つのチャンネルのみの放送)、出力 115dBμ

- 第 3 チャンネル用、6BQ7、6AK5×3、AGC 付
- 第 4 チャンネル用、6BQ7、6AK5×4、AGC 付
- 第 6 チャンネル用、6BQ7、6AK5×4、AGC 付

幹線アンプ 2 台

- ヘッドアンプと同様（AGC 無し）

幹線アンプ 2 台（実験用）

・第 4･6 チャンネル用広帯域アンプ、6BQ7、6AK5×6

（筆者注）6BQ7 はテレビチューナ用高周波増幅双 3 極管、カスコード接続で使用されます。6BQ7 は 1953（昭和 28）年～1956（昭和 31）年に白黒テレビで使用されました。

また、6AK5 は高周波増幅 5 極管で、白黒テレビに 1953(昭和 28)年に使用されましたが、テレビではこの時期のみの使用でした。しかし、

無線機関係では長く使用されています。

これらを踏まえて、1954 年（昭和 29）に「伊香保」での施設の完成しましたが、やはり問題は分配器による損失でした。そこで「方向性結合器」の開発となり、「伊香保」の完成後数か月して「方向性結合器」が完成し、分配損失を減らすことができました。

一方、G ライン方式は、伝送損失が少ないので長い距離の伝送には適していることから、「湯河原」や「塩原」で採用されました。

また、この方式は、人口集中地区で実施する場合、将来の電波利用上問題になる懸念から郵政省とも検討して、その後、一般化してきた同軸ケーブル式とすることとなりました

また、日立家電の共同受信技術者を養成するために、日本で初めての共同聴取施設ができてから 4 年後の 1958 年に上巻：178 頁,下巻：131 頁に渡って、理論から実践まで大変詳しく説明した資料が作成されています。

この時代、同軸ケーブル用コネクタには次のような種類が使用されています。

電電公社仕様（BNC 類似）75Ω型同軸ケーブル用コネクタ（標準型）が 100～500MHz で使用されていました。

N 型コネクタ（50Ω用）は代表的なコネクタで、米国の MIL 規格に準じて、主に送信系に使用されていました。また、N 型コネクタの最高週数を 3,500MHz から 10,000MHz に改良した C 型が開発されています。BNC コネクタ（50Ω用）は、MIL 規格に準じており、日本では防衛庁仕様でした。

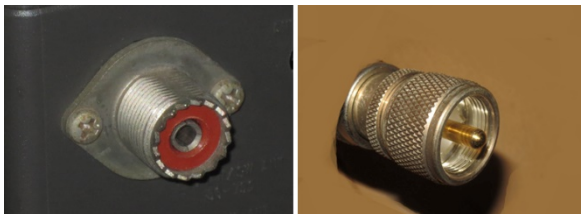
関連資料：2017 年（平成 29）10 月「テレビジョン受信機用真空管の歩み」、p.778

M 型コネクタは共同受信等一般的に多く使用されていますが、厳密なインピーダンス整合を必要としない機器間の接続に用いられています。（M 型コネクタは現在でもアマチュア無線の機器などに使用されていますが、これは機械的強度等の点では便利です。）

これらの同軸ケーブルに合わせた各種コネクタが使用されていましたが、共同受信用には構造が簡単で機械的強度も有る M 型コネクタが使用されました。（精密な測定には 75Ω をインピーダンス変換器で 50Ω に変換して N 型コネクタで測定しています。）

現在は、CATV 等の幹線にはフィッティングコネクタ（FT 型）、分岐・分配線、テレビ受信機等は F 型コネクタになっています。

第 11 図に、当時用いられた M 型コネクタの例を示します。受信アンテナから各家庭の保安器まで全て M 型で統一されていました。



第 11 図　M 型コネクタ

（６－１）難視聴解消から電波障害対策、そして CATV へ

ＮＨＫの共同受信施設という技術がオーソライズされたのは、電波（サテライト局）でのエリア確保を補完するために計画的に建設された「ＮＨＫ共聴」からです。

関連資料：1975 年（昭和 50）CATV 技術－施設設置の指針－、p.246

1959 年（昭和 34）頃には、アンプ、分岐器、分配器、同軸ケーブル等が出揃い、次の年にはＮＨＫ共同受信施設の助成制度（通称：助成共聴）が開始されました。

「ＮＨＫ助成共聴」は、山の上からの電波を集落まで幹線を引いて分配器を設置するまでの経費をＮＨＫが負担する。そして、受信者が、分配器から自宅まで引き込み線を設置するも

のでした。

補完的に建設されたＮＨＫ助成共聴は、1969年（昭和44）から一部の施設が難視聴対策の為の共同受信施設と認められ、新たにNHK共聴として発足しました。

この施設は、NHKの放送が見られない集落が対象であることから、受信アンテナからテレビ端子まで、NHKで設置し、民間放送分（受信アンテナ、増幅器のみ）は地元負担として、幹線部分はNHKの施設を貸与しています。

この「Ｎ共」は、難視聴解消施設として１万を越える施設が建設されましたが、その後のＣＡＴＶの普及やミニサテライト局の建設で、徐々に当初の目的が達成されることとなり、徐々に減少しています。

このように共同受信施設は、山間僻地での電波の受信から始まり、集合住宅内での共同受信にその技術が応用され、さらにその集合住宅で発生した電波障害改善の共同受信と発展しました。

そして、それらの電波障害対策共同受信施設を接続し、さらにその対象地域をも合併吸収した大規模な共同受信施設（501端子以上）となりました。その大規模な施設では放送以外のメディアをも伝送するCATV施設として運用されています。

関連資料：1979年（昭和54）　都市テレビ共同受信中規模システムの設計、p.281

この資料は、CATV技術は未解決な問題があり、郵政省ではこれを解明するために「CTAV技術研究会」を設置し、調査研究を進めてきました。これらの結果を取りまとめたのが本資料です。今後のCATVの進め方の指針となるものです。

次の本は、米国の測定器メーカーJERROLDによって、共同受信施設の理論を解き明かした資料です。

関連資料：1968年（昭和43）TECHNICAL HAND-BOOK FOR CATV SYSTEMS、p.174

これは、上記「TECHNICAL HANDBOOK FOR CATV SYSTEMS」の翻訳本です。

関連資料：1975年（昭和50）CATVシステム　テクニカル・マニュアル、p.240

そこで、1977年（昭和52）にテレビ共同受信技術研究会（EIAJ、㈱日本有線テレビジョン技術協会、NHK）が設置され、筆者もNHK委員として「都市テレビ共同受信中規模システムの設計」として標準的なシステムのレポート作成に参画しました。

これ以降は、建造物障害共同受信対策のモデルとして一般的に普及し、障害改善に寄与する事ができました。

こられ発展の経緯の中で、筆者は次に説明する集合住宅での共同受信に関わりました。

（６－２）集合住宅での共同受信設備の普及

以上のテレビ共同受信設備には、山間などの電波が届かない地域への電波の分配を目的としていました。

一方、集合住宅（当時は団地と呼称）の共同受信設備は、高度成長期の1960年（昭和35）頃～1970年（昭和45）頃に急激に増加した集合住宅（ほとんどは５階建）に導入された設備です。初期の集合住宅でのテレビの受信は、屋上から各戸にリボンフィーダ線を引き込んでいましたが、リボンフィーダ線の断線や接触不良が多く発生し、次第に共同受信設備へと変わっていきました。

この頃のテレビの電波は、VHF帯の第1～第12チャンネルの電波を使用していました。

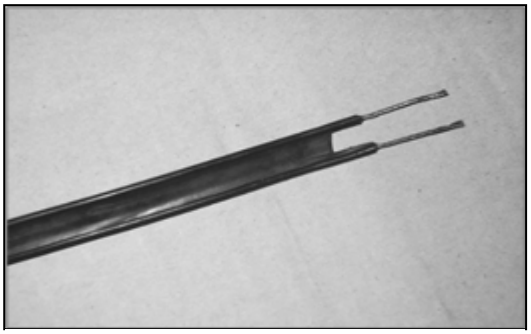
集合住宅での受信するアンテナは、屋上の部屋番号が指定されたポールに受信アンテナを取り付け、第 12 図の「リボンフィーダ」（特性インピーダンス：300Ω）と言われる平べったいポリエチレン線の両端に電線を配したリボンフィーダ線を屋上から外壁面に沿わせて引き下ろし、各戸のベランダ側からテレビに直接引き込んでいました。

この配線は、屋上から一階の部屋へは約 20m の長さになり、途中に固定する場所が無いため「宙づり」の状態となって、風などによって切断され、芯線が断線しても外皮ビニール部分は繋がっているため、外見上は切断の判断ができません。

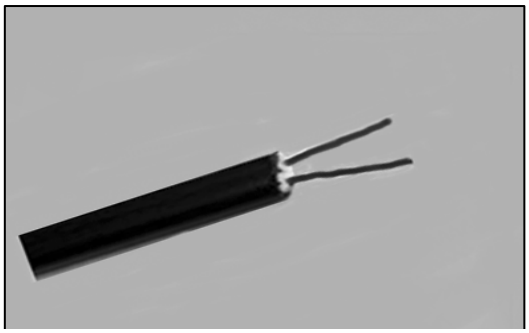
また、アンテナ・エレメントとフィーダ線の接続部分も蝶ネジで固定するなど、防水対策も不十分で接触不良も多く、大変困りました。（当時は、縦階段が主流で、原因の調査には屋上に登る必要があるため、5 階の階段を何回も往復し、屋上のマンホールを行き来しました。）

1963 年（昭和 38）に UHF 放送が始まり、従来のリボンフィーダより損失の少ない発砲形ポリエチレンを用いた第 13 図の UHF 用メガネ形の 200Ω フィーダが開発され使用されました。しかし、ケーブルの柔軟性に欠け、取扱いが不便なため次第に使用されなくなりました。

このように断線等が多く、リボンフィーダの構造から外部雑音の影響も受けやすいため、シールド効果で雑音除去能力が高い「同軸ケーブル」が採用され、徐々に普及していきました。この時代は、アンテナとテレビは



第 12 図　リボンフィーダ線(300Ω)



第 13 図 UHF 用メガネ型フィーダ線(200Ω)

一対一でつながれていましたので、映り具合に支障がでるのは一部屋のみでした。（テレビも今と違って、一家に一台で、分配数も少なかったのです。）

また、各戸のフィーダ線が屋上からブラブラしているので、見栄えも悪い事から「屋上から各戸専用にフィーダ線用配管」が設けられ、従来からのいろいろな懸念が払拭されました。

すると、屋上には各戸向けに配管が並ぶことになり、それならば一本のアンテナから電波を分配してそれぞれの配管に分配すれば、屋上の「アンテナ群」も無くなり、美観上も故障も少なくなると考えられました。

しかし、各戸に分配するためには分配した分だけ電波が弱くなるので、新たに「増幅器」が必要になります。このようにして、集合住宅における「共同受信施設（または共同聴取施設、略して共聴）」が出来上がってきました。

このように、当時は一本のアンテナから複数の部屋に「分配器や分岐器」で分配する「分岐・分配方式」でした。

この方式は、一本のアンテナから複数本（住戸数分）の同軸ケーブルを引かなければなりません。これを改善するため「1971 年設立、テレビ受信向上委員会」で、この欠点を改良するために開発された方法が「直列ユニット方式」です。

この方法は、アンテナから増幅された信号を最上階の 5 階に接続し、その部屋のテレビのコンセントボックス内に直列ユニット（分岐器を

内蔵）を経由して 4 階の部屋へ、続いて 3 階の部屋、2 階の部屋、そして最後に 1 階の部屋にと、一本の同軸ケーブルで直列に接続する方式です。（直列ユニットの直列段数は、5～7 段が限度になります。）

この方式は、その後、日本住宅公団が 1968 年（昭和 43）頃「公共住宅規格部品（KJ 規格）」として採用され、次第に民間の集合住宅にも普及していきました。ＫＪ規格は 1978 年ＢＬ規格として吸収されその制度を終了しました。

しかし、直列ユニットの欠点は、直列に接続された上の階で部屋の改装などで壁面端子（直列ユニット内臓）を取り外したりした場合に、それ以下の階に全て電波が届かなくなってしまうことです。

この直列ユニットは、電波の利用状況により、VHF 帯 → VHF 帯＋UHF 帯 → VHF 帯＋UHF＋BS-IF 帯（1984 年(昭和 59)頃～）→ VHF 帯＋UHF＋BS-IF 帯＋110 度 CS-IF 帯（最大伝送帯域 2,071MHz、1992 年(平成 4)頃～）と次第に帯域幅が広くなっています。

そして、2018 年（平成 30）12 月から左旋の BS と 110 度 CS 放送が開始され、最大伝送帯域が 3,224MHz になっています。

このように最高周波数が 3GHz を越えてくると、同軸ケーブルの損失も非常に大きくなり、直列ユニットで多段接続が難しくなります。これを改善するため、分岐・分配方式の見直し、CATV への加入、光ケーブルにする、左旋放送波のみ別のパラボラアンテナを設置する、等が考えられます。

（６－３）集合住宅への「BS」と「CS」の導入

集合住宅の建設が始まった頃には、放送の電波は第 1～第 12 チャンネルの VHF 帯（周波数では 90MHz～222MHz）を使用していました。

現在は、地上デジタル放送（UHF 帯：470 MHz～710MHz）、衛星放送（BS-IF 帯：約 1000MHz～1500MHz、CS-IF 帯：約 1600 MHz～2100MHz）を受信することができます。

この数字を見て頂ければ判るように、当時と今では約 20 倍（=2,100÷90）の周波数になっていますので、伝送する共同受信施設の特性（増幅器、分配器を始め「同軸ケーブル」）の要求も大幅に高くなっています。

同軸ケーブルは VHF 帯のみの時は「同軸ケーブルの名称：5C-2V」が主流でしたが、周波数が高くなるに従い、伝送損失の少ない特性が要求されて、現在では幹線は「S-7C-FB」支線は「S-5C-FB」（数字は同軸ケーブルの太さを現し、太い方が損失は少ないが、柔軟性が少なくなる。）が主流で使用されています。（第 14 図、第 15 図）



第 14 図　～ UHF 用(3,5C-2V)



第 15 図　～ CS 用(4C,5C-FB)

従って、従来の 5C-2V の同軸ケーブルを使用した共同受信施設では、同軸ケーブルの損失が大き過ぎて増幅器を大きなものに交換しても CS 放送に対応することができにくくなります。

1955 年（昭和 30）頃は、同軸ケーブルは高価で幹線 7C-2V,引込 3C-2V を使用していました。当時の同軸ケーブルの仕様は駐留軍仕様で、その後電電公社仕様となり、同軸ケーブルが改良されています。

7．テレビ受信機委託修理業務

職場に配属されてから、当時、有楽町の交通会館の中にあった「有楽町 TV サービスステーション」にしばらく勤務する事になりました。

有楽町サービスステーションは、全国的に修理技術者の少ない中でカラーテレビの修理や外国製のテレビの修理などを行っていました。（委託期間：1953 年（昭和 28）～1965 年（昭和 40））

筆者は、無線機は自作の経験は有りましたが、テレビの修理の経験は無かったので、先輩の指導を受けながら、テレビの勉強をしました。

受信機（受信技術）部では、「受信機情報」第一巻（昭和 23）・第二巻（昭和 24)、改名して「受信機資料」第一巻（昭和 25）～第 17 巻（昭和 54)という放送の受信に関わる幅広い情報を全国で共有し、関連業界にも提供し、技術レベルの向上や普及に役立てていました。

その一環として、上記「営業技術アイデア」募集が催され、数年の経験でしたが数編のアイデアを投稿しました。

関連資料：1967 年（昭和 42）受信技術資料、営業技術アイデア特集 p.136

＜エピソード＞　氷柱

有楽町 TV サービスステーションでは、当時、冷房機が無かったので、部屋の冷房は「氷柱（一貫目位）」でした。夏場ですから氷柱は溶けて水になるので、氷柱の台の下にバケツをおいて溶けた水を受けます。

当時の履物は、今のように耐水性のものは有りませんでしたので、皆革靴でした。革靴は水が浸み込みます。

或る時、溶けた水が溢れて床が水浸しになったのを気が付かないで、作業をしていて、サービスベンチのテレビのシャーシーを触った瞬間「ビリ！ビリ！」と感電して、ひどい目に会った事を思い出します。

8．卒業論文

入局 1 年後の 1964 年（昭和 39）に東京都千代田区神田駿河台（JR 御茶ノ水駅の近く）の日本大学理工学部電気工学科に入学し、1968 年（昭和 43）に卒業しました。

卒業論文は「正三角形型配列による三電子銃を使用したカラーテレビ用ブラウン管における垂直周辺コンバーゼンス補正回路」について研究した結果を纏めました。

当時、提出した論文のコピーを記念に保管していたが、当時は、青色のペンで書いたため、長年の時間の経過で文字が薄くなり、また論文にはカラー写真を添付したのですが紛失してしまいました。

関連資料：1968 年（昭和 43）卒業論文（日本大学理工学部電気工学科）、p.142

9．初めての講習会講師

入局して 2 年目の筆者に講習会の講師をするように、業務命令がありましたが、初めての講師と言う経験もない中での話だったので辞退したのですが、先輩から誰でも最初はそんなものだと説得されて、引き受けざるを得なかったのですが、それから講習会の日までが大変でし

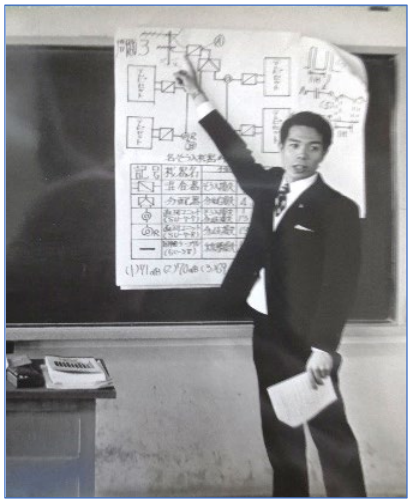
た。

何しろ大勢の前で話したことが無い訳ですら、講義内容を暗記するほどノートに書き、話す練習をし、想定される質問の答えを考えたり、毎日毎日、頭の中は講習会でいっぱいでした。

これは 1965 年（昭和 40）頃で、渋谷の並木橋にあった「テレビ工学専門学院（(財）電波技術学園)」が最初でした。当時はパソコンもプロジェクターも有りませんでしたから、図面を模造紙で準備し、黒板に回路図を描きながら説明しました。初めての時は、夢中で説明したのを覚えています。第 16 図は当時の筆者の写真です。

今までの一番多人数の講習会は、NHK 紅白歌合戦も行われた日比谷公会堂（東京）で約 3,000 人でした。

ここでの経験は、後に㈶NHK 放送研修センターに転籍してからも、話し方や質問の受け方等、大変役に立ち、人前での話にも自信が持てるようになりました。



第 16 図 講義する筆者

～コラム～　講義用機材

上の写真は、筆者が最初に講義した当時の写真ですが、予め「模造紙」に書いた図面を使用しています。

講義は、基本的には黒板とチョーク（カラーテレビになってからは赤･緑･青と白）ですが、講義内容の性質から、回路図が必要です。

講義中に板書すると時間が掛かり講義がスムーズに進まないために、事前に準備する必要が有ります。

回路図については、黒板→模造紙→スライド（青地に白抜き）→オーバーヘッドプロジェクタ（OHP）→プロジェクタ（電球）→プロジェクタ（LCD）→これらをパソコンで制御、と便利になりました。

投射するスクリーンも、当初は黒板に模造紙を張りましたが、組み立て式のスクリーンや大型のスクリーン（200 インチ）の登場、また、PDP や LCD の大型ディスプレイ（60 インチ程度）の多用が多くなりました。しかし、最近の小規模な講習会等ではホワイトボードに専用マーカー（赤・緑・青・黒）になっています。

また、説明をする時に必要なのが「指棒」です。ロッドアンテナのように多段の物がほとんどです。（筆者は自前の指棒を準備していました。）

次に、レーザーポインターが使用されるようになってきました。しかし、レーザー光は指向性が鋭いために指示したポイントの光点が小さくて、受講者がその位置を確認しにくい、短時間で講師が次に位置に光点を移動させてしまう等のため、受講者からは不満がありました。

筆者は、このような不便さを解消するため、画面に記入し、その位置を保持できるタブレットを導入し、受講者から理解が深まるとの好評を頂きました。（講師が画面を消去するまでの間、スクリーン上に説明記録が残っています。）

第三章　1970 年（昭和 43 年）代の思い出

１．新たな電波障害

（１－１）建造物障害

建造物等による電波障害は 1965 年(昭和 40)頃から顕在化して、高度成長期に合わせるようにうなぎ上りに増加してきました。

この受信障害は、以前からある雑音や混信などの電波障害と異なりテレビの画像に二重三重の画像が写るゴースト障害です。放送局からの電波が遮られて起こる遮蔽障害と、近隣の大きな建造物からの反射電波による反射障害があり、同時に起こることもあります。

有斐閣選書「隣近所とつきあう法（ご近所との紛争を上手に解決)」(有斐閣、1971 年(昭和 46)）に“ビルによるテレビの受信障害”について寄稿しました。

関連資料：1971 年（昭和 46）隣近所と付き合う法、p.184

（１－２）フラッター障害との出会い

電波障害の一つに「フラッター障害」があります。この障害は、ゴースト障害に似ていますが、障害となる妨害波が移動する反射体（飛行機、電車、車など）で反射されて、希望波とともに受信アンテナに到達して合成され、画像がふわふわとして見にくくなります。

また、受信アンテナの前方を移動体が横切った場合も同じような症状になります。

（１－３）東海道新幹線の車体による電波障害対策

1964 年（昭和 39）の東京オリンピックに向けて東海道新幹線の建設が行われましたが、新幹線の車体による電波の遮蔽および反射が発生することが問題となり、調査および対策が行われました。

東海道新幹線は、高架鉄道のため丁度各家庭のテレビアンテナの高さ位の位置を通過します。車両は金属体で出来ていますが連結部分や窓は電波が通過するために電波が遮られたり、通過したりして、フラッターという症状になります。

この障害は、車両から離れた位置では受信アンテナの設置場所や高さの調整等で改善できますが、近くでは受信アンテナによる改善は困難です。このため、共同受信による改善が必要となります。

筆者も調査を担当し、電界強度計と記録計をサービスカーにセットして、受信アンテナの位置、方向、高さなどを変化させながら、新幹線の通過時の電波の強さの変化を測定し記録しました。

その結果、遮蔽および反射ともにある一定距離まで影響があることが判明し、対策をすることとなりました。

1964 年（昭和３９）～1981 年（昭和 56）に新幹線対策として改善が図られました。

筆者は、東京営業局営業技術部に在籍していたので、東京での調査結果から 1972 年（昭和 47）7 月に新幹線障害対策共同受信施設の第一号を大田区西馬込地区（受信点アンテナは大田区の公園内に設置）に設置しました。

また、その後の東北新幹線などにも、ここで収集したデータが活用されました。

（１－４）成田空港（現、新国際空港）フラッター対策

1978 年（昭和 53）開港の成田空港（現、新国際空港）の受信障害の調査および障害対策を実施しました。

1973 年（昭和 48）頃に成田空港の建設に伴うフラッター障害調査を担当しました。飛行機によるフラッター障害は機体が金属で電波が反射し易いために発生します。飛行する機種がジャンボ機で非常に大きいので電波の反射する面積を検討するため、空港公団からジャンボ機の外形図を入手して投影した反射面積などを計算しました。

なお、飛行機によるフラッター障害の発生について自衛隊所沢基地で実際に自衛隊機によるフラッター発生実証実験が行われ、実験に参加してデータを収集しました。

成田空港の調査中に、付近の受信者の方から、昼間は問題ないが夜になるとゴーストが発生しテレビが見られなくなるとの話がありました。

調査の結果、滑走路端にあるジャンボ機の格納庫のシャッターが夜は閉められることが判り、夜間調査の結果、このシャッターの方向が電波到来方向に向いていることが原因と判明しました。

妨害波は電波到来方向の反対側から到来するので、前後比の良い受信アンテナで実験しましたが、反射金属面が余りにも大きく（ジャンボ機２機＋α）、完全な金属面のため反射波が強く、アンテナでの対策は困難で、共同受信による対策で改善しました。

（１－５）雑誌に投稿

入局 9 年経過し、訪問サービス、受信相談、雑音防止や技術講習会等を経験し、その知識を電気店の皆様に活用して頂くために電気店向けの月刊誌「電気店（電波新聞社）」に記事を投稿しました。

1972 年（昭和 47）に電気店向けに記事を投稿したが、もう少し詳しくとの希望も有り、「カラーテレビジョン上級コース」として数式も交えて説明しました。

関連資料：1972 年（昭和 47）知っていると得をするチョットした知識、p.191

関連資料：1973 年（昭和 48）「カラーテレビジョン」上級コース、p.219

（１－６）オールチャンネル受像機における中間周波妨害の改善対策

1961（昭和 36）年に UHF 帯のチャンネル割当があり、1964 年（昭和 39）に中間周波数 58MHz 帯の答申が行われると、テレビ受像機も従来は外付けの ＵＨＦ コンパー ター を使用していたものが、UHF チューナを内蔵した「オールチャネルテレビ受像機」が販売されるようになりました。

新しい中間周波数は 58MHz 帯のため、既に割り当てられている業務用無線（50MHz 帯）と混信を起こすことが判ったので、この業務用無線がどのようにテレビ受信機に混入するのかの原因を調査し、改善方法の提案を行いました。

この当時はアンテナ線にリボンフィーダの使用が大多数であるため、妨害波に対しては無防備の状態でした。

また、テレビ受像機のアンテナ端子もリボンフィーダ用にオープンなターミナルで、かつ、受像機内部もアンテナ端子からチューナまでリボンフィーダを用いていました。

VHF 入力に同軸ケーブルを用いた場合でも、UHF 帯はターミナルで妨害排除の能力はあり

ませんでした。

現地（長野県飯田市）で、各種の妨害波の排除するためのシールド実験などを行った結果、アンテナのフィーダ線から受像機端子および受像機内部のチューナまでの配線などを全てシールドを施す必要があることが判りました。

この実験の結果を、専門誌「放送技術」で公開し、受像機メーカーへの働きかけを行った結果、その後は全ての受像機に対策が行われ、この障害は改善することができました

関連資料：1972 年（昭和 47）放送技術「オールチャンネル受像機における中間周波妨害の改善対策」、p.212

関連資料：1972 年（昭和 47）テレビ受信機アンテナ端子の変遷、p.218

第 17 図は 1969 年当時のテレビ受信機のアンテナ端子です。VHF,UHF 共にリボンフィーダが使用されるのが一般的でした。



第 17 図 VHF,UHF 共端子盤 1969 年,東芝,12PZU,白黒,IF:58MHz

現在は、全ての受像機に F 型接栓と同軸ケーブルが使用されています。

２．新しい技術との出会い

（２－１）家庭用ビデオレコーダ

家庭用ビデオレコーダには、主に VHS 方式とベータマックス方式があります。

日本の家庭用ビデオテープレコーダは、1975 年（昭和 50）にソニーがベータマックス方式の機器を、1976 年（昭和 51）に日本ビクターが VHS 方式の機器が発売されました。

映像の記録方式は、音声テープレコーダの記録周波数（約 20kHz）を大幅に越える為、記録テープとの相対速度をシリンダリカル・ヘッドの開発で向上させています。

関連資料：1975 年（昭和 50）　家庭用ビデオテープレコーダー（発売）、p.253

（２－２）FM 放送の始まり

関連資料：1976 年（昭和 51）FM 放送の知識から受信システムまで、p.21

ラジオ放送は、中波帯を使用したＡＭ放送が主でしたが、1957 年（昭和 32）に FM 放送が開始され、その受信方法について問い合わせも多くありましたので、雑誌「電気店」（電波新聞社）の“電気店別冊 ‘76 オーディオショップ”（1976 年）に“ＦＭ放送の知識から受信システムまで”と題した記事を寄稿をしました。

FM 放送が身近になるにつれて、FM 放送は音質が良いと聞いたのに、1977 年（昭和 52）頃から音が濁るなどの問合せが寄せられるようになりました。

筆者が受信障害を担当していた頃は、FM 受信機は据置型ラジオの FMチューナを内蔵した

ものの、FM 用アンテナはテレビ用のリボンフィーダを壁に T 字型に張ったものが主流で、壁の向きなどにより電波が上手く受信できていない事が多くありましたので、外部アンテナを指導していました。

この当時、FM 放送の受信方法は、電波の強さのみを図る測定器しかありませんでした。

しかし、退職後にコンサルタントをしている時に、FM の受信方法を調べる機会があり、過去の論文を検索（1978 年：大原、FM 放送マルチパス歪みの回析、NHK 技研、1987 年：小宮、スペクトルアナライザによる FM 放送波のマルチパス測定、郵政省電波研究所）すると研究論文が 2 件ありました。

この方法は FM 放送波の D/U をスペクトラムアナライザ（スペアナ）を用いて測定する方法で、中心周波数±50kHz の最大最小値を測定し、論文に示された D/U 換算カーブから求めます。

この当時は、現場ではスペクトラムアナライザは一般的では有りませんでしたが、現在はほとんどの部署に有りますので、容易に測定することが出来ます。現場でスペアナを観ながら、FM アンテナの方向調整をして、D/U の大きい場所を選定することができます。

また、FM 放送の音質を劣化させるのは、FM 放送波を直接受信するものと、反射波の合成によるもので、多方向から電波が届いてしまうということで「マルチパス」と呼ばれます。このマルチパスという用語は、地上デジタル放送が始まると盛んに用いられるようになりますが、もう既に 1987 年（昭和 62）には使用されていたのです。

（２－３）音声多重放送の開始

1978 年（昭和 53）にテレビの音声搬送波に二か国語やステレオの信号を多重する「音声多重放送」が始まりました。

関連資料：1978 年（昭和 53）音声多重放送の受信方法、p.280

ＮＨＫの夜 7 時のニュースの二か国語放送では、主音声に日本語、副音声に英語の信号を多重しています。英語でニュースを聞きたい方は副音声に切り換えて使用します。ところが、この音声多重放送が始まってから、夜 7 時のニュースが始まると「何故、英語の放送をするんだ!」という苦情の電話が毎日、何本か掛かってくるようになりました。

調べたところ、音声多重放送の切替ボタンを無意識に切り替えてしまっていることが判りました。つまり、日中にテレビを見ている時、リモコンの音声多重ボタンを間違って押していたのです。

音声多重放送をしていない時は、このボタンを押しても音声に変化は有りませんが、回路は切り替わっています。したがって、このまま夜の 7 時のニュースの時間になると、副音声の英語になっているという訳です。

この原因は、テレビ音声多重の切替ボタンが第 18 図のようにリモコンの上面に有るため、間違って押す可能性が高いのです。

そこで、筆者は電子機械工業会やメーカーに機会が有る毎に音声多重ボタンをリモコンの上面から蓋の中等に、普段触らない所に移動して貰うよう依頼しました。しばらくしてから、希望通りとなり、それ以降全てのリモコンは蓋の中（第 19 図）になって、このようなナンセンスコールはなくなりました。

音声多重放送の受信方法は、開始当初はこの機能が内臓されていなかったので、アダプターが発売され、次に専用のチューナが発売されました。

1978 年（昭和 53）に開始され 1980 年（昭和 55）現在（電子機械工業会）の普及数は、音声多重放送の端子付きテレビ 1,000 万台、内臓テレビ 220 万台、チューナ 30 万台等と急速に普及し、現在のテレビは全て音声多重放送が受信

できるようになっています。



第 18 図　リモコン上面の切替



第 19 図　リモコン蓋の中の切替

3．テレビジョン受信機修理技術者試験との関わり

テレビの急激な普及で、この頃のテレビは真空管式ですから真空管のエミ減や断線、高電圧（数百ボルト）での部品の劣化等で故障が多く発生し、修理技術者の育成が急務となっていました。

これを全国の電気店の方々に担って頂くために統一した技術力の向上を目的としてテレビジョン受信機修理技術者検定規則制定（1959 年、通産省）され、これに基づくテレビ修理技術者試験が行われていました。

入局時は、1958 年（昭和 33）からの「テレビジョン受信機修理技術者試験」の実施中で、真空管式テレビの急激な普及で、故障修理が急増して修理技術者の養成が急務とされ、多くの電気店などの方々が受験していました。

入局当時はテレビの回路についての知識は有りませんでしたが、前述のように中央研修所での講義や「有楽町サービスステーション」での実務経験で、かなり勉強することができました。

（１）実技試験の担当

修理技術の試験は実技試験で、試験用テレビ（筐体から出して診断し易いように配置）とテスターを用いて、指定時間内に故障回路を判断し、不良部品を指摘するもので、テスターの使い方も判断の対象でした。

試験官は事前に試験問題用の「不良部品（抵抗器やコンデンサー）」の入った封筒を事務局から受け取り、試験開始前に指定回路のハンダ付けを外し、故障した部品に交換するのですが、ハンダ付けが綺麗に仕上がらないと、ハンダ付けだけを見て不良部品を正解してしまう受験者がないように注意して作業するのも試験官の仕事でした。

この点は小学生からやっていたハンダ付けの技術が役立ちました。そして受験者を待つわけです。

この実技試験はしばらく続きましたが、受験者の増加で 1967 年（昭和 42）からは年２回実施されましたが、さらに受験者数も多くなり、実技試験は困難となったので「修理技術」も筆記試験に変更され、以降「基礎理論」「修理技術」の２本立ての筆記試験で実施されました。

（２）試験問題の作成

筆者は、1977 年（昭和 52）から電波技術協会から委嘱を受けて「試験問題作成委員」として、1980 年（昭和 55）頃までの試験問題作成委員として問題の作成に携わりました。

試験問題は機密保持が求められますので、数人の試験問題作成委員が原案を持ち寄り、一週間ほど缶詰で問題を吟味し、実際に持ち込んだテレビやオシロスコープ、テスターなどで確認して間違いの無いように慎重にチェックしました。

カラーテレビジョン受信機修理技術者試験の頃になると、回路（特に音声や色復調など）

にＩＣ（中身はブラックボックス）が使用されるようになり、単一のパーツが故障しても、症状が異なるなど、複雑化して問題作成に大変困った思い出があります。

慎重という点では、筆者が担当する前までは、問題にミスがあり、点数から除外する事が有りましたが、筆者が担当した数年間は幸いにして一度もミスなく出題することができました。

この問題作成では、いろいろな回路をかなり深く勉強させられましたので、テレビの回路技術にはかなり詳しくなりました。このお陰で、その後の各種講習会等では自信を持って説明することができました。

転勤などもありしばらく資格試験関係の仕事から離れていましたが、1981 年（昭和 56）から始まった「通産省認定、家庭用電子・電気修理技術者試験」には、以前と同じように試験問題作成委員として問題作成に参画しました。

その後、2001 年（平成 13）から始まった「家電製品エンジニア・アドバイザー試験」では、テレビは全てＩＣ化され故障修理も電気店では対応しきれないほど複雑となったので、この試験では家電製品（クーラー、電子レンジなど）がメインとなり、筆者は基礎技術の試験問題の作成を担当しました。

（３）資格制度の変遷

放送受信機の修理技術の向上を図る目的で、戦前から試験制度がありましたが、メディアの進歩とともに資格制度も、次のように変遷しています。

1951 年（昭和 26）通産省「ラジオ受信機修理技術者試験」、1958 年（昭和 33）から「テレビジョン受信機修理技術者試験」(1964 年(昭和 39)～電波技術協会実施)、1967 年(昭和 42)からは同試験は受験者増などにより年２回実施になり筆記試験（基礎技術、修理実技）のみとなりました。

1974 年（昭和 49）から「通産省認定、カラーテレビジョン受信機修理技術者」（電波技術協会実施）、1981 年（昭和 56）から「通産省認定、家庭用電子・電気修理技術者試験」（家電製品協会）となり、2001 年（平成 13）「家電製品エンジニア・アドバイザー試験」（家電製品協会）と変遷しています。

＜エピソード＞　故障審査

実技試験中に、一度だけ困ったのは、或る受験者がスイッチを入れて症状確認後、スイッチを切ってテスターで故障と思われる個所周辺の部品を全てオーム計でチェックし、故障部品を指摘したことです。

回路の電圧等のチェックを一度も行わず故障個所を探したわけです。この方法は、故障審査に適当かどうか、判断に迷うことでした。
（現場ではこのような修理方法も有るものだと感心しました。）

＜エピソード＞　質問攻め

筆者は、仙台放送局に転勤して技術指導の担当になりました。

この時期、地元の修理専門の電気店の方で、テレビ修理技術試験で満点を取りたいという方が、たびたび質問に来局して、前任者を困らせていました。（満点を取ると東京に呼ばれ表彰された時期がありました。）

筆者が担当になると、早速その方が質問に来られました。大変、勉強熱心な方で大学ノートにビッシリと問題と解答および考え方などを整理されていました。

筆者は、一つ一つの問題を丁寧に説明したところ、一週間後位から度々来局し、ご指名で質問を受けました。

筆者はテレビ修理技術試験に関わったお陰で、テレビジョン受信機の回路技術には詳しく

なっていましたので、適切に説明する事ができました。

その方は、一度満点を取りましたが一度ではまぐれだと再度チャレンジしていました。

4．リモコン

テレビのチャンネル切替は、当初はターレット型やロータリー型が主流でしたが、これを自動切り換えるためにモータートライブ等がありました。

しかし、電子チューナの発展で、電子的にチャンネルを切り替えられるようになり、いろいろな方式が開発されました。

これらのテレビ受信機の進化の過程で、リモコンの発展過程をまとめ下記に寄稿しました。

関連資料：1979 年（昭和 54）電子チューナ、リモコンの原理と各社の方式、p.307

~コラム~　チャンネルを回す！

テレビのチャンネルの切替を「チャンネルを回してくれ！」というフレーズは、テレビが始まった当時のターレットやロータリーのイメージが残っているのでしょう。

現在では、電話も同様で「ダイヤルしてくれ！」という語句は、今や通用しなくなっています。単に「電話してくれ！」かな・・・。

＜エピソード＞　電子チューナと雑音

筆者は、電子チューナ発売の初期の頃に或るメーカーのカラーテレビを購入しました。チューナはタッチ式の電子チューナでしたが、或る時気が付いたのですが、切り換えていないのにチャンネルが変わってしまうのです。

最初は、テレビの故障かと思いましたが、良く調べてみると、扇風機のスイッチを入れるとチャンネルが変わってしまうことが判りました。

扇風機のスイッチのノイズでチューナが誤動作していたのです。早速、メーカーサービスに連絡したところ、電子チューナのノイズ対策が不十分で有ったとの事で、交換して改善しました。

また、今のリモコンは赤外線を変調して誤動作を防いでいますが、一時期普及した「超音波リモコン」は、家の外で鍵束を振っただけで、テレビのスイッチが入ったり、チャンネルが変わってしまうものもありました。

実は、超音波は、手を擦り合わせたり、歩く時の被服の擦れでも発生しているのです。

（この原理を利用したのが、配電線等の雑音を探知する「超音波放電探知器」です。）

例えば、数 m 位離れた猫は人の動き（被服の擦れ等）を超音波で感知して逃げてしまうのです。

5．コンピュータとの出会い

1963 年の入局時には、ＮＨＫ全体でコンピュータ（当時は電子計算機と呼んでいた）による業務処理システム（ＥＤＰＳ、1964 年(昭和 39)）の運用開始を控えていたので、さん孔タイプによるデータ入力の研修を受けました。この時、学んだプログラム言語は事務計算用言語の「COBOL」でした。

配属された技術局受信機部（配属時事務所は新橋の田村町ビルの４・５階にあり、３階は技

術局保全部が入っていました。）では、実際にさん孔タイプを打つことは有りませんでした。

しばらくして、筆者が全国の測定機器の配備計画を担当した時に、この研修の成果を生かして電子計算機による全国測定器の実態調査を実施し、それまでホールソート（紙ベース）による管理を電算化することができた。

この業務からコンピュータに興味を持ち、いつかプログラムを勉強して自在に動かして見たいと考えるようになりました。（まさか、現在のように当時のコンピュータの性能を大幅に越えるコンピュータが所有できることなど、全く想像できませんでした。）

そこに近づくチャンスが 1972 年（昭和 47）から人事本部中央研修所の技術研修部に異動になり、全国の技術者の研修コーディネートを担当するとともに、全国的に EDP システムの理解を深めるために事務職・技術職・放送職などを問わず全職員を対象とした EDPS 研修に携わることとなったのです。

この研修は、同じ敷地内の NHK 技術研究所の大型電子計算機（IBM360/370）を使用してプログラムを書き、IBM カードにパンチして実行し、電子計算機に親しんで貰うことでした。

ここで使用したプログラム言語は「PL／Ｉ」でしたので、事前に講師として説明できるように勉強しました。

さらに、電子計算機を使用して、技術計算をさせるため科学技術計算用言語の「FORTRAN」を使用していろいろな計算をさせ、プロッターにグラフを書かせるなどの勉強をしました。

実習の準備などで、電子計算機が使用できるのは技術研究所の業務終了後ですから、最後に電子計算機の電源を切って帰らなければなりません。しかし、この時代には今と違って電子計算機は雲の上の機械ですから、その操作を任された時は非常に緊張した思い出があります。

コンソールからコマンドを打ち込んで、磁気テープを外し、コマンドに表示されてから、電源ボックスの高圧電源を切り、次に低圧電源を

関連資料：1979 年（昭和 54）PET にカタカナを加えた「百人一首」プログラム、p.293

切って終了になる。もしコマンドを打ってからエラーが出たらどうするのか、ヒヤヒヤしたものです。

中央研修所から元の受信機部に戻った頃に、コンピュータのキット（NEC、TK-80）が発売されました。

この当時はアセンブラでプログラムを書くものでしたが、1978 年（昭和 53）に 9 型のグリーンディスプレイと記録用カセットテープレコーダを搭載した一体型のコンピュータ（当時はマイコン“My Computer”と呼んでいました。その後、“Micro Computer”のマイコン、そして“Personal Computer”の パソコンとなりました。）が発売されました。

早速、その年の 3 月に PET2001 型（米国コモドール社）を購入し、コンピュータ雑誌「マイコン（電波新聞社）」6 月号で“話題の製品”と

関連資料：1978 年（昭和 53）PET とは、p.275

して「PET とは」として使用感などを寄稿しました。（恐らく日本では初めてでしょう。）

PET2001 型は、CPU：6502、8 ビット、クロック：1MHz、メモリ：8kbyte でプログラム言語は「BASIC」でした。（その後、後継機の CBM3032 にグレードアップしました。）

筆者の現用機は CPU も高度化し、64 ビット、クロックは 3.30GHz、メモリーは 16GByte と大幅に性能アップし隔世の感があります。

このように現在では、スピードもメモリーの容量も十分過ぎほど余裕が有りますが、当時は８kByte のメモリーに如何にしてメモリーの使用容量を抑えてプログラムを組み込むかを思案し、変数名を短くしたり、コメントは書かな

いなど、苦労した思い出があります。

このような苦労の中で、日本で初めてのプログラムを開発しました。それはディスプレイにカタカナの文字（当時はアルファベットと記号だけで、カタカナの表示も出来ませんので、もちろん、漢字の文字は表示できません。）で縦書きに表示するものでした。（まだワープロは開発されていない時代です。）

関連資料：1979 年（昭和 54）PET によるグラフィック入門、p.286

ディスプレイ画面の走査線はテレビと同じで、左から右方向に走査されます。したがって、画面に文字を横方向に表示するのは容易ですが、日本語のように縦に表示した方が便利場合は、難しいのです。

そこで、百人一首をテーマに日本語を縦書きにするアルゴリズムを開発し、当時のコンピュータ雑誌「マイコン」（電波新聞社）の 1979 年（昭和 54）２月号に特集として寄稿しました。

その後、このプログラムは雑誌マイコンの「マイコンプログラム全集『1』」（電波新聞社）（同年 10 月）に収録されました。

関連資料：1979 年（昭和 54）「マイコンプログラム全集 1 」、p.301

（５－１）マイコンでの技術講習会、プログラム開発

転勤時は東北本部営業技術課、1980 年東北管内担当仙台放送局営業部営業技術、1984 年仙台放送局営業部受信技術に組織改正された。

このようにマイコンのプログラムは一通り出来るようになった頃に、東北本部（仙台）に転勤になり技術指導の担当となりました。東北本部は、東北管内を統括していましたので、仙台放送局を含めて 9 放送局の技術指導担当者に BASIC 言語によるデータ処理の指導を行いました。

使用したコンピュータは、日立ベーシック・マスター（M6880-L2）が既に東北管内の全局に整備されていたので、これを使用して勉強会を実施しました。

この頃、問題となっていたのが建造物障害の障害範囲の予測でした。これを理論的に解明し、予測可能としたのが T.H 氏でした。

従来、この障害には実際に現場で調査をして、対象建造物の障害範囲を割り出してしましたが、これをプログラムにして計算し現場で活用できるようにしたのです。

しかし、このプログラムはヒューレットパッカード（HP）の科学技術計算用コンピュータの BASIC でプログラミングされていたため、現場はこのコンピュータがないので、必要に応じて計算を依頼していました。

筆者は、これを国内で流通している BASIC に移植して、何処でも使えるようにしたいと思い、移植の許可を頂き取り掛かりました。

HP と NEC-PC8901 の BASIC はほとんど同じですが、もっとも異なるのはローカル変数の取り扱いでした。

HP ではローカル変数という考え方があり、ローカルエリアではサブルーチン間で同名の変数でも使用できるのですが、PC9801 の BASIC ではこのような変数の取り扱いが出来ません。他にもいくつか異なる点が有りましたが、これが移植には最も大変に作業でした。

関連資料：1979 年（昭和 54）「NHK カラーテレビ受信技術」、p.305

仙台勤務を終えて東京に戻ってから、或る局から建造物障害のプログラムの使い方の説明を求められ、そのプログラムを見たところ、筆者が移植したプログラムだったのです。

この移植したプログラムは、仙台局でのみ使用することで移植の許可を頂いたのですが、いつの何か全国にコピーされ使用されていたのでビックリしました。(実は、プログラムは容易にコピーできるので、筆者だけが判る細工をしておいたのです。)

6．単行本「NHK カラーテレビ受信技術」の執筆

この本は筆者が営業総局営業技術部に在籍していた時に、コーディネートや校正等の全ての業務を担当したが発行（10 月）は転勤後で有ったため、本の奥付には東北本部所属となっています。

～コラム～　スパイクタイヤと粉塵

筆者が仙台に転勤した頃には、冬から春に掛けて「スパイクタイヤの粉塵公害」が騒がれていて、社宅から会社までの片側２車線の上杉山通り約１ｋｍの先が霞んでいました。この途中に我が子が通う上杉山小学校があり、毎日マスクをして通っていました。

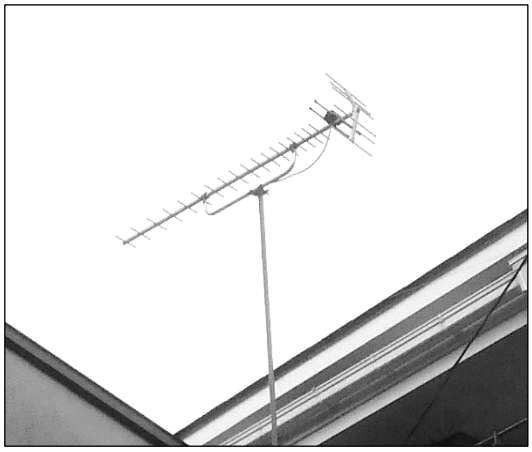
何故、このような粉塵公害になったのか、それには次のような気象条件があったのです。仙台市では特別に雪が多い訳でもないので、振った雪が昼間の間に溶けて道路が水びたしとなり、その水が夜の寒さで凍り、朝方はアイスバーンのようになります。

このため、アイスバーンで車が滑らないように「スパイクタイヤ」を装着しますが、昼間は氷が溶けてしまいますので、コンクリート面をスパイクタイヤで削ることになり、これが粉塵となっていたのです。

このため、仙台放送局（東北本部が仙台放送局に改称）では、脱スパイクタイヤのキャンペーンを実施、仙台市役所などにはスパイクタイヤのピン抜きセンター（ピンを抜くとスノータイヤとして使用できる）も開設されました。

これらのお陰で、筆者が５年間在籍した仙台放送局から転勤するころには、粉塵はかなり収まっていました。

（受信アンテナの例）



（UHF24 素子アンテナ）



（UHF20 素子 4 段導波器アンテナ、
通称:ラブストーリー）

第四章　1980年（昭和53年）代の思い出

1．またまた、新たな電波障害

（1－1）建造物障害の予測精度向上

筆者がマイコン（My Computer）PET2001から新発売のNEC製パソコン（Personal Computer）PC9801を購入（1983年,昭和58）したころは、全国的に都市化が進み、これらのビル等建造物による電波障害が顕在化してきました。

従来、建造物による電波障害の障害範囲は、障害範囲の実測などにより建造物の高さの何倍としていました。

電波伝搬は光の伝播とよく似ているので光が障害物によって解析する現象を電波にも取り入れました。この解析現象はフレネル積分によって表されます。

この考え方は、ビルの屋上に水平に入射した電波と、その微小な上から水平に入射した電波、さらにまた、その微小な上から入射した電波などは、それぞれの電波の間の位相差がベクトル合成され、ビルの後方の受信アンテナに届く時には電波の強弱となり、この強弱はDU比（希望波と妨害波の比）となりゴースト障害となります。この現象はビルの側面に入社する電波にも同様に解析され障害となります。

この方法により高層建造物などについては正確に予測することができるようになり、建造物による電波障害の解説書ができました。

関連資料：1981年（昭和56）建造物障害予測ガイドブック、p.315

しかしその内容は難解なものでしたが、筆者はいち早く理解して東北管内の技術者に講習いたしました。

そして、これと並行してプログラムの移植作業を行ないました。（前出）

（1－2）ゴルフ場「防球ネット」による反射障害予測・改善

仙台放送局勤務時に前述の建造物障害予測技術を応用して、実際に大規模な反射障害を改善しました。

障害は、仙台UHF基幹局（UHF34ch）の送信鉄塔とほぼ同じ高さの丘の上に建設されたゴルフ練習場の防球ネット（幅約200m、高さ約30m、東西2面）による反射障害でした。

被害範囲は幅約1~2kmで遠方約67kmまで到達し、サテライト局の受信点も影響を受けていました。

早速、建造物障害予測技術の方法を活用して、予測計算をし、実測値と照合して原因を突き止めました。

次に問題になったのは、改善方法です。一般的に反射障害は共同受信により救済することが多いのですが、今回は範囲が極端に大きく、とても共同受信の施設を建設する事は経費面からも困難でした。

そこで、全国的にも類例の少ない金網の傾斜改善の方法で、ネットの金網を反射板として、入射電波を東面は下方に、西面は上方に反射させて、反射が遠方に届かないようにする方法でした。

計算の結果、東面の下方に反射させた場合には約100m位の地域に反射が届くことになりま

関連資料：1984年（昭和58）ゴルフ場「防球ネット」による反射障害、p.403

したが、人家の無い場所で幸いでした。

オーナーの了承を得て、傾斜金網の工事を施工した結果、計算通り見事に改善に結び付けることができました。

詳細は、東北電波障害防止協議会、技術部会のレポートで報告しました。

（１－３）不法無線による電波障害の横行

1961 年（昭和 36）には、市民ラジオ（CB、27MHz 帯）の使用が許可（郵政省）されて、小電力であれば免許無しで通信を楽しめるようになったのですが、この周波数帯を悪用した大電力無線機（数キロワット）が社会的に「不法無線」として問題になり、筆者もこの問題に掛かることになりました。

2019 年（令和元年）12 月から自動車で携帯電話を使用した時の罰則が強化されました。実は、これと同じような事を、筆者が東北本部に転勤（1979 年）したころに、全国的にも大きな問題になっていたのが、不法市民無線（27MHz 帯）でした。

主に、ダンプカー等に送信機を設置して、ローディングコイルとロッドアンテナで運用していますが、出力がキロワット級のため、交通信号機の近くで電波を発射すると信号のランプの色が急に変わって（赤→青）危険であるとか、テレビの画面も乱れて見られないなど、全国的に問題になりました。

筆者は、この実態を調査（1981-82 年(昭和 56-57)）するため、トラックが通る幹線通りで長時間調査したところ、ほとんどのトラックで不法無線機を積んでいることがわかりました。この実態を、雑音防止協議会に報告し、広く実態を周知しました。

関連資料：1982 年（昭和 57）不法 CB 無線搭載状況実態調査、p.369

その後、法改正が行われ、当初はトラックに不法無線機を設置していても運用していなければ摘発できなかったのですか、運用できる状態にある（1983 年(昭和 58)として、不法開設または運用）ことで摘発できるようになり、テレビへの障害も減少していきました。

1990 年（平成 2）代になると自動車電話や携帯電話の普及で次第に減少していきます。

（１－４）電波雑音ハンドブックの刊行

今までの各種の電波雑音の代表的な障害例がまとめられました。この中には筆者が遭遇した”牧畜用電気柵”の障害例が採用され記載されました。

また、この例は東北電波障害防止協議会、技術部会で発表いたしました。

関連資料：1983 年（昭和 58）電波雑音ハンドブツク、p.386

関連資料：1982 年（昭和 57）電気柵による電波障害、p.378

関連資料：1987 年（昭和 62）電気雑音再作ハンドブック、p.409

２．衛星放送との関わり

放送技術者としての大きな転換点は、VHF や UHF で放送されてきた電波に放送衛星からの SHF 電波が加わり、さらに長く続いてきたアナログ放送が終了し、デジタル放送に変わるという大変革でしょう。

筆者は、1979～1984 年（昭和 54～59）に東北本部仙台放送局（組織改正で仙台放送局）に勤務していましたが、新たな時代の変化に遭遇した時期でした。

この頃は、新しい放送を「ニューメディア」と呼んでいました。

そして、これからは衛星放送の普及のために広く周知するため、次のテキストがテレビ受信向上委員会発行されました。（第 20 図）

・1983 年（昭和 58）ニューメディア読本「衛星放送受信の手引き」（160 頁）
・1984 年（昭和 59）ニューメディア読本「BS アンテナの施工技術」（104 頁）

これらを使用して、メーカー支社や電気商組合電気店など各地で講習会を実施しました。



第 20 図　衛星放送テキスト(受信向上委員会)

1984 年（昭和 59）5 月に放送衛星 BS-2a による試験放送（映像：走査線数 525 本、NTSC 方式・FM 変調、音声：PCM 副搬送波方式、BS 第 15 チャンネル）が始まりました。

この当時の放送衛星は、搭載バッテリーの容量も少なく、地球の公転による「食」（衛星が地球の影になり太陽電池が発電しない時間）で電波が止まる時間がありました。

これらに先立ち、衛星電波の受信実験が NASA で行われ、NHK 技術研究所で開発した平面立体回路と 60cm のパラボラアンテナが優秀な成績を得ることができ、このアンテナが各拠点局に配備されました。（第 21 図）

筆者は、技術指導担当として、これらのテキストを使用して東北工業大学電子工業高等学校「最近のテレビ受信技術」についての講演を始めとして、配備されたパラボラアンテナ使用して衛星放送についてメーカー支社や電気商組合電気店など各地で講習会を実施しました。



第 21 図　実験用衛星放送パラボラアンテナ

この頃には衛星放送を広く周知するため、次のテキストがテレビ受信向上委員会発行されました。

・1989 年（平成 1）「衛星放送受信ハンドブック」（179 頁）
・1990 年（平成 2）「BS 受信ノウハウ集―トラブル自事例と対策―」（68 頁）
・1990 年（平成 2）新世代「BS 受信ガイド」（39 頁）
・1993 年（平成 5）改定版「衛星放送受信ハンドブック」（118 頁）

1984 年（昭和 59）から 1988 年（昭和 63）まで、営業本部受信技術部に転勤となり技術開発グループの主任を担当しました。

衛星の電波と雨の関係を調べるために、渋谷の放送センター（23 階）の屋上に降雨強度測定器を設置して、16 階の事務室まで光ファイバー（電気→光、伝送、光→電気変換）で伝送し、パソコンで専用プログラムを開発し測定しました。

この間に、全国の主要拠点での衛星電波の強度（電力束密度）をグループ全員で手分けして測定しました。筆者は、本州の西端（山口県の萩市）と最東端（北海道根室市）の測定を担当しました。

日本には、SHF 帯の 11.71398GHz～12.0095GHz の帯域に第 1(11.72748GHz)～第 15(11.999600GHz)チャンネルの奇数チャンネ

ル 8 波が割当られています。この SHF 帯の周波数のまま家庭内を伝送するのは難しいので、BS の中間周波数(BS－IF)に変換して伝送します。この変換は BS アンテナに組み込まれたコンバータ(下側ヘテロダイン検波、局部発振周波数 10.678GHz)で行われ、第 1(1.04948GHz)～第 15(1.31800GHz)チャンネルの周波数になります。

この周波数帯になると UHF 帯(0.470GHz～0.770GHz)の少し上の周波数ですので比較的容易に家庭内で伝送可能となります。

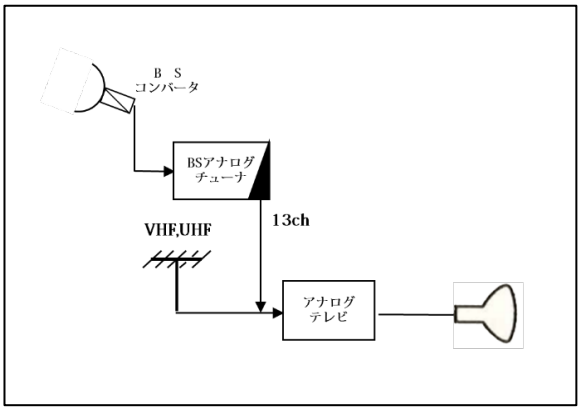
関連資料：1988 年（昭和 63）衛星放送の受信システムと画質、p.422

（２－１）BS（アナログ）放送の開始

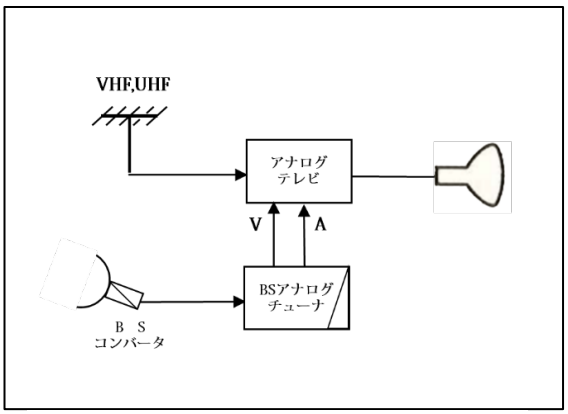
BS アナログ放送は 1984（昭和 59）年に開始され、これ以降に発売された BS 内蔵テレビは BS-1～BS-15 の奇数チャンネルのチューナが内蔵されています。従って、BS 用のパラボラアンテナを設置すれば、そのまま BS アナログ放送を見ることができました。

第 22 図は一般的なアナログテレビに BS アナログチューナを UHF（第 13ch）で接続して視聴する方法です。

また、第 23 図は BS チューナとテレビを AV ケーブルで接続して視聴する方法です。



第 23 図　BS 放送の受信（第 13ch 接続）



第 23 図　BS 放送の受信（AV 接続）

＜エピソード＞　ローカル放送に生出演

1988 年（昭和 63）～1991 年（平成 3）には、筆者は福島放送局に勤務していて、衛星放送の普及を担当していましたので、ローカル番組「ネットワーク福島」に出演したのですが、生放送中にアナウンサーに突然、何でチャンネル番号と放送チャンネル番号が逆になっているのですか、と振られ。一瞬ビックリした思い出があります。

これは、前述の放送衛星（BS-2a）の中継器（第 15 チャンネル、第 1 テレビ BS-1）に異常が発生しました。

そのため、補完衛星（BS-2b）が打ち上げられ、第 15 チャンネルでそのまま第 1 テレビジョン（BS-1)、第 11 チャンネルで第 2 テレビ（BS-2）の試験放送を開始したため、チャンネル番号と放送チャンネル番号が逆になってしまったためです。

関連資料：1988 年（昭和 63）机の上の情報源、p.418

＜エピソード＞　飛行船での PR

この頃の思い出としては、衛星放送の普及のために、飛行船が全国を巡回していました。福島県にも飛来しましたので、飛行船を始めて間近に見て大きさに驚きました。普段空を飛んでいる飛行船は静かに飛んでいるイメージでしたが、実際に離着時のプロペラによる騒音は凄くうるさかった事を記憶しています。

（２－２）ハイビジョン放送（MUSE 方式）の開始

テレビジョンの大型化に伴い高画質化が求められるようになりました。

ハイビジョン放送は、1987 年（昭和 62）に BS-2b による MUSE（Multiple Sub-Nyquist Sampling Encording）方式の伝送実験が初めて行なわれました。

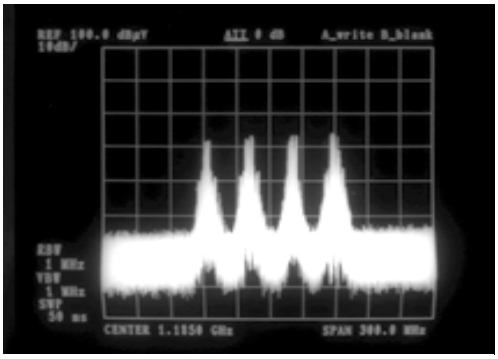
この MUSE 方式ハイビジョンはアナログ式ハイビジョンと言われましたが、信号処理は全てデジタルで処理されていました。ただ、信号処理の考え方がアナログ的であったという事です。

- 1987 年（昭和 62）11 月 25 日には、「走査線数 1125 本」からハイビジョンの日制定
- 1988 年(昭和 63)ソウルオリンピックでハイビジョン伝送実験が全国 80 カ所で実施
- 1989 年 6 月から 1991 年 11 月まで NHK 衛星第 2 テレビジョン（BS2）で「実験放送」を実施
- 1991 年 11 月 25 日世界初となる「ハイビジョン試験放送」が開局
- 1994 年 11 月 25 日より、「ハイビジョン実用化試験放送」が開始

（参考）新しい放送は、実験放送→試験放送→実用化試験放送、そして本放送として開始されます。

第 24 図は、1992 年発刊した業界初の「スペクトラムアナライザ活用の手引き」に使用したスペアナ波形（撮影 1991 年）です。BS-9 チャンネルが MUSE ハイビジョン信号です。他の三つのチャンネルと波形が異なります。

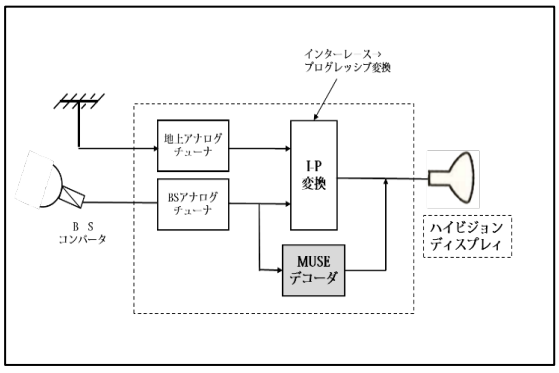
BS アナログ放送は 1984（昭和 59）年に開始されましたが、この当時はスペクトラムアナライザは研究室レベルの高級測定器で、一般の放



第 24 図　BS（左から BS-5,7,9,11ch）

送局には配備されていませんでしたので、残念なから波形写真は有りません。

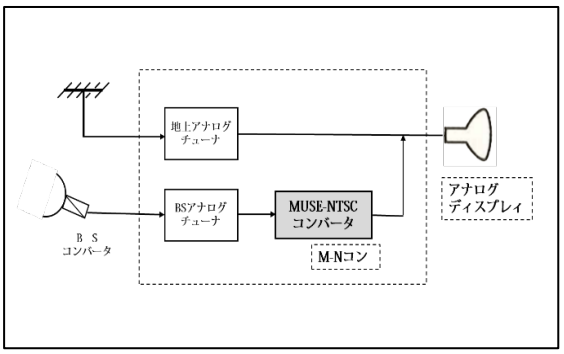
第 25 図はアナログハイビジョンテレビに MUSE デコーダを内装したテレビのブロック図です。これにより、BS アナログ放送を IP 変換して、MUSE 放送とともにハイビジョンブラウン管で視聴できます。



第 25 図　BS(MUSE)の受信

また、第 26 図は、アナログテレビで MUSE 放送を視聴するため MUSE 信号を NTSC 信号にダウンコンバートする M-N コンバータで、MUSE 放送の番組を楽しむことができます。

この新しいハイビジョン放送を広く周知するため、次のテキストがテレビ受信向上委員会発行されました。



第 26 図　BS(M-N コンバータ)受信

・1991 年（平成 3）「ハイビジョン受信ガイドブック」（78 頁）
・1994 年（平成 6）ハイビジョン時代の「BS 受信ノウハウ集」（78 頁）
・1996 年（平成 8）ハイビジョン時代の「放送受信Ｑ＆Ａ」（76 頁）

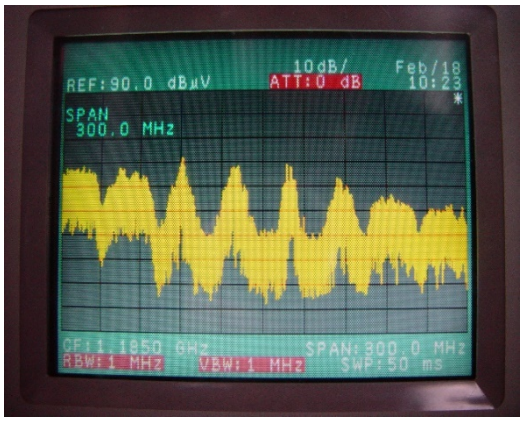
これらを使用して、メーカー支社や電気商組合電気店など各地で講習会を実施しました。

この時点では、第 22 図のようにアナログの BS-5,7,11ch は残置され、BS-9 の MUSE ハイビジョンも放送されています。

2007 年（平成 19） 9 月 BS アナログハイビジョン放送終了しました。

第 27 図の放送内容

BS-1　デジタル放送
BS-3　デジタル放送
BS-5　ＷＯＷＯＷ
BS-7　NHK-BS-1
BS-9　HDTV(MUSE)
BS-11　MHK-BS-2
BS-13　デジタル放送



第 27 図　2000 年 BS デジタル放送開始
（左から BS-1,3,5,7,9,11,13,15ch）
BS-15　デジタル放送

2000 年（平成 12）にアナログ放送からデジタル放送へ移行されました。

（２－３）共同受信用「AM ヘッドエンド装置」の開発

衛星放送（12GHz 帯）を受信するためには、パラボラアンテナと一体化した BS コンバータで変換された中間周波信号の 1GHz 帯（BS-IF）の信号を同軸ケーブルで受信機に接続するのですが、集合住宅やホテルおよび CATV 等では、システム的にこの BS-IF 信号を伝送することが出来ません。

そこで、筆者が中心となって、この BS-IF 信号を地上放送と同じ信号（NTSC 方式、AM 変調）に変換する BS 受信装置「AM ヘッドエンド」を開発し、各メーカーの協力を得て量産し、多くの共同受信施設に導入されたことから、衛星放送の受信者を爆発的に普及する事ができました。

1987 年に開発した共同受信施設用「BS 受信装置」（AM 伝送）は、その後各種の共同受施設（VHF-AM,UHF-AM,MID-AM,SHB-AM, FM/AM 併用）に導入が進み、1993 年（平成 5）には 11,738 施設（約 92 万世帯）に普及しました。

関連資料：1987 年（昭和 62）共同受信施設用「BS 受信装置」の開発・試作、p.413

2001 年（平成 13）には、約 13,000 施設を越え、約 130 万世帯に普及することができました。

因みに、1993 年での BS-IF 伝送共同受信施設での受信世帯数は約 5 万世帯でした。

この BS 受信装置は電子機械工業会（EIAJ）で規格化されました。

（２－４）データ放送用ヘッドエンド装置及びCATVシステムの開発

共同受信用「BS 受信装置」は、映像信号をAMに変換して伝送することはできますが、映像と同時に伝送されているデータ放送の信号は伝送することが出来ません。

そこで、筆者が中心となって、パソコンと組み合わせた「ホテル用データ放送伝送装置」を開発し、特許を取得しました。

関連資料：2001年（平成13）BSデジタルデータ放送対応ヘッドエンド装置の開発、p.490

関連資料：2010年（平成22）データ放送用ヘッドエンド装置及びCATVシステム（放送波）、p.686

関連資料：2010年（平成22）データ放送用ヘッドエンド装置及びCATVシステム（ネット）、p.688

関連資料：2001年（平成13）営業局担当局長賞受賞、p.492

（２－５）信号対雑音比（C/N）と雑音指数（NF）

放送衛星は赤道上空の日本から約38,000kmの距離に静止しています。またSHF帯（12GHz）の電波を使用し、送信電力（当初100W、その後300W）も地上波に比べて低く、伝搬損失や雨滴等の雑音の影響を受け易く、地表に届く電波は微弱になってしまいます。

そこで大切なのが、信号対雑音比（C/N、CN比、CNR）となります。文字通り受信される信号の強さ（C:Carrer）と伝搬途中での雑音（N:Noise）の比を表わします。アナログ衛星放送ではC/N=14dB以上（晴天時、ハイビジョンではC/N=15dB以上）が得られれば、最終的にテレビ受信機のブラウン管での画質の良さS/N（Signal / Noise）=38dB（評価4）を得られる設計となっています。

この必要なCN比を得る為に、受信アンテナはパラボラアンテナを使用し利得を稼ぐとともに、指向性を鋭く（半値幅を狭く、約2度）して雑音を受信しないようにします。

さらに、衛星放送の場合は、パラボラアンテナに直接BSコンバータを接続（UHFコンバータの場合は受信アンテナとテレビ受信機の間に10m程度のケーブルを接続）して、12GHzの伝送損失を極力少なくするため、周波数変換した出力（BS-IF信号、1GHz帯）を同軸ケーブルでテレビ受信機に接続します。）

ところで、受信機には抵抗器等の電子部品が多数使用されていますが、これらの部品は電気が流れると熱雑音（Thermal noise）を発生します。中でも抵抗器（R）で発生する熱雑音は、物理的に逃れることのできないもので、回路を構成するうえで厄介なものです。

この抵抗器の熱雑音を実測し、理論式を求めたのはJohnson-Nyquist（1928年）で、抵抗器から発生する熱雑音電圧（v_n）は、次のように求められます。（周波数幅（B）、絶対温度（T）、抵抗器（R）の関数となります。）

$$v_n = \sqrt{4kTRB} \cdot \sqrt{NF} \quad 〔\mathrm{V\,rms}〕$$

ここで、雑音指数（NF：Noise Figure）は、入力側ＳＮ比（Si／Ni）に対して出力側ＳＮ比（So／No）がどの程度劣化しているか現すものです。（雑音指数という概念が実際に採用さ

関連資料：1991年（平成3）衛星放送再送信装置（EIAJ CPR-5201A）、p.438

関連資料：1991年（平成3）衛星放送再送信装置の測定方法（EIAJ CPR-5202）、p.440

れたのは 1944 昭和 19 年頃からです。）

$$NF = \frac{Si / N_i}{S_0 / N_0}$$

雑音指数の値は、テレビ受信機の入力段（高周波増幅回路）でほぼ決まってしまいます。

テレビ受信機の高周波増幅回路は、５極真空管→カスコード接続３極真空管→トランジスタと改良され、その雑音指数の値は、回路の進歩とともに、第２表のように改善されています。

衛星放送の場合は、BS コンバータがテレビ受信機の NF となり、熱雑音電圧の式から NF の大小が受信機の感度になります。すなわち、パラボラアンテナの大きさ（口径）に直接関係してきます。

実際には、電波の弱い日本の北端や南端等では NF=4dB 位の場合パラボラアンテナは約 120cmΦ、（送信電力：100W、パラボラアンテナ開口効率 55%）でしたが、現在は送信電力が 120W になる等の放送衛星の改良や、BS コンバータの初段トランジスタ（GaAs: ガリウムひ素電界効果トランジスタ、HEMT: 高電子移動度トランジスタ、High Electron Mobility Ttansistor）の開発等により NF=2dB 位でパラボラアンテナの開口効率 65%（オフセットパラボラアンテナ）が一般的となり、約 45cm でも十分受信可能になっています。

第２表　雑音指数の変遷

使用年	帯域	NF（dB）	その他 高周波増幅管（形名、メーカー）
昭和27年(1952)	VHF	8	真空管6AK5(5極管),等価雑音抵抗1,540Ω TV-KⅡ型,テレビジョン部品研究会
昭和27年(1952)	VHF	8	真空管6CB6(5極管),等価雑音抵抗1,480Ω TV3-14T型,早川電機工業
昭和29年(1954)	VHF	7.2	真空管6BQ7-A(双３極管),等価雑音抵抗390Ω、21-C3型,日本コロムビア
昭和45年(1970)	VHF	6~8	オールチャンネルＴＶ,（昭和42年）1967
	UHF	10~12	UHFコンバータ：+5-6dB
昭和54年(1979)	VHF	6~8	
	UHF	10~15	
平成元年(1989)	VHF	7以下	
	UHF	12以下	
昭和63年(1988)頃	SHF	4~5	素子のNFは1dB位、GaAs
平成４年(1992)	SHF	2~3	素子のNFは0.5B位、HEMT

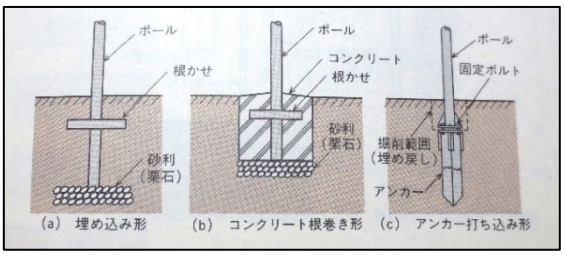
～コラム～　直径 120cm のパラボラアンテナを家庭に立てる！

このように、衛星放送開始当時は、なるべく大きな直系のパラボラアンテナを設置する必要が有りました。VHF、UHF のアンテナは一般的に屋根上にマストで設置していましたが、120cmΦのパラボラアンテナを屋根上に立てることは出来ません。

そこで、テレビ受信向上委員会では、受信システムを設計、施工する電気店・工事店を対象に「ニューメディア読本　BS アンテナの施工技術」（1984、昭和 59 年）を発行しています。

パラボラアンテナの半値幅が狭くシャープなので、BS アンテナに働く風圧荷重に耐えられる支柱の設置が求められ、一例として第 28 図のような自立ポールの方法が例示されています。（同テキストより引用）

現在は、各家庭やマンションのベランダのベランダ等に 45cm 級のオフセットパラボラアンテナが林立しています。さらに、CS 放送用の 45cm 級のパラボラアンテナも並んで設置され、衛星放送開始の頃から携わった筆者としては、隔世の感ですね。



第 28 図　自立ポールの設置例

3．新しい放送の開始

（3－1）緊急警報放送

1985 年（昭和 60）　緊急警報放送開始
（毎月 1 日試験放送実施）
1987 年（昭和 62）3 月初の緊急警報放送実施（日向灘の地震、M6.6）

緊急警報放送は、NHK は毎月 1 日の正午 1 分前から 1 分間、緊急警報放送受信機の動作確認のため緊急放送信号の「終了信号」を送出しています。

筆者は、1995 年（平成 7）に第 29 図の緊急警報放送対応 TV-FM-AM の 3 バンドレシーバー（パナソニック、RF-U99）購入し、時々、動作を確認しています。（残念ながら、3 バンドで TV も受信できるのですが、アナログテレビは終了してしまったため、2 バンドになってしまいました。）





第 29 図　緊急警報ラジオ（例）
（パナソニック　RF-U99 型）

＜エピソード＞開始信号の誤送出

2010 年（平成 22）3 月 7 日チリ地震による大津波警報が緊急警報放送で送出されました。

或る民放局で発災の一週間後にチリ地震を振り返るコーナーで、当時の録画が放送されました。ところが、その番組では地震の発災時の録画に緊急警報放送の「開始信号」が含まれていたため、この番組を見ていたテレビの緊急警報受信機が全国的に動作をしてしまいました。

一週間後の同番組の中で、緊急警報放送の「終了信号」を放送して、録画で動作してしまった緊急警報放送受信機の動作を終了するハプニングがありました。

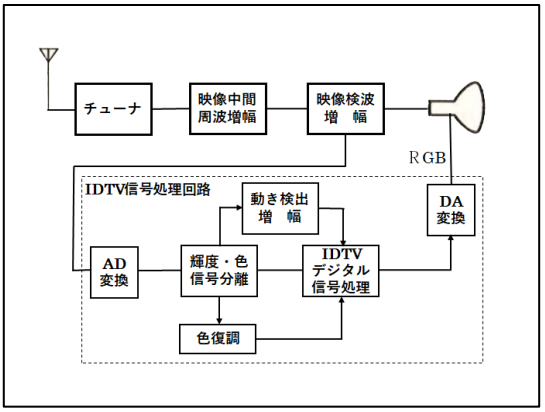
（３－２）中波同期放送調査

1986 年（昭和 61）技術局と共同で、富山県氷見市で中波放送の夜間混信を改善するための調査を技術局と共同で実施しました。

（３－３）IDTV、EDTV の始まり

IDTV（Improved Defnition TV）は、NTSC 方式に起因する種々の画質劣化要因をデジタル信号処理することで改善する方式です。

関連資料：1986 年（昭和 61）「EDTV,IDTV の現状と動向」、p.401



第 30 図 IDTV（Improved Defnition TV）

第 30 図は、IDTV の回路構成の例です。

この方式のデジタル化はアナログ的な考え方によるものですが、信号の処理はデジタル「0,1」で実現しています。

EDTV（クリアビジョン、Extended Definition Television）は、1989 年、郵政省はクリアテレビジョン実用化のためテレビ送信の標準方式の一部改正しました。

1989 年 8 月日本テレビ、9 月 NHK は第一世代クリアビジョンの本放送を開始し、2011 年に終了し、第二世代クリアビジョンに引き継がれました。

この方式は日本のみで NTSC 方式を拡張したもので、ゴースト除去信号（GCR）の付加、ガンマ補正誤差の解消、画面暗部の補償を目的に開発されました。

関連資料：1989 年（平成元）EDTV-Ⅰ・Ⅱ（ワイドクリアビジョン）の開発、p.435

これに対応したテレビジョン受信機では、GCR 信号によるゴースト障害の改善、順次走査（プログレッシブ）でチラツキを改善しました。また、輝度信号と色信号を分離して信号処理する事により、それぞれの解像度の向上ができます。

第二世代クリアビジョン（EDTV-Ⅱ、ワイドクリアビジョン）は、1994 年に郵政省は第二世代クリアビジョンの実験局に免許、1995 年日本テレビで本放送開始しました。

この方法は、標準放送の画質を向上させレターボックス（縦横比 16:9）で表示させるものです。このために、送信側では HH 信号（水平解像度補強信号）、VT 信号（垂直時間解像度補強信号）、VH 信号（垂直解像度補強信号）およびこれらを認識するための EDTV-II 識別信号が必要になります。

しかし、この時期はハイビジョンの 16:9 サイズに移行する時期で有ったため、ほとんど普及することなく終了しました。

第五章　1990年（平成2年）代の思い出

１．懸案の電波障害の抜本的改善

（１－１）懸案のＥスポ対策

1977年（昭和52）年頃からテレビの異常伝搬が水戸や千葉など主に東日本の太平洋側で問題になってきました。スポラディックＥ層（Ｅスポ、Sporadic E layer）とは地上高100km程度に突然発生する電離層のことです。季節的に5月から8月にかけて発生頻度が高くなります。

このＥスポが、九州の西の日本海上空に発生すると大陸からのFM電波が反射され、約2,000Km離れた日本の太平洋側（千葉県～宮城県）に到達し、日本のテレビのローチャンネル（第1～第3チャンネル）に混信、画面にビート（斜めの縞模様）障害が発生します。

受信者の家からテレビの送信アンテナの方向を見て、その延長方向に混信の原因となる電波の発射源（大陸）がある場合に最も障害が受けやすくなり、逆の場合には受けにくくなります。

この対策としては、VHF帯の電波をUHF帯に変更すれば解決しますが、いろいろな制約（受信者の受信アンテナの取替等、膨大な対策経費が必要等）があり容易には変更できません。

筆者が在籍した福島放送局でも太平洋側に位置するいわき市（NHK・第2チャンネル、被害世帯：約5.5万世帯）が1976年（昭和51）頃から混信障害が多く寄せられ、大変困っていました。（加えて、ローチャンネルに発生し易い弱電界によるパルス障害もありました。）

（１－２）Ｅスポ対策

このため、抜本的な改善策として、現在のいわき勿来局（VHFの第2チャンネル）をＥスポ混信障害を受けないUHF帯へのチャンネル変更対策（U転）を主軸に考えられていました。

この方法は、全ての受信者のアンテナ交換が必須で莫大な費用が必要であるとともに、送信側の新たなチャンネルの問題や設備費用等で暗礁に乗り上げた状況が10年以上続いていました。

（１－３）発想の転換

1988年（昭和63）に福島放送局に着任してから、受信技術グループ全員で過去の調査データなどを再度検討しましたが、新たな改善策は見出せませんでした。しかし、約5.5万世帯の受信者の方が、毎年障害を受けて困っている現状に、何とか改善策が無いものか、毎日頭を悩ませました。

そこで、原点に戻って検討をしようという事で、再度、現地調査を実施することにしました。

現地で電波状況を詳しく調査した結果、ある日受信者が完全にクリヤー出来るのはUHF転換しかないと、先入観に凝り固まっていたことに気が付いたのです。

まさにコロンブスの卵でした。それは、Ｅスポ障害の電波はテレビのローチャンネルに発生し、ハイチャンネル（第4～第12チャンネル）には発生しないことでした。

それでは、現在使われているハイチャンネルの空きチャンネルを使用できないかと見当を付け、この案に基づき現地で電波到来状況を調査したところ、VHF第5チャンネルに不要な電波が到来していないことが判明したのです。

そこで、現在のVHF第2チャンネルをVHF第5チャンネルに変更した場合の検討をした結果、大きなメリットがあることが判りました。

① Ｅスポはローチャンネルに発生する、VHF第5チャンネルには発生しない。
② 受信者は現在の受信アンテナ（ＶＨＦ用）で交換の必要が無い。
③ 受信者のテレビには、既にVHF第5チャンネルが付いている。

④ 送信所も同じなので受信アンテナの方向調整は必要無い。
⑤ 送信側も多大な経費を必要としない。等

以上の検討結果を踏まえて、1989年(平成元)2月に早期改善提案書を作成し、予算を確保して受信対策を実施することになりました。

（１－４）対策の実施

実際の受信対策は、筆者が総指揮者となって1990年（平成2）1月から開始しましたが、筆者は福島放送局に席があり、対策地はいわき市勿来地区でしたので、福島駅から新幹線で郡山駅（約15分）に行き、そこから勿来までバス（約90分）で数日毎に往復しました。（約90日に約70日出張しました。疲れました。）

お陰様で、対策は、1990年（平成2）10月に全ての業務を終えて対策本部を閉所することができました。実際の現地での集中対策は約4か月の短期間に無事終了することができ、約5.5万世帯が長年悩まされ続けてきたEスポ障害とパルス障害を改善することができました。

～コラム～　対策余話

対策するテレビ受信機は、チャンネルがターレット式（回転式）と電子同調式があり、両者ともこの地域では受信者がテレビ購入以来使用していないので、周波数が狂っていることが考えられます。

そこで対策は、地元の全ての電気店にご協力を頂き、VHF第5チャンネルに設定した発振器（カラーテレビ調整用パターンゼネレータを改良しチャンネルを固定）で、それぞれの顧客を中心に確認して頂きました。これに合わせて、新聞折り込みやチラシおよび市の広報誌などで周知しました。

旧チャンネルと並行して新チャンネルの電波も発射されて、大方の受信者の方は障害が改善されましたが、未だ旧チャンネルを切り替えていない受信者の方は、旧チャンネルの電波を停止してしまうと、突然見えなくなってしまいます。

未だ新チャンネルに切り替えていない受信者の方に切り替えを促すために、旧チャンネルの画質を少し工夫して、旧チャンネルで見ていることを確認して頂きました。そして、問合せを頂いた方には新チャンネルを周知して、無事全世帯の切替が終了しました。

ご協力頂いた関係業界の方には、新チャンネル設定に使用したカラーテレビ調整用パターンゼネレータと、第31図の対策記念テレホンカードを感謝の意として贈呈いたしました。



第31図　いわき勿来地区Eスポ対策終了記念テレホンカード

（第32図は対策本部の方々の対策終了記念写真です。）



第32図　対策本部にて（1990）
（筆者は２列目左から３人目）

これらの対策やその後のEスポについて研究した結果を学会で発表しました。

関連資料：1999年（平成11）Eスポによる異常伝搬とイオノグラムの日変化パターンとの相関、p.477

２．「スペクトラムアナライザ」活用の始まり

1988 年（昭和 63）頃からスペクトラムアナライザ（通称：スペアナ）が普及するようになり、或る帯域内（例えばＶＨＦ帯）の全ての信号を一度に測定できるようになりました。もちろん、一つのチャンネル内の映像と音声のレベルやその帯域内の雑音のレベルなどもスペアナの管面を見ながら測定することも可能になりました。

関連資料：2003 年（平成 15)「スペクトラムアナライザの基本使用法」発行、p.504

当時のスペアナの表示部は白黒ブラウン管（橙色もありました）で、垂直軸の直線性が悪く、波形を管面の上下１０％には表示させないなどの使い方のテクニックが有りましたが、表示に液晶が使用されるようになってこの問題は解決されました。

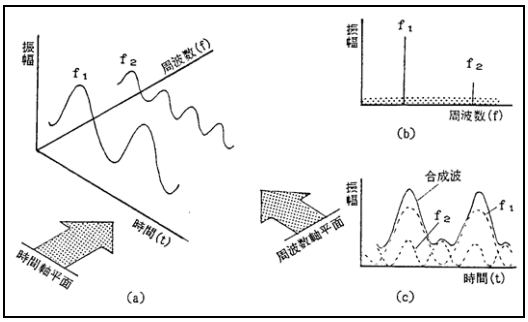
この当時はスペアナは重く高価で、主に研究機関等で使用され、一般的では有りませんでした。しかし、測定には大変便利で、スペアナも入手しやすくなっている状況が徐々に進んでいきました。

そこで､筆者が中心となって㈳日本 CATV 協会と共に、1992 年（平成 4）にスペアナの普及を促進するために「スペクトラムアナライザ活用の手引き（Ｂ５版、103 頁)」執筆・発行（同年２月）し､(恐らく業界初）このテキストを用いて「スペクトラムアナライザによる CATV 伝送特性測定法セミナー」(第一回、92 名受講）を実施（同年 10 月）しました。

関連資料：1992 年（平成 4）　「スペクトラムアナライザ活用の手引き」の発行、p.441

使用したスペアナは、テキストに採用したアドバンテスト：R3261／3261、アンリツ：MS610B のアナログ式の機種でした。

このテキスト作成当時は、パソコンでは文書表示が出来る程度で、図形の作成や文書への挿入などは出来ませんでしたので、グラフ用紙（斜眼紙）に図形を手書きで描き、ワープロで打った文字を切り抜いて貼り付け、原稿に貼り付けて印刷しました。それが第 33 図です。



第 33 図　手書きで斜眼紙に書いた
スペアナの原理図

波形写真は、自前の一眼レフカメラ（ニコン FTN、マクロレンズ）で撮影し、原稿に貼り付けた思い出が有ります。

このセミナーは、筆者がＮＨＫに在職中に始めたのですが、2001 年（平成 13）に定年で退職し、㈶ＮＨＫ放送研修センターに転籍した時も継続して実施されていました。それだけ、需要が有ったということでしょう。

特に、ＣＡＴＶ業界では、ケーブルシステムの多チャンネル化等で測定する機会が増加したことも原因となったと思われます。

㈶放送研修センターに転籍してからは、元々筆者が始めたスペアナの研修にも早速ハンドヘルドスペアナを撮り入れて、多くの受講者に喜んで貰うとともに、それぞれの会社でも購入が進んでいきました。(第 34 図）



第 34 図　スペアナ波形の説明（筆者）

また、セミナー受講者も増加し、安価で小型なスペアナの市販も進んで、より身近な測定器となってきたため、次のテキストを執筆し、活用しました。

しかし、それでもスペアナはまだ高価なため、電気店などでは家庭での分配システムの端子電圧測定程度でしたのでレベルチェッカが主流でした。

しかし、レベルチェッカでは、周波数毎のレベルの測定でしたが、スペアナでは多チャンネルの伝送帯域全体を一挙にチェックでき、また、隣接伝送での隣のチャンネルとのＶＡ比の測定等、簡単に測定することが出来ます。

このため、特にケーブルテレビ業界では急速にスペアナが普及していきました。

一方、ＮＨＫでも受信障害等のチャンネル以外の周波数帯に発生する妨害波を観測するのにはスペアナは欠かせない測定器となっていきました。

それまではスペアナは重たいというイメージでしたが、2003 年（平成 15）頃になると携帯型（ハンドヘルド）スペアナが開発されて、現場での作業が非常に軽快になりました。

３．初めての北海道、札幌放送局へ転勤

1993 年（平成 5）6 月から 1996 年（平成 8）年 6 月の 3 年間札幌放送局営業推進センター（受信技術）に北海道管内統括副部長として在籍しました。北海道の受信技術担当者の間では各局の活動状況を「どさんこ」という情報誌で共有していました。

丁度、筆者の在札期間中にどさんこ「100 号記念」誌を発行する事ができました。

関連資料：1993 年（平成 5）北海道受信技術情報誌「どさんこ」、p.448

４．災害は突然やってくる

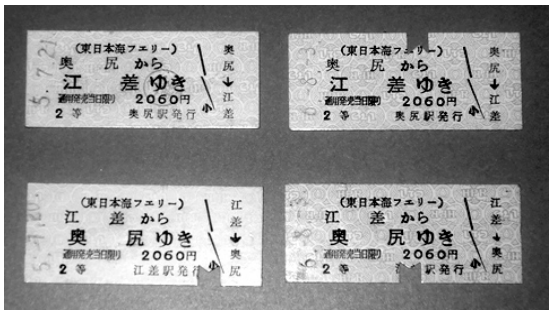
1993 年（平成 5）7 月 12 日 22 時 北海道南西沖地震(M7.8)発災

筆者は発災の約１ヶ月前（6 月）に札幌放送局に着任したばかりで、地理不案内（北海道は初めての転勤）のため、震源の奥尻島を地図で確認し、函館放送局のエリアにあることがわかりました。

直ちに札幌放送局に関係者が緊急に集合し、対策本部が設置され、筆者らも受信対策の体制を作り、函館放送局と連携を取りながら状況把握に努めました。この時に、緊急警報放送がされたのですが、残念ながら当時はこの受信機を持っていませんでした。

関連資料：1993 年（平成 5）北海道南西沖地震「受信対策」、p.465

夜明けとともに、奥尻島の被害状況が判り、海岸沿いの家屋は津波と火災で全壊し、テレビ共同受信施設の柱やケーブル等が切断・流失していることがわかり、急いで復旧しなければならないのですが、函館港から奥尻島に行くフェリーが、奥尻島の港に瓦礫が散乱して運行できない状態でした。（奥尻島は函館局の電波が届か無いため、共同受信施設でテレビを受信していました。）



第 35 図　左下:7/20-上 7/21、右:8/3

約一週間後（1993 年(平成 5)7 月 20 日、江差港（函館）→奥尻島）に奥尻島に渡り、被害状況を調べ、復旧方法を検討して戻り（7 月 21 日奥尻島→江差港）本格的な復旧に入りました。

発災直後からの受信対策および NHK 共同受信対策の概要を取りまとめました。

その後は、テレビ等で報道されるように、復旧が進み、我々の受信対策も恒久的な対策も完了し、1994 年（平成 6）8 月 3 日奥尻島のテレビ受信設備（個別受信、共同受信設備）の復旧状況等の確認いたしました。

関連資料：1993 年（平成 5）10 月　災害対策を通して「放送局の営業活動」を考える、p.474

一年前とは見違えるような立派な港が整備され、海岸沿いの家々は再度の津波の備え、高台に移っていました。第 35 図は発災時と復旧時のフェリーのキップが手元に残っていました・

東京での全国会議の席上、活動報告を行ないました。

1993 年 7 月 12 日の発災から、約 1 年後の 1994 年 7 月 10 日にフェリーが再開しました。

関連資料：1993 年（平成 5）アサヒグラフ緊急増刊「北海道南西沖地震」、p.463

第 36 図はフェリー再開時のパンフレットです。



第 36 図　フェリー乗り場再開パンフレット

＜エピソード＞　　九死に一生

発災当日からの生々しい被災状況の現地中継は、後日、偶然であったと聞きました。この日は、奥尻島を紹介する NHK の取材クルーが海岸沿いの「青苗地区」の民宿に宿泊していたそうです。

そして、運命の 22 時が突然きました。民宿の方は長年海際に住んでいるので、今回の強烈な揺れ（後から M7.8 と判る）から直ぐに「津波」の襲来を感じ、宿泊していた NHK の取材クルーに「直ぐ、高台に逃げろ！」と怒鳴ったそうです。

危険を感じた取材クルーは、直ちに取材機材を車に積んで、逃げる用意をしましたが、ここで、後になってみると不思議な事に、「取材したビデォテープを車に運ぶときに落として拾った」ので、このため若干の時間的ロスをして車を急発進したそうです。

青苗地区は、奥尻島の南端に突き出た半島になっていて、島中を周回するメインストリートの一部になっています。取材クルーは事前に島内の道路等を把握していたので、民宿からメインストリートに出て、左（西側）に進むと灯台が有り高台になっていることが判っていました。「高台へ！」と言う言葉から直ぐ思いついたのは「高台=灯台」だったそうです。

時刻は深夜、当たりは真っ暗でしたが、左方向（灯台）を見ると車のテールランプが赤々と続き、しかも動いている気配が有りません。

この時は津波が西から来るのか東から来るのか分かりませんでしたが、灯台の方向は車が渋滞して動かないことは判ったので、東方向に向かい途中から高台に上る道に掛けることにしたのです。

やっとの思いで青苗地区が見下ろせる高台に到着し、振返って見ると、西からの津波（後に津波は約 30m だったそうです）が灯台方向から青苗地区を襲撃し、火災も発生し大変な状況になっていました。

これは取材クルーとしては中継しなければということで、緊急に現場からの中継となった訳です。そうこうしている内に、西から襲来した津波が、奥尻島を通過して北海道の江差側で反転して、青苗地区を東側から再び襲ったのです。まさに地獄絵図だったそうです。

その後は報道の通りですが、取材クルーが民宿から逃げる時に「ビデオテープ」を落さずにメインストリートに入ったら、恐らく灯台方向の車も少なく、津波に巻き込まれていたかも。何故！ビデオテープを落したのか、いや、落ちたのか・・・。

5．また、スポラディク E 層混信障害

筆者は、福島放送局に勤務していた時に、スポラディク E 層混信に悩まされましたが、無事障害改善をすることができました。

しかし、北海道でも E スポが発生して困っていました。しかし、ご存知の通り北海道は面積が他都府県に比べて非常に広いため、不定期に発生する障害の発生地域を特定する事が困難でした。

そこで、北海道内を統括する札幌放送局で遠隔地の障害発生状況を確認する方法を開発することにしました。

障害発生地域が遠隔地のため、障害画像をそのまま伝送することが出来ないので、画像圧縮して伝送する方法を開発して実用に供することを確認し、学会で発表しました。

関連資料：1994 年（平成 6）画像圧縮したビート障害の再現性検討、p.476

～コラム～　（携帯電話のはしり）

札幌放送局勤務中に札幌地下街で、今の「携帯電話の前身」の実証実験が行われていたことを後で知りました。昼食時などに地下街に行くと、実験の様子が伺われました。

余談ですが、この携帯電話の開始当時は「ＰＨＰ」(パーソナルハンディホーン)と呼ばれていたのですが、或る著名な雑誌と同じネーミングであることから「ＰＨＳ」(パーソナルハンディシステム）となった聞きました。

携帯電話の前に 1968 年（昭和 43）に「ポケットベル」が開発され、現場との連絡には必須のアイテムとなりましたが、携帯電話が出来ると次第に移行していきました。開発当初の携帯電話は、1985 年（昭和 60）に開始された自動車電話を移動型にしたショルダーホンでしたが、1989 年（昭和 64)）に手のひらサイズに小型化され便利になりました。

まさか、札幌で実験していたものが、筆者も日常使用している現在の携帯電話（スマートホンなど）に発展するとは全く想像できませんでした。

６．CS デジタル放送の開始

CS 放送には、大きく分けて二通りの系統があります。

一つは、1996（平成 8）年に「スカイパーフェク TV！（通称：スカパー！)」が日本初の CS デジタル放送として開始されました。この衛星は、赤道上空の東経 124 度と 128 度の位置から電波を発射しています。(2012 年からは「スカパー！プレミアムサービス」に名称を変更されました。) この系統の CS 放送は、専用のチューナが必要になります。

もう一つの系統は、2002（平成 14）年に「110 度 CS デジタル放送、スカイパーフェク TV！2」が開始されました。この衛星は BS デジタル放送の衛星と同じ東経 110 度の位置から電波を発射しています。)

この系統の CS 放送は、特別のチューナを必要としませんので、市販のデジタルテレビに内蔵されているチューナで受信できます。

このように多方向から BS と CS の電波が届くと、4 本（110 度 BS、110 度 CS、124 度 CS、128 度 CS）のパラボラアンテナが必要になります。

しかし、これでは設置が困難であることから、まず衛星の位置が近い 124 度と 128 度 CS の共用アンテナが開発され 3 本に、次に 110 度 BS と 110 度 CS は方向が同じため共用アンテナが作られて、結果的に 2 本のアンテナで全ての放送を受信することができるようになりました。

2011（平成 23）年に BS 拡張チャンネル（BS17,19,21,23）の上側に、110 度 CS デジタル放送（現、スカパー！）を配置（ブロックコンバータによる周波数の移動）すると周波数が連続し、一本のパラボラアンテナ（110 度 BS・CS アンテナ）で受信することができます。（第 37 図）

この変更により、テレビも作りやすくなり、現在では全てのテレビに「BS と CS のボタン」が付いています。このようにして、変換した BS-IF 帯と CS-IF 帯の周波数の並びは、両者が重なることは無く、一本の同軸ケーブルで伝送することができます。

（参考）CS デジタル放送会社の変遷

○110 度系（変遷）

2002：プラットワン、スカパー！e2
→ 2004：スカパー！110
→ 2007：e2 by スカパー！
→ 2008：スカパー！e2
→ 2012：「現」スカパー！

○124 度/128 度系（変遷）

1996：パーフェク TV！
→ 1998：スカイパーフェク TV（スカパー！）
→ 2008：スカパー！HD
→ 2012：「現」スカパー！プレミアムサービス



第 37 図 110 度 BS/CS 共用アンテナの帯域

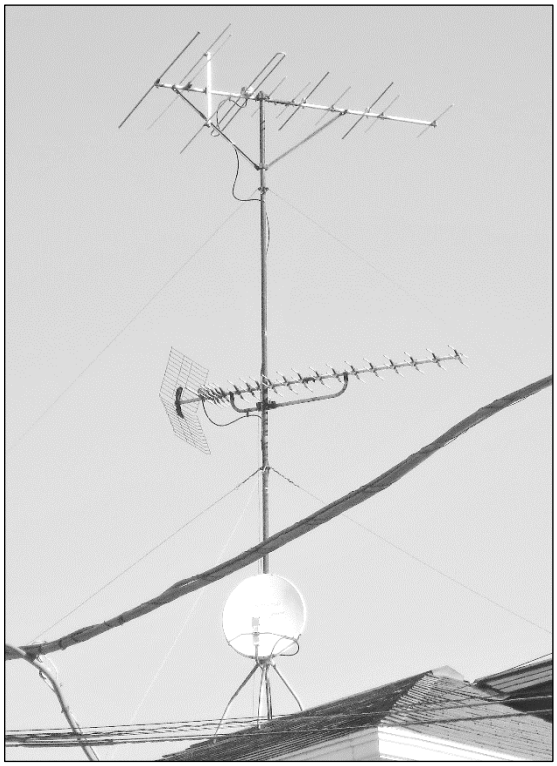
7．各地での地域情報推進会議

衛星放送や CATV 等新たなメディアが続々と進展する中で、1997 年頃から各地の自治体で地域の情報化を進める為、地域情報推進会議が設置されました。

筆者は、札幌放送局から東京に転勤し、全国のケーブルテレビ関係の仕事を担当していましたので、東京都足立区・豊島区・千代田区の情報推進課委員として参画しました。

関連資料：1997 年（平成 9）地域情報化推進委員（足立区、豊島区、千代田区）委嘱状、p.473,475,476

（受信アンテナの例）



VHF8 素子、UHF24 素子、BS パラボラアンテナ



VHF12 素子、BS パラボラ、UHF24 素子多方向受信アンテナ

第六章　2000年（平成12年）代の思い出

1．アナログ放送からデジタル放送へ

（1－1）BSデジタル放送のPR

（1）BSデジタルフェア

2000年12月1日から、ISDB方式でのBSデジタル放送の開始前に、2000年6月に試作品の各社BSデジタルチューナの展示を行い、説明を実施しました。（第38図）

（至：ＮＨＫ放送センター）

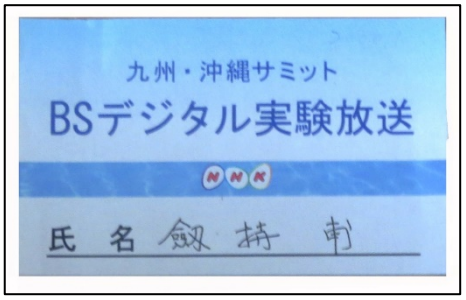


第38図　展示品を前に説明する筆者

（2）九州・沖縄サミット（BSデジタル実験放送の公開）

2000年7月の九州・沖縄サミットの間、BSデジタル放送と、地上波デジタルの実験放送を公開しました。（第39図）

（至：ＮＨＫ放送センター）

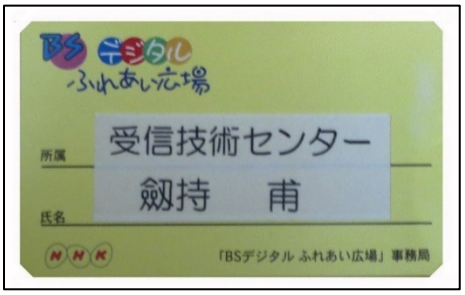


第39図　説明員　名札

（3）BSデジタルふれあい広場

2001年のゴールデンウイークに、ＢＳデジタル放送をアピールしました。（第40図）

（至：ＮＨＫ放送センター）



第40図　説明員　名札

（1－2）本格的な衛星デジタル放送の開始

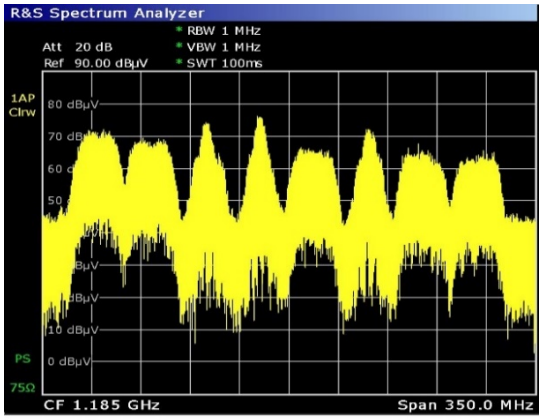
放送衛星はBS-3a、BS-3b、BS-3Nが打上げられ、2000年（平成12）にBSAT-1aが打上げられて、12月からBSデジタル放送の試験放送（デジタルハイビジョン7チャンネル＋標準放送3チャンネル）が開始されました。

翌年、放送衛星 BSAT-2 が打上げられて本格的 BS デジタル放送が開始されました。

また、これまでは、放送衛星（BS）と通信衛星（CS）は別の系列で衛星の位置も異なって電波を出してきましたが、2011 年（平成 23）に東経 110 度に BS・CS ハイブリッド衛星 BSAT-3C/JCSAT-110R が打上げられて、一つのパラボラアンテナで受信（周波数帯が異なるので 2 つのコンバータが必要）することが出来るようになりました。

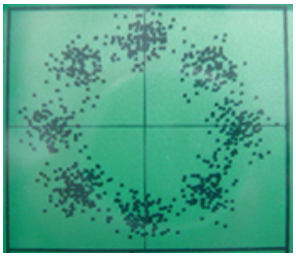
（１）BS デジタル放送

BS デジタル放送は、第 41 図のように BS-1,BS-3,BS-11,BS-15 チャンネルで開始されましたが、その当時は BS-9 チャンネルは MUSE-HDTV に使用されていました。しかし、2007 年（平成 19） 9 月に MUSE-HDTV が終了し、BS-9 チャンネルもデジタルチャンネルになりました。



第 41 図 2007~2011.7 のチャンネル配置

BS デジタル放送の変調方式は、PSK（Phase Shift Kiying）方式を基本とした TC8PSK（Trellis Coded 8PSK）方式で第 42 図のように 8 個のシンボル点が配置されています。

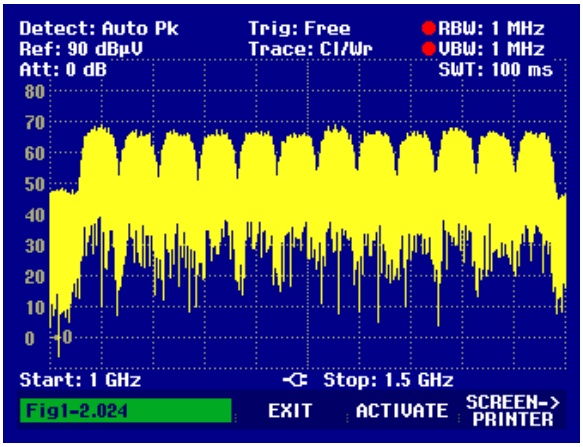


第 42 図 TC8PSK コンスタレーション

BS-BS-1ch～BS-23ch（奇数の 12 チャンネル）の中で BS-BS-7ch,BS-17ch は「BS 4K 放送」を実施しています。（なお、NHK BS 8K 放送は BS-14ch の左旋偏波で放送しています。）

受信 CN 比は 19dB（晴天時）以上必要です。

続いて、BS-5,7,11ch のアナログ放送は、2011 年（平成 23）7 月に終了し、BS 拡張チャンネル（BS17,19,21,23）が追加され、第 43 図のような 12 波の波形となっています。



第 43 図 BS 拡張含む右旋偏波
（BS-1～BS-23）

（２）BS デジタル放送の受信方法

BS デジタル放送が開始されたのが 2000 年からですから、それまでに販売された、BS アナログ受信機や MUSE ハイビジョン受信機、また、従来のアナログ受信機等の多彩な受信機で BS デジタル放送に対応する必要があります。

BS デジタルチューナ内臓ハイビジョンテレビ以外は、デジタルチューナとそれぞれ対応した、AV ケーブル、D 端子ケーブル、D 端子ピンケーブル、S 端子ケーブル、ビデオケーブル、音声ケーブル等が必要になります。

この頃にデジタル放送を広く周知するため、テレビ受信向上委員会から以下のテキストが

発行されました。

・1998 年（平成 10)「デジタル時代の放送受信技術（入門編)」（80 頁）
・1999 年（平成 11)「デジタル放送技術」（82 頁）
・2000 年（平成 12）デジタル放送技術「BS デジタル放送受信編」（78 頁）
・2001 年（平成 13）デジタル放送技術「BS デジタル放送実践編」（98 頁）
・2003 年（平成 15）デジタル時代の放送受信技術「デジタル受信システム編 2003」（90 頁）

２．㈶NHK 放送研修センター（NHK-CTI）へ転籍

（２－１）新・㈶NHK 放送研修センターへの引っ越し

転籍時には、丁度、新放送研修センターへの引っ越しの時でした。昔の研修所に勤務した思い出を噛みしめながら、新センターへの準備に奔走した事を思い出します。

関連資料：2001 年（平成 13）新（㈶）NHK 放送研修センター、p.489

筆者が 1972 年(昭和 47)に世田谷の NHK 中央研修所に異動になった次の年に、旧所属の営業技術部は内幸町の第２新館から渋谷の放送センターの 15 階に引っ越しました。

（この放送センターも建設後約 50 年経過し、立て直しの計画が持ち上がっているようです。）

なお、この年に 2001 年に㈳映像情報メディア学会から感謝状を頂きました。

関連資料：2001 年（平成 13）感謝状、㈳映像情報メディア学会、p.494

（２－２）研修等の講師担当経歴（抜粋）

2001 年５月のＢＳデジタルふれあい広場のイベント終了後、NHK を早期退職し㈶NHK 放送研修センター（NHK-CTI,NHK Communications Training Institute）へ転籍しました。それから約 10 年（～2010 年 6 月）間研修事業部に所属し、チーフディレクターとして主にデジタル放送関係研修等のコーディネートや講師を担当しました。

そして、2010 年 7 月から 2020 年 6 月まで研修センターの特別専門委員、専門委員として引き続き技術関係研修等のコーディネートや講師を歴任いたしました。

この間の主な記録は別紙のとおりです。

関連資料：2000 年（平成 12）～2017（平成 29）からの研修・セミナー講師の記録、p.488

関連資料：2002 年～2010 年　掲載記事、p.497～p.690

以下の参考資料は、筆者が執筆した主なテキスト等の一例です。

関連資料：筆者の主な執筆テキスト

2003 年（平成 15）スペクトラムアナライザの基本使用法、p.498
2004 年（平成 16）テレビ信号の基礎、p 504
2004 年（平成 16）デジタル放送技術理論（映像符号化）（抜粋）、p 581
2005 年（平成 17）デジタル信号の基礎、p 588
2009 年（平成 21）～2011 年（平成 23）技術デジタルマネジメント（抜粋）、p 677

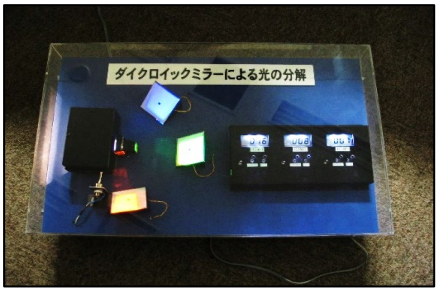
（２－３）講義内容の理解を深める実験機材の製作

講義内容や実習の理解を深めるためにはパワーポイント等の機材は欠かす事が出来ません が、一般に入手困難な物は筆者が自作で製作し、使用して使用し理解を深めました。

（１）ダイクロイックミラーによる光の分解

カラーカメラに内蔵されているダイクロイックミラーを利用して、光の三原色を理解させるとともに、人間の眼は緑色（G）の視感度が高いことを確認する装置を製作しました。

（第 44 図）



第 44 図 ダイクロイックミラと光の分

（２）同軸ケーブル障害,波長短縮率実験

同軸ケーブルは、空気中と異なる電波の伝搬となるため波長短縮率が有り、取扱いに注意を必要とする。また、同軸ケーブル設置時にステップル等で強く止めると、電波の反射が起こりゴースト等の障害が発生する。これを確認する実験装置を製作しました。

（第 45 図）

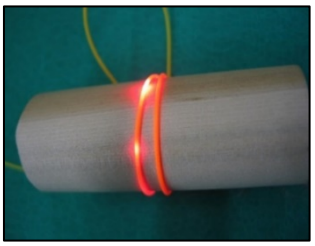


第 45 図　同軸ケーブル障害、
波長短縮率実験装置

（３）光ケーブル伝送損失の可視可

光ケーブルは伝送損失が非常に少ないが、光ケーブルを必要以上に小さく曲げると急激に損失が増加する。

何故、損失が増加するのかを可視化するため、被服の無い単心の光ケーブルに長波長の可視光線（赤色）を入力し、光ケーブルの曲げを小さくした時の可視光線の漏れ、すなわち光の損失を観測しました。（第 46 図）



第 46 図　光ケーブル伝送損失の可視可

（４）各種同軸ケーブル接栓カットモデル

放送用に使用されている各種の同軸ケーブル用接栓のカットモデルを製作し、その構造を理解し現場活動の一助としました。

同軸ケーブルコネクター自体を注目する人は少ないが、測定器等では大切な機材です。

（第 47 図）



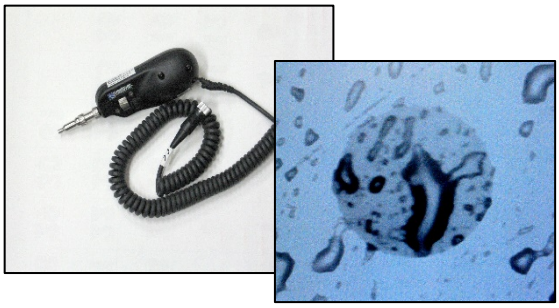
第 47 図　各種同軸ケーブル接栓カットモデル

（５）光ファイバ端面検査装置

益々増加する光ファイバーの事故を防ぐために光コネクターの接続面（端面）を高倍率で視認できる装置を導入し、端面の汚れと事故の関係を理解しました。

右図は光コネクタの端面を素手で触ってコア（中心部）を手の油で汚してしまった時の観測例です。（周辺はクラッド）

（第 48 図）



第 48 図　光ファイバ端面検査装置の導入

（６）CATV 延長系システム装置

CATV 関係受講者が多いため、端末に近い延長系での各種実験を行うための装置を製作し実際に即した実験をしました。

（第 49 図）



第 49 図　CATV 延長系システム実験装置

（７）集合住宅共同受信システム

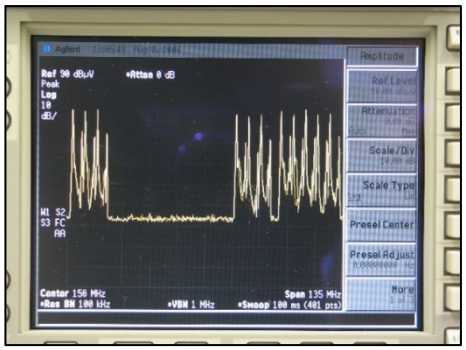
集合住宅での共同受信システムを実験する装置を製作しました。

３．地上波デジタル放送の開始

（３－１）地デジ放送の開始前

地上波の VHF 帯･UHF 帯のアナログ放送は、1953 年（昭和 28）の白黒放送から始まり約 58 年間続きました。以下は、筆者の経験した地デジの始まりを説明します。

第 50 図、東京の VHF 帯域のアナログ放送チャンネル配置です。2011 年（平成 23）7 月に終了しました。(東日本大震災被災地の岩手･宮城・福島は 2012 年（平成 24）3 月まで延長して終了しました。)



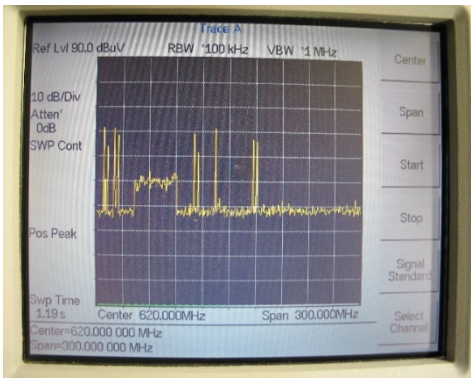
第 50 図　VHF 帯域（東京チャンネル配置）左から第 1,3,4,6,8,10,12ch

二つのピークで一つのチャンネル（左：映像信号、右：音声信号）になります。

第 3ch と 4ch の間は MID バンド帯域で放送電波は無く、他の無線通信などに使用されています。ただし、CATV 等では同軸ケーブル伝送の為にこの MID 帯域を自主番組等に利用しています。

第 51 図は世田谷区（NHK 放送研修センター）から東京タワー方向（千葉方向）に受信アンテナを向けたときの､地上波デジタルと UHF アナログ電波のスペアナ波形です。左からアナログ 14ch（TOKYO MX）,16ch（放送大学）,地デジ,千葉県内アナログ UHF 民放局が受信されています。

このスペアナ波形は、東京タワーから地上デジタル放送が開始された初期の波形で、アナログ波との混信を防ぐために地上デジタル波は減力して送信開始しました。第 51 図は、その



第 51 図　2004.2　地デジ波形

状態を観測したスペアナ波形で、地デジのレベルが低い状況です。

地上デジタル放送は、2003 年（平成 15）に東京から放送が開始され、順次全国で放送が開始されました。

1997（平成 9 年）～1999 年（平成 11）の 2 年間営業総局受信技術センター（東京受信技術）で関東甲信越を担当する部署に勤務していました。

いよいよデジタル放送が始まるので、事前の都内における障害調査を行うことになり、筆者たちのチームが担当することとなりました。実際には、放送終了後に東京タワーから地上デジタル放送（OFDM、UHF 第 15 チャンネル、OFDM、30W）の電波を発射して、実際に障害が発生するかを確認するもので、夜中に或る高台のマンションで電波発射を待機していました。

電波が発射されると、マンションのテレビが突然映らなくなってしまいました。早速原因を調べたところ、マンションは高台にあるため日ごろから東京タワーの電波が強すぎ直接波飛込障害を防ぐために、VHF 帯の電波を UHF 帯に変換して伝送している特殊な設備でしたので、壁面端子からテレビまでのケーブルに妨害波（地デジ電波）が同一チャンネル混信を起こしていることが判りました。

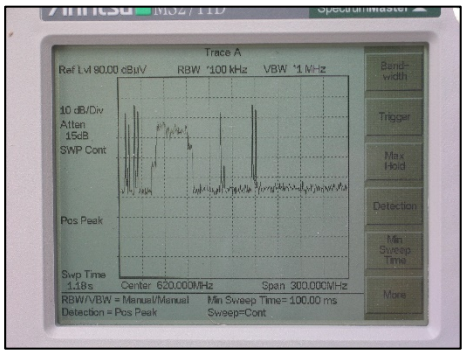
このような壁面端子とテレビ間のケーブルや端子のシールド不良による飛込障害は良くあることで、我々、受信技術を専門とする技術者であれば原因を直ちに特定し、対策を打つことができます。

しかし、今回、新しい電波を送信するという事で、集まった技術者は送信技術者のため、我々以外に原因の究明等を指摘することが出来ませんでした。

そこで、妨害波（地デジ電波）をどこまで低下させれば妨害が発生しないかを、実験しまし、放送開始に向けた技術データを提供することができました。

このような事があったため、地デジ放送開始直前の郵政省を始めＮＨＫや全民間放送事業者の最終打ち合わせに、送信技術者以外に受信技術者として筆者が出席して、電波発射時に障害が発生した時の連絡体制の整備を依頼し、体制を組むことができました。

これらの混信障害を改善するため、地デジの電波を全体的に減力して放送していましたが、2004 年（平成 16）に東京タワーの地デジ電波を増力しました。その状況は第 52 図のように、地デジ電波のレベルが増加している様子が観測されます。

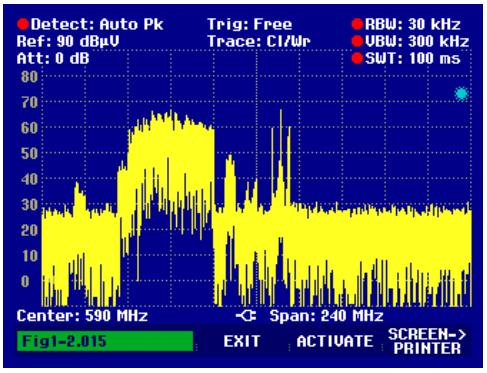


第 52 図　2004.8 東京タワー地デジ増力

なお、東京スカイツリーが完成して、MXTV を除く全局が移転しましたが、MXTV は 2012 年から 2013 年まで東京スカイツリーと東京タワーで地デジ電波を併設して送信していました。

その状況は第 53 図のスペアナ波形に見られます。まず、東京タワーの MXTV 電波は地デジ波形の左側に小さく観測（16ch）され、さらに、地デジ電波（9 チャンネル分）の左端の少しレベルの低い部分が MXTV（20ch）になります。

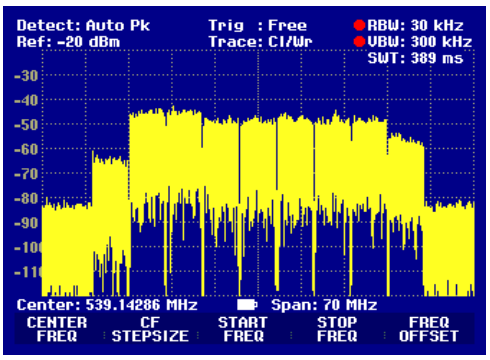
なお、地デジ電波（9 チャンネル分）の右側にある地デジは千葉テレビ（CTC 30ch）で 2006 年（平成 18）に 地デジに移行し、他のサテ局は 2011 年（平成 23）までに地デジに変更しました。



第 53 図　地デジ電波の配置（移行期）

2013 年月に東京の全ての地デジ電波は東京スカイツリーから送信開始されました。

第 54 図は、2009 年（平成 21）に測定した



第 54 図　地デジ電波の配置（2009.1）

左から、第 16,21,22,23,24,25,26,27,28ch 波形で、右端に放送大学 28ch のスペクトラムが観測されています。

なお、放送大学は東京タワーから地デジ 28ch で放送されていましたが、2018 年（平成 30）9 月を持って、BS に移行しました。

この頃に地上デジタル放送を広く周知するためにテレビ受信向上委員会で次のテキストが発行されました。

・2004 年（平成 16）「デジタル時代の放送受

信技術（地上デジタル放送編）」（100 頁）

（３－２）地上デジタル放送（OFDM 波）の遅延波測定システムの開発

本格的な地上デジタル放送の開始を控え、アナログ放送時のゴーストに相当する遅延波（マルチパス）の測定システムを開発し、学会で発表しました。

関連資料：2000 年（平成 12）8 月地上デジタル放送（OFDM 波）の遅延波測定システムの開発、p.485

（３－３）統合デジタル放送（ISDB）

デジタル放送は、電波の効率的な利用を図るために統合デジタル放送（ISDB:Integrated Service Digital Broudcast）として、映像・音声等のベースの規格を統一（高能率符号化、伝送路符号化等）してデジタル化し、番組制作等が容易にできるようになっています。

ただし、使用するメディア（BS、地上波、CATV）によって伝送形態が異なるのでそれぞれに合わせた変調方式等が決められています。

（３－４）地上デジタル放送

地上デジタル放送では、従来の 1 チャンネル（6MHz 帯域）の限られた帯域内で、多く符号化された情報を伝送するために OFDM(直交周波数分割多重：Orthognal Frequency Divice Multiplexing）方式を使用しています。

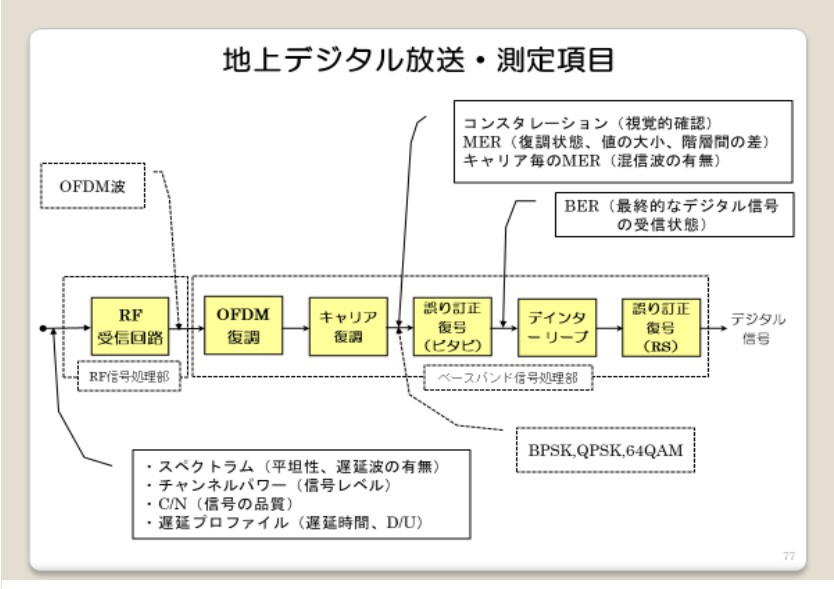
入力された映像信号は符号化されて変調（64QAM）され送信データ列が作られます。このデータ列は直並列変換器で 5,617 個の周波数に分割され、それぞれに地上波特有のゴースト軽減用のガードインターバル（GI:Guard Interval）信号が付加されます。そして、最終的に、IFFT（逆 FFT）演算で時間軸に変換（多重化）され、送信信号となります。

したがって、電波のスペクトラムとしては、既存の帯域（6MHz）内の 5.6MHz に 5,617 本のスペクトラムが並ぶ事になりますが、スペクトラムアナライザで観測しても一本々を識別することは出来ません。

このような原理で地上デジタル放送が成り立っていますので、受信側では次の値を測定します。

第 55 図は、地上デジタル信号の各測定項目の測定位置を整理したものです。

① 電波の強さは帯域内（5.6MHz）の合成電力を測定します。
② C/N は 20.1dB 以上必要です。
③ デジタル信号は、伝送途中にノイズ等が混入するとパルスの振幅が変化（”1→0”,”0→1”）することがあり、ビットエラー（Bit Errer Rate）を発生する事があります。この値の許容値は実験の結果 2×10^{-4} 以下であれば誤りを訂正すること

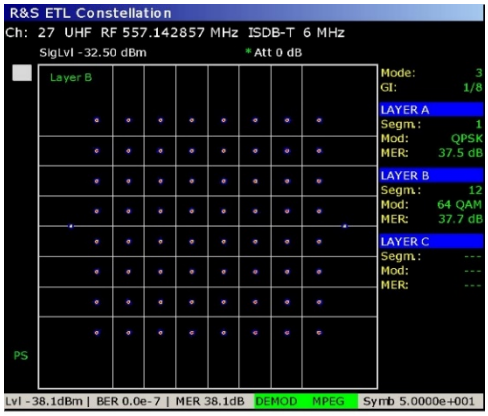


第 55 図　地デジの測定項目

ができます。

④ この誤りの様子はコンスタレーション（第 56 図）で観測します。また、このコンスタレーションから変調誤差比（MER:Modulation Errer Ratio）を測定することができます。

⑤ 最後に、地上デジタル特有の障害としてゴースト障害を測定するために遅延プロファイル（マルチパスプロファイル：D/U、遅延時間、振幅、位相）を測定します。



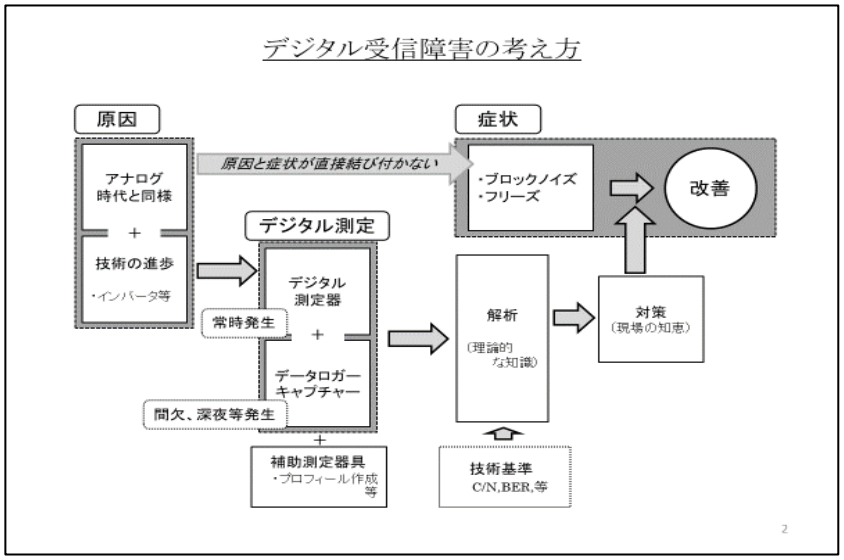
第 56 図　64QAM コンスタレーション

（３－５）デジタル障害は、原因と症状が直接結び付かない

デジタル化が進むにつれて画面に「ブロックノイズ」や「フリーズ」する、加えて「時々映りが悪くなる」という症状が多くなりました。これらの症状はデジタル放送特有の障害です。

しかし、デジタル放送になっても世の中に普及した電気器具等の障害源は変わりませんが、デジタル受信機に現れる障害の症状は、全て「ブロックノイズ」か「画面のフリーズ」になります。

BS デジタル放送の電波障害は、SHF の電波を使用しているので、電気器具からの雑音はほとんど発生しません。さらに、パラボラアンテナの指向性が鋭く、且つ、上空を向いているため地上の電波障害は受け難くなっています。



第 57 図　デジタル受信障害の考え方

一方、地上放送の電波障害は、大きく分けて①ゴースト②ビート③パルスの障害が有ります。アナログ放送では、これらの障害はテレビ受信機の画面上に、①は画像が二重三重にタブって見える、②は画像に斜めの線が重なって見える、③は画面に点々上のノイが入る、等の症状が現れるので障害源の推定が容易にできます。

これらの障害源の推定は困難ですから、測定器で原因を探求する必要があります。この障害探査のイメージをまとめたのが第 57 図です。

（１）ゴースト障害の追求

ゴースト障害については、元々地上デジタル放送の規格の中にガードインターバル機能があり、或る一定のマルチパス（アナログ放送のゴースト）は除去されますが、この状態を測定するのがデジタル信号アナライザの「マルチパス・プロファイラ（遅延プロファ



第 58 図　遅延プロファイル
（遅延時間:0.49μs、D/U:-6.5dB）

第 58 図は遅延時間=0.49μs,D/U=-6.5dB のマルチパスを測定した波形です。画面上側のグラフは遅延時間測定範囲全体の波形で、下側は一部を拡大した波形です。規格では、ガードインターバル=1/8（126μs）までの遅延波を除去できます。

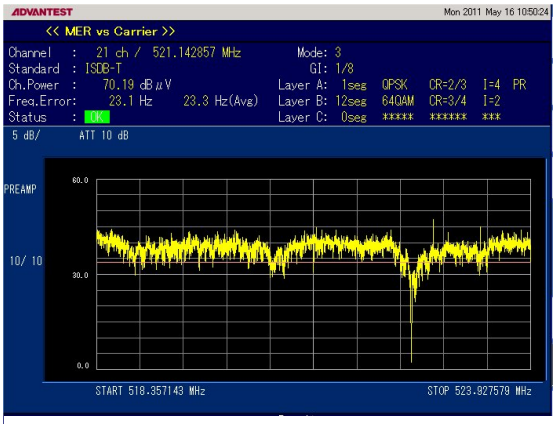
イル）機能」です。

（2）ビート障害の追求

第 59 図は、デジタル信号アナライザの「MER 対キャリア機能」を利用して、ビート障害の混入状況を表示したものです。波形の右側で MER 値が極端に低下している状況が把握できます。

この波形は混入したビート周波数のレベルが OFDM のレベルより低くても検出することができ、ビート周波数等を把握することができます。

（なお、デジタル信号アナライザの機種によっては「セグメント毎の MER」を測定します。）



第 59 図　ビート障害の探査
（MER 対キャリア、セグメント毎の MER）

（3）パルス障害の追求（筆者の提案）

さて、マルチパスおよびビートについては、以上のようにデジタル信号アナライザにより障害を探査できますが、パルス障害は OFDM 波の信号そのものがアナライザ上ではパルスのように見える為、障害との判別が出来ません。

そこで、筆者は長年の電波障害の経験から、放送が無くなった「アナログテレビ」を活用して、次の方法で地上デジタル放送のパルス障害を推定する方法を業界で初めて開発しました。

この方法は、パルス障害は一般的に VHF 帯で発生することが多いのですが、UHF 帯の地上デジタル放送でも発生しているという事は、パルス雑音が強力であると推定されます。すなわち、VHF 帯にも発生していると想定されます。このことから、VHF 帯のパルス雑音を確認することが出来れば、UHF 帯にも発生していると推定されます。

しかし、パルス雑音を確認できる「アナログ放送」は、地上デジタル放送に移行されて、VHF 帯のアナログ放送は電波が無くなっています。

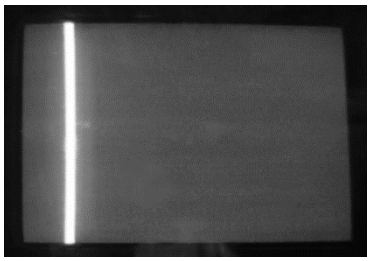
そこで、VHF 帯の信号発生器（例:第 2 チャンネルの映像搬送周波数、fv=97.25MHz）の信

号をアナログテレビに加えると第 60 図のように画面は真っ黒になります。(図の画面左端のバーは使用したテレビのチューニングバーです。)

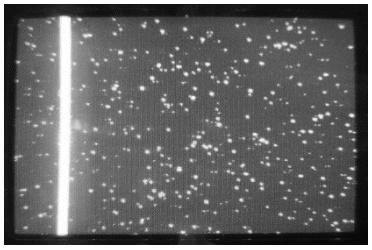
この状態で、VHF の電波を受信(放送電波は無いので、雑音だけを受信することになります。)して信号発生器と混合すると第 61 図のようにパルスノイズを画面上で確認することができます。(受信帯域は 6MHz でデジタル放送とほぼ同じになっています。)

これにより、UHF 帯でもパルスノイズが発生していることを推定することができます。

以上の方法により、ブロックノイズやフリーズ症状の元々の原因を推定し、障害改善をスムーズに行うことが出来るようになります。



第 60 図　キャリアのみの画面



第 61 図 キャリア＋ノイズの画面

4．世界のデジタルテレビジョンの標準方式

世界の地上デジタル放送の方式には次の三通りがあります。

・ATSC（Advanced Television Systems Committee）方式

アメリカで 1982 年に開発された地上波デジタルの方式です。シングル・キャリアのためマルチパス等の影響があり、移動体などには不向きです。移動帯用には、別に ATSC-M/H 方式の電波を使用します。

・DVB（Digital Video Broadcasting）方式

DVB 規格の地上デジタル放送(DVB-T)は、1998 年にイギリスで初めて開始されました。地上携帯向けには DVB-H（Digital Video Broadcasting - Handheld）が 2006 年にイタリアで開始されています

・ISDB(Integrated Services Digital Broadcasting)方式 （ISDB-S,-T,-C）

ISDB-T では、OFDM(直交波周波数分割多重)方式を用います。また、階層化してセグメントに分割して伝送します。ISDB-T では、このセグメントのうちの 1 つを携帯端末（ワンセグ）向けとしています。

(受信アンテナの例)



VHF8 素子垂直面反射器付アンテナ、
5 素子 FM アンテナ、BS パラボラ（別ポール設置）

第七章　2010 年（平成 22 年）代の思い出

1．「デジタルインストラクター.COM」設立

NHK 放送研修センターを退職後、個人事業主の「デジタルインストラクター．ＣＯＭ」を設立（2010 年,平成 22）し、放送電波関係のコンサルタント業務を開始し、設立と相前後して JS（株）の社長から懇願されてコンサルタント業務を開始しました。

この会社は、主に集合住宅などの共同受信施設の新設・メンテナンスや電波障害の調査などを行っています。週に 2 日程出社し、社長直属の技術顧問の肩書で業務を担当しました。

筆者の仕事は、社員のデジタル関係技術力の向上、受信システムの設計・指導、難しい受信障害の調査・改善などと、ホームページの記事執筆や業界の変革期に対応した会社の将来計画など多岐に渡りました。

これらの業務には、NHK ではほとんど関係しなかった CS デジタル放送関係の業務がありました。そこで、改めて CS デジタル放送について調べ、集合住宅への導入方法の検討などを行いました。

そして、地上デジタル放送、BS デジタル放送、CS デジタル放送も電波的には一段落し、デジタル放送の電波障害の探査方法もアナログ時の障害とほぼ同様の手法で障害源の発見・改善出来る見通しも立ったので、2018 年（平成 30）に JS（株）のコンサルタント業務を解消しました。

その後、以前より収集し調査してきたテレビジョン受信機用真空管の不足真空管等の収集を続け、執筆にこぎ着けました。

結果は「本章、5. テレビジョン受信機用真空管の歩み」として単行本にまとめ発行する事ができました、

続いて、今、筆者のほぼ半生の出来事「徒然がなるままに・放送電波の受信・ほぼ一代記」を執筆中です。

2．新放送タワー・スカイツリー完成

1958 年（昭和 33）に当時としては世界一高い電波塔として「東京タワー」（高さ 333m）が東京都港区芝に完成し、関東圏のテレビ放送の中心となりました。（第 62 図）

テレビは 1953 年（昭和 28）に、NHK は東京都千代田区紀尾井町の NHK 千代田放送所の鉄塔から、日本テレビは千代田区麹町の鉄塔（第 4 チャンネル）からそれぞれ電波を発射して放送が開始されました。

その後、NHK と各民間放送局は、完成した東京タワーから放送を行いましたが、日本テレビ（NTV）は麹町の独自鉄塔から継続して放送を行いました。このため、遠方でのテレビ受信は問題ないのですが、東京タワーと麹町の間などの場所では送信所が異なるため、受信アンテナを 2 方向（日本テレビは方向が異なるため、オールチャンネルアンテナの他に日本テレビ用アンテナが必要）となるため、ゴースト障害を防ぐため、日本テレビの第 4 チャンネル混合用の特殊な混合器（フィルタ）が必要でした。この状態は 1970 年（昭和 45）に日本テレビの送信アンテナが東京タワーに移転するまで続きました。

筆者が入局し頃は、この状態が続いてしましたので、苦労した思い出があります。

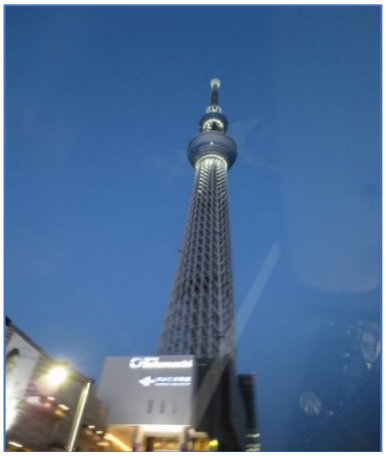
日本テレビの送信アンテナの移設により、在京テレビ局が全て東京タワーから電波が発射されることとなり、受信アンテナも一方向で、混合器も不要となりました

。

そして、2012 年には放送のデジタル化に合



第 62 図　東京タワー（333m）



第 63 図　東京スカイツリー(634m)

わせて東京スカイツリー（高さ 634m）が建設され新たなテレビ放送の時代が始まりました。（第 63 図）

3．電波障害防止功労者表彰

2013 年(平成 25)に受信環境クリーン協議会（旧、雑音防止協議会→電波障害防止協議会）の関東支部から表彰（感謝状）を受けました。

関連資料：2013 年（平成 25）電波障害功労表彰（感謝状）、p.698

4．４Ｋ・８Ｋ試験放送開始

2016 年（平成 28）従来帯域を利用して 4k・8k 試験放送開始されました。また、同年打上げの JCSAT-15（110 度 CS 左旋偏波）では第 1 チャンネル～第 23 チャンネルの奇数チャンネルの内、ND 第 9・11・19・21・23 チャンネルで電波が発射されました。

2017 年（平成 29）BSAT-4a 打上げ、衛星新チャンネル（第 2 チャンネル～第 22 チャンネルの偶数チャンネルの内、BS 第 8・12・14 チャンネル）の左旋偏波で 4k・8k 放送されました。

2018 年（平成 30）従来帯域を利用して 4k 実用放送が開始されました。

5．「テレビジョン受信機用真空管の歩み」の発行

ラジオからテレビおよびアマチュア無線と興味が広がっていく中で、秋葉原の電気街に出没し、次第に真空管に興味が湧いてきました。

初めは、真空管への興味であらゆる種類の真空管を収集し始めたのですが、多いときは 5,000 本を越える数になってしまいました。

一方、5,000 本を越える真空管は、置き場所に困ったのと、電気通信大学ミュージアムに収蔵されている「大塚久氏の寄贈されたコレクション（本「クラシック・ヴァルブ、幻の真空管 800 種の軌跡」)」を拝見し、いくら集めても全ての真空管を集めきれないことが分かりました。

関連資料：2017 年（平成 29）10 月　「テレビジョン受信機用真空管の歩み」、p.772

そこで、筆者の仕事と趣味であるテレビジョン受信機と真空管などの資料整理が出来ないかと考え、「テレビジョン受信機用真空管」に絞

り、これらをデータベース化することに取り組むことに方針変更しました。

その結果まとまった資料の印刷に当たっては、約 2,300 枚のカラー写真をどのように印刷するかが問題になりました。

一般的にカラー写真を印刷する場合は、カラー写真を色分解（オフセット印刷）して印刷するので白黒印刷の 3 倍以上の費用が掛かります。実際にある技術書出版社に見積もりをお願いしたところ約 8 桁弱円掛かるとの事で行き詰ってしまいました。

そこで、レーザープリンタで印刷した場合、カラー写真がどの程度年数保存できるのか、また冊子として綴じたとき転写はないのか、などを検討の結果、レーザープリンタで印刷して CD-ROM に写真等の全データを記録し、単行本に添付しました。また、後日、これらの元データを新たな目で分析できるように、データベース ACCESS に元データも収録しました。

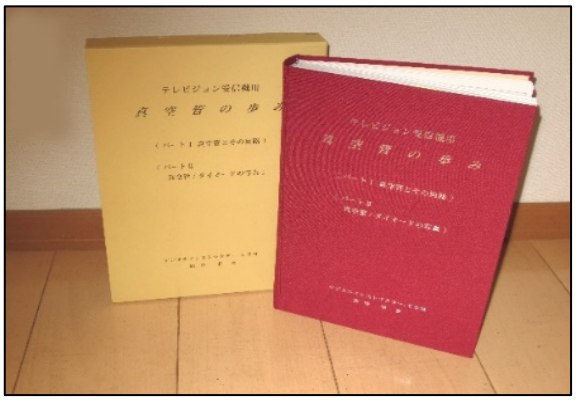
「テレビジョン受信機用真空管の歩み」は A 4 版、総ページ数約 800 頁、カラー写真約 2,300 枚となってしまったため、多くを印刷できなかったので限定版（非売品）として発行しました。

この単行本は、静岡大学高柳未来創造記念館を始め、国立国会図書館、電気通信大学ミュージアム、武蔵野市中央図書館などに寄贈しましたので、興味ある方にご覧頂ければと思います。

このような経緯で製作したこの単行本は、当初は秋葉原のジャンク屋で最近はインターネットでの収集、カメラのデジタル化・高画質化、カラーレーザープリンタの高精細化など技術進歩のお陰です。

振返ると、昭和 38 年の入局時に膨大なカラー写真を収録した単行本を個人で発行できたでしょうか。良い時代に身を置くことが出来たものと感謝しています。

単行本は限定版ですので、ほぼ同内容をホームページで公開していますのでご覧頂ければ幸いです。（第 64 図）
（URL:http://www.hakunoyu02.net/） ただし、ホームページはプロバイダーとの契約が終了すると消滅してしまいます。



第 64 図　自費出版した著書

この執筆に伴い収集したテレビジョン受信機用真空管（約 800 種類、約 1,000 本）および関連資料約 1,358 点は、拙著とともにテレビの父の高柳健次郎氏の母校である静岡大学高柳未来創造記念館に収蔵して頂きました。

（５－１）真空管コレクションと記録

これらの姿を写真に記録するため、当初は趣味で使用していたカメラ“NICON-FTN”（第 65 図）でカラー写真での記録をしていましたが、真空管は電極部を覆う筒状のガラス管が光で複雑に反射（特に ST 管は曲面が 2 段になっているため複雑に反射）して、失敗が多く、またフィルムですから現像しないと、写り具合が判らない不便さがありました。これを解決してくれたのがデジタルカメラ（デジカメ）でした。

関連資料：2018 年（平成 30）静岡大学への寄贈（真空管一式）、p.801

関連資料：2018 年（平成 30）静岡大学への寄贈（真空管関係書籍）、p.830



第 65 図　Nikon　FTN



第 66 図　　SONY　F-707

これを 2001 年（平成 13）に購入し早速に真空管の写真を撮って観ましたが、その場で写真の良否が判断でき、失敗しても直ぐ消去してまた撮れる、非常に便利になり真空管の管理作業も数段向上しました。

最初購入した当時の機種（ソニー、サイバーショット、F707）（第 66 図）は 500 万画素が最高でしたが、その後、購入したデジカメ（CANON　IXY 430F ）（第 67 図）は安価で 1,610 万画素の高画質（HD:1,920×1,080）になりました。執筆には、このカメラを使用しました。



第 67 図　CANON IXY 430F FULL HD

（５－２）パソコンと真空管

1982 年（昭和 57）に発売された NEC の「PC9801」（CPU:8086、16 ビット）を購入しました。これを購入した目的は、中高生のころから無線に興味があり、真空管式送受信機を自作するなどのなかで、真空管の形や種類や温かみに興味を持ち、秋葉原のジャンク屋などで珍しいものを購入しコレクションしていました。

（今の秋葉原では想像がつかないほど、いろいろな真空管をジャンクで学生にも買える価格でした。）

そして、集まった真空管を整理するために、最初は紙ベースで、次に PET2001(コモドール)のカセットテープ（記憶装置として内臓）で真空管データベースを作りましたが、何分にもテープですので容量は大きい（コンピュータデータ記録専用の 5 分、10 分の短いカセットテープが市販されていました。）のですが、シーケンシャル・サーチ（順次検索）なので検索に時間がかかり、なかなか思うようなシステムを構築できませんでした。

そのころに、発売されたマイコン（PC9801）では小さいながらもハードディスク（HDD）を内蔵していて高速に検索できるデータベースが構築できることが判り、BASIC 言語を駆使してデータベースの開発（当時は計算ソフト、今の EXCEL の原型は有りましたが、データベースは有りませんでした。）に取り組み、曲がりなみにも、「真空管在庫管理」のデータベースを作ることができました。

そうこうしているうちに、マイコンはパソコンに進化し、1990 年（平成２）Windows 3.1 の登場となりました。

第 68 図は、収集した真空管の一部の保存状態です。




第 68 図　収集した真空管の保存（一部）　　（引出し内部）

（５－３）全テレビ回路図集「第１集～第６集」の分析

これに呼応するように MicroSoft からデータベースのソフト（ACCESS）が発売され、自作のデータベースには無い優れた機能が多々あることから、早速購入し、今までの「真空管在庫管理」システムのデータを移植し、更に新項目を追加するなどして現在も使用しています。（管理項目は、名称・異名称・メーカー・形状・ヒーター電圧電流・本数・購入年月日・追加購入年月日、特徴などです。）

執筆は、発売年代や使用真空管および回路などの特定に“全テレビ回路図集「第 1 集～第 6 集」（電波新聞社）”をベースに行いました。

この回路図集は、刊行された書籍の中で回路図は元より、「メーカー名、機種名、同型機種名」が収録され、中でも最も重要なのは「それぞれの発売年月」が唯一記録されている事です。

筆者は、この回路図集の紙データを電子データのデータベース（Microsoft Access）に記録することから開始し、分析をしました。

内容は、全部で約 1,838 機種（白黒テレビジョン受信機 1,469 機種余、カラーテレビジョン受信機 369 機種余）、同一シャーシで型名が別になった機種を数えると約 2,292 機種余を分析結果してまとめました。使用された真空管は 558 種類余でした。

その中で最も多く使用された真空管とその機種数は、次の通りです。

12BY7A(1,030 機種)、12BH7A(974 機種)、1X2B(949 機種)、6FQ7(551 機種)、12R-K19(524 機種)、6CG7(475 機種)、3AU6(472 機種)、6BN8(431 機種)、6AW8A(356 機種)、5M-HH3(353 機種)など

また、発表されて 1～2 年で消えてしまう真空管の多い中で、長期間使用された真空管は、次の通りで以下 15 年間、14 年間と続きます。

（19 年間）6AV6, 6AQ5
（18 年間）6AU6, 12AT7, 5U8, 6CG7, 1X2B
（17 年間）12BY7A, 16A8
（16 年間）6CB6, 1G3-GT, 6BX6, 3CB6, 12BH7A, 4M-P12
…、
…、

６．時代毎に購入した自宅用テレビ受信機

従来使用してきたアスペクト比 4:3 のブラウン管に BS チューナを接続した使用してきたテレビを、2000 年（平成 12）の BS デジタル放送開始に伴い買換えました。（第 3 表）

以前のテレビが約 10 年を経過し、2010 年（平成 22）地上デジタル放送開始に伴い買換えました。（第 4 表）

関連資料：2000 年デジタルテレビジョンの購入、p.479

さらに、以前のテレビが約 10 年を経過し、2019 年（令和元）4K 放送開始に伴い買換えました。（第 5 表）

第 3 表　2000 年購入テレビ受信機

購入年月	2000年12月
呼称	BSデジタルハイビジョンテレビ
形名	TH-28D10（ビエラ）
メーカー名	パナソニック
アスペクト比	１６：９
表示装置	ブラウン管（フラットハイビジョン管）
受信チャンネル	・VHF(1-12ch),UHF(13-62ch), CATV(C13-C38) ・BSデジタル(BS000-BS999)
消費電力（W）	224
本体重量（kg）	45

第 4 表　2000 年購入テレビ受信機

購入年月	2010年10月
呼称	地上・BS・110度CSデジタル ハイビジョン液晶テレビ
形名	42Z1（REGZA）
メーカー名	TOSHIBA
アスペクト比	１６：９
表示装置	液晶
受信チャンネル	・地上アナログ： VHF(1-12),UHF(13-62), CATV(C13-C63) ・地上デジタル： VHF(1-12),UHF(13-62), CATV(C13-C63) ・BSデジタル(BS000-BS999) ・110度CSデジタル (CS000-CS999)
消費電力（W）	175
本体重量（kg）	19

現在使用している第 5 表の 4k テレビ受信機で、時々昔の番組（NTSC,525 時代）のリプレイ放送がありますが、よくあのような画質で見ていたものと思います。

第 5 表　2019 年購入テレビ受信機

購入年月	2019年6月
呼称	4K液晶テレビ
形名	43Z730X（REGZA）
メーカー名	TOSHIBA
アスペクト比	１６：９
表示装置	液晶
受信チャンネル	・地上デジタル： 地デジ011～528（パススルー対応） ・BSデジタル：BS100～999 ・110度CS：CS001～999 ・スカパー!プレミアムサービス： スカパー! 000～999 ・BS・110度CS 4K： BS 4K 001-499, CS 4K 500-999
消費電力（W）	208
本体重量（kg）	13

（受信アンテナの例）



UHF 地上デジタル、水平・垂直共用平面アンテナ



UHF 地上デジタル水平用平面アンテナ、BS パラボラアンテナ

第八章　2020 年（令和元年）代の思い出

1．放送用電波測定器を振り返る

入局早々に測定器の保守・管理を担当し測定器の大切さや面白さを体感したお陰で、その後に経験するいろいろな業務でも常に測定器のことを考えていたように思い出します。

小学生の頃からラジオ受信機やアマチュア無線に親しみ、入社してからラジオはもちろん、白黒テレビ、カラーテレビ、そして衛星放送、ハイビジョンなどの受信に関わり、これらの経験を生かして各種セミナー等で回路解析や動作解析などの講師を担当し、テレビ修理技術者試験の問題作成なども担当しました。

このように電波測定器は、無線機やラジオ・テレビ受信機の構成と基本的には同じであったのも親しみを覚えた源になったのかも知れません。

関連資料：1925 年(大正 14)～2020 年（令和 2）放送用電波測定器一覧（発売順）、p.835

（１－１）簡易な電界強度測定器

1985 年頃まで電界強度計が市販されています。1996 年頃からレベルチェッカと言う簡易型が市販されるようになってきます。

時代と共に、都市部においても共同受信が普及し、また宅内での分配数の増加等により、電界強度計よりも単に端子電圧を計る小型で携帯に便利な「レベルチェッカ」になって行きました。

（１－２）雑音強度測定器

1954 年（昭和 29）に中短波の雑音強度測定器が登場します。この測定器も、前述と同様に端子電圧を測定しますが、小型電気機器などのインパルス性雑音は、大きな先頭値と連続性を正確に測定するために、帯域幅や検波回路の充放電時定数などが、国際規格 CISPR（1975 昭和 50 年、国内規格から移行）に準拠して規定されています。

（１－３）スペクトラムアナライザ

1979 年（昭和 54）頃には、国産の放送電波が測定できる仕様のスペクトラムアナライザが市販されています。

1964 年（昭和 39）に世界初の掃引型スペクトラム・アナライザ（8551A/851A）がヒューレット・パッカード社（HP 社）により開発されました。

筆者が入局したのが 1963 年ですから、その次の年に開発されたスペクトラムアナライザは、当然、現場には有りませんので電波測定は電界強度測定器でした。

スペクトラムアナライザが普及してくると、電波を可視化し、チャンネル配列や帯域内の信号の分布など、非常に魅力的な測定器でした。

スペクトラムアナライザに関する書籍は少なく、筆者の知る限りでは、次の二冊です。（両書とも著者は横河・ヒューレットパッカード㈱）

・「スペクトラムアナライザー理論と応用」（日刊工業新聞社)、1979 年発行、翌年 1 月に購入

・「スペクトラムアナライザのすべて」㈱ラジオ技術社、1981 年発行

２．ISDB 信号の測定

デジタル放送では、CN 比は重要なファクタのため、信号レベル（C）とデジタル波に近い帯域外のノイズレベル（N）を測定し CN 比を算出します。

ISDB 信号の測定

・BS・CS のデジタル放送（ISDB-S）の測定項目
帯域内電力,BER,MER,CN 比,コンスタレーション

・地上デジタル放送（ISDB-T）の測定項目
帯域内電力,BER,MER,CN 比,コンスタレーション，遅延プロファイル

３．新たなメディア開始時の測定器

以降、放送界の新たなメディア毎に新たな機能を測定する測定器が開発されています。

○1983 年（昭和 58）BS 試験放送開始
・BS-IF 信号のレベル（BS-11,15ch）を測定する TV-DBS レベルメータの市販（1982,昭和 58 年
・集合住宅など BS-IF 信号が伝送できない施設で衛星放送を視聴るため、BS-IF 信号を UHF 帯に変換して伝送する UHF-FM 方式が開発され、こ信号レベルを測定する測定器が市販（1984,昭和 59 年）

○1991 年（平成 3）HDTV(MUSE)の試験放送開始
・BS-IF MUSE/NTSC 測定器の市販、CN 比と信号レベルを測定（1991,平成 3 年）

○1992 年（平成 4）アナログの CS 放送開始
・TV レベルメータの市販、BS-IF および CS-IF のレベルを測定（1992,平成 4 年）
・アナログ信号用 BS-IF の CN 比測定器、およびアナログ信号用 CS-IF の CN 比測定器の市販（1995,平成 7 年）

○2000 年（平成 12）BS デジタル放送開始
・シグナルレベルメータの市販、地上波,BS,CS,CATV デジタルの CN 比、レベルの測定、16-256QAM, OFDM,8VSB（2000 年,平成 12 年）

○2003 年（平成 15）地上デジタル放送開始
・地上デジタル,アナログ放送用電界強度測定器（13-62ch の OFDM 波測定）の発売（1997,平成 9 年）
・ISDB-T 信号を測定するデジタル放送信号アナライザの市販（2003,平成 15 年）

○2018 年（平成 30）4K、8K 放送開始
・シグナルレベルメータ 4K/8K 対応の市販（2019,平成 31 年）
FM 放送、BS・CS(右旋・左旋)
ISDB-T,ISDB-C,ISDB-S
(4K,8K レベル、C/N、BER、MER、コンスタレーション)、スカパープレミアム HD/4K）

＜エピソード＞電波の測定

入局当時は、テレビの電界強度の測定に、各地に出張しました。当時の電界強度測定器は真空管式ですから商用電源が必要ですが、測定車（当時はインバーターは無かった）での路上の場合は謝礼品を準備して近隣の家庭から電源を借用し、山頂調査では電源を引くことが出来ませんので、鉛蓄電池（バッテリー）から機械式バイブレータによるチョッパーを用いて矩形波電圧をトランスで昇圧して整流し、電源として使用しました。

このバッテリーは、自動車用鉛蓄電池（１２Ｖ、２４Ｖ）でしたから希硫酸の比重を測定して充電しなければならないため、出張に先立ち自動車屋で充電済み電池を借用して車に積み込みました。（出張帰りに返却）

山の上での受信点調査等では、真空管式電界強度測定器やバッテリー、アンテナ等を山頂まで上げるのが大変な作業で、作業員をお願いしていました。

また、中波帯の測定には、時間率という概念があり、長時間測定して時間率を算出必要があります。このためには、電界強度測定器に記録計（ペンレコーダ）を接続し記録し、書かれたラインから時間率を読取ります。

このペンレコーダは、ガラスペンに赤色のインクをセットして使用しますが、インク交換等に手が赤くなり往生しました。

年代と共にペンレコーダから感熱紙に変わり、メモリー記憶と進化していきました。

４．光信号測定器

関連資料：2005 年(平成 17)～2006 年（平成 18）放送用電波測定器一覧（光 測定器）、p.846

通信系での光ケーブルによる長距離伝送が進む中で、NHK 共同受信施設への導入が 1995 年（平成 7）頃から検討が始まっていました。

NHK 共同受信施設は、長距離伝送は有りませんが、山頂からの受信信号の引き下ろし途中の増幅器の不要などの点からメンテナンスの省力化が見込まれ、1997 年（平成 9）に東京都下の施設で導入実験を筆者の指導で行い、良好な成果を得られ、その後、改良が加えられて全国で光ケーブル化が進んでいます。

筆者は、この間の 1996 年（平成 8）にはファバーオプティクス標準化委員会（㈶光産業技術振興協会）の委員を務めました。

その後、CATV 業界等では着々と光ケーブル化が進んでいましたが、筆者らは 2000 年（平成 12）の BS デジタル化や 2003 年（平成 15）の地上デジタル化で多忙を極め、光ケーブルからは少し遠ざかっていました。

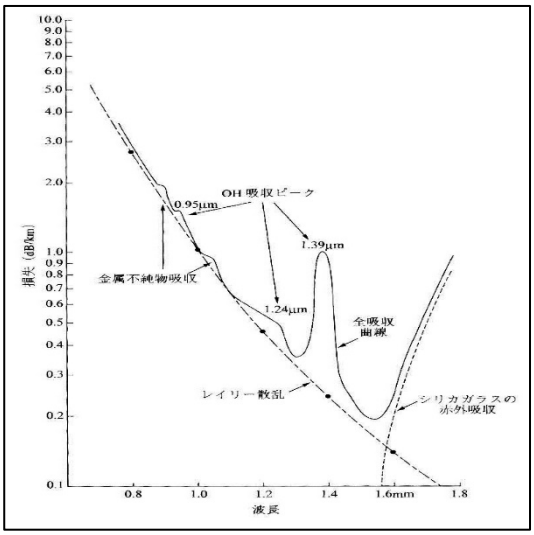
筆者は、前述のように 2001 年（平成 13）に NHK 放送研修センターに転籍しましたが、そこでは主に BS デジタルと地上デジタルのセミナーや研修をおこなっていました。

一方で、CATV 施設も光ケーブルが順次導入され、光ケーブル技術力の向上が求められることとなりました。そこで、NHK 職員を初め、関連業界の方々の技術力向上のために、光ケーブル関係のセミナーや研修を実施することといたしました。

まず必要なのは、実際の信号や波形を観測する必要から以下の測定器を揃えました。

○光パワーの測定（光テストセット Optical Test Set）

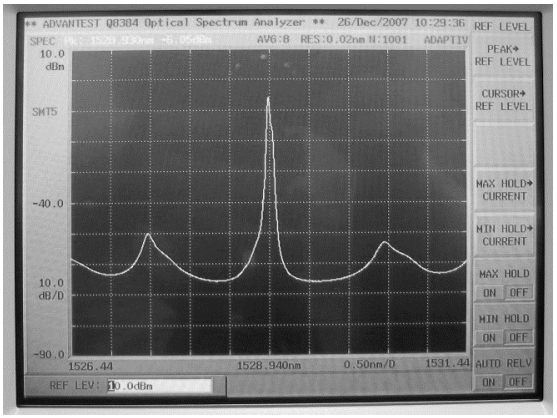
光ケーブルでの信号の伝送には、電波の搬送波に相当する光の強さを測定する必要があります。光ケーブルでは、信号の強さ（強度）は電力で測定しますので、「光パワー」測定器が必要です。



第 69 図　光の吸収

伝送に使用する光の波長には、第 69 図のように通信系に使用される 1,310nm（第二の窓）と CATV 等に使用されている 1,550nm(第三の窓）そして約 850nm（第一の窓、プラスチックファイバ）は主に音声系の伝送に使用されています。

この光テストセットは、光源（送信側）と光パワー受信部（受信側）を内蔵しているので、



第 70 図　光スペクトラムアナライザ
（光源 1,550nm の波形）

伝送系の様々な実験が可能です。

○光パルス試験機（アクセスマスター）

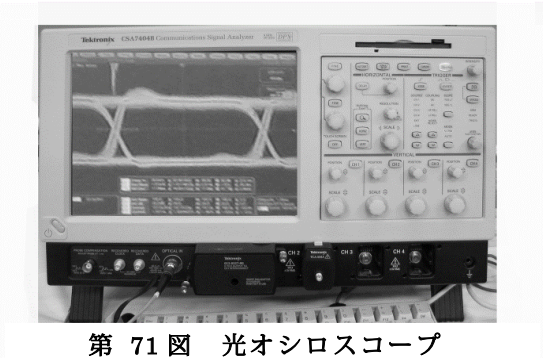
この測定器は、実際の光信号を測定し、障害源の探索等メンテナンスに必須の測定器です。

○光スペクトラムアナライザ

光信号のスペクトラムや分散の測定を行います。（第 70 図）

○光オシロスコープ（Conunications Signal Analyzer）（第 71 図）

この測定器は 4 チャンネルの高速度オシロスコープで、そのうちの 1 チャンネルに光・電気変換器が付属し、光信号を電気信号に変換して表示することができます。



第 71 図　光オシロスコープ
（アイパターンの測定中）

この測定器はオシロスコープですから、スペクトラムアナライザと異なり、時間軸での測定を行います。

光ケーブルでのデジタル信号の伝送では符号化されたパルス波形を伝送します。しかし、伝送途中でパルス波形が鈍ってしまうと、正確なパルス波形を認識出来なくなります。

この劣化の測定にはアイパターンを測定します。ディスプレイに表示された信号波形が、ちょうど「目」のように見えることからこの名前がついています。

～コラム～　測定器の入力インピーダンス

電界強度測定器等の入力端子の特性インピーダンスは、50Ω と 75Ω があります。

一般的には、高周波で電力を扱う機器では低損失の同軸ケーブル（5D 等）の 50Ω 系が、受信系ではダイポールアンテナのインピーダンス(=72.13+j42.55Ω)の公称インピーダンス 75Ω（5C,7C 等）が使用されています。

（世界には、この両者の中間のインピーダンス 60Ω を規定している国も有りましたが､極少数で、現在は皆無と思われます。）

正確な電界強度を測定(±0.5dB)する電界強度測定器等は、入力端子に N 型（50Ω）コネクタが採用されています。電界強度を測定するにはダイポールアンテナ（75Ω）を使用しますので、測定器の入力でインピーダンス変換器（75Ω→50Ω）を挿入してマッチングを取ります。

一方、簡易な電界強度計やレベルチェッカ等は、精度は余り要求されないので、測定器の入力インピーダンスは 75Ω となっていますが、入力端子には機械的に丈夫な M 型接栓（インピーダンスの規定なし）を採用しています。

したがって、厳密にはアンテナからの同軸ケーブルの 75Ωからインピーダンス規定なしのM 型コネクタに接続され、機器内部では 75Ω として測定することになりますので、この接続部分でミスマッチングが発生して SWR が悪くなってしまいます。

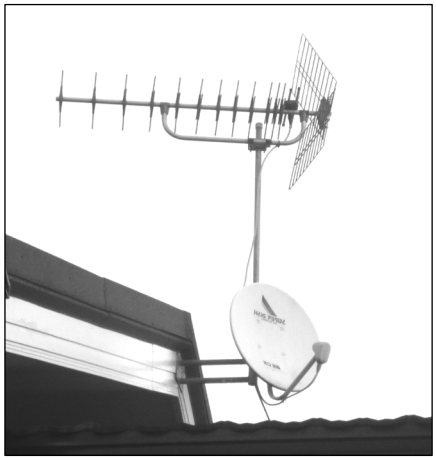
このため、測定精度が犠牲となり、測定誤差が±3dB となる原因の一つとなっています。

なお、F 型接栓が開発されてからは受信機器類および測定器にも採用されました。C12 型とC15 型ともに特性インピーダンスは 75Ωですが、BS・CS 放送が開始される前の測定器ではVHF,UHF 用の C12 型が採用されていますので注意が必要です。

～コラム～　60Ωの同軸ケーブル

国内でテレビ用に同軸ケーブルが使用され始めた頃､研究用に欧州から 60Ωの同軸ケーブルを取寄せました。その構造は、外部導体は普通の同軸ケーブルと同様のメッシュのシールド構造ですが、内部は中空で薄い筒状の絶縁体が有り、その中心に波型（サインウエーブのような）の中心導体が配置されていました。この内部導体は固定されていないので、引っ張ると伸びてしまいます。したがって接栓は特殊な構造であると推定されますが、残念ながら入手することができませんでした。

（受信アンテナの例）



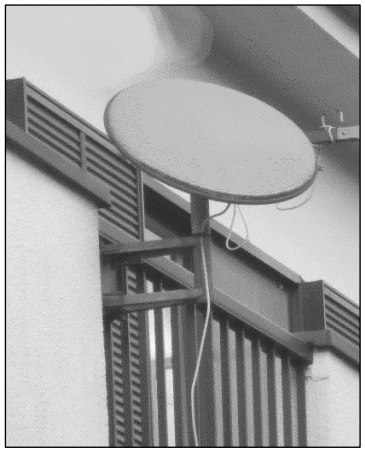
地上デジタル用 14 素子、BS パラボラアンテナ（軒設置）



BS パラボラアンテナ（ベランダ設



BS パラボラアンテナ(屋根馬設置）



BS 平面アンテナ

第九章　関連資料編

1923年（大正12）　日本のテレビジョンの始まり（略史）

ここで、少し前に戻ってテレビの創世記からの変遷を振り返ります。

変遷過程の説明方法は幾つかあると思いますが、白黒テレビの歴史から説明しましょう。

テレビジョン受信機の研究は、1873（明治6）年にイギリスでスミス（Smith）とメイ（May）により始まり、その後幾多の研究者により様々な考案がなされたが、当時の技術では実現しませんでした。しかし、アメリカのド・フォーレ（De Forest）が1905（明治38）年に三極真空管を開発するに至って微弱な信号の増幅が可能となり、通信分野での応用が活発になるとともに、テレビジョン受信機の分野でも俄に開発が活発となりました。

日本においては、1923（大正12）年に高柳健次郎氏がイギリスのキャンベル-スイントン（Campbell-Swinton）の提案による全電気式テレビジョン受信機（All Electric Television）の開発に着手しました。そして、1926（大正15）年12月に初めて走査線40本の“イ”の字の受像実験に成功しました。この時の送像装置はニポー円板（Nipkow disc）、受像装置は陰極線管（Viewing Tube と呼ばれていた。）を組み合わせたものでした。

受像管は1907（明治40）年に陰極線管を使う提案がイギリスのロージング（Rosing）によってなされ実験に成功しましたが、撮像管は1933（昭和8）年にツオリキン（V.K.Zworykin）のアイコノスコープ（Iconoscope）の開発まで待たなければなりませんでした。その後、イメージオルシコンが、さらにビディコンが開発されました。

日本では、東京電気が1934（昭和9）年にアイコノスコープの開発に着手し、高柳健次郎氏が1935（昭和10）年11月に撮像管（走査線数315本、毎秒像数25枚）の試作に成功しました。これにより全電子式テレビジョン受信機が完成されました。

以降、白黒テレビジョン、カラーテレビジョン、デジタルテレビジョン、高画質化テレビジョン、デジタルテレビジョンの概要を述べ、各種テレビジョン信号については、筆者が在職中にセミナー等で講義した内容を巻末に再掲しますので、参考にして下さい。

白黒テレビジョンの標準方式

白黒テレビジョンの規格は、1941 年にNTSC（全米テレビジョンシステム委員会、National Television System Committee）が白黒テレビの標準方式を走査線 525 本、60 フィールド方式を FCC（米国連邦通信委員会、Federal Communication Committee）に提案し規格化されました。これに基づき、米国では 1941 年に NTSC 方式の白黒放送を開始してます。

日本においては、1952 年に電波監理委員会（郵政省の前身）で「白黒テレビジョン放送に関する送信の標準方式」を決定しました。（走査線数 525 本、毎秒画像数 30 枚、周波数帯域 6Mc）

これを受けて 1953 年 2 月 NHK、日本テレビ放送網同年 8 月に NTSC 方式の本放送が開始されました。

テレビジョンは、送像側と受像側の手順をあらかじめ決めておく必要があります。この手順は各国の事情で独自に規格化しサービスを開始（第 1 表）しています。

第 1 表 各国の白黒式テレビジョン放送

（本放送開始順）

国　名	開始時の規格	本放送開始
アメリカ	525 本、30	1941(昭和 16)年
フランス	441→819 本、	1948(昭和 23)年
イギリス	405 本、25	1949(昭和 24)年
日　　本	525 本、30	1953(昭和 28)年

*1 走査線数、フレーム数、アスペクト比

このように各国により規格がまちまちのため、世界的にプログラム交換や機器の製造などの利便性が損なわれるとの要望から、方式の統一が求められ国際無線通信諮問委員会（CCIR）で審議の結果（1956年、ワルソー第8回総会勧告第212号）、白黒式テレビジョンの標準方式として次の12項目について一致しています。

＜ベースバンド信号について＞

1. 電力周波数と独立していること。
2. 横と縦の比（aspect ratio）は4対3であること。
3. 飛越走査比は2対1であること。
4. 走査は左から右へ、上から下へ行うこと。
5. 黒レベルは絵の明暗に拘りなく一定の搬送波レベルであること。
6. 輻射される信号の特性は普通の受信機の受像管の信号対明度の特性を考慮して1以下であること。

＜伝送信号について＞（単位は当時）

7. 映像搬送波は振幅変調すること。
8. 受像機は残留側波帯送信を受信でき、かつ映像搬送波は受像機内で減衰させること。
9. 送信機は搬送波を減衰させることなく下側波帯または上側波帯のいずれかを減衰するように設計すること。
10. テレビジョンチャンネル内に映像および音声搬送波をおき、映像搬送波は一端から1.25Mcのところに、音声搬送波は0.25Mcのところにおくこと。
11. 不必要な側波帯は映像搬送波から1.25Mcのところで輻射電界が少なくとも20db弱くなるように減衰させること。
12. 送信電波の偏波面については標準化する必要を認めない。

以上の一致点が世界規格として決定されたのですが、これら一致点の中には、重要な走査線数やフレーム枚数は規定されていません。これらは当時、各国で放送していた規格をそのまま継続することを意味しており、その結果、その後主流となる525本（30枚）方式と625本（25枚）方式を含む4方式（405本・25枚、819本・25枚）が使用されることとなりました。

日本においては、CCIR勧告以前の1952年（昭和27.2.28）に「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」として、ワルソー第8回総会勧告第212号で勧告されたベースバンド信号および伝送信号の規格を満足し、さらに走査線数を525本、フレーム数を30枚、周波数帯域幅は6MHzとすることが公布されています。

白黒式テレビジョンの規格は、EIA（Electronic Industrial Alliance、アメリカ電子工業会）によってEIA RS-170として規格化されています。

カラーテレビジョンの標準方式

このようにベースバンド信号と伝送信号の規格が国際的に決まったことから、各国においては白黒式テレビジョンが飛躍的に普及していきます。

一方でカラー化の要望が強まり、1953（昭和28）年にアメリカのNTSC（National Television System Committee）がRCAの基本原理を採用した標準方式を制定しました。次いで、旧西ドイツ（テレフンケン社、ヴァルター・ブルック（Walter Bruch））により開発されたPAL（Phase Alternation by Line）方式が1967（昭和42）年に放送開始、また、1962（昭和37）年にフランスでSECAM（Séquentiel couleur à mémoire ,Sequential a memoir）方式が開発され、アナログ式のカラーテレビの三つの方式が完成しました。

白黒テレビが普及してくると、必然的にカラー信号は送れないのかという機運が高まり、研究がなされたが、1949年に米国FCCから「カラーテレビは、白黒テレビとの両立性を保ち、帯域幅は6MHzとする」と決められ、1950年にGEにおいて従来の白黒信号（輝度信号）に加えて色信号を6MHz帯域内で伝送するため、「周波数インターリービング」の技術が開発されました。

1953 年に FCC は NTSC 式カラーテレビ方式の規格を承認し、1954 年から正式に放送が開始されました。

これらの動向を受けて日本でも盛んに研究され、郵政省は 1960 年にカラーテレビ規格も統合した日本の標準方式として NTSC 方式採用を決定し、同年 9 月から本放送が開始されました。

日本においては、1960 年 9 月に「テレビジョン放送に関する送信の標準方式」(白黒式テレビジョンとカラー式テレビジョンを含めた形で統一して制定)を公布し、同時に従来の「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」(昭和 27.2.28 公布) が廃止されました。

EIA によって規格化された白黒式テレビジョンの規格 EIA RS-170 は、カラーテレビジョンの仕様を取り入れて EIA RS-170A として新たに制定されています。また、その後、ベースバンド部分のみ SMPTE-170M として定義されています。

すことができます。

これら三要素のうち「明度」のみを伝送していたのが白黒放送で、カラー放送の場合には「明度」の他に「色相」と「彩度」を伝送します。

三要素を含んだ信号を伝送するには、白黒式テレビジョンに不自然さを与ないように、次の諸項目の両立性が要求されます。

(1)カラー放送を白黒式テレビジョンで受信した時も、自然な白黒の画像が再現される。
(2)色相、彩度の情報を少ない伝送路で送らなければならない。
(3) その手段が、白黒式テレビジョンに不自然さや妨害を与えてはならない。
(4)信号の占有帯域が白黒放送と同じ 6MHz 内でなければならない。

これらの諸条件を満足して、カラーテレビが実現しています。

カラー放送と白黒放送との両立

色には、色相 (hue)・彩度 (chroma)・明度 (value) の三要素があり、この三つが揃わないと色として成り立ちません。すなわち、この三要素が揃えば、どのような色も表

第 2 表　カラーテレビジョンの方式
PAL (Phase Alternation by Line)
SECAM (Séquentiel couleur à mémoire , Sequential a memoir)

国　名	方式決定		コメント
アメリカ	NTSC	1950 (昭和25)年 インターリビング方式開発(GE) 1953 (昭和28) 年 NTSC標準方式制定	RCA開発 1954 (昭和29) 年 放送開始
フランス	SECAM	1962 (昭和37) 年　制定 1966 (昭和41) 年 SECAM Ⅲ-b方式CCIR決定	1956 (昭和31) 年 フランス (Henri de France提案) 1966 (昭和41) 年 放送開始
イギリス	ＰＡＬ	1956 (昭和31) 年規格制定	西独(テレフンケン社開発) 1967 (昭和42) 年 放送開始
(日　本)	NTSC	1960 (昭和35) 年 NTSC方式の採用	1960 (昭和35) 年9月 放送開始

1955 年（昭和 30）伊香保町における TV 共同受信方式の実験

受信機資料（B5,p33）

受　信　機　資　料

第 6 巻　　第 9 号

1955 年 12 月號

目　次

伊香保町における TV 共同受信方式の実験について……(1)

伊香保町における TV 共同受信実験報告

1. アンテナ建設地決定のための受信試験……(2)
2. 実験方式及び施設機器の選定……(5)
3. 実　験　施　設……(8)
4. アンテナ工事及びケーブル架設工事……(24)
5. 総　合　試　験……(23)
6. 結　　言……(32)



表紙の写真

物聞山頂のＴＶ共同受信施設受信アンテナ群

1955年12月

伊香保町における
TV共同受信方式の実験について

受信機部長　高　村　悟

テレビジョンの共同受信方式（Community system）は，もともと市街地のホテルやビルディングなどにおいて，集団的に受信者がある場合，個々に受信アンテナを設置することの煩わしさや，雑音や反射などによる受信の障害をさけ，良好に受信する目的で，アンテナ設置場所が限定されるような場合に採用される共同アンテナ（master-antenna）方式から発展したものである。

遠隔地におけるTV共同受信方式は，受信者の居住地においては良好な受信成績を得る見込みがないか，または電波が弱くて実用的な受信成績を得るのにアンテナの建設が経済的に困難であるような地域において，共同アンテナ方式を採用して多数の受信者が経済的にTV受信を可能ならしめるものである。

米国においてはこの数年間にこの種の共同受信方式が著しく発達し，この種の施設を運営している会社が約30州に亘り300社以上にも及び，一施設による受信者数も2,000以上，建設費も25万ドルに達するような大規模なものまであると報告されている。

米国のように，TV放送局の数が400以上もあるところでもこのような施設の発達を見るのは，TV電波の伝播特性により未だ多くの電波に恵まれない地点が存在し，これを無くす手段としてのブースター局やサテライト局を含むTV放送局の建設が，周波数問題や経済的などの理由によつて制約を受けるものであることを物語るものであると思う。

わが国のテレビジョンは放送開始後まだ3年に足らず放送局の数も東京に3局，大阪，名古屋に各1局の計5局にすぎないし，NHKの32局の置局計画が完成してもわが国の地勢上到るところに死点のできるであろうことは想像にかたくない。この解決策として更にサテライト局やブースター局の設置等も逐次考慮されることと思うが，共同受信方式の利用による局地的解決策もまた重要な役割をするものと考えられる。

現在わが国においてもフリンジ・エリヤにおけるTV共同受信方式の実施例は簡単なものが二三あるが，本格的な設置例を見ないので，NHKでは今後のテレビ普及開発上の基礎資料として，技術的データのほか，経済的なデータをも得るため，適当な地点を選んで共同受信方式の実験を行うこととなつたのである。

今回伊香保町において行つた実験はフリンジ・エリヤにおける実験例で，このような地点の多くは良好な受信成績が得られる地点が受信者集団地域より離れた限られた地域にある場合が多いので，共同アンテナ方式を採用することとなるが，受信信号の伝送方式としても

1. 映像信号伝送方式
2. 中間周波信号伝送方式
3. 高周波信号伝送方式

の三通りが考えられる。

1及び2の方式は，単一チャンネルだけの場合には多少経済的にできるが，多重チャンネルの伝送をしようとすれば費用が嵩み，受信機も一般市販品をそのまゝ使用できない不便がある。これに対して3の方式は，線路における信号の減衰については不利であるが，多重チャンネルの伝送もでき，市販受信機が使用できるので，各チャンネルを任意選択して受信し得る利点がある。

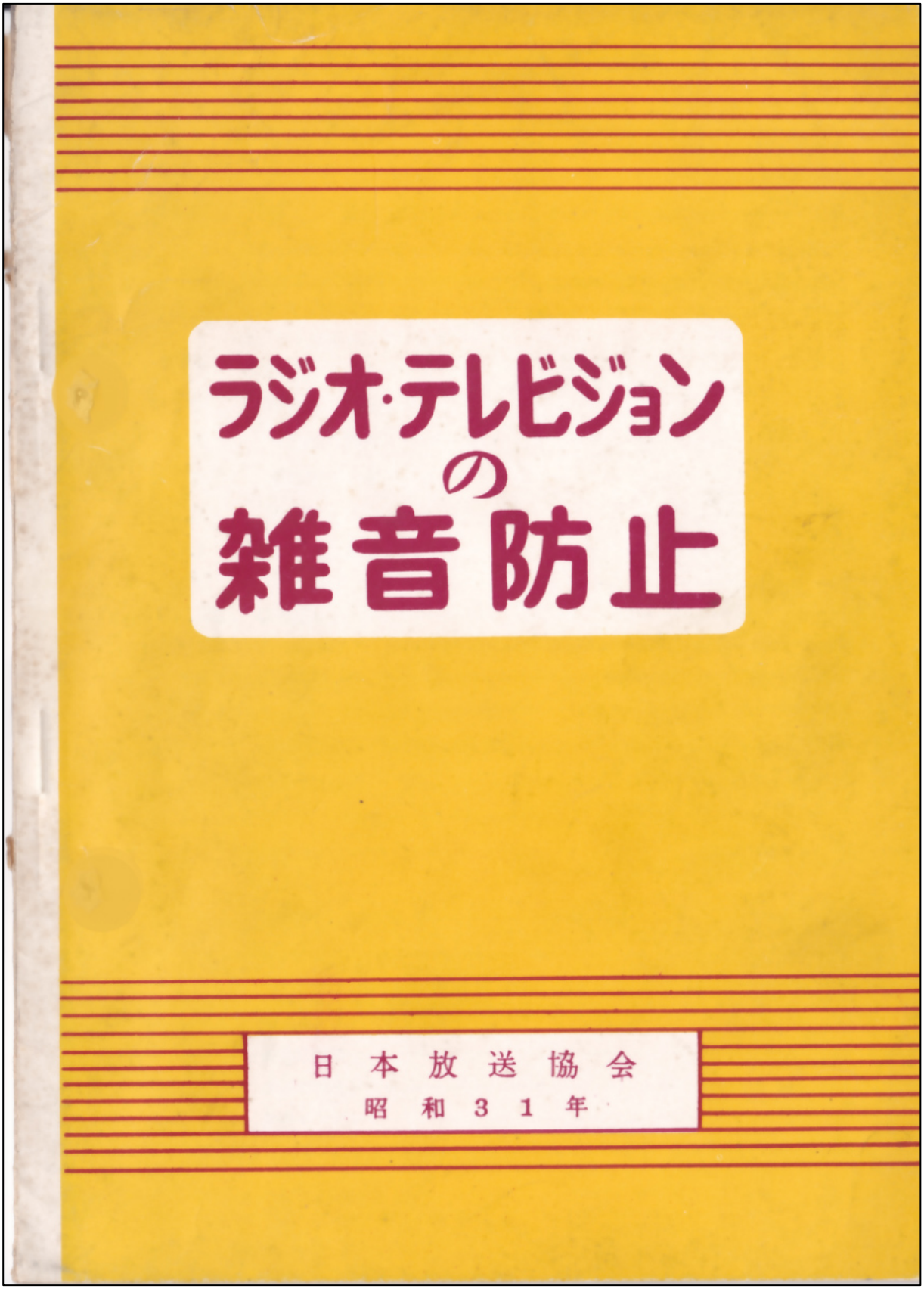
よつて実験としては，多重チャンネルの高周波信号を同一線路に送る場合のミキシングの問題，国産同軸ケーブルによる異周波数伝送時の減衰特性，反射特性，各チャンネル信号のバランスの問題などについての実際的データをとるため，高周波ケーブルによる3チャンネルの高周波伝送方式について実験することとした。なお，高周波伝送方式として，技術研究所の研究になる表面波伝送方式の実験も，技研と協力して一部行つた。

受信実験地の群馬県伊香保町は，東京から124km，榛名山腹にある世帯数約800の温泉観光地で，旅館や物産店が比較的小地域に密集した町であるが，三方が山に囲まれているため，町の中においては受信状況が極めて悪く，到底実用にならない。しかし市街地から約400m離れた物聞山頂においては，NHK-TVの電界強度は約54db，NTVは約46db，KRTは約38dbあり昼夜安定した電波の受信ができるので，こゝに受信アンテナを設置すれば良好に受像できることが判明した。そこでこれを基として実験計画をたてて昭和29年11月より準備し，冬季は寒冷のため山頂の工事ができないので翌昭和30年4月より実験施設の工事にかかり，6月10日より約6ヵ月間に亘つて各種の実験を行つた。

本号に記載した記録は，本共同受信方式の実験に関するものを取纏めたもので，今後このような施設を設置する場合の参考となれば幸甚である。

最後に，この実験に当つて地元の前橋放送局や伊香保町，及び伊香保観光協会等の御協力に対し，感謝の意を表する。

1956 年（昭和 31）ラジオ・テレビジョンの雑音防止（A5,p53）



目　次

第1章　概　説 …… 1

1.1　はしがき …… 1

1.2　関係法規と関係団体 …… 1

1.3　受信障害関係団体 …… 3

1.4　障害波と受信品位との関係 …… 4

1.5　障害統計 …… 5

第2章　障害波の発生とその伝播 …… 6

第3章　障害源の探知 …… 9

第4章　障害防止の要領 …… 10

第5章　障害防止器 …… 11

5.1　障害防止器の種類と型式 …… 11

5.2　防止器の動作 …… 17

5.2.1　C 型防止器 …… 17

5.2.2　F 型防止器 …… 17

5.2.3　CR 型防止器 …… 17

5.2.4　しゃへい（遮　蔽） …… 18

第6章　障害防止器の取付上の注意 …… 20

6.1　一般的な注意 …… 20

6.2　使用電圧 …… 20

6.3　使用電流 …… 20

6.4　接地工事 …… 20

第7章　障害防止の実際 …… 21

7.1　グロー放電管 …… 21

7.1.1　蛍光放電灯 …… 21

7.1.2　スリムライン・ランプ …… 23

7.2　小型直巻電動機 …… 24

7.2.1　携帯用電気ドリル …… 24

7.2.2　歯科エンジン …… 26

7.2.3　ハンド・ドライヤー …… 26

7.2.4 電気バリカン（電動機式）……27
7.2.5 ミキサー……27
7.3 電気接点……27
7.3.1 ネオン点滅器……28
7.3.2 バイメタル・スイッチ(サーモスタット)……29
7.4 整流装置……30
7.4.1 タンガー充電器……30
7.4.2 水銀整流器……30
7.4.3 ベルトーロ……31
7.5 反発電動機……31
7.5.1 電気井戸ポンプ……32
7.6 火花式発振器……32
7.6.1 高周波電気溶接機……33
7.6.2 テスラコイル……35
7.6.3 静電気除去装置……36
7.6.4 ジアテルミー……37
7.6.5 電気漂白機……38
7.6.6 電気メス（ラジオナイフ）……39
7.7 バイブレーター式感応コイル……39
7.7.1 インダクション・コイル……40
7.7.2 高周波美顔器，ラジオレーヤー……40
7.8 真空管式発振器……41
7.8.1 高周波ウェルダー……42
7.8.2 高周波ミシン……44
7.8.3 超短波治療器……44
7.9 電車および電車線……45
7.10 その他の障害源……47
7.10.1 接地線不良……47
7.10.2 テレビジョン受信機によるラジオ障害……47
7.10.3 電気機器の運転，停止に伴って生ずる受信機の感度変化……48
7.11 受信機側で行う防止法……48
あとがき……51

第1章　概　　説

1.1　は　し　が　き

電波を利用し空間を通信路とする無線通信には，送信から受信までの間に，いろいろのかたちの妨害があって，そのために通信内容の伝達が妨げられている。

家庭でラジオを聞いているとき，不快な雑音が混入したり，テレビジョン受信中に，映像に黒白の点や，縞模様が入ったり音声が歪んだりするのは，みな希望する電波のほかに，障害となる電波が受信機に入ってくるからで，この外部から入って来る目的外の電波のことを**障害波**といっている。

最近は特に放送をする側はもちろん，受信する側でも**高忠実度**という点に努めているので，わずかな外来雑音でも気になりやすく，こう言った点からも障害波に対する関心は急激に高まっている。

この障害波は大別すると，自然現象によるものと，人工的に発生するものとに分類することができる。自然現象によるものには，雷雨などの放電現象を伴う気象現象による大気雑音が大部分である。また人工のものは，NHK の統計からみても高周波利用設備から漏洩する混信性の障害や，電気回路の断続による衝撃性の雑音，および螢光放電灯等の放電雑音が大半を占めている。前者の自然現象によるものでは，一般の放送受信に当って支障となってもいかんともしがたいので，ここでは後者の人工雑音が原因となっておこる，ラジオおよびテレビジョンの受信障害について述べる。

1.2　関係法規と関係団体

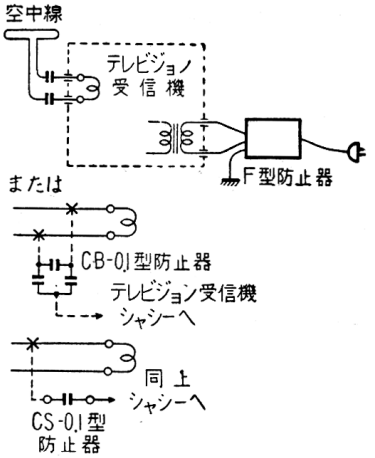
人工雑音となるような，電気機器設備は，あらかじめ障害防止措置をとっておくことが理想であるが，現段階では，極く一部のものにしか実施されていない。

これらの機器が受信障害の対象となった場合は，速かにその所有者が，適当な防止措置をとることが望ましいわけであるが，防止方法について一般の知識が不足していることや，法制上の不備および一部においては経済上の理由もあって，その実施の円滑を欠く場合が見受けられる。

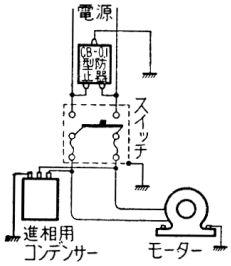
いするとよい。

7.10.3 電気機器の運転，停止に伴って生ずる受信機の感度変化。

電動機を運転しはじめるとラジオの音量が下がることがあるが，これは電気機器が配電線に接続されることによって，配電線の有する空中線実効高が変るためで，とくにアース・アンテナを使用する場合に甚しい。なお運転，停止で受電電圧が変化する場合にも，再生受信機では再生のかかり方が変化して受信機の感度が大きく変化することがある。



第 7.56 図



第 7.57 図

防止方法は第 7.57 図のように電気機器のスイッチの配電線側に CB-0.1 型防止器を取付け，配電線の高周波特性が大幅に変化しないようにしておけばよい。

7.11 受信機側で行う防止方法

これまでに述べた防止方法は，障害発生源で処理する方法であり．防止効果の点，経済上の理由から原則的な方法である。

しかしながら，発生源が多数，不確定，または受信者が少なくて経済上からも，効果の点からも受信機側で処理した方がよい場合もある。このような場合の

受信機側での防止方法には，

1. 受信機に障害波が入ることを防ぐ。
2. 受信機内部で障害波の勢力を減少する。

に大別される。

前者の方法には，空中線の位置変更，および電源ろ波器の挿入などが考えられる。後者はテレビジョン受信機において AFC 回路などに採用されて，障害の波形によっては相当の効果がある。ラジオ受信機にはトーン調節，中間周波変成器の帯域幅の可変方式などが採用されることもあるが十分な効果をあげることがむずかしい。

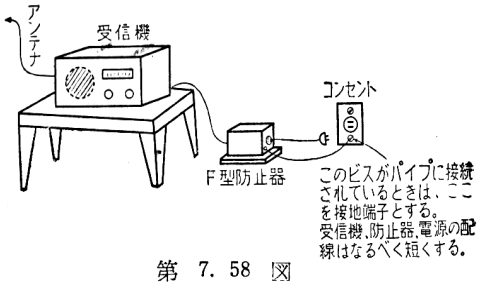
次に，受信機に障害波の侵入を防ぐ方法であるが，木造とコンクリート造りではだいぶ様子が異なる。

1. 木造建築内に設置された受信機に対する防止方法。

木造家屋の場合は屋内配線の碍子引工事が多いので空中線回路と配電線の結合が大きく，したがって受信機の電源入力回路に防止器を取付けても効果が少ない。

防止器は受信機用の屋内配電線だけでなく，そのそばをとおる配電線にも挿入して障害波が乗っている配電線と受信機間の結合がないようにする。このためF型防止器の場合は電灯電流なども含むことになるので，電流容量の大きいものが必要となる。

2. コンクリート造り建築内に設置された受信機に対する防止方法。



第 7. 58 図

この場合は屋内配線はパイプ配線が多く，そのうえ，コンクリート自体にもしゃへい効果があるので，受信機のアンテナ回路と配電線の間の結合は一般に少なく，受信機電源入力回路に第 7.58 図のように F 型防止器を挿入することで良好な効果が得られることが多い。

また，受信機の位置はなるべく窓ぎわに近くおいた方が，建物の中央部より電界強度の減衰が少ないので有利である。

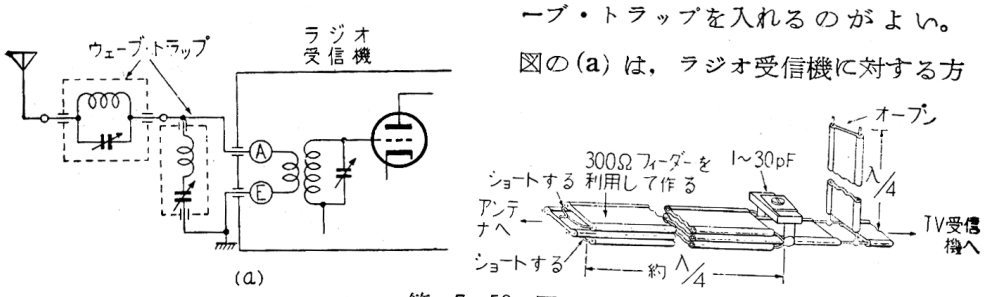
建物の高層部に受信機が設置されているときは，防止器の接地線を地表面まで引おろすことは接地効果が少なく，したがって防止効果も阻害される。このような場合は，屋内配線用のパイプのボンディングが良好であることをたしかめたうえ，接地を配線用のパイプに接続する。これはビル内を縦横に張りめぐらされたパイプを接地として（カウンターポイズ式に）使用することになり良い効果が得られる。

アンテナを張る場合はコンクリート外壁からできるだけ離すようにし，その間隔は 50 cm 以上とることが望ましい。

そのほか S/N 比を改善するため，受信用空中線に対して指向性をもたせるなどの考慮も重要である。

テレビジョン空中線の場合は空中線素子を多くして，指向性と感度を良くし，またラジオの場合は枠型空中線を使用することも有効である。

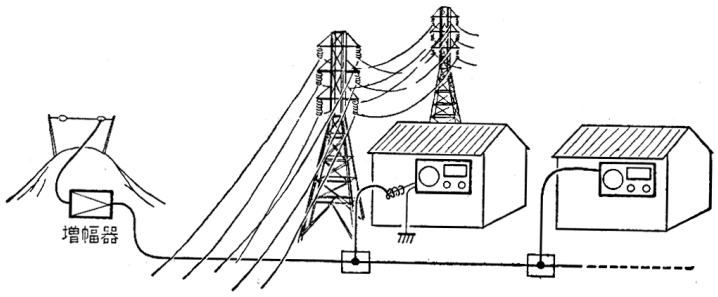
なお，特定の周波数の障害に対してはアンテナ回路に第 7.59 図のようなウェーブ・トラップを入れるのがよい。図の(a)は，ラジオ受信機に対する方法の一例で，アンテナ入力回路に直列または並列に取付ける。(b) 図はテレビジョン受信機に対する方法の一例で，障害周波数に対し，フィーダーの長さをその 1/4 波長に選び，図のように受信用フィーダーに沿わせて設けるか，または直接これに接続する。なお，テレビジョンに対してもラジオ用のように L,C のトラップを用いるのも有効である。



第 7. 59 図

このほか，超高圧送電線などによる大規模な障害源に対しては，次のような方法をとることがある。

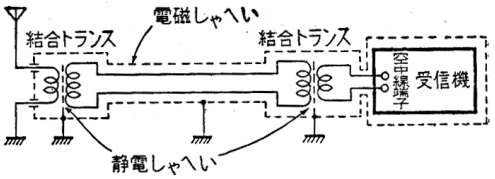
1. 第 7.60 図のように発生源から相当距離が離れて障害の少ない地点に受信アンテナと放送周波帯域の増幅器（ブースター）を設置して信号のレベルを増幅してその出力を障害を受けている各家庭の受信機へ，同軸ケーブルなどで分配する。この場合増幅器を受信アンテナの近くにおくのがよいが，電源や保守の点から困難なときはやむを得ず離れることになるが，このような場合はアンテナと増幅器までは必ずしゃへいされた高周波ケーブ



第 7. 60 図

ルを用いなければならない。

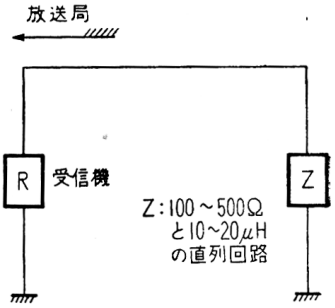
2. 第 7.61 図のようにとくに増幅器を設置しないで高周波ケーブルのみで1と同様な位置に建てた空中線と結合する。



第 7.61 図

この方法は放送電波の電界強度が比較的強い地域に適用される。なお，この場合には同図のように結合用変成器を設け変成器の一次，二次間の静電しゃへいおよびケーブルなどのしゃへいを行うとよい。

上記の方法では空中線の設置場所および形式などは重要な要素となる。空中線の形式については第 7.62 図のような変形逆 L 型空中線などを用いることも有効である。空中線設置場所は超高圧送電線の場合は雨天時に障害が増えることが多いからこの点も注意しなければならない。



第 7.62 図

あ と が き

これまでに各種の電気機械器具から発生する障害波およびその防止方法について述べたが，防止工事を行う場合，一般には障害発生源およびその周囲条件が大きく変化することが多いので使用する防止器の選定は，これらの条件の変化を予想して行うことはもちろんで，また障害発生機器の耐用年限およびその間の障害発生状況の変化を見込んで選定しなければならない。障害調査時の条件のみで防止器を選定し取付を行うようなことがあれば，後日再発を見ることもあるので，折角の防止に費した努力が無駄とならぬよう，また防止を行う側の誠意も十分に認識させることができるように心がけねばならぬ。

日本工業規格（案） JIS C6901—1956

C 形標準放送受信障害防止器

1. 総則

1.1 適用範囲　この規格は電気機械器具から発生する妨害波が屋内線路に伝ぱんするのを防止する目的で、電気機械器具または屋内の低圧線路に主として外部取付をするC形防止器（以下防止器という）について規定する。

1.2 用語の意味　この規格の中で用いる主な用語の意味はつぎによる。

1.2.1 防止器　防止器とはコンデンサ、抗抵器、ヒューズなどの全部または一部で構成され、電気機械器具の使用中に発生する妨害波が配電線路に伝ぱんするのを防止するために使用するものをいう。

1.2.2 妨害波　妨害波とは電気機械器具の使用中に断続的に発生する妨害性高周波電流をいい、この規格では妨害性高周波電流の発生源に近接する標準放送受信機に受信障害をおよぼす高周波電流をさす。

1.2.3 標準放送受信機　標準放送受信機とは周波数 535 kc から 1605 kc の範囲の放送を受信する受信機をいう。

1.3 種類　防止器はつぎの8種類を標準とする。

CS—0.1	CRS—0.1	CB—A
CS—0.05	CRD—0.1	CB—B
		CB—C
		CB—D

ここに　C……コンデンサ
R……抵抗器
S……コンデンサまたは（および）抵抗器1個のもの
D……コンデンサまたは（および）抵抗器2個のもの
B……ブリッジ形
数値……コンデンサ　静電容量（μF）
末尾のA、B、C、D……ブリッジ形におけるコンデンサの定格容量による区別（表1参照）

1.4 定格電圧　防止器の定格電圧は交流 100 V または 200 V を標準とする。

1.5 定格周波数　防止器の定格周波数は 50 c/s または 60 c/s およびその共用とする。

1.6 許容過電圧　防止器は定格周波数で定格電圧の 115 % の電圧で連続使用して実用上さしつかえないものでなければならない。

2. 構造

2.1 構造一般　良質の材料を使い、丈夫な構造でつぎの各号に適合しなければならない。

（1） 防止器はコンデンサ、抵抗器、ヒューズなどを1つの金属箱におさめ箱内には良質の絶縁剤を封入したもの、またはコンデンサ、抵抗器、ヒューズなどを1つの絶縁性箱内に組立てたものであること。

（2） 金属箱におさめたものでは金属箱は容易に変形しないものを用い、鉄製などのものでは完全にサビ止メをほどこし、また、絶縁性箱内に組立てられたものでは、絶縁性箱は十分耐久力のあるもので導電金具や取付金具は容易にゆるみを生じない方法で取付けること。

（3） 金属箱内におさめたものでは引出線の貫通部は絶縁性ブッシングを用い充電部相互間および充電部と金属箱との間は十分な絶縁距離をたもつこと。

（4） コンデンサは JIS C2302（コンデンサ通則）に規定するコンデンサ紙と金属ハクよりなる紙コンデンサまたはこれと同等以上のコンデンサを用いるものとする。

（5） ヒューズは定格電流 0.7A のガラス管入タングステンヒューズを用いるものとする。ただし構造上さしつかえない場合は定格電流 1A 以下の溶断ヒューズを用いてもよい。

（6） 抵抗器は JIS C6402（炭素皮膜固定抵抗器） JIS C6406（固定体抵抗器）または JIS C6407（絶縁形炭素皮膜固定抵抗器）に規定する 200Ω 1/4 W の抵抗器を用いるものとする。

2.2 端子　端子はつぎの各号による。

（1） 防止器に引出線および接地用引出線を用いる場合は JIS C3306（器具用ビニールコード）に規定するビニールコードまたはこれと同等以上のものを用い、その太サは 0.75mm² 以上その長サはそれぞれ 20 cm （有効長）を標準とする。

なお引出線（ヒユーズまたは抵抗器側）は赤色とし、接地用引出線（コンデンサ側）は黒色とする。

（2） 防止器に引出端子および接地用端子を用いる場合は端子は黄銅製または鍍製で接地線の心線を確実に接続しうるものでなければならない。

（3） さし込形端子を用いる場合は電源さし込部分は JIS C8303（さし込み接続器）に規定する2極さし込み接続器の刃をとりつけるものとし、機器側端子ネジ（接地用端子、ネジを含む）は接続線の心線を確実に接続しうるものでなければならない。またさし込み刃受口をそなえる場合にはその寸法は JIS C8303 に規定する2極さし込み接続器刃受孔によるものとする。

2.3 防止器の接続方式防止器の接続方式および部品定格値は図1および表1を標準とする。

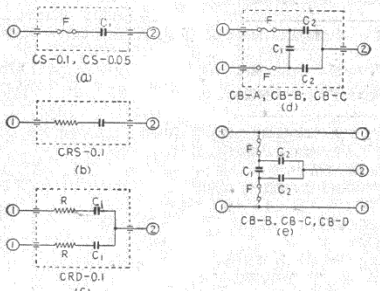


図 1

ここに ①……引出線（赤色）、引出またはさし込み用端子
②……接地用引出線（黒色）、接地用端子
C_1, C_2……コンデンサ
F……ヒユーズ
R……抵抗器（200Ω）

表 1　単位 μF

種　類	C_1	C_2
CS—0.1	0.1	
CS—0.05	0.05	
CRS—0.1	0.1	
CRD—0.1	0.1	
CB—A	0.067	0.067
CB—B	0.1	0.005
CB—C	0.1	0.003
CB—D	0.05	0.0015

3. 試験

3.1 試験　防止器の試験は 3.2 に示す試験状況でつぎに示す試験項目について試験しいづれも規定に適合しなければならない。

ただし受渡当事者間の協定によりその1部の試験項目を省略することができる。

（1） 構造検査
（2） 容量試験
（3） 絶縁抵抗試験
（4） 絶縁耐力試験
（5） 密閉試験

3.2 試験状況　標準試験状況は温度 20°C、湿度 65% とする。ただし温度 5～35°C 湿度 40～85 % の範囲内にあるときはこれを標準試験状況とみなす。

3.3 構造検査　2の構造、4の表示について検査する。

3.4 容量試験　交流ブリッジ法その他適当な方法により正弦波に近い波形の電圧で測定し、容量許容差は 0.005μF 以下は ±20 % これをこえるものは ±10 % とする。

3.5 絶縁抵抗試験　防止器各端子間および全端子を一括したものと箱との間の絶縁抵抗は直流約 100V の電圧をもつて1分以内充電した後絶縁抵抗を測定しその測定値を温度 20°C に換算した値が 200 MΩ 以上でなければならない。ただし絶縁抵抗の温度に対する換算は受渡当事者間の協定

によるものとする。

3.6 絶縁耐力試験　防止器の端子相互間および端子を一括したものと接地用端子と箱を一括したものとの間に定格周波数で正弦波に近い波形をもつ表2の試験電圧を加え1分間これに耐えなければならない。

電圧の加圧方法は最初試験電圧の1/2以下の電圧を加え、以後試験電圧値まで電圧計にてその時時の値がよみとれる範囲でできるだけすみやかに上昇させ試験電圧値に達したのち1分間連続加圧するものとする。

表 2　　単位 V

定格電圧	試験電圧	
	端子相互間	引出端子一括一接地用端子、箱との間
100	230	1,000
200	460	1,000

3.7 密閉試験　コンデンサは表3に規定するところにより密閉試験を行い油モレまたは気ホウの発生があつてはならない。

表 3

種別	恒温装置	恒温装置の温度（C°）	加熱時間
油入コンデンサ	恒温ソウ	70	1時間
乾式コンデンサ	恒温油ソウ	70	15分間

備考　油入コンデンサとは絶縁油その他常温で流動性のある含浸剤を使つたものをいい、乾式コンデンサとはワツクスその他常温で流動性のない含浸剤を使つたものをいう。

4　表示　防止器には箱の見やすいところにつぎの事項を容易に消えないように表示しなければならない。ただし接地をせず線間だけに使用するものにはその旨を明記すること。

なお CB—D 形については（4）（6）は省略してもよい。

（1）名称またはその略称　（2）種類
（3）定格電圧（V）　（4）内部接続図
（5）製造者名またはその略号あるいは商号　（6）製造年月

5　製品の呼び方　呼び方は名称、種類による。

例：C形標準放送受信障害防止器 CRD—0.1

日本工業規格（案） JIS C6902—1956

F 形標準放送受信障害防止器

1. 総則

1.1 適用範囲　この規定は電気機械器具から発生する妨害波が配電線路に伝ぱんするのを防止する目的で、電気機械器具または屋内の低圧電路に主として外部取付をするF形防止器（以下防止器という）について規定する。

1.2 用語の意味　この規格の中で用いる主な用語の意味はつぎによる。

1.2.1 防止器　防止器とはコイル、コンデンサ、ヒユーズなどの全部または1部で構成され、電気機械器具の使用中に発生する妨害波が配電線路に伝ぱんするのを防止するために使用するものをいう。

1.2.2 妨害波　妨害波とは電気機械器具の使用中に副次的に発生する妨害性高周波電流をいい、この規格では妨害性高周波電流の発生源に近接する標準放送受信機に受信障害をおよぼす高周波電流をさす。

1.2.3 標準放送受信機　標準放送受信機とは周波数 535 kc から 1605 kc の範囲の放送を受信する受信機をいう。

1.3 種類　防止器はつぎの11種類を標準とする。

FA—1	FA—10	FB—1
FA—2	FA—20	FB—2
FA—3	FA—30	FB—3
FA—5		FB—5

ここに　F……フイルタ
A、Bの文字……接続方式による区別（図1参照）
末尾の数値……電流容量（A）

なお、FA—1～FA—5においてコンデンサの挿入位置を示す必要のあるものに対しては電流容量を示す数値の次に妨害波を発生する機器側にコンデンサがある場合はA，コイルがある場合はBの符号を付けて区別することができる。

1.4 定格電圧　防止器の定格電圧は交流 100V または 200V を標準とする。

1.5 定格周波数　防止器の定格周波数は 50 c/s または 60 c/s およびその共用とする。

1.6 許容過電圧　防止器は定格周波数で定格電圧の 115% の電圧で連続使用して実用上さしつかえないものでなければならない。

2. 構造

2.1 構造一般　良質の材料を使い丈夫な構造でつぎの各号に適合しなければならない。

（1）防止器はコイル、コンデンサ、ヒユーズなどを良質絶縁性底板に組立て金属製覆で覆つたものまたは1つの金属箱或いは絶縁性箱内に組立てたものであること。

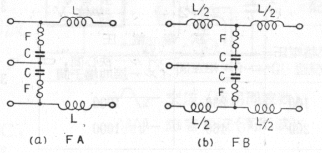
（2）金属製覆および金属箱は容易に変形しないものを用い、鉄製などのものでは完全にサビ止メをほどこし、また、絶縁性箱は十分耐久力のあるものであること。

（3）導電金具や取付金具は容易にゆるみを生じない方法で取付けること。

（4）金属製覆で覆うものおよび金属箱内におさめたものでは引出線の貫通部は絶縁性ブツシングを用い。充電部相互間および充電部と金属製覆または金属箱との間は十分な絶縁距離をたもつこと。

（5）接続端子を内蔵するものにおいては接続に便なるよう覆のとりはずしが容易なること。

（6）コイルは磁心または空心のものであつてそのインダクタンスの値は表1のとおりとする。なお両コイルは相互誘導がプラスになるように接続するものとする。



F図 1

（7）磁心には JIS C2511 に規定するケイ素鋼板（または同等以上）または圧粉磁心を用いるものとする。

（8）防止器に使用するコンデンサおよびヒユーズは JIS C6901（C形標準放送受信障害防止器）に規定するCS—0.1形またはその素子を使用するものとする。

1 表

	L（mH）
FA—1 FB—1	1
FA—2 FB—2	1
FA—3 FB—3	1
FA—5 FB—5	1
FA—10	0.7
FA—20	0.5
FA—30	0.5

2.2 端子　端子はつぎの各号による。

（1）防止器に引出端子および接地用端子を用いる場合は端子は黄銅製または銅製で接続線の心線を確実に接続しうるものでなければならない。

（2）防止器（電流容量 5A 以下のもの）に引出線および接地用引出線を用いる場合は JIS C3306（器具用ビニールコード）に規定するビニールコードまたはこれと同等以上のものを用いその太さは 0.75 mm² 以上。その長サはそれぞれ 20 cm（有効長）を標準とする。また JIS C8303（さし込み接続器）に規定する2極さし込み接続器、またはこれと同等以上のコネクタを使用し引出線の長さは 2m（有効長）を標準とする。

（3）防止器にさし込み刃受口をそなえる場合にはその寸法は、JIS C8303 に規定する2極さし込み接続器刃受孔によるものとしまたコネクタをそなえる場合には十分絶縁性のあるものを使用しなければならない。

2.3 防止器の接続方式　防止器の接続方式は図1を標準とする。

3. 試験

3.1 試験　防止器の試験は 3.2 に示す試験状況でつぎに示す試験項目について試験しいずれも規定に適合しなければならない。ただし受渡当事者間の協定によりその1部の試験項目を省略する

ことができる。

（1） 構造検査
（2） インダクタンス試験
（3） 容量試験
（4） 絶縁抵抗試験
（5） 絶縁耐力試験
（6） 温度試験
（7） 耐湿試験
（8） 騒音試験

3.2 試験状況　標準試験状況は温度 20°C 湿度 65% とする。ただし温度 5～35°C、湿度40～85%の範囲内にあるときはこれを標準試験状況とみなす。

3.3 構造検査　2の構造、4の表示について検査する。

3.4 インダクタンス試験　コイルのインダクタンスは交流ブリッジ法により測定する。インダクタンスの許容差は ±10% 以下とする。

3.5 容量試験　交流ブリッジ法その他適当な方法により正弦波に近い波形の電圧で測定し、容量許容差は ±10% とする。

3.6 絶縁抵抗試験　防止器のコイル互相間鉄心・箱間および接地端子間の絶縁抵抗は直流500Vで測定し 50MΩ 以上とする。

3.7 絶縁耐力試験　防止器のコイル相互間鉄心・箱間および接地端子間に周波数 50 c/s または 60 c/s の正弦波に近い波形をもつ表2の試験電圧を加え1分間これに耐えなければならない。

電圧の加圧方法は最初試験電圧の1/2以下の電圧を加え、以後試験電圧値まで電圧計にてその時々の値がよみとれる範囲でできるだけすみやかに上昇させ試験電圧値に達したのち1分間連続加圧するものとする。

表 2　単位 V

定格電圧	試験電圧	
	コイル相互間	コイル―鉄心間、コイル―接地端子間
100	230	1000
200	460	1000

3.8 温度試験　防止器に定格周波数で定格電流を加え、各部の温度がほぼ一定になつたときコイルの温度上昇を温度計法により測定し、その温度上昇は 40 deg 以下でなければならない。

3.9 耐湿試験　温度 40°C 湿度 90% 以上に6時間以上たもつたのち 3.5 の規定に合格し、また絶縁抵抗は 20MΩ 以上でなければならない。

3.10 騒音試験　防止器に定格周波数、定格電圧で定格電流を加えたとき防止器から生じる騒音は 2m 離れて 20 ホン以下でなければならない。

4 表示　防止器には箱の見やすいところにつぎの事項を容易に消えないように表示しなければならない。ただし表示困難なものについては（4）は省略してもよい。

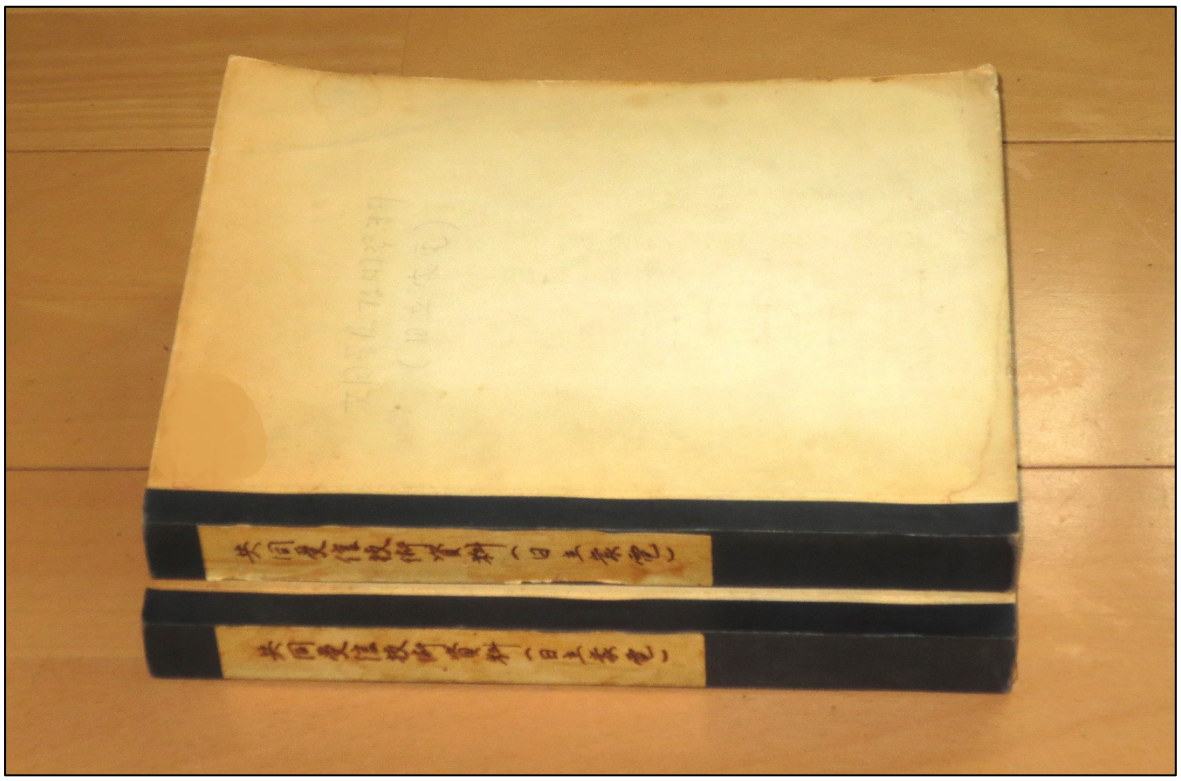
（1） 名称、またはその略称
（2） 種類
（3） 定格電圧（V）
（4） 定格電流（A）
（5） 内部接続図
（6） 製造者名またはその略号あるいは商号
（7） 製造年月

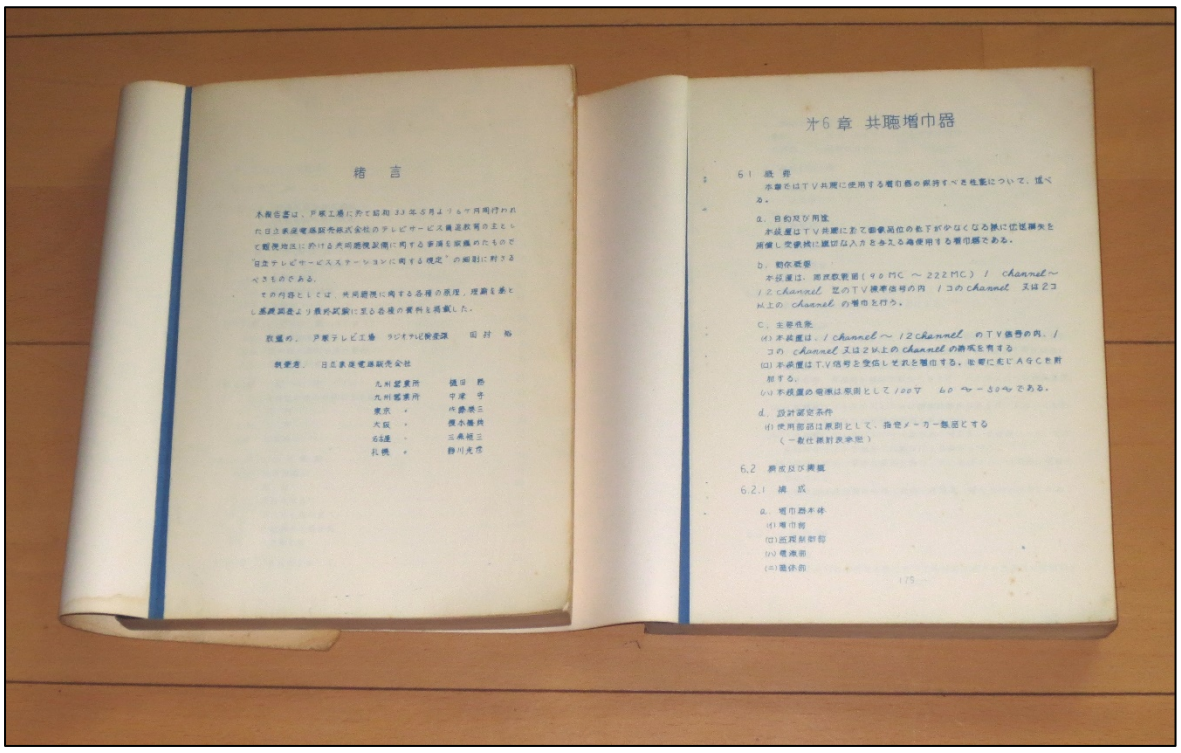
5 製品の呼び方　呼び方は名称、種類による。

例： F形標準放送受信障害防止器　FA－3 または FA－3A

1958 年（昭和 33）テレビ共同聴視について(日立家電)

（上巻:B5,p178,下巻:p131）（青焼きの為、長期保存で薄くなっている。）





緒　言

第6章　共聴増巾器

緒　言

本報告書は、戸塚工場に於て昭和33年5月より6ヶ月間行われた日立家庭電器販売株式会社のテレビサービス員追教育の主として難視地区に於ける共同聴視設備に関する事項を取纏めたもので〝日立テレビサービスステーションに関する規定〟の細則に附さるべきものである.

その内容としては、共同聴視に関する各種の原理，理論を基とし基礎調査より最終試験に至る各種の資料を掲載した.

取纏め.　戸塚テレビ工場　ラジオテレビ検査課　田村　裕

執筆者.　日立家庭電器販売会社

九州営業所	福田　勝
九州営業所	中津　守
東京　〃	佐藤栄三
大阪　〃	榎本徳典
名古屋　〃	三森恒三
札幌　〃	静川克彦

—— 目　次 ——

テレビジョン共同聴視について …… 1

第１章　調　査 …… 2

1.1　経済的諸事項の調査 …… 2
1.2　技術的諸事項の調査 …… 4
1.3　土地使用等に関する調査 …… 8

第２章　回線設計 …… 9

2.1　二三の基本的事項の考察 …… 9
2.2　回線設計法 …… 13
2.3　回線設計仕様書 …… 17
2.4　見積について …… 18

第３章　空中線（その１） …… 20

3.1　空中線選定条件 …… 20
3.2　空中線の組合せ及び整合 …… 26
3.3　空中線仕様書 …… 39

第４章　空中線（その２ …… 42

4.1　受信空中線の支持柱設計及び選定 …… 42
4.2　材　料 …… 54
4.3　工　事 …… 66
4.4　避雷器 …… 82

第５章　伝送線路 …… 88

5.1　伝送線路 …… 88
5.2　接　栓 …… 100
5.3　表面波伝送 …… 113
5.4　平行二本線伝送 …… 126
5.5　分配器及び整合器 …… 147
5.6　伝送線工事 …… 171

第６章　共聴増巾器 …… 179

6.1 概　要 …… 179
6.2 構成及び機構 …… 179
6.3 一般仕様書 …… 180
6.4 電気的性能 …… 182
6.5 試験及び検査 …… 184
6.6 包　装 …… 186
6.7 増巾器の設置 …… 194

第7章　試　験 …… 201
7.1 測定器の規格 …… 201
7.2 測定項目及び内容 …… 204

第8章　関係法規 …… 212
8.1 関係の対象 …… 212
8.2 届出及び報告 …… 213

附　録
§1 テレビ空中線試験法 …… 1
§2 空中線構造強度耐候並びに
機械的強度試験 …… 22
§3 SMITH　CHART …… 31
§4 支線式柱の基礎計算 …… 50
§5 パンザーマスト　一覧表 …… 57
§6 鉄電線共同装置に就いて …… 85
§7 テレビ共同受信用、テレビ
電源分波器 …… 98
§8 TV平行二本線路の支持碍子
の特性 …… 110
§9 電　柱 …… 120

テレビの共同聴視について

共同聴視とは一仞のアンテナで受信した信号を数仞の聴視者の受信機に分配してテレビの放送を受信するもので、難視地域で行うものと強電界地域で行うもののニつの場合がある.

前者の場合テレビを受信しようとする場所が放送局から非常に遠距離にあったり伝播路に山岳があったりして到来電波が非常に弱い時や雑音や他の放送電波の混入や塩害等の障害のある時等空中線設備に高価なものを使用せねばならず、又受信を希望する場所ではどうしても受信することができないが附近の山頂等で受信可能な場所で受信して、その場所まで伝送して聴視する場合等にはそれらに非常に大きい経費がかかりとても仞人では設置できないので、その地域で受信を希望するものが共同で設備を行い聴視するものである.

後者の場合はアパートや都会地のビル等で聴視者が仞々にアンテナを立てたのでは美観をそこなったり又その手間を省くために一仞のアンテナを共用したりあるいは附近の建物等によるゴーストや強い雑音を除去するために指向性の鋭い高級なアンテナを使用してこれを分配する場合等であるが技術的にも規模の点からも前者は後者より種々困難な問題を含んでおり、前者に関して十分な検討を行えば後者に関する考え方も明確にされるであろう。従って本書では主として難視地域の共同聴視に関して調査から計画、設置、保守に至るまで一通り記述し共聴を計画する場合の参考にしたい。

1958 年（昭和 33）頃　ノイズレスコイルについて（A4,p10）

（青焼きの為、長期保存で変色）

ノイズレスコイルについて

大阪中央放送局　受信機課

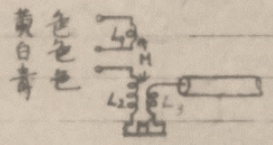
雑音防止はその発生源で防止するのが　あくまでも雑音防止の原則であるが　今日のように雑音源が受信機台数に比較して増加し　その防止措置が困難なとき、また　微弱電界において雑音のレベルを低下させることに莫大な経費と労力を要する場合には、受信機側においても何らかの防止措置を講ずることもやむを得ない処置であり。

この観点より　ラジオのアンテナ端子をアースして放送を受信するような安易な受信方法では　配電線に誘導している雑音をそのまま聴取するから不適当な方法であり、したがって正規の受信方法であるアンテナを屋外に立て　良質な放送波をキャッチして受信すれば　雑音が少なく明朗な放送を聴取できるのは当然である。

しかし　このアンテナでラジオの入力端子まで電波を導くとき屋内配電線や電光灯などから発生する雑音をアンテナ線がいろうは"元のもくあみ"になってしまうから　その部分だけ外部の影響を受けない　シールド線（あるいはケーブル）を使用すれば良いことになる。

この際　アンテナに誘起した電波を損失少なくシールド線に伝送するためには　アンテナとシールド線間にマッチングコイルを挿入すれば良いが　一般にラジオアンテナのインピーダンスは　長さ、高さ　あるいは放送周波数などにより異なり　テレビのように簡単に整合をとることは困難である。

したがって　放送波全域に対して損失が少なく、しかも特性がフラットなマッチングコイルを作ることは難しいが　シールド線の特性インピーダンスを50Ωとして次のようなマッチングコイルを製作した。（第1図）



$L_1 = 15\mu H$　　$M = 48.5\mu H$

$L_2 = 195\mu H$　　$M' = 79\mu H$

$L_3 = 50\mu H$

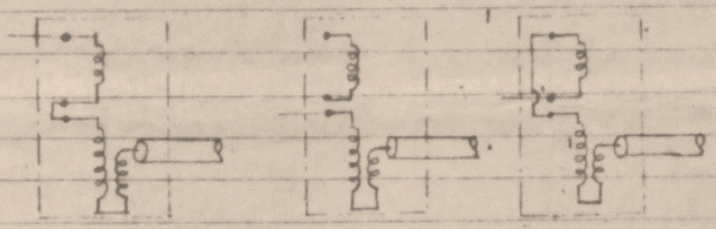
第1図

DIRECT COPY SYSTEMS

2

(2)

このコイルの1次側に第2図のABCのようにリード線をつなぎかえることによってそのインピーダンスを色々と変換することができるから使用する場合はアンテナのインピーダンスとよく整合するように適当な端子をもちいなければならない。

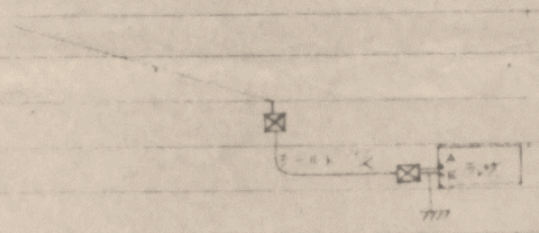


$L_a = L_1 + L_2 + 2M$	$L_a = L_2$	$L_a = L_1 + L_2 - 2M$
$= 307\,\mu H$	$= 195\,\mu H$	$= 113\,\mu H$
インピーダンスレシオ	インピーダンスレシオ	インピーダンスレシオ
約 1500Ω : 50Ω	約 1000Ω : 50Ω	約 550Ω : 50Ω
A	B	C

第2図

さてマッチングコイルの特性試験は種々あるが、さしあたりマッチングコイルを使用したときとしない時の状態を比較してみた。試験方法ならびにその結果は別紙のとおりであるが、結論としてアンテナ長が12〜13m以内のときはAの結線、それ以上20m位まではBの結線、20m以上のアンテナではCのように結線して使用するとマッチングコイルを使用しないときに比較してラジオの周波数帯域に於て(12±5)dbほど利得がある。したがってシールド線の両端にマッチングコイルを2個使用すれば(24±10)dbほど改善されることになる。

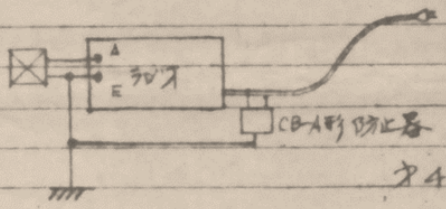
なお実際の使用法は第3図のとおりであるが、アースが完全であれば電灯線から伝わって来る雑音はすべてアースに流れてラジオのアンテナコイルに流れないが、実際アース抵抗が零となるようなアース工事は取れないので電灯線が



第3図

A4×100
DIRECT COPY SYSTEMS

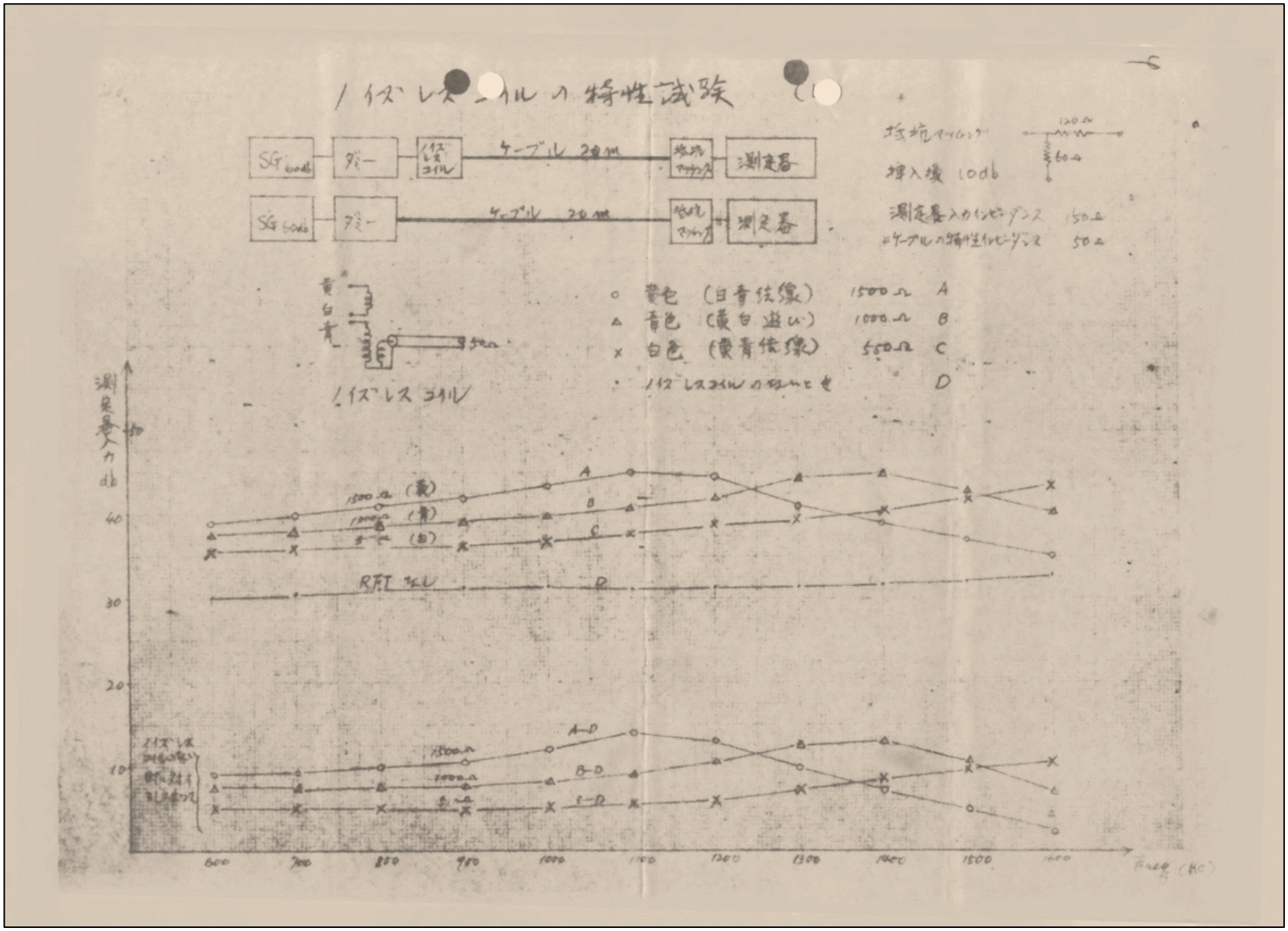
ら到来する雑音が多少ラジオのアンテナコイルに流入するようになる。そこでこの雑音を防止するため第4図のようにCB-A形防止器をラジオの電源側に併用しなければならない。

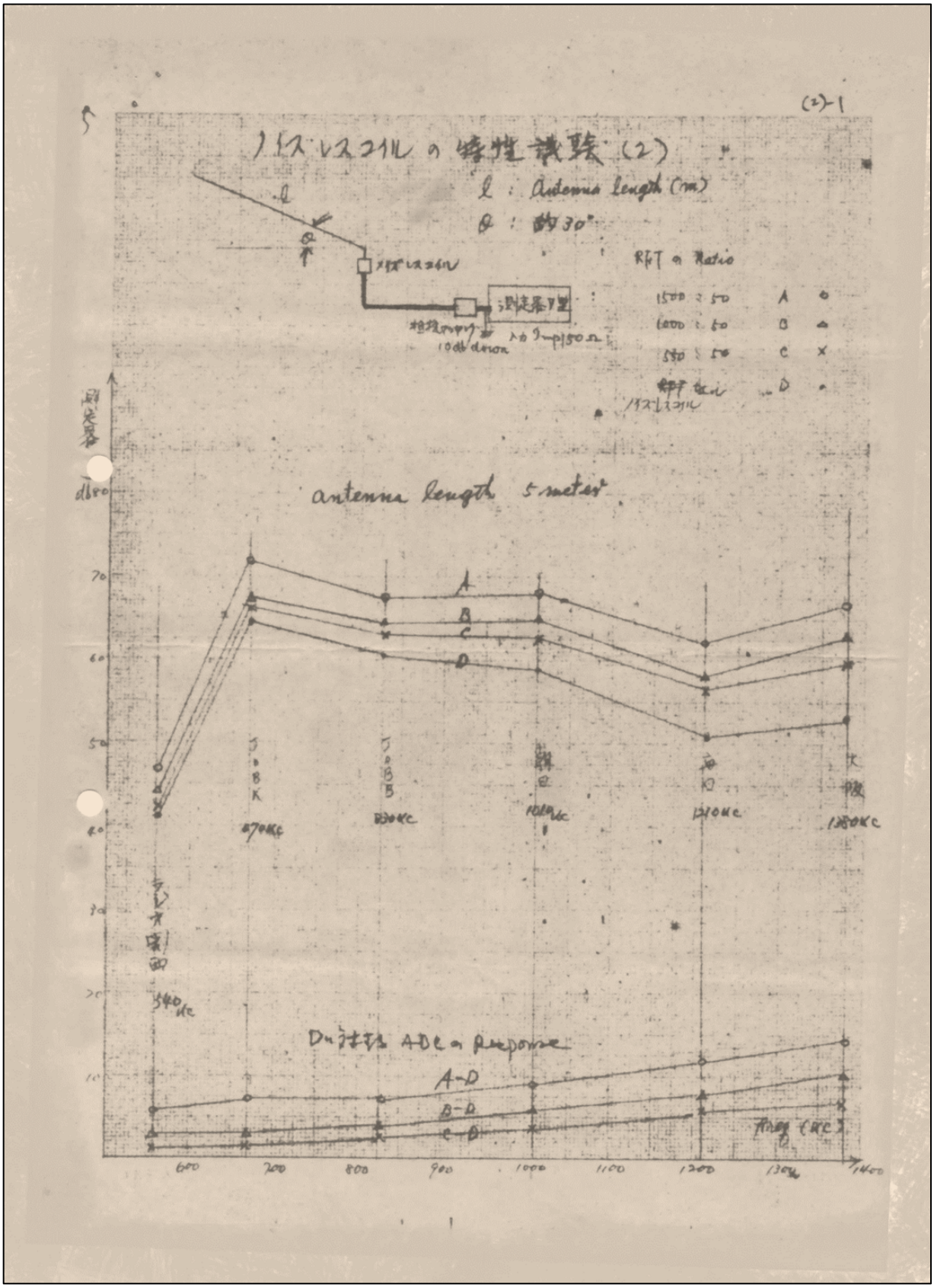


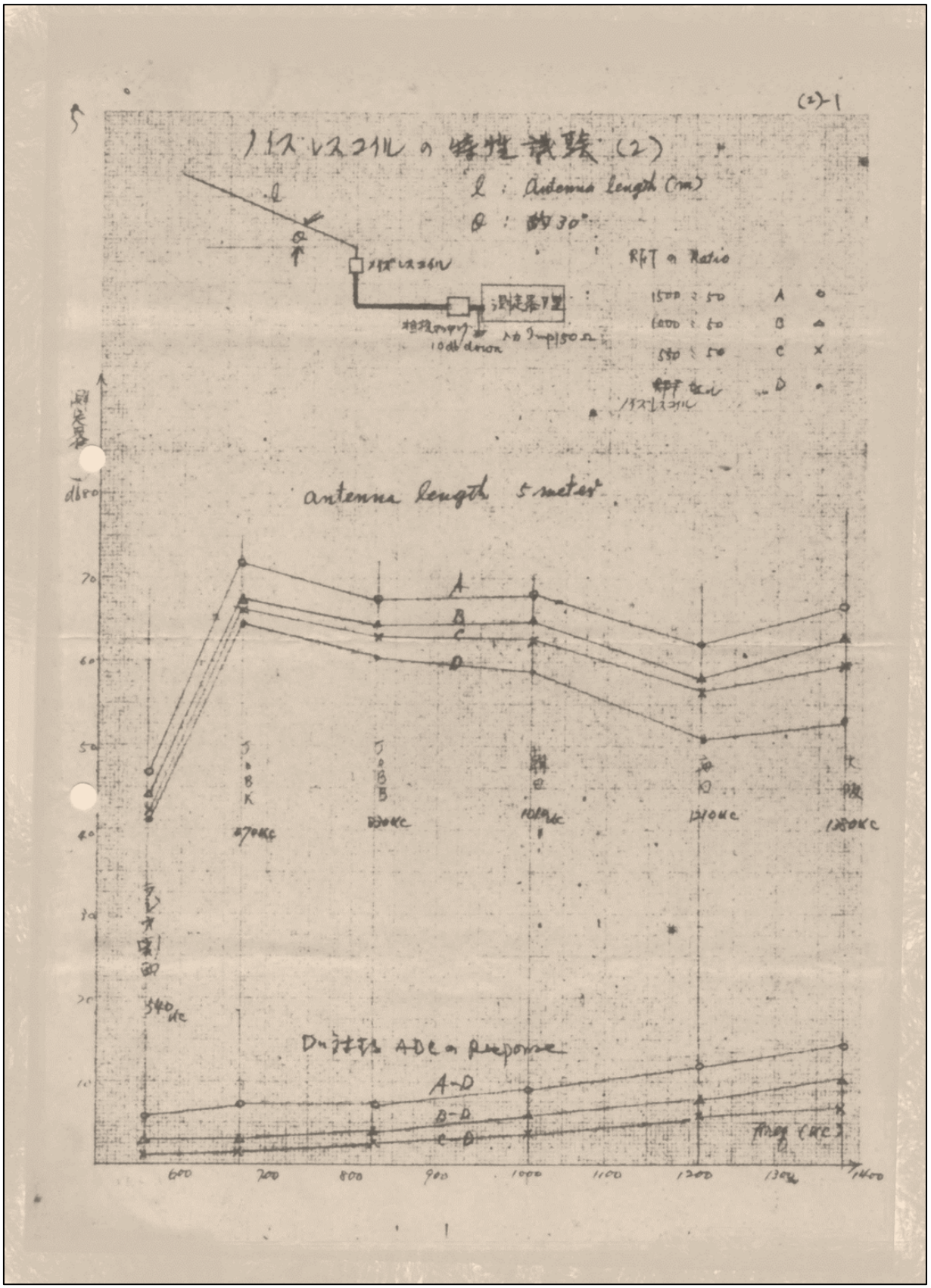
第4図

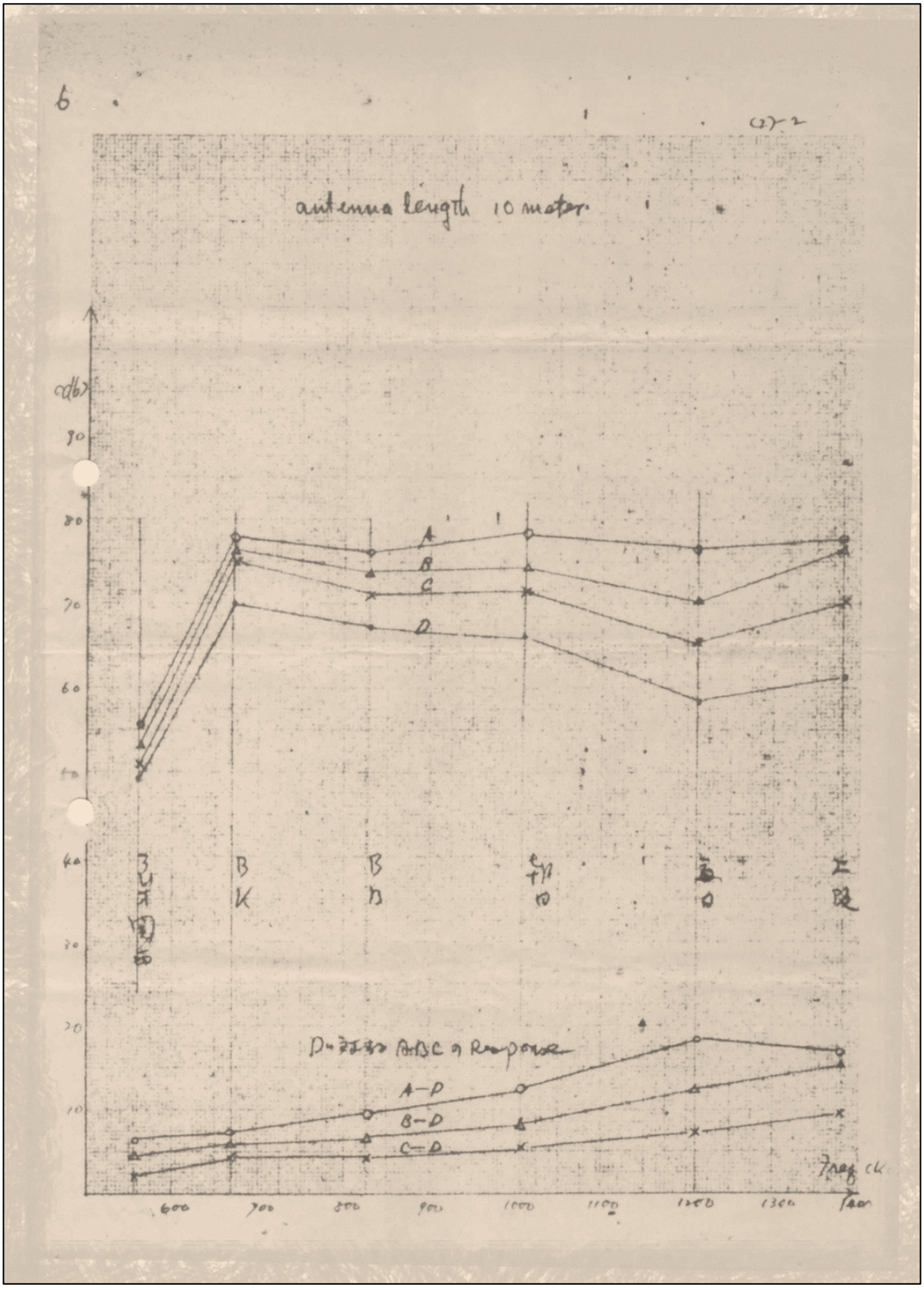
このマッチングコイルは レール1線の両端に必ずしも2個使用しなくてどちらか1方に1個だけ使用しても相当の効果があります 経年変化も少なく1度設置すれば破損しない限り相当長年月使用に堪えるものである。このコイルを一般に普及させるため マッチングコイルという名称では多少一般受けしないと考え "ノイズレスコイル" と称して普及させ好評を得ている。

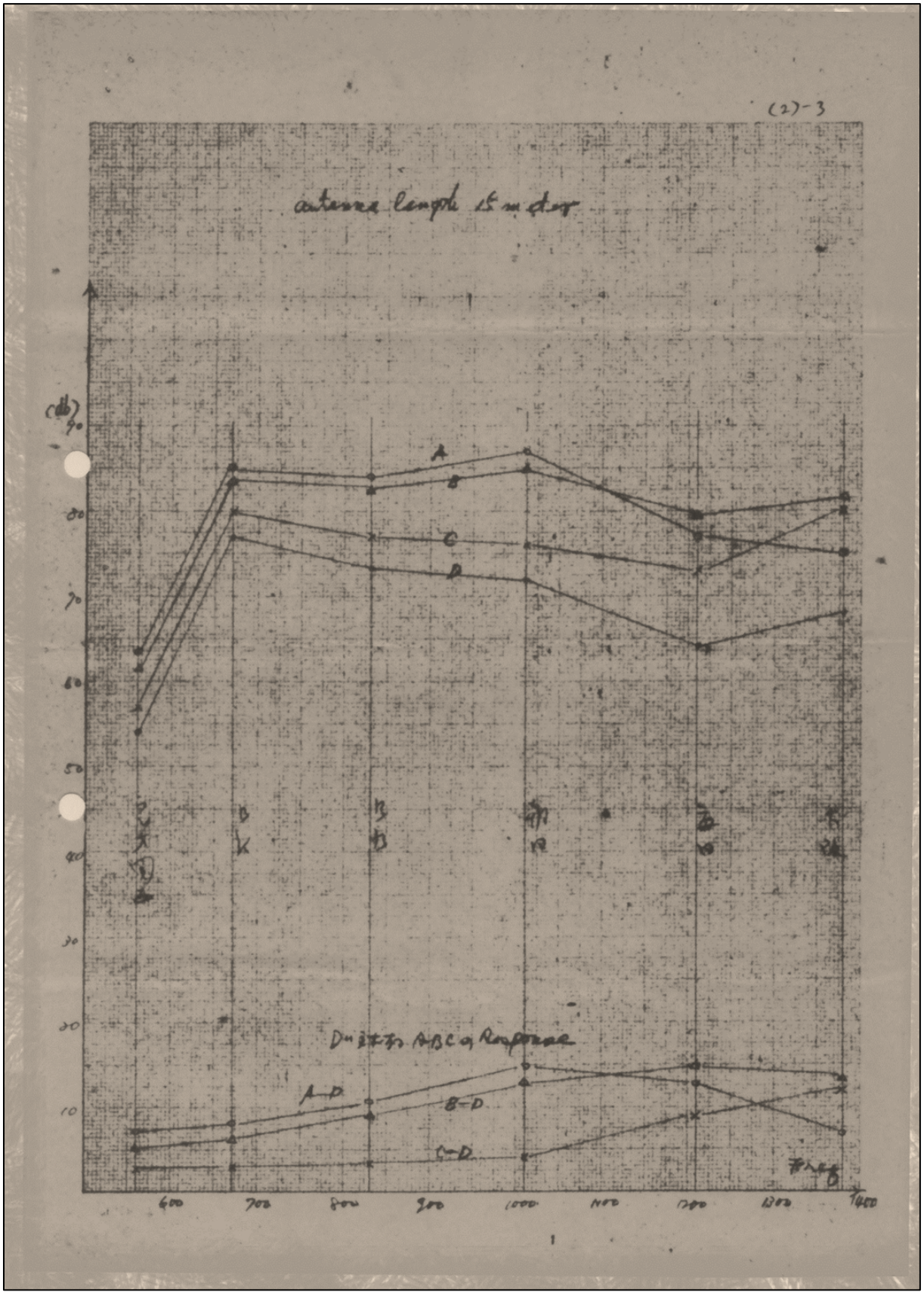
A4×100
DIRECT COPY SYSTEMS


ノイズレスコイルの特性試験
SG 60db
ダミー
ノイズレスコイル
ケーブル 20m
抵抗マッチング
測定器
抵抗マッチング
挿入機 10db
測定器入力インピーダンス 150Ω
ケーブルの特性インピーダンス 50Ω
黄白青
50Ω
ノイズレスコイル
○ 黄色 (白青結線) 1500Ω A
△ 青色 (黄白遊び) 1000Ω B
× 白色 (黄青結線) 550Ω C
・ ノイズレスコイルのないとき D
測定器入力 db
RFT なし
A-D
B-D
C-D
Freq (KC)


(2)-1
ノイズレスコイルの特性試験 (2)
l : Antenna length (m)
θ : 約30°
RFT の Ratio
1500 : 50 A
1000 : 50 B
550 : 50 C
ノイズレスコイル D
測定器
10db down
入力 Imp 150Ω
antenna length 5 meter
A
B
C
D
J O B K
J O B B
1010 kc
1210 kc
1380 kc
540 kc
Du 対する ABC の Response
A-D
B-D
C-D
Freq (kc)
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400


(2)-1
ノイズレスコイルの特性試験(2)
l : Antenna length (m)
θ : 約30°
ノイズレスコイル
測定器型
10db down
RFT の Ratio
1500 : 50 A
1000 : 50 B
550 : 50 C
D
antenna length 5 meter
A
B
C
D
70
60
50
40
30
20
10
540kc
1210kc
1380kc
Dの対数ADCのResponse
A-D
B-D
C-D
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400

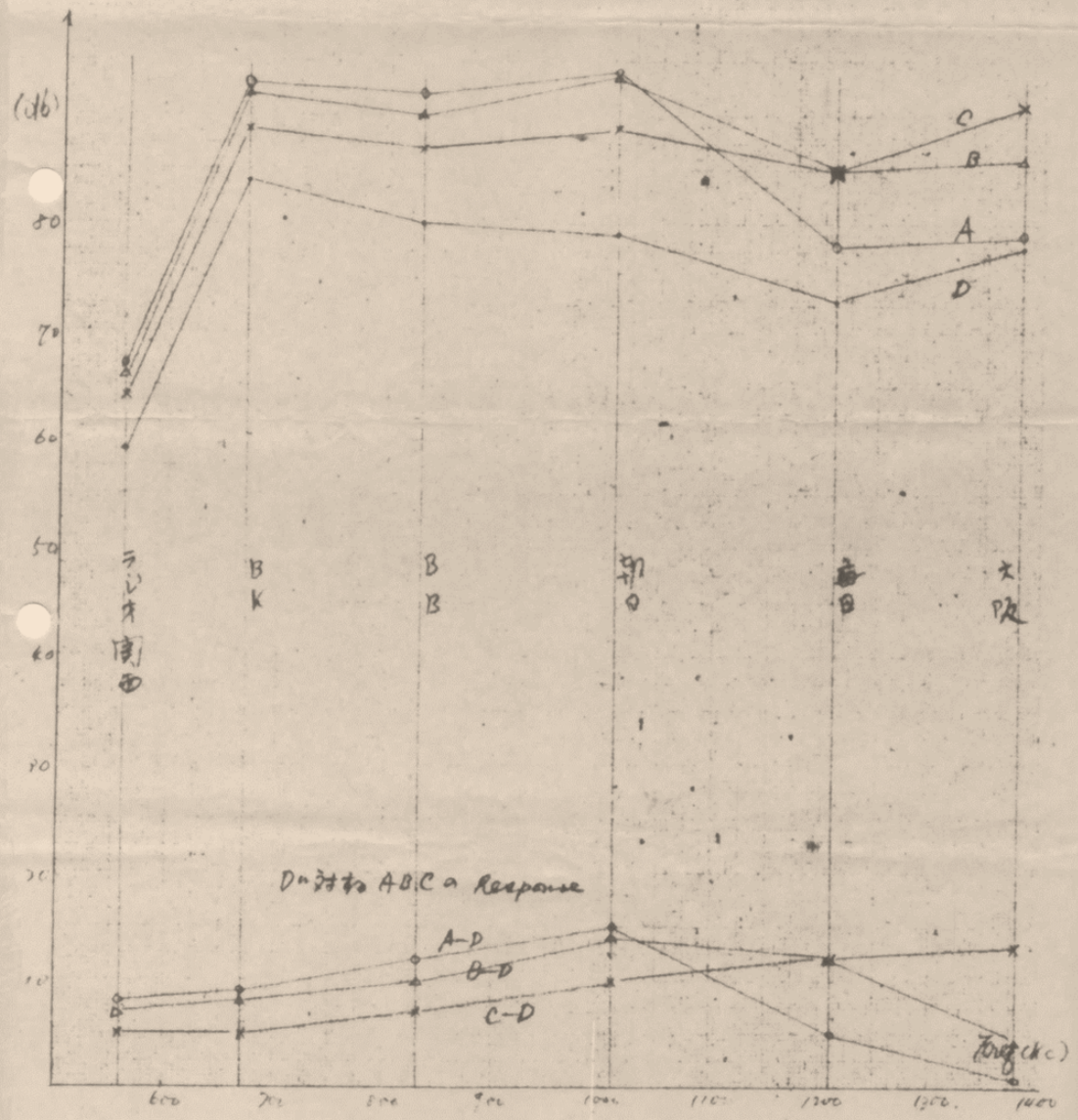

6
(2)-2
antenna length 10 meter
(db)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
A
B
C
D
A-D
B-D
C-D
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400


(2)-3
antenna length 15 meter
(db)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
A
B
C
D
A-D
B-D
C-D
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400

7

(2)-4

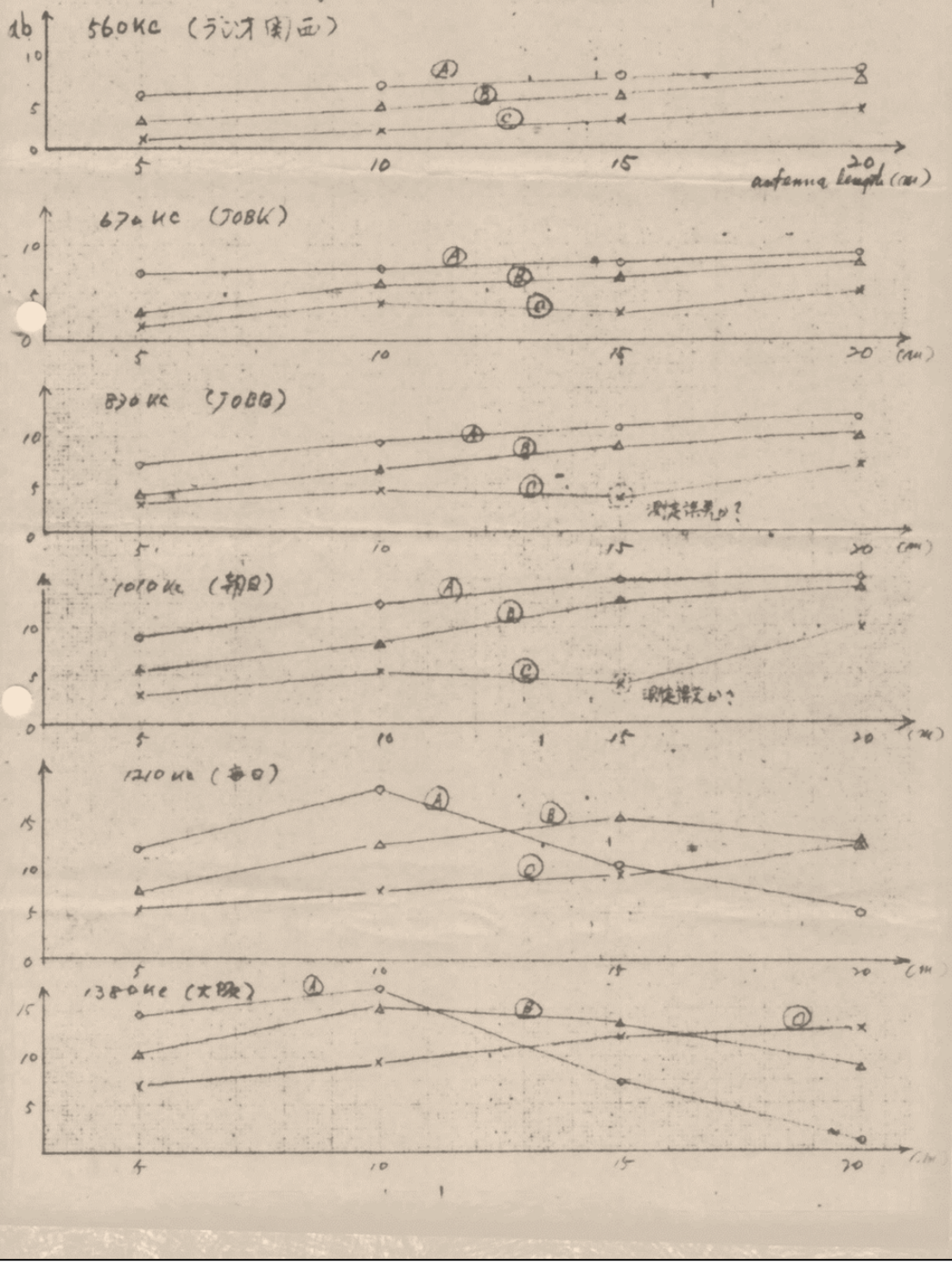
antenna length 20 meter



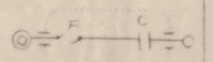
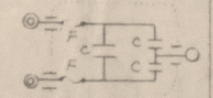
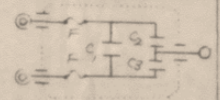
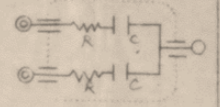
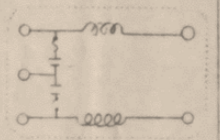
8

(2)-5

antenna length に対する 丸コイル(ABC) の Response



雑音防止措置説明書

型別 ＼ 項目	内部結線 ◎ 赤線（＋） ○ 黒線（－）	用途
CS－0.1	 C：0.1μF F：0.7Aタンステンヒューズ	蛍光灯（40W以下） タンガー充電器 整流子小型モーター 水銀整流器
CB－A	 C：0.067μF F：0.7Aタンステンヒューズ	蛍光灯（40W以上又は多連灯） [illegible]エンジン 反発起動型電動機 電気ドリル 電気バリカン ネオン表示灯
CB－B CB－C C2 C3 } 0.003μF	 C1：0.1μF C2, C3：0.005μF F：0.7Aタンステンヒューズ	電気ドリル 電気バリカン 電気ヤキサー
CRD－0.1	 C：0.1μF R：200Ω	ネオン表示灯 ウインカー
FA－（ ）型 （ ）内は数字で電流容量を示す		ネオン電源 フィルター 大型機器用

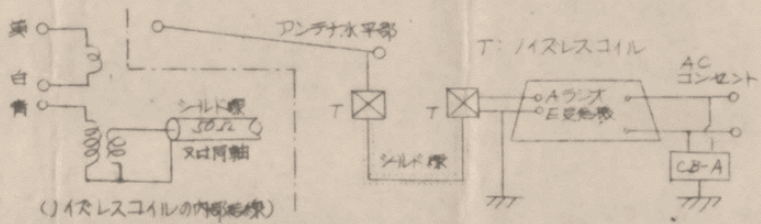
防止器 防止措置についての詳細はNHKにご相談下さい。

ノイズレス コイル（シールド引込用マッチンストランス）の取扱説明書

放送雑音防止は 雑音の発生側で防止するのが最も効果があるが、どのようにしても防止できないときは このノイズレスコイルを使って受信側で対策する。

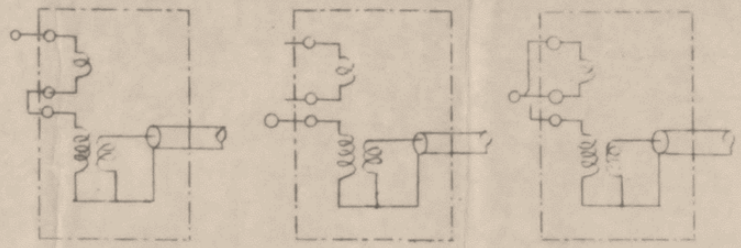
使用法 下図のように屋外アンテナを張り シールド線を使用しラジオに引込む。

屋外アンテナとシールド線 又はシールド線とラジオの整合にこのコイルを使用する。



（ノイズレスコイルの内部結線）

アンテナ水平長の異る場合の接続例



A 図
アンテナ長
12m～13mのときの結線
（Za≒1,500Ω）

B 図
アンテナ長
20m までのときの結線
（Za≒1,000Ω）

C 図
アンテナ長
20m以上のときの結線
（Za≒550Ω）

1960 年（昭和 35）頃　精密オフセットキャリアー方式

（取扱説明書の紙質から旧型と推定される）

CHT-10型 テレビ同一チャンネルトラップ

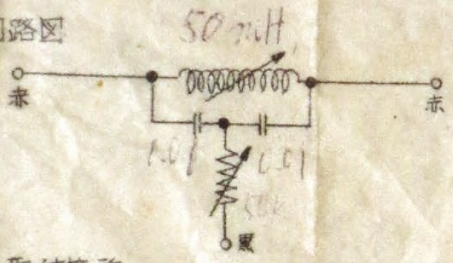
取 扱 説 明 書

(1) 同一チャンネルトラップ

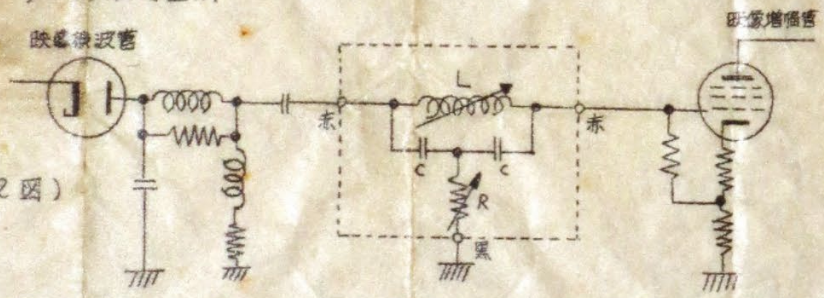
テレビ放送における近距離の同一チャンネルによる混信を軽減する為に之局の搬送波を10KC ずらす方法が現在用いられていますが、それでも尚混信の甚しい地域では約80本の縞模様のビート妨害が現れます。

同一チャンネルトラップはこのビートを除去するものです。

(2) トラップ回路図



(3) トラップの取付箇所



（第2図）

○リード線はなるべく短くなる様第2図の箇所へ挿入して下さい。

(4) トラップの調整法

○トラップの調整箇所は可変コイルのダストコアー及び可変抵抗であります。

○調整はダストコアーと可変抵抗を交互に、ビート縞が少なくなるように繰返し細かく調整します。

(5) 規 格

項　　目	規　　格
同波数可変範囲	10KC ± 2KC
減 衰 度	30 db
押 入 量	±1KCで1db以下

三春通信機器株式会社
東京都中央区銀座東3丁目1番地
電話（542）0585・0586

（取扱説明書の紙質から新型と推定される）

テレビ同一チャンネルトラップ

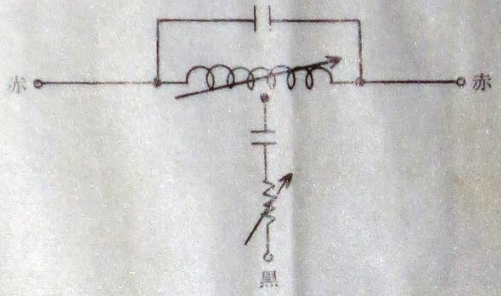
CHT—10型
CHT—20型

取扱説明書

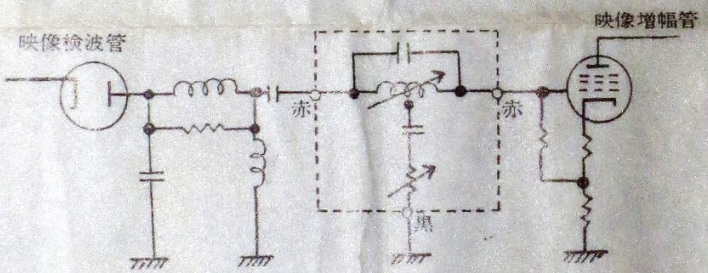
【1】同一チャンネルトラップ

テレビ放送に於ける近距離の同一チャンネルによる混信を軽減する為に2局の搬送波を10KC又は20KCずらす方法（精密オフセットキャリヤー方式）が現在用いられていますが，それでも尚混信の甚しい地域では横縞模様のビート妨害が現れます。同一チャンネルトラップはこのビートを除去するもので10KC用（CHT—10型）と20KC用（CHT—20型）の2機種があり，妨害局と希望局との周波数差に合ったものをご使用下さい。

【2】トラップ回路図



【3】 ラップの取付箇所 （下図の点線内に挿入して下さい）



【4】トラップの調整法

○ トラップの調整箇所は可変コイルのダストコアー及び可変抵抗であります。

○ 調整は可変コイル可変抵抗の順にビート縞が少なくなるように繰返し細かく調整します。

（注） ダストコアーの調整には調整用ドライバーをご使用下さい。

【5】性 能

項 目	規 格	
型 名	CHT－10型	CHT－20型
周波数可変範囲	10KC±1.5KC	20KC±1.5KC
減 衰 度	30dB	30dB
挿 入 損	±1KCで1dB以下	±1KCで1dB以下

三春通信機器株式会社

本社工場 鎌倉市岩瀬字平島1285番地
電話 鎌倉（0467）⑥5131（代）～5番
大阪出張所 大阪市大淀区長柄中通り1～24番地
電話 （928） 5467番

TV 同一チャンネルトラップ　CHT-10 型（三春通信機器株式会社）



TV 同一チャンネルトラップ　20kc 用（多加菱製作所）

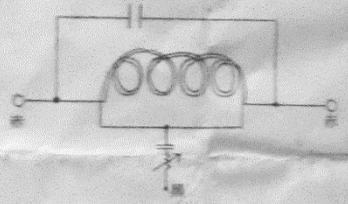


（多加菱製作所　取扱説明書）

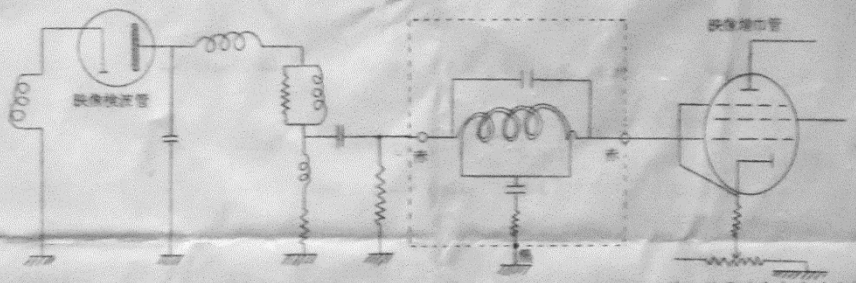
テレビ同一チャンネルトラップの取扱い説明書

テレビ同一チャンネルに対する混信を軽減する為、2波の搬送周波数を10KC又は20KCずらす方法が現在用いられていますが、混信の甚しい地域では、約200本の横縞模様のビート妨害が現われます。同一チャンネルトラップは、此のビートを除去するものです。

2. トラップの回路図



3. トラップの取付箇所



ソケット付のものは、ビデオ増巾真空管のソケットに挿し込みますと、ハンダ付の必要はありません尚、黒線のクリップはテレビシャーシーの任意の箇所にアースします。

4. トラップの調整法

調整には、トラップの調整箇所を可変コイル及び可変抵抗の順にビート縞が少くなる様に、交互に何回か細かく調整して下さい。

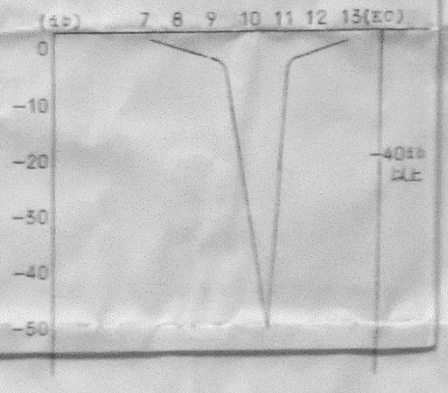
5. トラップの性能

1）周波数の可変範囲　10KCトラップは10KC±3KC
　　20KCトラップは20KC±5KC

2）減　衰　度　−40db以上

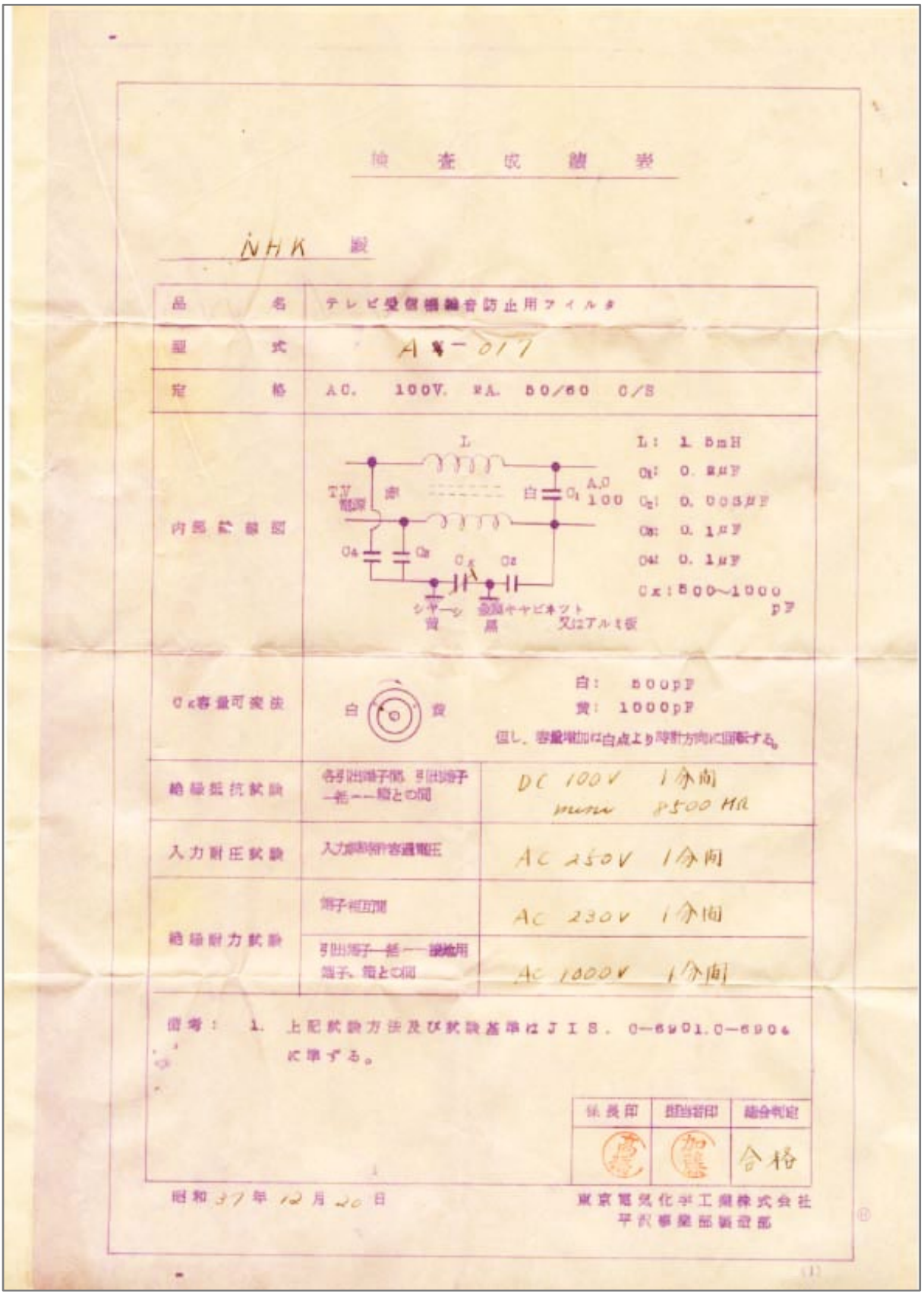
3）減衰変特性　10KCトラップの特性は右の通り

4）挿　入　損　10KCトラップは±1KCで1db
　　20KCトラップは±2KCで1db



東京都目黒区向原町270番地　株式会社 多加菱製作所　TEL(713)4657㊞

1962 年（昭和 37）頃テレビ受信機雑音防止用フィルタ（A017 型）



検査成績表

NHK 殿

品名	テレビ受信機雑音防止用フィルタ
型式	A 017
定格	AC. 100V. 2A. 50/60 C/S
内部結線図	L: 1.5mH C1: 0.2μF C2: 0.003μF C3: 0.1μF C4: 0.1μF Cx: 500~1000 pF
Cx容量可変法	白: 500pF 黄: 1000pF 但し、容量増加は白点より時計方向に回転する。
絶縁抵抗試験	各引出端子間、引出端子一括一一箱との間 — DC 100V 1分間 mini 8500 MΩ
入力耐圧試験	入力端子時許容通電圧 — AC 250V 1分間
絶縁耐力試験	端子相互間 — AC 230V 1分間
	引出端子一括一一接地用端子、箱との間 — AC 1000V 1分間

備考： 1. 上記試験方法及び試験基準はJIS. C-6901.C-6904に準ずる。

係長印	担当者印	総合判定
		合格

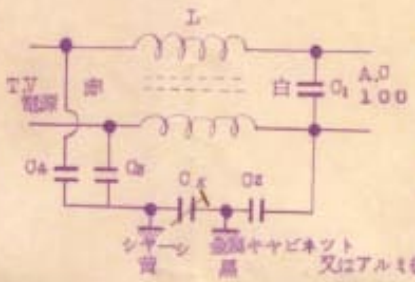
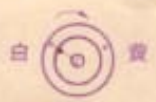
昭和 37 年 12 月 20 日

東京電気化学工業株式会社
平沢事業部製造部

（青焼きの為、長期保存で変色）

検査成績表

NHK 殿

品名	テレビ受信機雑音防止用フィルタ
型式	A[illegible]-017
定格	AC. 100V. 2A. 50/60 C/S
内部結線図	 L: 1.5mH C_1: 0.2μF C_2: 0.005μF C_3: 0.1μF C_4: 0.1μF Cx: 500～1000 pF
Cx容量可変法	 白: 500pF 黄: 1000pF 但し、容量増加は白点より時計方向に回転する。

絶縁抵抗試験	各引出端子間、引出端子一括——箱との間	DC 100V 1分間 mini 8500 MΩ
入力耐圧試験	入力端子時計容通電圧	AC 250V 1分間
絶縁耐力試験	端子相互間	AC 230V 1分間
	引出端子一括——接地用端子、箱との間	AC 1000V 1分間

備考： 1. 上記試験方法及び試験基準はJIS. C-6901.C-6904に準ずる。

係長印	担当者印	総合判定
[illegible]	[illegible]	合格

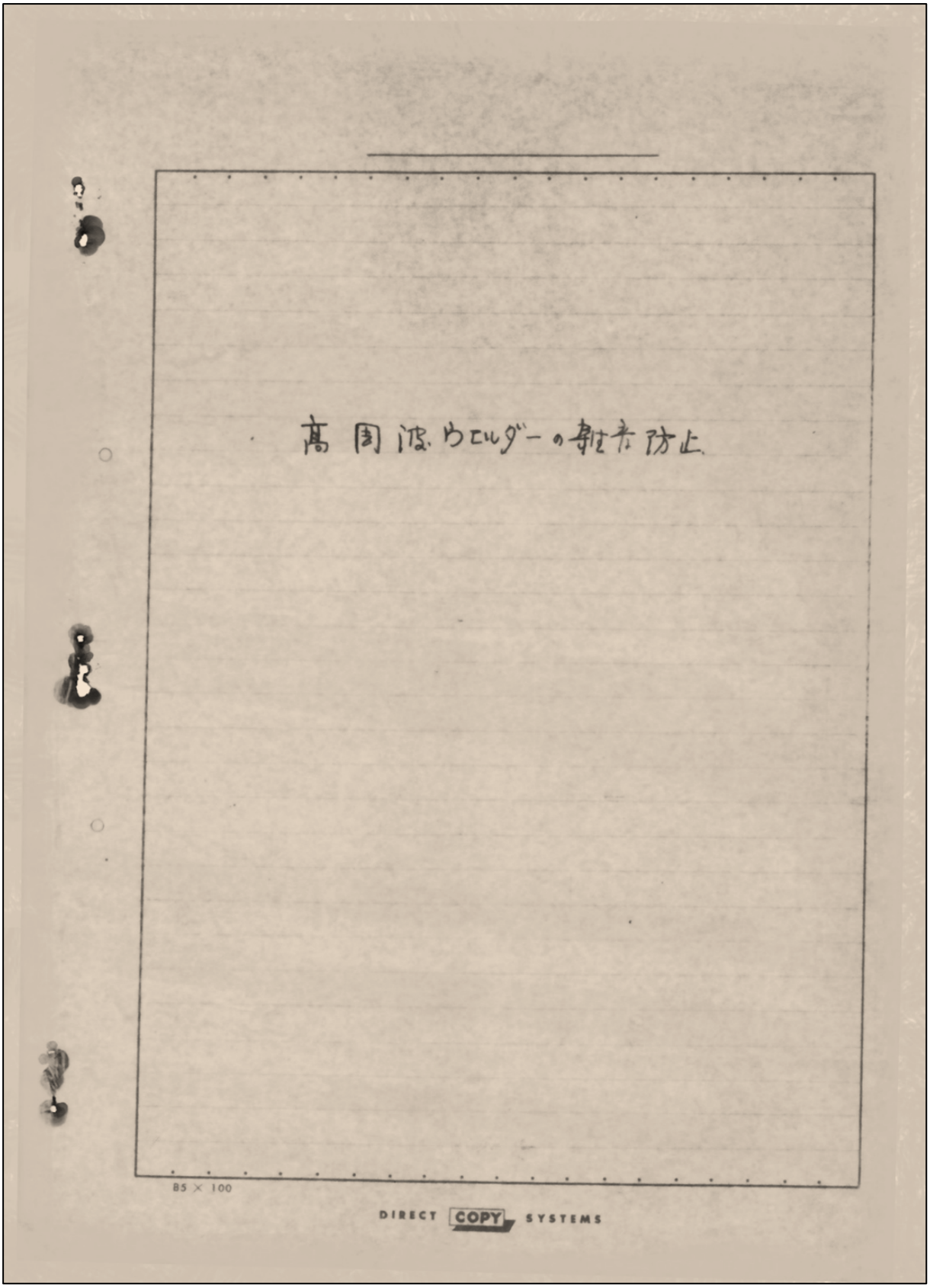
昭和37年12月20日

東京電気化学工業株式会社
平沢事業部製造部

(1)

1962 年（昭和 37）高周波ウェルダーの雑音防止（B5,p27）

（青焼きの為、長期保存で変色）



1. 高周波ウエルダー

塩化ビニール等の接着に使用される高周波ウエルダーは通常工業用周波数として割り当てられた 13.56MC, 27.12MC, 40.68MC を使用し

小出力のものは　主として 40.68MC（旧型は27.12MC）
中　〃　〃　27.12MC. 40.68MC
大　〃　〃　27.12MC. 13.56MC

（高周波ミシンは 40.68MC. 65MC を使用している）を使っている。

なお、この周波数においても輻射波強度は 無線設備規則 第65条により「工業用加熱設備は1600メートルの距離において 毎メートル 10 マイクロボルト以下」と規定されており かつ、周波数帯域も

13.56MC で ± 0.05%　　27.12MC で ± 0.6%
40.68MC で ± 0.05%　以内であるよう定められている。

なお 電波統計 37年4月号による 高周波利用設備統計のうち 工業用加熱装置は次のとおりで そのうち約 70～80% は高周波ウエルダーと思われる。

高周波利用設備設置状況

	工業用加熱装置数	工場数
関東	6.292	3.364
信越	202	115
東海	1.980	1.065
北陸	203	136
近畿	4.660	2.942
中国	394	191
四国	194	113
九州	304	184

B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

東北	410	136
北海道	88	66
計	15.722	9.301

また、テレビ雑音の調査依頼数は、つぎのとおりである。

	昭和36年		昭和37年	
	依頼数	ウエルダーによるもの	依頼数	ウロダーによるもの
東京	4197	1045(170)	4.171	697(54)
大阪	5.184	830(83)	3.752	626(30)
名古屋	2.408	348(67)	3.609	337(27)
広島	867	9(2)	1.575	41(7)
熊本	1.844	15(20)	3.117	79(24)
仙台	4.117	29(8)	6.207	54(10)
札幌	3.892	20(4)	5.066	8(1)
盛岡	309	14(3)	658	4(3)
計	22.889	2330(327)	32.704	1.446(155)

( )内は高周波ミシンによるもの

85 × 100

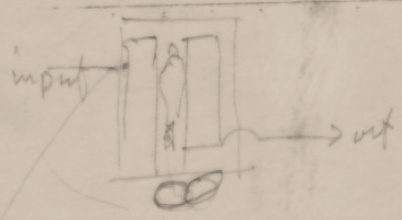
DIRECT COPY SYSTEMS

テレフンケン

4

高周波ウェルダーの配線図

(2) 半同軸型高周波

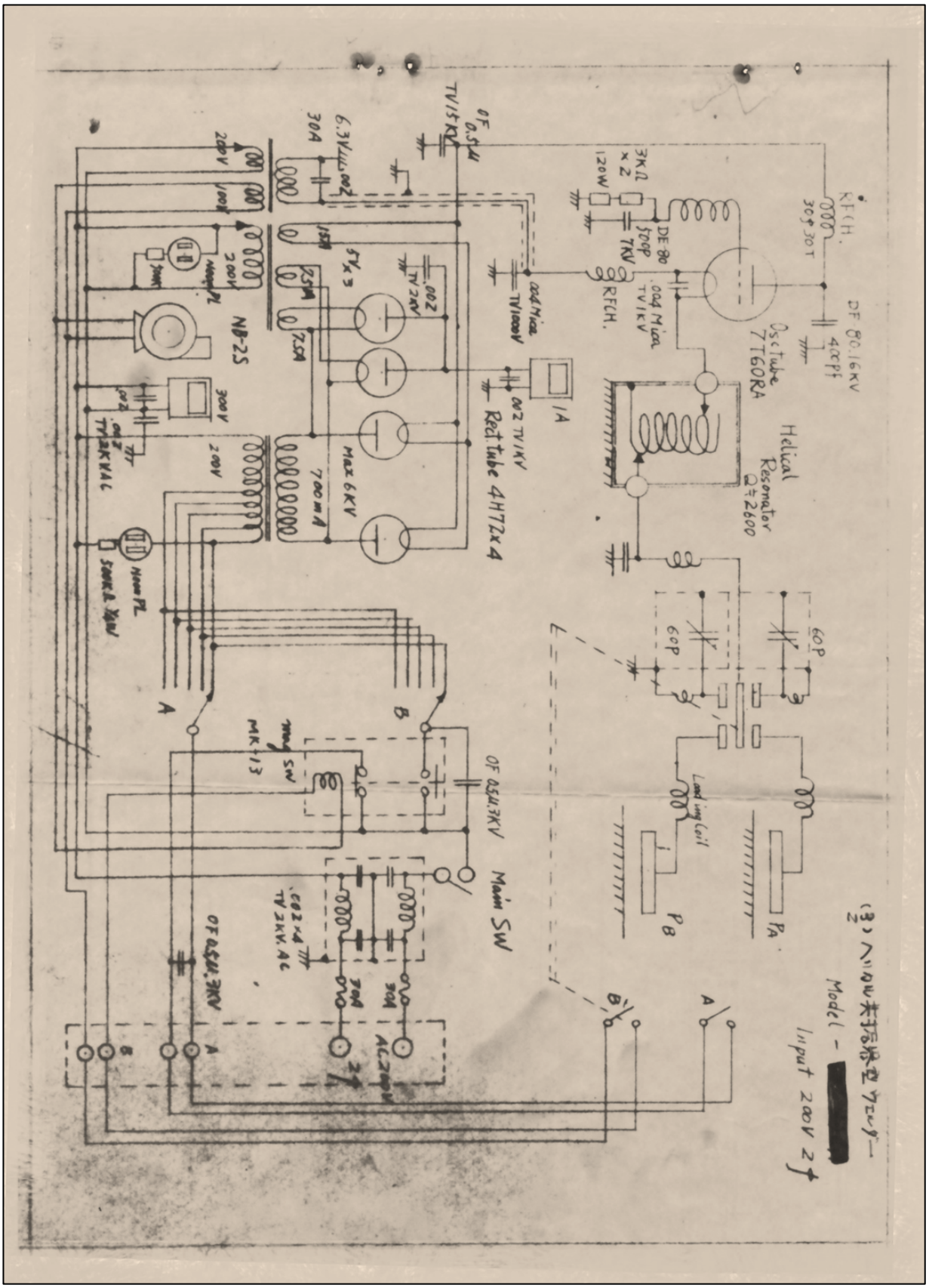




1KW ~ 10万円 —— 18万~20万

サイ 2.5万

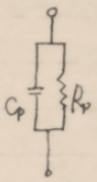
DIRECT COPY SYSTEMS


Osc tube 7T60RA
Helical Resonator Q≒2600
Rect. tube 4H72x4
Main SW
Loading Coil
NB-2S
RFCH.
DF 80.16KV
Model -
Input 200V 2φ

2. 高周波ウェルダーの受信障害

高周波ウェルダーの原料となる塩化ビニールは加工中の温度上昇ならびに電極間隔の変化に伴うほか、ビニール布中に含まれる配合剤、樹脂の重合度などで誘電率、誘電体損失等も変化し高周波インピーダンスが大きく変化する。

塩化ビニールの等価並列回路は



等価並列容量

$$C_p = \frac{\varepsilon A f \varepsilon A}{d} \times 10^{-2} \text{ (PF)}$$

等価並列抵抗

$$R_p = \frac{\lambda \cdot d}{f A \varepsilon \tan\delta} \times 10^{12} \text{ (Ω)}$$

ε：誘電率　　A：電極面積 cm^2

$\tan\delta$：誘電物率　　d：電極間隔 cm

$\varepsilon\tan\delta$：損失係数　　f：周波数 MC

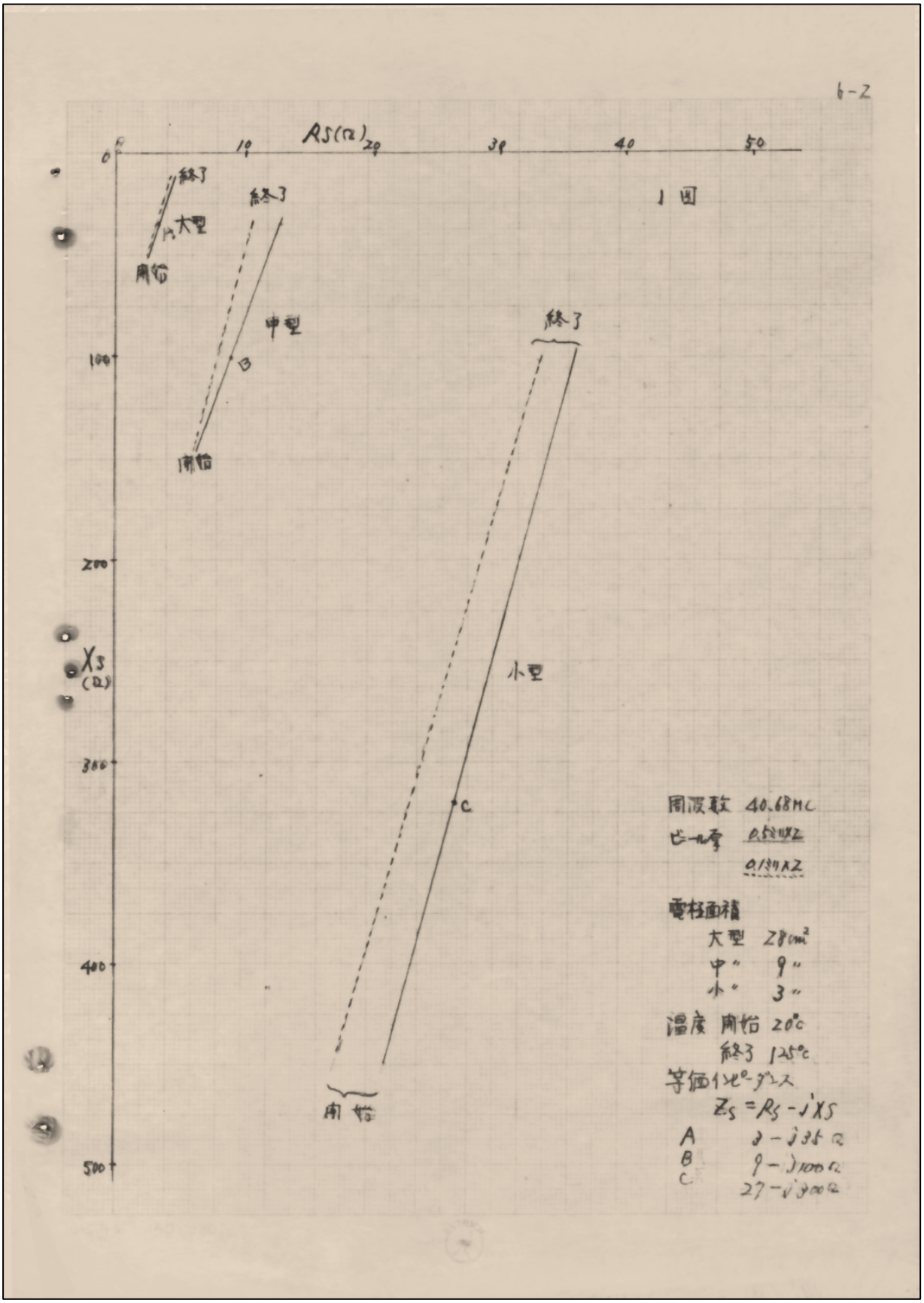
いま $f = 40.68$MC 厚さ0.01mmのビニール2枚を接着する場合

	温度	20°	90°	125°
	d (cm)	0.02	0.014	0.01
A cm^2	28	Cp (PF)	394	730	1510
		Rp (Ω)	227	36	7
	9	Cp (PF)	134	248	513
		Rp (Ω)	668	104	20
	3	Cp (PF)	43	80	164
		Rp (Ω)	2080	328	61

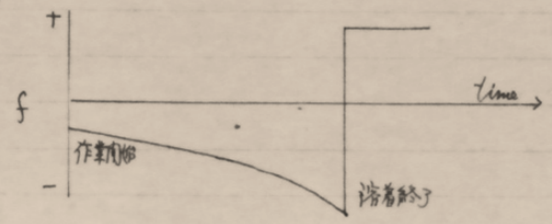
次図は接着加工時のインピーダンスである。

BS × 100

DIRECT COPY SYSTEMS

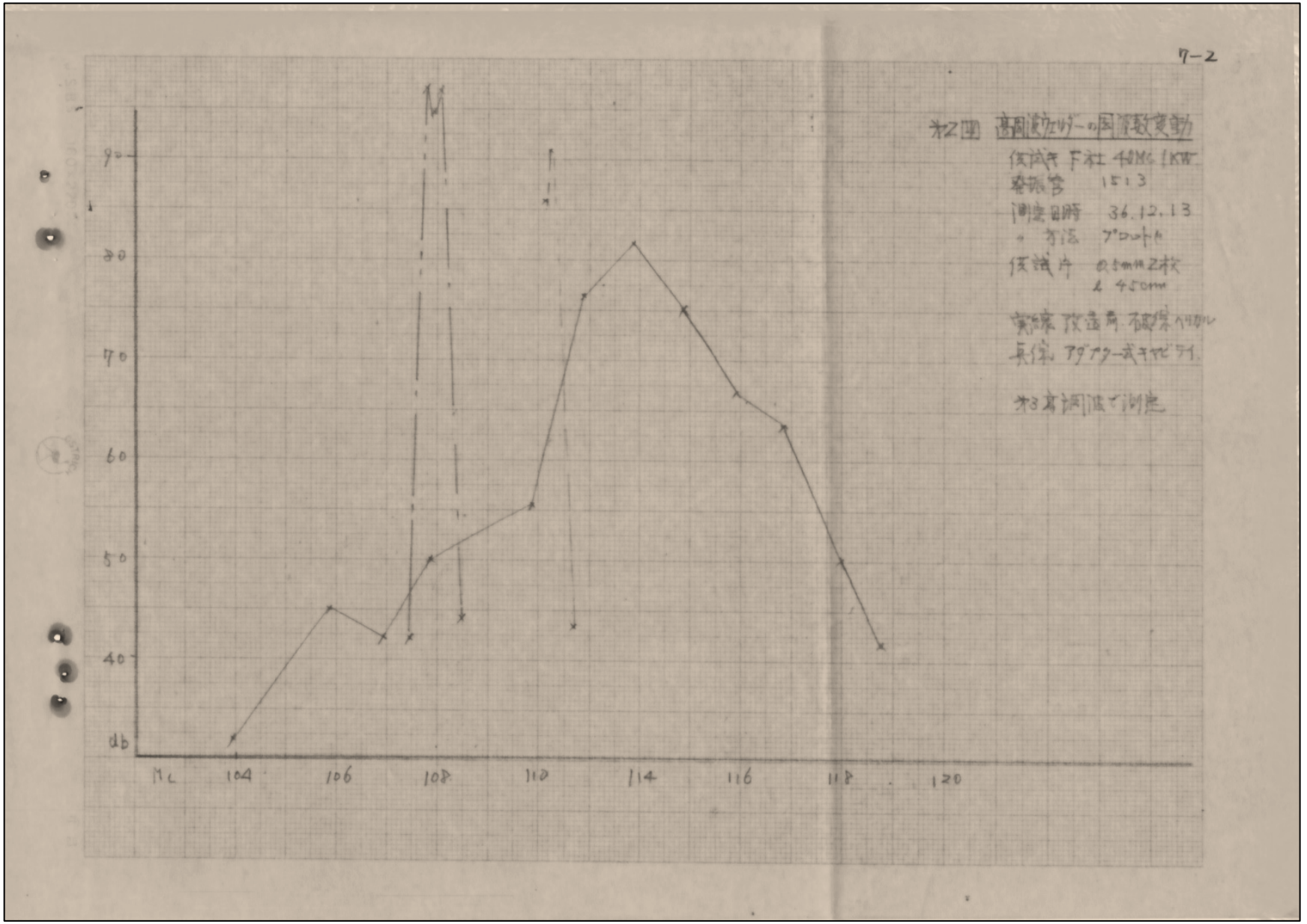

6-2
RS(Ω)
0
10
20
30
40
50
100
200
300
400
500
XS (Ω)
終了
大型
開始
終了
中型
開始
終了
小型
開始
A
B
C
1回
周波数 40.68MC
ビール管 0.53WZ
0.134WZ
電極面積
大型 28cm²
中〃 9〃
小〃 3〃
温度 開始 20°C
終了 125°C
等価イピーダンス
ZS = RS - jXS
A 3 - j38 Ω
B 9 - j100 Ω
C 27 - j300 Ω

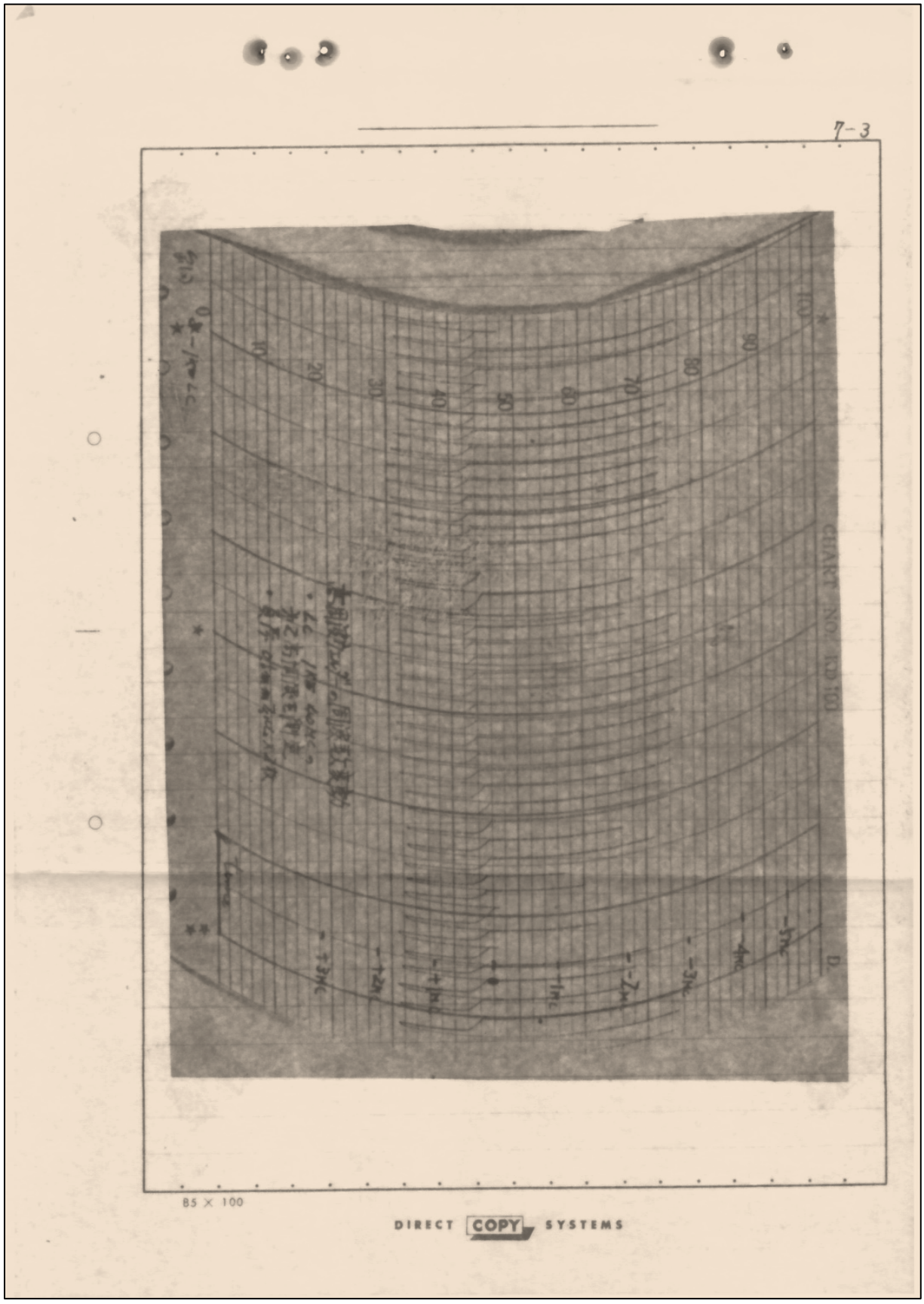
このように作業時間中のインピーダンスの変化が大きいため従来使用されているPG同調型ウエルダーは溶着時次のように周波数が変化する。

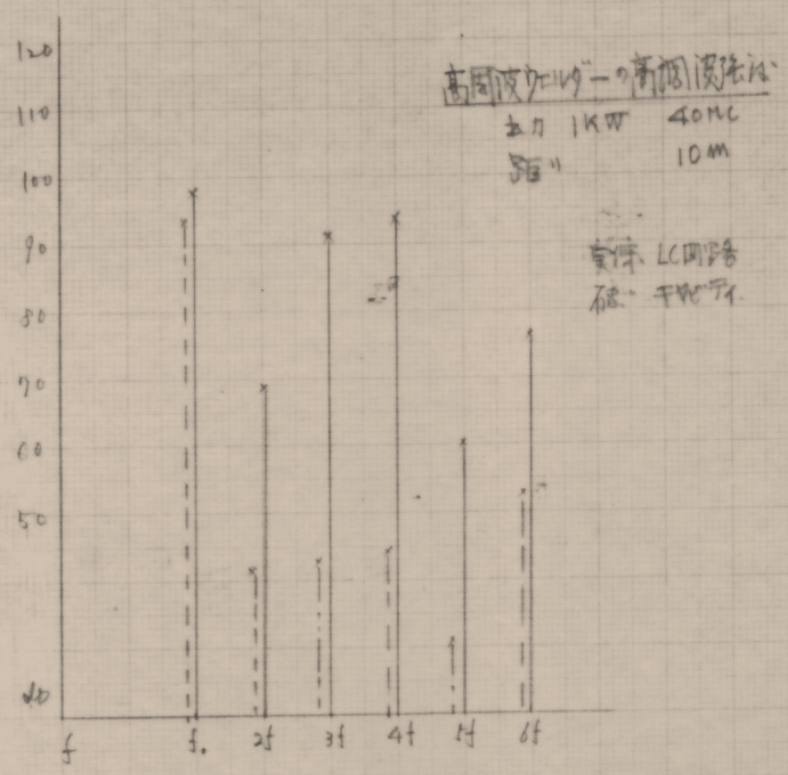


発振周波数が40.68MCの際はその第5高調波は溶着終了時に近いづくと8ch、溶着が終了し周波数が跳躍した際は10chに妨害をだすことになる。（実際は8chにも10chにも妨害を出す場合が多い）
試験片の大きさ、厚さによって周波数変動に差があるのは当然であるが、良く設計された機器でも1MC〜2MCにおよび1つのTV chには必ず妨害をおよぼすことになる。
つぎにその一例を示す。（第2図）

85 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS


7-2
第2図 高周波ウェリダーの周波数変動
仮試キ 下社 40Mc 1KW
発振管 1513
測定日時 36.12.13
〃 方法 プロットル
仮試片 0.5mm 2枚
l 450mm
実線 改造前 破線 ヘリカル
兵保 アダプター式キャビティ
第3高周波で測定
90
80
70
60
50
40
db
Mc
104
106
108
110
114
116
118
120


7-3
CHART NO. KD 100
85 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS


高周波ウェルダーの高調波強さ
出力 1KW 40MC
距り 10m
実際 LC回路
破 キャビティ
120
110
100
90
80
70
60
50
40
f
f.
2f
3f
4f
5f
6f

3. 高周波ウエルダーの障害防止法

(ア) 防止法

さきに示したとおり従来の高周波ウエルダーは、その作業時に周波数が変化するとともに、相当強い高調波を出している。従って高周波ウエルダーのテレビ障害防止としては、

i) 機器をしゃへい室内に収容して、不要輻射が外部にでないようにする。

ii) 高周波ウエルダーの出力回路に3波器を入れて、不要輻射を少なくする。

iii) 作業時の周波数変化を少なくし、高調波が放送のないチャンネルにのみはいるように調整して障害を除去する。

の3つの方法が考えられる。

(イ) 作業室をシールドする方法

作業室の妨害電波防止用しゃへい室工事実施の要領は、受信障害対策共協議会年報1958年版参考資料3に詳細に記載されているが、要点を再掲する。

概説

一般の高周波利用設備では、その発振部、整流電源部およびその他の各部は人命の安全の目的で金属箱内に収容されているが、これらの金属箱はある程度のしゃへい効果がある。この金属箱のしゃへい効果をあげるためには設備自体を金属体で完全に覆い、電源部に電源3波器を挿入し、できれば、設備内の回路の平衡を保持する等設備自体において妨害防止対策を講ずることがまず肝要である。

しかしながら、一般に出力の大きな設備から漏えいする妨害波は許容値を満足せず通信に妨害をあたえることが多いので

この場合には、設備全体を金属のしゃへい室内に収容し、さらにその電源配電線にはこれを伝わって漏えいする妨害高周波電流

85 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

を防止するための電源ろ波器を挿入しなければならない。

基本事項

・対象とする周波数帯

周波数によってしゃへい効果が異なること、しゃへいの経済面も併せ考えると、全域（MF-VHF用）HF-HF用、HF-VHF用の三種類に分けることが便宜である。

・所要しゃへい効果

高度　80db程度以上 …… 例えば二重金属板または二重金網しゃへい室の場合

中程度　50db程度 …… 例えばごく細かい金網の一重しゃへい室の場合

軽度　30db程度 …… 例えば亜鉛鉄板・鉄網一重しゃへい室の場合

・しゃへい室の大きさ

設備の大きさ、台数、経済面等より考慮しなければならないが、なるべくしゃへい室壁からできるだけ遠ざけることが望ましく、特に主幅射源である負荷電極としゃへい室壁との間隔は少くともその電極の寸法程度以上の距離は離すべきである。

波長としゃへい室の周囲長が接近している場合には、しゃへい効果に異状現象があらわれる恐れがあるので注意する必要がある。

しゃへい室の構造および設置

二重構造の場合は少くとも4月至10cm離し、離すほど効果がある。

しゃへい室の扉、窓、出入口等の構造はしゃへい効果にもっとも影響をあたえるので特に注意を払わなければならない。即ち扉、窓等の周囲部から妨害波がもれるおそれがあるので、その周辺部と主しゃへい体との接触を完全にしなければならない。また換気、採光、防災上の制限を考慮しなければならない。

B5 × 100

DIRECT COPY SYSTEMS

できるだけ数を少なくし、寸法も小さくすべきである。
床のしゃへいも絶対必要である。

しゃへい材料

しゃへい材料は、主として所要しゃへい効果から選定すべきであるが、導電性が良く機械的強度が高く化学的に安定であること。又価格その他も考慮すること。

注、普通の場合亜鉛引鉄板、メタルラスを使用すると便利である。なお、金あみを使用する際は16メッシュ位を使用し、雨のあたるところは鉄製泊をさけ、なるべく素線の太いものを使用すること。

しゃへい室各部の構造

扉、窓

扉、窓はその周辺部と主しゃへい体と同等以上のしゃへい効果のある材料を用い、その周辺部と主しゃへい体との電気接觸を連続かつ完全にすることが必要であり、特に扉等常時開閉する場合には金属スプリング等を使用することが必要である。

壁、天井、床

大地の電波にあたえる減衰は割合小さいので

$$\left(\alpha = K_e\sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)}\right.$$

μ：大地の透磁率　α＝減衰定数
ε：〃　誘電〃
σ：〃　導電〃

20mcで60dbのしゃへい効果を得るには床のしゃへいのない場合地下10mの深さにおけ小ばならない)

床のしゃへいは除くことはできない。
天井は妨害源に近い場合が多いので、しゃへい効果の大きい材料を使用すべきである。

常時あいている通路

ベルトコンベア等常時あいている通路はダクトを設ける。

注 ダクトの長さについては導波管のリアクタンス減衰量を参考とされたい。

その他

B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

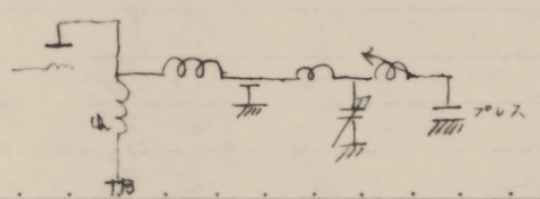
電源ろ波器はしゃへい室の壁に完全に接触してとりつけること。
引込線はできうる限り長い地下ケーブルを使用すること。
接地工事は、しゃへいと電源ろ波器を完全にすれば、しゃへい効果に対しては接地の影響は認められないことが多いが、保安上の見地から電気工作物規定に従って接地を行う方が良い。

実施例

施設場所	しゃへい装置材料	しゃへい効果	ろ波器
大阪市東成区	1.6mm 銅あみ1室 54m²	160MCで30db	あり
〃 生野区	3mm 銅ラス1室 20m²	〃 20db	〃
〃 〃	〃 15m²	〃 26db	〃
東京都練馬区	トタン、メタルラス 6.2坪	180MCで44db	〃
〃 大田区	〃 20坪	60db	〃
〃 杉並区	〃 4.5坪	200MCで45db	〃
〃 世田谷区	トタン、金あみ1室 6坪	150MCで34db	なし

(ウ) 高周波ウエルダーの出力回路にろ波器を入れて不要輻射を少なくする方法

高周波ウエルダーのテレビ障害は主として高調波によるものであるから適当な低域ろ波器を出力回路に挿入して高調波の輻射を抑圧する方法が考えられる。
東京下社においては、次図の如き回路を使用したものも実施され相当良い結果を得ている。



B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

ロ) LC回路はそのままとし、これに半同軸共振回路を付加する。 の

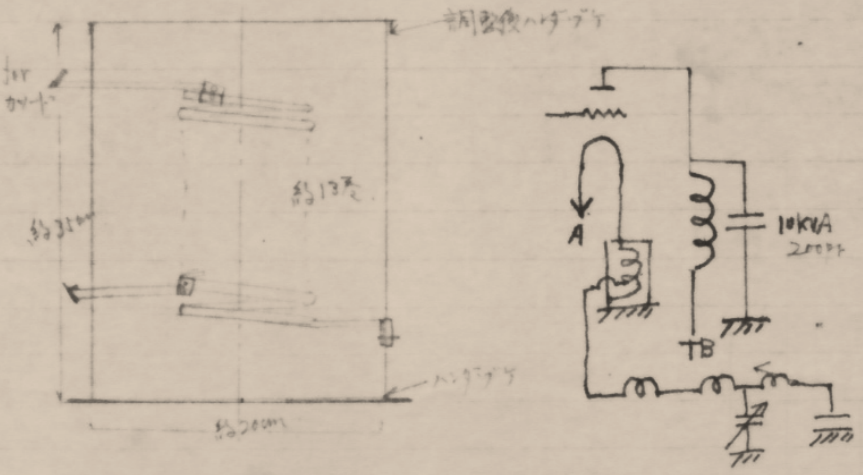
2方法があり、何れもテレビ妨害防止に良い結果を示している。

ii) ら旋型導体同軸共振器

ヘリカル共振器も文献によれば（I.R.E 1959）割合かんたんに高いQを得ることができるので、これを高周波ラインダーの発振回路に応用したところ 半同軸共振器ほどではないが 帯域幅の狭いもの製作されるようになった。

ヘリカル共振器の外形および配線の1例を示すと次のようなものである。

1kW 40MC用 ヘリカル 共振器



B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

しかし、プレス部分は露出されたまゝであり、発振部のきょう体のしゃへいも完全なものでないため 50db程度の不要輻射波をだしている。（距り10m TVバンド）従って近距離または電界強度の低い地域では妨害となる可能性がある。

（エ）高周波ウェルダーを周波数安定型に改造する方法

発振回路のQを高くした場合、作業時における周波数帯域が狭くなることは既に知られており、昭和32年頃から半同軸共振器を使用した高周波ウェルダーが製作されだした。また、ら旋型同軸共振器を使用したものも装置の製作が簡単なため昭和36年頃から開発されほゞ実用の域に達してきた。

i) 半同軸共振器

半同軸共振器は無負荷時のQを約5,000位に設計してあり、作業時の全過程において一定の電圧が加えられるので、L.C回路による発振時の周波数の跳躍もあらわれにくくなり、かつ、共振周波数以外ではそのインピーダンスが非常に低下するため高調波の発生も20db位抑制されている。また、その作業時の帯域幅も7-2頁の図のものと同様の結果を示すし、高周波利用機器の使用周波数帯内に含まれるようになっている。

当初開発された高周波ウェルダーは使用周波数が27.12MCであったため、テレビ受信機のI.Fに近い関係で全チャンネルに妨害をあたえ、その防止に苦慮したが、最近は中出力のものも40MCが使用されているので I.F妨害も除去されている。

また従来のL.C回路の高周波ウェルダーを改造するには、

0.) L.C.回路をとり除き、半同軸共振回路をとりつける

B5 × 100

DIRECT COPY SYSTEMS

エ、高周波ウェルダーの周波数調整

既存のもの（PG同調型）

放送チャンネルの少ない地区では、既存の高周波ウェルダーでも周波数の調整によってTV妨害を除去することができる。しかし、この場合真空管の交換、配線の修理等によって発振周波数が大中に変化するので望ましい方法ではない。

i) 発振周波数の決定

発振周波数±2MC位の倍数が放送周波数に妨害をあたえない点の有無を調査し、妨害を防止できるか否かを検討する。

ii) ディップメーターにより、前項によって決定した周波数にタンク回路のタップを調整し、実際に作業を行ってTV妨害を調査する。この際あまりタップを変化させると発振停止、または減少する場合があるがこの場合はグリッドコイルを調整する。

iii) 周波数の微調整はコイルの間隔を増減して行うこともできる。

アダプター方式の半同軸共振器

精電舎電子工業、島田理化で使用している方法で、半同軸共振器を直流阻止用Cを通して発振管の陽極に接続されているだけである。

調整は、既存のものの周波数調整と同様の方式で行う。

※周波数調整範囲は約1MC、発振周波数と半同軸共振器の固有周波数が激だしく異なると周路のQが下り帯域巾が広くなる。

半同軸共振器に改造したもの

半同軸共振器を使用したもの

B5 × 100

DIRECT COPY SYSTEMS

半同軸共振器外部にとりつけられた周波数調整板を上下すると約±5MC位の調整をすることができる。
ただし、耐圧に注意する必要があり調整板と共振器に接近させないこと。

ら 超型導体同軸共振器（ヘリカル共振器）
i) 共振器の外周を取り外すと共振周波数が変化するのであらかじめ発振周波数を少しずらしておく。
ii) 外周を外しコイルのタップを調整する。
iii) 外周をとりつけたのち周波数を少しずらし、規定値とならなければ上記をくりかえす。
(iv) 半同軸共振器に比して帯域中はやや広い。

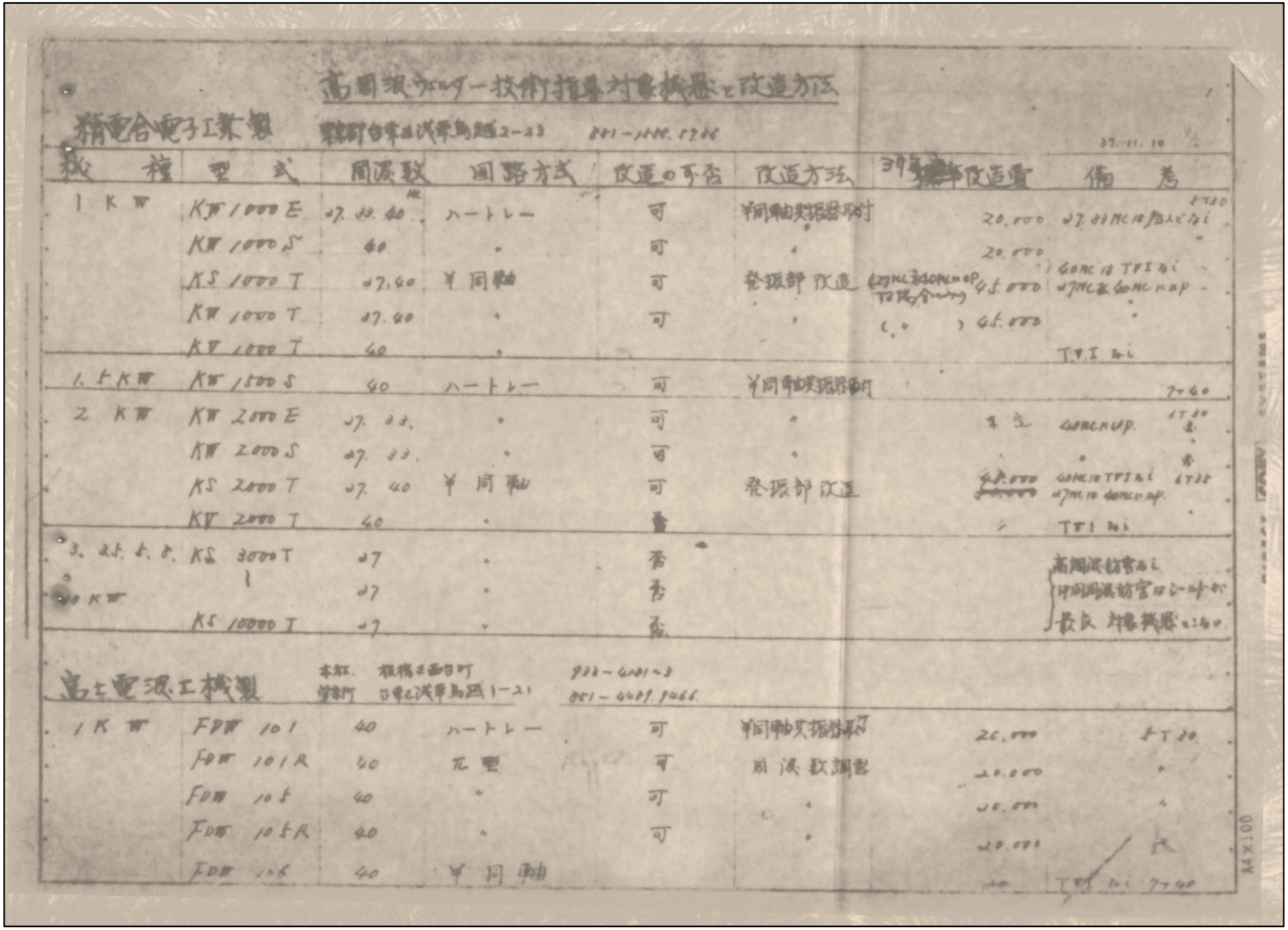
B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS

なお、従来の高周波ウエルダーを周波数安定型に改造した場合、作業に際して次のような結果を来す場合があるので技術指導に際しては良くユーザーの了解をもっておく必要がある。

1. テレビ妨害は強電界地区では半径10m以内であれば完全に解消する。
2. 出力は約10%低下する。特に真空管の古いものについては出力が低下の激しいものがあり、交換を要するものもある。
3. 同調がとりにくくなる。Qが高くなるのでマッチング調整は同調範囲が少なくなるので、むつかしくなり、作業員がなれるため若干の時間を必要とする。
4. 多少経年変化がみられるが共振器の周波数調整によって修正することができる。

つぎに主な高周波ウエルダーの改造の可否、価格等について示す。

B5 × 100
DIRECT COPY SYSTEMS



高周波ウェルダー技術指導対象機器と改造方法

37. 11. 10

精電舎電子工業製

東京都台東区浅草鳥越2-23　　851-1446. 5736

機種	型式	周波数	回路方式	改造の可否	改造方法	改造費	備考
1 KW	KW 1000 E	27. 33. 40 MC	ハートレー	可	半同軸式振器取付	20,000	27.33MCは別にKT30
	KW 1000 S	40	〃	可	〃	20,000	
	KS 1000 T	27.40	半同軸	可	発振部改造	27MC変換40MC+UP 45,000	40MCはTTI取 27MCを40MC+UP
	KW 1000 T	27.40	〃	可	〃	〃 45,000	〃
	KV 1000 T	40	〃				TTI取
1.5 KW	KW 1500 S	40	ハートレー	可	半同軸式振器取付		27.40
2 KW	KW 2000 E	27. 33.	〃	可	〃	要相談	40MC+UP KT30
	KW 2000 S	27. 33.	〃	可	〃	〃	〃
	KS 2000 T	27. 40	半同軸	可	発振部改造	45,000	40MCはTTI取 KT35 27MCは40MC+UP
	KV 2000 T	40	〃	要		〃	TTI取
3, 2.5, 5, 8, 10 KW	KS 3000 T	27	〃	否			高周波銅管取付 中周波銅管ロジー針が 最良対象機器となる
		27	〃	否			
	KS 10000 T	27	〃	否			

高圧電源工機製

本社、技術工場　神奈川県川崎市宮前区土橋1-21　　933-6101~3

管理部　東京都浅草鳥越1-21　　851-6409. 7466.

1 KW	FDW 101	40	ハートレー	可	半同軸式振器取付	20,000	KT30
	FDW 101R	40	元型	可	周波数調整	20,000	〃
	FDW 105	40	〃	可	〃	20,000	〃
	FDW 105R	40	〃	可	〃	20,000	〃
	FDW 106	40	半同軸			20	TTI取 27.40

機種	型式	周波数	回路方式	改造の可否	改造方法	標準改造費	備考
1KW	FDW 201	33、40 MC	ハートレー	可	同軸ﾍ改造	30,000	33MCを40MCへ変更 工込
	FDW 201R	40	〃	可	周波数調整	(基料ﾉみ実費)	対象機種となし
	FDW 203	40	〃	可	〃	(〃)	〃 〃
	FDW 206	40	〃	可	〃	(〃)	〃 〃 工込
3KW ↓ 30KW	FDW 203 FDW 300	27	〃	否			〃
		〃	〃	否			〃

高野電気工業製　　電東調布市2高口緑町2-6　631-1069, 4713

1KW	TW 100	40	ハートレー	可	螺旋型ﾉ改造	22,000	
2KW	TW 200	〃	〃	可	〃	(24,000	
1.5KW	TW 150A	40	螺旋型同軸		周波数調整	(基料ﾉみ実費)	対象機種となし
2.5KW	TW 250A	40	〃		〃	(〃)	〃
3～5KW	TW 300～500	10、27	ハートレー又は同軸	否	改造不可		〃

富田理化製　　調布市染地4-41-1　0424-81-6　高周波サービス　311-7624

1KW	SAW 100	27	ハートレー	否			簡単に改造できない
	〃	27	〃	可 ﾉ 否	同軸ﾉ場合ﾉみ		60MCﾉとき受注可能
	SAW 100Q	60	〃	可	〃	30,000	〃
	SAW 100PC	60	〃	可	〃	30,000	〃
	SAW 100P-2B	60	平同軸				TPZ ﾉみ 6T00
2KW	SRW 200	27	ハートレー	否			簡単に改造できない
3～5KW	SAW 300～5A	27	〃	否			〃



機種	型・式	周波数	回路方式	改造の可否	改造方法	標準改造費	備考
島田 2kW	SRW 200-2A	27 MC	ハートレー	否			簡単に改造できない. 187312
	SRW 200DB-2A	40	〃	可	銅軸式振替とつけ	4線 20,000	7T40
	SRW 200D-3B	40	半同軸	可	〃	〃	6T40
三信電気工業製	東京都豊島区目白 126	983-0731					
1kW	SW-100	40	ハートレー	可	銅軸に改造	20,000	4T40
2kW	SW 200	40	〃	可	〃	25,000	7T40
1.5kW	SW 150A	40	瓦型	可	〃	20,000	
2.5kW	SW 250A	40	〃	可	〃	25,000	この他銅軸に利用したもの 同様中. 6T40K
山本高周波製	(株)東京都台東区三筋町 1〜25	951-0707					
1kW	YW 100	40	ハートレー or 銅軸	可	銅軸に改造	20,000	使用台数少ない 4T40
2kW	YW 200	40	〃 〃	〃	〃	不定	〃 7T60
5kW〜10kW	YS300〜1000	40. 27	半同軸	否			対象機器とならない
[illegible]製							
[illegible]	L-1100	40	ハートレー	可	新型と交換	37,000	4T30
[illegible]	L-1200	40	〃	〃	〃	不定	6T40
[illegible]	L-1240	40	半同軸				対象機器とならない 4T40
[illegible]	L-1250	40	〃				〃 6T61R
[illegible]	L-2240	40	〃				〃 6T40
[illegible]	L-2250	40	〃				〃 7T61R

DIRECT COPY SYSTEMS
A4×100

参考文献

妨害を少なくした高周波ウエルダー
（中村、鈴木）技研研究報告

高周波ウエルダーの周波数安定法
（数永）　　電波気学会誌　1958年8月

螺旋型導体同軸共振器
（W.W. MACALPINE他）　I.R.E　1959年

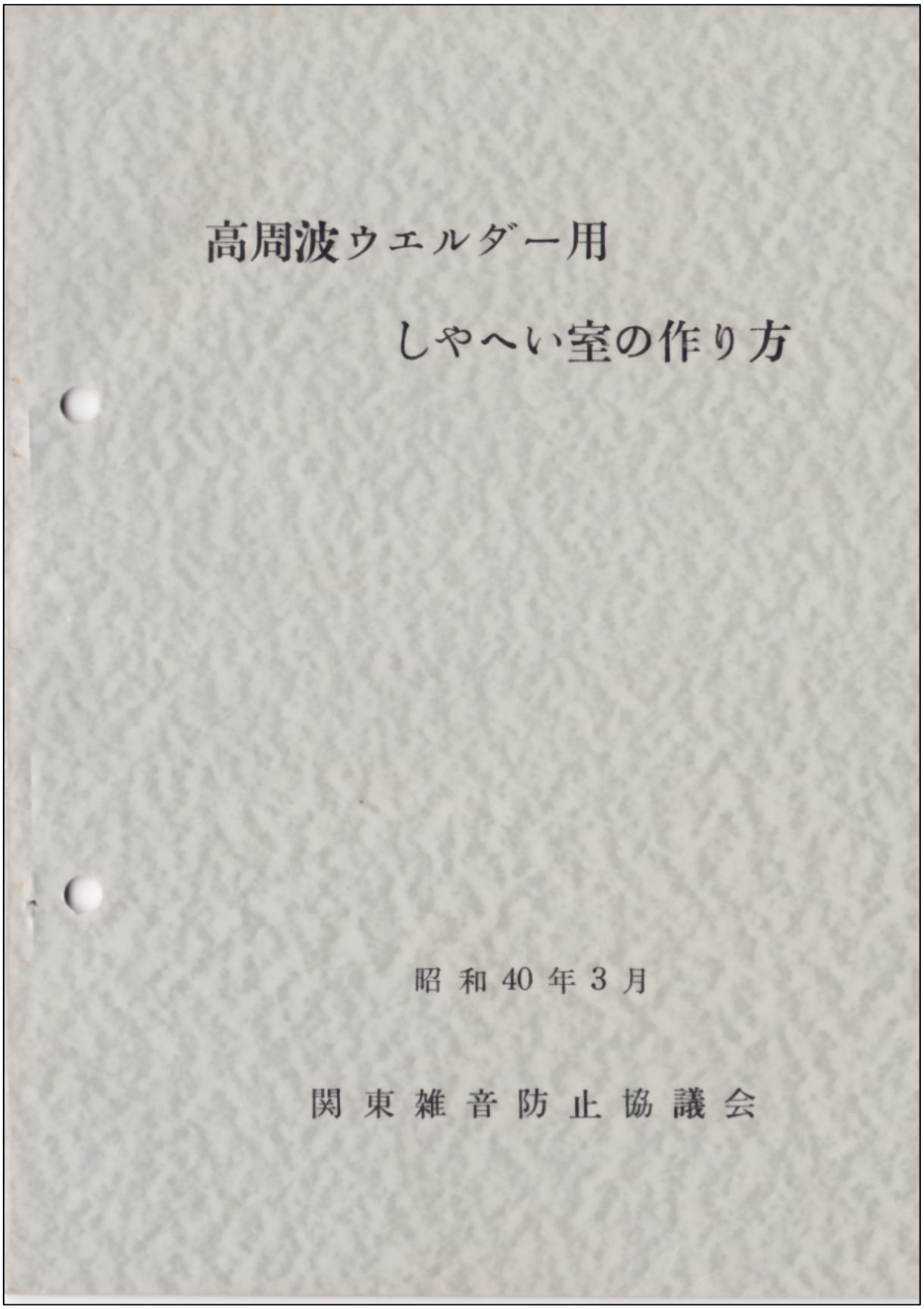
ヘリカルレゾネーター デザインチャート
（　〃　）　エレクトロニクス

特許公報　昭36-8071，　昭32-7961
昭35-1860，

B5 × 100

DIRECT COPY SYSTEMS

1965 年（昭和 40）高周波ウェルダー用しゃへい室の作り方（A5,p24）



目　　次

しやへい室はなぜ必要か……1

1.　しやへい室設計の基本的事項……4

(1)　高周波ウエルダーの妨害……4

(2)　しやへい室の特性……4

(3)　対象とする周波数……4

(4)　所要しやへい効果……5

(5)　材　　料……7

(6)　しやへい室の構造……8

2.　しやへい室の施工……9

(1)　継ぎ目の施工……9

(2)　床面の施工……10

(3)　壁面の施工……11

(4)　天井の施工……12

(5)　窓部分の施工……12

(6)　出入口の施工……12

(7)　配電線と電源ろ波器……16

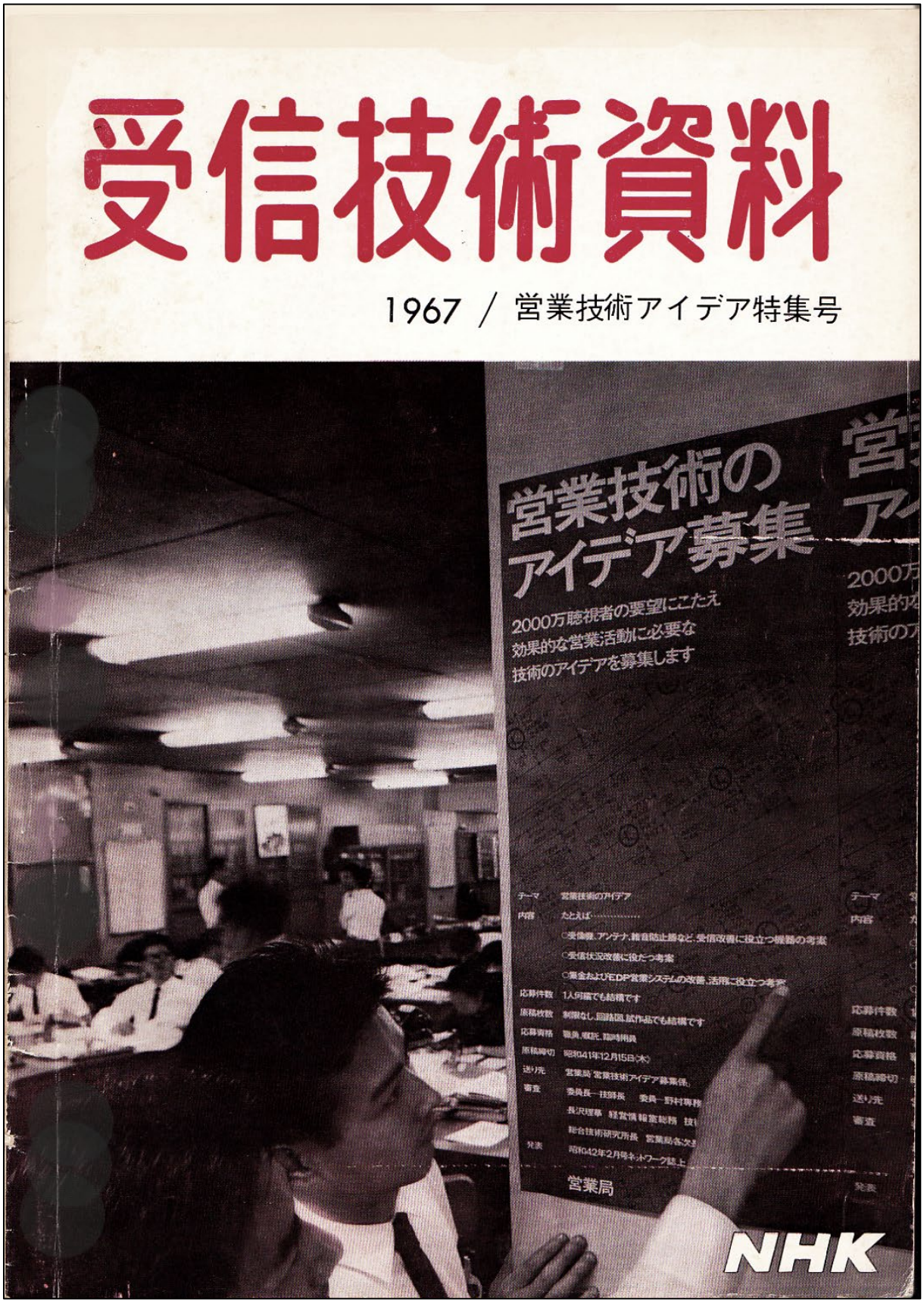
(8)　換　気　扇……18

(9)　その他の施工……19

3.　しやへい室の施工例……19

1967 年（昭和 42）受信技術資料、営業技術アイデア

（B5,p54）



受信技術資料　目次

〈営業技術アイデア特集〉

「営業技術アイデア」審査講評……審査委員長 技師長 三熊文雄（1）
入選アイデア……（4）
本審査委員会答申アイデア……（14）
その他のアイデア……（28）
ＮＨＫにおける発明考案……総合技術研究所 特許部長 沢村武男（51）

ゴースト除去回路

営業技術部　新田　勇

一重のゴーストのような単純なゴーストを除去するため，信号の一部をとり出しゴーストと同時間だけ遅らせ反転，同振幅として元の信号に加える。この際，映像信号のまま遅延させると遅延回路の素子が膨大となるので，一度高周波に変換して遅延させる。

広角双胴受像管

営業技術部　新田　勇

より偏向角を広角にして，受像管の占有体積を小さくし，受像機の体裁を偏平にする目的で左右２個の電子銃を持ち，互に右半分と左半分を受持つようにしたものである。

受像機故障ブロック表示器

保全部　岩城　鉄夫
営業技術部　新田　勇

受像機の所要個所の回路に表示器の接続線を結合しておき，受像機に故障を生ずると，そのブロックを示す表示ランプが点灯するものである。

ゴースト除去回路

営業技術部　劔持　甫

ゴーストを除去するために，同期信号を取り除いた映像信号を遅延回路を通して遅らせ反転させ，もとの映像信号に加える。

カラーテレビの色調整法についての一案

営業技術部　劔持　甫

白黒の放送時でもカラーの色調整ができるように，カラーテレビに付けたボタンを押せば顔の色の出るカラー信号発生器（たとえばリンギング回路の使用等）を取り付ける。

ターレットクリーナーにおける接点クリーナーの改善

釧路営業部 営業技術係　平井　純一

現在市販されているフエルトなどによる接点のセルフクリーナーは，布の幅が狭く効果は少ない。また，チャンネル数の少い場所ではクリーナーを通過しないことが多い。本案は布の面積を広げ，クリーナーの位置を ch 1，5，9 セグメント付近にする。

遅延回路付加による テレビセット内でのゴースト除去

佐世保 営業部 営業技術係　柴垣　照男

映像増幅回路出力側に遅延回路を挿入し，遅延回路出力端の負荷に対する不整合による反射を利用する。

低雑音受像機の開発

札幌　営業技術課　菅原　敏美

難視地域解消の一手段として，パラメトリック増幅を応用した低雑音高利得の受像機の開発を提案。

カラーテレビのツマミの名称統一

営業技術部　松元　睦雄

カラーテレビ受信機のツマミの名称は，メーカーにより異なっており，受信者に対する受信機取扱知識の普及を妨げる一因になっているので，名称の統一を提唱。

無接点チューナー（テレビ）の製作

札幌 営業技術課　高井　竹次

テレビ受信機の受信不良の原因の多くに，チャンネル切り替えの接点不良がある。そこで，機械的方法によらず電気的な方法でチャンネルを切り替える方法を提案。

カラーテレビ受信機に水平振幅調整の取り付け

いわき 営業部 営業技術係　八巻　久吉

多くのカラーテレビ受信機は水平振幅が伸びすぎているので，白黒受像機と同様に水平振幅調整を取り付ける。

サーキュレーター，同軸コネクター付きテレビ受信機

下関 営業部 営業技術係

テレビ受信機の局発妨害を転減するためサーキュレーターを内蔵し，さらに外来雑音の抑圧，塩害による受信不良の改善，ＳＷＲの改善のため給電線に同軸ケーブルを使用することとして，同軸コネクターを取り付けたテレビ受信機を提案。

発振器等のきよう体に，ケーブル収納用の引き出しを設ける。

簡易電界指示計

東営 営業技術課　平原　福雄

映像信号を検波して電界の最良点を求める，持ち運びのらくな簡易電界指示計。

置局調査用簡易サテライト装置

営業技術部　鹿山　庄作

置局候補地選定に際し，混信予測するとき，実際に試験電波を発射するもので，今までの1チャンネルの調査用送信機にかわり，すべてのチャンネルが送受信できる小形の送信機。

ビート評価測定器

熊本 営業技術課　梅田　明敏

従来，受像画面を見て評価していたテレビ混信状況を電気的に行なうものである。

簡易電界強度計

高松 営業部 営業技術係　岡田　敬典

簡単な電界強度計で赤ランプが点灯すれば 60 dB 以上，青ランプが点灯すれば 40～60dB まで，いずれも点灯しなければ，40dB 以下の電界となる。

巡回サービス用小形テレビメーター

広島 営業技術課　青砥　圭吾

テレビと電測計を一つにまとめ，小形軽量化をはかり，受信状況改善のため役だてる。

ラジオ受信状況通報装置

広島 営業技術課　宮津　満男

ラジオ受信状況の季節的あるいは時間的変化に対応し，地域的に分散し，かつ加入電話回線を持つ受信者宅に，機械化された受信状況記録装置を設け，必要に応じて担当局から電話回線を通して情報を得るものである。

テレビ共同受信指導，保守および受信点調査用電測器付きポータブルテレビ

佐世保 営業部 営業技術係　柴垣　照男

電測器とテレビ受信機を一体化して，電界強度と品位評価を同時に測定できるようにしたもので，運搬，取り扱いの合理化をはかる。

「テレ・カメ」ユニット製作試案

仙台 営業技術課　井上弥四郎

画面写真による受信評価のエラーをなくすため，受信機の前面に写真機取付枠を設け，一定のカメラで，一定の距離，露出により，撮影できるようにした装置。

調査用繰り出しアンテナの改善

金沢 営業部 営業技術係　佐藤　光彦
松水　昇

①ダイポールアンテナ長さの自動遠隔調節，②電波到来方向に自動的に追随する装置，③アンテナの垂直，水平を自動的に変化させる装置，の開発を提案。

調査用テレビ受信機のフィーダー端子改良

山口 営業部 営業技術係　国原　洋昭

従来のネジ止めフィーダー接続端子を，挿入式にして2線間の短絡や外れを防止するもの。

電界強度測定器のＩＣ化

営業技術部　劒持　甫

ＩＣを使用して電界強度測定器を小形軽量化するため，既存のモトローラ社，ウエスチングハウ社の各ＩＣを使用して考案した試案。

オフセット監視装置

米子 営業部 営業技術係　大谷　敦義

現在のオフセット監視を正確にするため，オフセットビートを数値的にとらえ，精度の高い監視ができるようにした装置で，場合によっては警報装置による警報も可能となる。

電界強度測定器の改良

八戸 営業部 営業技術係　鈴木　雍

中波帯からＶＨＦ，ＵＨＦ帯まで，連続可変の電界強度測定器を開発してほしい。

共同受信施設保守カルテ

松江 営業部 営業技術係

共同受信施設の保守の合理化と修理の迅速化を図るた

作の検波器付ビデオアンプを使用すれば各部の特性がわかる。

営業用カラーテストパターンの送出

室蘭 営業部 営業技術係　佐々木義治

受信者に親しみをもたせる図案のテストパターンを作製して，カラー番組の直前に送出する。

そ　の　他

受信料問題点の解消

技現 フィルム技術部　川口　恵敏

受信料の２カ月分一括集金には不満の声もあるが，現状では各月集金は無理である。そこで電力料の集金とタイアップすれば，各月集金も可能，集金の経費も少なくてすむ。

壁掛形ステレオスピーカー

元 総合技研　竹内　逸平

ステレオ用スピーカーを壁掛にすることによって部屋の利用率がよくなる。しかもスピーカーバッフルボード面に音響的に差支えない布製の絵画およびカレンダーをとりつけるようにし，室内装飾をもかねる。

受信サービス靴の製作について

東営 営業技術課　小野　信義

巡回サービス，受信状況調査，共聴，雑防など，局外での仕事が多く，靴の脱履も多い。そのために市販の靴では不便。そこで，脱履が便利，雨に強い，手入れは簡単，滑らない，電気抵抗の高い，安価，受信技術コンサルタントが一日瞭然な受信サービス靴を作る。

さん孔タイプの改善について

鳥取 営業部 営業技術係　黒木　弘祐

さん孔タイプに加算機を組み込み，支払伝票等の合計金額の算出を自動的に行なわせるよう提案。

受信機清掃用小形電気掃除器

大阪 営業技術課　片山　康男

巡回サービス，訪問サービス等で，取り扱う受信機の殆んどは，かなりひどい塵埃にまみれ，これが故障を誘発する原因となっていることも少くない。故障修理はもち論であるが，故障発生の未然防止と密度の高い受信サービスを実施するためにも携帯形で強力な掃除器を訪問サービス用として開発することの提案。

声色変換機とその応用

札幌 営業部　清水　邦夫

音声を変換するのには，大がかりなフィルター装置を必要とし，未だ，実用の段階まできていない。そこで，この提案は，磁気テープを利用して，簡単に音声を，変換しようとするものである。

簡易掃除器

郡山 営業部 営業技術係

巡回サービスで毎度頭を痛めるのは，テレビに付着したゴミである。このゴミを除去する小形掃除器の開発の提案。

アウトプット・レポート・カッター

熊本 営業技術課　滝沢　武

IBM 7044 アウト・プット・レポートは，幅15吋の紙テープで10吋おきにジグザグに折りたたむ方式をとっている。保存するときは，ふつう右側スプロケット穴を裁断機で裁断したあと，手作業でバインダーしている。この方法では作業時間が長くかかり，人手を要する。このカッターは，これを機械化したもので本部に１台設置すれば各局による手作業による時間・経費が省略できる。

ガソリンスタンドで自動車ラジオの契約

松本 技術部　渡辺　靖久

ガソリンスタンドに職員を派遣し，自動車ラジオの契約を獲得したらという提案。

35mm フィルムによる保存方法について一案

営業技術部　劔持　甫

従来，文書はファイルにとじこんで保存していたが，最近のように文書の数が増加すると，その保存場所が問題になる。この解決方法として手っ取り早い，35mm フィルムによる保存方法を提案する。

テレビ故障症状発生機

営業技術部　島田　盛久

テレビの取り扱い周知，故障修理，技術講習会などで，実際の故障症状を出すには，時間と，そうとうの技術を要する。そこで，このテレビ故障症状発生器は，テレビの側面にスイッチ，ボリウム等を取り付け，この操作のみで40種類の故障を作り出すようにしたものである。

電話サービス装置

広島 営業技術課

一般職視者からのＮＨＫ相談室，その他への電話による質問，相談は種々，雑多であるが，これらの中には同一内容の回答が可能なものも多い。そこで，この装置は30チャンネルの録音，再生ができるテープレコーダーで，あらかじめ回答を録音しておき，質問の内容により，解答のチャンネルのボタンを押し，自動的に再生できるようにしたものである。

技術講習会，婦人の集い等での説明用簡易スクリーン

保全部　小川　忠一

技術講習会等で，オシログラフの波形や，写真を説明する場合，その形が小さいので不便である。この装置は，この波形，写真を 14～19 吋の大きさに拡大するようにしたものである。

テレビ・ラジオの疑似雑音発生機

営業技術部　島田　盛久

テレビ，ラジオに入る雑音について説明する場合，現在は，写真，スライド，映画を使用しているが，これでは実感が出ず，また実物を使っての説明は大がかりになり不便である。この装置は疑似回路を使うことにより，スイッチの ON，OFF で 10 種類の雑音を発生できるようにしたものである。

さん孔タイプにエラー防止器の付加

富山 放送部　網谷太二雄

さん孔タイプ中にエラーが生じたら，エラーであることを表示する装置の作成を提案する。

粘着性フィーダー

東営 営業技術課

テレビ用リボン形フィーダーの片面に，一定間隔おきに粘着性テープを取り付け，屋内に配線する際は鴨居に張りつけるようにする。これにより，屋内にキズがつかず，作業能率が倍加する。

アンテナ点検車

米子 営業部 営業技術係　大谷　敬義

最近，アンテナ不良による受信不良が増加しており，アンテナの点検を要する機会が増しているので，アンテナを降さずに点検できるようなアンテナ点検車を提案。

壁掛けテレビの実用化

佐世保 営業部 営業技術係　高木　庄次

光学プリズムの利用により，受像管の電子走行距離の短縮と，180 度偏向による壁掛けテレビの実用化。

ブラウン管取り替え勧奨器（説得器）

仙台 営業技術課

受像管がエミ減になった場合，交換に要する費用が嵩むため，一般受信者はなかなか交換に応じない。そこで取り替え効果を受信者の視覚に訴え，取り替えをスムースに行なえるようにする。

テレビ貯金箱

千葉 営業部 営業技術係　稲見　収

貯金箱に10円硬貨を投入することにより，テレビ受信機の電源が入るような構造のもの。1か月に少なくとも 300 円は貯金できるので，受信料の支払いが容易になり受信機の修理費の積立て等にも役立たせうる。

受信相談カルテの作成

松江 営業部 営業技術係

受信機にカルテを添付しておき，故障診査，修理のつど状況を記入し，早期故障発見および修理の資料とする

1968 年（昭和 43）卒業論文・日本大学理工学部電気工学科(A4,p33)

テーマ：正三角形型配列による三電子銃を使用したカラーテレビ用ブラウン管における垂直周辺コンバーゼンス補正回路

昭和43年卒業論文

題　目　正三角形型配列による三電子銃を使用した
カラーテレビ用ブラウン管における
垂直周辺コンバーゼンス補正回路

指導教授　三宅 康友

提出者　叡持 甫　（学生番号4072）

日本大学理工学部電気工学科

A Conciderration of the Dynamic Convergence Circuit for a Tri-Colour Picture Tube with Equilateral Triangularly Arranged Electron Guns.

Professor: YASUTOMO MIYAKE

Reporter: Hajime Kenmochi

正三角形型配列による三色ブラウン管を使用した
カラーテレビ用ブラウン管における
垂直同辺コンバーゼンス補正回路

指導教授　三宅康次

提出者　劉持南

（学生番号 4072）

日本大学理工学部電気工学科

目　次

		ページ
	内容概要	1
第1章	まえがき	2
第2章	コンバーゼンス回路の必要性	3
第3章	電子偏向およびコンバーゼンス誤差の基本的解析	4
第4章	コンバーゼンス誤差の幾何学的計算方法	8
第1節	平面スクリーン上でのコンバーゼンス誤差	8
第2節	球面スクリーン上でのコンバーゼンス誤差	9
第5章	コンバーゼンス回路の解析	12
第1節	静コンバーゼンス	12
第2節	動コンバーゼンス	12
1.	垂直動コンバーゼンス回路の解析	14
2.	水平動コンバーゼンス回路の解析	15
3.	赤と緑のコンバーゼンス回路の解析	17
第6章	コンバーゼンス回路の各部波形	19
第7章	周辺コンバーゼンス補正回路	23
第8章	むすび	29
	参考文献	30
付録1.	コンバーゼンス調整後画面写真	31
付録2.	静・動コンバーゼンス調整前画面写真	35
付録3.	動コンバーゼンスのドットの軌跡	39

内容梗概

本論文は三電子銃が正三角形型に配列されて，カラーテレビ用ブラウン管のコンバーゼンス回路について解析することに始まり，その問題点を導き出し，実際のコンバーゼンス回路を写真を使用して波形から考察し，スクリーン周辺でのコンバーゼンス補正回路に必要な条件を述べ，これに基づいていくつかの垂直コンバーゼンス補正回路を提案するものである。ここでは水平コンバーゼンス補正回路については考察は行なわない。

即ち，まず三角形配列による三電子銃形カラーテレビ用ブラウン管から発射された三本の電子ビームがスクリーン周辺で同時にシャドウマスクの同じ孔を理想正しい角度で通過しない原因を解析し，それによりスクリーン上に現われるコンバーゼンス誤差と実際のスクリーン上で考察すると共に，球面上（ブラウン管スクリーン）でのコンバーゼンス誤差の計算式を誘導する。そして，これらのコンバーゼンスの誤差を修正するための回路を静コンバーゼンス，動コンバーゼンスについて，更に動コンバーゼンス回路を水平動コンバーゼンス回路と垂直動コンバーゼンス回路とに分けて赤・緑・青の各電子流に対して現在使用されている回路を解析する。

そして最後に，これらの解析に基づいてスクリーン周辺での垂直コンバーゼンス補正回路について，実験した回路及び実現の可能である2・3の回路を提案するものである。

第1章　まえがき

比較的小さい偏向角を持ったブラウン管における電磁偏向の解析は古くはR.G.Hutterにより，また最近ではNHKの別所・大石氏等により研究解析されている。

しかし，これらの結果が適用されるのは小偏向角の時のみ(70度偏向程度まで)で，現在一番多く用いられている14寸，90度偏向のカラーテレビ用ブラウン管ではスクリーンの周辺において大きな偏向誤差を生ずる。スクリーンの四隅では垂直と水平の誤差が重なる為に画面が非常に見にくくなる。(写真にコンバーゼンスを完全と思われるまで調整した後と，コンバーゼンスを全く行なわない場合を示す。)

そして，最近のテレビ番組においては正面を全面的に有効に使用している。例えばスクリーン右下，左上は野球放送のカウントに，左下は時刻に，また右上はマラソンの時の時間に使用されているので，この誤差を補正する為に補正回路が数々開発されて実用化されているが，この補正回路を使用してもスクリーン最端部において0.5～1.0mm位のコンバーゼンス誤差を生ずる。

本論文は別所・大石氏等の研究に出発し，スクリーン最端部に生ずるコンバーゼンス誤差を補正する為の回路について数々の提案をするものである。

第2章　コンバーゼンス回路の必要性

カラーテレビ用ブラウン管は現在までに各種のものが考案されたが，現在は正三角形型に配列された三つの電子銃と赤・緑・青の螢光体を点状に配置したものと線状グリッドのある三色単電子銃のものが実用になっている。

このような前述のブラウン管では，三つの電子銃からの電子ビームで規則正しく螢光体を発光させる為にはコンバーゼンス（集中）という動作が必要になる。

シャドウマスク形カラーブラウン管は赤・緑・青の螢光体が点状に塗布されていて，この三つの螢光体を一組として，その中心の位置に対応してシャドウマスクには，一つづつの孔があり，孔の数の三倍の螢光点が塗布されている。

いま，三つの電子銃に赤信号・緑信号・青信号の三つの信号が加えられ，同時に各電子銃より各色信号に応じた電子ビームがシャドウマスクの孔を通過して，赤信号で動作する電子ビームは赤の螢光点だけ発光させるように，それぞれ所定の螢光点を発光させてカラー画像を再現するのであるが，この際に，三つの電子ビームは同時に同じ孔を通過して，その孔に対応した螢光点を発光させなければならない。

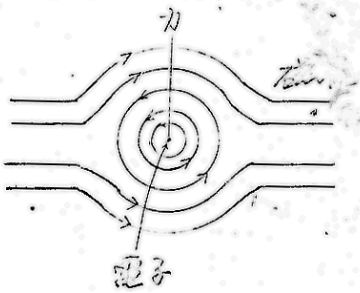
もし，同時に同じ孔を三つの電子ビームが通過しないと，三つの電子ビームによる三つのラスターが重なり合わなくなり，三色印刷の色ずれのように色ずれを生じ，解像度も悪くなり美しい画が再現できなくなる。

この三つの電子ビームが同時にシャドウマスクの同じ孔を規則正しい角度で通過するように，電子ビームを孔の位置で集中させる動作をコンバーゼンス（Convergence）という。

第3章　電磁偏向及びコンバーヤンス誤差の基本的解析

電磁偏向による電子ビームの軌道の解析及びコンバーヤンス誤差の解析は，多くの文献で紹介されているが，ここではつぎに進む準備としてまず電磁偏向の基本的解析の概要を述べ，又，三電子銃によるコンバーヤンス誤差の解析を行う。

今，或る磁界の中をその磁界と直角に電子が走行すると電子に力を及ぼす。第3-1図に示すように移動中の電子はフレミングの左手の法則に従う磁界を自分自身で作っている，そしてその方向は反時計方向である。



第3-1図，磁界中を進行する電子の運動

これが，例えば紙面の左から右へ向かう外部磁界に作用すると，電子の下側の磁束密度は大きくなり，上側の磁束密度は小さくなるので，その結果として電子は上向きに偏向される力が作用する。もし，ここで電子が外部磁界に対して直角以外の角度で入射したときは，その運動方向に垂直な成分のみが偏向力を生ずる。であるから電子が外部磁界に平行に入射したときは偏向力は働かないことがわかる。

電子の運動方向が外部磁界に垂直なとき電子に働く力は，

$$F = Bev\sin\alpha \qquad (3\text{-}1)\text{式}$$

の式で　$\sin\alpha = 1$ と置けば

$$F = Bev \qquad (3\text{-}2)\text{式}$$

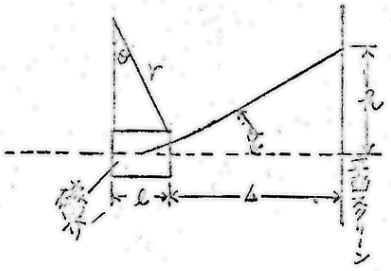
ただし，

F：電子に働く力〔N〕

e：電子の電荷〔1.602×10^{-19} C〕

v：電子の入射速度〔m/s〕
B：磁束密度〔Wb/m²〕

第3-2図にブラウン管の電磁偏向の原理図を示す。



第3-2図，ブラウン管の電磁偏向の原理

偏向力は常に運動方向に直角であるから，一様な磁界に直角に運動する電子は円弧を描く。ここで偏向力と遠心力とは等しいから次式が成立する。

$$Bev=\frac{mv^2}{r} \qquad (3-3)式$$

この式より弧の半径rを求めると，

$$r=\frac{mv}{eB} \qquad (3-4)式$$

さらに偏向角θは第3-2図より近似的に，

$$\theta=\frac{150l}{\pi r} \qquad (3-5)式$$

ただし，l：磁界の管軸方向の実効長（m）

上のrとθの式に代入すると，

$$\theta=\frac{180leB}{\pi mv} \qquad (3-6)式$$

ところで電子をカソードからアノードへ動かすのに電子に加える仕事は，力に距離をかけたものであるから，

$$W=Va\cdot e \qquad (3-7)式$$

ここでWは仕事量（ジュール）である。
この値は電子がアノードに達したときの運動エネルギーに等しいから，

$$Va\cdot e=\frac{1}{2}mv^2 \qquad (3-8)式$$

これより電子がアノードに到達したときの速度 v は，

$$v=\sqrt{\frac{2eV_a}{m}} \qquad (3-9)式$$

この v を θ の式に代入し整理すると

$$\theta=\frac{180\,lB}{\pi}\sqrt{\frac{l}{2mV_a}} \qquad (3-10)式$$

となる。

一般に電子の速度が上昇するとその質量が変化することが知られているが，ここではそれを重視すると偏向角は，

$$\theta=1.7\times10^{7}\frac{lB}{\sqrt{V_a}} \qquad (3-11)式$$

この式より平面スクリーン上での偏向距離 h は，

$$h=0.296\times10^{6}\frac{Bl}{\sqrt{V_a}}\left(L+\frac{l}{2}\right) \qquad (3-12)式$$

となる。

上の説明において偏向コイル内の磁界は均一であると仮定し理論を展開してきたが実際の偏向コイルの磁界分布はほぼ正規分布をした形になっている（実測した結果を第3－3図　　に示す：東芝19WAカラーテレビ）この様な形では実際の計算には不向きであるが，それを近似的に或る区間で一様な磁束密度を持った等価背－磁界を求めることが出来る。第2－4図において；実効長 l，磁束密度 B_0，中央の座標 Z_m とすると，

$$l=4\left(\frac{a}{b}-\frac{c}{b^2}\right) \qquad (3-13)式$$

$$B_0=\frac{b^4}{4(ab^2-c)} \qquad (3-14)式$$

$$Z_m=Z_c-\frac{a}{b} \qquad (3-15)式$$

ただし，

$$a=\int_{Z_0}^{Z_c}d\xi\int_{Z_0}^{\xi}B_0^{(v)}(u)\,du$$

$$D = \int_{z_0}^{z_e} B_0^{(V)}(z)\,dz$$

$$C = \int_{z_0}^{z_c} \left\{ \int_{z_0}^{z} B_0^{(V)}(u)\,du \right\}^3 dz$$

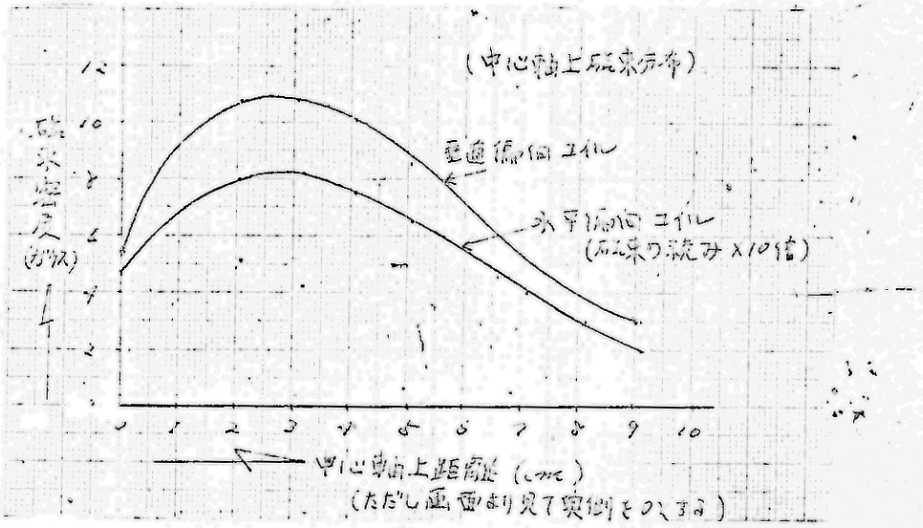
} 垂直偏向の時，水平偏向の時は $B_0^{(H)}$ を使用する。

により求めることが出来る。

次にスクリーン2図では中心軸上を電子が直行し偏向磁界中に入る場合について説明した。実際，白黒ブラウン管においてはこの説明で良いのであるが，カラーブラウン管（三電子銃）では軸に対して約0.58cm離れて，しかも電子ビームは三本もあり，これを同時に偏向しシャドウマスク上で集中させることは困難である。これによりスクリーン上に生ずる誤差をコンバーゼンス誤差という。

これは電子光学的には三本の電子ビームのコンバーゼンス誤差である。

次の(3-12)式のスクリーン上の偏向距離は平面スクリーン上の偏向距離であり，球面上の偏向距離ではない，まして最近のように広角偏向になるとスクリーン上が平面に近似できない状態になるので，この式で計算するとその誤差は大きくなる。



第3-3図 実際の偏向コイル蛍光分布（東芝19WA）

第4章．　コンバーゼンス誤差の幾何学的計算の方法

球面スクリーン上でのコンバーゼンス誤差は，平面スクリーン上でのコンバーゼンス誤差と偏向軌跡から計算することが出来る。

第1節．　平面スクリーン上でのコンバーゼンス誤差

蛍光点と跡はビームを偏向した際，スクリーン中央に集束調整された条件でビームの通過する空間内の点の描く軌跡で，例えばy方向のみの偏向を行なった場合，x方向と同方向に関する蛍光点の座標を$(L_0-\xi_M, y_M)$とすれば，第4-1図より，三角形Ⅰと三角形Ⅱは$S \parallel \Delta y$で$\angle bac = \angle dac$となり，また$\angle bca = \angle dce$であるから相似形になる。
そこで　SとΔyの関係は，

$$\frac{S}{\Delta y} = \frac{L_0 - \xi_M}{\xi_M} \qquad (4\text{-}1)\text{式}$$

この式を変形して幾何学の比式（記号は第4-1図には無関係である）

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{a+c}{b+d}$$

を適用することにより，

$$\frac{S}{L_0-\xi_M} = \frac{\Delta y}{\xi_M} = \frac{S+\Delta y}{L_0} \qquad (4\text{-}2)\text{式}$$

(4-2)式の後の2項より，

$$\xi_M = \frac{L_0 \Delta y}{S + \Delta y} \qquad (4\text{-}3)\text{式}$$

ここでSは

$$S = L_0 \tan \alpha_y \qquad (4\text{-}4)\text{式}$$

であるが，一般にSが小さい為α_yも小さいので

$$S \fallingdotseq L_0 \cdot \alpha_y \qquad (4\text{-}5)\text{式}$$

になるので第(4-3)式に代入し

$$\xi_M = \frac{L_0 \cdot \Delta y}{L_0 \cdot \alpha_y + \Delta y} \qquad (4\text{-}6)\text{式}$$

になる。
次にy_Mを求めるには第4-2図によりξ_Mと同様な操作を行なえば

ここで、$R_f \gg y_f$ とすれば"

$$\sqrt{1-x} \fallingdotseq 1-\frac{x}{2}$$

の式より

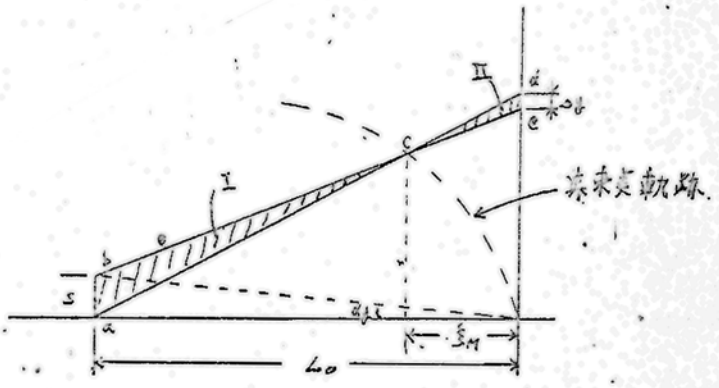
$$\overline{\Delta y_f} \fallingdotseq \frac{\xi - R_f + R_f\left(1+\frac{y_f^2}{2R_f^2}\right)}{\xi_M}\Delta y$$

となり

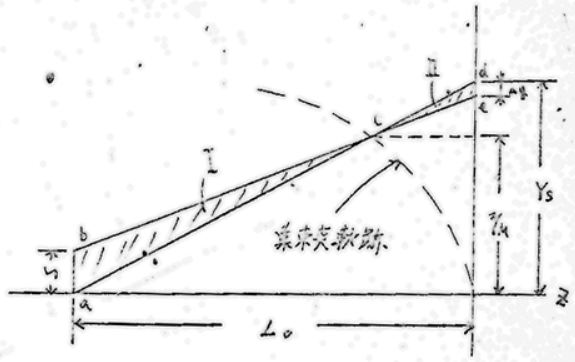
$$\therefore \overline{\Delta y_f} \fallingdotseq \left(1-\frac{y_f^2}{2R_f\xi_M}\right)\Delta y \qquad (4\text{-}13)\text{式}$$

となる。

以上の様にして平面スクリーン上の集束誤差 Δy より球面スクリーン上の集束誤差 $\overline{\Delta y_f}$ を求めることができる。

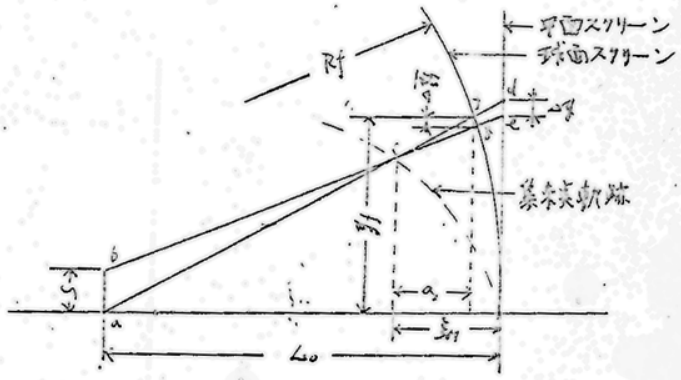


第4-1図　ξ_M を求める図



第4-2図　Z_M を求める図

$$a = \xi_M - (R_f - \sqrt{R_f^2 - Z_f^2})$$



第4-3図　球面スクリーン上の集束誤差計算図

第5章　コンバーゼンス回路の解析

第4章のコンバーゼンス回路の必要性のところで述べたように，三つの電子ビームが同時にシャドウマスクの同じ孔を規則正しい角度で通過するように，電子ビームを孔の位置で集中させなければならない。

この動作には，電子銃から螢光面までの途中で，電子ビームの軌道を補正して電子ビームが集中するために，次の二つの動作を行なわなければならない。

第一に，主に画面の中央部について行なう静コンバーゼンスがあり，第二に，画面の周辺のずれを自動的に補正する動コンバーゼンスとがある。

これらのコンバーゼンスを行なわせるためには，ブラウン管の電子銃のある部分に，コンバーゼンス・コイル，ラテラル磁石 および 色純化磁石などが電子銃の電極や磁極の配置に一致するように取りつけなければならない。

第1節　静コンバーゼンス (Static Convergence)

ブラウン管の電子銃は，螢光面と直角な軸の周囲 約1cm離れた位置に なんぢれ 120度の角度をもって 正三角形に配置されている。

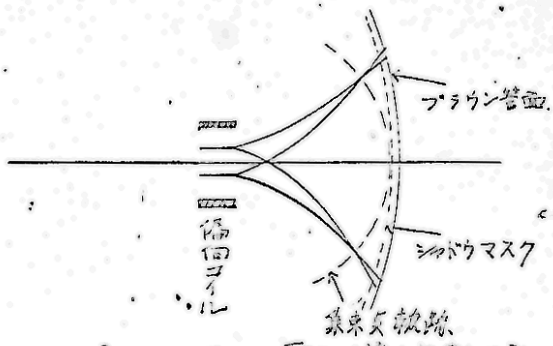
従って，電子銃は電子ビームがシャドウマスクの中央部で集中出来るように，あらかじめ中心部へ約1度傾するように設計してある。しかしながら実際には構造上のばらつきや外部磁界の影響などもあって希望どおり集中されず，ドット信号を加えたときの画面で見ると なかなか集中しないことがわかる。

これを中心部で正しく集中するよう外部から磁界を加えて各電子ビームの進行方向を変える操作を静コンバーゼンスという。　これは，ブラウン管外部から永久磁石などで 磁界を加え，その強さを加減(磁石を電子銃に接近させる)して行なう。

第2節　動コンバーゼンス (Magnetic Convergence)

静コンバーゼンスによって，画面中央部では赤・緑・青の三つの電子ビームは集中出来たものとする。　しかし，螢光面 および これと一定間隔にあるシャドウマスクは 普通 球面 ではないので，偏向された電子ビームの集中する面は 第5-1図の点線のように シャドウマスクよりも前にきて，

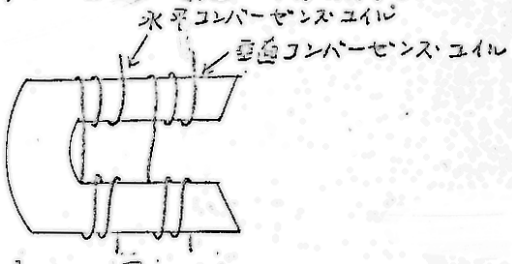
シャドウマスク上では三つの電子ビームはそれぞれ異なった孔を通ることになる為、その誤差の程度は偏向角が大きくなる程、ひどくなる。



第5-1図　電子の集中誤軌跡

これを補正する為には、偏向面と出るときの各ビームの位置を偏向角に応じて中心から、やや遠ざけてやるようにしてやれば、集中面はシャドウマスクと一致するようになる。この操作を動コンバーゼンスという。

これには電子ビームの偏向感度に応じて変化する電流を各コンバーゼンスコイルに流してそれに相当した磁界を作り、三つのビームの相互位置を変化させてやれば良い。実際には、水平・垂直偏向角の両方に関連した磁界が必要である為に第5-2図のようなU字形をした鉄心の両脚に垂直と水平の両コイルを巻いて使用する。



第5-2図　U字形をしたコンバーゼンス用コイル

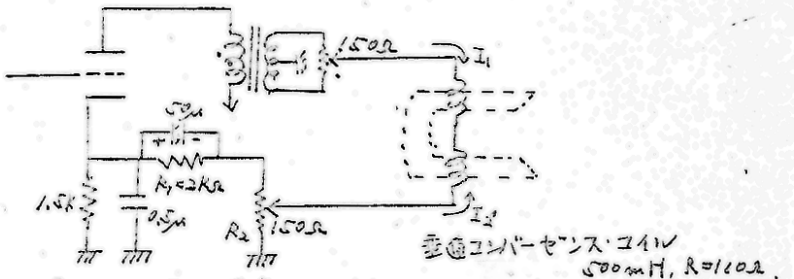
動集中が完全に行なわれていると画面の周辺に行くに従って分離して見えた原色のドットは一様に重なり、中心部と同じ白色に見えるようになる。

完全な動コンバーゼンスを行なわせるに必要な波形は原理的にはパラボラ波であることが知られているが、個々のブラウン管により、また個々の電子銃により少しづつ異なるから水平・垂直共に、この

振幅および位相が変えられなければならない。

§2節 1. 垂直動コンバーゼンス回路の解析

テレビの垂直出力管のカソードには普通 20～200μF程度の大容量のコンデンサーが用いられている為、ごく小さいノコギリ波電圧しか発生していないが、このコンデンサーを第5-3図のように0.5μF位に小さくすると、垂直出力管の電流とほんど同じような大きさのノコギリ波電圧を取り出すことができる。



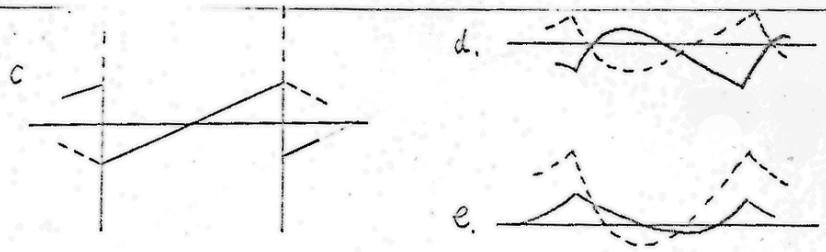
第5-3図 垂直コンバーゼンス回路

垂直出力管電流は25～30mA P-P位であるから、2KΩ+150Ωの両端に現れる電圧は約5～6V P-Pとなり、その電圧を分圧してコンバーゼンス・コイルにかけている。しかし、垂直出力管のカソード電流には直流分も含まれている為、この直流電流がコンバーゼンス・コイルに流したまま、動コンバーゼンスを調整すると画面の中央部の静コンバーゼンスがずれてしまう。

しかし、この直流分は R_1(2KΩ)と R_2(150Ω)によって分圧され、さらに R_2 が調整されるので、この直流電圧はわずかな値になるので、これによる直流電流はコンバーゼンス・コイルに直流磁界を発生されるが、微少量なので静コンバーゼンスには影響は殆んどない。

ノコギリ波電圧をコンバーゼンス・コイルにかえると、コイルの時定数が大きい(実験に使用したセットでは $L/R = 0.7/110 \fallingdotseq 4.54$ m sec)ため、コンバーゼンス・コイルには第5-4図bのようなパラボラ電流を流すことができ、その大きさは垂直振幅調整 R_2 により変化させている。





第5-4図 垂直集中回路の波形

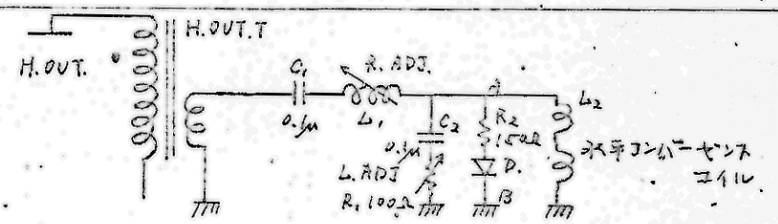
三つの電子銃は軸より離れた配置になっているので、画面の中心部から上下の等距離におけるコンバーゼンスずれの幅が上下の位置では等しくならない。この画面の上部と下部のコンバーゼンス誤差の非対称性を補正するには、垂直出力トランスの2次巻線から加えられる正又は負のパルス電圧をコンバーゼンス・コイルに加えている。コイルにパルス電圧を加えるとコイルのインダクタンスが大きいので積分されて第5-4図dのようなノコギリ波電流を得ることができる。このノコギリ波電流(I_2)と先のパラボラ状電流(I_1)とが同時に重畳されて、コンバーゼンス・コイルに流れると、合成された電流波形は第5-4図eのようになり、パラボラ状電流から歪んだ形の電流になる。

このようにして垂直コンバーゼンス・コイルに補正電流を流してやれば発生した旋光を内部磁極に誘導して電子ビームの垂直方向の軌道の修正を偏向に応じて自動的に行なうことが出来る。

第2節 2. 水平コンバーゼンス回路の解析

水平動コンバーゼンスは画面の左右の周辺のコンバーゼンスずれを補正する為の動作を行ない、画面の中央部には殆んど影響を及ぼさないように設計され、左又は右のずれを別々に補正する回路である。

この回路は複雑であるから分解して考える。この基本回路は第5-5図に示すようなもので、垂直動コンバーゼンス回路の場合と同様に、水平動コンバーゼンスも電子ビームの偏向と一致した動作をしなければならないから、この回路には水平出力トランスから水平帰線期間に生ずる約200Vppのパルス電圧を使用して得られる。

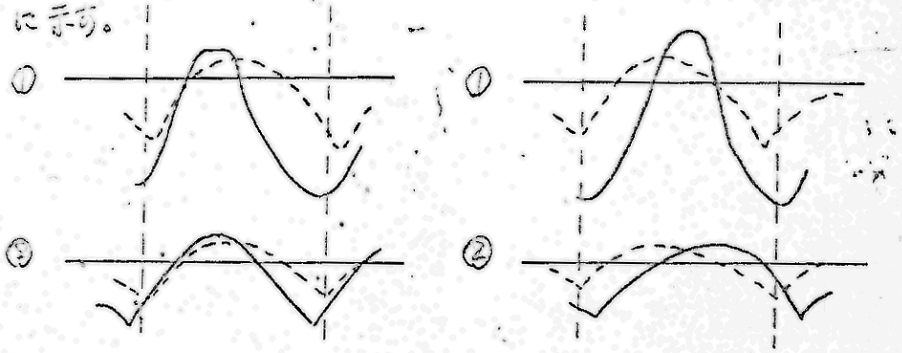


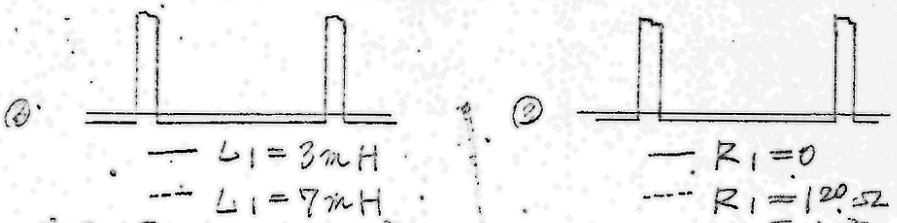
第7-5図 水平動コンバーゼンス基本回路.

今，抵抗R1を短絡した場合を考えるとコイルL1とコンデンサーC1の共振回路により水平偏向周波数15.75KHzで共振して加えられたパルス電圧よりも90度位相の遅れた正弦波に近い電圧を発生しコンバーゼンス・コイルに加えられる。そして，抵抗R1を段々大きくしていくと回路のQが下ることになるからコンデンサC2のない状態になると，加えられたパルスより位相の進んだ電流をコンバーゼンス・コイルに流すことができる。

このように，L1とR1を変えることにより位相を変えることが出来，コンバーゼンス・コイルに流れる電流を変化させ，画面の中央及び左右周辺の全域のずれを補正することが出来る。そこで，コンバーゼンス・コイルの両端に抵抗R2とダイオードDを接続するとA点がB点に対して正になったときにダイオードが導通して，水平パルスで共振されて出来た正弦波電圧の上部が切られて，パラボラ状の電圧になり，L2にはパラボラ状の電流が流れ画面の中央に関係なく画面の左右周辺のみ補正することが出来る。

次に抵抗R1を一定としてコイルL1の値を大きくすると共振周波数がずれてくるので電流振幅が小さくなって，位相は遅れる為主に画面の右側の補正を行なうことが出来る。L1を小さくすれば左側の補正が行なえる。L1，R1を変えたときのコンバーゼンス・コイルを流れる電流の変化を第7-6図に示す。

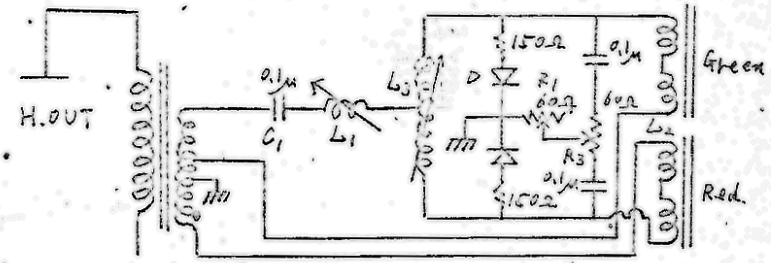




第5-6図　L1 と R1 を変えたときのコンバーゼンス・コイルの電流変化

第2節 3. 赤と緑のコンバーゼンス回路の解析

第5-7図のように第4章第2節2の回路の組合せになっているので動作はほぼ同様であるが、一部異なっているので この部分のみ説明することにする。



第5-7図　赤・緑の水平コンバーゼンス回路

まず、L1 を小さくすると画面両側の赤と緑のビーム位置の位動は第5-8図 a のようになり完全に一致する点があるように見えるが実際にはビーム位置の時と電流と同時に変えるようになっている為、赤と緑の電子銃の配置との外部磁界の影響などもあって完全な一致点がない、赤と緑のビーム位置が一番接近したときでも、斜に並んでしまう。



(a) L1 の調整　　(b) L3 の調整

第5-8図　L1, L3 による赤と緑のドットの移動

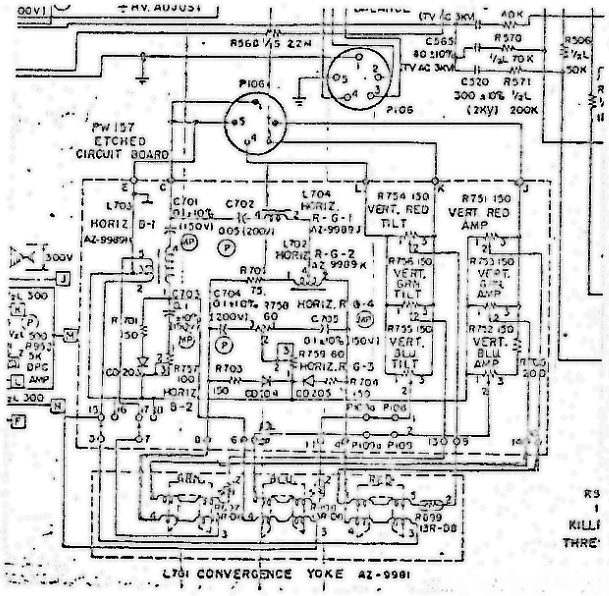
これを解決する為に L3 のコイルを使用する。

L3 のコイル（ダスト・コアでインダクタンスを調整するように設計してある）は、コアが中央にあるとき、インダクタンスが同じである為にコイル中を赤と緑のコンバーゼンス電流が中央から互に反対方向に流れる為にある結束が

打ち消されてL3のインダクタンスは零になる。しかし，コアを動かすとコアの位置により中央より見たインダクタンスが異なる為，赤と緑のビーム位置は第5-8図Bのように差動的に動くのでL1とL3を使うことによりビームを一致させることが出来る。

また，抵抗R1，R3も同様の動作をして画面上の左側のビームを一致させる。

これらの実際の回路を第5-9図に示す。

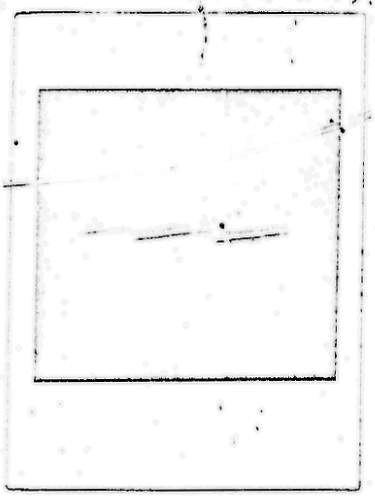


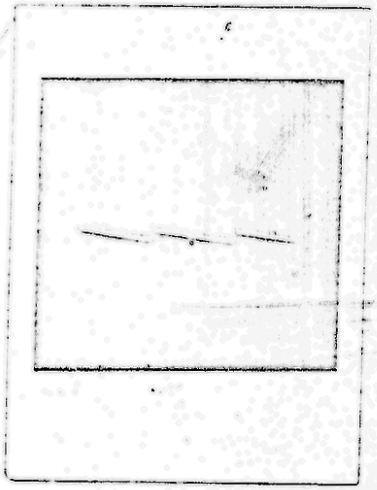
第5-9図　実際のコンバーゼンス回路
（東芝19WA）

第6章. コンバーゼンス回路の各部波形

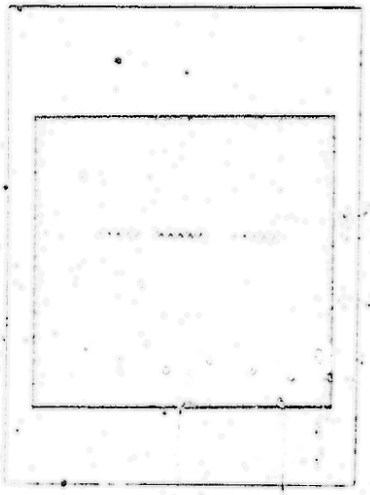
波形撮影に使用したカラーテレビは東芝製19吋19WA型である。
(シャッター；1/15・秒，　絞；5.6)

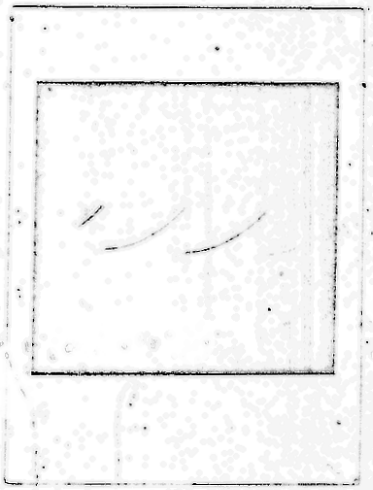
コンバーゼンス回路入力波形





垂直出力トランスよりの入力　11 Vpp

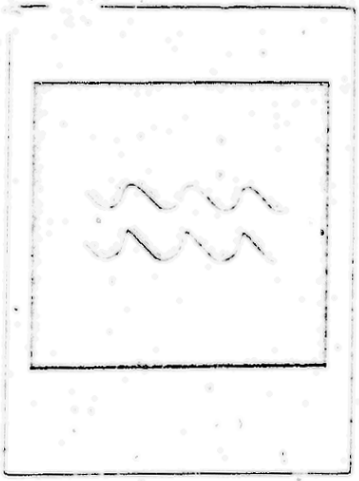




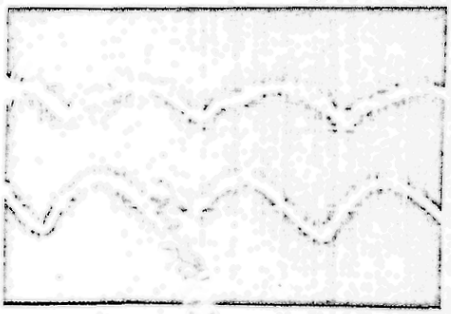
水平出力トランスよりの入力　225 Vpp　　垂直出力管カソードよりの入力　6 Vpp

コンバーゼンス、各部波形

① 赤、水平コンバーゼンス



電圧波形 18~20 V_{pp}



電流波形

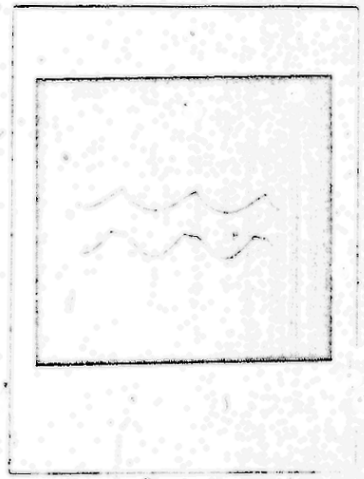
上：RG-2 コイル入，　下：RG-2 コイル出

② 赤、垂直コンバーゼンス



電圧波形 0.3~6 V_{pp}

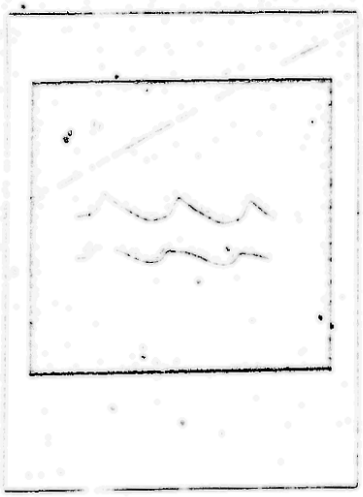
上：R-Amp 最大



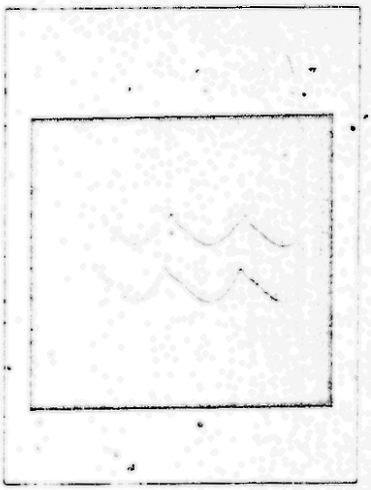
電流波形 6 mA_{pp}

下：R-Amp 最小

(3) 緑・水平コンバージェンス

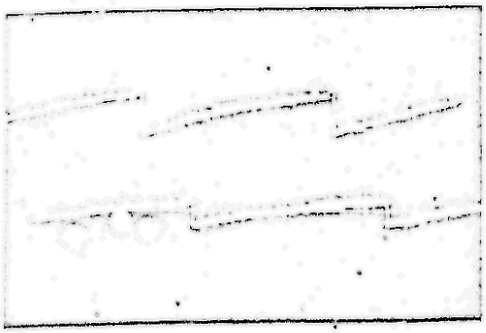


電圧波形 18~10Vpp
上: RGBコイル入

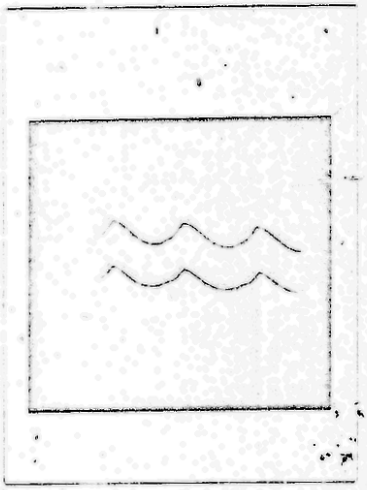


電流波形 100mApp
下: RGBコイル出

(4) 緑・垂直コンバージェンス

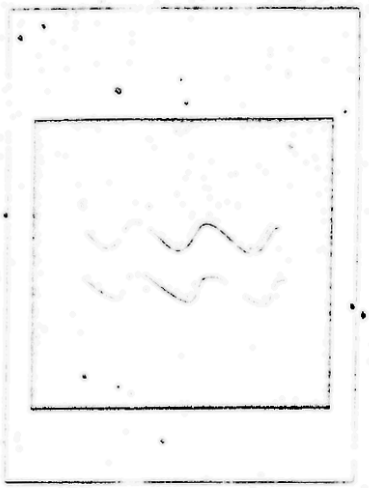


電圧波形(ノコギリ波) 6~0.3Vpp
上: G-Amp 最大.

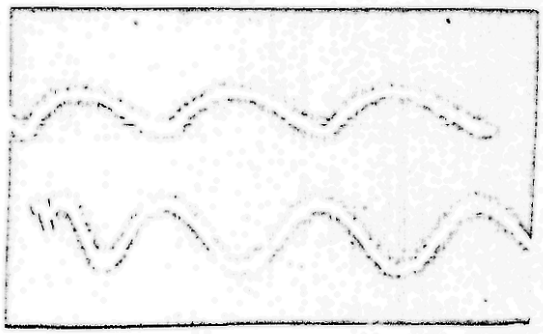


電流波形 4mApp
下: G-Amp 最小

⑤ 青、水平コンバージェンス

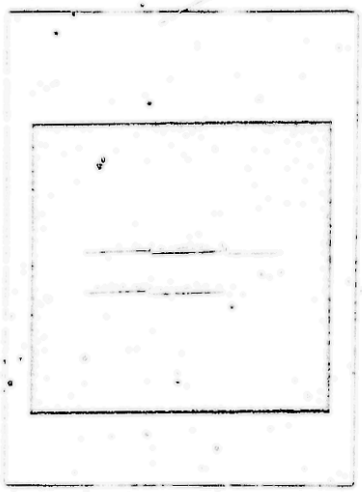


電圧波形 25~40Vpp
上：B-2 最大

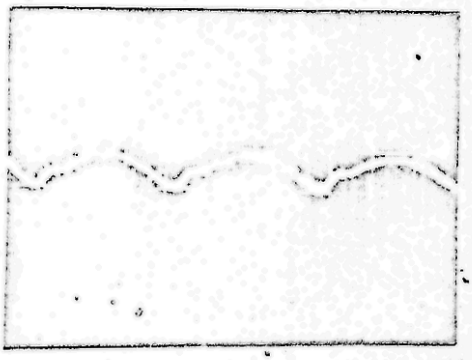


電流波形
下：B-2 最小

⑥ 青、垂直コンバージェンス



電圧波形 6Vpp
上：B-Amp 最大



電流波形 7~8 mApp
下：B-Amp 最小

第7章　周辺コンバーゼンス補正回路

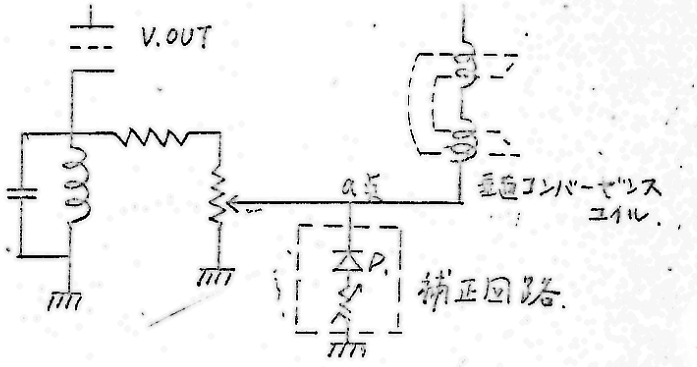
第4－3図に見られるように電子ビーム（図では中心軸上及び中心軸よりSだけ離れたものの2本）はスクリーン上では集点を結ばないで球面スクリーンより内側の空間に集点を結ぶ（且C点），そしてそれから先は段々開いてしまいスクリーン上では△yfだけずれてしまう。

この△yfを零にするには偏向点（図a点）において各電子ビームの偏向角を少し変えて球面スクリーン上で集束するようにすれば良い。実際にはコンバーゼンス回路の解析の所で述べたようにパラボラ波を使用すれば補正することができるが，第5章の回路ではスクリーン最端部まで補正することができない。そこで次のような周辺コンバーゼンス補正回路を考えて見た。実際には水平・垂直の両方向共補正しなければならないが，今回は垂直のみの補正回路について述べ，水平の補正回路については考察を行なわないこととする。

この補正回路は実際に使用する際に簡単な回路で，調整がしやすく，かつ価格が安いことを目標にした。

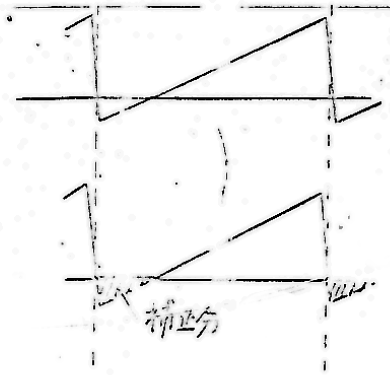
① 第5－3図の垂直出力管カソードのノコギリ波形をダイオードと抵抗の直列回路で変化させスクリーン上方を補正する。

この回路は第7－1図に示すようなものである。



第7－1図　垂直周辺コンバーゼンス補正回路

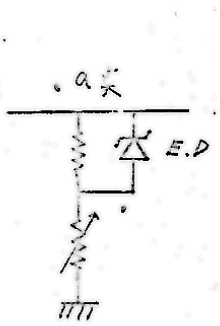
抵抗を変えることにより第7－2図のようにノコギリ波の下側の部分が一部変化する。



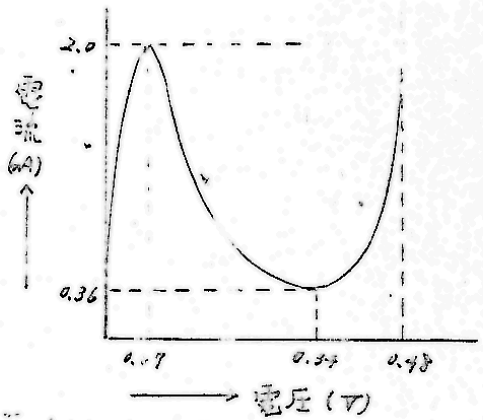
第1-2図　ダイオードによる補正波形

この回路により スクリーン上部で ついて約30mmの範囲の垂直コンバージェンスを約1～1.5mm上側（赤は右上，緑は左上，青は真上）に移動させることができる。

(ロ)，(イ)の回路では上側に動かすことはできるが下側へ動かすことができない。そこで第1-3図のような回路が考えられる。

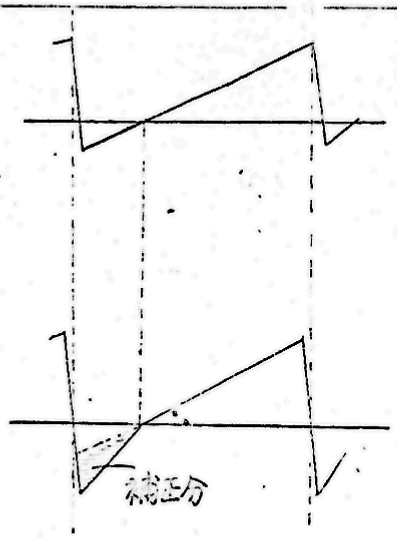


補正回路



第1-3図　エサキダイオードの静特性（ソニー，1T1102）及び補正回路

これは○のダイオードの変わりにエサキダイオードを入れたもので，エサキダイオードの負性抵抗部分を使用するものである。エサキダイオードの特性は第1-3図のようなもので約0.3Vで負性抵抗領域に入る，その電圧以外では普通のダイオードに同様に動作するので エサキダイオードのバイアスを変えてやれば 第1-2図の変化を逆にすることができると思われる。（第1-4図）

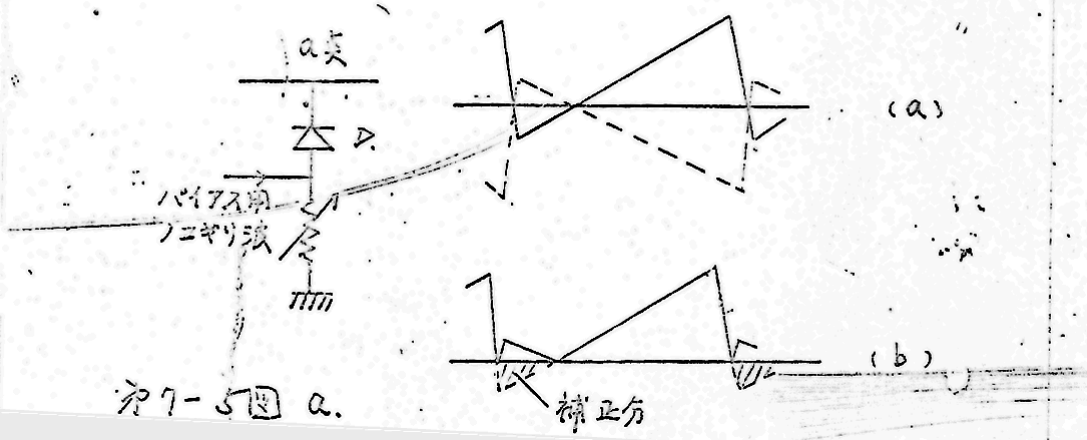


第7-4図　エサキ・ダイオードによる補正波形

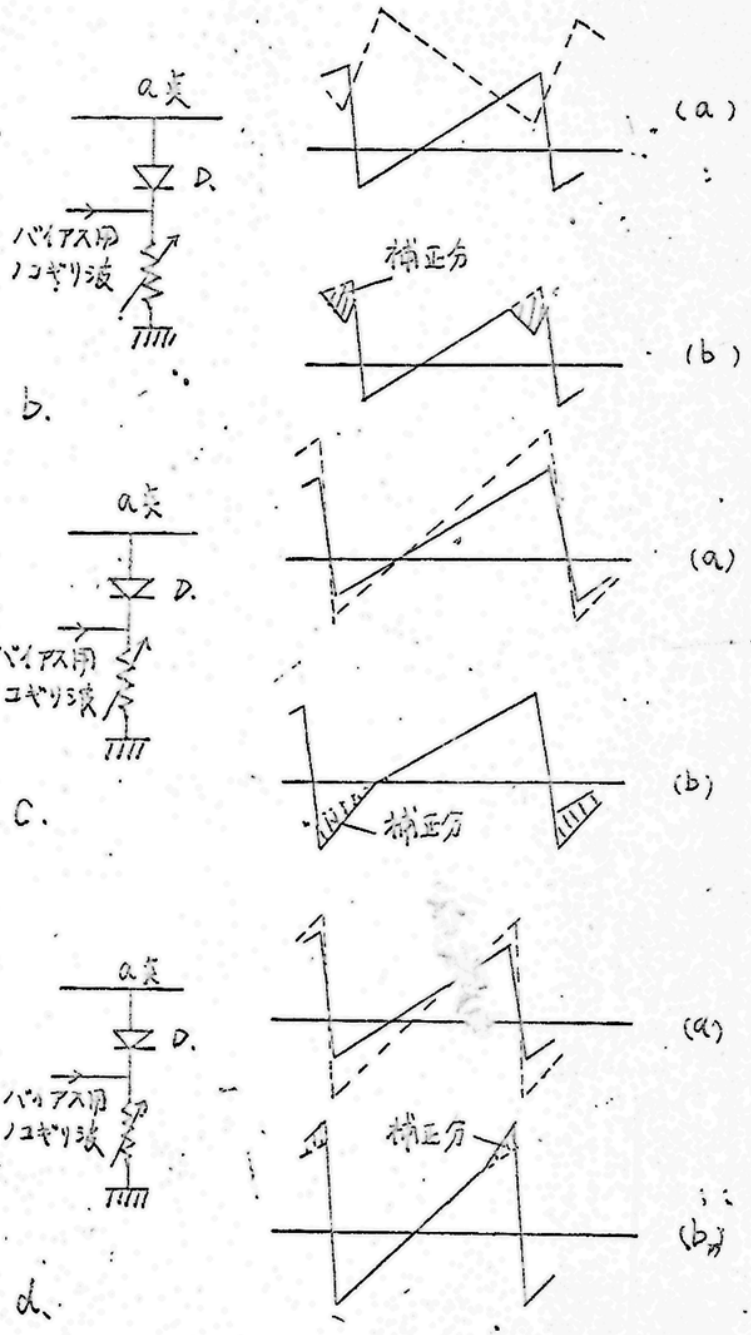
しかし，実際な負性抵抗領域は第7-3図より明らかなように約0.2Vの範囲しかないので，エサキ・ダイオードにバックワード・ダイオードを並列に入れて動作点において負性抵抗領域を広げると共に，電圧を安定化しなければならない。

③ 第7-1図のような回路において ダイオードのバイアスとして直流にノコギリ波電圧を重畳した場合を考える。

第7-5図 a～dに その原理図及び波形による説明図を示す。

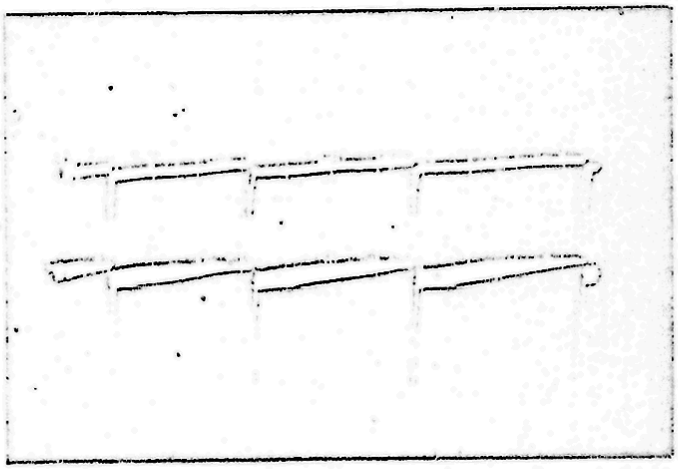


第7-5図 a.

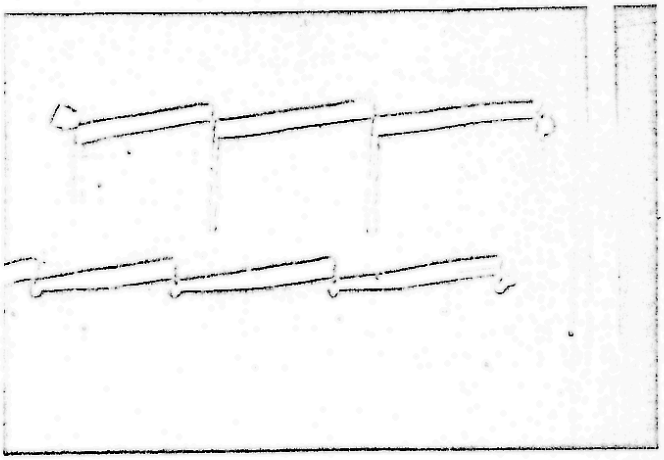

a点
D.
バイアス用
ノコギリ波
(a)
補正分
(b)
b.
a点
D.
バイアス用
ノコギリ波
(a)
(b)
補正分
C.
a点
D.
バイアス用
ノコギリ波
(a)
補正分
(b)
d.

第7-5図

aはスクリーンの上位側を上に変える場合，bはスクリーン下側に変える場合，cはスクリーン上側を下へ変える場合，dはスクリーン下側を上に変える場合の各説明図である。動作原理は皆同様なのでaについて説明する。実線は垂直出力管のカソードより導かれたノコギリ波補正，点線はそのノコギリ波補正より幾分か低い直流値に持った図の様な位相のノコギリ波である。この両者はaの回路に加えると，オク-5図ⓑの合成波形が得られる。この合成波形と見ると前述（①）の波形に似ていることがわかる。つまりスクリーン上側を上の方向に動かすのに有効な波形である。この様にしてa～dの回路を使用すればスクリーンの上下における垂直方向のコンバーゼンス誤差は補正できるものと思われる。なお，このa～dの回路にはバイアス用として二種類のノコギリ波がいるがcとdは垂直出力管から取り出せるがaとbは取り出せない，しかしブラウン管のカソード回路へ加えられている垂直帰線消去信号を積分回路を通すことにより，aとbに使用するノコギリ波補正が得られる。



オク-1図のダイオードを並にして補正した波形
上：補正前 6.6 Vpp　　下：補正後 6.1 Vpp



第7-1図による補正した波形
上：補正前 6.6Vpp　下：補正後 1.8Vpp

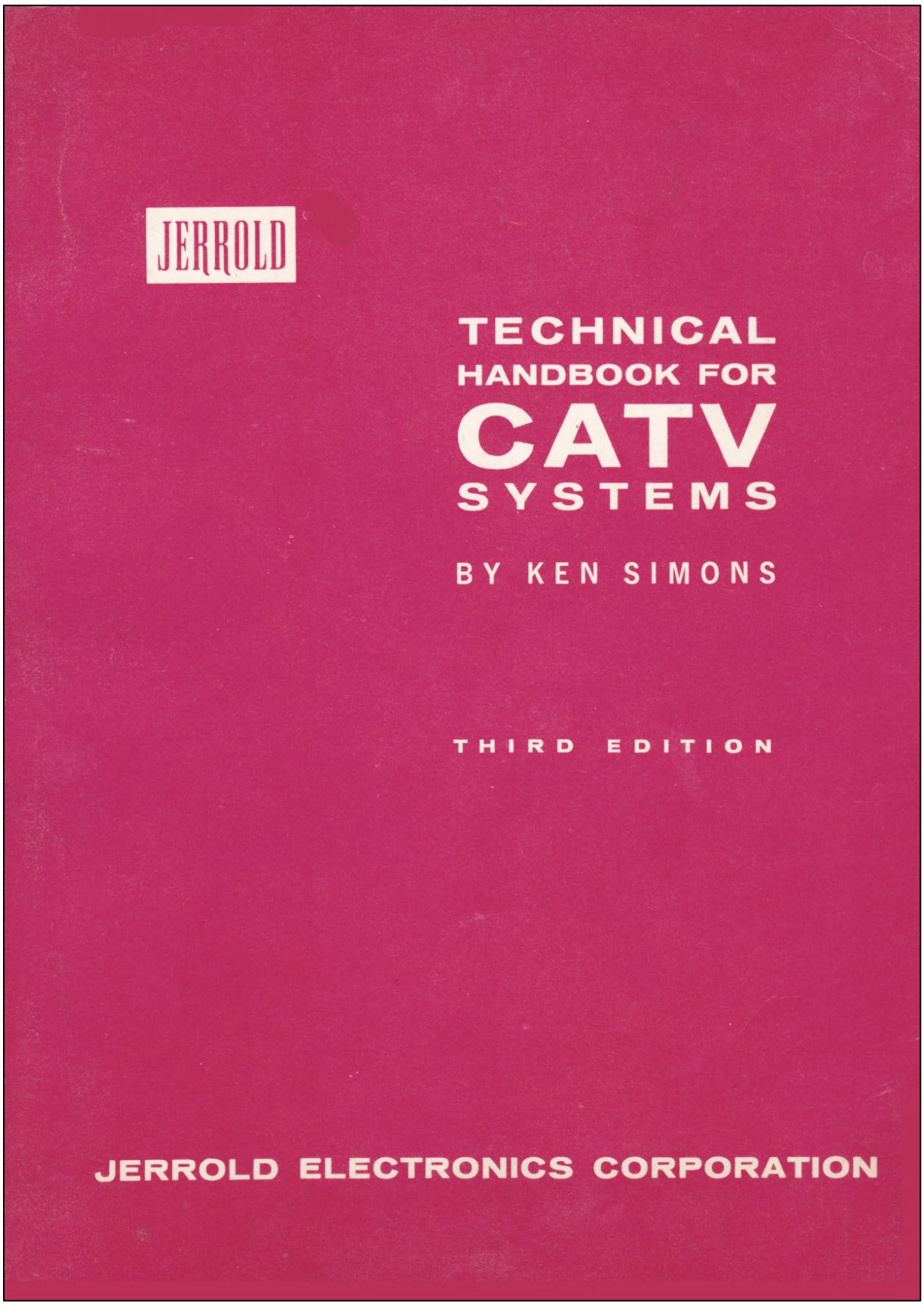


第7-6図，　第7-1図の回路を使用したときの各色の動き．

第8章　むすび

本論文では，まず電磁偏向による偏向誤差と等を，球面スクリーンとでのコンバーゼンス誤差を幾何学的に計算する方法を与えた。
次に現在各カラーテレビメーカーで使用されているコンバーゼンス回路の解析を行なった。また，それと並行してコンバーゼンス回路の各部波形を実際に測定し写真により結果を示した。そして最後にスクリーン周辺の垂直コンバーゼンス誤差を補正する回路について，①ダイオードと抵抗の並列回路により，スクリーンの上側約30mmの範囲について上方向約1～5mmの誤差を補正できる回路を開発した。
次に①の回路では上方にしか補正できない欠点を持っているのでエサキ・ダイオードの負性抵抗部分を使用して下方に誤差を補正する回路，及びダイオードに直流を重畳したノコギリ波電圧をバイアスとして使用したときに二種類のノコギリ波電圧を使用すればスクリーン周辺の垂直コンバーゼンス誤差を補正できると思われる回路についての提案を行なった。

1968年(昭和43)TECHNICAL HANDBOOK FOR CATV SYSTEMS(A5変形,p109)



TECHNICAL HANDBOOK
FOR
CATV SYSTEMS

by

KEN SIMONS

THIRD EDITION

JERROLD ELECTRONICS CORPORATION
PHILADELPHIA, PENNSYLVANIA, U.S.A.

TECHNICAL HANDBOOK FOR CATV SYSTEMS

Third Edition, Revised and Enlarged, March 1968

Printed in the U.S.A.

Copyright© 1968 by the JERROLD ELECTRONICS CORP.

Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.

All rights reserved

U.D.C. 621.397.743 : 621.315.212

Published by JERROLD ELECTRONICS CORPORATION

ENGINEERING LABORATORY, PUBLICATIONS DEPT., HATBORO, PA.

CONTENTS

Pages

PREFACE VII

CHAPTER I DECIBELS AND dBmV 1-4

The Need for dB Expressions. Decibels Start with Logarithms. The Bel and the Decibel. The dBmV. Signal Voltage in CATV Systems. Voltage Measurement of the TV Sound Signal. Voltage Measurement of the TV Picture Signal. Field Strength Meter Calibration.

CHAPTER II THE COMBINATION OF VOLTAGE, CURRENT OR POWER 5-12

Introduction. Voltage and Current Addition—DC. Voltage and Current Addition—Phased AC. Equal Contributions. Voltage Addition—Two Unequal Contributions. Voltage Addition—Effect of Phase Variation. Power Addition—Different Frequencies. Power Addition—Equal Powers. Power Addition—Two Unequal Contributions. Power Splitting Relationships.

CHAPTER III RANDOM NOISE IN CATV SYSTEMS 13-15

Fundamentals. Signal-to-Noise Ratio. Noise Figure. Noise Figure in a Cascaded Amplifier System.

CHAPTER IV THE FUNDAMENTALS OF DISTORTION IN CATV AMPLIFIERS 16-29

Summary. Introduction. Distortionless Amplification. Amplification with Distortion. Second Order Distortion. "AC" and "DC." AC and DC Components. The Spectrum of a Composite Voltage. A Voltage with Two AC Components. Second Order Distortion by Addition of Components. The Spectrum of a Voltage with Second Order Distortion. Third Order Distortion. Third Order Distortion by Addition of Components. Spectrum of a Voltage with Third Order Distortion. The Sum of Two Sinusoidal Voltages Having Slightly Different Frequencies. Two Sinusoidal Input Voltages with Second Order Distortion. Why Second Order Distortion is Unimportant in Present CATV Systems. Two Sinusoidal Input Voltages with Third Order Distortion. Cross-Modulation and Compression. Conclusion.

CHAPTER V A MATHEMATICAL ANALYSIS OF DISTORTION AS IT OCCURS IN CATV AMPLIFIERS 30-39

A Summary of the Decibel Expressions. Output Levels Expressed in dBmV. Relative Distortion Expressed in Decibels. Introduction. Results of Basic Mathematical Development. Decibel Expressions for the Levels of the Output Components. Relative Distortion Expressed in Decibels. Conclusion. The Detailed Mathematical Development of The Distortion Components. Detailed Development of Self- and Cross-Compression (and Expansion) with Unmodulated Input Signals. The Detailed Development of the Relationship Between Cross-Modulation and the Triple Beat Ratio.

CHAPTER VI CROSS-MODULATION IN A CATV SYSTEM 40-45

The Nature of Cross-Modulation. Expressing Cross-Modulation in Percent. Expressing Cross-Modulation in dBs. Maximum Tolerable Cross-Modulation. The Change in Cross-Modulation with Number of Channels. The Increase in Cross-Modulation in a Cascaded Amplifier System. The Variation of Cross-Modulation with Output Level. Reduction in Output in a Cascaded Amplifier System.

CHAPTER VII THE ARITHMETIC OF CASCADED TRUNK LINE AMPLIFIER SYSTEMS 46-47

Definitions. Noise Relationships. Cross-Modulation Relationships. How Noise and Cross-Modulation Limit System Length. Maximum Number of Amplifiers. Optimum System Operating Level.

CHAPTER VIII MEASURING NOISE, CROSS-MODULATION, AND HUM MODULATION 48-56

Measuring Noise. Noise Level Measurements with a Jerrold Field Strength Meter Model 704-B. Noise Calibration of a Field Strength Meter. Measuring Cross-Modulation. The Basic Test for TV Cross-Modulation. A Cross-Modulation Test Set. Measuring Cross-Modulation with a 704-B and Picture Signals. An example of Cross-Modulation Measurement with TV Modulation. Using Sine-Wave Modulated Signals for Measuring Cross-Modulation. Relation Between Apparent Cross-Modulation and Modulation Ratio. Determining RMS Voltage Corresponding to Peak with Sine-Wave Modulation. Examples of Cross-Modulation Measurement with Sine-Wave Modulation. Measuring Hum Modulation. Measurements with a 704-B. Hum Modulation in Cascaded Amplifier Systems.

CHAPTER IX REDUCING THE EFFECTS OF REFLECTION IN CATV FEEDERS 57-63

Improvements in Pressure Tap Design. Reflection Introduced into a Feeder by One Tap at the Worst Frequency (216 MHz). Periodicity. Periodicity in Cable. Periodicity Problems with Pressure Taps. Using Periodicity to Minimize Reflections. Directional Coupler Multi-taps. Summary.

CHAPTER X SWEEP FREQUENCY TESTING OF COAXIAL CABLES 64-69

Introduction. Transmission Loss Measurement. Impedance Testing. Structural Return Loss Testing. Comparison of the Three Results.

Pages

CHAPTER XI CHARTS AND TABLES 71-104

INSTRUCTIONS ON THE USE OF CHARTS AND TABLES 71

APPLICATION OF POWER VS. dB CHARTS AND TABLES 71-73

Power Gain or Loss. Percent Power. Conversion of Power to dBm. Conversion of dBm to Power. Relation between dBm and dBmV. Noise Factor and Noise Figure. System Noise Calculations. Power Addition. Power Division. Application of Power Split Data to Reflection Problems.

GUIDE TO POWER VS dB CHARTS

To Convert between —dB and Power Ratio ..... Chart P1 74
To Convert between +dB and Power Ratio ..... Chart P2 75
Power Sum Calculation—Relation between Difference of Two dBmV Levels and dB to be Added to Larger Level ..... Chart P3 76
Power Split Calculation (Tap Loss and Line Loss) ..... Chart P4 77

GUIDE TO POWER VS. dB TABLES

Given Power Ratio . . . Find —dB ..... Table P5 78-79
Given —dB . . . Find Power Ratio ..... Table P6 80-81
Given Power Ratio . . . Find +dB ..... Table P7 82-83
Given +dB . . . Find Power Ratio ..... Table P8 84-85
Given Level Difference . . . Find Total Level for Powers Adding ..... Table P9 86
Given Level Difference . . . Find Total Level for Powers Dividing ..... Table P10 86

APPLICATION OF VOLTAGE VS. dB CHARTS AND TABLES 87

Voltage or Current Gain or Loss. Percent Voltage. Relation Between dBmV and mV. Voltage or Cross-Modulation Addition.

GUIDE TO VOLTAGE VS. dB CHARTS

To Convert between —dB and Voltage Ratio or % Voltage; and to Convert between —dBmV and Millivolts ..... Chart V1 88-89
To Convert between +dB and Voltage Ratio, and to Convert between +dBmV and Millivolts ..... Chart V2 90
To Convert between Signal or Cross-Modulation Level Difference and Level for Voltage Sum ..... Chart V3 91

GUIDE TO VOLTAGE VS. dB TABLES

Given Voltage Ratio . . . Find —dB ..... Table V4 92-93
Given —dB . . . Find Voltage Ratio ..... Table V5 94-95
Given Voltage Ratio . . . Find +dB ..... Table V6 96-97
Given +dB . . . Find Voltage Ratio ..... Table V7 98-99
Given Signal or Cross-Modulation Level Difference . . . Find dBmV corresponding to Voltage Sum ..... Table V8 100
To Convert between dBmV and Voltage, or Current, or Power ..... Table V9 101

CONVERSION BETWEEN RETURN LOSS, REFLECTION, AND VSWR ..... Table T1 102

GUIDE TO TABLE ON CHANNEL VARIABLES 103

TV CHANNELS 2-83: THEIR CORRESPONDING PICTURE AND SOUND CARRIER FREQUENCIES, HALF-WAVELENGTHS FOR AIR, POLYETHYLENE AND FOAM DIELECTRIC, AND DI-POLE ANTENNA FACTOR ..... Table T2 104

APPENDIX I Mathematical Development of Distortion Components 105-106

APPENDIX II Mathematical Development of Self- and Cross-Compression (and Expansion) with Unmodulated Input Signals 107

APPENDIX III Mathematical Development of Relationship between Cross-Modulation and Triple Beat Ratio 107-109

PREFACE

This book on many important facets of CATV systems is a compilation of numerous papers and articles previously published and of lectures given by the author.

Ken Simons has been with CATV right from its inception in the early fifties and the contents of this book reflect his deep devotion to and involvement in the problems with which this fast-growing industry is confronted daily. Not only is the CATV industry deeply indebted to him for his contributions to the state of the art and to the opening up of a whole new area of industrial, educational, and consumer electronics markets with the accompanying creation of many thousands of jobs, but the public at large has greatly benefited by being able to view television broadcasts in areas where previously without CATV systems they could not.

It is hoped that future editions will be enlarged by further chapters on other important aspects of CATV systems, for the education and edification of engineers and technicians active in the industry.

Philadelphia, April 1968

GIDEON RATH, *Editor*
Jerrold Electronics Corporation
Engineering Publications Department

1.4 雑音防止器

鈴木早蔵

1.4.1 防止器の種類[1]

防止器は回路構成上，第1.7表のように C，F および π 形の3種に大別され，標準放送（BC）波帯用 C および F 形防止器については JIS 規格により素子定数などが規定されている。[1]

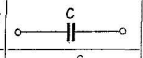
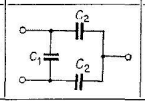
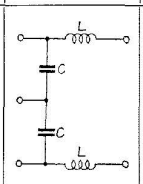
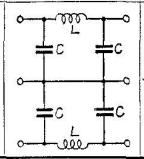
π 形防止器についての JIS 規格はないが，F 形防止器にその構成素子コンデンサと同一定格のコンデンサを入出力対称形に付加したり，あるいはHF～UHF帯まで広帯域にわたる雑音防止が可能であるよう素子定数を選定する。

次に VHF～UHF 帯用防止器の場合はコイルおよびコンデンサのインピーダンス特性が低下しないよう特に注意する必要があり，コンデンサは貫通形コンデンサが多く用いられる。

小形電源雑音防止器の電流容量は，防止対象機器との関連上，2～10A 程度の場合が多い。

これらの防止器は独自の外囲体を有する形で市販される場合も多いが，構成素子を対象機器の外囲体内に取り付ける場合も多い。なお，特定周波数または周波数帯の障害波を抑制するために直列共振を利用したトラップもあるが，ここでは述べない。

第 1.7 表　電源雑音防止器の種類

種別		回路	JIS 規格例（標準放送波帯用） 形名	素子定数	許容電流
C	CS		DCS 2-10	C=0.1 μF	
			DCS 2-05	C=0.05 μF	
	CB		DCB 3-66	C_1=0.067 μF, C_2=0.067 μF	
			DCB 3-13	C_1=0.1 μF, C_2=0.003 μF	
F			DFA-2	L=1 mH, C=0.1 μF	2A
			DFA-5	L=1 mH, C=0.1 μF	5A
			DFA-10	L=0.7 mH, C=0.1 μF	10A
			DFA-20	L=0.5 mH, C=0.1 μF	20A
π			JIS 規格なし		

1.4.2 防止器用素子

（a） **コンデンサ**　BC 帯（中波標準放送波帯）用防止器には通常，紙コンデンサが用いられ，DCB形防止器の場合は各素子コンデンサが一括構造で1個の容器内に収められており内部接続されている。これらのコンデンサはいわゆる無誘導形構造になっている。

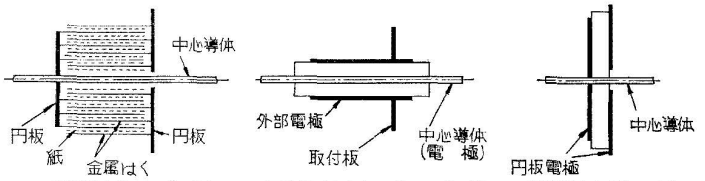
VHF～UHF 帯用防止器には通常，円筒形貫通コンデンサが用いられ，誘電体は小静電容量のものではチタン酸バリウム，大静電容量（BC 帯兼用）のものでは紙がそれぞれ多く用いられる。このほか円板形貫通コンデンサも用いられる。

貫通形コンデンサの誘電体としてチタン酸バリウムなどを用いる場合は ε が数千に及ぶため，VHF～UHF 帯では一種の形状共振を生じる周波数があり，調波的に防止効果の顕著な低下を示す。この現象をサックアウトと呼ぶ。[2]

円筒形貫通コンデンサでは外部円筒長を l，サックアウト波長を λ，サックアウト次数を n とすれば

$$\sqrt{\varepsilon}\, l = \frac{\lambda}{2} n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.1)$$

各種貫通形コンデンサの構造を第1.8図に示す。



(a) 円筒形（紙コンデンサ）　(b) 円筒形（セラミックコンデンサ）(c) 円板形（セラミックコンデンサ）

第 1.8 図　貫通形コンデンサの構造

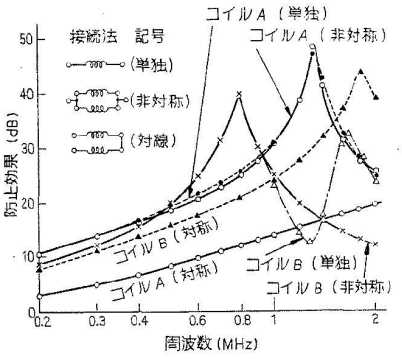
鈴木早蔵：日本放送協会

(b) **コイル**　BC 帯用コイルは通常1個の鉄心に往復相(単相の場合)の巻線を施してあるが，占有容積を小さくし，かつ機器の負荷電流により鉄心が飽和しないよう相間の結合係数が 0.5〜0.9 程度で負荷電流による磁束が相殺傾向を示すように巻線してある。

VHF〜UHF 帯用コイルはインダクタンスが数十 μH 以下のため鉄心の飽和はほとんどなく，各相独立に巻いてあるものが多い。

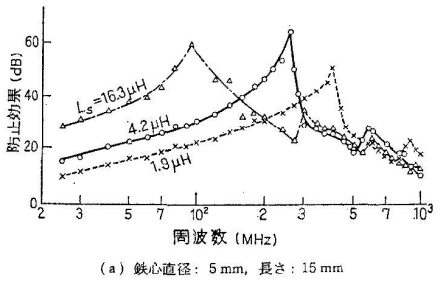
鉄心材料は中程度の電流容量の場合はけい素鋼板，小電流容量の場合はマンガン・亜鉛系または銅・亜鉛系フェライトを用いることが多い。

コイル単独の防止効果を第 1.9 図，第 1.10 図に示す。

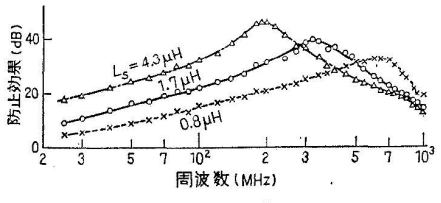


防止効果は防止器そう入前後における線路側雑音電圧の比(dB) と定義する

第 1.9 図　コイル単独の防止効果（1）



（a）鉄心直径：5 mm，長さ：15 mm



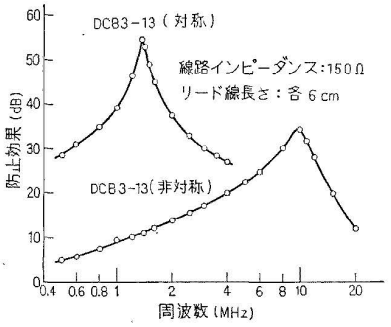
（b）鉄心直径：3 mm，長さ：10 mm

K_1 材，線路インピーダンス：50 Ω，L_s：1 kHz における値

第 1.10 図　コイル単独の防止効果（2）

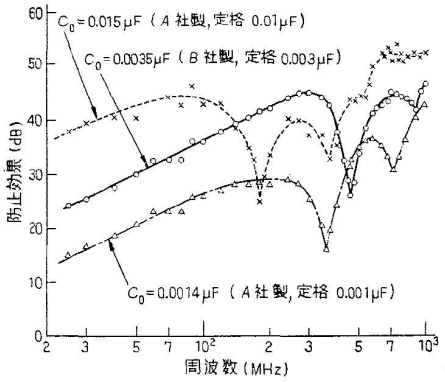
1.4.3 防止効果の実際例

C，F および π 形防止器の特性の実際例を第 1.11 図〜第 1.15 図に示す。これらの特性は雑音源の代わりに SG を用い，かつ BC 帯では $z_1=z_2=150\ \Omega$，



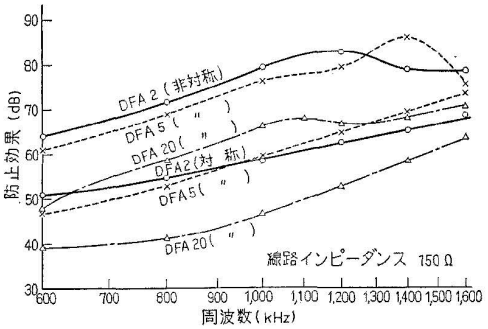
DCS 2-10 および DCB 3-66（対称，非対称）は DCB 3-13 対称とほぼ同特性

第 1.11 図　C形防止器の防止効果（1）

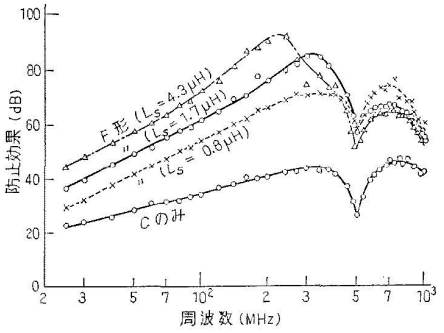


円筒形貫通コンデンサ
誘電体：チタン酸バリウム，線路インピーダンス：50 Ω

第 1.12 図　C形防止器の防止効果（2）

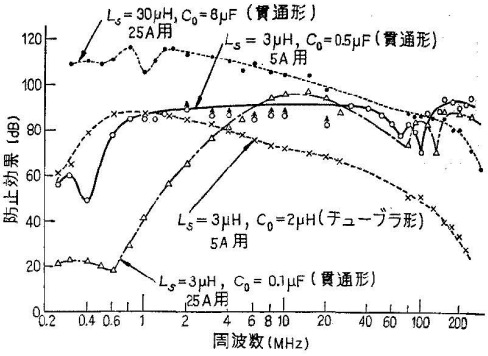


第 1.13 図　F形防止器の防止効果（1）



C: 0.003 μF 貫通形コンデンサ (L_β=0)
コイル：第 1・10 図 (b) 参照
線路インピーダンス：50 Ω

第 1.14 図　F形防止器の防止効果（2）



非対称防止効果
線路インピーダンス：150 Ω
紙コンデンサ

第 1.15 図　π形防止器の防止効果（1）

VHF～UHF 帯では $z_1=z_2=50\,\Omega$ として測定した。

防止効果は防止器の構成素子の高周波特性のほかに防止器の設置条件，たとえば入出力間結合度または接地インピーダンスなどにより大幅に変化する。

1.4.4　設計および使用上の要点

（a）　**設計上の要点**　　防止器設計に際して注意すべき点を列挙すれば

（1）　素子定数は所要防止効果，使用周波数帯雑音源または線路の等価インピーダンスに応じて適当な値を選び，かつ適当な構造にする。

（2）　人体に対する電撃，過大電流によるコイルの過熱，耐電圧不足によるコンデンサおよび端子部の絶縁破壊などがないよう安全性保持に注意する。

（3）　Fおよびπ形防止器の場合は，負荷電流によるコイル部の電圧降下が過大になって機器の動作が損なわれないようにする。

（4）　使用温度において，絶縁，素子の固着支持および静電容量が変化し，防止効果および安全性に支障を与えないようにする。

（b）　**使用上の要点**　　防止器使用に際して注意すべき点を列挙すれば

（1）　防止すべき雑音周波数帯に適した定格の防止器を選ぶ。

（2）　電流容量および耐電圧が定格値を超過しないようにする。

（3）　防止器の入，出力間結合度が極力小さくなるようにする。

（4）　防止器の接地インピーダンスが極力小さくなるようにする。

（5）　防止器は雑音源にできるだけ近づけて取り付ける。雑音源の放射エネルギーが大きい場合は防止器および出力配線を適宜しゃへいする。

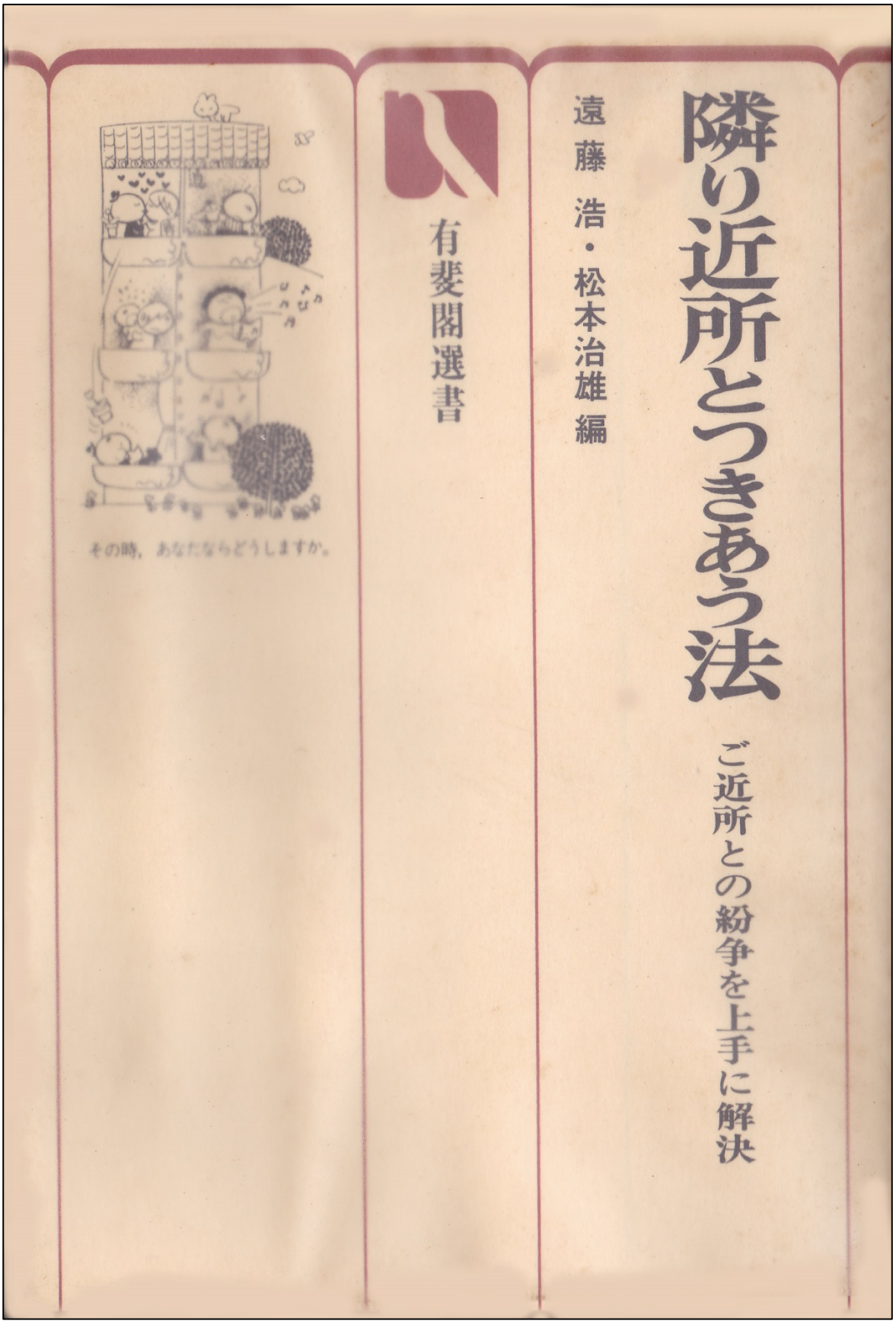
（6）　機器はできるかぎり接地する。

（7）　機器動作の種類および時間経過に対する防止効果の持続性をじゅうぶんに確認する。

文　献

（1）　JIS-C-6901：C 形標準放送受信障害防止器および
JIS-C-6902：F 形標準放送受信障害防止器
（2）　H. M. Schlicke: Essentials of Dielectromagnetic Engineering p. 151 (1961) J. Wiley Inc. London

1971 年（昭和 46）隣近所と付き合う法（A5,p303）



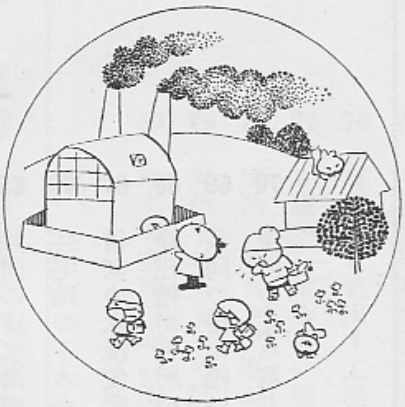
■執筆者紹介（50音順）■

荒井八太郎	駒沢大学教授
五十嵐清	北海道大学教授
稲村良平	弁護士
稲本洋之助	東京大学助教授
今泉浩紀	経済企画庁総合計画局副計画官
岩城武治	弁護士
牛山積	早稲田大学助教授
打田畯一	専修大学教授
遠藤浩	学習院大学教授
落合幸男	司法書士
河村卓哉	弁護士
神田洋司	弁護士
劔持甫	NHK 東京営業局営業技術部
斉藤博	新潟大学助教授
佐々木秀雄	東京都下水道局契約課長
下光軍二	弁護士
菅又淳	東京都精神衛生センター所長
杉谷洸大	大蔵省主計局調査課調査主任
玉田弘毅	明治大学教授
中川澄人	建設省大臣官房会計課建設専門官
平井一雄	独協大学助教授
広岡隆	関西学院大学教授
藤井徹	大阪府公害監視センター調査室長
松嶋由紀子	独協大学教授
松本治雄	弁護士
森泉章	青山学院大学教授
山代義雄	大阪府生活環境部公害対策課主幹

イラスト・池原昭治

第5章　水道・ガス・電気・テレビの問題

51　他人の土地を通さなければ水道・ガス管をひけないとき　122
52　隣りまできている水道・ガス管から分けてもらうには　124
53　工場の地下水の汲上げで井戸が涸れたとき　126
54　共同で井戸をつくる方法　128
55　工業用に地下水を大量に使いたいとき　130
56　道路工事で私道の水道・ガス管がこわされたとき　132
57　地下鉄工事で水道管が破裂して侵水したとき　134
58　個人専用の電柱から電気をひくには　136
59　高圧線が通っている土地を買ってしまったら　138
60　ビルによりテレビのうつりが悪くなったら　140



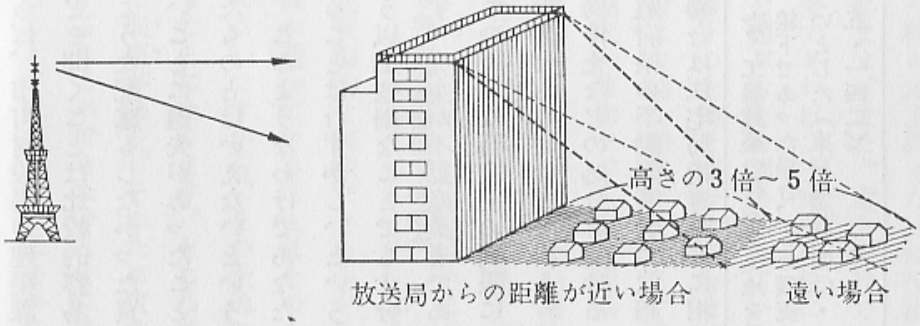
第6章　排水・便所の問題

60 ビルによるテレビの受信障害は障害の原因が明確なときはビル側がアンテナ費用をもつ場合が多い

問　私の家の近所に七階建のマンションができてから、テレビの映像が二重になったり、チラチラしてうつりが悪くなってしまいました。このような時、アンテナを取り替えるとなおるのでしょうか。共同アンテナにするとよいという話も聞きますが、費用などはどのようになるのでしょうか。

最近は都市の近代化にともない、建物の高層化が目立ってきました。

このように建物が高層化されると、日照権の問題を始めとして、いろいろな問題が起きてきます。その問題の一つに、テレビの受信障害があり、映像が二重、三重になったり、画面がチラチラしたりして見にくくなることがあります（ビル陰障害といいます）。



テレビ送信所と受信アンテナの間にビルができるとビル陰障害が起こる

▼ビル陰はどうして起きるか

ビル陰による障害は、日照権の問題とは異なり技術的には比較的簡単に改善することができます。ビルは、鉄筋とコンクリートを使用していますので、木造の建物とは違って電波をさえぎったり反射する性質をもっています。

上の図のように、テレビ送信所と受信アンテナとの間にビルが建設されると、電波が遮へいされたり、反射されたりして受信アンテ

ナに正常な電波がとどかなくなります。

▼被害範囲

テレビ送信所と受信アンテナとの距離や、ビルの大きさ、チャンネルなどによって異なりますが、おおよそビルの高さの三～五倍の範囲でビルの後方に受信障害が起きます。

この被害範囲内での受信障害の程度は、受信アンテナの性能、フィーダー線の種類などにより多少異なります。

▼改善するにはどうしたらよいか

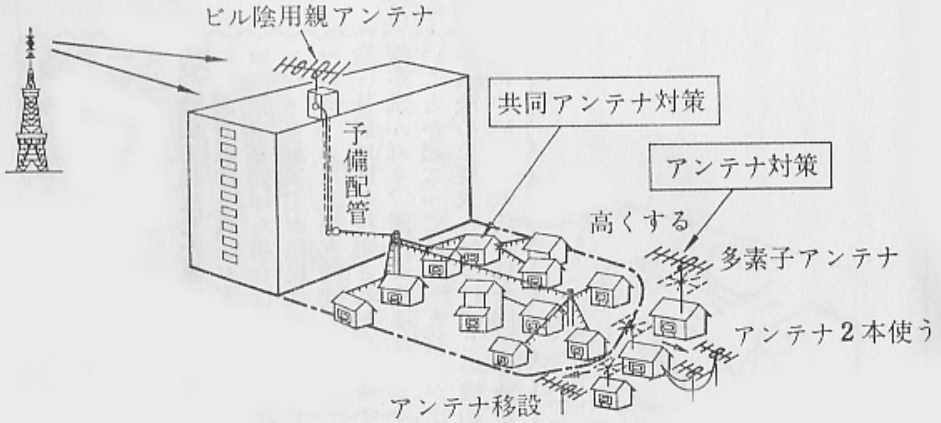
このような障害の改善方法は、①アンテナを性能の良いものに取り替える、②共同受信アンテナにするなどがあります。

アンテナの取替は、比較的障害の程度が軽い場合で、一般的には、ビルから少し離れた所はこの方法により改善することができます。

共同受信アンテナによる方法は、ビルの屋上などうつりの良い場所に共同受信アンテナ用の親アンテナを建てて、そこから被害範囲内の各戸に有線（ケーブル）でテレビ電波を配る方法です。この方法は、受信アンテナの取替えでは改善できない場合に用いられます。

▼費用の分担はどうしたらよいか

ところで、比較的障害の程度が軽くて、アンテナの方向や高さを多少修正するくらいで元どおりの映像が見られるのならば素人でもできますが、アンテナの取替え、



共同アンテナ対策とアンテナ対策

共同アンテナなどの工事は素人にはなかなかできませんから、専門の業者に依頼することになります。

このような場合、工事に必要な費用は加害者・被害者のどちらが負担するのでしょうか。法律的には、このような障害に対する規定はありませんので、被害者と加害者との間の話しあいによる方法しかないのです。

▼実際には　実際の費用の負担の割合は、最近の傾向では、障害の原因が明確な場合は加害者が全額負担というケースが多くなっております。

このような問題が起こったときのトラブルとして一番多いのは〃ほんとうにこのビルのための障害だろうか〃というケースです。

このような問題は、感情的なものに発展する可能性を多分に含んでいますから、ビルが工事を始めた段階で、建築主に、ビル陰による電波障害についても、もしそのようなことが起きたときは対策をしてくれるよう話しあっておくことが賢明です〔なお、⇩41〕。

剱持　甫❖



みんなで見れば安くなる　三重県志摩の漁村の裏山に、テレビ（UHF）の共同受信アンテナができました。一軒一軒でたてるよりも経費はずっと安いのです。なるほど考えたものです。

建築で発生した風害の補償をします　高層マンションの建設で風向や風圧が変化して乱気流が発生し、附近の民家が被害を受けた場合は補償金を出します――西宮市のマンション施工主が住民代表に文書で確約しました。問題のマンションは鉄筋九階建てで、建てられている地区は風致・住居地区に指定された高級住宅街。「気流の変化で看板が飛んだり、雨戸が鳴るなどビル建設前には考えられないことが起こっている」と被害が出たときの補償についての取決めを要求しつづけ、この確約をとりつけました。風害についての取決めは全国でも珍しいものです。

遠藤　浩（えんどう　ひろし）
大正10年9月生れ。
昭和25年東京大学法学部卒業。
現在，学習院大学法学部教授。
〔主　著〕
判例コンメンタール民法総則（共著），判例コンメンタール物権法（共著），時効の援用・利益の放棄（総合判例研究叢書民法(8)所収），市民のための法律入門（共著），建築の法律相談（編著）

松本治雄（まつもと　はるお）
昭和7年6月生れ。
昭和31年中央大学法学部卒業。
現在，弁護士，東京都都民相談室法律相談担当。
〔主　著〕
土地家屋の法律百科（共著），不動産取引の急所知識（共著）

隣り近所とつきあう法　《有斐閣選書》

昭和46年11月25日　初版第1刷印刷
昭和46年11月30日　初版第1刷発行

¥600.

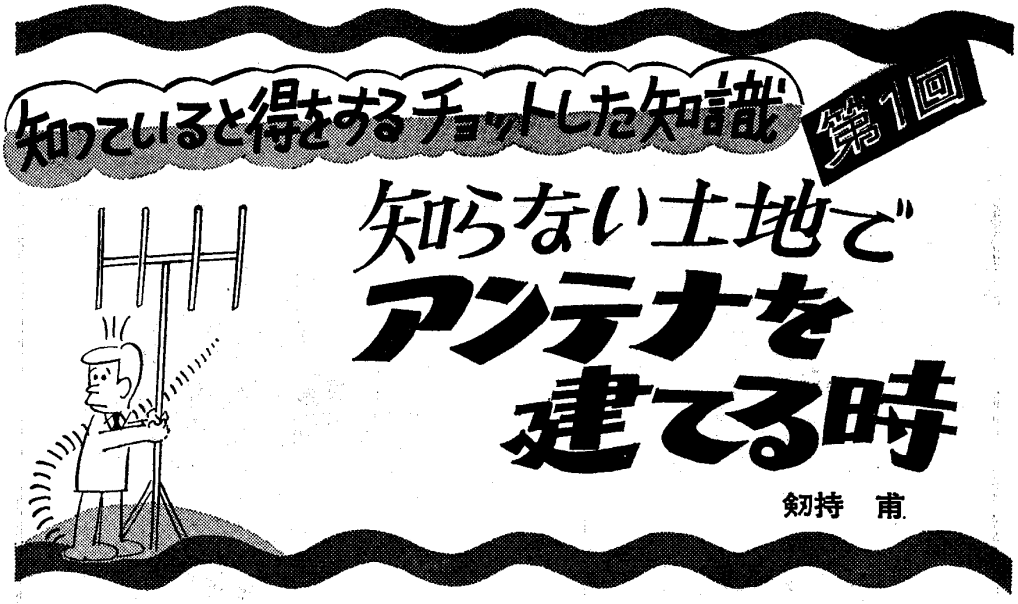
編　者　遠藤　浩・松本治雄
発行者　江草忠允（えぐさ　ただあつ）
発行所　株式会社有斐閣

東京都千代田区神田神保町2～17
電話東京（264）1311（大代表）
郵便番号〔101〕振替口座東京370番
本郷支店〔113〕文京区東京大学正門前
京都支店〔606〕左京区田中門前町44

印刷　株式会社精興社・製本　株式会社高陽堂
© 1971，遠藤浩・松本治雄．
落丁・乱丁本はお取替えいたします。
1332-080200-8611

1972 年（昭和 47）雑誌「電気店」、知っていると得をするチョットし知識（B5）

第一回　知らない土地でアンテナを立てる時（3 月号）(B5,p4)



受信システムとは何でしょうか。簡単に説明すれば，放送局から電波が発射されてから，受信機（カラー・白黒テレビ，FM・中波ラジオなど）で受信されるまでのことをいいます。

今度，ここに連載するのは，＜受信システム＞のちょっとした＜知識＞です。

たとえば，読者の方々の中で，アンテナ工事あるいはカラーテレビなど取付けのときに，次のようなことをしてはいないでしょうか。繁華街で屋根の上にアンテナを建てたけれども，もしアンテナが倒れた時に電線に接触しないか，またはテレビのアンテナからFM放送を聞きたいというお客さんの要望に対して，アンテナの周波数特性を考慮しているでしょうか。アンテナの特性が満足されても，分波器の性能はどうでしょうか……など，このようなちょっとしたことは，案外おこたりがちなものです。

今回は，受信システムの始めとして，電波を送り出すことに関することを説明しましょう。

実効輻射電力（ＥＲＰ）について

ところで，みなさんは実効輻射電力（ＥＲＰ・エフェクティブ・ラジエーション・パワー）という言葉をご存じでしょうか。実効輻射電力とは，放送局から実効的に輻射（発射）される電力のことをいいます。

すると，ここでおそらく疑問を持たれる方があると思います。放送局で通常にいう送信機電力とは違うのだろうか？

そうです，送信機電力と実効輻射電力とは異なったものなのですが，まったく異なったというものではなく，送信機電力を基にしてＥＲＰが出てくるのです。次に東京のＮＨＫ（1ch）を例にして計算してみましょう。

東京ＮＨＫ（1ch）は，映像搬送周波数91.25MHz，音声搬送周波数 95.75MHz，送信機電力 50 kW，送信アンテナ・6 段スーパーターン・アンテナとなっています。

〈実効輻射電力（ＥＲＰ）〉
＝〈送信機電力〉＋〈アンテナ利得〉
－〈給電線損失〉

ここで，アンテナ利得は第 1 表に見られるように 7 dB，給電線損失は通常 1 dB 内外なので，これらを上式に入れ計算すると，

〈実効輻射電力〉＝50(kw)＋7(dB)－1(dB)
＝50(kW)＋6 (dB)

ここで，6 dBは約5倍(電力比のため)ですから(デシベルについては後述)．

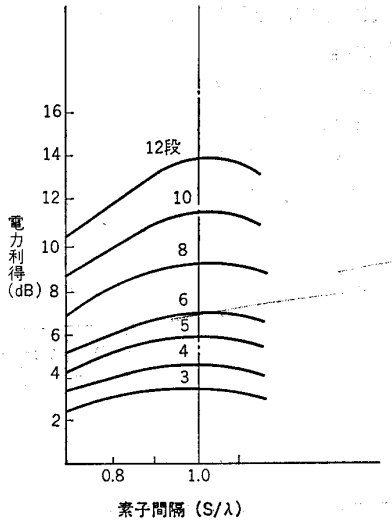
〈実効輻射電力〉＝〈送信機電力〉×5倍

＝250(kW)

となり，この電力が，アンテナから空中へ送り出されていくわけです。ですから，送信機電力は一定でも，アンテナの利得を上げてやれば，送り出される電力(ERP)は増加します。

(例：以上と同じ条件で，アンテナの段数を12段にすると，アンテナ利得は約14dBになります。これは倍数になおすと約12.5になりますので，実効輻射電力はアンテナを6段から12段に変えることにより2.5倍にすることができます)

ここまで読んでこられた読者の中には，なんでこんなことがテレビの取り付けなどに必要なのか……という疑問が出てくると思います。たしかに以上までではそのとおりです。がしかし，これを利用することによって始めてその価値が出てくるのです。



≪第1表≫ スーパーターンスタイルアンテナの電力利得

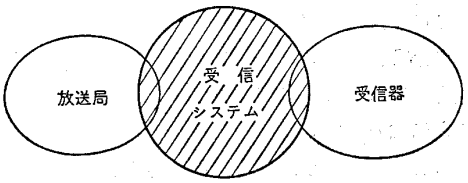
電界強度について

商売をしていると，近所の方々ばかり買いに見えるのではなくて，案外遠くからも買いにくることもあるでしょう。そんな時，取り付けるアンテナは何素子のものを使用したらよいかわからないこともあるのではないでしょうか。こういう時に電解強度がわかっていれば，それ相応のアンテナを準備していくことができます。

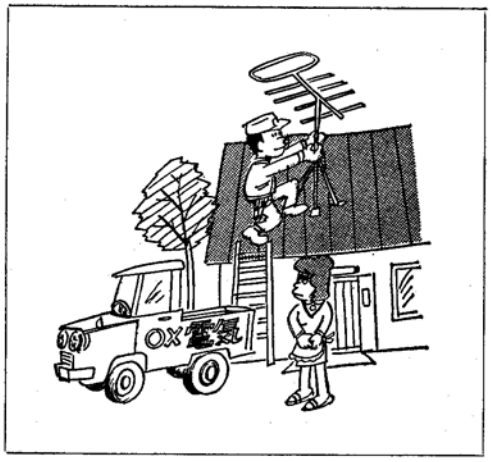
電解強度が知りたいとき，どこに問い合わせたらよいでしょうか……。一度出張し，レベル・チェッカーなどで測定した地区なら推定もできるでしょう……。しかし始めてのところでは感がはずれて出なおしになるかもしれません。もよりの放送局に問い合わせれば，代表的な地区であったらわかるでしょう。しかし，わからない場合もあります。このようなときにこそ，以上のことが必要になってきます。

電界強度の計算式は，$E=88\sqrt{P}h_1h_2/\lambda d^2$ となっています。ここで，Eは電界強度，h_1・h_2は送・受信アンテナの高さ，dは送・受信点間の距離で，Pは実効輻射電力です。

ところで，放送局に問合せて電界強度がわからなくても，送信機電力・アンテナの種類・アンテナの高さなどはすぐ教えてくれます。これだけわかれば，あとは，h_2の受信アンテナの高さ，dの送受信点間の距離，λの波長は全部わかりますか



≪第1図≫ 受信システムとは



ら簡単に計算することができます。このような計算をするときには，各々の数値をそれほどくわしくする必要はありません。たとえば，受信アンテナの高さが実際には55m（海抜高）であっても，これを50mまたは60mで計算しても結果としては，約0.8dB（電界強度100dBの場合）が増減するだけです。これは，電界強度の計算には対数を使うためです。

上の例を確かめて見ましょう。いま，電界強度を計算したところ「真数で100,000」であったとします。これはデシベルで表わしますと，

$$\text{電界強度}(E)=20\log 100,000$$
$$=20\log 10^5$$
$$=100\log 10 \quad (\log 10=1)$$
$$=100(\text{dB})$$

となります。

この状態で，アンテナの高さ(h_2)が55mから60mに5m増加したとすれば電界強度の式の分子が約1割増加したことになります。

これは次のように考えるとわかりやすくなります。

まず，電界強度の式，

$$E_0=\frac{88\sqrt{P}h_1h_2}{\lambda d^2}$$

で，受信アンテナの高さだけ変化したわけですから，それ以外のものを例えばkと置き替えます。

$$E_1=k\cdot h_2 \quad \left(\text{ただし，}k=\frac{88\sqrt{P}h_L}{\lambda d^2}\right)$$

とこのように簡単な式になります。ここで，h_2が1割(0.1)だけ増加したわけですから，

$$h_2(1+0.1)$$

となり，

$$E_1=k\cdot h_2(1.1)$$

ところで，上式の数字を除いたものはその電界強度の式です。

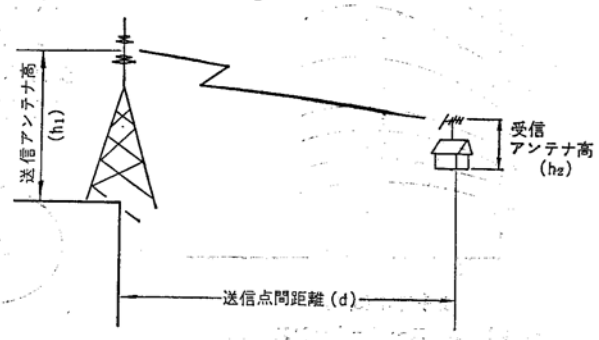
したがって，

$$E_1=E_0\times 1.1$$

となって，E_0を計算したものの1割増とすればよいわけです。

例では，$E_0=100,000$ですから，$E_1=110,000$となりますので，それぞれの対数を計算すれば良いわけです。

$$E_0=100(\text{dB})$$
$$E_1=110,000$$
$$=20\log 110,000$$
$$20\log 1.1\times 10^5$$



≪第2図≫ 送・受信アンテナの関係

$=20\log 1.1+20\log 10^5$

$=20\times 0.04+20\times 5\times 1$

$(\log 1.1=0.04,\ \log 10=1)$

$=0.8+100$

$=100.8(\mathrm{dB})$

となります。

このように，式を変形して使いますと，いちいちめんどうな計算をしなくても済むわけです。

では次に，よくぶつかる問題について試みて見ましょう。

ご存じのように，テレビのチャンネルは，1～12チャンネルまであり，その周波数幅は約100MHzから約200MHzまで100MHz近くあります。すると，先ほどの電界強度の計算をする場合でも波長λが，1チャンネルで約3m，12チャンネルで約1.5mと異なります。

波長の計算式は$\lambda=\dfrac{300}{f}$，fは周波数(MHz)，λは波長(m)で計算すると簡単に計算できます。

このような時には，先ほどと同様に簡単に取り扱かうことができます。

波長3mのときに，電界強度が100dBであったとすると，波長1.5mのときは，電界強度は何dBになるでしょうか。

電界強度の式は，$E_0=\dfrac{88\sqrt{P}h_1h_2}{\lambda d^2}$です。この式で$\lambda$以外のものをGと置き替えると　$E_0=G/\lambda$となります。ここで，λが$\lambda/2$になるわけですから，

$$E_1=G/\frac{\lambda}{2}=2G/\lambda$$

となります。

しかし，ここでよく考えて見てください。G/λはとりもなおさず，そのE_0なのです。ですから最終的に式は，

$$E_1=2E_0$$

となります。2倍のE_0だから，$2\times 100(\mathrm{dB})=200(\mathrm{dB})$とはなりません。200dBという値は何Vに相



当するか計算すると10^{10}V（100億ボルト）になりますので，明らかにこの計算はまちがっています。

電界強度にかぎらず，通常の公式は計算した答は真数，つまり倍数でなく実際の数がでてきます。

したがって，上の式の場合も，E_1，E_0はそれぞれ真数でなければなりません。ただし，この式の場合のように，2倍，または1/2は倍などはあらかじめ，対数で計算されていますので，それを加えてやれば簡単に答がでてきます。たとえば，2倍は「＋6dB」，1/2倍は「－6dB」となっています。

この値を代入すると，

$E_1=2E_0$（$E_0=100\mathrm{dB}$）

$=100(\mathrm{dB})+6(\mathrm{dB})$

$=106(\mathrm{dB})$となります。

以上，電波が発射された附近について，簡単な計算方法なども紹介しました。この本の読者の中には，テレビ修理技術試験を受けるために勉強中の方もあるだろうと思います。このような，ちょっとしたテクニックで簡単に計算することもできるので，ぜひ活用して見てください。

次回は，電波を受ける方について説明する予定です。

第二回　デシベル計算とマージャンの点数計算（４月号）(B5,p4)



第2回

知っていると得をするチョット した知識

デシベル計算と麻雀の点数計算



釼持　甫

先月号では，送信アンテナに関連して電界強度の簡単な計算の方法や応用の方法について説明しました。

今回は，まず，受信システムを理解するうえにぜひとも理解しておいていただきたい“デシベル”の話から始めましょう。

私が，このシリーズを引き受けたときに，編集部から，なるべく数式などは使わないで書いてほしいというご依頼だったのですが，受信システムにかぎらず，必要最少限の基本的なものは知っていたほうが，後々になって役立つものです。そこで，少々の数式を使ってデシベルを説明いたしましょう。

デシベル(dB)とは何か

そもそも“デシベル”とは何か……ということですが，“デシ”というのは$^{1}/_{10}$という意味の英語(de-ci)で，デシリットル($^{1}/_{10}$リットル)，デシメートル($^{1}/_{10}$メートル)という具合に使われるものです。

次に“ベル”です。これは読者のなかにもご存じの方があるだろうと思いますが，世界で初めて電話器を発明した人の名前です。思いあたるフシがありませんか。そして，最初は電話などの回線のレベルを表わす単位として“ベル(Bel)”が使われましたが，ベルという単位は非常に大きすぎるために使いにくすぎたので，その$^{1}/_{10}$であるデシベル(deci-Bel)を使うようになったのです。

ですから，もともとは電話関係の専門家が使用した単位なのです。ここで一つ注意しなければならないのは，それでは今，われわれ電気あるいは電子関係の専門家で使用している“デシベル”と，同一なものなのでしょうか。デシベル(略してdB)という呼び方はまったく同じものですが，その基となるものがそれぞれ専門の分野によって異なっています。

例えば，電話関係では，1 mWを0 dBあるいは1 Wを0 dBとしたり，音響関係では，1 Vを0 dBとしたり，われわれのようにテレビの無線関係では1 μVを0 dBとしています。

このように，使う方面によって，全くその値が変わってしまう危険性が考えられます。そこで以上のような場合は，順にdBm，dBw，dBv，dBμという具合に，基準にした単位を小文字で添えるわけです。

ところで，もう一つ大事な事柄があります。それは，線路あるいは端子でレベルを計測するわけですが，そのインピーダンスが何オームになっているかということです。

通常，電話関係のインピーダンスは600Ω，音響関係では，16Ωというのもあります。このようにインピーダンスが異なりますと，測定したデシベルが，たとえ同じであって，その本当のレベルは異なったものを表わしていることになります。

そこで，無線関係では，通常，ＶＨＦの同軸ケーブルを使用したとき75Ω，ＵＨＦの同軸ケーブルを使用したとき50Ω，リボン型フィーダを使用したとき300Ωということを暗黙のうちに了解しているわけです。

デシベルの計算

この見出しを見て，これから先を見るのをやめてしまおう，と思われた方も何人かはいると思います。しかし，その何人かの方の中でも，マージャンの点数を数えるのは，何の苦もなく暗記しているのではないでしょうか。なぜ，デシベルの話のときに，マージャンの話が出てくるのか不思議に思われるでしょう。ところがこの二つは，よく似ている点があります。それは，原点は別にしてまず倍数（デシベルでは10の何乗という指数，マージャンでは翻数）を計算するのです。

実際に計算して，その似ているところをくらべて見ましょう。

まず，皆さんの大好きなマージャンですが，今リーチ，ピンフ，ドラ２で上がったとしますと，これだけで４飜（ハン）ですが，社会党ルールの場合はこれに２飜加わりますので，計６飜になります。

基本点は，上がり役によって変わりますが，ここでは仮に基本点を30点としますと，マージャンの計算は，倍，倍と計算しますので，



基本点30，60，120，240，480，960

となりますので，得点は960点になります。

次に，デシベルの計算ですが，ある増幅器に，入力電圧を１μＶ加えたとき，その増幅器の出力として20ｍＶ出たとすれば，その利得Ｇは，

$$G = 20log\frac{出力電圧}{入力電圧}$$

で表わされますので，

$$G = 20log\frac{20mV}{1\mu V}$$

$$= 20log\frac{20000\mu V}{1\mu V}$$（単位をそろえる）

$$= 20log20000$$

となります。ここまでは，別に問題はないと思います。

さて，ここで対数の中にある20000という数ですが，このままでは計算できませんので，これを指数になおさなければなりません。

$$20000 = 2\times10^4$$

という具合に，なおすわけですが，10^4というの



は，10を4回掛けるということです。

別に掲げますが，対数の性質として，掛け算は加算にすることができます。次の計算を見てください。

$$G=20(log\,20000)$$
$$=20(log\,2\times10^4)$$
$$=20(log\,2+log\,10^4)$$

ここで，基本点というか……それに相当するものは$log\,2$になるわけです。倍数に相当するものは$log\,10^4$になります。これにより，計算すると，

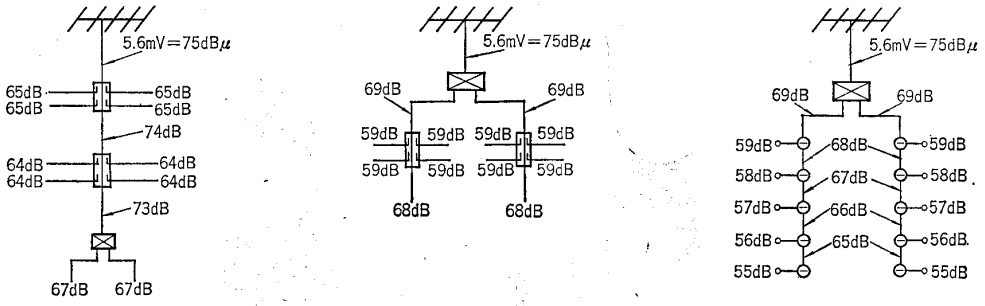
$$=20log\,2+20\times4log\,10(log10^4=4log10)$$
$$=20\times0.3+20\times4\times1$$
$$=86(dB)$$

となります。

このように，マージャンも，デシベルも基本点というものを原点にして倍数を計算していくわけです。考えようによっては，デシベルの計算は，基本になる対数(log)の計算さえおぼえてしまえば，後は20に10の何乗の乗数を掛けてやればよいのです。しかし，マージャンの場合には，倍，倍という計算をしなければなりません。数が少ないうちはよいのですが，多くなってきますと，少々むずかしくなってきます。

デシベルの応用

デシベルがどのような所に，どのような形で応用されているか，次にいくつかの例を挙げて説明いたしましょう。



(a) 分岐・分配方式
各テレビには64～67dBの電圧が行く

(b) 分配・分岐方式
この方式によると，各テレビには59～68dBとバラツキが多い電圧が行く

(c) 直列ユニット方式
この方式によると，各テレビのバラツキは比較的少ないが，レベルが低くなってしまう。

≪第1図≫ 各種分配方式

今，アンテナ出力電圧が5.6mVある場合に，これより10台のテレビに分配したいと考えたとき，どのように配線すればよいか。ただし，テレビの入力端子電圧は1.0mV以上なければならない。

このような問題に直面したときに，皆さんはまずどうしますか。そうです，まずmVをdBに直して，それから配線などを考えた方が考えやすいでしょう。なぜなら，掛算や割算は加算や減算で簡単にすることができるからです。

5.6mV＝75dBμ
1.0mV＝60dBμ
は，計算していただければすぐわかると思います。回路は，どのように考えますか。

このような問題のときには，60dB以上という値は決められているから，10台とも60dB以上ならどんな値でもよいかといいますと，そうではありません。このようなときには，60dB以上でなおかつ10台共にレベルのバラツキがなるべく無くなるように分配回路を考えなければなりません。このことを頭に置いて回路を考えますと，第1図のように，いくつかの回路が考えられます。ここで分岐器は，分岐端子1個について約10dBの損失，入力端子から出力端子への通過損失は約1dBあります。また，2分配器は入力電圧がそれぞれの端子に半分ずつ分配されるわけですから，6dBずつ減ってしまいます。その結果は，図に記入してある数字のとおりで，(a)が，60dB以上で，かつバラツキも少ない回路ということになります。なお実際にはケーブルの損失なども考慮しなければならないのですが，この場合は省略しました。

このように，デシベルを使えば簡単に計算することができます。以上のことを，もしデシベルでなく普通の数字で計算するとしたら，気の遠くなるような複雑さになってきます。

以上いろいろとデシベルの計算の仕方などを説明しましたが，デシベルはぜひとも確実に記憶していただきたいものの一つです。これが理解できませんと，受注システムは非常に複雑になって理解が困難になります。

〈参　考〉

(1) デシベル計算式

$$dB = 20\log\frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}}$$

ここで，入力電圧を1μVと定めれば，

$$dB\mu = 20\log(\text{出力電圧})$$

と簡単にすることができる。

(2) 対数の公式

①掛算から加算に……

$\log a \times b = \log a + \log b$

（例：$\log 2 \times 3 = \log 2 + \log 3 \fallingdotseq 0.78$）

②割算から引算に……

$\log\frac{d}{c} = \log d - \log c$

（例：$\log\frac{7}{5} = \log 7 - \log 5 \fallingdotseq 0.15$）

③指数は掛算に……

$\log 10^x = x \log 10$

（例：$\log 10^3 = 3\log 10$）

(3) 対数の代表的な値

$\log 2 \fallingdotseq 0.3$	$\log 7 \fallingdotseq 0.9$
$\log 3 \fallingdotseq 0.5$	$\log 1 = 0$
$\log 5 \fallingdotseq 0.7$	$\log 10 = 1$

(4) 代表的デシベル値

①2倍

$dB = 20\log 2 \fallingdotseq 6$ (dB)

②3倍

$dB = 20\log 3 \fallingdotseq 10$ (dB)

③10倍

$dB = 20\log 10 = 20$ (dB)

④$\frac{1}{2}$倍

$dB = 20\log\frac{1}{2} = 20(\log 1 - \log 2) \fallingdotseq -6$ (dB)

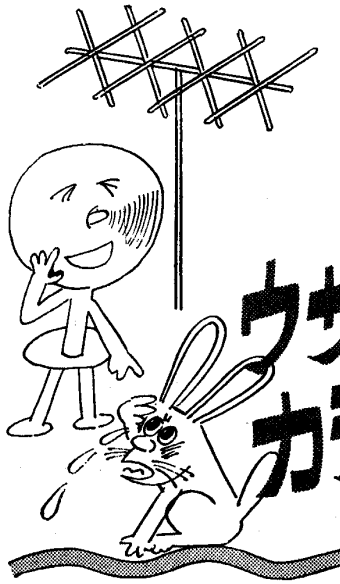
⑤$\frac{1}{3}$倍

$dB = 20\log\frac{1}{3} = 20(\log 1 - \log 3) \fallingdotseq -10$ (dB)

⑥$\frac{1}{10}$倍

$dB = 20\log\frac{1}{10} = 20(\log 1 - \log 10) = -20$ (dB)

第三回　ウサギの耳アンテナでカラーテレビは十分か？！（５月号）(B5,p4)



知っていると得をするチョットした知識　第3回

ウサギの耳アンテナでカラーテレビは十分か?!

剣持　甫

先月号では，デシベルの説明に終始してしまって，話が進みませんでした。

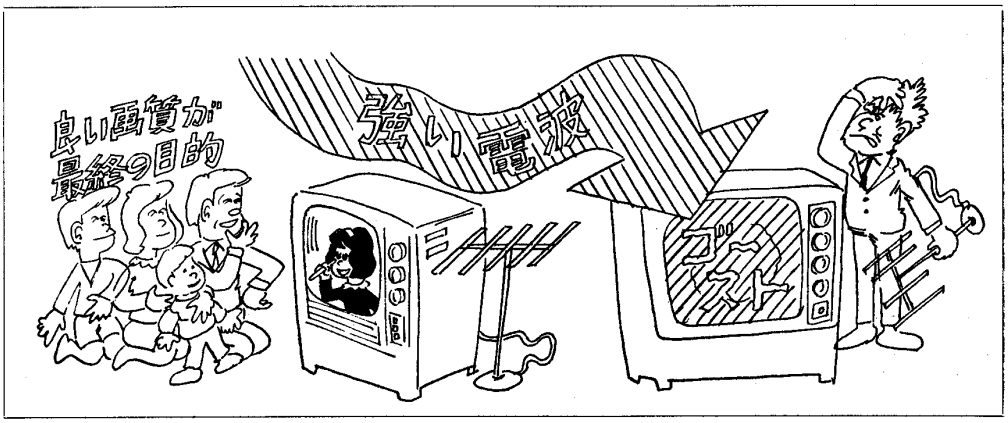
今月は，少し話を前に進めてアンテナについて，いろいろと話してみましょう。

電波が強い＝画質がよい

ところで，みなさんは，テレビを見る最終の目的は何か，ご存じでしょうか……。そうですね，よりよい画質で見ることです。では，電波をたくさん取り入れれば，よりよい画質が得られるでしょうか……。答は「ノー」です。なぜならば電波が強いということと，画質がよいということとは意味が違うのです。

例えば，電界強度が100dBあれば，よい画質が見られるでしょうか……実際に，このような所で画面を見てみますと，ゴーストだらけで，全く見られないということもあります。また，電界強度は十分にあり，通常は画質もよく，よく見えるものでも道路を自動車が走ると雑音が出て画質が悪くなってしまうということもあります。

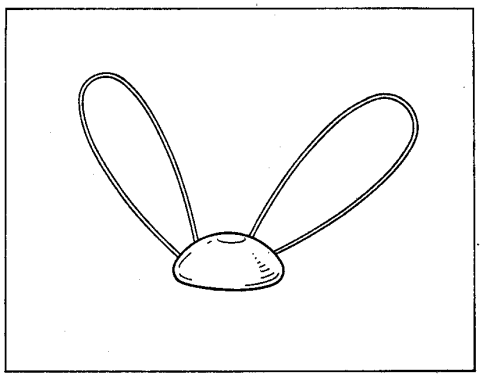
このような，いろいろのことをなくし，よい画質でテレビを楽しむためには，アンテナ系統に十分に気をつかわなければなりません。ことわざにあるように「始め良ければ，終り良し」と……。



アンテナは，いかに大事なものか……

昔，あるいは今も強電界地区ですと，使われているかもしれませんが，第1図のような形のアンテナをご存じでしょうか。そうです，これはアンテナの原始的なもの……この言葉が悪ければ最も基本的な型のもので，通称，室内アンテナまたはウサギの耳アンテナ，卓上アンテナなどと呼ばれています。

このアンテナは小型で，型も比較的小さく軽量ですから，持ちはこびも便利なので，主に強電界地区で使われていたものです。以上のような利点があるために，今まで，そう今までは，相当数使われてきました。しかし，最近は，この種のアンテナは，どんどん減ってきています。それは，なぜか……。上記のような利点があるなら大いに使えばいいではないかという意見がたくさんあると思います。そのとおりです。ところが上に示したのは利点だけで欠点は1つも示してないのです。今までは，この欠点に対しては，何の支障もなかったので無視されて使用されてきましたが，ここ数年の社会的な環境の変化，主にビル群の出現により大きく変わってしまったのです。



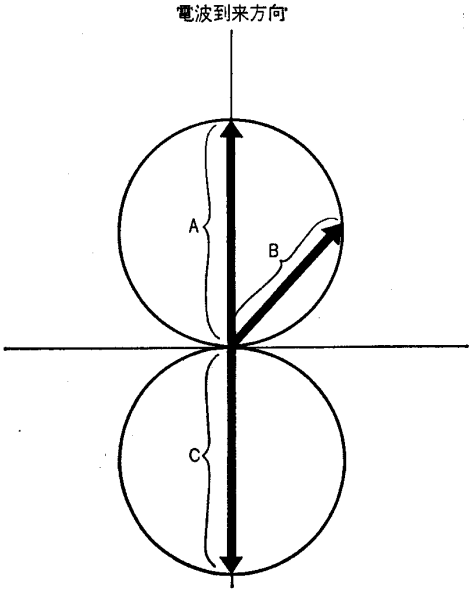
≪第1図≫ 室内アンテナ

その最大の欠点は，次に説明します「妨害排除能力」が他のアンテナに比較して最も劣っているのです。

第2図を見てください。この図は，室内アンテナの水平面内（したがって，地面と平行な面）の指向特性を示したもので，8の字型の線が室内アンテナの特性を示しています。

いま，第2図で，電波が上からきたとしますと，8の字のちょうど交点の所に，フィーダ線がついて電圧が取り出されるので，電波到来方向の電波の量，第2図の「A」の量だけフィーダ線を通りテレビに導かれます。

これだけでしたらなんでもない，ごくあたりまえのことですが，最近のようにビルなどがふえてくると，どこで電波が反射してくるかわかりません。いま第2図において，右の前方より反射電波が来たとすれば，室内アンテナでは「B」の量だけ，フィーダ線に入ってしまいます。また，電波到来方向とは，全く反対側からの反射電波があっ



≪第2図≫ 室内アンテナの特性

たときには，同図「C」のような全く不用の電波までひろってしまいます。このように「A」以外の「B」および「C」の電波が合成されると，画面上には，ゴーストとなって表われ，非常に見にくい画になってしまいます。

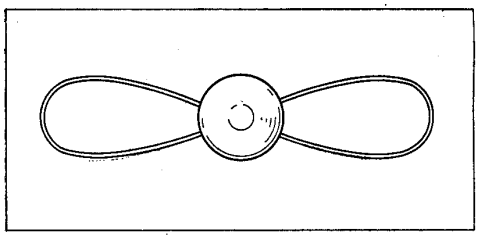
ところで，室内アンテナを上から見たことがありますか……。

第3図は，室内アンテナを上から見た図です。

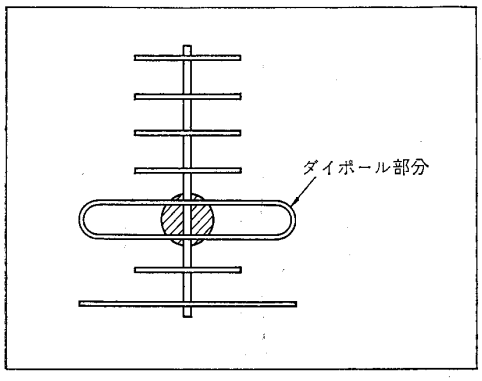
この図を見て，次の第4図と比べて見てください。どこかに第3図と，第4図は似ている部分があるはずですが……いかがですか。

そうです，多素子アンテナの絵画部（つまり，フィーダ線の接続される部分）は，上から見ると室内アンテナによく似ていますね。

これで，おわかりになったと思いますが，前に室内アンテナはアンテナの基本的なものだと説明しましたが，これがその理由です。



≪第3図≫ 室内アンテナを上から見ると……



≪第4図≫ 多素子アンテナを上から見ると……

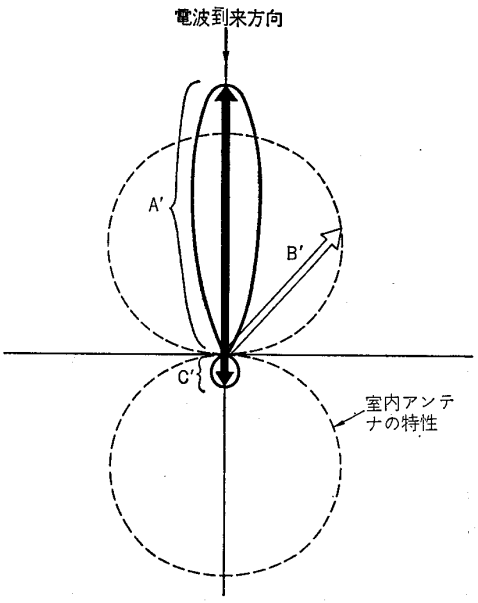
その基本的なものに，いろいろのエレメントをつけて，感度や妨害を排除する能力を増しているのです。

第5図を見てください。この図は，第2図の室内アンテナの特性に合わせて描いた，多素子（7～8素子）アンテナの水平指向特性です。

室内アンテナの場合の，指向特性も同図に点線で記入してありますので，よく比べて見てください。

いま，図のように上方向から電波が来るとしますと，8の字特性の交点，給電点に取り出される電波の強さは，図のように「A」になります。これは，第2図の「A」より大きくなっています。つまり，感度がよくなっています。

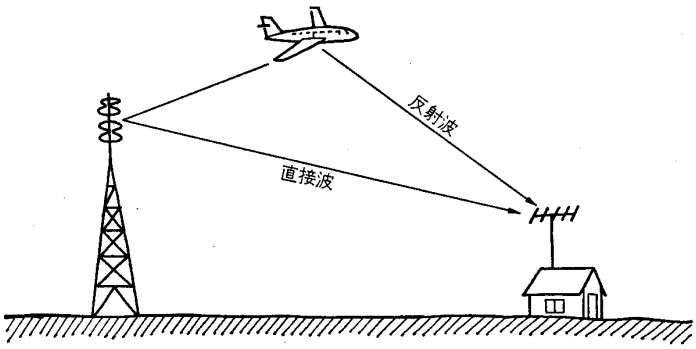
次に，第2図と同様に右の前方から，なにかによって反射された不用の電波が来たとすれば，これを受け入れる大きさは……そうです。図からもよくわかると思いますが，以前(室内アンテナの時)は「B」であったのが，ほとんど「零」になって



≪第5図≫ 多素子アンテナの特性

います。つまり妨害の電波はほとんど受付けないということです。

また，アンテナの後方からの反射電波についても同様に，以前は「C」の大きさであったのが多素子アンテナの場合は，「C′」に少なくなって妨害を排除していることがよくわかります。

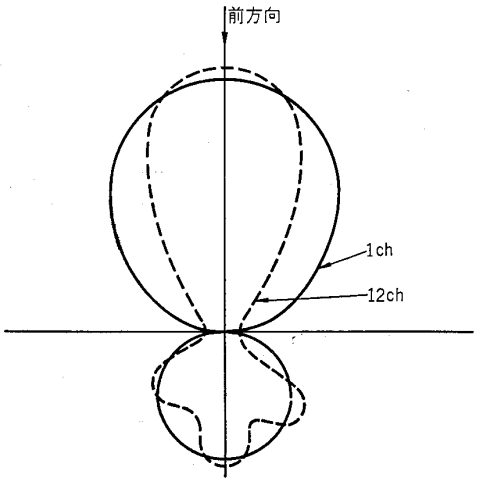


≪第7図≫ アンテナの上方から妨害波

このように，アンテナの素子数を増せば増すほど，アンテナの感度は上昇すると共に，妨害を排除する能力もすぐれてきます。

以上のように，妨害を排除する能力は室内アンテナや，多素子アンテナでは違っているわけですが，実は，多素子アンテナでも周波数(チャンネル)によっても異なっているのです。

第6図を見てください。これは，現在市販されている7素子アンテナの水平指向特性を示したものです。



≪第6図≫ 多素子アンテナの水平指向特性

これを見るとよくわかりますが，ローチャンネルでは，幅が広く，ハイチャンネルでは，比較的幅が狭くなっています。

これは，なぜでしょうか。これは，実際のアンテナの構造が，そのようになっているためです。

アンテナのエレメントの長さは，波長の何分の1×係数で決められて設計されているのはご存じだろうと思います。この設計段階で，ローチャンネル用には3素子分，ハイチャンネル用には5素子分の働きをするようになっているのです。こうなれば，なぜ，水平指向特性がローチャンネルで広く，ハイチャンネルで狭いかは一目でわかると思います。そうですね，エレメントの数が異なっているためです。

ですから，ただ，単に素子数を増せばよいというものではなく，その目的（ローチャンネルをよくしたいのか，それとも，ハイチャンネルをよくしたいのか）に応じて，アンテナを選ばなければ効果がありません。

縦があれば横もある

さて，今までは，地面に対して水平な面内の特性について考えて見ました。しかし，物事には

縦があれば横があるもので，水平面があれば当然，垂直面があります。垂直面内の妨害とは，どのようなものがあるのでしょうか……。第7図を見てください。このような場合には，上方から妨害波が入ってきます。

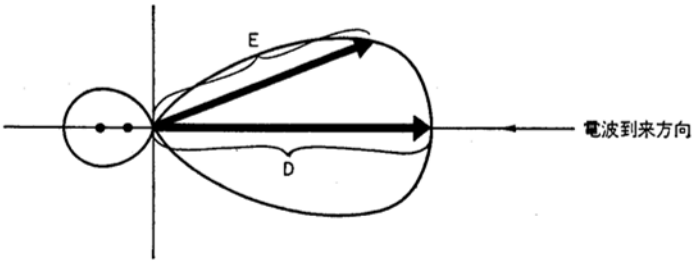
このような場合の垂直パターンはどのようになっているのでしょうか。第8図をごらんください。これが，7～8素子くらいの多素子アンテナの垂直パターンです。この図で説明しますと，地面に対して，ほぼ平行に置かれたアンテナは，電波到来方向からは，「D」という大きさの電波がテレビに導かれます。もし，上方からの妨害電波が来たとすれば，「E」という大きさの妨害波をテレビに導いてしまいます。これでは，アンテナの性能としてはあまりよくありませんので，最近はこれが改良されて第9図のような特性になっています。

このように，反射器の付近にフラッタ防止用と称するエレメントを取り付けることにより，第8図で真横を向いていた垂直指向特性が，第9図のように少し下を向かせることができます。このようにしますと，第8図では「E」の大きさの飛行機からの反射妨害波を，第9図の「E′」のように少なくすることができます。したがって，最近のカラーテレビ用アンテナには，ほとんど100%この種の素子が付加されています。

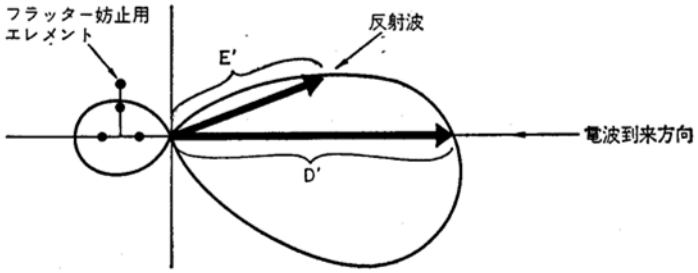
アンテナの選び方

さて，いろいろとアンテナのことについて，説明してきましたが，要するに性能のよいアンテナを使っていただきたいということです。しかし，ただ性能がよいというだけでなく，性能のどれが大事か，どこを見てアンテナを判断すればよいかということについて簡単に説明しましょう。

まず，大事なものは，「感度」です，送信所から比較的離れた場所では，少しでも感度のよいものが必要です。しかしその反面，送信所に近い所や反射物の多い場所では，感度よりは「妨害排除能力」がすぐれている方が有効です。妨害排除能力といっても，そのうちで「半値角」(水平面内の指向性の角度)が狭い方がよく，また，前方向から取り入れられる電波と，後方向から取入れられる反射電波との比(FBR，フロンド・バック・レシオ)が大きく，かつ，フラッタ防止用のエレメントが付属されて，垂直面の指向性も改善されたものがよいでしょう。



≪第8図≫多素子アンテナの垂直パターン

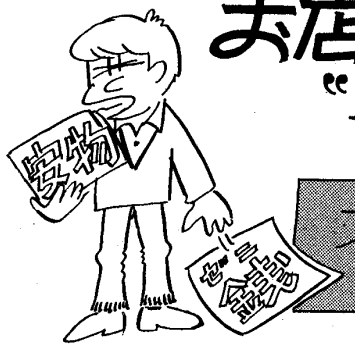


≪第9図≫ フラッター防止用エレメントをつけた多素子アンテナの垂直パターン

第四回　お店の信用にもつながる“安物買いの銭失い”（６月号）(B5,p5)

第4回　知っていると得をするチョット した知識

お店の信用にもつながる “安物買いの銭失い”



フィーダのセールスポイントとマッチング

剣持　甫

先月号までに，送信アンテナから電波が発射(送信)されて，ある地点までの電界強度を算出して，その計算結果を使いやすいようにデシベル(dB)というもので表わし，また，そのような電波を，妨害排除能力のすぐれた受信アンテナでキャッチして，アンテナの端子に，電圧がとり出されたところまで話を進めました。

電圧を取り出しただけでは，テレビは写りません。そこで，大切なのが，今から話を進める給電線(フィーダ・Feeder)の問題です。

得られた電圧を，どのようにテレビまで導くか，いうならば，あなたが思う人に，あなたの意思を伝えたり……そんなとき，だれからも，なにもじゃまされずに伝えるにはどうすればよいか……というようなものです。

あなたとの絆（きずな）

あなたと思う人を結ぶ絆は……と同じように，アンテナとテレビを結ぶ絆(線)は，給電線(フィーダ）になります。

もし，この絆(フィーダ)の選び方を誤りますと，風の日に画面がチラチラしたり，雨の日などにスノー（雪ふり）画面になったり，モーターバイクがそばを通るたびに，画面にメダカ（点々状の雑音）雑音が入ったりして，最悪な状態では同期が流れたりして，全く実用にならなくなることもあります。

このような状態になっから「やっぱり，フィーダにいいものを使っておけば，このようなことはなかった」といっても，それこそ「後の祭り」で「安物買いの銭失い」というものです。

電気屋さんとしても，信用を失うことになりかねませんね……。

給電線(フィーダ)には，テレビ用として，主に次の二種類が使われています。

給電線(フィーダ)｛リボン型フィーダ／同軸ケーブル

このように，分類されますので，一般的に，われわれが，フィーダと呼んでいるのは，リボン型フィーダのことをいっているわけです。

フィーダには，同軸ケーブルにも含まれるわけですから厳密には誤っていることになります。

リボン型フィーダの利点といえば，せいぜい安価なことぐらいなものでしょう。

現在のように，大都市においてはビルによる電波の散乱，自動車によるフラッタ，点火栓雑音，アマチュア無線による混信，都市以外の地区でも自動車雑音などは逃がれることができない問題です。

知っていると得をするチョットした知識

このような，社会情勢においては，受信機（セット）側において何らかの手を打たなければ良好な画を見ることができなくなります。

そんな時に，リボン型フィーダは，安価以外の何物でもないでしょう。

その点，同軸ケーブルは，現代向きといいましょうか，性能は相当に改善され，それに取り付けるコネクタも最近は便利になっています。

第1図は，リボン型フィーダと同軸ケーブルの比較です。

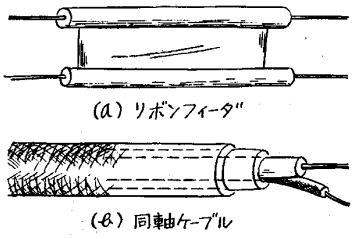
第1図(a)は，リボン型フィーダを，(b)は同軸ケーブルをわかりやすく表わしたものです。

リボン型フィーダの場合，外側はビニール系統の合成樹脂でできていますが，これは，電気に対しては，よい絶縁物になります。しかし，電波に対しては何の抵抗力もないのです。

とすれば，ちょうど，2本の電線が空中に置かれている状態になりますので，電波にとっては非常に好都合になります。

当然の結果として，アンテナで本来受けるべき電波を，アンテナ以外のフィーダの部分でも受けてしまうことになります。

この電波は，きれいな電波ならまだしも（きれいな電波でも，フィーダが長い場合には，アンテナで受けた電波と，フィーダの部分で受けた電波との間に時間的な差がある場合は，画面にゴーストとなって表われます）雑音である場合が多いのです。



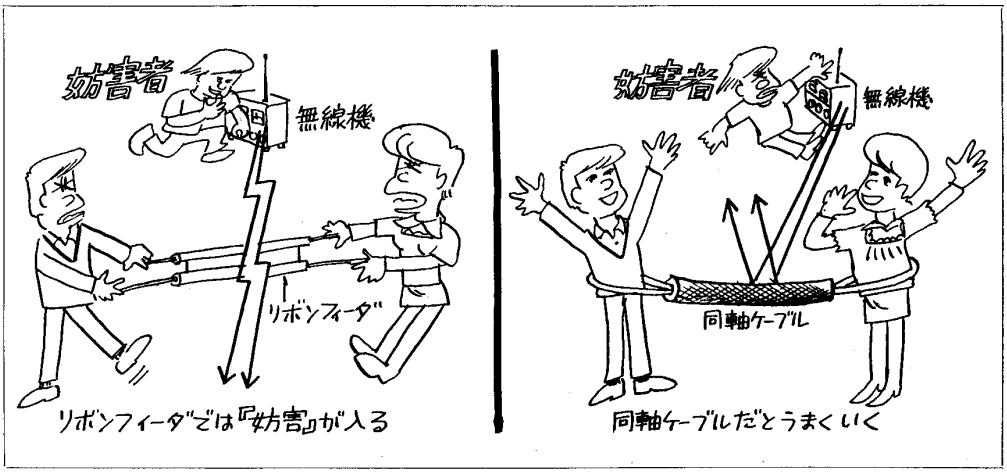
≪第1図≫ フィーダの構造

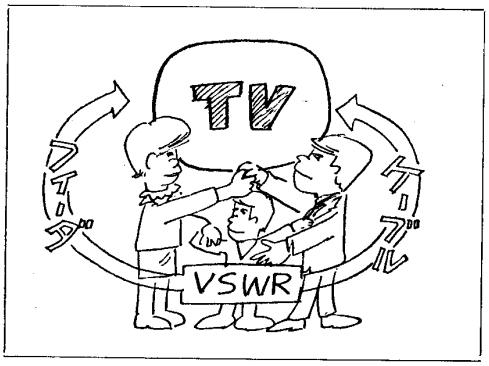
そうしますと，せっかく，アンテナできれいな電波を受けても全くむだになってしまいます。

リボン型フィーダを張る時には，次の点に注意してください。

第1には，なるべく長く張らないように……長く張りますと，それだけ，不要な電波をひろうことになります。

第2には，余っても，それをまるめておかないように……まるめておきますと，その線の長さ，直径などによって，ある周波数に共振してトラップ効果が表われてしまいます。





第3に，団地の屋上などに張る時は，屋上から少なくとも20cm以上浮かしてください……これは，団地の屋上には最近，防水のために一面アルミ膜が張りつめてあります。このアルミ膜の上に直接，リボン型フィーダを置きますと，結果として，アースの上に直接本の電線を張ったことになりますので，電波に対して一種のショート状態になってしまいます。

第4に，長く張る場合には，なるべく止める点を増してください……途中が長いためにゆれますと，風の時など，画面がゆらゆらして見にくくなります。

第5に，海岸寄りでは，必ず塩害防止用の措置を施してください……海寄りでは，塩風のためにフィーダが一種のショート状態になってしまいますので，ビニールの管に入れるなど，必要な措置が必要です。

以上のように，リボン型フィーダの場合は，いろいろと制限が多いのですが，その反面，同軸ケーブルは，ほとんど制限されるようなことはありません。

あなたとのマッチング

さて，あなたとの絆(きずな)は，以上のようにしてうまくいきました。ところが，絆だけでは，うまくこきません。

そうです，いかに能率よく「意思を伝えるか」ということ，つまり，マッチング(Matching•整合)が必要になります。

マッチングの状態を表わす言葉に，SWR（実在波比，Standing Wave Ratio）あるいは，VSWR（電圧実在波比，Voltage Standing Wave Ratio）というものがあります。

これは，簡単に説明しますと，あるもの（アンテナ，テレビ，整合器など）に，電圧を加えたときに，SWRが「1」であれば，100％加えた電圧は，そのものに吸収されてしまいます。

がしかし，一般的に，SWR＝1というものはありませんので，必ず，1.5とか2.0とかという値になります。

この状態ですと，加えた電圧の何％かは反射されてしまいます。

では，SWRの計算方法を兼ねて，リボン型フィーダと同軸ケーブルを直接接続した場合にどのようになるか試みて見ましょう。

いま，SWRは，次式で表わされます。

$$SWR=\frac{1+|r|}{1-|r|}$$

ここで，rは反射係数と呼ばれるものです。

リボン型フィーダは，インピーダンス300Ω，同軸ケーブルは，インピーダンス75Ωです。

この状態で，リボン型フィーダと同軸ケーブルを直接結ぶということは，300Ωと75Ωを並列に結ぶことになります。

この時，反射係数は

$$|r|=\frac{Z_2-Z_1}{Z_1+Z_2}$$

という式で表わされますら，数値を代入すると，

$$|r|=\frac{300-75}{75+300}=0.6$$

となります。

つまり，送られて来た電圧の60％が反射されてしまうことになります。

r＝0.6の時のSWRは

$$SWR=\frac{1+0.6}{1-0.6}=4$$

ということになります。

先ほど，例としてあげた，アンテナ，整合器などの特性表には，必ずSWRの値は記入してありますが，SWR＝4などというものはないはずです。なぜなら，反射率が60%もあっては実用にならないからです。

このような場合には，300Ωと75Ωの各々のインピーダンスを変換するトランス(変換器・整合器)を用いて，インピーダンスを合わせてやれば，能率よく伝送することができることになります。

SWRという点で，もうひとつ考えてみましょう。いま，第3図のような，2分配器において出力1を使用して，出力2は現在使用しないで，あけて置いたとすれば，どうなるでしょう。

出力1は，負荷(テレビ)が接続されているので反射はほとんどないと見てもよいでしょう。では出力2の端子は，何も接続されていません。これは，ちょうど，出力2に無限大のインピーダンスが接続されたと同様に考えることができます。

とすれば，反射率rは

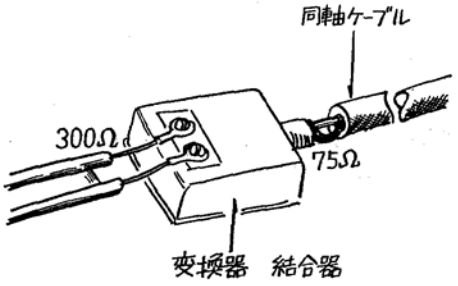
$$|r|=\frac{\infty-75}{75+\infty}\fallingdotseq 1$$

となり，ほとんど100%，反射されてしまいます。

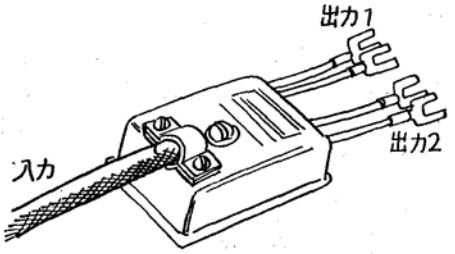
これが，出力2だけの問題ならいいのですが，出力2は，ある結合率で，入力にも，出力1にも接続されていますので，ゴーストなどの影響が現われます。

この場合には，未使用の端子に，そのインピーダンスに等しい抵抗器(高周波用)を接続することにより改善することができます。

このように，ちょっとしたことでゴーストなどが生じて見にくくなることがありますので，十分注意してください。



≪第2図≫ リボン型フィーダと同軸ケーブルを接続するには交換器が必要



≪第3図≫ 75Ω型2分配器

電波新聞縮刷版

●電子工業、電機工業のめざましい発展を報道している電波新聞の価値はいうまでもありません。
1カ月ごとに見やすい項目別に分類した目次をつけ、記事内容によって索引できるようにしたのが電波新聞縮刷版！

電波新聞販売部・〒141 東京都品川区東五反田1丁目11番15号
電話 (03) 445－6111 (大代表)

第五回　あっ！そのたて方では・・・・（８月号）（B5,p4）



第5回 知っていると得をするチョット した知識

あっ！そのたて方では…

もう一度あなたのアンテナ工事 手順と比べてみてください

劔持　甫

あなたが，もし，アンテナを建ててくださいと依頼されたとき，どのような方法でアンテナを建てようとするでしょうか。

テレビ用のアンテナを建てるのにも，いく通りもの方法があります。

今回はこのような方法や建てるときの注意すべき点などについて説明してみましょう。

アンテナをどの場所に建てるか

アンテナの建て方や方法にも，いろいろあります。使用するアンテナが，５素子なのか８素子なのか，あるいは共同受信用の12素子なのか，最近はＵＨＦ用のアンテナもあります。

また，建てる場所が，強電界地区か弱電界地区かなど……いろいろな条件があります。

では，一般的な例から説明しましょう。

1.　木造住宅にアンテナを建てる場合

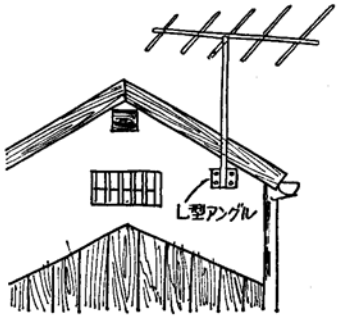
もっとも簡単なものは，第１図のように軒先にＬ型のアングルを使って取り付ける方法です。

この方法ですと，５素子くらいまでのアンテナには間にあいますが，それ以上のアンテナになると，取付けが，４～６本のクギだけですから，ステーを第２図のように取る必要があります。

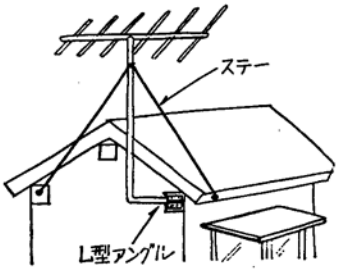
この方法は，屋根にはどうしても登れない場合などには有効でしょうが，根元がクギだけですから構造的に弱いために，台風のときなどは心配になります。

今，一番一般的にアンテナの取付けに使われているのは，屋根馬を使った，第３図のような方法です。

これは，ちょうど，尾根の頂点の部分をまたいで……つまり馬のように……いるために，このような名前がついたものです。



≪第１図≫L型アングルでアンテナの取付け

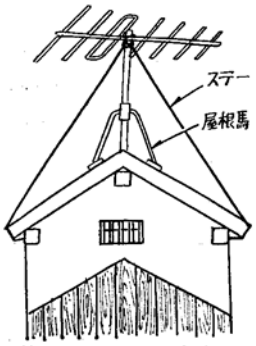


≪第２図≫７素子程度のアンテナを建てるときはステーが必要

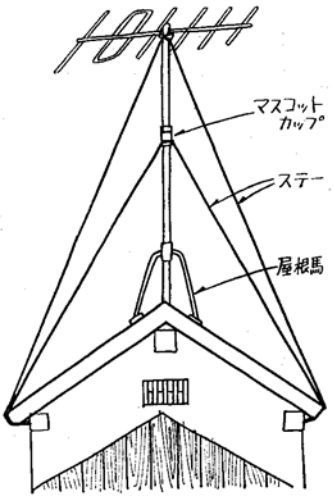
これは，前の軒先にＬ型アングルで取付ける方法よりも，安定性もよく，ステーを３方向に取っておけば，まず普通の台風程度では，倒れる心配はないでしょう。

しかし，これでは高さが不足する場合には，第４図のように，マストを

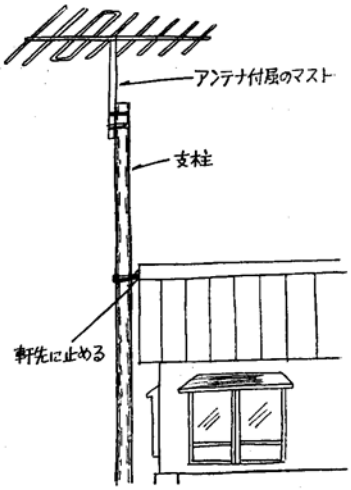
知っていると得をするチョットした知識



≪第3図≫屋根馬によるアンテナの取付け



≪第4図≫マストを2本接続したときはステーも2段にして



≪第5図≫木柱によりアンテナを建てる方法

マスト・カップラーで2本接続することもできます。

このときは，第4図のように，ステーを2段にした方がよいでしょう。

アンテナを建てる方法には以上のほかに，まだ，次のような方法もあります。

第5図を見てください。この方法は，昔からある方法です。

鯉のぼりのマストみたいな材木を1本建て，それに，アンテナを取り付ける方法です。

この方法は，土台がしっかりしているため，全体として，しっかりでき上りますが，難点としては，最近は材木が高いことです。

2. 鉄筋住宅にアンテナを建てる場合

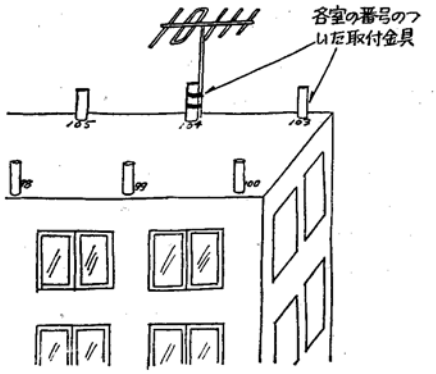
次は，団地など鉄筋住宅においてアンテナを建てる方法ですが，最近のものは，ほとんど共同アンテナになっていますから，アンテナの心配はありませんが，まだ，そうなっていない場合は，アンテナを建てなければなりません。

第6図は，団地などの屋上に建てる場合の建て方です。

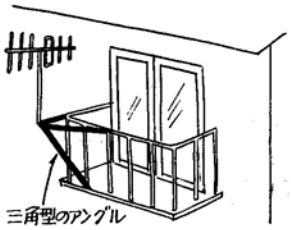
団地の場合は建てる場所が指定してある場合がほとんどですから，指定の場所に建てて，他人の迷惑にならないようにすることが必要です。

団地の場合，他と異なって特に注意しなければならないのは，屋上高です。

といいますのは，最近の団地の屋上は，雨漏りの防止用に，アルミ箔が一面に張られているため，アンテナの屋上高が低いと効果的には非常に悪くなり，主に，ローチャンネルにゴーストなどが発生する可能性が高まりますので，少なくとも 1.5m 以上（できれば2m以上）は高くしてください。



≪第6図≫団地の屋上にアンテナを建てる方法



≪第7図≫団地のベランダに取り付ける方法

もう一つ，団地でアンテナを建てる場合が考えられます。

それは，ベランダに建てる方法です，あまり感心する方法ではありませんが，いちおう紹介しておきますと，第7図のように，三角形のアングルを使って建てる方法です。

以上が，アンテナを建てる方法ですが，次に建て方について説明いたしましょう。

アンテナの建て方

1. 位置・高さ・方向

アンテナを建てる時の原則は，

1. 位　置
2. 高　さ
3. 方　向

の3つを考慮することです。もちろん，その地区事情に合わせたアンテナを使用することは，以上3つを考える前の問題です。

まず，建てる位置ですが，これを，前述のように，まず建てられる可能性のある所を選ぶ必要があります。建てられない場所でよい画像が得られても，それはムダというものです。

次に，高さですが，これは，電界強度にはハイト・パターンというものがあり（第8図）ますので，VHFの場合には一般的に高い方が強く，UHFの場合には，理論的には第9図のようになりますが，実際には，第9図のようにきれいなパターンは出ません。

したがって，実験的に決定するのがよいでしょう。

最後に方向ですが，原則的には，放送局の送信アンテナに向けるのです。しかし，最近のように都会地では，ビルや，高速道路，また，送電線などが建っていますと，必ずしも放送局の方向というわけには，いかなくなることが多くなってきます。

したがって，以上3つの点，建てる位置，高さ，方向などは，何も障害が認められないような場所でしたら適当でよいのですが，何らかの障害が認められるような場所では，実験的に決定する方がよいでしょう。

2. 工事を行なう時の注意

さて，建てる場所が決まり，高さ，方向も決定されれば，次は，建てる工事を行なわなければなりません。

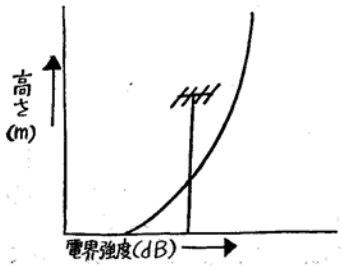
工事そのものは，それほど困難なものではありませんが，しっかり工事しておきませんと，お客さんから後でクレームをつけられることがあって困ることになります。

このようにならないように，2，3の注意点を挙げておきましょう。

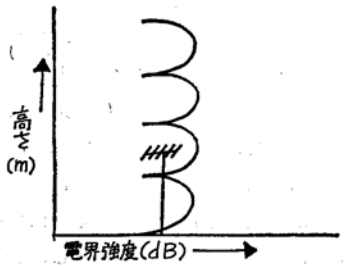
まず，アンテナにステーを取り付ける場合の取付け位置ですが，マストの途中に付けると，マストは円柱のため，滑りやすいので，第10図のように，マストとアンテナの交点のところに取り付ければ，比較的簡単に取り付けられます。

今は，ステーの上側についてですが，ステーの下側の点，つまり，屋根に取り付ける部分は，第11図（a）のように取り付けますと，クギが後で抜けるようなことはありませんが，第11図（b）のように取り付けると，クギの方向と，ステーの方向が悪いために，後でクギが抜けてしまうことがあります。

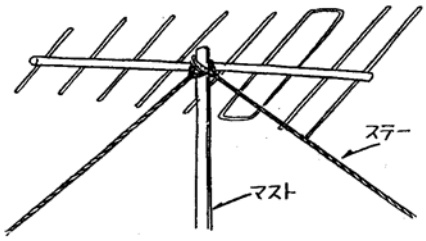
クギが抜ければ，あとは，どうなるかはご承知のとおりです。



≪第8図≫VHFのハイト・パターンの例



≪第9図≫UHFのハイト・パターンの例（理論値）



≪第10図≫ステーの取付け位置

もう一つ，ステーを張るときに，問題となるのはステーの長さです。

これは，必要長の2倍以上にして，これを2つ折りにして使用します。そして，建てたあとでこの2本の線を，ドライバーのような棒で，第12図のようにねじって締めつけます。

このとき，3本のステーそれぞれを平均的に行なってください。1本だけ先に，締めすぎますと，でき上がってから，よく見ると傾むいていることがあります。

さて，アンテナが建ち，ステーも張れましたがもう一つ割合いに注意をおこたりがちなものにフィーダがあります。

このフィーダの張り方によって，せっかくよいアンテナをよい場所，よい方向に建てても，水の泡になってしまうことさえあります。

フィーダを張るときに，絶対にしてはならないことがいくつかあります。

それは，

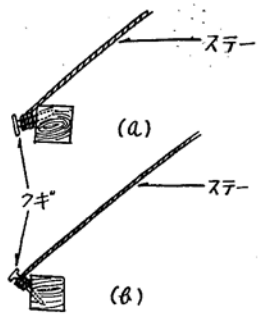
○フィーダ（特にリボン型フィーダ）は金属物などに接近して張らないこと。

○フィーダは，風などにより揺れないように張ること。

○フィーダは，特に家の外は，端末処理は十分行なうこと。

などです。

最近の「金属物など……」は，アンテナ・ポールに巻きつけて，下にもってくるのが簡単ですが，



≪第11図≫ステーの止め方

これでは，せっかくとらえた電波をわざわざアンテナ・ポールに逃がしていることになります。これと同様なことが，団地の屋上でもあります

前にも説明いたしましたが，団地の屋上は雨漏り防止用に，アルミ箔が一面に張ってあるため，その上に，リボンフィーダを直接乗せたのでは，まったく，元も子もなくなってしまいます。

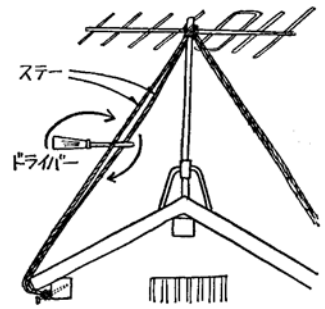
こういった場合は，少なくとも10cm以上は，離してフィーダを張ってください。

離す方法として，一番簡単なポールの場合は，インシュレータを使用すること，団地の屋上の場合はアンテナとアンテナ線の受口との間に，ナイロン・ロープを張ってそれにフィーダを固定する方法などがあります。

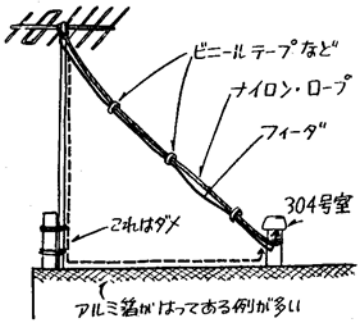
フィーダが風に揺れると，それにしたがって画面がゆれることになりますので，しっかり固定しなければなりません。

以上のような心配は，フィーダに，リボン型フィーダを使用せずに同軸ケーブルを使用すれば，まったく問題はなくなってしまいます。

最後に，端末処理の問題ですが，必ず，ビニールテープなどで処理しておくことが必要です。



≪第12図≫ステーのしめ方



≪第14図≫団地の屋上にアンテナを建てるときは

オールチャネル受像機における
中間周波妨害の改善対策

劔持　甫

ま え が き

ここ数年，UHF の普及により，受像機も従来は外付けの UHF コンバーターを使用していたものが，最近は UHF チューナーを受像機の中に内蔵した形の「オールチャネル・テレビ」と称する受像機が販売されるようになってきた．

形もコンパクトになり，取り扱いも容易になって便利なのであるが，この「オールチャネル・テレビ」は，従来の中間周波数と異なり，**表1**に示すように，50MHz 帯を使用している点に問題が発生してくる．

その問題は，**表3**に示すように，「地方委任局の電波の型式，周波数，空中線電力等の指定基準」（郵政公報，45・3・20号）によって，ちょうどオールチャネル受像機の中間周波数帯域内に，各種の業務用無線局の周波数が 30kHz セパレーションで割り当てられていることにある．

表1　中間周波数の違い

種　別	映像搬送周波数	音声搬送周波数
オールチャネルテレビ	58.75MHz	54.25MHz
従来のテレビ	26.75MHz	22.25MHz

表2　無線局の諸元

○ FM超短波送受信機(JRC製)	○ アンテナ
出力 50W	5素子八木アンテナ
周波数 57.59MHz	水平2段スタック
	地上高30m

したがって，このような 50MHz 帯の電波を使用した無線局（新聞社，電力会社，気象庁，電電公社など）が近くに存在する地域で，新しくオールチャネル受像機を使用した場合，従来の受像機では，なんの障害もなかったものが，受像機を取り替えたと同時に，混信障害を起すことがある．このような障害は，受信している地区の状況(テレビの電界強度，妨害波の電界強度，アンテナの

劔持　甫：NHK 東京営業局営業技術部

表3　50MHz 帯無線局周波数割当表

昭和45年3月20日（金曜日）　郵政公報（電波関係号外第6号の4）より

56.63	F3 F9	120	50	公衆通信用	全国	日本電信電話公社	注4
56.66	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.69	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.72	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.75	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.78	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.81	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.84	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.87	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.90	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.93	〃	16	〃	〃	〃	〃	〃
56.96	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
56.99	F3	〃	〃	水防用，地方行政事務用，電気事業用，各種業務用	〃	地方公共団体	各種業務は防災用，水防水利業務用　注10
57.02	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
57.11	〃	〃	〃	水防用	〃	建設省	注4
〃	〃	〃	〃	〃	〃	地方公共団体	注12
57.14	〃	〃	〃	林野事業用	〃	林野庁	
57.17	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
〃	〃	〃	〃	各種業務用	〃	農林省	土木，治水開発事業用
57.20	〃	〃	〃	林野事業用	〃	林野庁	
〃	〃	〃	〃	各種業務用	〃	農林省	土木，治水開発事業用
57.26	〃	〃	〃	地方行政事務用	〃	地方公共団体	市町村用 注10
57.59	〃	〃	〃	各種業務用	〃	気象庁	気象業務用 注3，注10
57.62	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
57.65	〃	〃	〃	道路管理用	〃	日本道路公団	
57.83	〃	〃	〃	各種業務用	東海管内	水資源開発公団	水利事業用
57.86	〃	〃	〃	水防用，地方行政事務用，電気事業用，各種業務用	全国	地方公共団体	各種業務は防災用，水防水利業務用　注10
57.89	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
57.92	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
57.95	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
57.98	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
58.01	F2 F3 F4 F9	〃	〃	新聞通信用	〃	毎日新聞社	注3，注16
58.25	F3	〃	〃	各種業務用	〃	気象庁	気象業務用 注3，注10

表4　各測定地点における端子電圧・D/U

項目＼測定地点		地点1		地点2		地点3		備考
		端子電圧(dB)	D/U	端子電圧(dB)	D/U	端子電圧(dB)	D/U	
3ch		76.5	−18.5	72.5	−20.5	64.0	−11.0	W7F
4ch		65.0	−30.0	68.5	−24.5	64.5	−8.5	W7F
6ch		69.5	−25.5	68.0	−25.0	64.5	−10.5	W7F
40ch		77.0	−28.0	87.0	1.0	85.0	10.0	UA-8A
57.59MHz	VHFアンテナ	95.0	—	93.0	—	75.0	—	W7F
57.59MHz	UHFアンテナ	105.0	—	86.0	—	72.0	—	UA-8A
57.59MHz	ダイポール電界	121dB		106dB		91dB		

特性，給電線の張り方）により相当に変化する．

このようなときの妨止方法については，従来は起こらなかったために，検討がなされていなかったが，このたび，気象庁の飯田測候所のご協力が得られたので，その無線局を借用して妨止改善の実験を行なった．つぎに，その結果を紹介する．

1．概　要

1.1　測定ポイントにおける D/U

実験に使用した飯田測候所付近は，**表4**のようにVHFのロー・チャネルが1波（3ch），ハイ・チャネルが2波（4ch，6ch）およびUHFが1波（40ch）の合計4波受信でき，受信状況も良く，実験には最適の地域である．

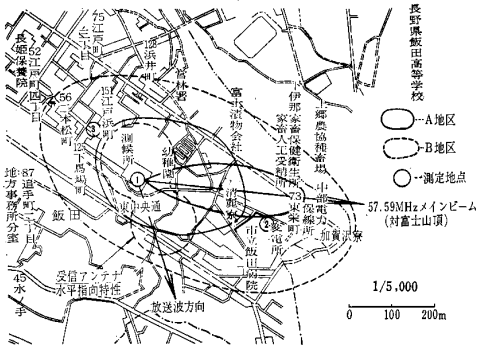


図　1

このような地域において，**図1**に示すような送信アンテナの真下と，主ビーム方向およびバック方向の3ポイントについて端子電圧を測定した結果は，表4に示すとおりである．

この場合，テレビの端子電圧は，VHFは7素子（八木アンテナ製，W7F）広帯域用，UHFは8素子（DXアンテナ製，UA-8A）広帯域用を使用して測定した．

妨害波強度は，ダイポールアンテナで測定した場合の値を表4最下段に示したが，実際に受像機にはいり妨害を与える分は，受信用アンテナに誘起した妨害波の強度であるため，その値を測定し，その結果を表4中段に示した．

以上の結果より，D/Uを算出すると，送信アンテナの真下（第1ポイント）では，最高−30dB，第2ポイントのメインビーム方向では最高−25dB，バック方向では−11dBという結果になり，妨害の弱い所はD/Uも良くなっている．

1.2　受信用アンテナの妨害波に対する水平指向特性

次に，テレビ用アンテナの妨害波（57.59MHz）に対する水平指向特性を測定したところ，**図2**のような特性が得られた．

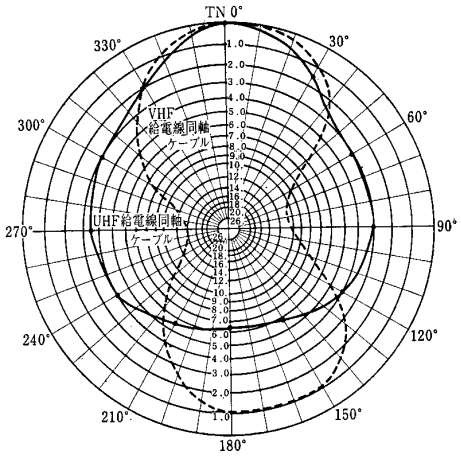


図2　VHF用アンテナとUHF用アンテナの57.59 MHzに対する水平指向特性

これは，VHFアンテナの場合，導波器より反射器が長く，妨害波の波長に近いため，パターンが後側にも出てしまうものと考えられる．

また，UHFアンテナの場合は，エレメントが短いために，妨害波に対してはまったくアンテナの役目をしていないので，ほぼ円形になってしまうものと考えられる．

1.3　給電線による水平パターンの変化

給電線で妨害波を受けることも十分に考えられるため，給電線をリボンフィーダーと同軸ケーブル（5C−2V）に取り替えて水平パターンを測定したところ，**図3**に示

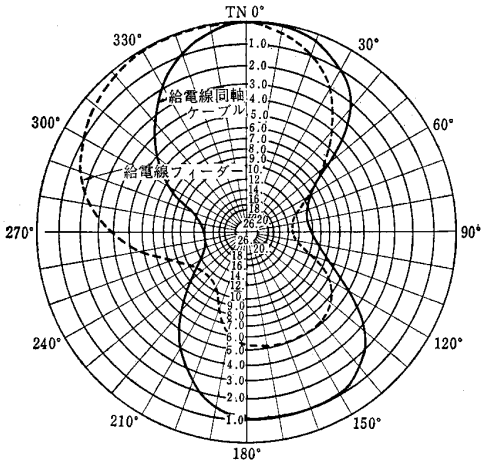


図3 VHF用アンテナの57.59MHzに対する水平指向特性
(給電線，リボンフィーダーおよび同軸ケーブルの比較)

すように，リボンフィーダーの場合は，アンテナ自身より給電線の部分で多くの妨害波を受けていることがわかった．

1.4 妨害波の飛び込み経路

以上で，アンテナ系より妨害波の飛び込が相当あることがわかったが，そのほかにも，**図4**のように幾つかの妨害波飛び込み経路が考えられる．

図4(a)は，飛び込み経路として，アンテナ系と受像機自体へ飛び込む場合を示したものであり，図4(b)はその詳細を示したものであるが，以下に列記すると．

① アンテナ系
- ○アンテナ自体
- ○給電線

② 受像機内部
- ○アンテナ端子
- ○アンテナ端子とチューナー間の給電線
- ○チューナー入力端子
- ○チューナー自体
- ○チューナー出力端子
- ○チューナー出力端子と中間周波入力端子間ケーブル
- ○中間周波入力端子
- ○中間周波回路自体

のようになる．

以上について，アンテナ系と受像機内部に分けて，妨止改善実験を行なったので，その結果を次に解説する．

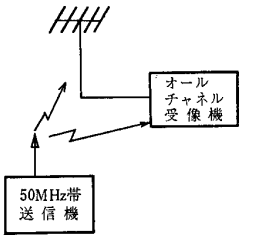


図4(a)
オールチャネル受像機への飛び込み経路

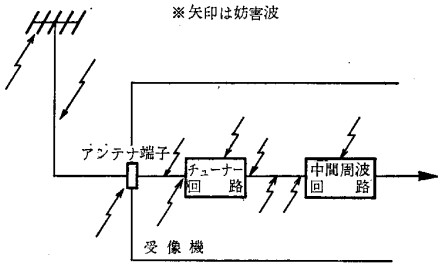


図4(b) オールチャネル受像機への飛び込み経路

2. 解　説

2.1 アンテナ系について

アンテナ系に誘起する妨害波は，前述のように二通り考えられるが，アンテナ自体に誘起するものは，テレビ電波との角度が良ければ，アンテナの水平指向特性の切れ込みで相当に減衰させることが可能である．

給電線で妨害波を拾うことは，前述のとおりである．給電線をリボンフィーダーから同軸ケーブルに取り替えることにより評価（5段階評価）が約1ランク改善することができた．

次に，給電線の交換のみでは改善できないものについて，**図5**のようなトラップを取り付けたところ，**表5**のように1～2ランク改善することができた．

2.2 受像機内部の改造について

前述の飛び込み経路の項目として考えられるもののう

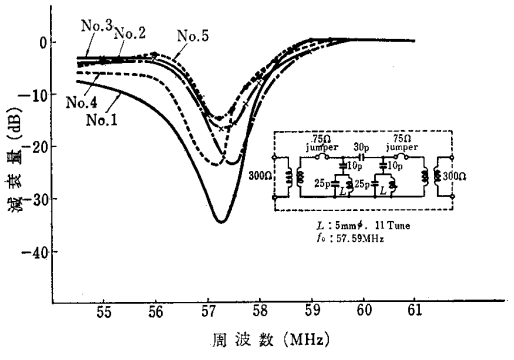


図5 減衰特性

表5　トラップ効果

対策 ＼ 調査地点			No.2	No.1
対策前			B 2	B 1
対策	フィーダーの時	A社トラップ (75→75)	——	B 2
		A社トラップ (300→300)	B 3	B 2
		B社トラップ (300→300)	B 3	B 2
		C社トラップ (300→300)	B 3	B 2
		C社トラップ (75→75)	——	——
		自作トラップ (300→75)	B 3⁺	B 2
後	同軸ケーブルの時	A社トラップ (75→75)	B 3⁺	B 3⁻
		A社トラップ (300→300)	——	B 2
		B社トラップ (300→300)	B 3⁺～B 4	B 3
		C社トラップ (300→300)	——	——
		C社トラップ (75→75)	B 3⁺	B 2
		自作トラップ (300→75)	B 3⁺	B 2

※（ ）内は入・出力インピーダンス（Ω）

ち，特に重要と思われる点を抜き出し，改善実験を行なった．

この改造実験に当たっては，最初に考えられる全対策を行ない，順次個々を撤去することにより，この時々の画面を評価する方法によった．

その結果を整理すると，**表6**に示すとおりであるが，効果の上がった順に列記すると．

① チューナーと中間周波回路との間のケーブルをセルラー線から同軸ケーブルに取り替える（**写真1**）．

② 上記同軸ケーブルの両端を完全にシールドする（**写真2～写真4**）．

③ アンテナ端子とチューナ間を同軸ケーブルにする．

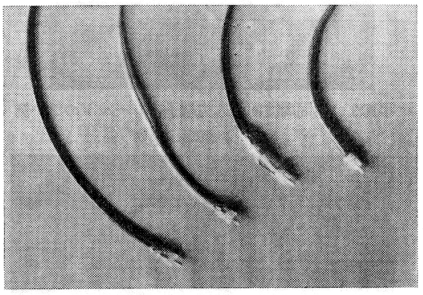


写真1　セルラー線（下から2番目）と同軸ケーブル（一番下）

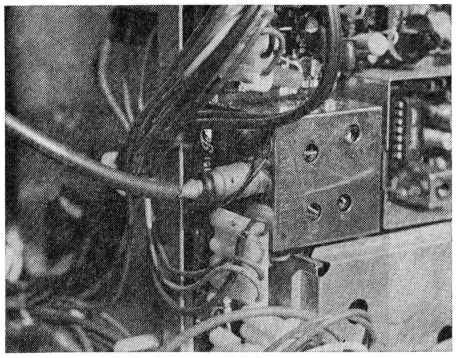


写真2　中間周波回路入力端子をシールドする

表6　受像機内部の改造による防止対策

対策方法 ＼ 対策番号	IFシールド方法			チューナーとIF間ケーブル			チューナー入力端子のシールド	評価				備考
				同軸ケーブル		セルラー線						
	標準品	銅箱	二重	IF側シールド	チューナー側シールド	チューナー，IF側共に露出		3ch	4ch	6ch	40ch	
1	○	なし	なし	なし	なし	——	なし	3⁻	3⁻	3⁻	3⁻	未対策
2	なし	○	○	○	○	——	○	4	3⁺	4	3	対策済
3	なし	○	なし	○	○	——	○	4	3⁺	3⁺	3	
4	なし	○	なし	露出	露出	——	○	3⁻	3⁻	3⁻	3⁻	
5	なし	○	なし	露出	○	——	○	3	3⁻	3⁻	3⁻	
6	なし	○	なし	○	露出	——	○	3⁺	3	3	3⁻	
7	なし	○	なし	——	——	○	○	3⁻	2	2	2	
8	○	なし	なし	○	○	——	○	4	3⁺	4	3⁺	
9	○	なし	○	○	○	——	○	4	3⁺	3⁺	3	
10	なし	なし	○	○	○	——	なし	4	4	4	4	

○印……上欄項目の対策を施したもの

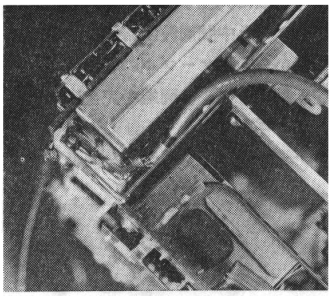


写真3　中間周波回路入力端子にシールドのない例

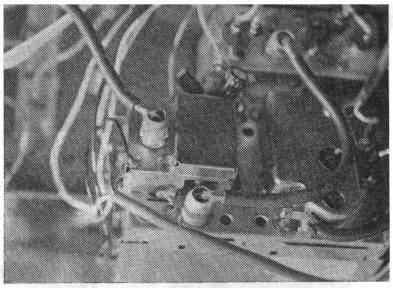


写真4　チューナー出力端子のシールド

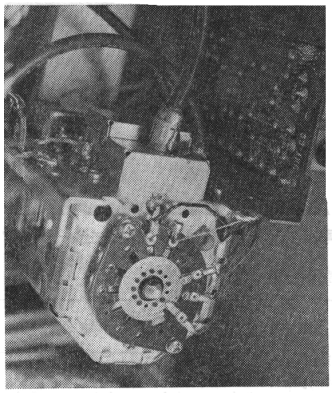


写真5　チューナー入力端子のシールド

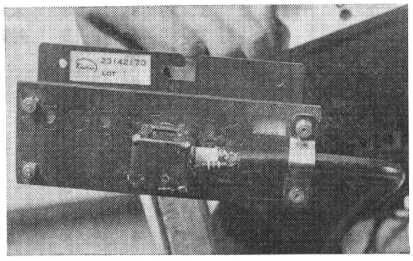


写真6　アンテナ入力端子のシールド

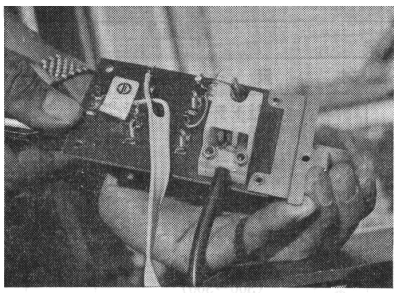


写真7　アンテナ入力端子にシールドの無い例

④　上記ケーブルの両端をシールドする（**写真5～写真7**）.

⑤　ディレイド AGC を使用している場合は，利得を上げる方向（RF 部の利得を上げ，IF 部の利得を下げる方向）に調整する.

⑥　中間周波回路をシールドする（**写真8～写真9**）.

のようになる.

特に，中間周波回路とチューナーの間のケーブルを同軸ケーブルにし，その両端をピンジャックなどにより完

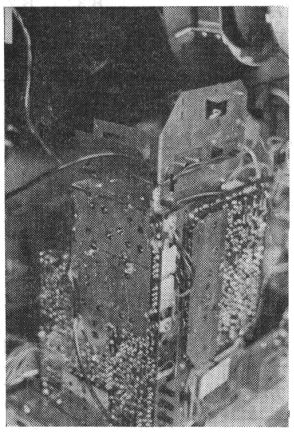


写真8
通常の中間周波部シールド

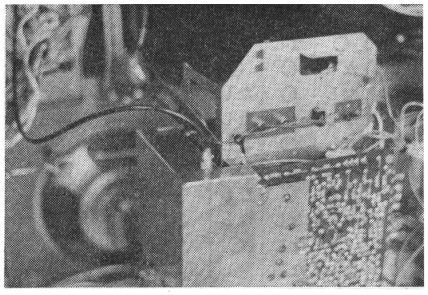


写真9　二重シールドした中間周波回路

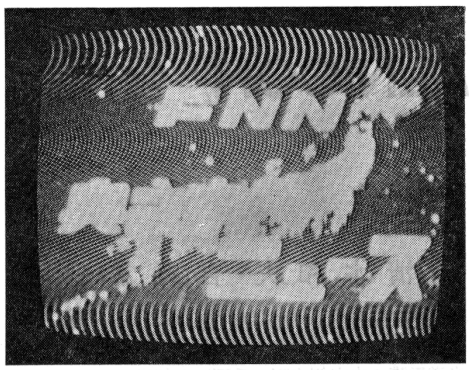


写真10 改善前の画面



写真11 改善後の画面

全にシールドすると，評価が1ランクから1.5ランク改善されることが判明した．

あ と が き

以上の改善実験を試みた結果，比較後 D/U が悪い地域（$D/U<0$）では妨害波はおもにチューナーと中間周波回路間のケーブルおよびその端子に誘起し，次にはチューナーの入力端子とアンテナ端子間に誘起していることが判明した．

また，中間周波回路へ直接妨害波が飛び込むことも考えられたが，その程度は比較的少なく，市販受信機に設けられているシールド板程度のシールドで十分である．

しかし，アンテナ系での妨害波の誘起も認められるので．比較的 D/U が良い地域（$D/U>0$）では給電線には同軸ケーブルを使用し，HPF をそう入することで改善可能である．

以上の実験による，改善前と改善後の代表的な画面写真を，それぞれ**写真10**，**写真11**に示す．

昨今のように，電波の利用度が高まってくると，この種の混信妨害も多くなってくる．

これらを救済するには，関係当局において周波数の変更などが望ましいが，実際には困難な面が多いので，セットメーカー側において，今回実験した結果などを取り入れたテレビジョン受信機の発売が望ましいが，コストの面などで問題もあるから，最も効果の認められた「チューナーと中間周波回路間を同軸ケーブルに交換し，その両端を完全シールドする」だけでも組み込まれるよう期待する．

1972 年（昭和 47）テレビ受信機アンテナ端子の変遷



1960年　アンテナ端子300Ωのみ,
IF:27MHz,八欧電機14-KB,白黒



1969年　VHF,UHF共端子,
IF:58MHz東芝,12PZU,白黒



1977年　UHF端子とVHF端子(同軸ケーブルオームバンド兼用),IF:58MHz
ナショナル,TH14-P47型,カラー



左図の同軸ケーブル
（オームバンド）取付け



1979年　VHF-F型接栓,



1980年　VHF-プッシュオン端子,
IF:58MHz, ナショナル, TH13-U6,カラー



1996年　UHF/VHF兼用F型接栓
（受像機内部に分波器内臓）
SONY,KV-10PR1



2009年　地上アナログ,地上デジタル,
BS-110,CS,シャープ,LC-20D50

(メーカー各社のカタログ等から引用、年代は入手時のもの)

1973 年 4 月①～1974 年 10 月⑰）　抜粋

目　次

第一回　階残留側波帯方式を解く（B5,p6）
第二回　周波数変換回路を分析する（B5,p9）
第三回　NTSC 方式を解く（B5,p7）
第四回　AGC 回路を分析する（B5,p7）
第五回　周波数変換回路を分析する（B5,p8）
第六回　中間周波増幅回路（その１）を分析する（B5,p7）
第七回　中間周波増幅回路（その２）を分析する（B5,p6）
第八回　中間周波増幅回路（その３）を分析する（B5,p8）
第九回　高周波増幅回路（その１）（B5,p6）
第十回　高周波増幅回路（その２）（B5,p8）
第十一回　高周波増幅回路（その３）（B5,p8）
第十二回　同期回路（その１）（B5,p6）
第十三回　同期回路（その２）（B5,p6）
第十四回　同期回路（その１周波数分離回路）（B5,p6）
第十五回　同期回路（その２周波数分離回路）（B5,p5）
第十六回　色同期回路（その１）（B5,p7）
第十七回　色同期回路（その２）（B5,p5）

第一回　階残留側波帯方式を解く（抜粋）

（雑誌「電気店」連載 1973 年 4 月①～1974 年

新連載

カラーテレビジョン上級コース

—より勉強される方々のために—

残留側波帯方式を解く



剱持　甫

従来，カラーテレビジョンについての概論や一般的な基礎解説はいろいろな形で出版され，また本誌上においても連載してきましたが，ここで，従来のカラーテレビジョンをいま一歩進めて勉強される方のために数式などもふんだんに盛り込み，各項目を詳しく説明し，あらゆる角度から理解できるようにまとめたカラーテレビ上級コース講座を連載します。それゆえに，他の講座のように必ずしも系統だてて解説してあるとは限りませんので，ご了承ください。

1.　カラーテレビ回路の分類方法

カラーテレビの回路の分類方法には，いろいろありますが，次のようにも分類することができます。

1. 映像受信回路
2. 同期偏向回路
3. 色信号再生回路
4. 音声回路
5. 電源回路
6. 受像管回路
7. 付属回路

このそれぞれの中にも，かずかずの回路が含まれているわけで，むずかしい回路もあり，簡単な回路もあります。

また，比較的含まれる回路が少ないものも多いものもあります。ただ，いえることは，カラーテレビジョンにはあらゆる電子回路を含んでいるということです。

たとえば，

発振回路としては，ＬＣ発振回路（水平，垂直発振回路，局部発振回路），水晶発振回路（カラー副搬送波発振回路）など……。

増幅回路としては，高周波増幅回路（チューナ回路，ＵＨＦコンバータ回路），中間周波増幅回路（58 MHz 帯の増幅），低周波増幅回路（音声回路）など……。

パルス回路としては，同期信号回路（水平・垂直同期回路，微分・積分回路）など……。

その他，周波数変換回路，色復調回路……など枚挙にいとまがありません。

電子回路として使われていないものとしては，デジタル回路くらいのものですが，最近のカラーテレビジョンには，チャンネルの表示回路にこの回路を使用したものも発売されています。

この講座では，ページ数の都合もあるため，全回路について解説することもできませんので，比較的重要な回路について解説することにします。

2.　テレビジョン通信方式の基本

ご存じのとおり，テレビジョンの通信方式とし

第二回　周波数変換回路を分析する（抜粋）

第2回

カラーテレビジョン上級コース

—より勉強される方々のために—

周波数変換回路を分析する



剱持　甫

先月号では，カラーテレビジョンをより勉強される方のためにというタイトルで，まず残留側波帯通信方式について解説しました。

多少，数式も出てきてむずかしいと感じられたかも知れませんが，このサブタイトルのように「カラーテレビジョンをより勉強される方」のためですので，この連載をお読みいただく方は，前もってカラーテレビに対する一般的な知識と三角函数のおおよそは理解をしているものとしていますので，その点はご了承ください。

そこで，今回は，前回にも書きましたように，筆者のノートの整理の都合上，順不同になりますが，チューナ回路の中の周波数変換回路（コンバータ回路）について，解説してみましょう。

1.　チューナ

チューナのブロック・ダイヤグラムは第1図のように，高周波増幅回路と周波数変換回路および局部発振回路の3つの回路から成立っています。

ここで，高周波増幅回路は，むずかしい問題がありますので，別の機会に解説することとして，今回は，周波数変換回路についてのみ扱うことにいたします。

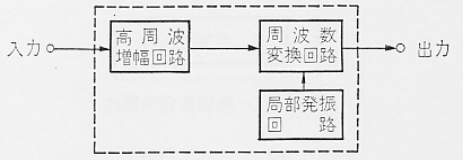
2.　周波数変換回路

そもそも，増幅回路において，同一の周波数（入力と出力が同じ周波数）で増幅すると，正帰還により発振してしまうため，同一の周波数で増幅するためには限度があります。

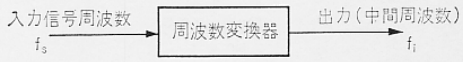
高利得を必要とする場合などは，到来信号周波数（高周波増幅回路出力信号周波数）そのものを増幅するのではなく，その周波数を信号周波数と別の周波数に変換して（これを中間周波数と呼ぶ）増幅するのが普通です。

このようにしますと，非常に高利得を得ることができます。

次の第2図は，このような変換の様子を示すものです。



≪第1図≫ チューナのブロック・ダイヤグラム

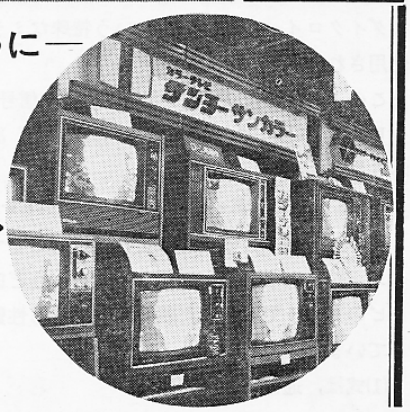


≪第2図≫ 入力信号周波数と中間周波数

第三回　NTSC 方式を解く（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第3回

―より勉強される方々のために―



NTSC方式を解く

剱持　甫

読者のみなさんの中でカラーテレビジョンの方式の１つである「ＮＴＳＣ方式」の「ＮＴＳＣ」という語はどのようなものかおわかりになりますか。そう，何かの頭文字を集めたような気はしますね。これは，次のような語の頭文字なのです。

National Television System Committee

つまり，ＮＴＳＣカラーテレビジョン方式の発展を支援する委員会のことをいっているのです。もう，ここまで書けば今回は何についてこれから説明するか，おわかりのことでしょう。

★　　★　　★

カラー放送を開始するに先だって問題となるのは，従来ある白黒テレビとの，いろいろな面での両立性です。

1.　カラーテレビと白黒テレビの両立

色には，

(1)　色　相
(2)　彩　度
(3)　明　度

の３要素があり，この３つがそろはないと色としては成り立ちません。ですからこの３要素が規定できれば，色を規定することができます。

これら３要素のうち，(3)の明度のみを伝送していたのが従来の白黒テレビで，カラーテレビの場合は，(3)の明度の他に，(1)の色相，(2)の彩度も伝送しなければなりません。

以上のような３要素(色相・彩度・明度)を含んだ信号を伝送する場合には，従来の白黒テレビに不自然さを与えないように，次のような諸項目の両立性（Compatibility）が要求されます。

① カラー放送を白黒テレビで受信したときも，そのまま自然な白黒の画像が再現されなければならない。
② 色相，彩度の情報をカラーテレビのためになるべく少ない伝送路で送らなければならない。
③ その手段が，白黒テレビに不自然さや妨害を与えてはならない。
④ 信号の占有帯域が白黒と同じ６MHz 内でなければならない。

以上のような諸条件を満足させることは，なかなか困難ですが，次に説明するような方法を取ることによって，その条件に応じています。

2.　光を３原色に分解する

光を３原色（赤，緑，青）に分解する方法で，現在テレビ・カメラに使われているのは，第１図に示すようなものです。

これは，赤（R），緑（G），青（B）の各色にだけ感じるプランビコン（従来，撮像管としてイメージ・オルシコンが使われていたが，最近はそれより感度の良いプランビコンが使われている）により信号を取り

第四回　AGC回路を分析する（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第4回

—より勉強される方々のために—



AGC回路を分析する

剱持　甫

この「カラーテレビ上級コース」も回を重ねて第4回になりました。第4回として，カラーテレビの回路の中では，比較的にじみな回路ではありますが，無くてはならない「AGC回路」をテーマに取り上げて見ました。

前回までは少しむずかしい数式が多数でてきましたので，今回は，数式を少なくしましたから息ぬきのつもりでお読みください。

テレビジョン受像機でチャネルを切替えた時に，コントラストに差を生じて見にくいことがあります。このようなケースは電波の強弱によるもので，遠距離においてはフェージングの影響等，近距離においては各放送局の電波の差などによっても起こります。また，飛行機，電車などによるフラッタ現象でも起こります。

入力の電界強度がこのように変動しても安定した画面が見られるように考案された回路が「AGC（Automatic Gain Control）・自動利得調整回路」です。つまり，入力が弱い時には回路の利得を上げ，強い時には回路の利得を下げるように，入力の電界強度に応じて自動的に利得を調整する回路です。

一般的には，高周波増幅回路および中間周波増幅回路へ検波回路で得られた入力信号に応じた直流電圧を加えて利得を調整しています。

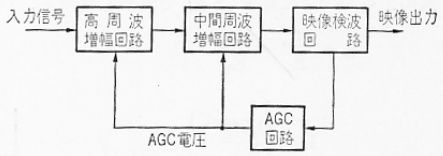
1. 理　論

第1図を書きなおしますと第2図のように書くことができます。

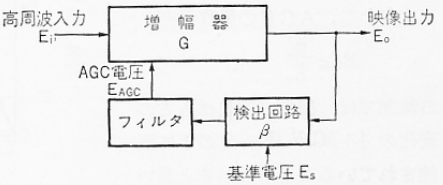
第2図で，増幅器〔G〕は第1図の高周波および中間周波増幅回路を一体としたものと，検出回路 β は映像検波回路とほぼ同様なものと，フィルタは検波出力を直流にする回路と考えていただければ理解することができると思います。

これからの話を第2図を基本にして進めることにいたします。

このような回路をAGC制御回路と呼ぶこともあります。



≪第1図≫　AGC回路系

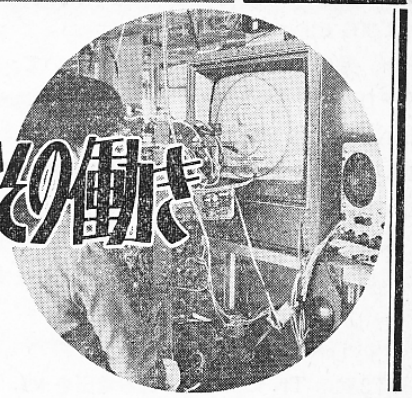


≪第2図≫　AGC回路系

第五回　色復調回路の構成とその働き（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第5回

色復調回路の構成とその働き



剱持　甫

1.　色復調回路

色信号再生回路は，第１図のように帯域増幅回路，色復調回路，マトリクス回路および色同期回路などよりできています。

この中で，今回のテーマである色復調回路は，第１図に見られるように，帯域増幅回路により分離され取り出された搬送色信号を検波（復調）して色信号を取り出す回路です。

最終的に，ブラウン管の入力（マトリクス回路の出力）として必要な信号は，R－Y，G－Y，B－Yという３つの色差信号と呼ばれる信号です。

しかし，これら３つの色差信号のうち，G－Yは他の２つの色差信号の合成により作ることができますので，色復調回路の出力として，R－YとB－Yの２つの色差信号を得るようにすればよいことになります。

ところで，搬送色信号は，位相差が90°ある２つの色副搬送波をそれぞれ個々に振幅変調し，これを加え合せたものですが，この場合の変調方式に平衡変調(またはリング変調)という方式を使っています。

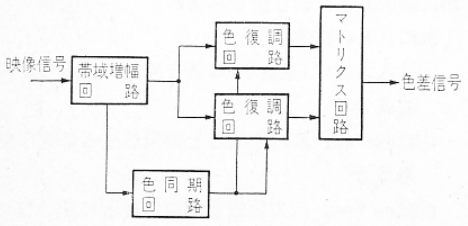
この方式によりますと，エネルギーの大部分を占る搬送波（この場合3.58MHzのカラー副搬送波）を伝送しなくても，その側帯波のみを伝送しても十分に役に立つことが数式的にも説明できます。

2.　平衡変調器の理論

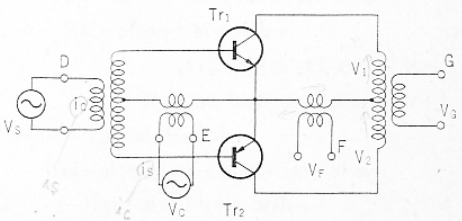
トランジスタを使用した平衡変調器には，トランジスタの性質上，同極性（例えば，PNPとPNP）のものを使用したものと，PNPとNPNという組合せで使用したものとがあります。

理論的には，トランジスタの伝達特性が異なるだけですので，ここでは，PNPとNPNを使用した場合について説明いたしましょう。

第２図のような平衡変調器を考えて見ましょ



≪第１図≫ 色信号再生回路のブロック図

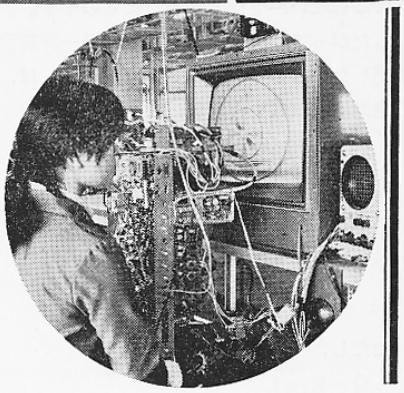


≪第２図≫ 平衡変調器

第六回　中間周波増幅回路（その１）を分析する（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第6回

中間周波増幅回路を分析する（その1）



釼持　甫

中間周波増幅回路は，受信機の利得の大部分を受け持つため，高利得でかつ安定に動作しなければなりません。また，この回路は受信機の選択度特性を決定する重要なものであり，同一チャンネル内にあっても映像搬送波と音声搬送波，色副搬送波と音声搬送波との干渉を防ぐような，特にシビアーな特性が要求されるとともに，電圧を加えて利得を制御する必要がありますので，この折に特性が狂わないようにするなどの配慮が必要になります。

1.　映像中間周波数の選定

映像中間周波数は，以下のような理由によって現在は50MHz帯（以前は20MHz帯を使用していましたが，現在は作られておりません）を使用しています。

選定に際して考慮されなければならない事項とその理由を次に説明しましょう。

(1)　増幅の容易な周波数であること

一般に増幅回路においては，周波数が低い方が入力インピーダンスの点や分布容量などの点から増幅することが容易です。

これは，周波数が高くなると，トランジスタの内部容量や，配線の容量などにより正帰還を起し，発振しやすくなるためです。

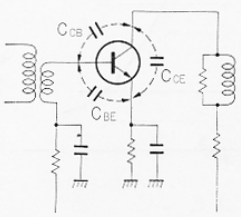
また，増幅器の入力インピーダンス（主に入力容量）は，周波数が高くなるにしたがって，それに反比例して弱くなるために，設計上いろいろと制限を受けて不便になります。

(2)　イメージ妨害が極力少ないこと

中間周波数を比較的高く選ぶことにより，イメージ周波数と，高周波回路の同調周波数との間隔が広くなるために，高周波同調回路により減衰量が大きくなり，イメージ信号の妨害が少なくなります。

この程度を表わす指標として「イメージ妨害比」というものが定義されます。

これは，高周波回路に希望信号が入った場合とイメージ信号が入った場合で，同じ出力を得るために，それぞれの入力信号をどのくらい入れなけ



コンデンサーのインピーダンスは

$$X_C=\frac{1}{\omega C}$$

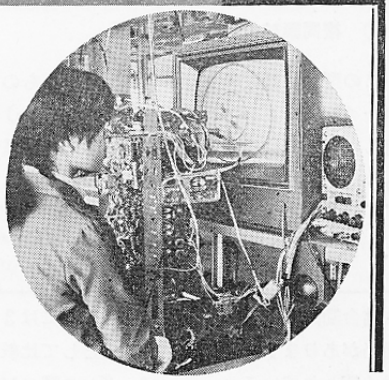
の式で表わされるので周波数に反比例してインピーダンスは減らし，帰還する量が増加する

≪第１図≫　内部容量などにより帰帰還を起し発振する

第七回　中間周波増幅回路（その２）を分析する（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第7回

中間周波増幅回路を分析する（その2）



剱持　甫

前回は，中間周波増幅回路（その１）として，主にスタガー同調回路と単同調回路について詳しく説明しました。

今回は，中間周波増幅回路（その２）として，主に中間周波増幅回路の入力および段間の結合回路および遅延特性について説明しましょう。

1.　入力結合回路

チューナと映像中間周波増幅回路との間を結ぶケーブルは，セットの構造上長くなりやすいために，分布容量の増加をまねいたり，妨害電波の影響を受けやすいものです。

そのようなこともあって，最近のテレビジョンは，チューナと中間周波増幅回路との間を結ぶケーブルには，３Ｃ－２Ｖなどの同軸ケーブルが使われています。

ところで，一般的に結合回路に使用される回路は，第１図(1)～(3)に示すようなものが多いようです。

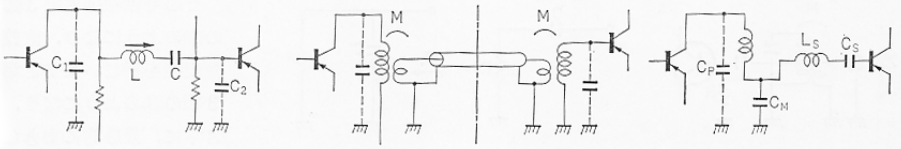
（１）　π型結合回路

この回路は，その構造上に段間に入れたコイル〔Ｌ〕と混合回路（チューナーの出力）の出力容量〔C_1〕，および中間周波増幅回路の入力容量〔C_2〕とが，ちょうどギリシャ文字のπの形をしているところから出たもので，C_1とＬとC_2により直列共振回路を形成するものです。

この結合回路の周波数特性は，Ｑにより異なりＱが大きければ単同調回路の特性とほぼ同様で，スタガー同調回路の１つの結合素子としても使うこともできます。

（２）　Ｍ結合回路

これは，チューナと中間周波増幅回路が，テレビジョンの構造上，相当に離さなければならない場合などに用いられるものですが，非同調型でローインピーダンス型でもあります。



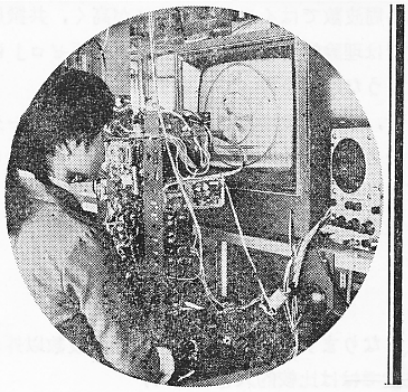
(1) π型結合回路　(2) M型結合回路　(3) 復同調型結合回路

≪第１図≫　各種結合回路

第八回　中間周波増幅回路（その３）を分析する（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第8回

中間周波増幅回路を分析する（その3）



釼持　甫

中間周波増幅回路について，９月号，10月号と２回にわたり説明いたしましたが，それに引き続き今月号も中間周波増幅回路において，特性をつくるためになくてはならないトラップ回路について説明いたしましょう。

テレビ受像機には，選択度特性をよくする（持たせる）ために音声トラップや隣接チャネル・トラップなど各種のトラップが使われています。

次に，それらを紹介しながら，トラップを少しくわしく見てみましょう。

1.　トラップの種類

現在，テレビ受像機に使われているトラップには，

- ○　容量結合型
- ○　誘導結合型
- ○　バイファイラ型
- ○　ブリッジ型
- ○　M結合ブリッジ型

などの各トラップがあります。

2.　各種トラップの働き

では次に各種トラップの働きについて説明いたしましょう。

(1)　容量結合型

この型のトラップは，従来から使われている一般的なもので，型も簡単なものです。

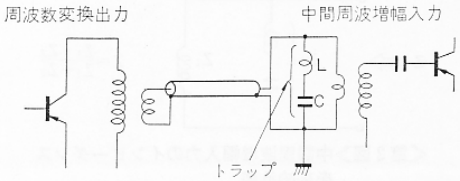
この型の種類としては，

○直列共振型

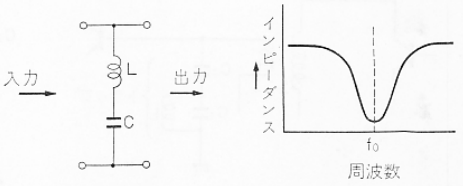
○並列共振型

などがあります。

第１図は，直列共振型トラップの例ですが，この例に見られますように，この型のトラップは比較的インピーダンスの低い回路に使われています。



≪第１図≫容量結合型トラップ（直列共振型）



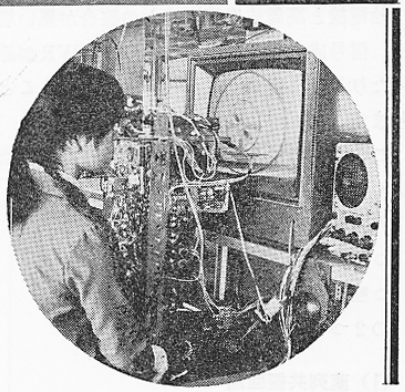
≪第２図≫直列共振回路のインピーダンス特性

第九回　高周波増幅回路（その１）（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第9回

高周波増幅回路

（その1）



剱持　甫

前回まで，連続３回にわたって中間周波増幅回路についていろいろと説明いたしました。これは，それなりに事情があり，中間周波増幅回路―その１―のときに書きましたように，この回路の特性によって，受像機全体の性能が左右されるといっても過言でないからなのです。

今月は，受像機の入口である「チューナ」の中にある「高周波増幅回路」について説明いたしましょう。この回路の特性がよいということは，弱い電波でも十分美しい映像が再現されることにもなります。

受像機の高周波増幅回路は第１図のように，チューナの中にあり，この回路の出力は周波数変換回路に導かれていきます。

第１図の中より高周波増幅回路の部分を取り出し少し分解して書きますと第２図のようになります。

テレビジョン用の高周波増幅回路は，多くの周波数の中から，ある特定の周波数を選択し，その周波数から6MHzの帯域幅を増幅するものです。

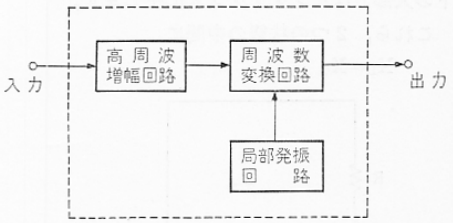
普通使用されているスーパーヘテロダイン受信機において，その高周波増幅器の良否は受信機の性能のうちで，特に重要な信号対雑音比（S/N）の改善やイメージ選択度の向上および局部発振回路の発振出力や外部に輻射するのを防ぐことなどです。

高周波増幅回路は，第２図のように増幅回路とその入力および出力回路に分けることができます。

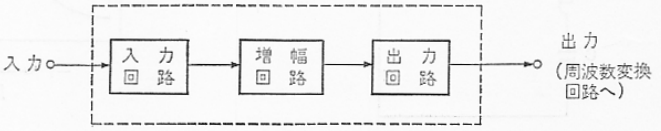
この入力・出力回路は，その回路の性質上給電線とのマッチングを取ったり，回路の特性を整えたりするためのもので，アクティブ素子（トランジスタなど）は使用されていませんのでどちらにも使えます。

1. 入力回路

この回路は，給電線の特性インピーダンス（通常300Ω平衡型，75Ω不平衡型）と受像機の高周波増幅回路を正しく整合させるために入れる回路で



≪第１図≫　チューナの回路構成



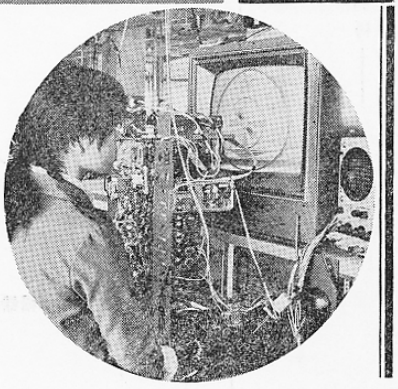
≪第２図≫　高周波増幅回路の構成

第十回　高周波増幅回路（その２）（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第10回

高周波増幅回路

（その2）



劔持　甫

前回は，高周波増幅回路―その１―として主に入力同調回路を紹介いたしました。同調回路は，無線回路の中でも比較的に基本的な重要な回路の１つであるため，少し詳しく説明いたしました。少々むずかしい点もあったかと思いますが，ご了承ください。

今回と次回は，前回に引き続き，高周波増幅回路の―その２およびその３―をおとどけいたします。

1.　高周波増幅回路

増幅回路には，

○非同調型

○同調型

の２種類があります。

第１図(a)は非同調型，(b)は同調型の増幅回路の例です。

非同調型増幅回路とは，低周波増幅回路のようなもので，増幅回路の負荷として同調回路を持っていないものをいいます。

それに対して，テレビの高周波増幅回路，中間周波増幅回路など，負荷として同調回路を持っているものを同調型増幅回路と呼びます。

非同調型増幅回路は，別にゆずるとして，ここでは同調増幅器について考えましょう。

高周波増幅回路は，増幅しようとする信号の周波数の範囲がその周波数に比べて狭いか広いかで

○狭帯域同調増幅器

○広帯域同調増幅器

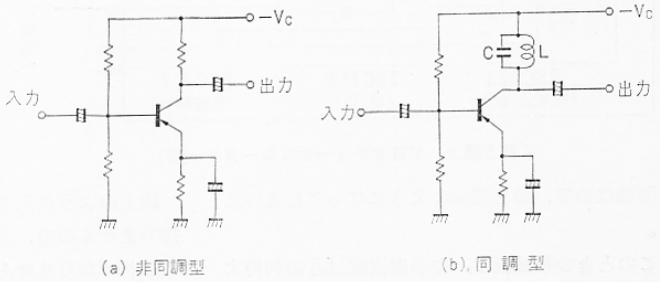
と一般的に分類されています。

狭帯域同調増幅回路は，ラジオの中間周波増幅回路のようなもので，中心周波数 455kHz，帯域幅 10kHz程度のものです。

これに対し，広帯域同調増幅器は，これから解説する，テレビの高周波増幅回路のように，中心周波数 200MHz，帯域幅 6MHz のようなものです。

ところで，同調増幅器の理想的な特性は，第２図(a)のようなものであることが望ましいのです。

しかし，実際には，このような特性を得ること



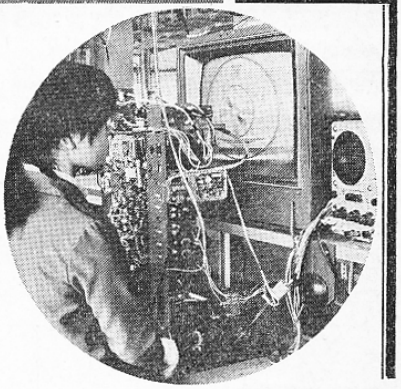
≪第１図≫　増幅回路の例

第十一回　高周波増幅回路（その３）（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第11回

高周波増幅回路

その３



釼持　甫

先月号では，高周波増幅回路（その２）として高周波増幅回路のトランジスタを使用した例，ＦＥＴを使用した例などを説明し，この回路に要求される諸特性のうちの雑音指数の一部について説明しました。

今回も，引き続き，雑音指数の続きから説明しましょう。

1.　雑音指数について

前回の雑音指数を説明したところでは，実際の数値がありませんでしたので，多少理解できにくかった面もあろうと思います。そこで，前回に出てきた式の中から，いくつかに実際に数値を入れて計算して見ましょう。

○有能雑音電力〔P_n〕

有能雑音電力〔P_n〕は，

$$P_n=KTB$$

で表わされることは，前回に説明いたしましたが，今，抵抗〔10Ω〕が持つ有能雑音電力を求めてみましょう。

ただし，室温を20°C，ボルツマン定数を1.38×10^{-23}〔J／°K〕として，通過帯域幅を，6〔MHz〕とすれば，

$$P_n=KTB$$
$$=1.38\times10^{-23}\times(273+20)\times6\times10^{6}$$
$$\fallingdotseq2.426\times10^{-14}\text{〔W〕}$$

となります。

○抵抗の熱雑音（雑音電圧２乗平均値）〔$\overline{E_n^2}$〕

これを表わす式は，

$$\overline{E_n^2}=4KTBR$$

です。

今，この式に，前と同様の値を代入し，雑音電圧〔E_n〕を求めると，

$$E_n$$
$$=\sqrt{4\times1.38\times10^{-23}\times(273+20)\times6\times10^{6}\times10}$$
$$\fallingdotseq\sqrt{9.7\times10^{-13}}$$
$$=9.95\times10^{-7}$$
$$\fallingdotseq1\text{〔}\mu\text{V〕}$$

となりますが，抵抗が10〔kΩ〕になると，

$$E_n$$
$$=\sqrt{4\times1.38\times10^{-23}\times(273+20)\times6\times10^{6}\times10\times10^{3}}$$
$$\fallingdotseq\sqrt{9.7\times10^{-10}}$$
$$=3.12\times10^{-5}$$
$$=31.2\text{〔}\mu\text{V〕}$$

となります。

この値自身は，非常に小さいものですが，これが，高周波増幅の入力回路であった場合には，この雑音電圧は高周波増幅回路の利得と中間周波回路の利得のそれぞれ倍されて，出力となります。

今，映像中間周波増幅回路のみを考えても，この回路として必要な利得は70dB程度ですから10Ωの抵抗の場合，雑音電圧は１μV＝０dBとなりますから

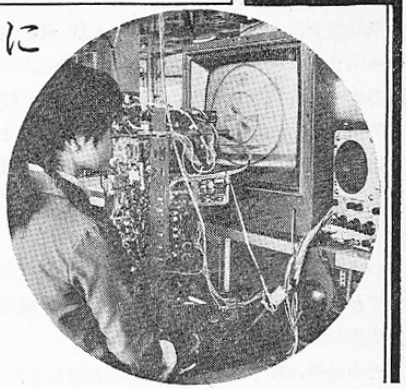
第十二回　同期回路（その１）（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第12回

より勉強される方のために

同期回路

その１



劔持　甫

今月から２～３回続けて「同期回路」について説明いたします。

同期という名前を聞いてみなさんは，おそらく，パルス波形をした同期信号を思い出されたと思いますが，そのような同期信号は，どのようにしてできているか……という点から今月の説明を始めましょう。

まず「同期」とは，送り側で分解された画と，全く同様な画を再生するには，送り側の走査と，受け側の走査を全く一致させなければなりませんが，この一致させることをいいます。

走査という語が出てきましたので，ここで同期を説明する前に，走査について説明しておきましょう。

1.　走　　査

走査というのは，今，ある画面があるとして，この画面をある一定の規則にしたがって分解し，それをまた一定の規則のもとに組立てることをいいます。

分解したときの一つ一つを絵素といいます。走査には，

○順次走査

○飛越走査

がありますが，現在実用化されていますのは，後に述べる理由により，飛越走査方式です。

（1）　順次走査

この走査方式は，その字が表わしているように，順々に走査していくものです。

第１図は，この様子を示したもので，簡単に説明します。

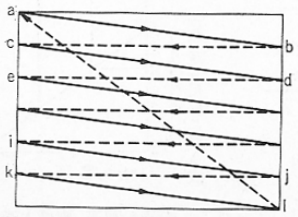
走査は，画面に向かって左上のａ点より始まります。

そして，あとはアルファベットの順に，ａ→ｂ→ｃ→…ｋ→ｉと進んで，最後にａ点にもどります。

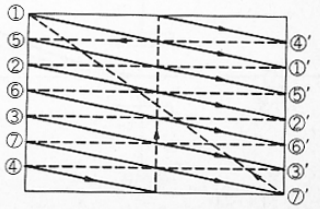
このときのｂ→ｃ，ｄ→ｅなどは画面には表われない線で水平の帰線と呼ばれ，ｉ→ａにもどる線を垂直の帰線と呼んでいます。

（2）　飛越走査

この方法は，走査を一本おきに行うものです。



≪第１図≫　順次走査の説明図



≪第２図≫　飛越走査の説明図

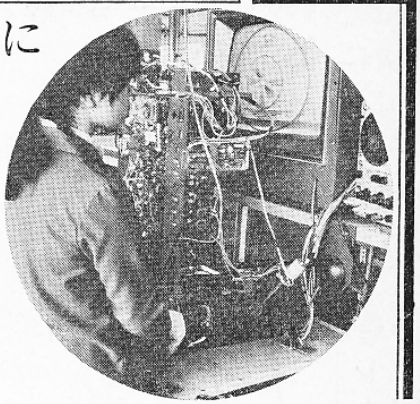
第十三回　同期回路（その２）（抜粋）

カラーテレビジョン上級コース　第13回

より勉強される方のために

同期回路

その２



剱持　甫

先月号では同期回路の入門として，走査・偏向・同期の初歩などについて説明した。これらは，今回以後に説明する同期回路を理解するために必要なものであるので，ぜひ理解してほしい。

1. 同期回路の構成

同期回路は，送られてきた同期信号を基にして，これから水平同期信号，垂直同期信号を分離して，水平走査用のこぎり波（15750Hz），垂直走査用のこぎり波（60Hz）を作り出す。そのブロック・ダイヤグラムは第１図のとおりである。

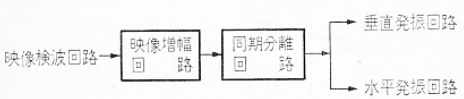
2. 同期分離回路

この回路は，送られてきた映像信号の中に含まれている同期信号（水平・垂直同期信号を同時に）を振幅分離するものである。

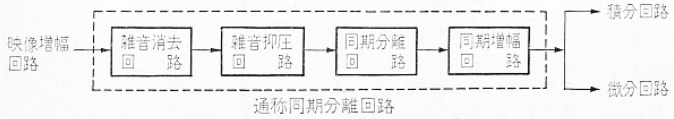
その回路は，第２図のように構成されている。

映像増幅回路より得られた同期信号を含んだ映像信号を，雑音が含まれていると画面を乱すことがあるので，雑音消去回路・雑音抑圧回路を通して，同期分離回路に導き，振幅分離する。その信号を増幅して，水平・垂直の各同期信号に分離するための周波数分離回路（微分回路および積分回路）に導かれる。

では，次に各回路について説明しよう。



≪第１図≫　同期回路の構成



≪第２図≫　同期分離回路

（１）　同期分離回路

同期分離回路の回路構成は，基本的に第３図に示すようなもので，通常トランジスタ１石で成り立っている。

では，第３図を利用して説明していこう。

トランジスタのベースとエミッタ間の電圧(V_{BE})は，ゲルマニュームで0.3V，シリコンで0.7Vくらいなので，この電圧より少し高い順方向電圧を加えると，コレクタ電流が流れ始め第４図に示すようなV_{BE}—I_C特性のため，すぐ飽和して一定のコレクタ電流になってしまう。

トランジスタは，飽和すると，コレクタとエミッタ間の内部抵抗が非常に低くなり，急に大きなベース電流が流れ始める。このことから，トランジスタの同期分離回路は，映像検波出力のような小さな電圧（１V_{PP}くらい）でも十分動作させることができる。

では，第３図の同期分離基本回路に映像信号を入れて，同期信号が分離される様子を見てみよ

第十四回　同期回路（その１周波数分離回路）（抜粋）

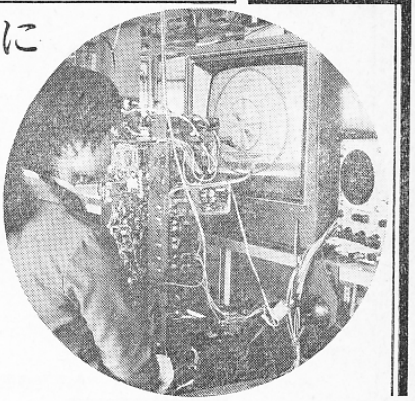
カラーテレビジョン上級コース　第14回

より勉強される方のために

同期回路

その① 周波数分離回路

剱持　甫



前回は，複合映像信号の中に含まれていた，同期信号（水平，垂直および等化パルスの合成されたもの）を取り出すまでの回路動作および同期信号について説明しました。

今回は，それに引き続き，取りだされた複合同期信号の中より，水平および垂直のそれぞれの同期信号を分離する周波数分離回路について説明しましょう。

1. 周波数分離回路

第１図に示されるように，振幅分離回路により分離された複合同期信号は，水平，垂直および等化パルスの三つの部分よりなっている。

ところで，各同期信号の幅は

水平同期信号の幅：5μS

垂直同期信号の幅：190.2μS

と異なり，それぞれのパルスの間隔は，水平同期周波数が15750Hz，垂直同期周波数が60Hzであるから，

水平同期パルス間隔：1／15750＝63.5μS

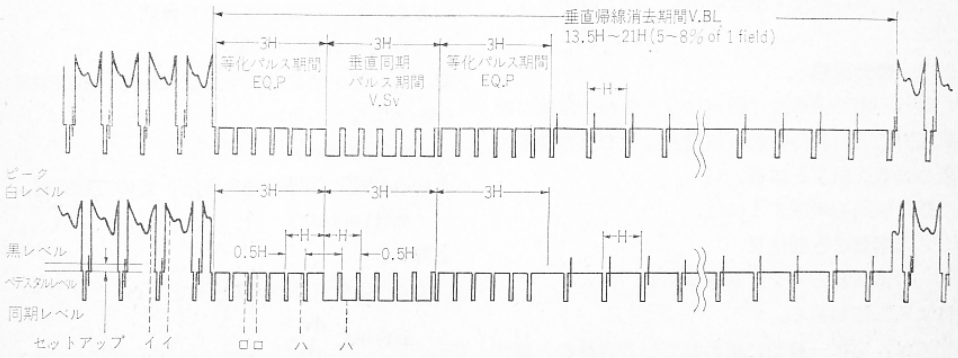
垂直同期パルス間隔：1／60＝16.7mS

と異なって，しかもかなり周期も大きくちがう（第２図）。

この周波数差（周期差）を利用して，それぞれの同期信号を分離しようとするのが「周波数分離」である。

ですから，この回路は特に能動回路（トランジスタなど利得のある回路）は使用しなくとも作ることができる。

この周波数分離回路は，第３図に示すような構成で，水平同期信号を取りだすためのＨＰＦ（ハ



≪第１図≫　水平垂直同期信号および等価パルス

第十五回　同期回路（その２周波数分離回路）（抜粋）

カラーテレビジョン

上級コース

より勉強される方のために

第15回



同期回路



その② 周波数分離回路

剣持　甫

1.　積分回路

積分回路は，与えられた波形が時間に対して，積分された波形となって，出力端子に現われるような回路のことをいう。

積分回路を構成するには，次の二つの方法がある。

○抵抗Ｒとコンデンサ C

○抵抗Ｒとインダクタンス L

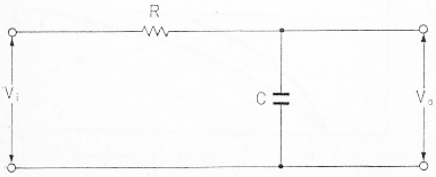
一般的には，インダクタンス〔L〕は，構成上に若干の難点があるので，抵抗〔R〕とコンデンサ〔C〕による回路が多く使われている。

では，次にＣＲ型積分回路を，続いてＰＬ型積分回路について，それぞれ説明する。

①　ＣＲ型積分回路

第１図はＣＲ型積分回路の基本回路図。

第１図を見ると，ＣＲ型微分回路のＣとＲを逆にしたものであることがわかると思う。このことは，微分と積分は，ちょうど逆のことをやっているということになる。



≪第１図≫　ＣＲ型積分回路

まず，第１図において，回路の電圧方程式は抵抗〔R〕の端子電圧を V_R，コンデンサ〔C〕の端電子を V_0 とし，入力電圧を V_I とすれば

$$V_I = V_R + V_0$$

となる。

また，回路電流〔i〕は，

$$i = \frac{V_R}{R}$$

となる。

ここで，条件式

$$V_R \gg V_0$$

を取り入れて，前式に代入すると，

$$i \fallingdotseq \frac{V_I}{R}$$

という回路電流を得ることができる。

コンデンサ〔C〕に蓄えられる電荷〔Q〕は $Q = C \cdot V_0$ であるから，

$$V_0 = \frac{Q}{C}$$

$$= \frac{1}{C}\left[\int_0^t i\,dt + Q_0\right]$$

これに，回路電流〔i〕を代入して，

$$\fallingdotseq \frac{1}{C}\left[\frac{1}{R}\int_0^t V_I\,dt + Q_0\right]$$

となる。

第十六回　色同期回路（その１）（抜粋）

カラーテレビジョン

上級コース

第16回

よく勉強される方のために



色同期回路

その①



剣持甫

先月号では，同期信号の分離，増幅などについて説明しました。

今月号からは，同じ同期は同期でも，色の同期，色同期回路について説明しましょう。

概要

まず，色同期回路のあらましについて説明します。

色同期回路は，ちょうど水平，垂直の同期をとるのと同様に，送られてくる搬送色信号（カラーバースト）と受像機の中で作られた副搬送波信号と同期をとり，復調に必要な位相を持った副搬送波を作り出すための回路です。

送信側での搬送色信号は，映像および音声搬送波との干渉を避けるために，平衡変調を行い，搬送波成分を抑圧して，色相と飽和度を変換した２つの色度信号で振幅変調した側波帯成分だけを送ってきます。

この様子は，このコース，第５回「色復調回路の構成と働き」（８月号，176頁）に説明してありますので，そちらを参考にして下さい。

このように，搬送波を抑圧した側帯波のみの色信号が送られてきても，このままもとどおりの色を再現することはできません。

色を再現するためには，送信時に抑圧した搬送波成分と同一の信号を作り，その信号を復調器に加えてやらなければなりません。

しかし，送られてくるその搬送波の周波数は，非常に安定で，その偏差は3.579545MHz±10Hz，変動は毎秒±0.1Hz以内と規定されています。

このような安定な搬送波と同一な搬送波を受信機側で作らなければなりません。

作られた搬送波の位相は，その誤差が５°以内程度でないと，変動によって画面上に色相の変化となってあらわれてしまいます。

そこで，受信機側では水晶発振子により，誤差を５°以内におさえるように搬送波を作ります。

このようにして作られる搬送波を副搬送波と呼びます。

送信側との位相を合わせるためには，何か基準になる信号が必要になります。

その基準になる信号はカラー・バーストまたはバーストといいます。

送信側では，次のようにして基準になるバーストを送ってきます。

送信時に抑圧された搬送波成分は，全てが除去されるのではなく，平衡変調器に加えられる前の搬送波を水平同期の周期でゲートして，搬送波の基準になる位相をバースト信号として，第１図のように水平帰線期間（ブランキング期間）のバックポーチに挿入して送ってきます。

写真１，写真２は輝度順カラーバー信号の波形と水平ブランキング期間に挿入されたバースト信号の実例です。

したがって，受信機側では水平ブランキング期

第十七回　色同期回路（その２）（抜粋）

カラーテレビジョン

上級コース

よく勉強される方のために

第17回



色同期回路

その②



剣持甫

先月号では，色同期回路（その１）として，色同期回路の心要性から始まり，回路構成と進み，回路構成の中の一つであるＡＰＣ方式に話が移りました。そして，バースト・ゲート回路，バースト増幅回路と進んで，位相検波回路の一部までを前号で説明いたしました。

今月号では，それに引き続いて，位相検波回路の動作を説明しましょう。

⑶位相検波回路

次に，バーストの位相に対して，副搬送波の位相が90°より少し大きく90°＋X°になったときには，どのようになるであろう。その様子を第15図に示す。

この場合も，動作は前と同様であるので，D_1のダイオードの場合はバーストが－になり，副搬送波が＋になったときに導通するので，出力は第15図（c）に示すようになり，D_2のダイオードの場合は，バーストが＋，副搬送波が－になったときに導通し，出力は第15図（d）のように＋になる。

しかし，第15図に見られるように，ダイオード・D_1と，ダイオード・D_2の導通している時間が異なるので，その出力電圧は＋側が多くなり，フィルタを通して直流とした後の出力は，第15図（e）のように＋Vになる。

さて，以上とは逆に，バーストと副搬送波との位相差が90°－X°の時には，第16図のようになる。

この場合も，動作は前と同様になる。

但し，その出力電圧は，D_1のダイオードは，第16図（c）のように－が，D_2のダイオードは，第16図（d）のように＋の電圧が出てくる。

この二つの電圧を加え合せた場合には，その導通している時間が異なるため－の方が多くなり，フィルタを通した後の出力は，第16図（e）のように－Vの電圧になる。

以上，三通りの場合について説明したが，第17図に別の方法による説明を示しておこう。

第17図（a）は，バーストと副搬送波との位相差が90°の場合で，この場合，この合成ベクトルは，A＝Bになるので，出力は零になる。

（b）および（c）は，バーストに対して，副搬送波の位相が90°＋X°および90°－X°の場合を示したもので，そのベクトルが，A＞Bの場合には，出力は＋になり，A＜Bの場合には，－の出力が出てくる。

このようにして得られた直流電圧を利用して，リアクタンス・ダイオードを制御して，副搬送波の位相を，バーストと90°の関係に保つ。

では，色相を変える場合には，どのようになるであろうか。

単に，副搬送波の位相を変えただけでは，バーストと副搬送波との位相差が90°でなくなるので，また位相回路が働いて＋または－の電圧を発生して，もとの位相にもどろうとしてしまう。

1974 年（昭和 49）「日本の共聴を創った人々」有線放送とテレビ別冊号



日本の共聴を創った人々

目　　次

台字は市原嘉男氏 筆

共聴の歴史を創った人々……座談会……4
・共聴史の幕あけ伊香保の施設　・Gラインの適用化　・伊香保工事のさまざまな工夫　・初期の共聴工事　・中京地区初期の共聴　・耐候性ケーブル市場に出る　・初期共聴に対するNHKの方針　・広帯域アンプの誕生　・助成共聴のはじまり　・三五年代の各社　・トランジスタアンプ　・都市共聴のはじまり　・外

NHK共聴の歩み……市原嘉男……18

私が歩いた共聴の道……高橋卯九末……21

初期のテレビ共同聴視……高木堅秀……27

新幹線A方式制度を始めた頃のこと……尾形隆憲……32

竹内勝氏と三春通信……37

我社における共聴十八年の回顧……宮崎重樹……41

テレビ共聴技術の変遷……直川一也……44

有線テレビを思う……竹河信義……59

我が社のテレビ共聴事業の生い立ち……須田実……61

三春通信機器・当時の思い出……福家芳夫……65

鶴舞電機と共聴・アンプの歴史……今村武雄……67

KJに登場した共聴機器の思い出……島田晴行……69

直列ユニットを生むまでの苦心……山口正起……74

日本共聴協会年譜……76

アンプ、延長アンプ、分岐器、分配器、保安器、整合器、コネクター製品の保証期間、規格内容について、施工部会と合同打合せて具体化する。

施工部会運営方針

○　欠陥製品は取りかえると同時に製造会社名を公開する。

○　製品の保証期間を工事完成後一ケ年とする。

○　都市共聴標準工法についての内訳は、アンテナ架、建柱、ケーブル架線、機器取りつけ、アース、埋設、屋内、引込み電源工事、ラット（支柱）道路交叉基準、架空線工事、補修工事、安全管理、保証期間、契約内容等に決定。

昭和四十九年一月

建テレ委、第二回講習会を二月に開催することを決定。保守契約の内容、都内共同受信施設の実態調査（保守管理）の基礎データーとする。

全国理事会

最近の物価上昇にともなう業界動向研究会。支部動向。米国視察の報告。

施工部会では都市共聴工法についてワーキンググループで進行する。資材不足と施工業界の動向、保守、契約、永久保証と使用機械について。

建設業者登録の改正について四月一日より変更するので会員は全員登録申請すること。同時に電気工事士の登録の再確認。

同年二月

中部支部　技術講習会の終了と年次総会を中日パレスにおいて開催する。

施工部会　建設業者登録を全会員に指導、再送信同意の連絡各社の賃金アップ率の調査、全国工事平均賃金の改正について討議する。KJ価格はメーカー卸し価格のため施工会社では利益を無視されたものであり関係官庁に陳情する。

第二回米国CATV研修団出発団長、斉藤邦雄（宮崎電線工業をKK）はじめ竹河、大石、白川、山田、宇佐美、山本、安藤、飯野、吉原、大友、伊藤、村上、佐郷の計十五名で、米国現地において施工関係を中心とした技術の研修会を行った。

同年三月

テレビ共聴施工協会会長、樋口誠氏との会談の結果、四月一日より合併することが決定。これにより役員の増員、定款の一部を変更する。

現在、会員数、関東支部、五十社、中部支部、二十五社、近畿二十社、四国、二十社、九州、二十社がそれぞれ誕生している。

（有線放送とテレビ別冊号）　定価一、三〇〇円

日本の共聴を創った人々

発　行　昭和四十九年十月一日

発行所　株式会社　共同聴視出版社

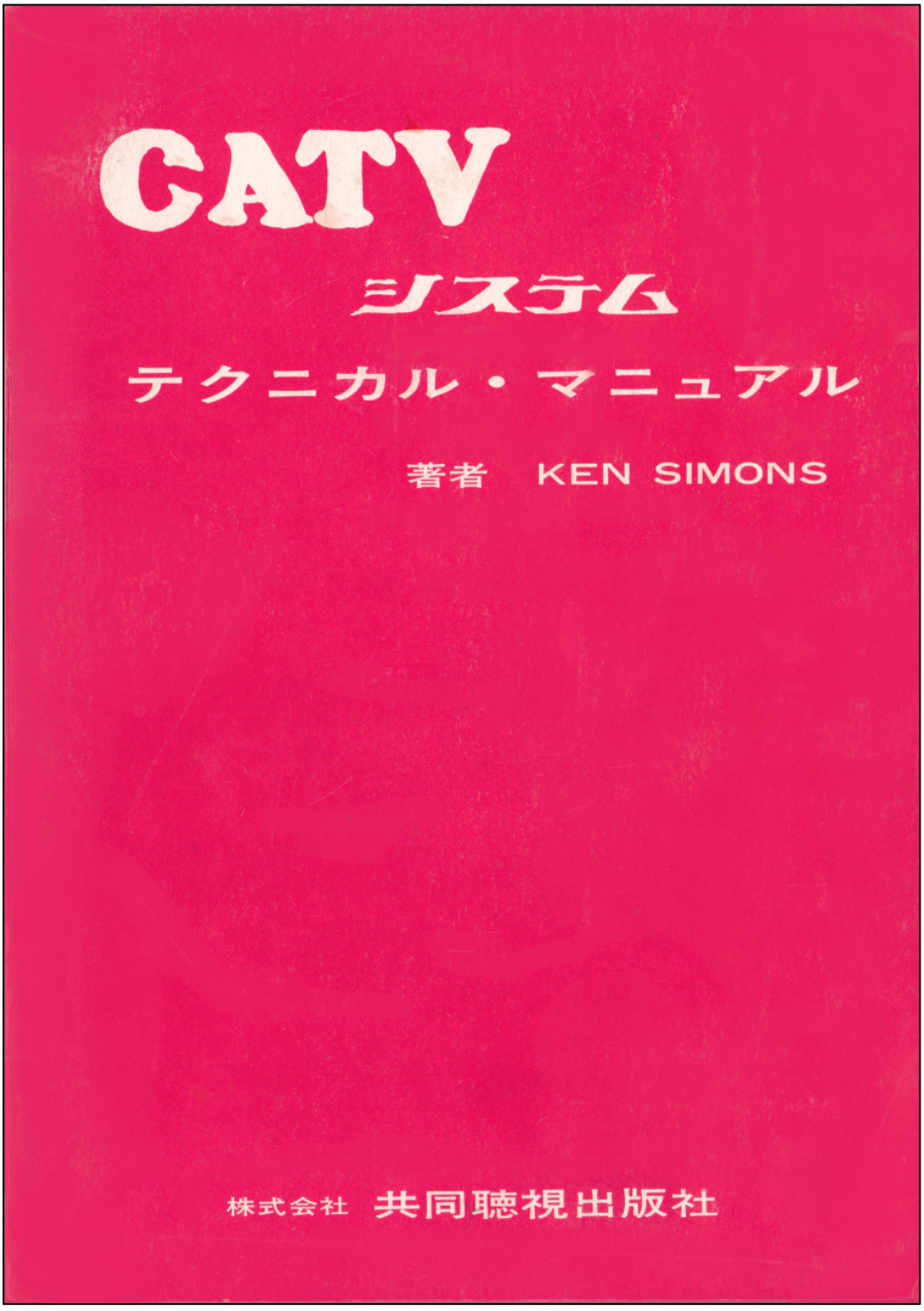
東京都千代田区六番町一

電　話　（二六二）六五六七
（二六一）三四五五

印刷所　雄飛堂印刷所

1975 年（昭和 50）CATV システム　テクニカル・マニュアル（A5,p207）

「1968 年 TECHNICAL HANDBOOK FOR CATV SYSTEMS」の訳本



CATVシステム

テクニカル・マニュアル

著者　KEN SiMONS

翻訳　鴻 巣 己 之 助

株式会社　共 同 聴 視 出 版 社

目　次

第 1 章　dBとdBmV. …… 9

第 2 章　電圧，電流，電力の組合せ …… 18

第 3 章　CATVシステムのランダムノイズ …… 34

第 4 章　CATV増幅器の歪の基本 …… 42

第 5 章　CATVの増幅器に生ずる歪の数学的解析. …… 75

第 6 章　CATVシステムの混変調 …… 92

第 7 章　縦続接続幹線増幅器システムの算数 …… 103

第 8 章　ノイズ，混変調，ハム変調の測定 …… 107

第 9 章　CATV分配線における反射の影響の軽減 …… 126

第 10 章　同軸ケーブルのスイープによる試験 …… 142

第 11 章　チャートと表 …… 156

付　録　1 …… 198

付　録　2 …… 202

付　録　3 …… 204

序　文

ＣＡＴＶシステムについて多くの事項を記載している本書は著者の多年にわたる論文と講義資料を編集したものである。

Ken Simons 氏は５０年代初期のＣＡＴＶのまさに黎明の時から本事業にたづさわっており，本書の内容は急速に発展しつつある.ＣＡＴＶ工業における毎日直面する問題についての筆者の深い造詣と努力とを反映したものである。CATV は次の諸点で筆者の寄与をうけている。すなわち工業，教育および家電市場に全く新しい分野を開き何千という仕事を創造したことであり，また，難視地区に，ＣＡＴＶシステムを使用してテレビジョン放送を見ることを可能にした利益も筆者のお蔭によるものである。

1974年4月　Philadelphia にて　Jerrold Electronics Corporation
技術書出版部
編集長　Gideon Rath.

まえがき

本書の題名はＣＡＴＶシステムの技術ハンドブックであるが，ＣＡＴＶシステムの技術的基礎とした方が内容にふさわしいと考えられる。我が国においてもＣＡＴＶの技術が急速に進歩しており，これに関する参考書も二，三発行されている，また歪について位相を考慮した新らしい論文が外国文献にも見られるが，本書はこのことにより価値の下るものではなく，それらをより良く理解するための基本を丁寧に述べている。

この原本を入手したとき，ＣＡＴＶに携さわる技術者の参考になれば良いと考え，講義用のメモとして抄訳しておいたが，内容が工業高校卒業程度の知識で十分理解できるもので，我が国のＣＡＴＶ工業の技術者，電気通信工学関係を学んでいる学生諸君の手引きになれば幸いと思い完訳の上まとめた。

浅学非才ゆえ訳中に不備の点が多いと思われるので大方の御叱正を乞いたい。

最後に本書の上梓を積極的にお薦め下さり，また御協力を頂いた㈱共同聴視出版社高瀬俊佑氏ならびに日本有線テレビジョン技術協会佐郷達志事務局長に厚く謝意を表す。

昭和５０年９月

訳者　しるす

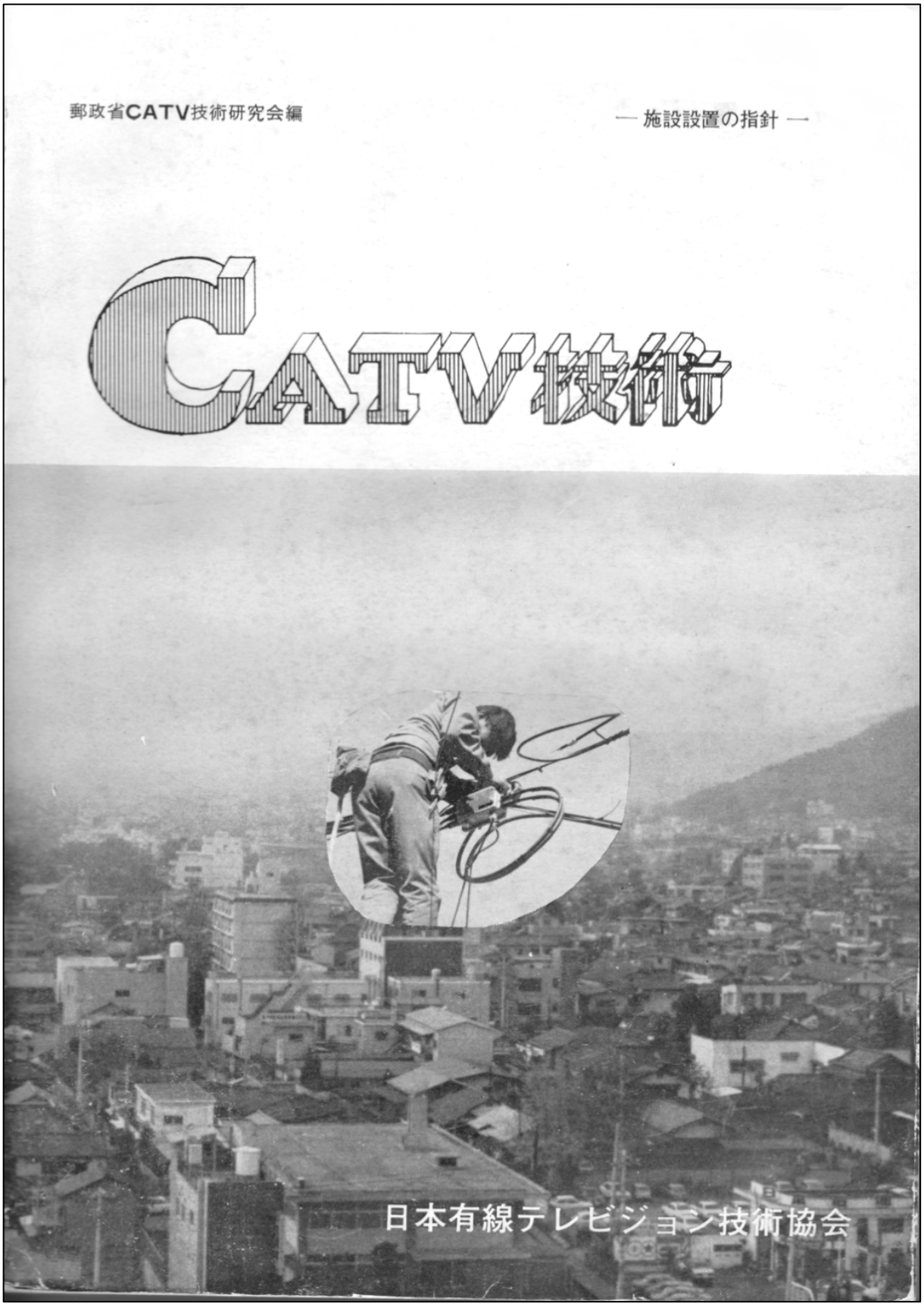
CATVシステム
テクニカル・マニュアル

昭和50年9月30日発行

定　価　2,500円
編　集　株式会社　共同聴視出版社
発　行　株式会社　共同聴視出版社
東京都千代田区六番町一
〒102
電話　03(262)6567
(261)3455
印刷所　有限会社　光和テック
電話　044(533)5331(代)

1975 年（昭和 50）CATV 技術－施設設置の指針－(B5,p510)

(日本有線テレビジョン協会)



ＣＡＴＶ技術 ―施設設置の指針―

郵政省ＣＡＴＶ技術研究会編

序

有線テレビジョン放送（ＣＡＴＶ）は、従来からテレビジョン放送の難視解消のための有効な手段の一つとして広く用いられてきたが、最近ではまた、地域社会における新しい情報手段として極めて有用であるとの期待も大きく、これら将来への大きな夢をもはらみながら、今後一そうの普及発展を続けて行くものと考えられる。

しかしながら、一方その歴史が比較的浅いことのために、ＣＡＴＶの技術にはまだ種々未解決の問題が残されていた。郵政省では、これら問題の解明のために、さきにＣＡＴＶ技術研究会を設置し、関係各界の学識経験者を委員に委嘱して、過去２年にわたり、調査研究を進めてきた。

本書は、その調査研究結果の報告書をもとに編集したものであるが、単に成果の記録ということだけでなく、なるべくＣＡＴＶ施設設置の指導書としても利用できるように配意してあるので、ＣＡＴＶをこれから始めようとする人にとつては勿論のこと、既に、施設を設置し運用している方面およびそのほかのＣＡＴＶの仕事に携わつておられる各位にとつても好個の参考書となるものと思われる。ただ、本書では音響、映像等のスタジオ用設備については触れていないことを念のためお断りしておく。

本研究会がこのような成果を上げるまでの過程において、ＣＡＴＶ施設、行政機関およびメーカーなどの関係者が一堂に会して隔意なき意見を交換し、相互に理解を深めながらＣＡＴＶの技術上当面の諸問題について調査研究を行つたことは、特に意義が深く、斯界今後の進展に直接間接の貢献をなすものと考えられ、この機会に関係各機関のご協力とご配意に対し深く謝意と敬意を表するものである。

本書の刊行に当り、これが今後のＣＡＴＶの普及発展に十分に寄与するものであることを思い、各方面で広く活用されることを願う次第である。

昭和５０年３月

ＣＡＴＶ技術研究会会長

溝　上　　銈

目　　次

第１章　要　約 …… 1
1　有線テレビジョン放送発展の経緯と現状 …… 1
2　ＣＡＴＶ技術発展の歴史 …… 2
3　ＣＡＴＶ技術研究会 …… 3
4　調査研究の結果 …… 4
第２章　ＣＡＴＶシステムの設計 …… 11
第１節　既存システムの現状 …… 12
1　システム設計の現状 …… 12
2　既存ＣＡＴＶ施設の調査結果 …… 16
第２節　システム設計の指針 …… 32
1　設計の手順 …… 32
2　設計条件の設定 …… 33
3　システム構成 …… 39
4　システム規格の考え方 …… 46
5　伝送用機材 …… 50
6　線路図の作成 …… 80
第３節　仮想地域におけるシステムの設計事例 …… 85
1　大都市における仮想システムの設計事例 …… 86
2　中小都市における仮想システムの設計事例 …… 105
3　町村における仮想システムの設計事例 …… 119
4　ニュータウンにおける仮想システムの設計事例 …… 133
第４節　今後の課題 …… 145
第３章　中継伝送系の設計 …… 147
第１節　伝送品質 …… 148
1　画質劣化の要素 …… 148
2　従続接続による劣化 …… 154

３　ひずみと画質 ……157
４　雑音とひずみの配分 ……159
第２節　サブＶＨＦ伝送路の周波数配列 ……170
１　上限周波数 ……170
２　下限周波数 ……174
３　サブＶＨＦバンドの周波数配列案 ……175
４　個別変換と群変換に伴うスプリアス波の検討 ……177
第３節　上り方向伝送 ……181
１　基本システムの設定 ……181
２　双方向中継増幅器 ……183
３　信り信号付加に伴う諸問題 ……196
第４節　長距離伝送 ……203
１　長距離伝送システムの現状 ……203
２　長距離伝送方式 ……211
３　長距離伝送において考慮すべき要素 ……212
４　ＶＨＦおよびサブＶＨＦバンド伝送両方式の比較 ……217
第５節　今後の課題 ……227
第４章　測　定 ……229
第１節　測定項目 ……230
１　信号レベル ……230
２　ビート障害 ……231
３　振幅周波数特性 ……232
４　映像搬送波対雑音比 ……232
５　混変調 ……232
６　電源ハム変調 ……234
７　反射波成分 ……235
８　信号周波数 ……235
９　加入者端子間分離度 ……235

10　漏えい電号強度……236
第2節　測定方法……236
1　測定の順序……236
2　一般的な注意事項……237
3　測定の手順……238
第3節　測定器……257
1　CATV用測定器……257
2　はん用測定器……268
第4節　今後の課題……269
第5章　放送波受信点における受信対策……271
第1節　CATVにおける放送波受信上の問題点……271
1　市街地受信……271
2　遠距離受信……275
第2節　CATV用受信アンテナの現状……277
1　単基アンテナ……277
2　多基合成アンテナ……300
第3節　市街地における受信対策……308
1　受信点の選定……308
2　ゴースト改善対策……319
3　ゴースト対策の具体例……333
第4節　遠距離における受信対策……338
1　受信点の選定……338
2　受信改善対策……350
3　現地調査実施要領……360
4　受信改善対策の具体例……371
第5節　今後の課題……380
第6章　加入者受信機における受信障害対策……383
第1節　CATV特有の受信障害……383

1　直接波障害 ……383
2　隣接チャンネル障害 ……385
第2節　直接波障害と防止対策 ……387
1　強電界地域における屋内電界 ……387
2　ＣＡＴＶ施設からの受信機入力信号レベル ……396
3　受信機の直接波妨害排除能力 ……399
4　直接波障害対策 ……403
5　直接波障害の実態調査 ……407
第3節　隣接チャンネル障害と防止対策 ……417
1　隣接チャンネル障害発生の要因 ……418
2　ＣＡＴＶ施設における隣接チャンネル障害調査 ……421
3　隣接チャンネル障害防止対策 ……427
第4節　今後の課題 ……430
ＣＡＴＶ技術研究会名簿 ……433
資料編 ……441
資料 1　有線テレビジョン放送法 ……443
資料 2　有線テレビジョン放送法施行規則 ……453
資料 3　ＣＡＴＶに関連するその他の主な法規 ……468
資料 4　有線テレビジョン放送施設用語 ……469
資料 5　有線テレビジョン放送施設のシンボルと略号 ……474
資料 6　有線テレビジョン放送施設の性能一覧表 ……477
資料 7　有線テレビジョン技術調査委員会報告書による
有線テレビジョン放送施設の周波数配列 ……480
資料 8　テレビジョン受信機の妨害排除能力試験方法〔Ⅰ〕 ……482
資料 9　画質評価の基準 ……484
資料 10　市街地におけるゴースト変動調査 ……485
資料 11　サブＶＨＦバンド周波数配列案のスプリアス計算
結果一覧表 ……491

CATV 技術　　定価2,200円

昭和50年4月15日発行

郵政省CATV技術研究会編

日本有線テレビジョン技術協会 発行

発売元　株式会社共同聴視出版社

東京都千代田区六番町一

電話(261)3455・(262)6567

1975 年（昭和 50）家庭用ビデオテープレコーダ（発売）

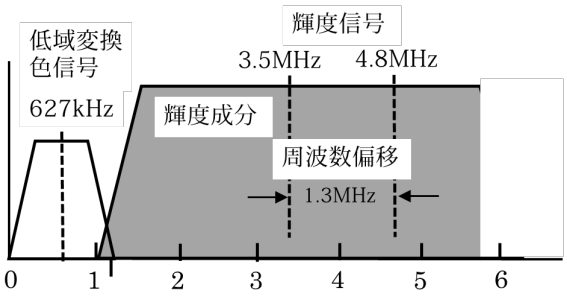
家庭用ビデオレコーダーには、主に VHS 方式とベータマックス方式があります。

日本における家庭用ビデオテープレコーダーは、1975 年（昭和 50）にソニーがベータマックス方式の機器を、1976 年（昭和 51）に日本ビクターが VHS 方式の機器を発売しました。

映像の記録方式は、音声テープレコーダの記録周波数（約 20kHz）を大幅に越える為、記録テープとの相対速度をシリンダリカル・ヘッドの開発で向上させています。

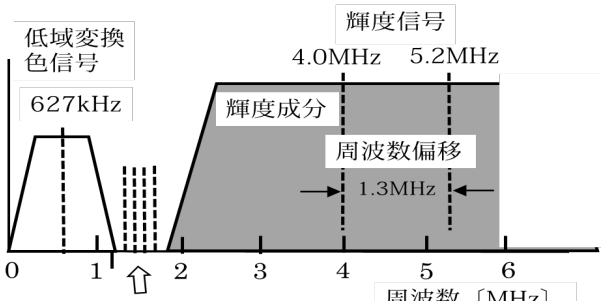
1975 年（昭和 50）　ベータマックス方式（ソニー）発売

ベータ方式



(音声：映像ヘッド記録)

ベータ Hi-Fi

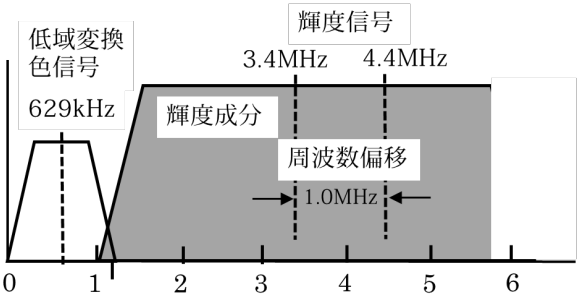


(音声FM信号：映像ヘッド記録)

1976 年（昭和 51）　VHS 方式（日本ビクター）発売

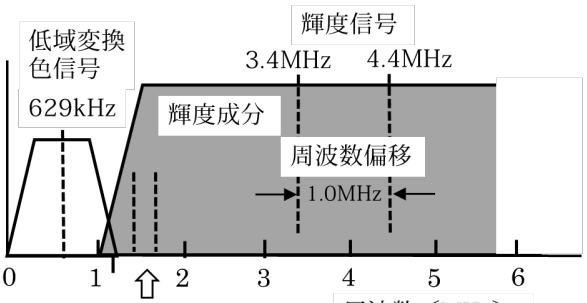
・音声記録はノーマル 1 トラック（モノラル音声）、1978 年（昭和 53）の音声多重放送開始に対応してノーマル 2 トラック（ステレオ音声）としました。

VHS 方式



(音声トラック：テープの隅)

VHS HiFi　方式



音声：深層記録
L:1.3MHz,R:1.7MHz

1979 年（昭和 51）　ソニー音声多重放送ステレオ録音対応機 発売

1983 年（昭和 58）　VHS-Hi-Fi（日本ビクター）発売

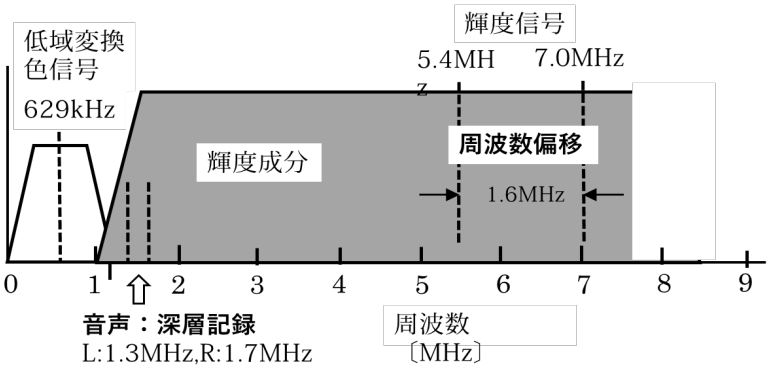
・当初、VHS の音声トラックはテープの隅に固定ヘッドでモノラル録音するものだった。S/N 比の劣化および周波数特性の劣化を改善するため、深層帯記録を用いた Hi-Fi 方式を規格化しました。

1983 年（昭和 58）　ベータ Hi-Fi（ソニー）発売

・音声（FM 記録）を開発、映像ヘッドでベータ Hi-Fi 記録を行うため、映像と同一のヘッドを用いて映像信号帯域の隙間に記録します。

1987 年（昭和 62）　S―VHS 方式（日本ビクター）発売

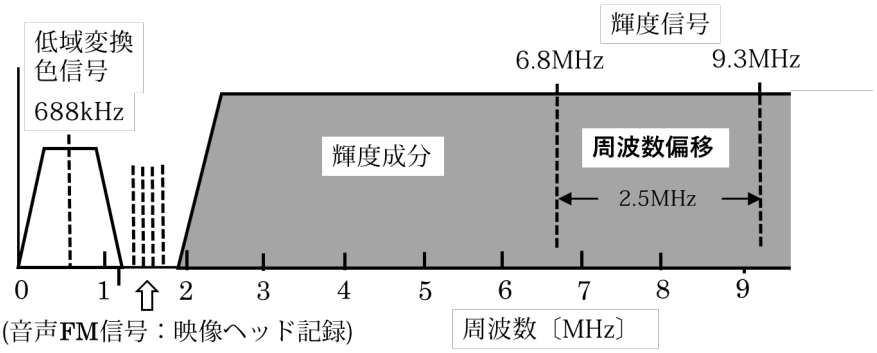
・水平解像度 400 本、映像入出力端子として「S 端子」を採用しました。



SVHS HiFi

1987 年（昭和 62）　ED ベータ（ソニー）発売

・水平解像度 500 本



ED ベータ

1993 年（平成 5）　W-VHS 方式（日本ビクター）発売

・SD と MUSE－HD 録画可能

1999 年（平成 11）D–VHS 方式（日立製作所）発売

・MPEG2 エンコーダー内蔵（アナログ地上波・ＢＳ放送デジタル記録)、各種デジタル放送のデジタル信号を、MPEG-2 TS 方式で記録

2002 年（平成 14）　ソニー、ベータ方式生産終了

2008 年（平成 20）　VHS 方式家庭用ビデオレコーダー生産終了

VHS 方式とベータ方式の規格（抜粋）

VHS 記録モード一覧			
	VHS	VHS HiFi	S-VHS HiFi
FM 輝度信号同期先頭値	3.4MHz	3.4MHz	5.4MHz
FM 輝度信号白ピーク	4.4MHz	4.4MHz	7.0MHz
映像周波数偏移	1.0MHz		1.6MHz
水平解像度	240 本		400 本
音声記録	ノーマル音声 トラック（FM）	音声ヘッド（FM 深層記録） L:1.3MHz,R:1.7MHz	
色信号	低域変換方式（629kHz）		

ベータ記録モード一覧			
	Bata	Beta hi-fi	ED Beta
FM 輝度信号同期先頭値	3.5MHz	4.0MHz	6.8MHz
FM 輝度信号白ピーク	4.8MHz	5.2MHz	9.3MHz
映像周波数偏移	1.3MHz		2.5MHz
水平解像度	240 本		500 本
音声記録	映像ヘッド 記録（FM）	映像ヘッド Beta HiFi 記録（FM）	
色信号	低域変換方式（627kHz）		（688kHz）


電気店別冊'76オーディオショップ
コンポーネントステレオ
症状別故障診査120
YAMAHA
NATURAL SOUND STEREO AMPLIFIER
825 MHz

目　次

'76 電気店別冊
オーディオショップ目次

1 オーディオ需要動向&コンポーネントパーツの最新技術・・53

1.オーディオ業界の現状と今後の見通し……54
2.レコードプレーアの技術動向……58
3.チューナの技術動向……62
4.アンプの技術動向……66
5.スピーカの技術動向……71
6.テープデッキの技術動向……74

2 オーディオ機器の販売はチョッとした知識から・・・77

1.FM放送の知識から受信システムまで……78
　1 電波の強さ——78
　2 良い受信をするためには——78
　3 電波障害を取り除くためには——84
　4 共用受信システムについて——85
2.ここまでは知っておきたいテープの知識……91
　1 録音テープの歴史——91
　2 録音テープのしくみと構造——91
　3 方式の違いによるテープの種類——93
　4 録音テープの製造方法——95
　5 磁性体の違いによるテープの種類——96
　6 テープの正しい使い方、保存方法——97
3.PAシステムに強くなろう……100
　1 PAシステムとは——100
　2 実際に使われているPA機器——102
　3 音楽とPAシステム——106
4.カートリッジ販売のワンポイントアドバイス……625
　1 カートリッジの商品学——625
　2 販促策のいろいろ——627
　3 販売時に役立つヒント——629

3 オーディオ機器トラブル対策完全ガイド・・・・111

1.オーディオ修理技術の基礎……112

目　次

1 故障の原因と故障でない故障 …… 113
①外部要因によるもの
②機器内部の原因によるもの
③故障でない故障
2 故障の診査法 …… 126
①症状の観察と故障ブロックの推定
②故障の発見方法と診査上の注意
3 測定器の使い方 …… 133
4 部品の故障 …… 146
5 回路の診査法 …… 152
①プリアンプの診査法
②メインアンプの診査法
③電源回路の診査法
④チューナの診査法

2.簡単にわかる症状別診査法 …… 196

1 ステレオ再生装置総合編 …… 196
●音が出ない …… 196
●片チャンネル音がでない …… 198
●音が小さい …… 199
●片チャンネル音が小さい …… 200
●セパレーションが悪い …… 201
●音が歪む …… 202
●片チャンネルだけ音が歪む …… 204
●雑音が出る …… 205
●アマチュア無線、ラジオ放送、TV、パズ音などの妨害音が入る …… 207
●電源が入らない …… 210
●レコード演奏時にハウリングを起こす …… 211

2 プレーア編 …… 213
●ターンテーブルが回らない …… 213
●ターンテーブルが回らない（サーボモーター以外のプレーア） …… 214
●ターンテーブルの回転が速い、あるいは遅い …… 216
●回転数が切り替わらない …… 217
●回転ムラがある …… 218
●異音がする …… 219
●音が出ない …… 220
●音が小さい …… 222
●音が歪む …… 223
●雑音が出る …… 226
●片チャンネルの音が小さい …… 226
●音が出たり出なかったりする …… 227
●ブーンというハム音が入る …… 228
●アマチュア無線、TV/パズ音が入る …… 229
●針とびを起こす …… 230
●トーンアームの上昇下降が早い、または遅い …… 231
●低音のハギレが悪い …… 233
●アームの降下位置が不安定 …… 237
●リターンしない …… 238
●演奏中トーンアームがリターンする …… 238
●トーンアームが戻らない …… 238
●演奏開始時にノイズが出る …… 239
●モーターが回転しない …… 246
●モーターが暴走する …… 248
●回転ムラがある …… 249

3 プリアンプ編 …… 251
●全てのポジションで音がでない …… 251
●スイッチを切り替えるとポコッという音がする …… 268

目　次

●PHONOポジションで音が出ない …… 255
●片チャンネル音が出ない …… 256
●音が小さい …… 257
●音が歪む …… 259
●片チャンネル音が歪む …… 261
●雑音が出る …… 262
●ブーンというハム音が出る …… 264
●電源が入らない …… 265
●音が出たり出なかったりする …… 266
●時間がたつと音が小さくなる …… 257
●アマチュア無線、ラジオ放送、TVバス音などの妨害音が入る …… 271
●気温が変化すると特定の症状が出る …… 271
●ボリュームを絞っても音が聞える …… 272
●ボリュームコントロール、トーンコントロール装置がきかない …… 272
●ボトボトという音がする …… 272
●セパレーションが悪い …… 272
●高域の音が歪みっぽい …… 273

4 メインアンプ編 …… 274
●音が出ない …… 274
●音が小さい …… 279
●片チャンネル音が出ない …… 280
●音が歪む …… 281
●雑音が出る …… 282
●ブーンというハム音が出る …… 283
●ボリュームを上げると音が出なくなる …… 284
●気温の変化で特定の症状が起こる …… 286
●音が出たり出なかったりする …… 286
●電源スイッチをON、OFFするとボコッという音がする …… 287
●高音が歪みっぽく音がにごり、時にビーンという音がする …… 288
●アマチュア無線、TVバズ音が入る …… 290
●ブーンという音と共にヒューズが切れる …… 291

5 チューナ編 …… 293
●音が出ない …… 293
●AM放送が受信できない …… 297
●FM放送が受信できない …… 297
●FMステレオポジションで音が出ない …… 300
●音が出たり出なかったりする …… 301
●音が小さい …… 302
●FM放送を受信時に音が小さい …… 303
●AM放送を受信時に音が小さい …… 304
●時間の経過と共に音が小さくなる …… 305
●ステレオ放送受信時にセパレーションしない …… 306
●FMステレオ放送受信時にL、Rの音が逆になる …… 307
●FMステレオ放送受信時にステレオインジケーターランプが点灯しなくなる …… 307
●音が歪む …… 308
●FM受信時チューナのそばに人が近づくと音が乱れたり、音が出なくなる …… 310
●放送局の周波数とダイアルの目盛りが合わない …… 310
●気温の変化によって特定の症状が出る …… 310
●チューニングメーター、シグナルメーターが振れない …… 311
●アマチュア無線、TVバズ音が入る …… 311
●ブーンというハム音が入る …… 312

目　次

●雑音が多い …… 313

6 スピーカシステム編 …… 315

●音が出ない …… 315
●音が出たり出なかったりする …… 316
●マルチスピーカーシステムでウーハー スコーカ、ツィータが鳴らない …… 317
●音が小さい …… 318
●高音が歪む …… 318
●音がビリつく …… 319
●左右スピーカーの中央の音が小さくて引っ込んで聞える …… 320
●低音が出すぎる …… 321
●低音が出ない …… 322

7 テープデッキ編 …… 323

●テープデッキの故障 …… 323
●テープデッキの回路概要 …… 326
●メカニズムの概要 …… 328
●トラブルシューティング …… 329
●テープデッキの電気調整 …… 335

3.アンプ・チューナの測定と調整法 …… 341

4 リスニングルームアドバイスのしかた……349

1 音と聴感 …… 350
2 音の性質と耳の感じ方 …… 353
3 室内音場の改善はなぜ必要か …… 357
4 室内音場をよくするための改善ポイント …… 358
5 室内音場の測定法 …… 361
6 室内音場の改善例 …… 364

5 各社のオーディオポリシー……387

6 '76年各社コンポーネントガイド……427

●全国販売店アンケート調査より
オープンテープ/カセットテープのマーケティング …… 107

表紙撮影協力：トリオ／東芝商事／日本ビクター／日本楽器製造／パイオニア／松下電器

PART I　FM 放送の知識から受信システムまで（p78-90）

オーディオ ダイジェスト PART I

FM受信技術の基礎知識

FM放送の知識から受信システムまで

音楽を楽しむ，その方法にもいく通りかあり，公会堂に出かけ生の演奏を聴く，レコードいわゆるディスクにより楽しむ，カセット・テープで聴くなどあるが，一番手軽に楽しめるのはやはり放送であろう。

最近では，FM付きのポータブル・ラジオが普及し手軽に楽しめる状態にある。しかし，その反面，FM放送（電波の性質やFM受信機の性能など）について，案外知られていないために，せっかく良い音で楽しめるものがひずみを合んだり，マルチ・パスなどにより十分な音質が得られていないようである。

ここでは，FM放送を受信するのに必要な知識のいくつかについて簡単に説明し，FM放送を楽しもうとしているお客さまや，今FM放送を聞いているが何かもう一つ……というようなお客さまにアドバイスできるような知識を得てもらえば幸いである。

1 FM受信に必要な電波の強さは…

（1） 電波の性質

1） 振幅変調と周波数変調

普通，われわれがなにげなく聴き，あるいは見ている放送に使用されている電波は「変調波（modulated wave）」と呼ばれている。

変調波を作るには，被変調波を音声あるいは映像などの信号で変調しなければならない。

被変調波だけで放送されても，これは変調されていない電波であるから，電界強度の測定などには使用できるが，放送の内容を伝えることはできない。

しかし，この被変調波が無ければ，音声などの信号があっても伝えることができないので，この被変調波のことを「搬送波（carrier wave）」と呼んでいる。

この搬送波は，周波数によって，中波放送用とか，FM放送用という具合に第1表のように分類されている。

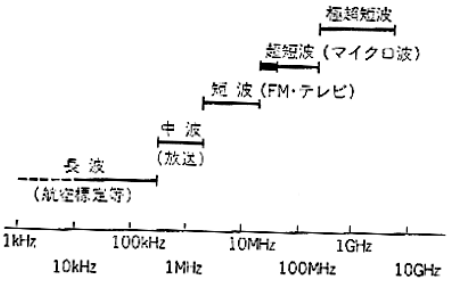
FM放送用の搬送周波数は，第1表に見られるように超短波帯の76から90MHz となっており，テレビジョンの第1チャンネルの下までで，この間で76.1MHz から，89.9MHz まで100kHz 間隔で各放送局が割り当てられる。

このようにして周波数が割り当てられても，その放送局がFM放送をするのかどうかはわからない。

それは，搬送波を音声信号で変調する際の変調の方式によるからである。

変調方式には，中波放送やテレビジョン放送（映像）に使用されている振幅変調方式（amplitude

《第1表》 無線用周波数の使用区分



modulation）やFM放送やテレビジョン放送（音声）に使用されている周波数（frequency modulation）の変調方式，さらにレーダーなどに使用されているパルス変調（pulse modulation）方式などがある。

次に振幅変調方式と周波数（位相）変調方式の原理を簡単に説明する。

2) 振幅変調方式と周波数変調方式の原理

変調の方式を説明するためには「被変調波」つまり「搬送波」が必要である。

今，搬送波を数式で表すと，

$$e=E\cos(\omega_0 t+\varphi) \qquad \cdots\cdots(1)$$

となる。

ここで，

E：搬送波の振幅

ω_0：搬送波の角周波数（$=2\pi f_0$）

φ：位相

である。

この式は，振幅（E）が一定で，角周波数がω_0である正弦波の持続波を表している。

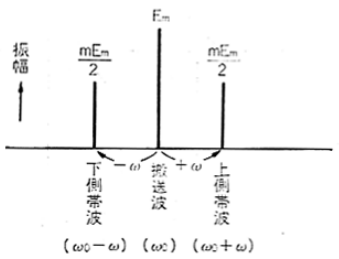
ここで，振幅変調の定義を述べておこう。

振幅変調とは「搬送波の振幅のみを入力信号に応じて変化させる方式」である。

この定義にしたがって搬送波の式を見ると，Eの振幅を入力信号の振幅に応じて変化させるものであることがわかる。

信号波を

$$Em \cos \omega t \qquad \cdots\cdots(2)$$



《第1図》 振幅変調（スペクトラム）

として振幅変調すると，この場合位相には関係がないので，無視して計算すると最終的に次のような式で振幅変調波が得られる。

$$e_m=E_m\cos\omega_0 t+\frac{mE_m}{2}\cos(\omega_0+\omega)t$$

$$+\frac{mE_m}{2}\cos(\omega_0-\omega)t \qquad \cdots\cdots(3)$$

ここで，

e_m：振幅変調波

m：E/E_m で変調度

である。

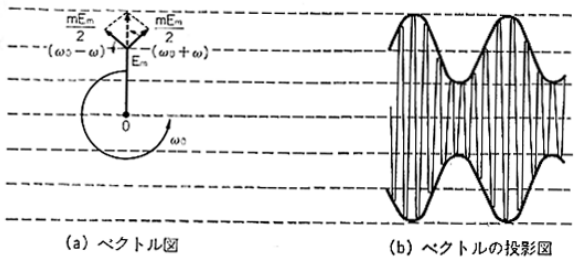
この式で，第1項は搬送周波数の振幅が変調波の振幅で変化し，第2項および第3項は，搬送波の角周波数（ω_0）に入力信号の角周波数（ω）を加，減したものであるから，第2項を上側帯波，第3項を下側帯波と呼んでいる。

この関係を第1図に示す。

この図のように，振幅変調では必ず ω_0 の上下に，

$(\omega_0+\omega)$ と $(\omega_0-\omega)$ の側波帯を生ずる。

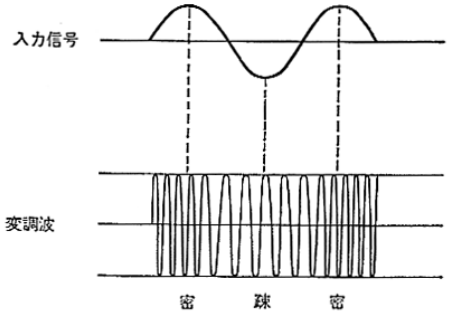
《第2図》 振幅変調のベクトル表示



(a) ベクトル図　　(b) ベクトルの投影図

第2図は，以上の関係をベクトル図で表したもので，(a)は点0を中心として，振幅E_mの搬送波が，角周波数ω_0で矢印の方向に回転しているうえに，E_mの先端を中心として，上側帯波$(\omega_0+\omega)$と下側帯波$(\omega_0-\omega)$が矢印の方向に回転している様子を示したものである。

このようにベクトルが回転すると，



《第３図》 周波数変調波

その結果は第２図（b）に示すような，入力信号波に比例した振幅の変化を生じた，振幅変調波形となる。

次に周波数変調は「入力信号の瞬時値に比例して搬送波の中心周波数からのズレを生じさせる方式」と定義することができる。

振幅変調の場合と同様に，周波数変調の変調波を導いて見よう。

振幅変調の場合と同様に搬送波は(1)式を用い，これを(2)式の入力信号で変調するものとする。

周波数変調の場合は，振幅一定で周波数のみが変化するのであるから，その瞬時値 $\omega(t)$ は，周波数偏位を $\Delta\omega$ とすれば，

$$\omega(t)=\omega_0+\Delta\omega\cos\omega t \qquad \cdots\cdots(4)$$

となる。

この $\omega(t)$ は時間の函数であるから，(1)式にいきなりの代入は無理である。

角周波数は，位相 φ の時間的変化の割合であるから，$\omega(t)=\dfrac{d\varphi}{dt}$ となり，これを積分し φ を求めると，

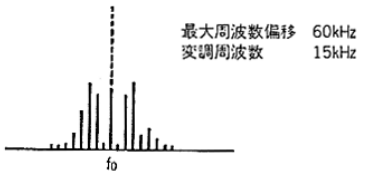
$$\varphi=\omega_0+\frac{\Delta\omega}{\omega}\sin\omega t \qquad \cdots\cdots(5)$$

となる。

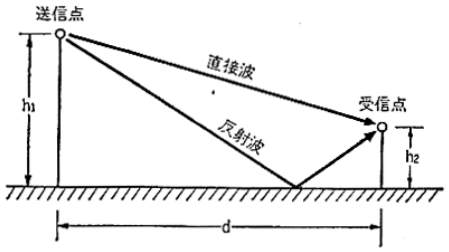
これを，第(1)式に代入すれば，

$$e_m=E\sin\left(\omega_0 t+\frac{\Delta\omega}{\omega}\sin\omega t\right) \qquad \cdots\cdots(6)$$

となり，これが周波数変調波である。



《第４図》 周波数変調(スペクトラム)



《第５図》 電波の伝わり方

このように，周波数変調波は振幅（E）には変化がなく，搬送周波数のみが変化しているので，この様子を図に示すと第３図のようになる。

また，第４図は最大周波数偏位 60kHz，変調周波数 15kHz の場合の側波帯の様子を示したものである。

以上説明したように，振幅変調，周波数変調ともに変調方式が異なるため，これを利用した放送振幅変調は中波放送（周波数帯 525 から 1605kHz），周波数変調は超短波放送ともに特質がある。

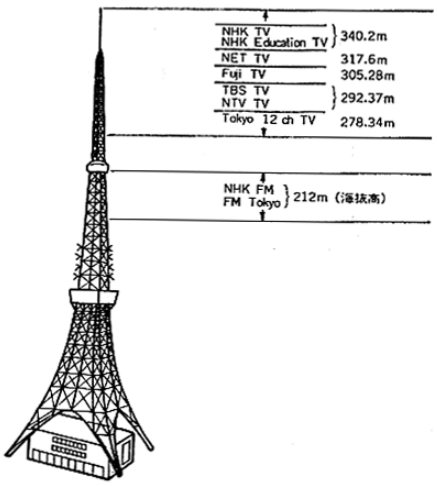
FM放送はAM放送に比べ，ダイナミック・レンジが広く，周波数特性も約 15kHz までフラットで，雑音・混信は受けにくく，ひずみも少ないなどの性質がある。

これに対し，AM放送はFM放送に比べ，側波帯が狭いため電波の帯域幅が狭くてすむ。このため受信機の帯域幅も狭くてよいなどの性質がある。

しかし，これらAM放送，FM放送の長所は，裏を返せば，それぞれ短所にもなる。

（２） 電波の伝わり方

1） 電界強度の求め方



《第6図》 東京タワー

電波は，第5図のように送受信点間に障害物が何もない場合には，直接波と反射波との合成値として表される。

この場合の受信点での電界強度Eは，大地の反射などを考えない場合の自由空間電界強度を E_0 として，次のように表される。

$$E=2E_0 \sin\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \text{ (V/m)} \quad \cdots\cdots(7)$$

ここで，

E_0：自由空間電界強度 $\left[E_0=\frac{7\sqrt{P}}{d}\text{(v/m)}\right]$

h_1：送信点アンテナ高（m）

h_2：受信点アンテナ高（m）

λ：周波数の波長 $\left[\lambda=\frac{300}{f(MHz)}\text{(m)}\right]$

d：送受信点間の距離（m）

p：実効輻射電力[P=G(アンテナ利得)×P′(送信機出力)（w)]

である。

この計算式は一見複雑に見えるが，最近のように函数を組み込んだ卓上電子計算機が普及してくれば，容易に計算することができる。

ただし注意を要することは，電界強度は，標準ダイポール・アンテナに誘起する電圧を1m当りに換算して表すことになっているために，(7)式は単位が［V/m］となっている。

しかし，通常われわれが用いている単位はdBμであり，このdBは（各種のdBがあるが）電界強度の場合は 1μV＝0 dBμ として取り扱っている。

そこで，電界強度計算式の単位はV/mであるから，10^6倍，デシベルで120dBを計算値に加えなければならない。また，sinの項はラジアンが単位である。

FM放送（76～90MHz）の中間周波数83MHzで計算した例を第7図に示す。

2) 端子電圧と電界強度

(7)の計算式により求めた値はダイポール・アンテナに誘起した電圧を1m当りに換算したもので，実際にFM受信機のアンテナ端子に加えられるものではない。

アンテナ端子に加えられる電圧を端子電圧といい，次の式により電界強度から換算して求める。

$$Ei=E+\frac{\lambda}{\pi}+Ga-Lc-Lf\text{(dB)} \quad \cdots\cdots(8)$$

ここで，

Ei：端子電圧（dBμ）

E：電界強度（dBμ）

λ/π：実効長補正値（83MHzで1.2dB）

Ga：ダイポール・アンテナ以外を使用したときのアンテナ利得，3素子で6dB位

Lc：折返しダイポール・アンテナを使用したときのインピーダンス変換器の挿入損失（0.5dB程度）

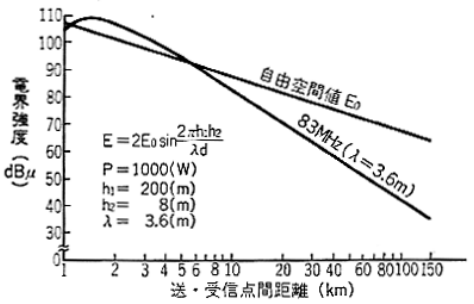
Lf：給電線損失（5C-2V・10mで約0.8dB）

である。

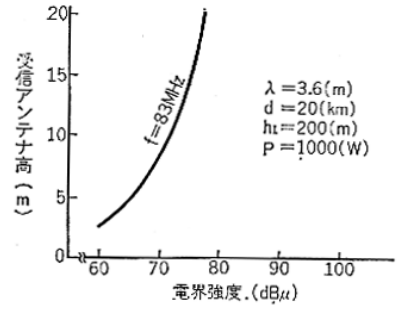
この式に，周波数を83MHzとして，各値を代入すると，

$Ei \fallingdotseq E+6$ dBμ/83MHz

となり，端子電圧を求めることができ，この値が普通使用される。



《第7図》 電界強度



《第8図》 ハイト・パターン

3) ハイト・パターン

受信点での電波は第5図に示したように，直接波および反射波の合成値により得られる。

そして，受信点に到達したときの直接波と反射波の位相関係により，同相の場合は受信電界が最大となり，逆相の場合は受信電界が最小となる。

受信アンテナの高さを変化（直接波と反射波の位相が変わる）した場合の電波の強さの変化をハイト・パターンという。

周波数 83MHz のときのハイト・パターンを計算した結果を第8図に示す。

第8図のように，受信アンテナの高さを上げることによって，受信電界強度は増加するので，受信アンテナを設置する場合には，なるべく高くすることが望ましい。

（3） 受信機に必要な電波の強さ

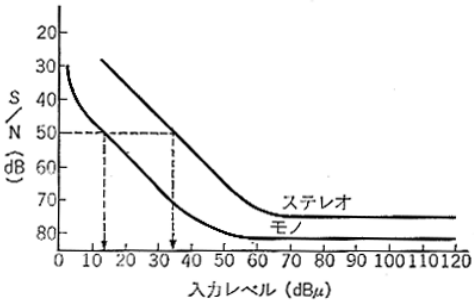
受信機のアンテナ端子に加えられる電波の強さは，弱過ぎてもいけないし，強過ぎても良好な受信はできないので，適正な入力が必要である。

1) 最低入力レベル

最低の入力レベルは，受信機の性能により異なる。

第9図はFM受信機の特性の中でも重要な，入力信号対SN比の特性曲線である。

通常FM受信機の実用感度を表すには，JISによって，S/N=30dB のときの入力レベルによる



《第9図》 入力信号対 SN 特性

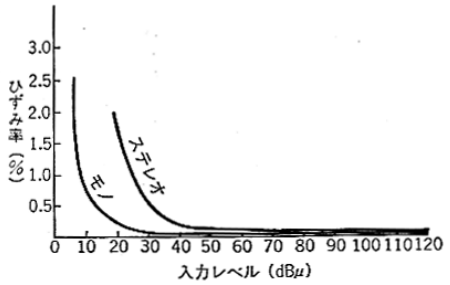
ことになっているが，S/N=30dB では，その音を評価した場合「ノイズが多くてじゃまになる」が，S/N=50dB 以上にすれば「ノイズはあるが気にならない」程度に改善される。

ただし，これはモノ受信の場合でステレオ受信であると，さらにモノ以上に入力を入れないと，「ノイズはあるが気にならない」状態にならない。

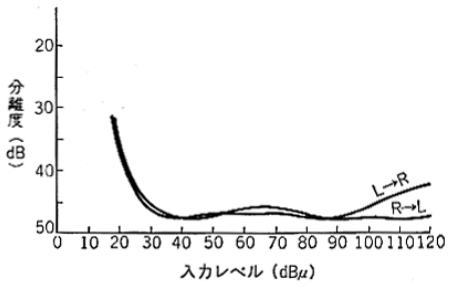
ところで，入力信号対SN比の特性曲線の例（第9図）で以上の関係をあてはめて見ると，モノ受信では入力レベルは約14dBμ以上，ステレオ受信では約34dBμ以上が必要になる。

ただし，特性曲線中で14dBμ とか34dBμ 付近は，まだカーブが立っている場所であり，またSN比が改善できる状態であるから，理想的には，モノ・ステレオ共に70dBμ程度は入力信号としてほしい。

次に，第10図に示すものは入力信号対歪率の特性曲線である。



《第10図》 入力信号対ひずみ率特性



《第12図》 分離度特性

歪率は少なければ少ないほど，特性としては良好なわけであるから，入力信号はできるだけ多いほうがよい。

第11図は同一チャンネル妨害比特性（キャプチャーレシオ）の例である。

この特性は，同一周波数の2つの信号が入力に加わった場合の妨害信号の除去能力を示す特性である。

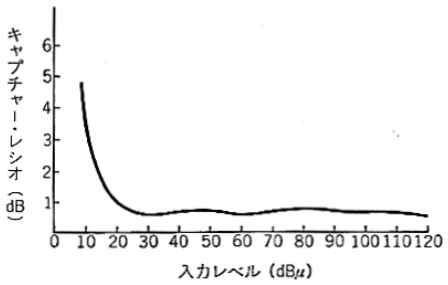
実際には，周波数割当ての段階で，同一周波数を同地域に割当てることはないのであるが，サービス・エリアの辺に行くと場合によっては，このようなことが起る場合も考えられる。

この値も小さい方がよいのであり，特性例では入力信号が約30dBμ位からは一定になっている。

また，ステレオ放送受信時の左右分離度も入力信号のレベルにより変化する。

第12図は分離度の特性例である。

入力信号が30dBμ以下であると，急激に分離度



《第11図》 入力信号対キャプチャーレシオ特性

が悪くなっているのがわかる。

2） 最高入力レベル

最高入力レベルは，受信機入力の高周波段において入力オーバーのために混変調を起すか否かにある。

最近の受信機は，入力段にFETを使用し，入力オーバーに耐えるようにはなっているが，余り余計な入力を加えると，異常にひずみが増加したり，FM放送帯域内で，その強力なFM放送が10数か所で受信できてしまうなどの現象が起る。

混変調が起る入力レベルは，各素子により異なるが，トランジスターで約80dBμ，MOS型FETで約100dBμであり，真空管の場合は110dBμくらいまで起さないものもある。

以上のような理由により，入力レベルは70dBμ～80dBμ前後に保つのが最適と思われる。

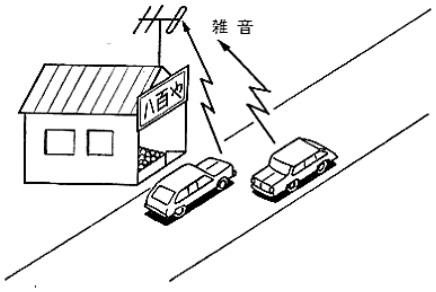
2 障害があっては良い受信はできない

（1） 障害の種類

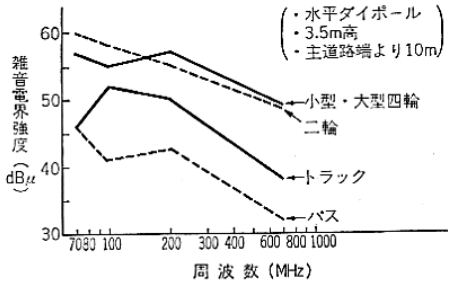
FM放送に与える障害には大きくわけて次の3種類がある。

① 雑音
② マルチ・パス
③ 混信

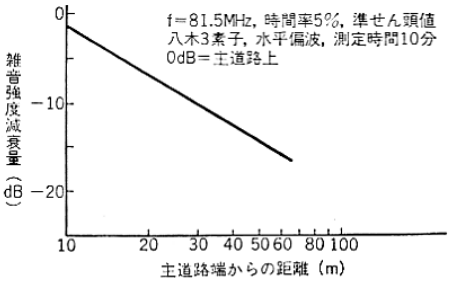
それぞれについて簡単に説明する。



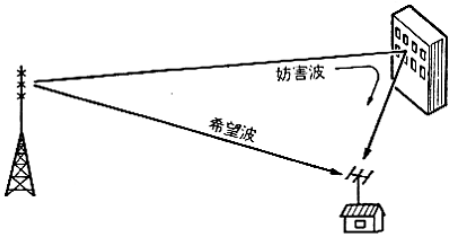
《第13図》 自動車によるパルス雑音



《第14図》 車種別雑音電界強度の周波数特性
(頻度50%)



《第15図》 雑音強度の距離減衰特性
(各距離における場所率50%値)



(テレビならゴーストになるかFM放送ではひずみになる)

《第16図》 マルチ・パス妨害

1) 雑 音

雑音とひと口にいっても各種のものがあるが，FM放送に障害を与えるのは，主に自動車などの火花によるパルス性雑音である（第13図)。

また，各種FMに与える障害のうちでも，このパルス性雑音の影響は大きい。

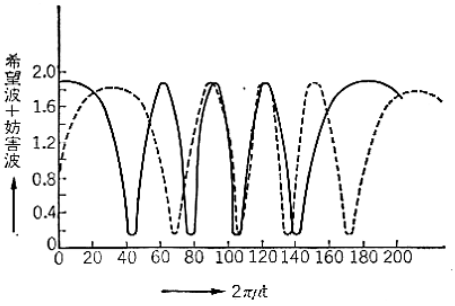
この雑音がどの程度影響を与えるかは，その受信地点での希望波（D）と妨害波（U）との比で決定される。

しかし，実際にはパルスの数や発生頻度，パルス幅などによって異なるため定量的に表現することが困難である。

雑音電界強度は，第14図のような実例があり最も強いものではFM帯で2輪車の約60dBμである。

しかし，この値はダイポール・アンテナで雑音のみを測定したもので，実際には指向性の良いアンテナを使用することによりかなり改善される。

次に雑音は，距離によって第15図のように減衰



	実線	点線
最大周波数偏位 (D)	60kHz	60kHz
音声信号周波数 (μ)	30Hz	5kHz
2つのFM波の信号電圧比 (x)	0.9	0.9
第1の波の振幅 (E_1)	1	1
第1の波に対する第2波の遅延時間 (t_0)	1/30000sec	1/30000sec

《第17図》 FM波に及ぼす干渉の影響

する特性を持っている。したがって，アンテナを建てる場合には，道路からはできるだけ離すことが望ましい。

2) マルチ・パス

多重路伝搬による受信ひずみを通常マルチ・パスと呼ぶ。これは，テレビのゴーストに相当するもので，FM放送を受信する場合に，第16図のように直接波の他に山や建造物などによる反射波があると受信ひずみを生ずることがある。この現象をマルチ・パスという。

ひずみの原因となるのは，希望波と妨害波の2つのFM放送波が音声信号の1サイクル中に同位相になったり，逆位相になったりして，その結果放送波は第17図の例のように振幅変調を受け，山や谷を生ずるとともに周波数の急激な不規則変化を生じてひずみとなる。

振幅変調を受けたものは受信機のリミッターにより除去されているが，振幅の谷が深い場合にはひずみとして表れる。そのひずみの程度は，希望波に対する反射波の遅延時間が大きいほど，また反射波の数が多いほど増加する傾向にある。

3) 混　信

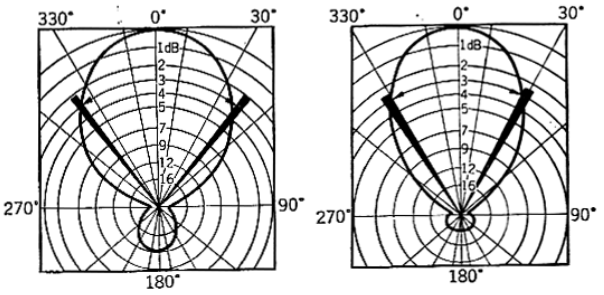
混信には同一チャンネル混信と隣接チャンネル混信があるが，どちらも各放送局のサービス・エリア内であれば問題は起らないと思うが，サービスエリアの周辺で問題になる場合がある。

このために，キャプチャー・レシオおよび選択度の良い受信機を選ぶ必要がある。

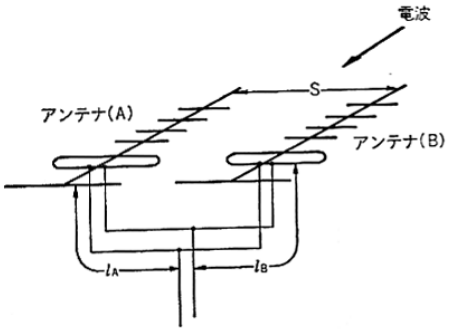
3 障害を軽減し良い電波を導くには

前項で説明した各種の障害はみな希望波と妨害波の比率により発生するか否かが決定される。

そこで，これら障害を軽減し良い受信状態とするためにはアンテナによる方法が効果がある。



《第18図》 FM用アンテナの半値角，前後比の例（76MHz の例）



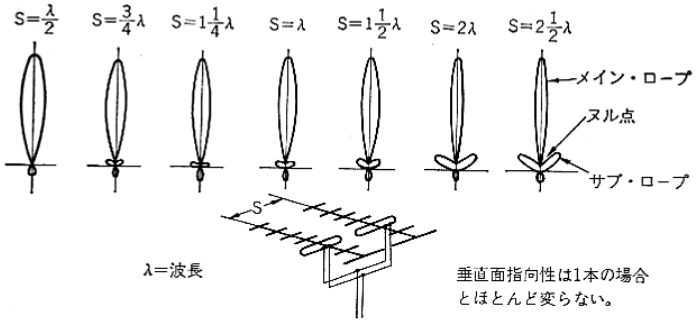
《第19図》 水平ダイバシティ法

① アンテナの性能・高さ・方向・位置を変える。アンテナの性能には主に半値角，利得，前後比があり，半値角と前後比は希望波に対して妨害波をどの程度除去するかを示すものである。

例えば，第18図に示すように3素子アンテナでは45度方向からの妨害波に対し，希望波との差は−5.5dB であるが，7素子アンテナを用いると希望波との差は −11dB となり，多素子アンテナを用いることにより 5.5dB 改善される。

次に方向を変えることにより希望波の利得を若干犠牲にしても，妨害波をヌル(一番感度の悪い所)に追い込むことができる。

また，高さ，位置を変更することにより，ハイトパターンや希望波と妨害波の路長差を変えることができ改善に役立つことがある。



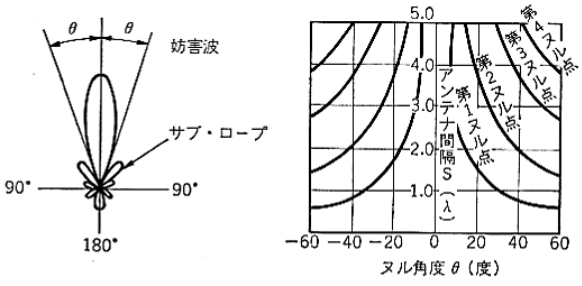
《第20図》 水平ダイバシティ法

4 何台もの FM 受信機を使用するときには，共同受信システムが便利

最近は，団地・マンションなど集合住宅や一般の家庭でもテレビに対しては共同受信にする場合が多い。

これは，むかしに比べて UHF 放送の増加や，家で２台以上のテレビ受像機の利用などによるものであるが，ＦＭ受信機に対しては，なかなか普及しない。

しかし，１～３にも説明したようにＦＭ放送の受信はアンテナの建て方などにより「良い音」が再現されない場合もあり，かつ受信機が２台



《第21図》 アンテナ間隔Ｓによるヌル点角度の変化

② 次にあまり一般的ではないが，隣接チャンネル混信など，多素子アンテナの半値角30～50度では改善できない場合に用いる方向として水平ダイバシティ法がある。これは，第19図のようにアンテナを２基配置し，その間隔を次の計算式により求めたものにすることにより，ヌル点を移動し希望の方向にもっていくことができる。

$$S=(2n+1)\frac{\lambda}{2\cos\theta}$$

ここで，

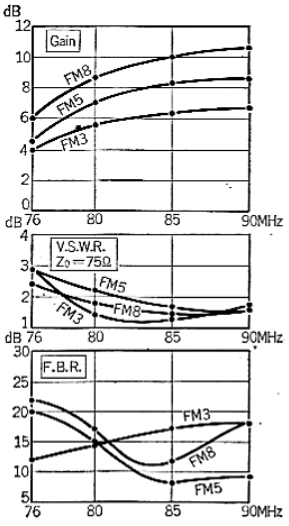
d：アンテナ間隔（m）

θ：希望波と妨害波の角度

λ：波長

n：整数（0, 1, 2……）

第20図は両アンテナの間隔を変えたときの合成指向特性を示し，第21図はアンテナ間隔Ｓによるヌル点角度の変化をグラフに示したものである。

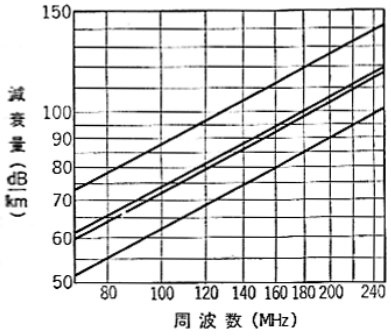


(a) 利 得 (Gain)

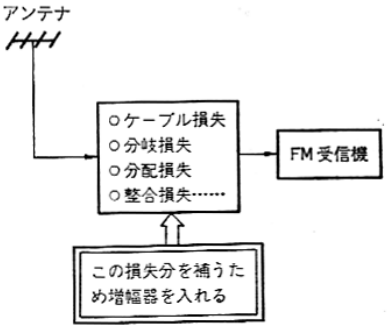
(b) 電圧定在波比 (V.S.W.R.)

(c) 前後比 (F.B.R.)

《第22図》 ＦＭ専用アンテナの特性例



《第23図》 同軸ケーブルの減衰量特性



《第24図》 増幅器を入れる

以上または集合住宅のような所で各戸に分配するには共同受信システムにした方が良い結果が得られる。

(1) 共同受信に使用される機器および性能

1) アンテナ

アンテナは電波の入口であるから，最も重要なものである。

アンテナの選定にあたっては，電界強度の比較的弱い地区に多素子アンテナを用いることは当然であるが，電界強度の強い所でも多素子アンテナを用いたほうがよい。

これは，アンテナの利得は強電界地区であれば小さくともよいが，マルチ・パスなどの障害を除去するために半値角，前後比などが利用できるためである。

FMアンテナの特性例を第18図，第22図に示す。

○ 利得（Gain）

利得は第22図（a）に示すように素子数の増加により増す。

3素子と8素子では83MHzで約3.5dBの差がある。

○ 半値角

第18図に3素子と8素子の指向特性例を示した。半値角は，0度方向の大きさに対して電力値で1/2になる点の角度を表すもので，この角度は小さい方がよい。

3素子では約50度，8素子では約38度となっている。

○ 前後比（F.B.R.）

これも妨害を排除する能力の1つで，0度方向に対し，全く反対方向，つまり180度方向からの電波をどのくらい取り入れるかを示す。この比率が大きい方が良い性能といえる。

周波数によっても変化するので，使用する周波数で比較しなければならない。

○ 電圧定在波比（V.S.W.R.）

むずかしい名前であるが，要するにマッチング（整合）の状態を表すものであり，一番良い状態はV.S.W.R.＝1.0であるが，実際には，第22図に示すように1.5～3.0くらいの値になる。

2) 給電線

給電線は自動車の点火栓ノイズなど障害を除去するためにも，リボン・フィーダでなく，同軸ケーブルを使用したい。

同軸ケーブルにも各種のものがあり利用されているが，弱電界地区ではできるだけ低損失の同軸ケーブルを利用することが望ましい。

第23図に同軸ケーブルの減衰量特性を示す。

《第２表》 増幅器の特性例

項　　目	特　　性
周波数帯域(MHz)	(L) 76～108/(H) 170～222
利　　得 (dB)	30/35以上
利得調整範囲(dB)	10以上
定格出力 (dB)	90/100以上(75Ω 終端値, 映像同期先頭値)
雑音指数 (dB)	10以下
λλ VSWR	75Ω 2.5以下
混 変 調 (dB)	−46以下(7波)(定格出力時)
相互変調 (dB)	−55以下(定格出力時)
ハム変調 (dB)	−54以下

第23図の減衰量は１km当りのものであるから実際には１m当り（1000で割った値）に換算し使用する。

3) 増幅器

増幅器は，第24図に示すように，アンテナに誘起した電波をFM受信機に導く過程において，同軸ケーブル，分岐器，分配器，整合器などを使用すると各損失が加え合わされて，端子電圧が低下し所要の入力電圧が得られなくなり，各種障害を受けやすくなる。

そこで，これら損失の分をあらかじめ補って端子電圧を上げてやるために増幅器は使用される。

しかし，ただ増幅器を入れば，受信状態が良くなるというものではなく，この場に合った適切なものを入れなければならない。

第２表に増幅器の特性例を示す。

○ 周波数帯域

受信しようとする周波数帯域を満足させるものでなければならない。

テレビと共用できるもので，例えば76から222MHzなどがある。

○ 利　得

入力電圧と出力電圧の比を表したもので，20～40dBくらいのものがある。

○ 利得調整範囲

最大利得から利得を低下できる範囲をいい，0～−10dBと表示する。

○ 雑音指数（NF）

増幅器自体も内部で雑音を発生する。

したがって，例えばアンテナで自動車雑音など雑音を含んだ電波を受信し，これを増幅器で増幅すると，もとの雑音を含んだ電波の強さに増幅器の内部で発生する雑音を加え合わせたものが，増幅器の出力となり受信機の入力となる。

この増幅器の内部で発生する雑音の程度を表したものが雑音指数（NF）で，市販の増幅器ではだいたい10dB以下となっている。
この値は小さい方がよい。

○ 最大出力

入力信号のレベルを増加していった場合，出力信号がひずまない最大出力の限度をいい，110dB以上の値が得られている。

以上が増幅器の性能の概略であるが，使用上の注意する点としては，①入力レベルは少なくとも50dBμ以上にする，②弱電界地区では雑音指数の小さいもの，強電界地区では最大出力の大きいものを選ぶ，③システムを設計する時に，劣化などを考慮し数dB程度のマージンを見込んでおくこと，などである。

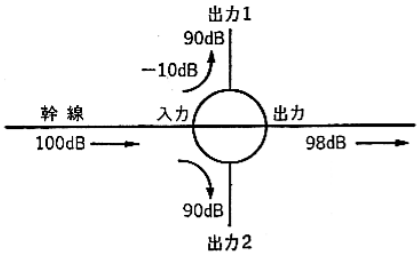
4) 分岐器

分岐器は幹線から信号を分岐するときに使用するもので，第25図に示すように，分岐出力は幹線

《第３表》 分岐器の動作例

項　　目	特　　性
周波数帯域	76～222(MHz)
挿 入 損 失	2.0dB以下
結 合 損 失	13 dB以下
定 在 波 比	1.6以下
逆方向結合損失	30 dB以上

（UHF帯を除く）



《第25図》 分岐器の動作例

出力より 10dB 程度（10dB 以外のものもある）少なくなるようになっている。

第３表は，２分岐器の特性例であり，一般に分岐器は，次のような表示になっている。

□□−１７１
- １ → 分岐損失（１→10dB，２→20dB）
- ７ → 75Ω
- １ → 分岐数（１→１分岐，２→２分岐）

5) 分配器

分配器は，信号を等分に２ないし４系統に分配するときに用いるもので，その様子を第26図に示す。

例えば，図のように入力に100dB あると，２分配の場合は分配損失が約 4 dB であるから，出力には 96dB ずつ表れる。４分配の場合の分配損失は約 7 dB である。

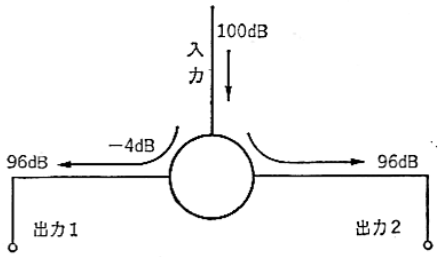
一般に分配器の表示は次のとおりである。

□□−７７２
- ７ → 入力インピーダンス（7→75Ω，3→300Ω）
- ７ → 出力インピーダンス（7→75Ω，3→300Ω）
- ２ → 分配数（２→２分配，４→４分配）

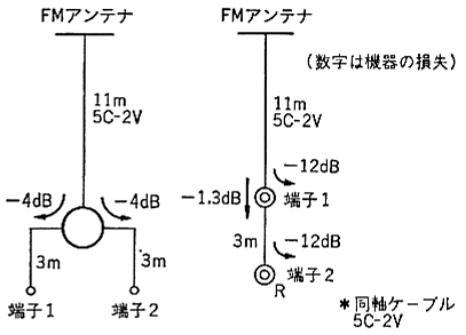
２分配器の特性例を第４表に示す。

以上が，共同受信システムに使用される機器の主なものの簡単な説明であるが，これらを使用して線路図を書く場合のシンボルは，第５表のようなものを用いることになっている。

以下はこれを用いて説明する。



《第26図》 分配器の動作例



(a) 分配器使用　　(b) 直列ユニット使用

《第27図》 ２分配共同受信システム

《第４表》 分配器（D-772）の特性例

項　　目	特　　性
周波数帯域	76～222MHz
分配損失	4 dB 以下
定在波比	1.6 以下
端子間結合	20dB 以上

（UHF帯を除く）

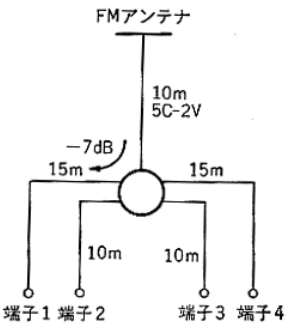
（２） 共同受信システム

このようなタイトルをつけると，ひどくむずかしいと考えるかもしれないが，１本のアンテナから数台の受信機の分配する方法といえば簡単なことであろう。

1) ２分配のシステム

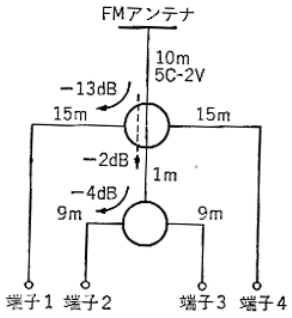
一番簡単な２分配のシステムについて考えてみよう。

システムの構成は第27図のように考えられる。



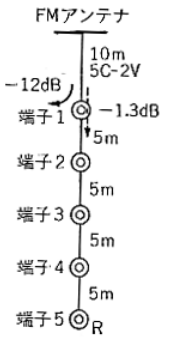
○ケーブル損失
①25m×80dB/km/83MHz＝2dB
②20m×80dB/km/83MHz＝1.6dB
○分配器損失
−7dB/各端子
○全損失
①について2+7＝9dB
②について1.6+7＝8.6dB

《第28図》 受信システム
（4分配器）



○ケーブル損失
①25m×80dB/km/83MHz＝2dB
②20m×80dB/km/83MHz＝1.6dB
○分岐器損失
分岐端子 −13dB
挿入損失 −2dB
○分配器損失
−4dB/各端子
○全損失
①について2+13＝15dB
②について1.6+2+4＝7.6dB

《第29図》 受信システム
（2分岐器，2分配器）



○ケーブル損失
25m×80dB/km/83MHz＝2c
○直列ユニット損失
挿入損失 −1.3dB
分岐端子 −12dB
○全損失
端子5において
2+12+1.3×4＝19.2dB

《第30図》 受信システム
（直列ユニット）

《第5表》 受信システム用機器のシンボル

名称	シンボル	備考	名称	シンボル	備考
アンテナ			整合器		
混合器			終端抵抗		
増幅器			直列ユニット		
分岐器		DC-172	分波器		
分配器		D-774	減衰器		
			テレビ受像機		

アンテナは，前にも説明したように，障害などを極力避けるためにも，必ずFM専用アンテナを用いた方がよい。

アンテナより10mの同軸ケーブル（5C—2V）で屋内に引き込み，2分配器を使用して，2台のFM受信機に分配している。

前に説明したように，FM受信機の最適レベルは約70～80dBμであるから，端子1，2でこの値がとれるようにしなければならない。

全体の損失は，

分配器の分配損失　4dB

同軸ケーブルの損失　14(m)×80 dB/km/83MHz≒1.1dB

となり，合計約5dBとなる。

したがって，アンテナに誘起する電圧は70(80)＋5＝75(85)dBあればよい。

(b)の直列ユニットの方式によると，全損失が約14dBとなり，端子2で70dBμの出力を得るにはアンテナ端子で84dBμの出力がなければならない。

2) 2分配以上のシステム例

紙面の都合もあり，全部説明することができないので，第28図以下に各種システム例を示す。

（筆者：NHK 東京営業局：鎗持 甫）

● 広告索引

アイワ ―― 25, 26
オーディオテクニカ ―― 表3
オンキョー ―― 表4
山水電気 ―― 42, 43
三洋電機 ―― 22, 23
シャープ ―― 28
スウィング ―― 目次6
住友スリーエム ―― 34
セーフ電子 ―― 44
ソニー ―― 14, 15
テイアック ―― 36
トリオ ―― 8, 9, 19
東芝商事 ―― 12, 13
東京電気化学工業 ―― 18
ナガオカ ―― 17
日本コロムビア ―― 29, 30, 31
日本ビクター ―― 10, 11, 20, 21
日本圧電気 ―― 39
日本楽器製造 ―― 6, 7
パイオニア ―― 表2, 3
B・S・Rジャパン ―― 39
日立家電販売 ―― 26, 27
フォステクス ―― 33
富士写真フイルム ―― 16
プリモ ―― 37
マイクロ精機 ―― 32
松下電器産業 ―― 4, 5
メディコ ―― 38
リーダー電子 ―― 目次1

電気店別冊　'76年オーディオショップ

昭和51年11月25日発行
昭和51年11月20日印刷

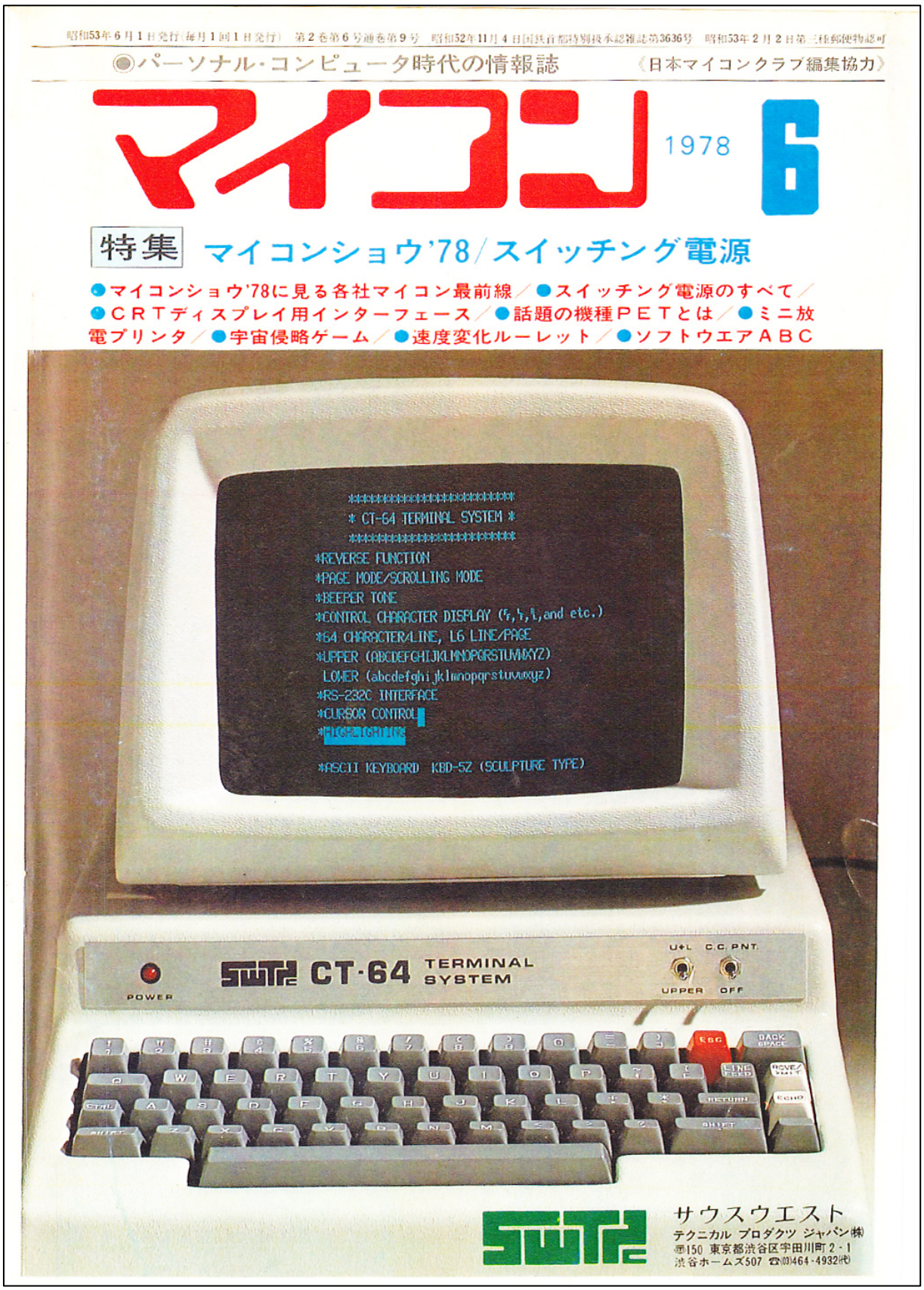
定価 2,000円
(〒 240)

編集・発行人　平 山 秀 雄
印　刷　大日本印刷株式会社／凸版印刷株式会社
製　本　株式会社 堅 省 堂
発行所　電波新聞社
東京本社　東京都品川区東五反田1－11－15
〒141　電話　03(445)6111(大代表)
大阪本社　大阪市北区中之島3－3朝日新聞ビル
〒530　電話　06(203)3361(大代表)
振替口座・東京5－51961

〈本誌掲載記事の無断転載を禁じます〉

1978 年（昭和 53） PET とは（B5,p50,105）

月刊誌「マイコン」6 月号



1978 マイコン 6月号目次

特集 I

マイコン・社会と未来を考える

マイクロコンピュータショウ'78……14

特集 II

マイコン完全動作のカギをにぎる

スイッチング式パワー・サプライのすべて……43

システム開発室

44P基板1枚でYOURマイコン開眼!!

CRTディスプレイ用インターフェースの自作

……山本邦弘……35

TK-80BSを働かそう……時国　修……28

超小型ミニ・プリンタ

SP-14の接続と制御……増村宏一……74

ソフト開発室

新連載1

機械語でゲームを作るためのソフトウエアABC…小黒正樹……30

連載2　坊ちゃんのプログラミング教室

2進数の10進数風表示……庄司　渉……52

ミニ・プログラム教室　玉の速度が変化する

ルーレット・ゲームプログラム……時国　修……64

機械語でできるBASICゲーム

宇宙侵略ゲーム……池田勝亮……67

最新ソフト　SWTPC ミニフロッピーMF-68用

12K DISK BASIC FLEX ……80

話題の製品

PETとは　剣持　甫……50

マイマイコン

マイコンの機能拡大とともに

多様化する各種磁気メモリー装置……細田　太……90

マイコンロータリー

鉄道模型の自動制御のために……12

マイコンショートショート

暴走宇宙船……石岡影生……88

ニュースパック

電波新聞ダイジェスト……84

マイコンスポット

……94

日本マイコンクラブニュース

日本マイコンクラブ……95

マイコン6月号©電波新聞社1978Printed in Japan／編集発行人：平山秀雄

東京都品川区東五反田1－11－15／郵便番号141／電話 東京(03)445－6111(大代表)／振替(東京)5－51961

昭和53年6月1日発行／第2巻第6号通巻9号／印刷：大日本印刷㈱／年間定期購読料4,680円(1冊400円)

話題の製品



PET

剣持 甫

1.シンプルで機能的な外観

はじめてPETを見た方は，まずそのスキッとした外観に魅せられます。

モニタ・テレビから本体へと直線的で，シンプルに機能的に構成されています。

全体の色は，薄いクリーム色と黒のツートン・カラーで，モニタ・テレビの前面はブルーに縁どられ，写真にも見られるように，中央に黒地に金文字で「PET 2001 Series」とひときわ浮き上がって見えます。

モニタ・テレビは，9インチの白黒画面で少し小さいように思えますが，全体とのバランスがよく，鮮明な図形や文字などを映し出します。

モニタ・テレビの下には，5色に塗り分けられたPETに特有なキー・ボードがあります。

五つの色は，次のように使い分けられています。

アルファベットのキーは銀色，数字のキーは金色，計算等に用いられる特殊文字のキーは薄い青色，カーソルの移動，カセット・テープのラン・ストップ，リバースのキーは青色に，そして赤色はクリア，ディレイト，インサート，スペース，シフトおよびリターンのキーと塗り分けられ，一目で見分けられ使いやすくなっています。

さらに，PETのキー・ボードは，二つのブロックに分かれており，右側はちょうど電卓のテンキーのように数字および演算記号が集められています。

キー・ボードの左隣りには，カセット・テープがビルトインされており，このテープを利用してファイル・ネームによるファイル管理を容易に行なうことができます。

2.特徴は……

（1）モニタ・テレビ

モニタ・テレビは，明るい白黒画面です。表示できる文字数は，横40文字，縦25文字の計1000文字が可能です。

このモニタ・テレビには，ビデオ信号が加えられるため，高周波信号に変換して家庭用テレビに信号を加える方式に較べ，安定した高解像度が得られます。

また，家庭用テレビのように，垂直走査を飛越し走査によらず順次走査としたため画面のチラツキがほとんどありません。

（2）キー・ボード

使用できる文字は，英大文字，数字，特殊文字およびグラフィック文字があり，さらに英小文字を使用することができます。

そのうえ，リバース・キーによって，上述した各文字を反転（白地に黒字）することができるので，全体として使用できる文字数は，308文字となります。

（3）カセット・テープ

カセット・テープは，1台ビルトインされており，コモドール特有の変調方式により信頼性を向上し，毎秒500ビットのスピードで記録されます。

カセット・テープが内蔵されたマイクロコンピュータは，PETがはじめてです。

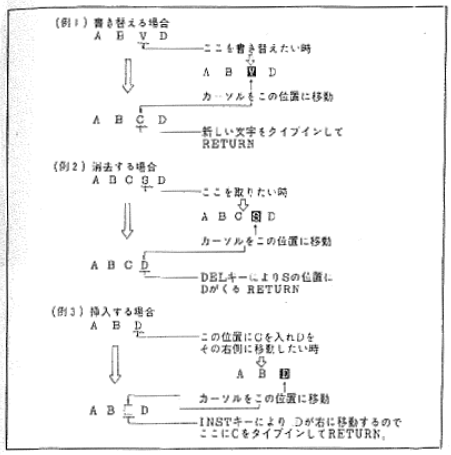
3.使用してみる

（1）数字キー・ボードは……

普通のキー・ボードでは，上段に配置されている「*，／，＋，－，＝」などの演算用キーが，PETでは下段に配置されシフトせずに使用できるため，たくさんの数字や数式をあつかうときにはたいへん重宝します。

（2）グラフィック文字は……

コマンド用キーを除く他のキーの上段は，全部グラフィック文字となっており，ゲームのプログラムや表の作成などにたいへん便利できれいな図形を描くことができます。



《第1図》カーソルおよびＤＥＬ，ＩＮＳＴの使用例

（3）英小文字は……

ＢＡＳＩＣで，ＰＯＫＥ␣５９４６８，１４をタイプすることにより，英大文字の上段が英小文字として使用できます。この場合は，グラフィック文字の使える範囲が若干狭くなります。

このように，英語の大文字と小文字が同時に使用できるので，英文の手紙などの編集ができて，文書処理にたいへん便利です。

（4）カーソルは……

ＰＥＴのカーソルは，１文字分（８×８ドット）全部が白くフラッシュ（白く光った時に文字は反転し黒くなる）し，上下および左右に自由に移動することができます。

さらに，カーソルで示した位置の文字を画面上およびメモリから消去したり，新たに文字を挿入することができます。

第１図にその例をいくつか示しておきます。

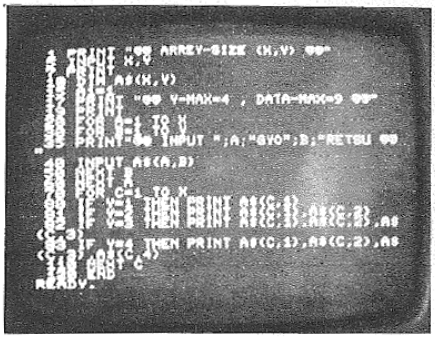
画面を見ながら，プログラムの書き替えができると，新しいプログラムのデバッグやすでにあるプログラムの修正などが容易にできて便利です。

（5）カセット・テープは……

カセット・テープは，書込みと読取りの信頼性を向上させるためにワウの少ない機種が採用されています。カウンタメーターがついていないので若干不便を感じます。しかし，30分や60分のテープを使わずに15分程度のテープを使用すれば，それほど不便でなくなります。

（6）自己診断ルーチンは……

現在，日本で販売されているＰＥＴはＲＡＭを８Ｋバイト実装しています。



▲プログラムの例
（プログラム，最大４行４列の配列を作り，配列の大きさによってプリントの行及び列を変える）

電源スイッチを入れると，画面に「７１６７　ＢＹＴＥＳ　ＦＲＥＥ」と表示されます。

これが，ユーザーの使用できるエリアです。

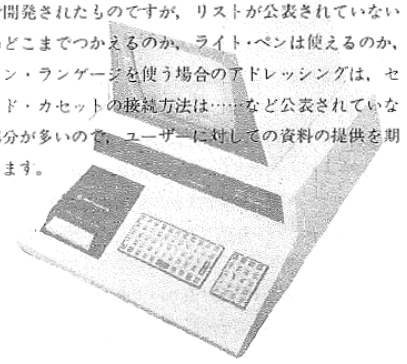
本来８３９２バイトですが，自己診断ルーチンのためにメモリが使用され，ユーザーが使えるメモリは若干減少しています。

例えば，ＲＡＭが不良になった時には，この数字（７１６７）が減少するため，マニュアルにしたがってＲＡＭのチェックを行なうことにより，どのＲＡＭが不良になったかを直ちにさがすことができるようになっています。

４．未知の可能性

ＰＥＴは，日本で販売されはじめてから，まだ数か月しか経過していないため，未知の部分がまだ多くあります。

例えば，ＰＥＴの８ＫＢＡＳＩＣはマイクロ・ソフト社で開発されたものですが，リストが公表されていないためどこまでつかえるのか，ライト・ペンは使えるのか，マシン・ランゲージを使う場合のアドレッシングは，セカンド・カセットの接続方法は……など公表されていない部分が多いので，ユーザーに対しての資料の提供を期待します。



NS · GI · モトローラ · intel · テキサス · MOSTEK · 富士通 · NEC

N·S マイコン用チップ

SC/MP-II (ISP-8A 600) ローコストで勝負!

■SC MP-IIの優れた特徴
- ●単一電源(5Vのみ)
- ●DMA マルチ・プロセス化が容易
- ●双方向性トライ・ステート・データ・バス(TTLコンパチ)
- ●ユーザ用フラッグ センス
- ●オンチップ・タイミング・ゼネレーター
- ●多種アドレッシング PC修飾 PTR1～3修飾 自動修飾
- ●低消費電力 ●低価格

＊SC MP·IIについては、トランジスタ技術誌77年10月号より連載記事をごらん下さい。

SC MP·II (ISP-8A 600)	(データ付)	¥ 4,500
SC MP·NIBL(TINY·BASIC) 1SP-8F 352 MM2316A×2chips、2048×8Bit P ROM 450ns	マニュアル付	¥35,000
INS8080AD (インテル8080Aコンパチ)CPU	㊕	¥3,850
DM81LS95(Non Inverting)		¥ 650
DM81LS97(Non Inverting)		¥ 650
DM8095 (8T95) Non Inverting		¥ 500
DM8096 (8T96) Inverting		¥ 500
DM8097 (8T97) Non Inverting		¥ 350
DM8098 (8T98) Inverting		¥ 370
MM1702A 256×8Bit E-PROM 1.0μs	㊕	¥2,950
SC/MP·II「トランジスタ技術」連載·半導体キット		¥9,000

内容「トランジスタ技術」77年10月号～78年1月号に連載された記事に使用されているパーツの内、半導体のみを、あつめたキットです。

SC/MP·II(ISP-8A/600)×1	MB8112(2112·RAM)×2
DM81LS95 ×2	SN74LS00 ×1
SN74LS02 ×1	〃 74LS04 ×1
〃 74LS05 ×1	〃 74LS51 ×1
〃 74LS279 ×1	〃 74LS375 ×2
SC/MP·II英文マニュアル、40Pソケット、16Pソケット ×2	

モトローラ マイコン用チップ

MC6802	CPU With Clock & RAM(新発売)データ付	¥12,000
MC6800L	8Bit CPU	¥ 6,800
MCM6810AP	128×8 スタチックRAM 450ns	¥ 1,500
MCM6820L	8Bit×2 ペリフェラルインターフェース	¥ 4,200
MCM6820P	〃 (プラスチックモールド)	¥ 3,000
MCM6830L·8	1K×8 カスタムP-ROM Taco 550ns	¥ 4,500
MCM6850L	非同期シリアル·インターフェース(ACIA)	¥ 4,200
MCM6850P	〃 (プラスチックモールド)	¥ 3,200
MCM2708L	1024×8Bit E-P ROM 450ns	¥ 4,600
MC6860	0-600dps デジタルモデム	¥ 5,500
MC6871A	クロックゼネレーター	¥ 7,500
MC6871B	クロックゼネレーター	¥ 6,500
MC6880P	(8T26)バス·ドライバー	¥ 800
MC6885	(8T95)アドレス·バッファ(Non Inverting)	¥ 750
MC6886P	(8T96P)アドレス·バッファ(Inverting)	¥ 750
MC6887	(8T97)アドレス·バッファ(Non Inverting)	¥ 750
MC6840	Programmable Timer Module (データ付)	¥ 7,200
MC14099B	8Bit Addressable Latches (データ付)	¥ 900
MC14599B	8Bit Addressable Latches (データ付)	¥ 900
MC14500B	1Bit C·Mマイクロプロセッサ·16命令(I.C.U)	¥ 2,350

NEC マイコン用チップ

μPD8080AF	8Bit 並列処理CPU	¥ 3,500
μPD8251C	ユニバーサルコミュニケーションインターフェイス(USART)	¥2,700
μPD8255C-E	プログラマブル周辺インターフェース	¥ 2,400
μPD751D	4Bit 並列処理CPU	¥ 4,500
μPD5101E	フルデコード256×4Bit スタチックRAM	¥ 1,300
	0.5K Byte(4ヶ)¥5,100 1K Byte(8ヶ)	¥10,000
μPD2101AL-4	フルデコード256×4Bit スタチックRAM	¥ 650
	1K Byte(8ヶ)¥4,800(@600) 4K Byte(32ヶ)¥17,600(@550)	
μPD2102AL-4	フルデコード1024Bit スタチックRAM ㊕	¥ 410
	1K Byte(8ヶ)¥3,280(@410) 8K Byte(64ヶ)¥24,960(@390)	
	4K Byte(32ヶ)¥12,800(@400) 16K Byte(128ヶ)¥48,640(@350)	
μPD454D	256W×8Bit EEP-ROM	¥ 3,000
μPB8212D	8Bit I/oポート	¥ 750
μPB8216D	4Bit 双方向バス·ドライバー(Non Inv)	¥ 900
μPB8224D	クロックゼネレーター	¥ 1,200
μPB8226D	4Bit 双方向バス·ドライバー(INV)	¥ 900
μPB8228D	システムコントローラー	¥ 1,500
μPD758C	プリンターコントローラー I/o PRC	¥ 3,000

富士通 マイコン用チップ

MB8861	(MC6800) 8Bit CPU2μS	¥ 6,700
MB8513	(1702A)256×8 E·P·ROM 1000ns	¥ 3,000
MB8518	(2708)1024×8 E·P·ROM 650ns	¥ 7,000
MB8101	(2101)256×4 スタチックRAM 450ns	¥ 800
MB8102	(2102)1024×1 スタチックRAM 450ns	¥ 600
MB8107	(2107)4096×1 ダイナミックRAM 300ns	¥ 1,500
MB8111	(2111)256×4 スタチックRAM 450ns	¥ 750
MB8112	(2112)256×4 スタチックRAM 450ns	¥ 700
MB8224	(2104)4096×1 ダイナミックRAM 280ns	¥ 1,450
MB8862	(MC6820)Peripheral インターフェース	¥ 2,900
MB8863	(MC6850)A·C·I·A	¥ 3,600
MB8867	クロック·ゼネレーター	¥ 2,700
MB8868	(WD1602A)Transmitter Receiver	¥ 2,700
MB424	(MC8T26)4Bitバスドライバ レシーバ	¥ 650
MB425	(3216 8216)4Bit 双方向バスドライバ(Non Inv)	¥ 650
MB426	(3226 8226)4Bit 双方向バスドライバ(Inv)	¥ 650
MB427P	(SN75113)4Bit クロックドライバー	¥ 700
MB471	(3212 8212)4Bit I/o Port	¥ 900
MB485	(8T95)アドレス·バッファ(Non Inverting)	¥ 650
MB486	(8T96)アドレス·バッファ(Inverting)	¥ 650
MB487	(8T97)アドレス·バッファ(Non Inverting)	¥ 650
MB488	(8T98)アドレス·バッファ(Inverting)	¥ 650



commodore 社の PETを在庫販売することになりました。

通信販売でも2週間以内で
あなたのお手元にPETが……
¥298,000〒2,000

PET 2001 の販売開始!!

共立のPETには
和文マニュアルが
付いています。

■仕様
- ▶メモリー
- ●RAM 8Kバイト内蔵(32KB迄拡張可能 外部)
- ●ROM 14Kバイト 12K BASIC 1Kオペレーティクシステム 1K自己診断プログラム
- ▶ビデオディスプレイ
- ●白黒高解像度9インチCRT
- ●1000キャラクター(40キャラクター25行) 8×8ドットマトリクス 白黒反転機能付 128標準ASCII英数字 128グラフィック文字
- ●自動スクローリング フル・カーソル・モーション コントロール 点滅カーソル
- ▶カセット 標準オーディオ用カセットテープ 記録方式:コモドール方式
- ▶キーボード
- ●73キー 64ASCII下段フルセット 64グラフィックキー ニューメリック及びファンクションキー フィールド反転キー スクリーンコントロール及び編集機能キー クリヤー 画面イレース カーソルシフト 挿入 削除キー
- ▶演算 10桁 フローティング·デジマル
- ▶インターフェイス I O IEEE 488バス パラレル・ユーザー・ポート 外部カセット インターフェイス・ポート メモリー増設バス
- ▶電源 AC50～60Hz 100V 1.3A 寸法:420×470×356% 重量:約20kg

SUNPEC の全製品取扱い開始!!

■ SUNPEC·8000TKの特徴
1. TK-80のボード改造は付属の改造用プリント板で簡単!
2. コンパクト専用ラック、マザーボードを採用!
3. VIDEO RWM方式、CRTディスプレー搭載!(アドテックTVD-02 CRTディスプレーも搭載可能)
4. CRTディスプレーのバックグランドのカラー化可能!(8000-01使用時)
5. TK-80単体としての機能も維持!(外部メモリーは8.5Kバイトまで拡張可)
6. BASICインタープリタはFSK方式としてカセットテープより入出力可能!
7. BASICリストはFSK方式としてカセットテープより入出力可能!
8. キーボードは7Bit ASCIIパラレル入力を使用!(JISコード使用可)
9. オプションのパワー・サプライキットもラック内収納可能!
10. 付属各ボードは完全調整済完成品のため即動作可能!

■ システム内容(すべて完成品マニュアル付)
1. CRTキャラクタディスプレイボード(8000-01) ¥37,000
   - ●32桁、16行 512文字(7×9ドット)
   - ●128文字(アルファベット・カタカナ・数字・記号)
   - ●入力8Bit(使用は7Bit) JIS及びASCII
   - ●V-RAM方式 512バイトRAMとして使用可(450ns)
   - ●VHF、2ch RF出力付 ●+5V 単一、消費電流400mA
   - ●アドレスレコーダ内蔵の為、外付部品不要
   - ●基本ソフト付(TK-80、MEK6800カセットテープ)
2. 4Kバイト·RAM(2102)ボード(8000-02) ¥39,800
3. FSKカセット·インターフェース基板(8000-03) ¥ 6,800 カンサスシチー·スタンダードタイプ 300b/s
4. マザーボード(RAMは8K Byteまで実装可)(8000-04) ¥26,000

以上①～④を一括購入される場合は総額¥109,600のところ
㊕¥99,800にした上に8000-01用カラーコンバーターをサービス

各社キャラクター・ゼネレーター用ROM

2513CGR-001(GI)	●英字、数字、記号、64文字 ●5×7 ROW SCAN ●+5V、単一電源 ●データ付	¥3,800
μPD473D-01(NEC)	●英字、数字、記号、64文字 ●7×9 ROW SCAN ●電源+5V、－12V、－5V(データ付)	¥4,500
μPD473D-02(NEC)	●カナ文字、記号64文字 ●7×9 ROW SCAN ●電源+5V、+12V、－5V(データ付)	¥4,500
μPD474D-01(NEC)	●英字、数字、記号、64文字、●7×9 コラム·スキャン ●電源+5V、+12V、－5V(データ付)	¥8,000
μPD474D-02(NEC)	●カナ文字、記号、64文字 ●7×9 コラム·スキャン ●電源+5V、+12V、－5V(データ付)	¥8,000
MCM6573AP(モトローラ)	●英字、カタカナ、数字、記号、128文字 ●7×9 ROW SCAN ●電源+5V、+12V、－3V(データ付)	¥4,000
MK-2302P(MOSTEK)	●英字、数字、記号、64文字 ●5×7 コラムSCAN ●電源+5V、－12V(データ付)	¥5,000
3257A(F.C)	●英字、数字、記号、64文字 ●5×7 コラム SCAN ●電源+5V、－12V(データ付)	㊕¥3,600
2513N/CM4800(シグネチックス)	●カタカナ、記号、64文字 ●5×7 ROW SCAN ●電源+5V、－5V、－12V(データ付)	¥4,800

各社マイコン用チップ

●TMS-6011	(テキサス) UART、電源-5V、-12V	¥ 2,500
●IM6402C-PL	(インターシル) C·MOS、UART 200Kボーmax、電源+5V単一(WD1602Aコンパチブル)	¥ 3,000
●AY-5-2376	(GI) キーボード·エンコーダー 2KEY rollover、88KEY·3Mode(データ付)	¥ 3,900
●MK3880N	(モステック) Z-80用 8Bit CPU	¥ 8,500
●MK3881N	(モステック) Z-80用 P I O	¥ 4,500
●MK3882N	(モステック) Z-80用 C T C	¥ 4,500
●2111	(インテル)256×4 スタチックRAM、コモンI/O	¥ 1,200
●2112	(インテル)256×4 スタチックRAM、コモンI/O	¥ 1,200
●HM472114-4	(日立)1024×4Bit スタチックRAM、450ns	¥ 2,800
	2K Byte(4ヶ)	¥10,800
●HD46505	(日立)CRTコントローラ(データ付)	¥13,800

FSK カセット·インターフェース·キット(データー付) …¥3,000
今、トーンバースト方式で困っている方はこれでOK!!
〈適合マイコン例〉 TK-80、Lkit16、Lkit8……etc

カセット·インターフェース·キット(トーンバースト方式)
- TK 80 CMT(TK 80用、データー付) ¥2,000(〒共)
- Lkit8 CMT(Lkit8用、データー付) ¥1,200(〒100)

〈日立テレビインターフェースモジュール〉

H68/TV-01……¥69,500 〒500
- ●表示モード:文字表示モード、グラフィックモード
- ●文字種類:標準64種
- ●文字·図形サイズ:文字(5×7ドット) 図型(8×12ドット)
- ●図形種類:グラフィックモード(234種·サブルーチン)によって提供、文字表示モード(32種·オプション)
- ●BASICインタープリター:BASIC·1(カセットテープ付)
  - ●コマンド・ステートメントは省略形が使えます。
  - ●SIZE、DIM、RND、PEEK、POKE、CALL etcなど多彩なコマンド、ステートメント、ファンクションが可能
- ●CRTC(HD46505)使用

〈タイムプロセッサーTP-2シリーズ〉

マイコン内蔵のプログラマブルタイマー
- ●テキサスインスツルメンツ社製TMS1121使用
- ●制御出力4チャンネル
- ●キーボードにより20のプログラム、プリセット可能
- ●1分間～1週間の時間設定可能
- ●ON、OFF、SLPの3出力モード
- ●時計機能
- ●超低価格、高信頼性

＊キミも本格的時間制御に挑戦しよう!!
- ●オーディオタイマー
- ●留守番電灯制御装置
- ●店舗の照明制御装置
- ●家庭電気器具のホームコントローラ
- ●その他アイデア沢山
- ●取扱説明書、データ付

■TMS1121タイムプロセッサーLSI……¥4,500

〈JISキーボード用エンコーダー〉

364D01(取説・データ付)……¥6,800

6513をお使いのみなさんに朗報!!カタカナを使えるエンコーダーを初めて発売!!
●入出力TTL、DTLコンパチブル ●10Bit出力(Bqは奇数パリティ出力) ●90Key×4modes(Shift mode選択) ●2キーロールオーバー/Nキーロックアウトと Nキーロールオーバーの選択) ●Anyキーダウンアウトプット ●外部クロック入力可能 ●動作周波数100kHz Max ●出力コンプリメントコントロール ●電源電圧:V_{CC}=+12V、V_{CC}=+5V、V_{BB}=－5V

新発売 SWTPC サウスウェストキーボード (アルプス製完成品)

KBD-5Z(8ビットASCIIコード)……¥19,800
- ●AY5-2376使用、正論理、偶数パリティー
- ●ストローブは正・負切換可、リピート機能付
- ●Nキーロックアウト、2キーロールオーバー方式
- ●+5V·50mA、－12V·20mA

KBD-5J(JISコード·AY-5-3600使用)……¥26,000
- ●パリティは偶数・奇数切換可、正論理
- ●ストローブは正・負切換可、リピート機能付
- ●英記号、英数、カナ記号、カノの4段シフト
- ●Nキーロックアウト、2キーロールオーバー方式
- ●+5V·300mA、－12V·20mA

写真はKBD-5Jですが、形状はKBD-5Zも同じです。



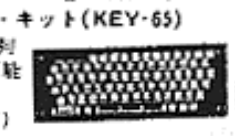
〈ASCIIキーボード·KEY75〉 新発売



- ●軽いキータッチ
- ●高信頼性
- ●低価格、標準53キー
- ●エンコーダー及びキーマトリックスボードなし

㊕¥9,200〒500

共立電子オリジナル・キーボード・キット(KEY-65)



- ●JIS及びASCIIに準じるキー配列
- ●上段1列オプションキー取付可能
- ●キートップ文字入自由
- ●長寿命キースイッチ(東海通信)
- ●キートップ用文字シート付
- ●エンコーダ無し 超特価¥7,500 〒500
- ●エンコーダーLSI(AY-3-2376)付キット ¥11,500 〒500

MK-1(松久)アスキー配列キーボード エンコーダーLSI(AY-3-2376)付 ㊕¥22,500

価格につづく〒 は送料を意味します。但し特に送料指定のない商品は合計金額3,000円以上送料無料です。3,000円以下は送料150円加算して下さい。速達ご希望の方は〒150円。書留ご希望の方は〒250円それぞれ加算して下さい。総額2,000円未満は切手可。
■ご注文は住所・氏名・商品名をハッキリ書いて商品価格＋送料の合計金額を「現金書留」「定額小為替」「郵便為替」もしくは「郵便振替」(口座番号:大阪312711)にてお申し込み下さい ※(テンワがあればデンワ番号も書いて下さい。便利です。)

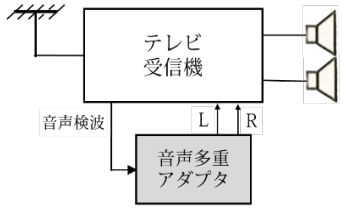
共立電子産業(株)

〒556 大阪市浪速区日本橋筋5丁目3の15
TEL 06(631) 5963

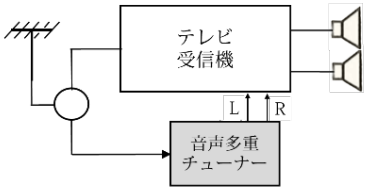
「トランジスタ技術」誌の当社広告もご参照下さい

営業時間 AM10:00～PM7:00 定休日 毎週水曜日

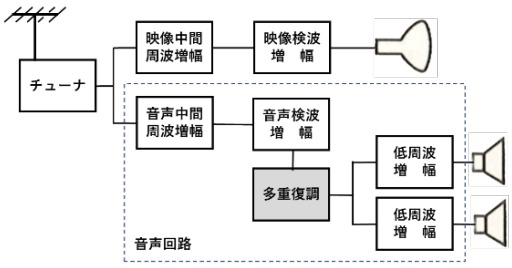
1978 年（昭和 53）音声多重放送の受信方法



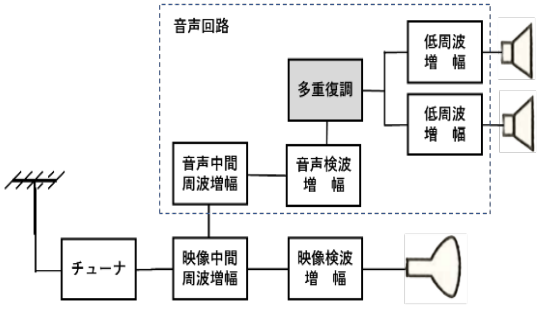
第 1 図　テレビ音声多重放送の受信
（アダプター型）



第 2 図　テレビ音声多重放送の受信
（チューナー型）



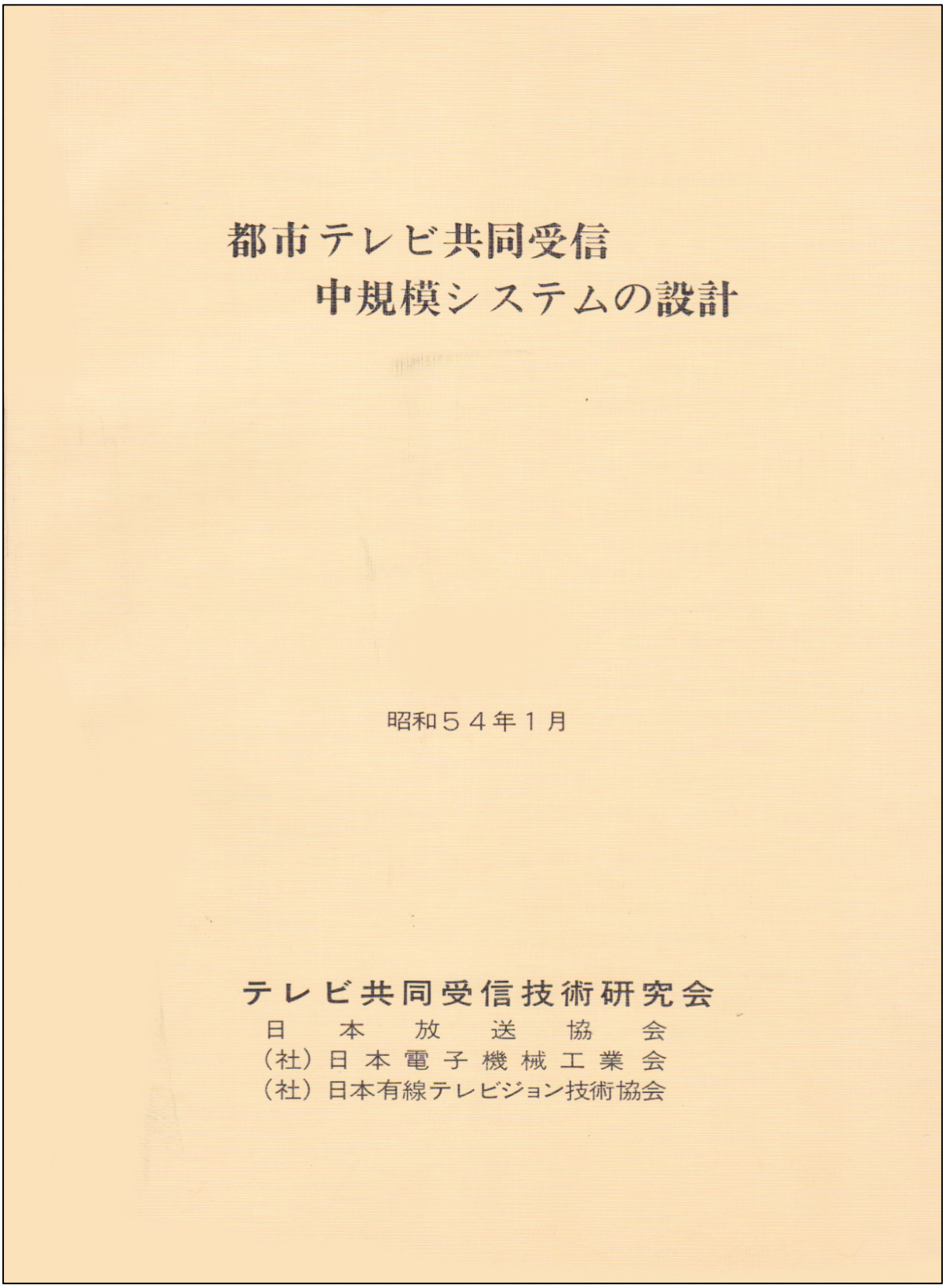
第 3 図　テレビ音声多重放送の受信
（セパレートキャリア方式）



第 4 図　テレビ音声多重放送の受信
（インターキャリア方式）

1979 年（昭和 54） 都市テレビ共同受信中規模システムの設計（A4,p45）

テレビ共同受信技術研究会



都市テレビ共同受信
中規模システムの設計

昭和５４年１月

テレビ共同受信技術研究会
日　本　放　送　協　会
（社）日本電子機械工業会
（社）日本有線テレビジョン技術協会

はしがき

高層建築物の建設にともない都市部で受信障害が多数発生している。この対策として現在はほとんど共同受信施設で対応している。

しかし，都市に設置する共同受信施設の基本システムとしては長い間これといったものがなく，発注規格としてはＮＨＫの辺地共同受信施設の規格を準用してきた。

昭和４８年に「有線テレビジョン放送法」が制定施行され，５０１端子以上の施設については技術基準が規定された。しかし，これ以下の施設については公認された規格，技術基準といったものがなく，発注主，工事業者がその都度設計して機器を発注しており，機器メーカーは多品種小量生産を強いられてきた。

このような事態に対処するため，ＮＨＫ，日本電子機械工業会，日本有線テレビジョン技術協会が協力して，昭和５２年３月に「小規模テレビ共同受信システム」を設計し，公表した。
このシステムは６４世帯までを対象としたもので，都市テレビ共同受信施設の過半数に適用できるものであり，逐次普及している。したがって，６５～５００世帯の「中規模テレビ共同受信システム」を完成すれば，都市のテレビ共同受信システムは一応完結することになる。

そこで，前記３団体から委員を選出して「テレビ共同受信技術研究会」を組織し，昭和５２年４月からシステム設計を開始し，このほど完成した。まだ，機器の試作，フィールド試験，バリエーションの検討などを残しているが，今後の作業を円滑に進めるためにこの中間報告書を作成した。

１章ではシステム設計にあたり前提となる条件を決め，２章ではシステム設計を行うため必要な基本事項を決めた。３章では各種の方式別に施設規模に応じておおよその建設費世帯単価を求め，経済性を検討した。その結果，約２００世帯以上の施設規模ではＶＨＦ変換隣接伝送方式が有利であり，それ以下はＶＨＦ，ＵＨＦ混合伝送方式が有利であることが判明した。そこで，４章ではＶＨＦ変換隣接伝送システムの詳細な設計を述べ，５章ではＶＨＦ・ＵＨＦ混合伝送システムの詳細な設計を述べた。

また，この中間報告書は大筋を理解しやすくするため，本文は簡けつにし，細かい計算，解説はすべて付録とした。

なお，当研究会の委員は次表のとおりである。

目　　次

1. システム設計の前提条件

1.1 地域の条件……3
1.1.1 規模……3
1.1.2 世帯密度……3
1.1.3 一世帯の面積……4
1.2 伝送条件……4
1.2.1 伝送信号……4
1.2.2 伝送方式……4
1.2.3 最大伝送レベル……4
1.3 画質の条件……5
1.4 環境条件……5
1.5 経済条件……5

2. システム設計に必要な基本事項

2.1 信号分配の基本……6
2.2 受信点……6
2.3 単位ブロック……6
2.4 単位ブロックの面積……7
2.5 設置地域の単位ブロック分割……7
2.6 幹線……7
2.7 受信機所要入力レベル……7
2.8 分岐・分配器出力レベル……8
2.9 伝送用同軸ケーブル……8
2.10 コネクタ……9
2.11 部品の価格係数……9

3. 経済的システムの検討

3.1 伝送方式……10
3.2 施設規模……10
3.3 設置地域の形状……10
3.4 単位ブロックの規模と数……10
3.5 設置地域の分割と幹線経路および分配線……11
3.6 建設費世帯単価の算出および結果……11
3.7 各種方式の比較……11

4. VHF変換隣接伝送システム

4.1 システムの基本構成……16
4.2 信号レベル……17
4.3 システム性能の配分……18
4.4 機器仕様……18

5. VHF・UHF混合伝送システム

5.1 システムの基本構成……24
5.2 信号レベル……25
5.3 システム性能の配分……26
5.4 機器仕様……26

参考文献……35

付録1. 最大伝送レベル……36
付録2. テレビ受信機所要入力レベル…37
付録3. 同軸ケーブルの標準減衰量……38
付録4. 機器，機材の価格係数……39
付録5. システム性能の配分……41

テレビ共同受信技術研究会委員

委員名	会社名	備考
真島宗二	日本アンテナ㈱	委員長　副委員長
吉田　進	古河電気工業㈱	副委員長　委員長
滝沢　武	日本放送協会	副委員長
山本宏一郎	アンテナ工事㈱	
鷹林孝正	安展工業㈱	
山本貴佐雄	全日本テレビサービス㈱	
吉田昭典	昭和電線電纜㈱	52/4～52/7
本村文利	〃	52/8～53/8
藤沢昌利	〃	53/9～
大友　武	鶴舞電機㈱	
筒井　清	DXアンテナ㈱	
細田五郎	東芝家庭電器サービス㈱	
斎藤良明	日田通信工業㈱	
石塚　豊	日本アンテナ㈱	
乙坂　進	日本電設工業㈱	
清水　充	日本特器㈱	
平野　広	日本放送協会	
剣持　甫	〃	52/4～52/8
井桁重雄	〃	52/9～
渋谷孝治	藤倉電線㈱	52/4～52/11
三田村裕	〃	52/12～
寺沢孝夫	ホーチキ㈱	
平松正成	マスプロ電工㈱	
表　八郎	松下電器産業㈱	
安藤　彰	ミハル通信㈱	
滝口清久	宮崎電線㈱	
矢浪正夫	八木アンテナ㈱	
松村秀郎	〃	
後藤則昭	愛知電子㈱	
斉藤　博	日本有線テレビジョン技術協会	53/5～
水戸部　茂	日本放送協会	事務局
秋山　博	日本電子機械工業会	〃
池井三夫	〃	〃
稲垣誠治	日本有線テレビジョン技術協会	〃

都市テレビ共同受信
中規模システムの設計

昭和54年1月　第一版第1刷発行

編集・発行　テレビ共同受信技術研究会

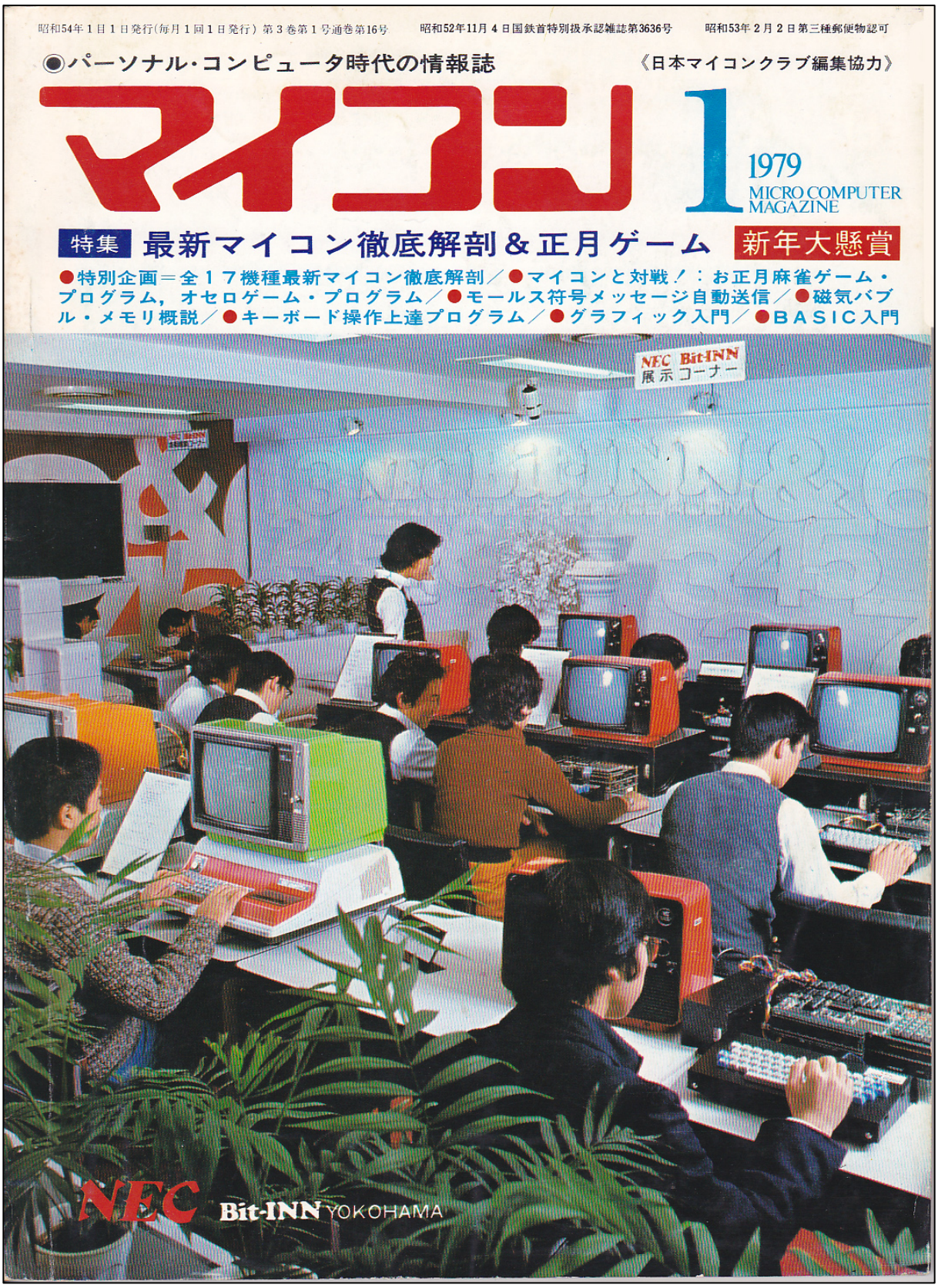
事務局　東京都渋谷区神南2－2－1，放送センター16F
電話　東京　03　(465) 1111
郵便番号　150

制　作　日本放送出版協会
東京都渋谷区宇田川町41－1

© 1979 テレビ共同受信技術研究会

1979 年（昭和 54）PET によるグラフィック入門、（B5,p101-105）

月刊誌「マイコン」１月号）



MICROCOMPUTER
MAGAZINE
1979. 1 月号目次

マイコン

特集

パーソナルコンピュータのすべて

話題の17機種徹底解剖 ……22

■APPLE-II，ベーシックマスターMB6880L2，COMKIT8061，COMPO-80BS，COSMOTERMINAL-D，EX-80BS，H68/TR，KAISER-Z2，LKIT-8，LKIT-16，M-180，MARBEL-2000，MCZ-80，MZ-80K，Pasona1，PET2001，TRS-80

システム開発室

■LKIT-16によるCW局のフルシステム化……奥山昌男…70
■カセットテープの上手な使い方四つの注意……池田勝亮…80
■H68/TRにダイレクトドッキングROMRAMボードHMB1708……日野　純…82
LEVEL-1プログラム復活(TK-80BS用)
■ワンタッチLEVEL-I→LEVEL-II切替えシステム……竹下　洋…98

ソフト開発室

マイコンプログラミング・実用統計学
■在庫数はいくら？その2……庄司　渉…94
グラフィック基礎講座
■PETによるグラフィック入門……叡持　甫…101
＝TK-80BS相手に注目ゲーム＝
■決定版！実戦マージャン教室……若槻匡志…106
■マイコンを相手に学べ／マイティオセロ……近藤直之…112
これは便利，キーボード操作時間を短縮
■フルキーボード練習プログラム……島田　稔…117
連載4，TK-80(E)のマシン語完全理解
■機械語へのアプローチ4……川合宏之…120
磁気バブルメモリとは何か？
新春特別企画　見逃せない固体ファイルメモリーの実用化
……前川治美／高井盛…85
新春プレゼントコーナー……130
●マイコンロータリー
手作りマイコンDATARAME38……20
●マイコン情報……62
●売ります買います……69
●アップル社を訪ねて……126
●マイコンショートショート……石岡彰生…134
●日本マイコンクラブニュース……137

マイコン1月号©電波新聞社1979Printed in Japan／編集発行人：平山秀雄
東京都品川区東五反田1－11－15／郵便番号141／電話 東京(03)445－6111(大代表)／振替(東京)5-51961
昭和54年1月1日発行／第3巻第1号通巻16号／印刷：大日本印刷㈱／年間定期購読料4,680円(1冊400円)

グラフィック基礎講座

PETによるグラフィック入門

劔持　甫

先月号で，グラフィックの画面を作るプログラムまで学習しました。今月は，その画面を移動させてみましょう。

グラフィック画面の移動

グラフィック画面を移動させる方法には，以下に説明する簡単な方法から函数などを利用した複雑な方法があり，さらには3次元移動などがあります。

ここでは，一番簡単な方法についてまずマスターしていただくために，次の六つの方法について説明します。

上から下への移動―1

これは，ロケットなどが着陸（Landing）する場合の移動をモデルに考えてみました。

写真1にそのプログラム例を示します。

●ライン・ナンバー2φは，文字変数の式です。この式は，次のライン・ナンバー3φと合せて使われます。

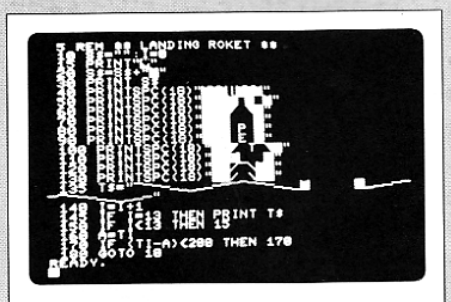
最初S＄にはブランクが入っていますが，ライン・ナンバー2φの実行によって1ライン下方向へカーソルを移動する記号が加えられ，これが3φによってプリントされると，ライン・ナンバー4φ～13φまでの絵全体が1ライン下に移動します。次に2φが実行され3φによってプリントされると，今度は2ライン下方向へカーソルが移動し4φ～13φの絵をプリントします。このようにして，カーソルを2φによって1ラインづつ下方向に移動して絵を上から下へ移動させることができます。

●ライン・ナンバー15は，"♡"を使用して一つの画面を書き終って次の画面をプリントする直前に画面をクリヤーして，カーソルをホーム・ポジションに戻しています。

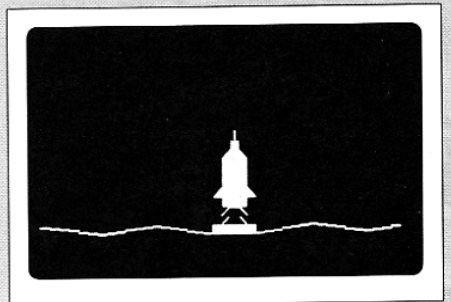
写真2に実行例を示します。

上から下への移動―2

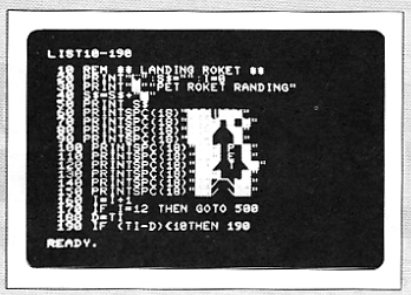
画面を移動させる場合には，今の画面の絵から次の画面の絵に移った時に，前の画面の絵は消えていないと具合が悪くなります。この前の画面の絵を消す方法には，次のような方法があります。



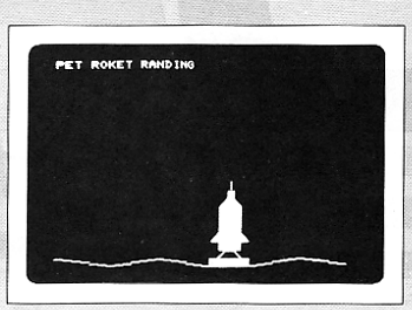
《写真1》「ロケットの着陸(1)」



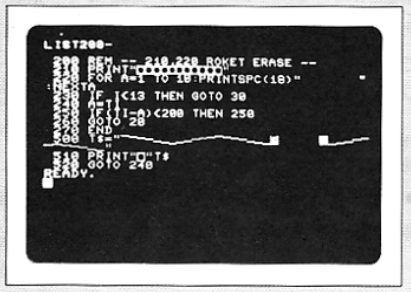
《写真2》「ロケットの着陸(1)」の実行例



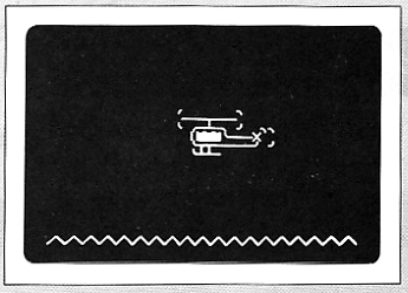
〈写真3〉「ロケットの着陸(2)」その1



〈写真5〉「ロケットの着陸(2)」実行例



〈写真4〉「ロケットの着陸(2)」その2



〈写真6〉「ヘリコプターの離陸」実行例

①前の画面の絵が終り，次の画面の絵が始まる直前にPRINT "♡" によって画面全体をクリヤーする方法。

②前の画面の絵が終った後で，カーソルを絵のライン数だけ上方向に移動し，その位置からブランクをプリントして絵だけを消去する方法。

1の場合は，上記の①の方法によってライン・ナンバー15でそれを行なっています。

この2の場合は，**写真3，4**に示すように②の方法によって行い，

●ライン・ナンバー21φで，カーソルを上方向に11ライン移動しています。

●ライン・ナンバー22φで，ブランクをプリントして上から順に絵を消去しています。

以上の二つのステートメントによっており，結果を**写真5**に示します。

下から上への移動

これらの方法は，一見どちらでもよいように思われますが，使用する場所によって使いわけの必要があります。

次に，ヘリコプターなどの離陸（Fright）する場合の移動をモデルに考えてみましょう。

写真7，8にそのプログラム例を示します。

●ライン・ナンバー2φは，カーソルをホーム・ポジションに戻してから，さらに17ライン下にカーソルを移動させる変数をＳＳに代入しています。

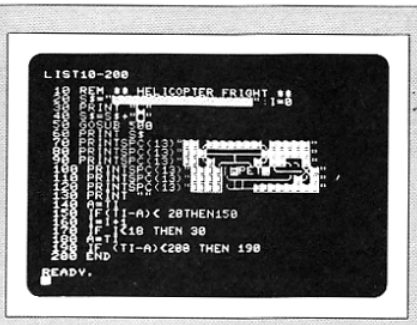
●ライン・ナンバー3φによって，このプログラムは絵を1回書くごとに画面クリヤーを行なっています。

●ライン・ナンバー4φは，ＳＳによって17ラインドに移動したカーソルに1ラインだけ上方向に移動させる記号を加えており，次のプリント文でカーソルを一番上から17ライン下に移動し，さらに1ライン上げた位置に移動して，ライン・ナンバー 7φ~13φのプリントを待ちます。

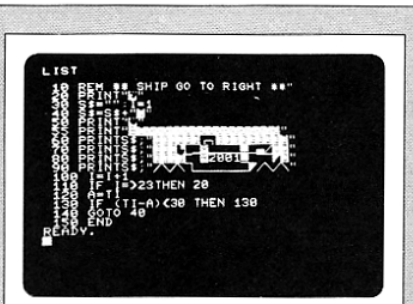
●ライン・ナンバー 5φφ~53φは，画面の一番下に被模様をプリントするサブルーチンです(**写真6**)。

左から右への移動

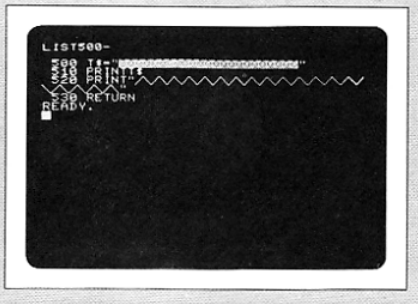
では次に左から右への移動を考えてみましょう。



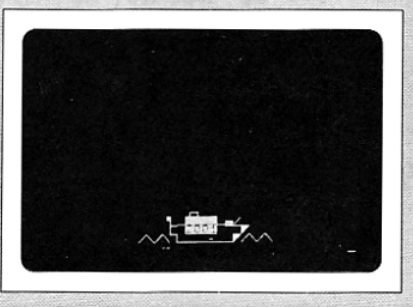
《写真7》「ヘリコプターの離陸」その1



《写真9》「船の右への航行」



《写真8》「ヘリコプターの離陸」その2



《写真10》「船の右への航行」実行例

これは，船などが航行する場合の移動をモデルとしたものです。

写真9にプログラム例を示します。

●ライン・ナンバー20によって，1画面ごとに画面をクリヤーしています。もし，見にくい場合には②の方法を採用して下さい。

●ライン・ナンバー40では，1回実行するごとにＳＳにカーソルを右に移動させる□を加えており，ＳＳをプリントしてカーソルを右方向に移動してから，ライン・ナンバー60～90の絵をプリントしています。

●ライン・ナンバー55は，船の位置を画面の下方に置くためのプリント文で，カーソルをホーム・ポジションから下方向へ18ライン移動しています。

写真10にこのプログラムの実行例を示します。

右から左への移動

これは，飛行機などが飛行する場合の移動をモデルとしたものです。**写真11**にプログラム例を示します。

●ライン・ナンバー40は，カーソル位置を左から22カラム目に移動するもので文字変数ＳＳに代入されています。

●ライン・ナンバー50は，ＳＳでプリントされた位置からカーソル□を加えることによって1カラムづつカーソルを左に移動させるステートメントで，ライン・ナンバー70～110の絵をプリントする前にＳＳをプリントすることによって絵を左に移動することができます。

●ライン・ナンバー60は，1画面ごとに画面クリヤーを行っています。

写真12に，このプログラムの実行例を示します。

左下から右上への移動

これは，ＵＦＯなどが飛行する場合の移動をモデルにしたものです。

写真13にプログラム例を示します。

●ライン・ナンバー40は，カーソルを18ライン下に移動するもので，ＳＳに代入しています。

●ライン・ナンバー50は，ＳＳに代入された変数に上方向にプログラムを1回実行するごとにカーソルを移

動させる■を加えるステートメントです。

●ライン・ナンバー6φによって，1画面ごとに画面をクリヤーします。

●ライン・ナンバー7φは，S$をプリントしてカーソルを上から17ライン目に移動します。

●ライン・ナンバー9φ，11φ，13φ，15φ，17φはUFOをプリントするものですが，それぞれのプリント文にSPC（I）が入っているために，Iの値によってプリントするカラムの位置が変わってきます。

そのIは，ライン・ナンバー2φφでカウントされており，1画面ごとにカラム数とライン数が変化するためUFOは，左下から右上に移動していきます。

●ライン・ナンバー8φ，10φ，12φ，14φ，16φはUFOが一番上のラインに達したときに画面から一時に全体を消さずに1ラインづつ消していくためのIF文です。このIF文は，ON……GOSUB文を使用すれば実行速度およびバイト数の節約になります。

写真14に実行例を示します。

最後に移動する方向は，画面の右下から左上への移動です。

右下から右上への移動

これは，ロケットの発射をモデルとしてみました。

普通のテレビは，左上から右下に向かって走査していますから，この移動方向はそれにまったく逆らったものとなります。

写真15，16にそのプログラムの例を示します。

このプログラムは，「下から上への移動」と「右から左への移動を組合せた形となっています。

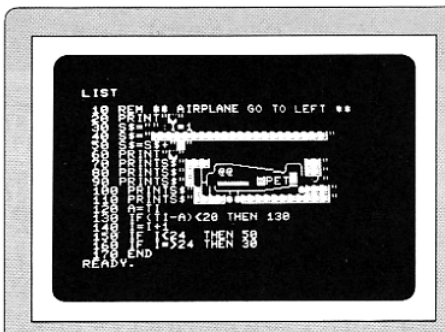
●ライン・ナンバー4φは，カーソルをホームポジションに戻してから下方向に17ライン移動させるもので，変数名S$に代入されます。

●ライン・ナンバー5φは，カーソルを右方向に24カラム移動させるもので，変数名T$に代入されます。

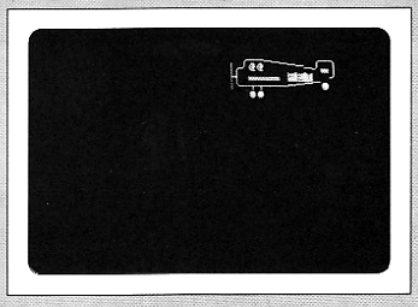
●ライン・ナンバー6φは，ライン・ナンバー5φφ以下に示されるサブルーチンへ制御を移す命令です。

●ライン・ナンバー7φは，ライン・ナンバー4φによってホームポジションから1ライン下に移動したカーソルを，1ラインずつ上に移動させるカーソルのカウンターです。

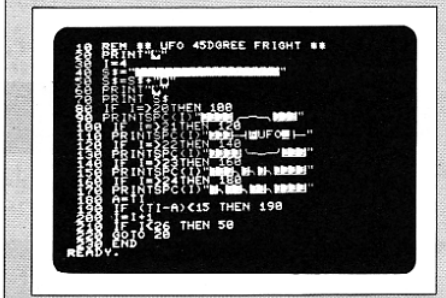
●ライン・ナンバー8φは，ライン・ナンバー5φによっ



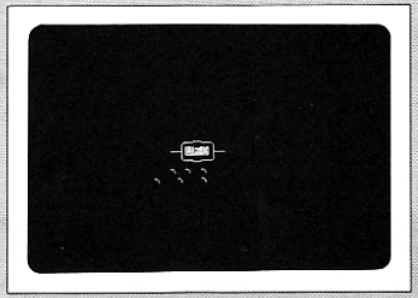
〈写真11〉「飛行機の左への飛行」



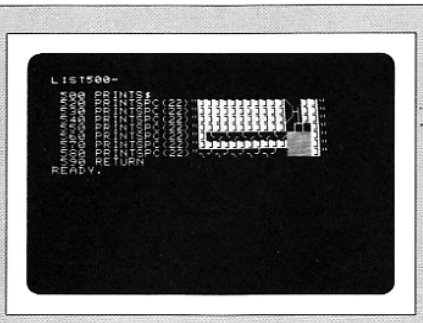
〈写真12〉「飛行機の左への飛行」実行例



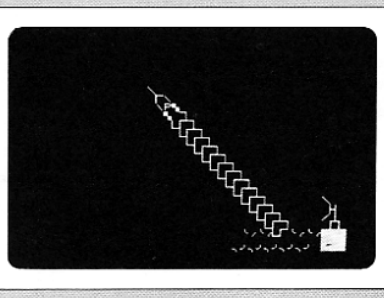
〈写真13〉「UFOの右上への飛行」



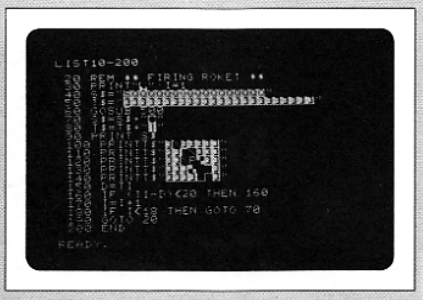
〈写真14〉「UFOの右上への飛行」実行例



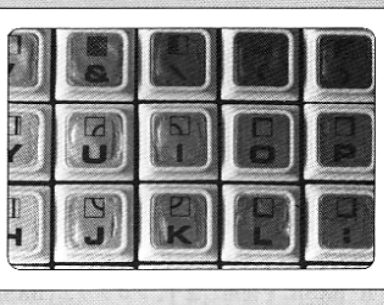
〈写真15〉「ロケットの発射」その1



〈写真17〉「ロケットの発射」実行例



〈写真16〉「ロケットの発射」その2



〈写真18〉PETのキー・トップ

て右に24カラム移動したカーソルを1カラムずつ左に移動するカーソルのカウンターです。

●ライン・ナンバー9φは，ライン・ナンバー7φに示されたS$の位置にカーソルを移動させるプリント文です。

●ライン・ナンバー1φφ~14φは，グラフィックする絵をプリントしますが，T$によってそのプリント位置が示されます。

●ライン・ナンバー15φ，16φは，絵があまり早く移動しないようにするカウンターです。

●ライン・ナンバー18φは，絵を書く回数を指定しています。なお，ブランチ先（ライン・ナンバー7φ）で画面クリヤーを行なわないのは，ロケットの煙を消さないようにするためです。

●ライン・ナンバー5φφ~59φは，サブルーチンでロケットのバックの絵を書かせています。

写真17に実行例を示します。

PETの内部クロック

PETは，内部にクロックを持っており必要なときに利用することができます。

PETのクロックは，スイッチ・オンのときから計時を開始し，経過時間を知りたいときには，

PRINT　TIME　$または　?TI

とすることにより，××時○○分△△秒を知ることができます。

このクロックは，プログラムの中でも使用できます。

ここで紹介したプログラムの中にも利用しましたが，或る一定時間画面を表示させてから，次の実行に移るなど「時間稼ぎ」をさせることができます。これは，或る画面を30秒間表示してから次のステートメントを実行せよというような場合に便利です。プログラム例は次のようになります。

```
1φφ　A－TI
11φ　IF(TI-A)＜18φφ　THEN11φ
```

18φφという数は，1秒間の「時間稼ぎ」をするための数が6φですので，3φ秒間では18φφとなります。

さあ楽しいグラフィックを楽しみましょう。

1979 年（昭和 54）PETにカタカナを加えた「百人一首」プログラム（B5,p22-27）

月刊誌「マイコン」２月号



MICROCOMPUTER
MAGAZINE
1979. 2 月号

マイコン

特集　マイコンを活かす アイデアプログラム集

Ⅰ．効果音付きインベーダゲーム・プログラム……野口武志…18
Ⅱ．PETにカタカナを加えた百人一首プログラム……劔持　甫…22
Ⅲ．金種選別プログラム……鈴木国宏…28
Ⅳ．ラップタイム付きストップウォッチプログラム……宮木征治…31
Ⅴ．1Kバイト・アセンブラ・ディスアセンブラ・プログラム……鈴木俊孝…38
Ⅵ．ブロックくずしプログラム……尾長辰彦…47
Ⅶ．LKIT－16アセンブラテンキーの活用(AK・BK ルーチン)……樺　茂…51
Ⅷ．改良版成績処理プログラム……山縣昌彦…56

システム開発室

わずか1,000円でできる
■LKIT－16用EP-ROMライタの製作……奥山昌男…66
ハード追加不要
■TK－80BS用放電プリンタの接続……川瀬浩男…73
■簡易形EX－80＋2KB RAMメモリ拡張……池田勝亮…76
TK－80 I/Oポート活用
■A／D変換回路の応用……曽我部英俊…85
データテレメトリーへの第1歩(2)
■マイコンによるラジオコントロール……山根　整…95

ソフト開発室

■BASIC UNDERSTAND PART 2……時国　修…34
EX－80機械語による応用プログラムテクニック
■HEXADECIMAL TO DECIMAL & BINARY……佐藤　隆…79
■坊ちゃんのプログラミング教室(大小並びかえ)……庄司　渉…90
TK－80(E)のマシン語完全理解
■機械語へのアプローチ5……川合宏之…101

●マイコンロータリー
マイコンによる牛肉の効果的活用法……16
●マイコン売ります買います……65
●ニュースパック……107
●マイコンショートショート……石岡彰生…110
●日本マイコンクラブニュース……113

マイコン2月号©電波新聞社1979 Printed in Japan／編集発行人：平山秀雄
東京都品川区東五反田1－11－15／郵便番号141／電話 東京(03)445－6111(大代表)／振替(東京)5-5196
昭和54年2月1日発行　第3巻第2号通巻17号／印刷：大日本印刷㈱　年間定期購読料4,680円(1冊400円)

ペット二〇〇一に カタカナを加えた 百人一首 プログラム

剱持甫

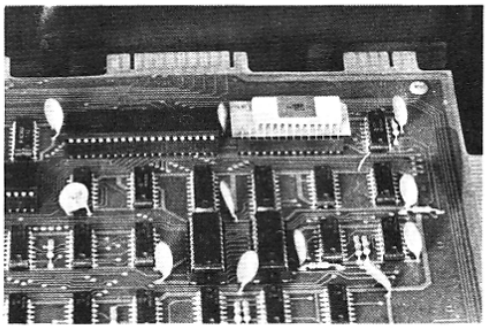
コモドール社では，国内のＰＥＴのユーザー向けに，先ごろカナＲＯＭを発売しましたので，さっそく私も入手し使用してみました。

プログラムは，カナ文字でなければならないものと考えて，ちょうど正月でしたので，優雅に百人一首を読んでみることにしました。

カナＲＯＭ

ＰＥＴは，いままで英大文字，グラフィク文字，数字およびＰＯＫＥ文で英小文字が使えました。

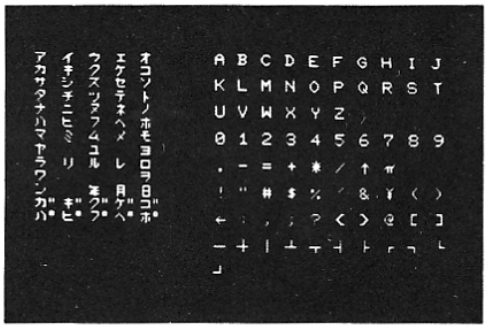
発売されたカナＲＯＭは，**写真１**のように従来のキャラクターゼネレーター(ＭＰＳ6540)を取りはずして差替えればよいようになっており，使用するときはＰＯＫＥ59468,14で英小文字の代りに使うことができます。(これによって，英小文字および一部のグラフィク文字が使えなくなります。)また，キー・ボードは，キートップにカナ文字が入ったものが新しくカナＲＯＭに附属されていますので，これに取り替える必要があります。



〈写真１〉キャラクタ・ジェネレータを取替え



〈写真２〉キー・トップを取替え



〈写真３〉新しく画面にでる文字

新しいキー・ボードは，**写真２**のようになります。

また，ディスプレイしたＰＥＴのカナ文字およびカナ文字使用時に使用できる文字は**写真３**のとおりです。

プログラムの概要

百人一首は，ご存知のとおり百首の上の句と下の句でできており，両者を組合せるものです。

ここでは，簡単に上の句と下の句を並べてディスプレイするようにしました。次のステップとして，「カルタ取り」の形式にできるようにしてあります。

百人一首プログラム

百首の句を，１本のプログラムにすると８Ｋのメモリーを超えてしまいますので，ここでは，50首ずつに分けてプログラムし，プログラムの中でそれぞれのプログラムを接続しています。

このプログラムは，前の50首と後の50首に分けられそれぞれは次の五つのブロックで構成されています。

❶ 上の句の選定

このブロックは，ラインナンバー300～490で構成されています。

上の句の選定は，ラインナンバー320によって，乱数を発生させその中の１～50の数を利用しています。

ここで，選ばれた１～50の乱数によってラインナンバー430～439からＯＮ…ＧＯＴＯ文により上の句のブロックへジャンプします。また，ラインナンバー490は，前の50首が終了したときに後の50首に移るために，次のテープをロードするためのものです。

❷ 上 の 句

ラインナンバー1500～1745には，上の句（５・７・５）がＡ＄に代入されています。

❸ 上の句のプリント

このブロックは，ラインナンバー500～995で構成されています。

ラインナンバー1500以降でＡ＄に代入された上の句は，１句ごとに１ラインに書かれていますが，文学的表現の日本語（特にカナ文字）は横に書くと読みにくい欠点があります。

そこで，ここでは，Ａ＄に代入された横書きの文字を縦書きになおす「クロス変換」を行なっています。

特に，濁点がある時には，変換時に注意を必要とします。

❹ 下の句の選定およびプリント

このブロックは，ラインナンバー1000～1440で構成されています。

ここでは，ＡＤ＄に代入された下の句を，上の句の選定に利用した結果の乱数によりＯＮ…ＧＯＳＵＢ文によって下の句のブロックにジャンプさせています。

プリントは，上の句のプリントと同時にＡＤ＄の横書き文を縦書き文に「クロス変換」しています。

なお，単に上の句と下の句をプリントするだけならば，Ａ＄とＡＤ＄に分ける必要はありませんが，将来，上の句をディスプレイしてそれに対する下の句を「取る」ようにグレードアップするために分けてあります。

❺ 下 の 句

ラインナンバー2000～2245には，下の句（７・７）がＡＤ＄に代入されています。

では，次にラインナンバーを追って，各ブロックごとに説明しましょう。

前の50首のプログラム

❶ 上の句の選定 ❶

プログラムは，**写真４**のとおりです。

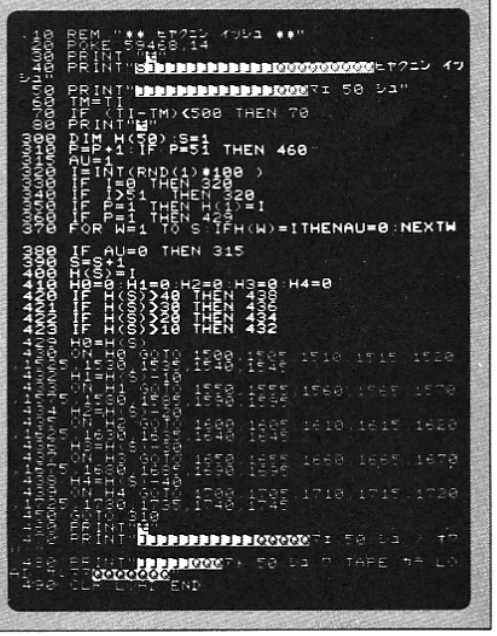
上の句の選定は，前に説明したように乱数を利用しています。

ラインナンバー300は，50首に相当する乱数を入れるための配列Ｈ（50）を宣言しています。

ラインナンバー320は，使用のつどに新しい乱数を発生させ，その数を100倍して０～99の乱数を作り，変数Ｉに代入しています。

ラインナンバー330，340は，０～99の乱数の中から１～50の乱数を選び出しています。

〈写真４〉上の句の選定



ラインナンバー 350 は，配列の 1 番目に最初に発生した必要な乱数を入れています。

ラインナンバー 370 は，配列の中に同じ数が入らないようにするための比較を行なっています。

ラインナンバー 400 は，ラインナンバー 370 によって選別された同じ数がない 1 ～50の数が入ります。そのカウンターは，ラインナンバー 390 です。

ラインナンバー 420～423 は，上の句を取り出しにいくＯＮ…ＧＯＴＯ文のジャンプ指定が 100 個できればいらないのですが，指定できるジャンプ先が10個の為11～50の数を10単位でそれぞれ 1 ～10に変換するためのものです。例えば，乱数が34の場合には，ラインナンバー 421 によってラインナンバー 436 にジャンプし，ラインナンバー 436 により 34－30＝ 4 に変換され，次のラインナンバー 437 のＨ 3 が 4 となりラインナンバー1665へジャンプします。

ラインナンバー 429～439 は，上の句へジャンプさせるＯＮ…ＧＯＴＯ文です。

ラインナンバー 460～480 は，前の 50 首の終わりを示すプリント文です。

ラインナンバー 490 は，次のテープをロードしランさせるもので，このラインの実行によって次のプログラムが自動的にロードされて実行を開始するので，実行的には 1 本のプログラムのようにみることができます。

❷ 上 の 句 ❷

プログラムは，**写真 5** のとおりです。

上の句は，ラインナンバー1500～1745のＡ＄に代入されています。

❸ 上の句のプリント ❸

プログラムは，**写真 6** のとおりです。

ここでＡ＄に書かれた横文字を縦にプリントするためのクロス変換を行なっています。

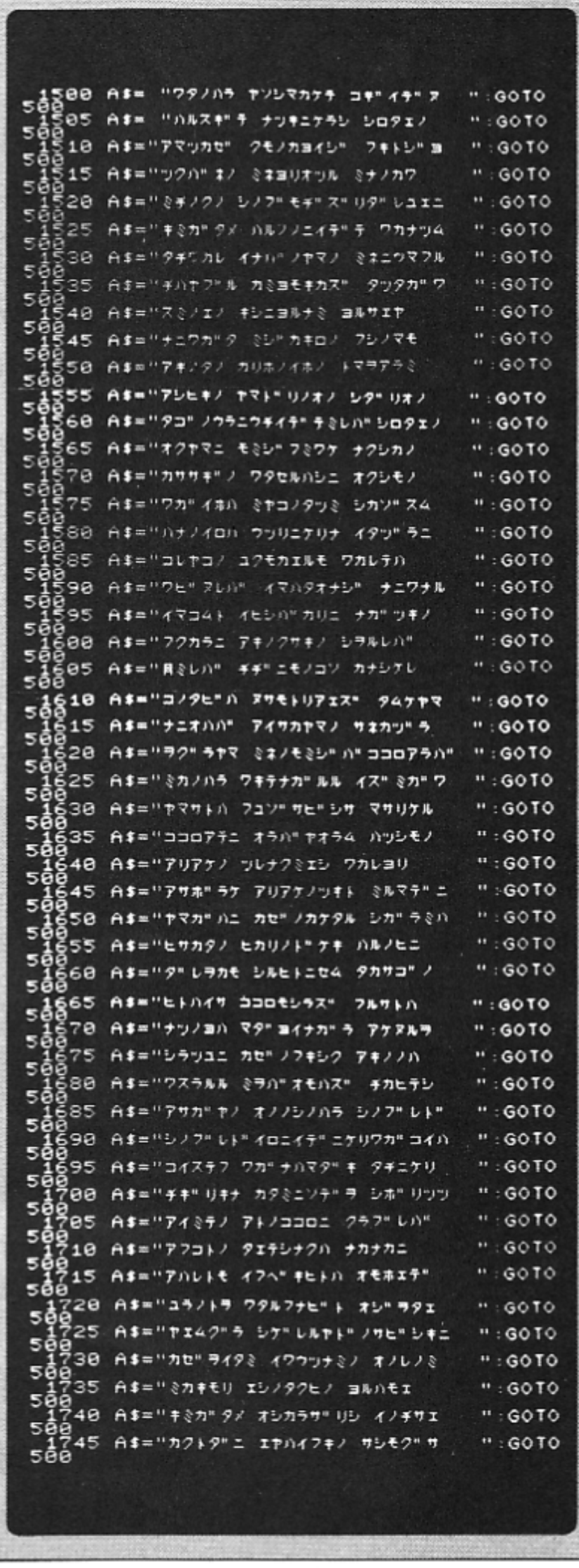
Ａ＄に代入された上の句は，ラインナンバー 500 にジャンプされます。

ラインナンバー 530 は，上の句を縦に 23 文字プリントします。 5・7・5 で 17 文字なのになぜ 23 文字必要かは，濁点があるためです。

ラインナンバー 508 と 995 は，札の上および下の横線をプリントします。

ラインナンバー 540～780 は，クロス交換を行なっています。

〈写真 5〉上の句のプログラム



```
1500 A$= "ﾜﾀﾉﾊﾗ ﾔｿｼﾏｶｹﾃ ｺｷﾞｲﾃﾞﾇ  ":GOTO 500
1505 A$= "ﾊﾙｽｷﾞﾃ ﾅﾂｷﾆｹﾗｼ ｼﾛﾀｴﾉ  ":GOTO 500
1510 A$="ｱﾏﾂｶｾﾞ ｸﾓﾉｶﾖｲｼﾞ ﾌｷﾄｼﾞﾖ  ":GOTO 500
1515 A$="ﾂｸﾊﾞﾈﾉ ﾐﾈﾖﾘｵﾂﾙ ﾐﾅﾉｶﾜ  ":GOTO 500
1520 A$="ﾐﾁﾉｸﾉ ｼﾉﾌﾞﾓﾁﾞｽﾞﾘﾀﾞﾚﾕｴﾆ  ":GOTO 500
1525 A$="ｷﾐｶﾞﾀﾒ ﾊﾙﾉﾉﾆｲﾃﾞﾃ ﾜｶﾅﾂﾑ  ":GOTO 500
1530 A$="ﾀﾁﾜｶﾚ ｲﾅﾊﾞﾉﾔﾏﾉ ﾐﾈﾆｳﾏﾌﾙ  ":GOTO 500
1535 A$="ﾁﾊﾔﾌﾞﾙ ｶﾐﾖﾓｷｶｽﾞ ﾀﾂﾀｶﾞﾜ  ":GOTO 500
1540 A$="ｽﾐﾉｴﾉ ｷｼﾆﾖﾙﾅﾐ ﾖﾙｻｴﾔ  ":GOTO 500
1545 A$="ﾅﾆﾜｶﾞﾀ ﾐｼﾞｶｷﾛﾉ ﾌｼﾉﾏﾓ  ":GOTO 500
1550 A$="ｱｷﾉﾀﾉ ｶﾘﾎﾉｲﾎﾉ ﾄﾏｦｱﾗﾐ  ":GOTO 500
1555 A$="ｱｼﾋｷﾉ ﾔﾏﾄﾞﾘﾉｵﾉ ｼﾀﾞﾘｵﾉ  ":GOTO 500
1560 A$="ﾀｺﾞﾉｳﾗﾆｳﾁｲﾃﾞﾃﾐﾚﾊﾞ ｼﾛﾀｴﾉ  ":GOTO 500
1565 A$="ｵｸﾔﾏﾆ ﾓﾐｼﾞﾌﾐﾜｹ ﾅｸｼｶﾉ  ":GOTO 500
1570 A$="ｶｻｻｷﾞﾉ ﾜﾀｾﾙﾊｼﾆ ｵｸｼﾓﾉ  ":GOTO 500
1575 A$="ﾜｶﾞｲﾎﾊ ﾐﾔｺﾉﾀﾂﾐ ｼｶｿﾞｽﾑ  ":GOTO 500
1580 A$="ﾊﾅﾉｲﾛﾊ ｳﾂﾘﾆｹﾘﾅ ｲﾀﾂﾞﾗﾆ  ":GOTO 500
1585 A$="ｺﾚﾔｺﾉ ﾕｸﾓｶｴﾙﾓ ﾜｶﾚﾃﾊ  ":GOTO 500
1590 A$="ﾜﾋﾞﾇﾚﾊﾞ ｲﾏﾊﾀｵﾅｼﾞ ﾅﾆﾜﾅﾙ  ":GOTO 500
1595 A$="ｲﾏｺﾑﾄ ｲﾋｼﾊﾞｶﾘﾆ ﾅｶﾞﾂｷﾉ  ":GOTO 500
1600 A$="ﾌｸｶﾗﾆ ｱｷﾉｸｻｷﾉ ｼｦﾙﾚﾊﾞ  ":GOTO 500
1605 A$="ﾂｷﾐﾚﾊﾞ ﾁﾁﾞﾆﾓﾉｺｿ ｶﾅｼｹﾚ  ":GOTO 500
1610 A$="ｺﾉﾀﾋﾞﾊ ﾇｻﾓﾄﾘｱｴｽﾞ ﾀﾑｹﾔﾏ  ":GOTO 500
1615 A$="ﾅﾆｵﾊﾊﾞ ｱｲｻｶﾔﾏﾉ ｻﾈｶﾂﾞﾗ  ":GOTO 500
1620 A$="ｵｸﾞﾗﾔﾏ ﾐﾈﾉﾓﾐｼﾞﾊﾞ ｺｺﾛｱﾗﾊﾞ":GOTO 500
1625 A$="ﾐｶﾉﾊﾗ ﾜｷﾃﾅｶﾞﾙﾙ ｲｽﾞﾐｶﾞﾜ  ":GOTO 500
1630 A$="ﾔﾏｻﾞﾄﾊ ﾌﾕｿﾞｻﾋﾞｼｻ ﾏｻﾘｹﾙ  ":GOTO 500
1635 A$="ｺｺﾛｱﾃﾆ ｵﾗﾊﾞﾔｵﾗﾑ ﾊﾂｼﾓﾉ  ":GOTO 500
1640 A$="ｱﾘｱｹﾉ ﾂﾚﾅｸﾐｴｼ ﾜｶﾚﾖﾘ  ":GOTO 500
1645 A$="ｱｻﾎﾞﾗｹ ｱﾘｱｹﾉﾂｷﾄ ﾐﾙﾏﾃﾞﾆ  ":GOTO 500
1650 A$="ﾔﾏｶﾞﾊﾆ ｶｾﾞﾉｶｹﾀﾙ ｼｶﾞﾗﾐﾊ  ":GOTO 500
1655 A$="ﾋｻｶﾀﾉ ﾋｶﾘﾉﾄﾞｹｷ ﾊﾙﾉﾋﾆ  ":GOTO 500
1660 A$="ﾀﾞﾚｦｶﾓ ｼﾙﾋﾄﾆｾﾑ ﾀｶｻｺﾞﾉ  ":GOTO 500
1665 A$="ﾋﾄﾊｲｻ ｺｺﾛﾓｼﾗｽﾞ ﾌﾙｻﾄﾊ  ":GOTO 500
1670 A$="ﾅﾂﾉﾖﾊ ﾏﾀﾞﾖｲﾅｶﾞﾗ ｱｹﾇﾙｦ  ":GOTO 500
1675 A$="ｼﾗﾂﾕﾆ ｶｾﾞﾉﾌｷｼｸ ｱｷﾉﾉﾊ  ":GOTO 500
1680 A$="ﾜｽﾗﾙﾙ ﾐｦﾊﾞｵﾓﾊｽﾞ ﾁｶﾋﾃｼ  ":GOTO 500
1685 A$="ｱｻｶﾞﾔﾉ ｵﾉﾉｼﾉﾊﾗ ｼﾉﾌﾞﾚﾄﾞ  ":GOTO 500
1690 A$="ｼﾉﾌﾞﾚﾄﾞ ｲﾛﾆｲﾃﾞﾆｹﾘﾜｶﾞ ｺｲﾊ  ":GOTO 500
1695 A$="ｺｲｽﾃﾌ ﾜｶﾞﾅﾊﾏﾀﾞｷ ﾀﾁﾆｹﾘ  ":GOTO 500
1700 A$="ﾁｷﾞﾘｷﾅ ｶﾀﾐﾆｿﾃﾞｦ ｼﾎﾞﾘﾂﾂ  ":GOTO 500
1705 A$="ｱｲﾐﾃﾉ ｱﾄﾉｺｺﾛﾆ ｸﾗﾌﾞﾚﾊﾞ  ":GOTO 500
1710 A$="ｱﾌｺﾄﾉ ﾀｴﾃｼﾅｸﾊ ﾅｶﾅｶﾆ  ":GOTO 500
1715 A$="ｱﾊﾚﾄﾓ ｲﾌﾍﾞｷﾋﾄﾊ ｵﾓﾎｴﾃﾞ  ":GOTO 500
1720 A$="ﾕﾗﾉﾄｦ ﾜﾀﾙﾌﾅﾋﾞﾄ ｵｼﾞｦﾀｴ  ":GOTO 500
1725 A$="ﾔｴﾑｸﾞﾗ ｼｹﾞﾚﾙﾔﾄﾞﾉ ｻﾋﾞｼｷﾆ  ":GOTO 500
1730 A$="ｶｾﾞｦｲﾀﾐ ｲﾜｳﾂﾅﾐﾉ ｵﾉﾚﾉﾐ  ":GOTO 500
1735 A$="ﾐｶｷﾓﾘ ｴｼﾞﾉﾀｸﾋﾉ ﾖﾙﾊﾓｴ  ":GOTO 500
1740 A$="ｷﾐｶﾞﾀﾒ ｵｼｶﾗｻﾞﾘｼ ｲﾉﾁｻｴ  ":GOTO 500
1745 A$="ｶｸﾄﾀﾞﾆ ｴﾔﾊｲﾌｷﾉ ｻｼﾓｸﾞｻ  ":GOTO 500
```

第 1 図の例を掲げて説明します。

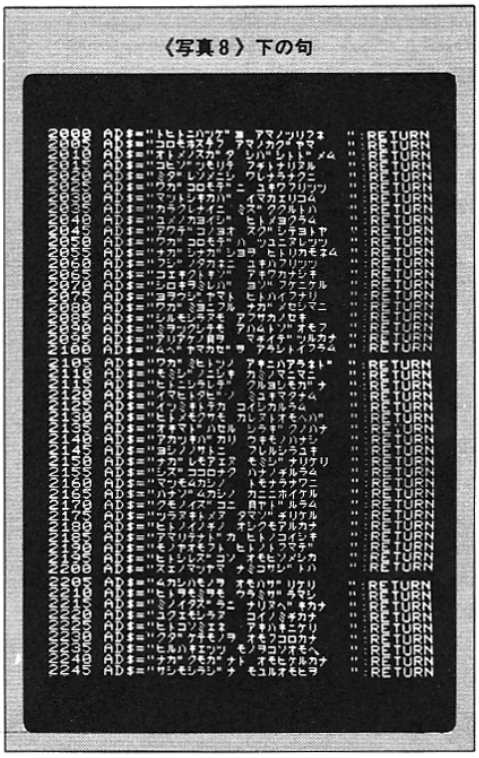
ラインナンバー 1740 のＡ＄には，キミガタメ……が代入されています。

ラインナンバー1740 からラインナンバー 500 にジャンプすると，ラインナンバー 540 のＢ＄には**キミ**という 2 文字が代入され，Ｄ＄には**ミ**が，Ｉ＄には**キ**が代

〈写真6〉上の句のプリント

```
500 PRINT"■"
505 C=1
508 PRINT"■■■
```

〈写真８〉下の句



プログラムは，写真８のとおりです。

下の句は，ラインナンバー2000～2245で，ＡＤ＄に代入されています。

後50首のプログラム

以上で，前50首のプログラムについての説明を終わります。後50首については，前50首とほとんど同様ですから変更した部分だけを写真９，10に示します。

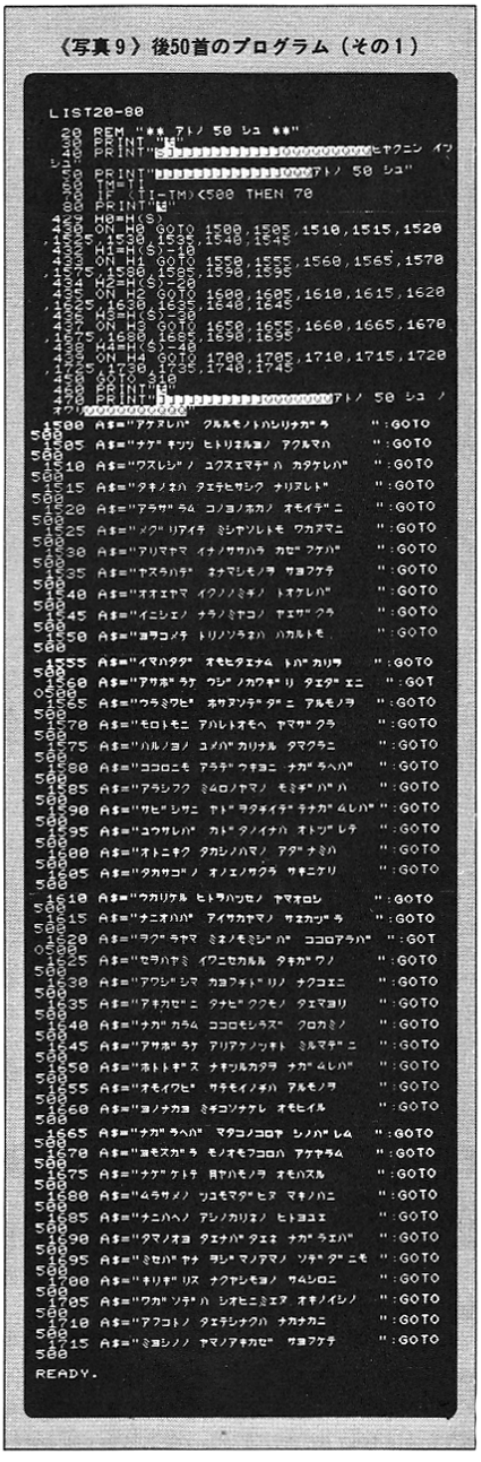
使　い　方

前50首のプログラムと後50首のプログラムを準備します。できれば，同一テープに両プログラムを記録しておくと便利です。

テープレコーダーにテープを入れて，SHIFT RUN とタイプするとロード終了とともに直ちに実行に入り，**写真11**が画面にディスプレイされます。

その後は，前50首の中から乱数によって選ばれた５・７・５およびそれに続いて７・７の句が順にディスプレイされます。**写真13**がその実行例です。

〈写真９〉後50首のプログラム（その１）

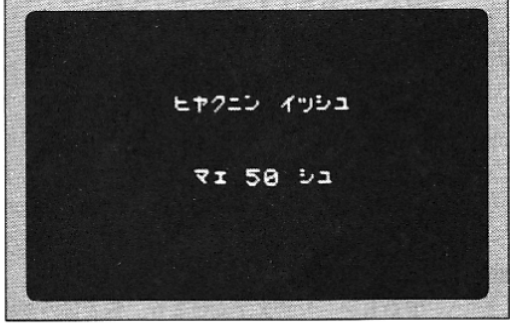


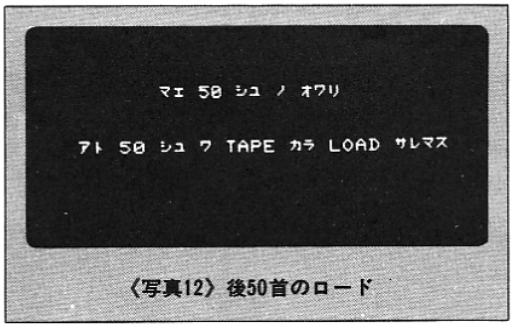
〈写真10〉後50首のプログラム（その２）

```
LIST1720-1745
 1720 A$="オホケナク ウキヨノタミニ オホフカナ          ":GOTO
500
 1725 A$="ハナサソフ アラシノニワノ ユキナラデ          ":GOTO
500
 1730 A$="コフヒトヲ マツホノウラノ ユウナギニ          ":GOTO
500
 1735 A$="カセ ソヨク ナラノオカ ワノ ユフクレハ        ":GOTO
500
 1740 A$="ヒトモオシ ヒトモウラメシ アヂキナク          ":GOTO
500
 1745 A$="モモシキヤ フルキノキハノ シノブニモ          ":GOTO
500
```

前50首が終わると，写真12に示す文字が画面に現われて，テープレコーダーが自動的に回り（但し，ＰＬＡＹボタンはすでに押してあるものとして）始め後の50首がロードされます。

〈写真11〉実行





〈写真12〉後50首のロード

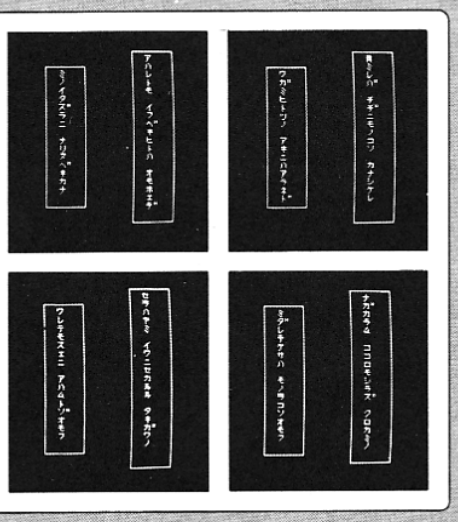
後のプログラムは，前のプログラムの中でＬＯＡＤされた場合にはロード終了とともに実行に移ります。

実行例は，写真13のとおりです。

最後には，写真14が画面に現われ百首全部のディスプレイが終了します。

なお，ＲＥＭ文にカナを使用するときは，〝〟で囲む必要がありますので注意してください。

〈写真13〉実行例



〈写真14〉実行終了



1979 年（昭和 54）「マイコンプログラム全集 1」10 月、（B5,p102-107）

本全集には、筆者の 1979 年月刊誌「マイコン」2 月号に掲載された「百人一首プログラム」が得選ばれ再掲されました。



マイコンプログラム全集　1

――ラジオの製作別冊――

目　　次

第1章　プログラム作りの楽しみ

■エンジョイ・マイコン・プログラミング……福島憲一……6

第2章　拡張プログラム集

LEVEL-Ⅰプログラム復活！

■ワンタッチLEVEL-Ⅰ⇄LEVEL-Ⅱ切替えシステム……竹下　洋……12

ディスアセンブラ機能付き

■LEVEL 2 ASSEMBLER……鈴木俊孝……15

LKIT-16機能拡張

■プログラム・パッケージ……樺　　茂……34

EX-80機能アップ！

■M.L.Editor　プログラム……金川　清……42

第3章　応用プログラム集

マイコン対人間

マイコンに思考を！

■オールマイティオセロ……近藤直之…116

ゲーム相手をマイコンに

■実戦マージャン教室……若槻匡志…122

アルゴリズムの追求

■50手先まで，詰将棋解読プログラム……井上政夫…189

モニタ画面活用

カラーグラフィックによる

■花火シミュレーション……原田雅英……54

カナ文字の利用法

■百人一首プログラム……劔持　甫…102

グラフィック機能アップ

■TV画面作図プログラム……梶原好生…156

目　次

反射神経ゲーム

効果音プログラム付き

■インベーダ・ゲーム……野口武志……50

リアルタイム・ゲーム

■SNAKE & MICE ……吉田紀彦……57

画面効果を活かした

■モグラたたきゲーム……吉沢　優……88

効果的キー入力活用

■サブマリンゲーム……野口武志……91

効果音を活かした

■ブロックくずし……尾島辰彦… 111

画面処理の利用法

■ミサイル・ゲーム……高嶋康行… 141

効果音回路付き

■インベーダ・ゲーム……市川道教… 229

リアルタイムゲーム3題

■もぐらたたき……前田茂穂… 245

■ブロックくずし……前田茂穂… 245

■早打ちマック……和田次雄… 245

CLOADマガジンより

■コードラリー……庄司　渉… 257

■ハッスル……庄司　渉… 257

教育へのアプローチ

教育への応用

■一次方程式の解法と学習……天野卓夫… 167

教育事務処理への利用

■改良版成績処理プログラム……山縣昌彦… 171

シャープ実用プロ2題

■算数の勉強……木村省三… 251

■度数分布表……斉藤光雄… 251

知的ゲーム

BASICでリアルタイムに

■ボーリング・ゲーム・プログラム……野口武志……72

ゲームプログラム入門

■ハイノの塔……宮本征治……78

BASICプログラムテクニック

■惑星着陸ゲーム……梶原好生……81

機械語による応用
■HIT & BLOW……佐藤　隆……96
ストリング変数の利用法
■占い数あてられゲーム……福島憲一…… 109
LEDだけで楽しめる
■野球ゲームプログラム……包坂哲次… 129
画面利用のアイデア
■三次元ゲーム・プログラム……若松正司… 178
数値による知的ゲーム
■スターレック・ゲーム……鍵富靖雄… 206
三次元効果を増す
■立体迷路プログラム……吉沢　清… 237

実用プログラム

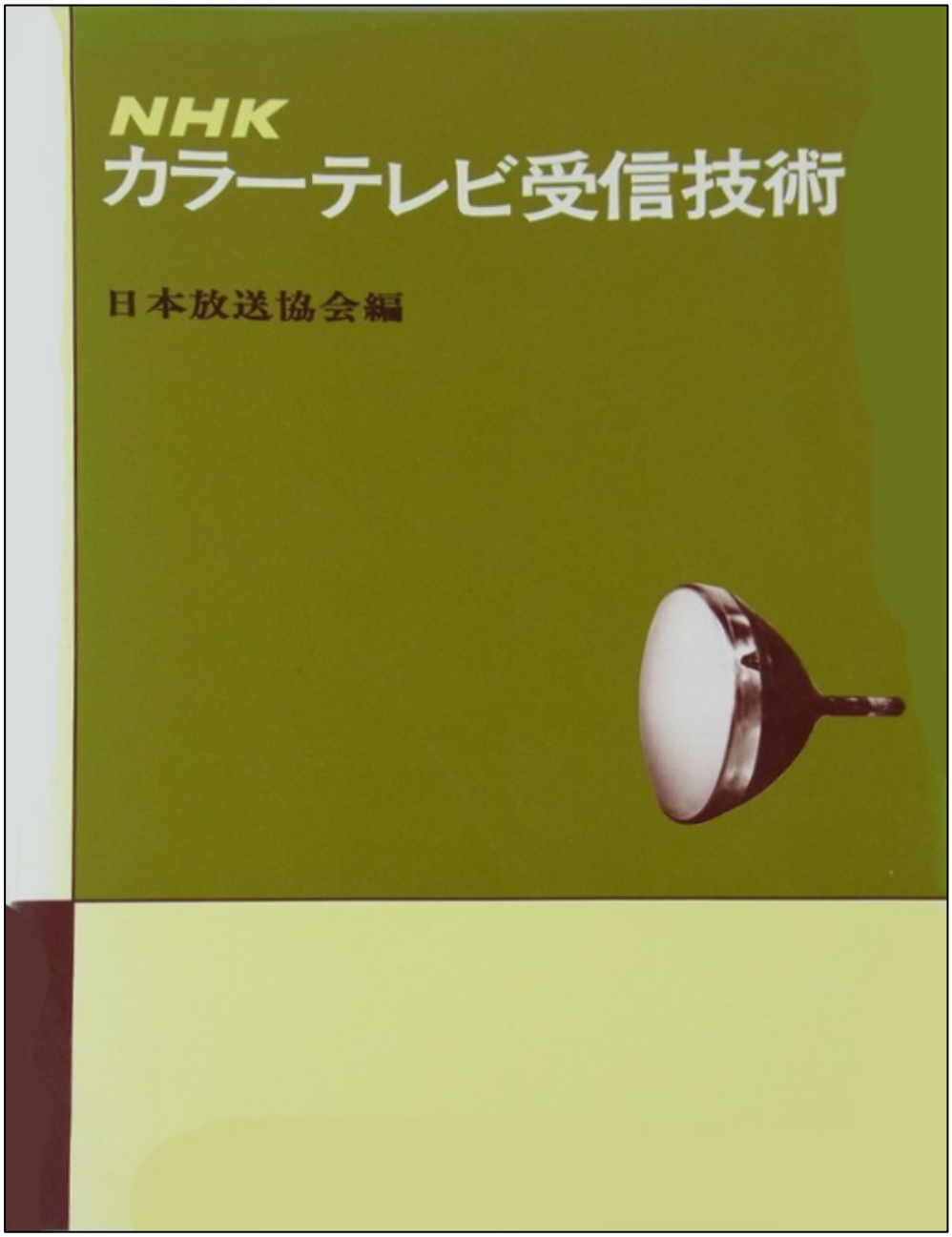
グラフ表示機能を！
■バイオリズム・プログラム……山縣昌彦… 138
マイコンの実用的活用
■DATA ファイルと検索……加藤敏秀… 145
工程管理への応用
■PERT & TIME ……近藤直之… 149
実用プログラム
■全種別仕訳の計算……鈴木国宏… 152
マイコンの実践利用
■家族計画プログラム……宮田利通… 161
電気回路の自動設計
■定電圧回路の設計……宮田利通… 163
アマチュア無線への応用
■Ⅰ．モールスデコーダ Ⅱ．モールスキーイングコレクタ Ⅲ．ランダムジェネレータ……清野登代松… 211

第4章　マイコン応用資料 …… 261

ラジオの製作別冊
マイコンプログラム全集　1
昭和54年10月30日発行
©1979 Printed in Japan
定価1,300円（送料200円）

編集発行人　平山秀雄
発行所　(株)電波新聞社
郵便番号141 東京都品川区東五反田1－11－15
電話(03) 445－6111(大代) 振替東京5－51961
印刷所　大日本印刷(株)
製本所　(株)堅省堂

1979 年（昭和 54）NHK カラーテレビ受信技術（A5,p1-356）



〈編集委員〉

主査	NHK営業総局	白水末喜
委員	〃	木本史朗
〃	〃	新田勇
〃	〃	佐藤貞幸
〃	〃	小川温雄
〃	〃	佐々木博行
〃	NHK北九州放送局	松瀬清
〃	NHK東北本部	鰐持甫

日本放送協会編

NHKカラーテレビ受信技術

定価 1,500円

昭和54年10月1日 第1刷発行
昭和61年11月1日 第20刷発行

編者 日本放送協会
発行 日本放送出版協会
〒150 東京都渋谷区宇田川町41-1
振替東京 1-49701
印刷所 壮光舎印刷
製本所 田中製本所

乱丁本・落丁本はお取り替えいたします

Printed in Japan

テレビ技術 6 月号,Vol.54

最新のリモコンと電子チューナ技術のすべて

1 電子チューナ リモコンの原理と各社の方式

剣持 甫

まえがき

テレビ受像機に関するいろいろな技術の開発は，最近いちじるしいものがあります。そのなかでも，チューナおよびその周辺回路に関する技術にはめざましいものがあります。

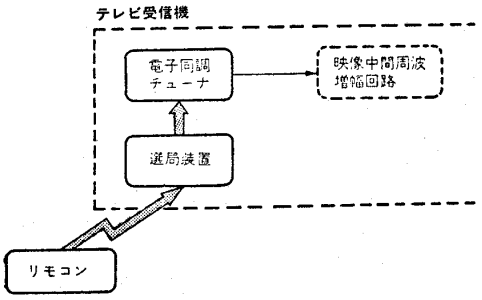
チューナおよびその周辺回路には，第1図のように電子同調チューナとその選局装置およびリモコンに関するものがあります。

各メーカーの回路別の詳しい解説は，後にゆずるとして，ここでは，チューナおよびその周辺回路についての概要を説明します。

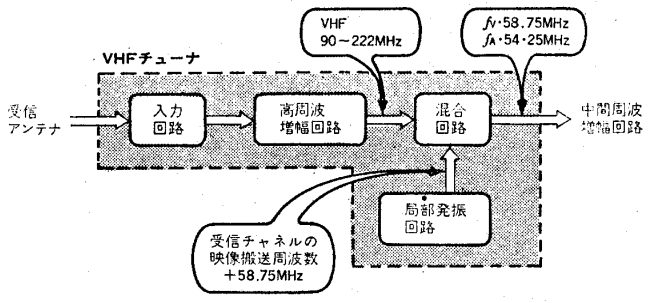
1. 電子同調チューナ

(1) チューナの目的と構成

チューナは，送られてくる電波のなかから希望するチャネルの電波を選択・増幅する装置です。また，VHF帯あるいはUHF帯の電波の周波数を増幅しやすい周波数（中間周波数）に変換し，その際，使用する内部発振器の出力が受像機の外に漏れないようにする働きもしています。



≪第1図≫ チューナおよびその周辺回路



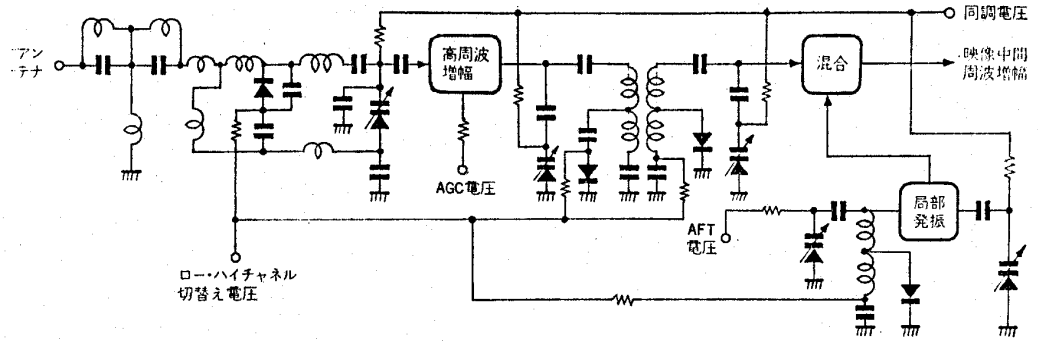
≪第2図≫ チューナの基本構成

チューナは，第2図に示すような基本構成になっています。

受信アンテナに誘起した電波は，給電線によりチューナに導かれ，入力回路により整合をとり，高周波増幅回路に供給されます。高周波増幅回路では，加えられた微弱な信号のなかから必要な信号を選択・増幅します。ここで，選択・増幅された信号の周波数は，VHF帯で90～222MHz，UHF帯で470～770MHzで，各チャネルの帯域幅は6MHzです。

この信号は，混合回路に加えられます。一方混合回路には，局部発振器からの信号も加えられています。混合回路では，ヘテロダイン検波によって両信号の差の周波数（中間周波数）を取り出します。たとえば，1チャネルの場合は，映像搬送周波数91.25MHz，音声搬送周波数95.75MHzであり，局部発振周波数を映像中間周波数だけ高い150MHzに選ぶことによって，映像中間周波数58.75MHz，音声中間周波数54.25MHzを取り出すことができます。

このように，局部発振周波数をつねに受信する映像搬送周波数より58.75MHz高い周波数にすると，混合出力の映像中間周波数はつねに58.75MHzになります。



≪第3図≫ 電子同調チューナの基本構成

このようにして，チューナでは，VHF帯あるいはUHF帯の周波数を増幅しやすい58MHz帯に変換しています。

(2) チューナの種類

チューナは，選局機構の種類によって，つぎの2種類に分類することができます。

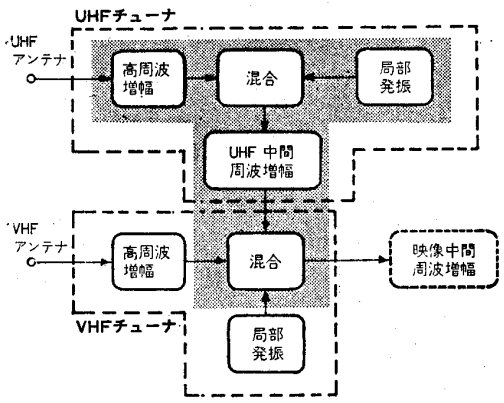
- ●機械選局式
- ●電子選局式

機械選局式は，従来から用いられている方法で，同調素子の切り替えに機械応力を必要とするものです。インダクタンスを変える場合には，ターレット式およびロータリー式があり，キャパシタンスを変える場合には，可変容量器によるものが使われています。

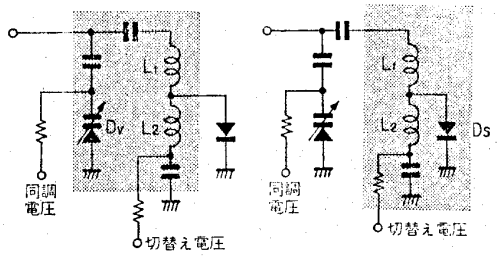
電子選局式は，上記のような機械応力は用いず，同調素子のキャパシタンスの代わりに可変容量ダイオードを用い，このダイオードに加える直流電圧を変えることによって選局します。この方式では，従来接点の摩耗やヨゴレによる接触不良が皆無になるとともに，純電子式のため，リモコンなども簡単に使うことができます。

(3) 電子同調チューナ

電子同調チューナは，その名称のとおり同調素子に可変容量ダイオードを用い，電子的にチャネルの切り替え



≪第6図≫ VHF放送受信時のチューナの働き

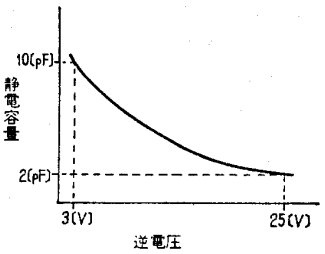


(a)可変容量ダイオード(Dv)による同調回路　(b)スイッチングダイオード(Ds)によるロー・ハイチャネルの切替え回路

≪第4図≫ 電子同調の基本回路

を行なうように考案されたものです。

このチューナは，**第3図**に示すように基本的な原理は従来の機械切替え式のものと変わりませんが，つぎの二点において相違があります。



≪第5図≫ 可変容量ダイオードの特性例

① 同調素子に可変容量ダイオードを用いています。

② バンド切替え用にスイッチングダイオードを用いています。

電子同調チューナは，従来のチューナの同調素子である固定あるいは可変コンデンサの代わりに，加える電圧によって静電容量が変化する可変容量ダイオードを同調回路に利用したもので，基本同調回路は**第4図**(a)のとおりです。

可変容量ダイオードは，その端子に加える逆電圧の大きさによって静電容量が変化する性質を持っており，その特性例は**第5図**のとおりです。

このようにして，可変容量ダイオードによる同調回路が構成されますが，テレビのVHF帯の周波数幅が広いため，一つの可変容量ダイオードの静電容量の変化では全帯域をカバーすることができません。

受信帯域 / 供給電圧	VHF ローチャネル	VHF ハイチャネル	UHF
ロー・ハイチャネル切替え電圧	×	○	×
同調電圧	○	○	○
VHFチューナ+B電圧	○	○	×
VHFチューナの混合回路+B電圧	○	○	○
UHFチューナ+B電圧	×	×	○

≪第1表≫ 受信帯域と回路に供給する電圧

そこで，VHFをローチャネルとハイチャネルに分けて，第4図(b)に示すように，コイルをスイッチングダイオードによって切り替えて使用します。

一般に，ローチャネルからハイチャネルに切り替える場合には，第4図(b)に示すスイッチングダイオードに+15V程度の正電圧を加え L_2 を短絡しインダクタンスを減少させます。反対に，ハイチャネルからローチャネルに切り替える場合には，スイッチングダイオードに

分類			同調電圧の記憶
電圧制御方式	アナログ方式	ポテンショメータ方式	ボリウム
	デジタル方式	電圧シンセサイザ方式	メモリー
周波数制御方式		PLLシンセサイザ方式	プログラム

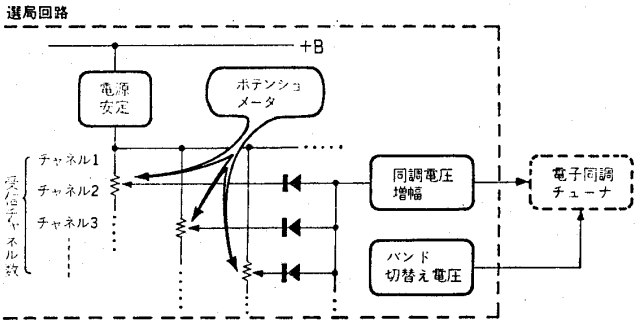
≪第2表≫ 選局制御方式の種類

−15V程度の負電圧を加えてインダクタンスを L_1+L_2 として使用します。

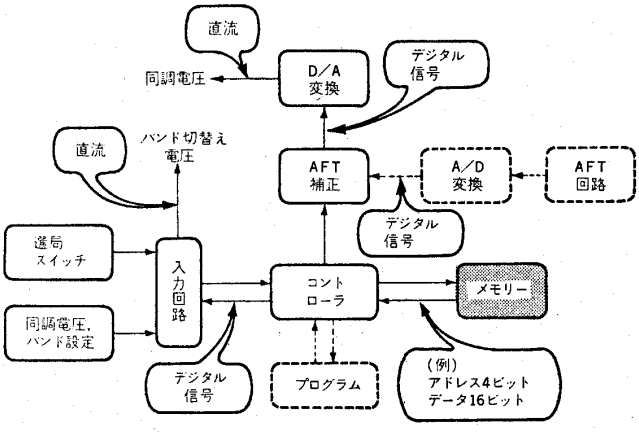
電子同調チューナは，最近はU・V一体化したものが多くなっています。

UHF電子同調チューナは，VHFチューナと同様の構成になっていますが，第6図に示すように，混合出力をUHF中間周波増幅で増幅し，さらにVHFチューナの混合回路で増幅して映像中間周波増幅回路に信号を伝えます。このとき，VHFチューナの局部発振回路は発振を停止するようになっています。

以上の各回路には，第1表に示すように，必要なときだけ電源を次項で説明する選局装置から供給し動作をさせます。



≪第7図≫ ポテンショメータ方式



≪第8図≫ 電圧シンセサイザ方式

2. 選局回路

選局装置では，前項で説明した電子同調チューナに必要な各種の電圧を作り各回路に供給します。

電子同調チューナに必要な電圧は，同調電圧，バンド（ロー・ハイチャネル，UHF）切替え電圧，+B電圧およびAFT電圧が主なものです。

(1) 選局制御方式の種類

選局制御方式は，電圧を制御する方式と周波数を制御する方式とがあり，これらは扱う信号の形式によってアナログ方式とデジタル方式に分けられます。

アナログ方式では，電圧制御のポテンショメータ方式が，デジタル方式では電圧制御の電圧シンセサイザ方式と，周波数制御のPLLシンセサイザ方式とが使われています。

これらの分類は第2表のとおりで，以下，おのおのの方式について説明します。

（2） ポテンショメータ方式

この方式は，電子チューナに加える同調電圧を，各チャネルごとに設けたポテンショメータ(一種のボリウム)によって記憶して利用するものです。

ポテンショメータは，一種のボリウムですが微調整が高精度にできるような構造にできています。

第7図はこの方式の一例です。この方式は，受信チャネル数に応じたポテンショメータを必要とし，受信するチャネル数が多くなると，かなりの体積を必要としますが，構造が簡単であるという長所を持っています。

（3） 電圧シンセサイザ方式

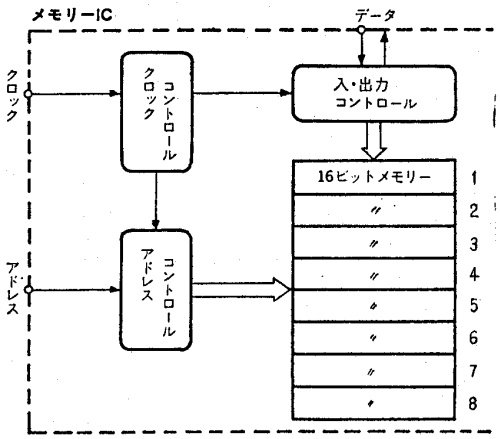
前述のポテンショメータ方式では，受信するチャネルごとに異なる同調電圧を，機械的に記憶していますので，形状が大きくなり操作もたいへんになります。

電圧シンセサイザ方式は，ポテンショメータ方式の欠点であった機械式記憶部分（ポテンショメータ）をなくし，チャネルごとに異なる同調電圧をデジタル化してメモリーに記憶し，メモリーから取り出したデジタル信号を直流に変換（D/A変換）して電子同調チューナに加えます。このようにすると，機械的な部分がなくなり純電子的になるため信頼性が向上するとともに，自動プリセットやリモコンの操作が容易になります。また，ポテンショメータを多数必要としないので，受信するチャネル数を多く取ることができます。

電圧シンセサイザ方式のブロックダイアグラム例は**第8図**のとおりですが，現在ではこれらの各機能は全部IC化され，いくつかのチップに収納されています。

この方式の場合は，メモリーに各電圧を記憶するのですが，そのメモリーは**第9図**のようになっています。

メモリーに各同調電圧を記憶させるためには，それぞれの同調電圧をデジタル信号に変換したデータと，メモリーのどの部分に記憶するかを指定するアドレス(番地)信号が必要になります。



≪第9図≫ メモリーの入出力

データは，同調電圧およびバンド切替え電圧を入力回路でデジタル信号に変換し，メモリーに加えられます。また，アドレスは，選局スイッチに対応して発生し，データ同様にしてメモリーに加えられます。

データ~~およびアドレス信号~~は，クロックコントロールによって規則正しくメモリーに記憶されます。

メモリーへの信号の出入りは，すべてコントローラによって進められます。

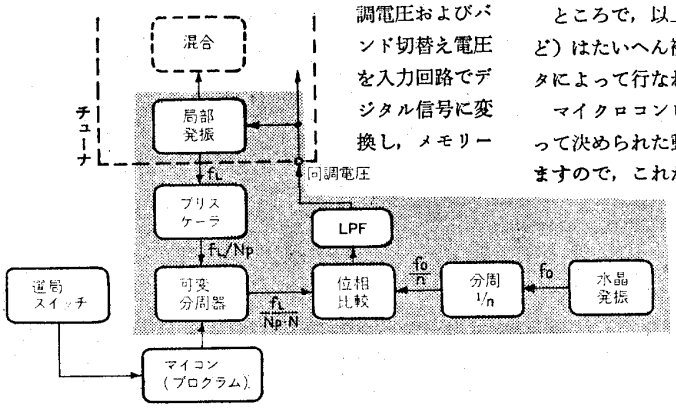
このようにして，記憶されたデータは，受信したいチャネルを選局スイッチによって選択すると，コントローラによって，メモリーから必要なデータを読みとり，同調に必要な信号をD/A変換器に加えてデジタル信号をアナログ信号に変換し，フィルタを通して直流電圧とし，電子同調チューナに同調電圧として加えます。

一方，メモリーから取り出されたデータには，バンド切替えに必要な信号もはいっており，これはコントローラによって入力回路に伝えられ，ここで直流信号として電子同調チューナに加えます。

このようにして，希望するチャネルを受信することができます。

ところで，以上のような操作（コントローラの働きなど）はたいへん複雑ですが，これはマイクロコンピュータによって行なわれています。

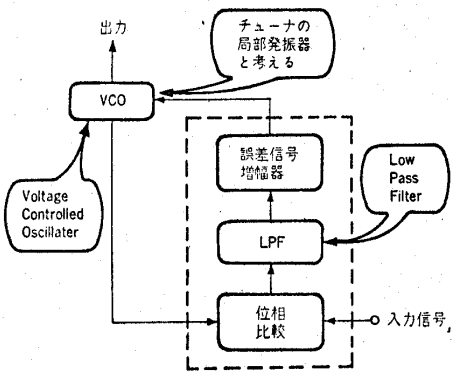
マイクロコンピュータは，指定されたプログラムによって決められた動作を，高速に繰返し行なうことができますので，これからは応用範囲も広がっていくでしょう。



≪第10図≫ PLLシンセサイザ方式

（4） PLLシンセサイザ方式

この方式は，電子同調チューナの局部発振周波数を直接制御するため受信を希望する任意のチャネルをただちに選局でき，チャネルの数が多い場合に適していますが，水晶発振器などを使用するためコストが高く



≪第11図≫ PLL基本ブロックダイアグラム

なる欠点があります。

第10図は，この方式の原理ブロックダイアグラムです。

また，第11図は，PLL（Phase Locked Loop）の基本ブロックダイアグラムです。この回路は，VCO（Voltage Controlled Oscillator）の発振出力と入力信号の周波数とを位相比較器で周波数と位相を比較し，その出力信号をLPF，誤差信号増幅器で増幅しVCOを制御しています。

PLLシンセサイザ方式の選局装置は，このPLLを応用したもので，第11図のVCOを第10図の局部発振器と考えてください。

PLLシンセサイザ方式が市民無線などに使われていながら，テレビ受像機に使用されなかったのは取り扱う周波数が高すぎたためです。しかし，第10図に示すように，局部発振周波数を数十分の1にするプリスケーラ（前置分周器）が開発され，ようやくテレビ受像機にも使われはじめました。

回路動作の概略は，つぎのとおりです。

いま，局部発振周波数（f_L）をプリスケーラで$1/N_P$に分周し，さらに可変分周器で$1/N$に分周した周波数と，基準水晶発振器の発振周波数（f_0）を$1/n$に分周した周波数とを位相比較器に加えてループをロックさせると，その周波数関係は，つぎのようになります。

$$f_L \cdot \frac{1}{N_P} \cdot \frac{1}{N} = \frac{1}{n} \cdot f_0$$

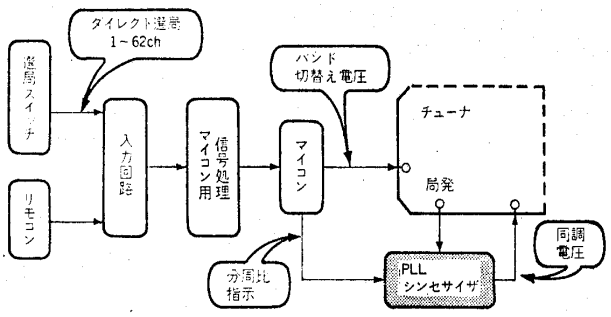
この式を変形し，f_LとNおよびf_0以外の項をKと置くと

$$f_L = K \cdot N \cdot f_0$$

となります。

このことは，分周器を用いることによって，等価的にf_Lをf_0のN倍にすることになり，可変分周器の分周比（N）を適当に変えることによりf_Lを変化，つまり局部発振器の発振周波数を変化させて任意のチャネルに合った発振をさせることができることを示しています。

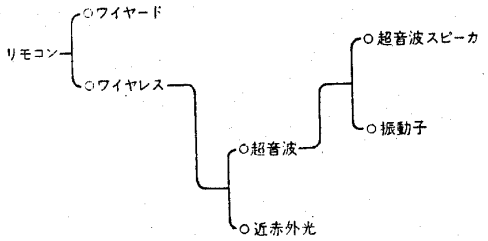
実際の回路では，この可変分周器



≪第12図≫ PLLシンセサイザ選局

方式＼メーカー		三洋	東芝	日立	三菱	ソニー	ビクター	ゼネラル	NEC	松下	シャープ
ポテンショメータ		C-18Z5	18T389X	C18-248E	20CT-727T	KV-1678D	C-2698ER	18T13ER	CT-253E	TH18-E53	CT-1805
電圧シンセサイザ	受信	CZ-2050W	20T70E	C20-829E	18CT-598EM	KV-2085R	CX-200	—	CV-22C96P CV26C990P	TH-20B5	CT-2002X
	選局IC	UAA1008A MC14429P	TC9002P	HD38985	UAA1008A	CX-760	MN1400VA	—		MN6023D	
	メモリーIC	MC14426P	TMM841P	ER1400	MC14426P	CX-761	MN1203	—		MN6023D	
PLLシンセサイザ	機種	C-20Z6	20T73F	—	—	KV-20SR1	—	—	—	TH-20B7	—
	PLL IC	MN6049	TC9123AP	—	—		—	—	—	MN6044A	—
	プリスケーラIC	SP4020	TD6103P	—	—		—	—	—	MN6044A	—

≪第3表≫ 機種別選局方式の一例



≪第4表≫ リモコンの種類

の分周比（N）をマイクロコンピュータからの信号によって変えています。

選局制御に，ＰＬＬシンセサイザ方式を利用したものの例を第12図に示します。

選局スイッチまたはリモコンでダイレクト選局された信号は，入力回路およびマイクロコンピュータ用信号処理回路を通ってマイクロコンピュータに伝えられます。

マイクロコンピュータでは，入力信号を解読してバンド切替え信号およびＰＬＬシンセサイザの可変分周器の分周比を指示します。

分周比を指示された可変分周器は，チューナからの局部発振周波数を指定の比率で分周し，基準水晶発振器からの周波数と比較しその出力を電子同調チューナの局部発振回路に加え，デジタル式に完全に各チャネルに同期のとれた発振をします。

このようにして，希望するチャネルを受信することができます。

なお，第３表は各方式の選局装置を採用したメーカー別機種の一例です。

B. リモコン

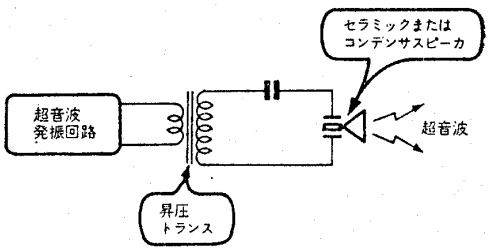
リモコンは，電子同調チューナおよびマイクロコンピュータを利用した選局装置の開発によって，多機能で誤動作が少なく，使いやすいものになってきました。

（1）種　類

リモコンは，第４表に示すように当初は，有線式のワイヤードリモコンではじまったものが，その後，超音波を利用したワイヤレスリモコンに移り，最近では近赤外光を利用したものが多くなっています。

（2）超音波方式リモコン

この方式のリモコンには，当初用いられた振動子式のものと，超音波スピーカを用いたものとがありますが，後者のほうが多く使われたので，ここでは後者について説明します。



≪第13図≫ 超音波の発生

超音波として使用される周波数帯は，30kHz～50kHzの範囲です。

超音波の発生回路は，第13図に示すようなもので，出力はスピーカから放射され，受信機ではマイクにより受信します。

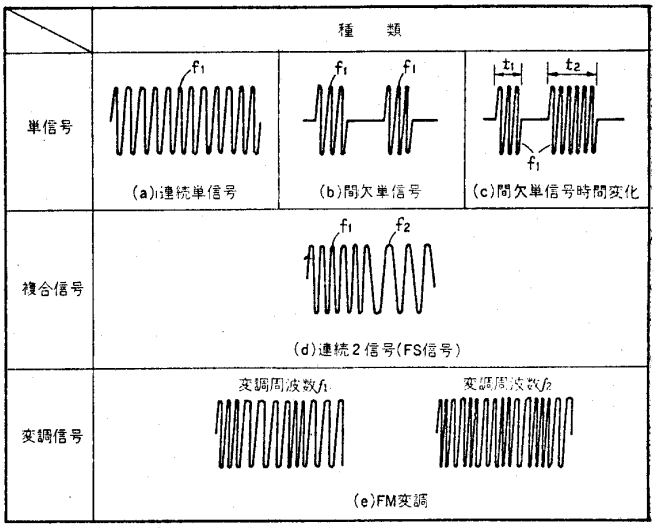
ところで，放射する超音波は１波だけを連続したものだけでは制御する機能も限られてしまいますので，第14図に示すような方法によって，制御できる機能を多くしています。

搬送波として無変調で使用する場合には，第14図（ａ）に示す連続波によるもの，同図（ｂ）に示す間歇単信号によるもの，同図（ｃ）に示す放射時間を変化するものおよび同図（ｄ）に示す複合信号による連続２信号のものなどがあります。

つぎに，搬送波を変調して使用する場合があります。この方法は，超音波を数百 Hz の正弦波でＦＭ変調するもので，変調する信号の数によって制御できる数が決められます。

（3）近赤外光方式リモコン

前述の超音波式リモコンでは，室内の家具などによる



≪第14図≫ 超音波方式リモコンの種類

超音波の反射などによって誤動作を起こしがちでした。

そこで，このような誤動作を起こさないようなものとして新しく開発されたものに，近赤外光を利用したものがあります。

近赤外光としては，自然界に少なく誤動作を起こしにくい波長9500Å（オングストローム，10^{-10}m，950nm）付近のものが使用されています。

近赤外光だけの単一光では，各種の機能を持たせることができないため，近赤外光を搬送波として，この搬送波を 30kHz～50kHz の超音波で変調して使用します。

変調方式としては，パルス符号，時分割周波数多重およびパルス変調の各方式があります。

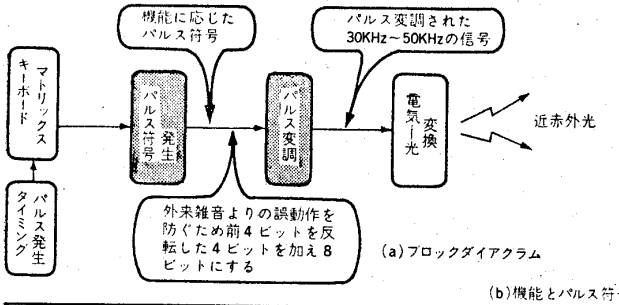
パルス符号方式は，**第15図**に示すようにキーボードに対応した機能に応じて８ビットのパルス符号を発生し，この信号で 30～50kHz の信号をパルス変調して，最後に発光ダイオードを駆動し近赤外光を得ています。したがって，近赤外光は，パルス符号と 30kHz～50kHz の信号の両者で２重に変調され，動作を確実なものにしています。

時分割周波数多重方式は，**第16図**に示すように，ある時間 t を t_1～t_5 に分割し，その時間 t_1～t_5 に対応して f_1～f_5 の周波数で変調するもので，時間 t_1～t_5 のうちどの部分を変調するかはキーボードによって指定されたデコーダ出力によって決められます。

このように，近赤外光は時間 t_1～t_5 と周波数 f_1～f_5 によって２重に変調され誤動作を妨いでいます。

パルス変調方式は，**第17図**に示すように，30kHz～50kHz の超音波をパルスによって変調することにより断続し，その断続の回数によってキーボードにより指定された命令を判断します。また，単一周波数では誤動作することもあるため，**第17図**のように f_1，f_2 の２信号によって変調しています。

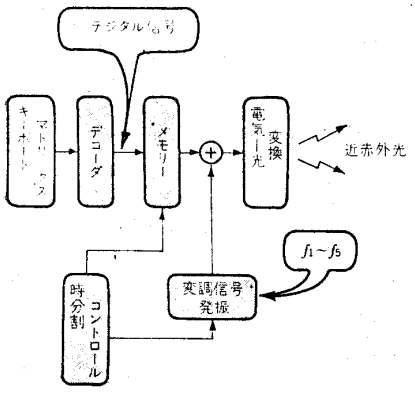
リモコンの機能は，各種ＩＣの開発によって多機能化しております。最近のダイレクト（直接）選局リモコンの機能も向上し，ダイレクト選局のほかに，順・逆方向選局，音



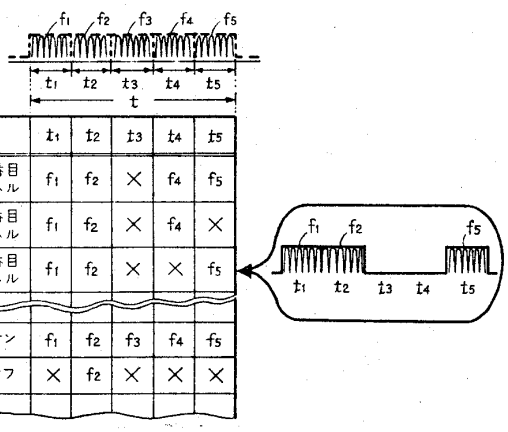
(b)機能とパルス符号

機能＼パルス符号	1	2	3	4	5	6	7	8
第１番目チャネル	0	0	0	0	1	1	1	1
第２番目チャネル	1	0	1	1	0	1	0	0
第３番目チャネル	1	0	1	0	0	1	0	1
⋮				⋮				
電源	1	1	1	0	0	0	0	1

≪第15図≫　パルス符号方式の例



(b)機能と信号波形



機能	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
第１番目チャネル	f_1	f_2	×	f_4	f_5
第２番目チャネル	f_1	f_2	×	f_4	×
第３番目チャネル	f_1	f_2	×	×	f_5
電源オン	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
電源オフ	×	f_2	×	×	×

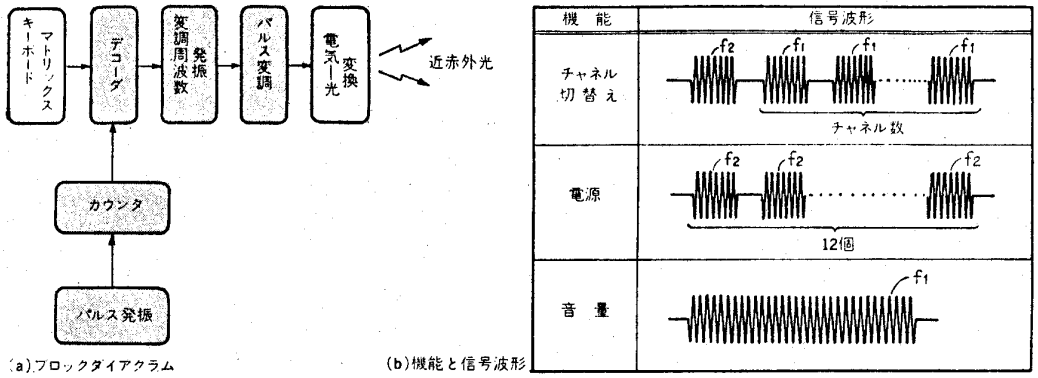
≪第16図≫　時分割周波数多重方式の例

量，ミュート，電源などの機能を持っていますが，さらに色の濃さと色あいの機能を持ったものも開発されています。これらの一例は**第5表**のとおりです。

あとがき

以上，電子同調チューナ，選局装置およびリモコンについての概要を説明しましたが，この分野はまだ新しい技術に属していますので，現在もますます改良が続けられています。

最近の技術の進歩を見ていると，どこまで進んでいくのかまったく見当がつきませんが，いえることはこれからもますますマイクロコンピュータの導入などデジタル化が進み，これからのサービスマンは，デジタル回路に関する知識が大幅に要求されるようになるでしょう。



≪第17図≫ パルス変調方式の例

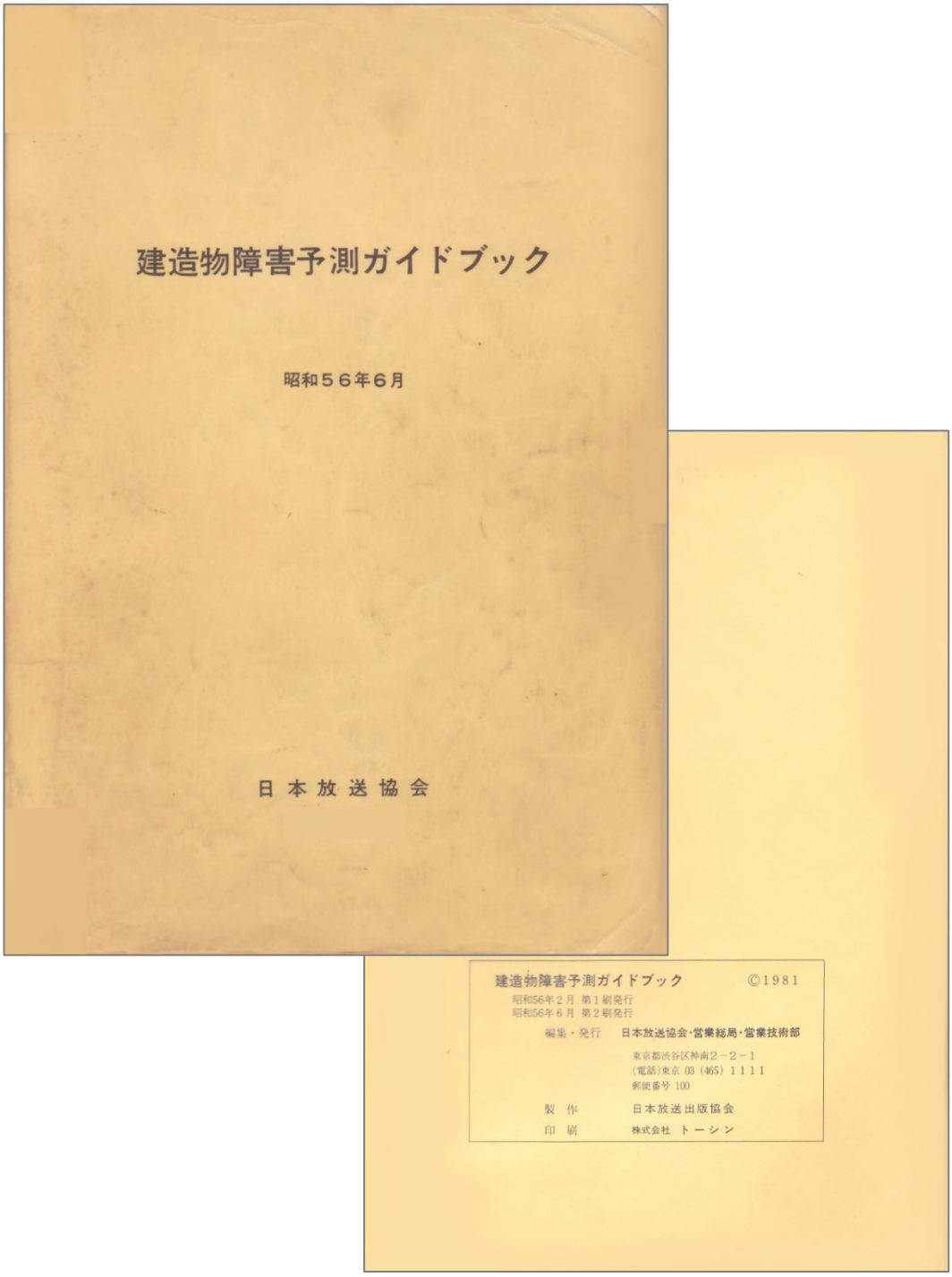
項目＼メーカー	ゼネラル	日立	松下	三洋	ソニー	東芝	ビクター	NEC	シャープ
形名	13ERA	TP-420	TY-670	U623	RM-502J	CT-902	CT-1116	RD-21U	RM-2
変調方式	パルス	パルス符号	パルス符号	パルス符号	パルス	時分割周波数多重	時分割周波数多重	時分割周波数多重	パルス
基本IC 信号発生	−	MN6021	MN6021	MN6021	−	MC14424P	MC14424P	μPD1986C	IX0024PA
基本IC 復調	−	MN1404	MN1404	MN1404	CX763	MC6529P	M51240P	μPD1987C	IX0025PA
機能 ダイレクト選局	○	○	○	○	○	○	○	○	○
機能 順・逆方向選局	−	−	−	○	○	○	○	○	−
機能 音量	○	↑↓	↑↓	↑↓	○	↑↓	↑↓	○	○
機能 ミュート	−	○	○	○	○	○	○	○	−
機能 電源	○	○	○	○	○	○	○	○	○
機能 色の濃さ	−	−	−	−	−	○	−	−	−
機能 色あい	−	−	−	−	−	○	−	−	−

≪第5表≫ 近赤外光を使用したダイレクト選局リモコンの一例

1981 年（昭和 56）建造物障害予測ガイドブック（B5,p1-84）

このガイドブックでは、まず予測のための基礎知識として、電波の伝わり方、ビルによる遮蔽・反射などを基にして、予測計算のための実用式を求めている。

この実用式は、都市内の複雑な条件下の障害を忠実に予測することは困難であることから、都市内の複雑な条件をその地域の代表値で扱い、計算式の振動する項を平均化して取り扱っている。



ガイドブック目次

目　　次

第1章　予測のための基礎…… **1**

1.　電波の伝わり方…… 1

1．1　電波の強さと位相…… 1

1．2　自由空間における電波の伝わり方…… 1

1．3　平面大地における電波の伝わり方…… 6

1．4　球面大地における電波の伝わり方……10

2.　ビルによるしゃへい……13

2．1　平面大地におけるしゃへい……13

2．2　都市内におけるしゃへい……14

3.　ビルによる反射……16

3．1　自由空間における反射……16

3．2　平面大地における反射……20

3．3　都市内におけるビル反射……21

4.　電界強度と端子電圧……23

4．1　受信アンテナ……23

4．2　電界強度と端子電圧……23

第2章　予測計算のための実用式…… **25**

1.　実用式を求めるために……25

1．1　都市内伝搬路での理論計算……25

1．2　予測で必要とされる計算式の性質……25

1．3　原理式の平均化と簡略化……25

1．4　事前調査データの活用……25

2.　都市内での電界……26

2．1　大地反射による位相損失……26

2．2　都市減衰……26

3.　ビルによるしゃへい……27

3．1　しゃへい障害の伝搬路……27

3．2　しゃへい損失計算式と簡略化……28

3．3　建造物条件としゃへい障害規模の関係……31

4.　ビル反射……34

4．1　反射障害の伝搬路と反射面……34

4．2　DU比計算式と簡略化……38

4．3　建造物条件と反射障害規模の関係……43

4．4　反射面が特殊な形状の場合の反射の扱い……44

第3章　プログラム電卓による予測計算……**45**
1.　予測計算を行うにあたって……45
1.1　適用範囲……45
1.2　電卓プログラムの種類……45
1.3　留　意　点……45
1.4　ゴーストの性質……45
2.　プログラム電卓の使用方法……47
3.　端子電圧の計算……49
3.1　用　途……49
3.2　計算できる項目……49
3.3　計算に必要なデータ……49
3.4　操作手順……50
3.5　都市減衰の算出……51
3.6　データの作成……52
3.7　計　算　例……55
4.　しゃへい障害の計算……56
4.1　計算できる項目……56
4.2　計算に必要なデータ……56
4.3　操作手順……56
4.4　障害範囲の作図……59
4.5　入力データの作成……59
4.6　例　題……63
5.　反射障害の計算……65
5.1　計算できる項目……65
5.2　計算に必要なデータ……65
5.3　操作手順……66
5.4　障害範囲の作図……69
5.5　入力データの作成……71
5.6　例　題……77
6.　反射面の傾斜による改善度の計算……80
6.1　用　途……80
6.2　計算できる項目……80
6.3　計算に必要なデータ……80
6.4　操作手順……81
6.5　データの作成……82
6.6　例　題……83

〔付録〕　1.　端子電圧の計算式　2.　傾斜改善の計算式……84
電卓キー操作手順

1．ビルによる遮蔽障害（筆者講義レジュメ）

以降の各項目は、筆者が東北本部に勤務していた時に建造物障害の予測手法が開発され、上記ガイドブックが発行された。その手法は電波伝搬を基に電波の性質を利用したものであり、現場でも良い結果が得れた。

しかし、その理論は複雑で内容を深く理解するのは難しかった。そこで筆者は、その理論をガイドブックに沿って解析し、域内や全国の受信技術職員を初めとして、各所で講習会やセミナーで講演し、普及に努めた。

以下の原稿はその際に筆者が使用したメモである。したがって、数式の導出などの途中過程も記述してある。

このガイドブックの内容は 1981（昭和 56）年に開発されたものであるから、最終評価はアナログ時代の DU 比を用いているが、デジタル時代になっても電波伝搬そのものは変わることは無いので十分活用できる。

ただし、最終の画質評価ではデジタル放送特有の評価方法（ビットエラー等）を導入する必要が有る。

ビルによる遮蔽

1. 最終的に何を求めるか？
ビルによる遮蔽損失を求める.

$$SL = -20\log\left|(1-B) + E_x \cdot \psi(x_a) \cdot B\right| \quad [P15\ (2.9)式]$$

2. この式を求めるためにどうするか？
ビルを山と考え、ナイフエッジによる受信点の電界を求め、遮蔽がない場合の電界と比較する.

$$\dot{E}_L = \left\{(1-B)(\varepsilon^{j\theta_r} + \dot{R}\,\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}) + A_{(1\sim4)} \cdot B\right\}\dot{E}_0 \quad \cdots [P14\ (2.3)式]$$

$$\dot{E} = (\varepsilon^{j\theta_r} + \dot{R}\,\bar{\varepsilon}^{j\theta_r})\dot{E}_0 \quad [P6\ (1.14)式]$$

3. 遮蔽がない場合の電界の求め方は？
(1) 自由空間電界強度を求める.

$$\dot{E}_0 = -j\frac{7\sqrt{P}}{d}\bar{\varepsilon}^{j\beta d} \quad [P1\ (1.3)式]$$

(2) 完全見通し地点の電界

$$\dot{E} = \left\{\varepsilon^{j\theta_r} + \bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\right\}\dot{E}_0 \quad [P6\ (1.14)]$$

4. 遮蔽物がある場の電界の求め方は？
フレネル積分を導入する.

(1) 自由空間電界強度は、

$$\dot{E}_0 = \left\{\sqrt{\frac{j}{\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty}\bar{\varepsilon}^{jt^2}dt\right\}^2 \cdot E_0 \quad [P2\ (1.7)]$$

(2) ナイフエッジの導入

$$\dot{E}_L = \sqrt{\frac{j}{\pi}}\int_{x}^{\infty}\bar{\varepsilon}^{jt^2}dt \cdot \dot{E}_0 = \psi(x)\cdot\dot{E}_0 \quad \cdots [P2\ (1.8)]$$

(3) スリットを通過する電界

$$\dot{E} = \left\{1 - \psi(x_{a1}) - \psi(x_{a2})\right\}\dot{E}_0$$

(4) 山陰の電界

$$\dot{E} = \left[\left\{\psi(x_{a1}) + \dot{R}_1\dot{R}_2\psi(x_{a4})\right\}\varepsilon^{j\theta_r} + \left\{\dot{R}_1\psi(x_{a2}) + \dot{R}_2\psi(x_{a3})\right\}\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\right]\dot{E}_0$$

遮蔽障害項目（詳細）

自由空間電界強度
フレネル積分に対応する変換
自由空間電界強度をフレネル積分で求める
コルヌーの螺旋
受信電界強度とフレネル積分
受信電界強度の位相とハイとパターンピッチ
受信電界強度（詳細）
山影の電界
位相定数の符号、フレネル積分で求める電界強度
電波の見通し距離
位相合成率の比と遮蔽損失
遮蔽板による電界の変化
遮蔽版上部の電界と受信点の電界比
遮蔽損失
ビルの高さによる上限の設定
例題
dh2 と dh の距離特性
Ｅx1 の距離特性
ビル両側からくる電波による受信電界
電波が水平入射した時の障害距離
遮蔽損失距離特性カーブ
（参考）フレネル積分

P2

$$\dot{E}_0 = \left\{ \sqrt{\frac{\dot{\sigma}}{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\sigma} t^2} dt \right\}^2 \dot{E}_0 \quad \cdots\cdots (1.7)$$

この式は，次式を証明すれば成立する．

$$\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\sigma} t^2} dt = \sqrt{\frac{\pi}{\dot{\sigma}}}$$

今，

$$I = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2} dx = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{y^2} dy$$

とおけば"

$$I^2 = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2} dx \cdot \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{y^2} dy$$

$$= \iint_D \bar{\varepsilon}^{(x^2+y^2)} dx\, dy$$

ここで，極座標系を導入すると，

$x = r\cos\theta$

$y = r\sin\theta$

であるから，

$$x^2 + y^2 = r^2\cos^2\theta + r^2\sin^2\theta = r^2 \cdot 1$$

また，

$dx\, dy = r\, dr \cdot d\theta$

としてよいので，

$$I^2 = \iint_D \bar{\varepsilon}^{(x^2+y^2)} dx\, dy \quad (r^2,\ r\,dr\,d\theta)$$

$$= \iint_D \bar{\varepsilon}^{r^2} r \cdot dr\, d\theta$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \int_0^{\infty} r\, \bar{\varepsilon}^{r^2} dr$$

$$= \left[\theta\right]_0^{\frac{\pi}{2}} \cdot \int_0^{\infty} r\, \bar{\varepsilon}^{r^2} dr$$

$$= \frac{\pi}{2} \int_0^{\infty} r\, \bar{\varepsilon}^{r^2} dr$$

ここで，

$r^2 = z$

とおけば"，微分して

$2r\,dr = dz \rightarrow dr = \frac{1}{2r} dz$

$$I^2 = \frac{\pi}{2} \int_0^{\infty} r \cdot \bar{\varepsilon}^{z} \cdot \frac{1}{2r} dz$$

$$= \frac{\pi}{4} \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{z} dz$$

$$= \frac{\pi}{4} \left[-\bar{\varepsilon}^{z} \right]_0^{\infty}$$

$$= \frac{\pi}{4} \left[0 - (-1) \right]$$

$$= \frac{\pi}{4} \rightarrow \therefore I = \sqrt{I^2} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

ここで，積分区間をもとにもどすと，

$0 \sim \infty \rightarrow -\infty \sim \infty$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2} dx = 2 \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2} dx$$

$$= 2 \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2} = \sqrt{\pi}$$

変数 x^2 を $\dot{\sigma} t^2$ に変換する．

$x^2 = \dot{\sigma} t^2$

とおけば，

$x = \sqrt{\dot{\sigma}}\, t$

また，$x^2 = \dot{\sigma} t^2$ を微分して，

$2x \cdot dx = 2 \cdot \dot{\sigma} t \cdot dt \rightarrow dx = \frac{2\dot{\sigma} t}{2x} dt$

この式に x を代入する．

$$dx = \frac{2\dot{\sigma} t}{2 \cdot \sqrt{\dot{\sigma}}\, t} dt$$

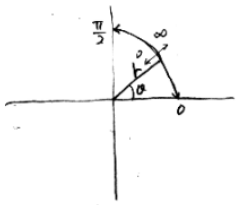
$$= \sqrt{\frac{\dot{\sigma}}{\dot{\sigma}}}\, dt$$

$$= \sqrt{\dot{\sigma}}\, dt$$

$$\underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2} dx}_{=\sqrt{\pi}} = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\sigma} t^2} \cdot \sqrt{\dot{\sigma}}\, dt$$

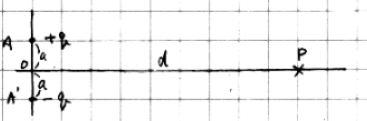
$$= \sqrt{\dot{\sigma}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\sigma} t^2} dt$$

$\therefore \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\sigma} t^2} dt = \sqrt{\frac{\pi}{\dot{\sigma}}}$



P1

$$\boxed{\dot{E}_0 = -j\frac{7\sqrt{P}}{d}\,\bar{\varepsilon}^{j\beta d}} \quad \cdots (1.3)$$



A − A'間に電流 $(I\bar{\varepsilon}^{j\omega t})$ が流れると、
A点の電荷は、

$$\int I\bar{\varepsilon}^{j\omega t}dt = \frac{I}{-j\omega}\bar{\varepsilon}^{j\omega t} = q\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t}$$

A'点の電荷は、同様に、

$$-q\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t}$$

P点が原点から十分遠いとすると、
原点に、

$$2aq\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t} = p\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t}$$

の電気双極子があることになる。
これにより、点Pに生ずる電磁界は、

$$\begin{cases} E = -\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot p\cdot\beta^2\cdot\bar{\varepsilon}^{-j\omega t - j\beta d}\cdot\dfrac{1}{d} \\ H = -\dfrac{c}{4\pi}\cdot p\cdot\beta^2\cdot\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d}\cdot\dfrac{1}{d} \end{cases}$$

$p = 2aq$, $\beta = 2\pi/\lambda$, $q = I/-j\omega$

$$E = -\frac{2a}{4\pi\varepsilon_0 d}\cdot\frac{I}{-j\omega}\cdot\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2\cdot\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d}$$

電気双極子を半波長ダイポールに拡張して考えると、

$$2a = \frac{\lambda}{\pi} \quad \cdots\cdots \text{実効長}$$

$$P = I^2\cdot R_0 = I^2\cdot 73.13 \rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{73.13}}$$

$$\varepsilon_0 \doteqdot \frac{10^7}{4\pi c^2}$$

$$E = -\frac{1}{4\pi d}\cdot\frac{4\pi c^2}{10^7}\cdot\frac{\lambda}{\pi}\cdot\frac{4\pi^2}{\lambda^2}\cdot\sqrt{\frac{P}{73.13}}\cdot\frac{\lambda}{-j2\pi c}\cdot\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d}$$

$$= -j\frac{2c}{10^7\cdot d}\cdot\sqrt{\frac{P}{73.13}}\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d} \quad (c = 3\times10^8)$$

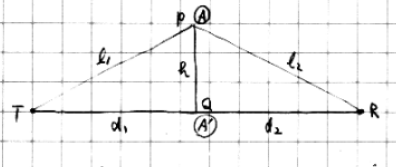
$$= -j\frac{60}{\sqrt{73.13}}\cdot\frac{\sqrt{P}}{d}\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d}$$

$$= -j\frac{7\sqrt{P}}{d}\,\bar{\varepsilon}^{j\omega t - j\beta d}$$

$z = 73\Omega$ だから7が得る。

P2

$$\boxed{\theta \doteqdot \frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}h^2} \quad \cdots (1.5)$$



$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda}\left\{(l_1 - d_1) + (l_2 - d_2)\right\}$$

ここで、

$$l_1 = \sqrt{d_1^2 + h^2},\quad l_2 = \sqrt{d_2^2 + h^2}$$

さらに、$d \gg h$ であれば、

$$l = \sqrt{d^2 + h^2} \doteqdot d\left(1 + \frac{h^2}{2d^2}\right)$$

であるから、

$$\begin{cases} l_1 \doteqdot d_1\left(1 + \dfrac{h^2}{2d_1^2}\right) \\ l_2 \doteqdot d_2\left(1 + \dfrac{h^2}{2d_2^2}\right) \end{cases}$$

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda}\left\{d_1\left(1 + \frac{h^2}{2d_1^2}\right) - d_1 + d_2\left(1 + \frac{h^2}{2d_2^2}\right) - d_2\right\}$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda}\left\{\frac{h^2}{2d_1} + \frac{h^2}{2d_2}\right\}$$

$$= \frac{\pi}{\lambda}\left\{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right\}h^2$$

$$\therefore \theta = \frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}\cdot h^2$$

P2 ①

$$\dot{E}_0 = \left\{\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}t^2}dt\right\}^2 \dot{E}_0 \quad \cdots(1.7)$$

この式は、

$$\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}t^2}dt = \sqrt{\frac{\pi}{\dot{\alpha}}}$$

を証明すれば成立する。

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}t^2}dt$$

ここで、

$$\dot{\alpha}t^2 = x$$

とおくと、

$$I' = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2}dx$$

さらに、

$$x = zy$$

とおくと、微分して、

$$dx = z\cdot dy$$

代入する。

$$I' = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2}\cdot z\cdot dy$$

$$= \int_0^{\infty} z\,\bar{\varepsilon}^{x^2}dy$$

ところで、$x = z\cdot y$ であるから

$$x^2 = z^2\cdot y^2$$

であり、

$$I' = \int_0^{\infty} z\,\bar{\varepsilon}^{z^2y^2}dy$$

一方、I' は次のようにも書ける。

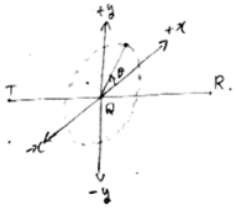
$$I' = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{z^2}dz$$

任意の2個の積分を考える時

$$I'^2 = \int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{z^2}dz\cdot\int_0^{\infty} z\,\bar{\varepsilon}^{z^2y^2}dy$$

$$= \iint_D z\,\bar{\varepsilon}^{z^2-z^2y^2}\cdot dz\,dy$$

$$= \int_0^{\infty} dy\underbrace{\int_0^{\infty} z\,\bar{\varepsilon}^{z^2(1+y^2)}dz}_{=A}$$



＊ R上の点は0点の全領域を通過した点の合計である。
{∫x dx と ∫θ dθ の合計を相互変換で表わすと ∫0 dθ となる。

沖2項を A と置くと、

$$A = \int_0^{\infty} z\cdot\bar{\varepsilon}^{z^2(1+y^2)}dz$$

$$= \left[\frac{z\cdot\bar{\varepsilon}^{z^2}}{x(1+y^2)}\right]_0^{\infty}$$

$$= \frac{1}{2}\left[0-\left(-\frac{1}{1+y^2}\right)\right] = \frac{1}{2(1+y^2)}$$

$$\therefore I'^2 = \int_0^{\infty}\frac{1}{2(1+y^2)}dy$$

---

②

$$I'^2 = \int_0^{\infty}\frac{1}{2(1+y^2)}dy$$

$$= \frac{1}{2}\int_0^{\infty}\frac{1}{1+y^2}dy$$

ここで、

$$y = \tan\theta$$

とおくと

$$\frac{1}{1+y^2} = \frac{1}{1+\tan\theta}$$

$$\therefore = \tan^{-1}\theta$$

であるから、

$$I'^2 = \frac{1}{2}\left[\tan^{-1}\theta\right]_0^{\infty}$$

$$\begin{cases}\theta = \frac{\pi}{2} \to \infty\\ \theta = 0 \to 0\end{cases}$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{\pi}{2}-0\right]$$

$$= \frac{\pi}{4}$$

$$\therefore I' = \sqrt{I'^2} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$x^2 = \dot{\alpha}t^2$ であるから

$$x = \sqrt{\dot{\alpha}}\,t$$

微分すると、

$$dx = \sqrt{\dot{\alpha}}\,dt \to dt = \frac{1}{\sqrt{\dot{\alpha}}}dx$$

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}t^2}dt = 2I'$$

$$= 2\int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2}\frac{1}{\sqrt{\dot{\alpha}}}dx$$

$$= \frac{2}{\sqrt{\dot{\alpha}}}\underbrace{\int_0^{\infty} \bar{\varepsilon}^{x^2}dx}_{=I'=\frac{\sqrt{\pi}}{2}}$$

$$\therefore I = \frac{2}{\sqrt{\dot{\alpha}}}\cdot\frac{\sqrt{\pi}}{2} = \sqrt{\frac{\pi}{\dot{\alpha}}}$$

すなわち、

$$\dot{E}_0 = \left\{\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}t^2}dt}_{=\sqrt{\frac{\pi}{\dot{\alpha}}}}\right\}^2\dot{E}_0$$

$$= \left\{\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\cdot\sqrt{\frac{\pi}{\dot{\alpha}}}\right\}^2\dot{E}_0$$

$$= \dot{E}_0$$

となる。

$t^2 = \theta$ であるから

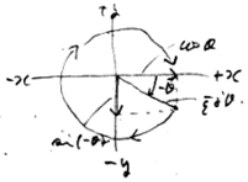
$$\int \bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}\theta}d\theta$$

とみることができる。

$$\bar{\varepsilon}^{\dot{\alpha}\theta} = \cos(-\alpha)+\dot{\jmath}\sin(-\alpha)$$

$$= \cos\alpha-\dot{\jmath}\sin\theta$$

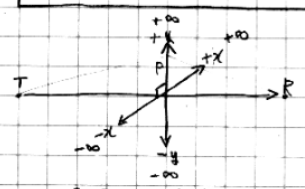
ある任意の平面とみなす。



フレネル積分に対応する変換

P2

$$\boxed{\dot{E}_0 = \frac{7\sqrt{P}}{\lambda d} \text{ をフレネル積分で求める.}} \quad \cdots (1.7)$$



R点の電界は全空間を通過した電界の合成

$$\dot{E}_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta\dot{E}\, dh_x \int_{-\infty}^{\infty} \Delta\dot{E}\, dh_y$$

ただし，P点の電界を

$$\Delta\dot{E} = \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j(\beta d + \theta)}$$

$$\dot{E}_0 = \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{j\theta} dh_x \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{j\theta} dh_y$$

ここで，

$$\theta = \frac{\pi}{\lambda}\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2} h^2 \equiv t^2 \quad \cdots (a)式$$

微分する　$\frac{dh^2}{dh} = 2h$

$$\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}\cdot 2h\cdot dh = 2t\,dt$$

$$dt = \frac{2h}{2t}\cdot\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}\, dh$$

代入する.

(a)式の変形

$$\frac{h}{t} = \sqrt{\frac{1}{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}} \rightarrow dt = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot dh$$

h_x, h_y とも対象であるから h とし $\dot{E}_0$ に代入する.

$$\dot{E}_0 = \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt \cdot \frac{1}{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}$$

(b)式

$$= \frac{\lambda}{\pi}\cdot\frac{d_1 d_2}{d_1+d_2}\cdot\Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d}\left\{\int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt\right\}^2$$

ここで，フレネル積分を導入すると

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{j}{\pi}}\int_{x}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt$$

$$= \frac{\lambda}{\pi}\cdot\frac{d_1 d_2}{d_1+d_2}\cdot\Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d}\cdot\frac{\pi}{j}\underbrace{\{\psi(-\infty)\}^2}_{=1}$$

$$\therefore \dot{E}_0 = -j\lambda\frac{d_1 d_2}{d_1+d_2}\Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d}$$

これは，自由空間電界と一致しなければならない.

$$\frac{7\sqrt{P}}{d_1+d_2} = \frac{\lambda d_1 d_2}{d_1+d_2}\Delta E$$

$$\rightarrow \Delta E = \frac{7\sqrt{P}}{\lambda d_1 d_2}$$

$$\dot{E}_0 = \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{j\theta} dh_x \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{j\theta} dh_y$$

h_x, h_y … 対象 $= h$

$$dt = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot dh$$

$\theta \equiv t^2$ と置いたので

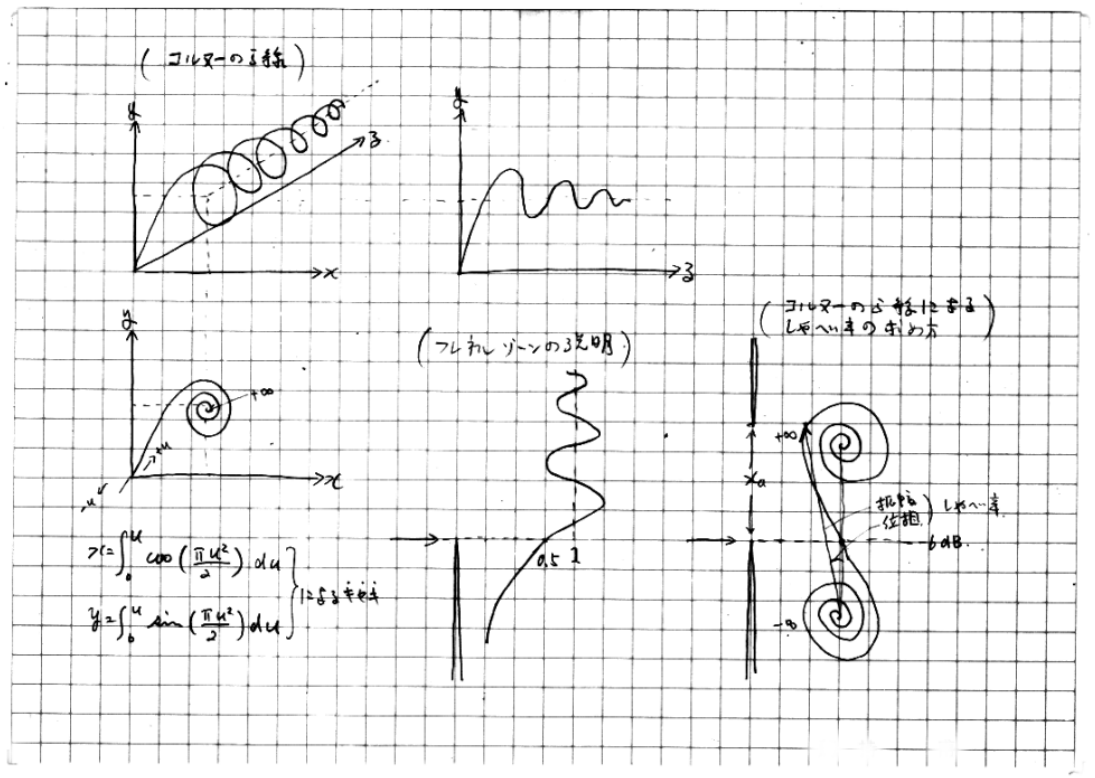
$$\dot{E}_0 = \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dh \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dh$$

$$= \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2}\cdot\frac{dt}{\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2}\cdot\frac{dt}{\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}}$$

$$= \Delta E\, \bar{\varepsilon}^{j\beta d} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varepsilon}^{jt^2} dt \cdot \frac{1}{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}} \quad \cdots (b)式$$

自由空間電界強度をフレネル積分で求める

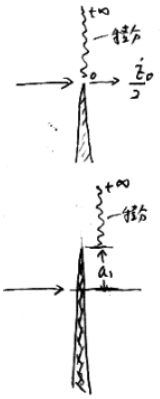
コルヌーの螺旋



P4

$$\dot{E}=\{1-\psi(x_{a1})-\psi(x_{a2})\}\dot{E}_0 \quad \cdots(1.12)$$ ……別解(前)

① $a_2=0 \rightarrow x_{a2}=0$ の時



* ナイフエッジから上方に障害物がない時は

$$\psi(x=0)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_{x=0}^{+\infty}\cos t^2\,dt=\frac{1}{2}\text{〔指定解〕}$$

$\therefore \frac{1}{2}\dot{E}_0$

* a_1 なる距離に障害物がある時は

$$\psi(x_{a1})=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_{x_{a1}}^{+\infty}\cos t^2\,dt$$

$\therefore \psi(x_{a1})\dot{E}_0$

* ㊤から㊦を引いたものがスリット a_1 を通過する量になる。

$$\dot{E}_{a1}=\frac{1}{2}\dot{E}_0-\psi(x_{a1})\dot{E}_0$$

② $a_1=0 \rightarrow x_{a1}=0$ の時

①と同様に、

$$\dot{E}_{a2}=\frac{\dot{E}_0}{2}-\psi(x_{a2})\dot{E}_0$$

③ $a_1, a_2 \rightarrow x_{a1}, x_{a2}$ の時



$$\dot{E}_a=\dot{E}_{a1}+\dot{E}_{a2}$$
$$=\{1-\psi(x_{a1})-\psi(x_{a2})\}\dot{E}_0$$

④ $a_1=a_2$, $x_{a1}=x_{a2}$ の時

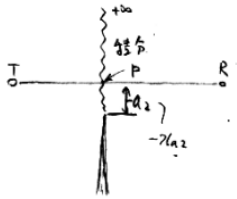
$$\dot{E}_a=\{1-2\psi(x)\}\dot{E}_0$$

受信電界強度とフレネル積分

P4 引用

$$\dot{E} = \{1 - \psi(x_{a1}) - \psi(x_{a2})\}\,\dot{E}_0 \quad \cdots (1.12)$$

① 遮蔽係数($a_2 \to -x_{a2}$)の時

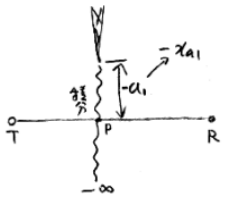


$$\psi(-x_{a2}) = \sqrt{\frac{1}{\pi}}\int_{-x_{a2}}^{+\infty} \varepsilon^{-\frac{1}{2}t^2}\,dt$$

$$\dot{E}_{a2} = \psi(-x_{a2})\,\dot{E}_0 = \{1 - \psi(x_{a2})\}\,\dot{E}_0$$

この場合$[-a_2 \sim +\infty]$の積分

② 遮蔽係数($a_1 \to -x_{a1}$)の時



$$\psi(-x_{a1}) = \sqrt{\frac{1}{\pi}}\int_{-\infty}^{-x_{a1}} \varepsilon^{-\frac{1}{2}t^2}\,dt$$

$$\dot{E}_{a1} = \psi(-x_{a1})\,\dot{E}_0 = \{1 - \psi(x_{a1})\}\,\dot{E}_0$$

この場合$[-a_1 \sim -\infty]$の積分

合成すると③となる.

③ $-x_{a1} - x_{a2}$ の時

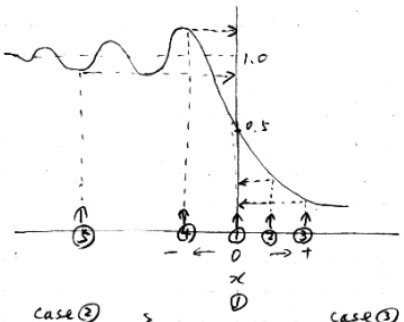
$$\dot{E} = \dot{E}_{a1} + \dot{E}_{a2} - \dot{E}_0$$

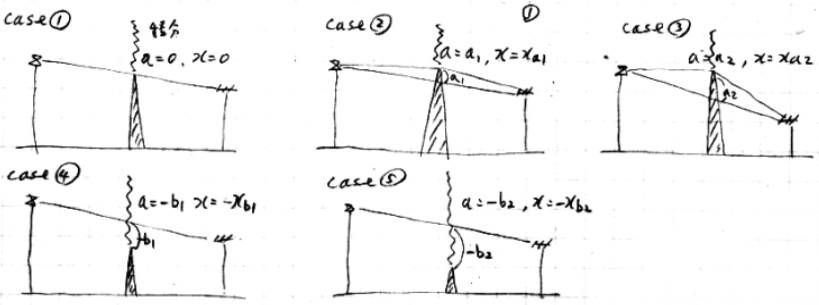
つまり,
①では P点から $+\infty$
②では P点から $-\infty$
までは空気以外の媒質であるから引く

$$\therefore \dot{E} = \{1 - \psi(x_{a1}) - \psi(x_{a2})\}\,\dot{E}_0$$

---

fresnel integral の別





P6

$$\dot{E} = \left\{ \xi^{j\theta_H} + \bar{\xi}^{j\theta_H} \right\} \dot{E}_0 \quad \cdots (1.14)$$

$$\begin{cases} \dot{E}_1 = -j\dfrac{\eta\sqrt{P}}{h_1}\bar{\xi}^{j\beta h_1} \\ \dot{E}_2 = -j\dfrac{\eta\sqrt{P}}{h_2}\bar{\xi}^{j\beta h_2}\cdot\dot{R} \\ \dot{E}_0 = -j\dfrac{\eta\sqrt{P}}{h_0}\bar{\xi}^{j\beta h_0} \end{cases}$$

$d \gg h_1, h_2$ であり

$h_1 \fallingdotseq h_2 \fallingdotseq h_0$

$|\dot{E}_1| = |\dot{E}_2| = |\dot{E}_0| = \dfrac{\eta\sqrt{P}}{h_0}$ …絶対値

位相差は、$\dot{E}_0$ を基準にして $\dot{E}_1, \dot{E}_2$ を求める。

$h_0 > h_1$ のため $-(h_0 - h_1)$ h_0 を基準にあわす

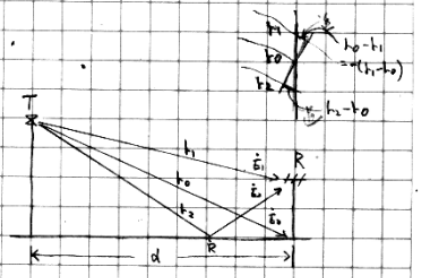
$$\begin{cases} \dot{E}_1 = \dot{E}_0\bar{\xi}^{j\beta(h_0-h_1)} = \dot{E}_0\bar{\xi}^{j\beta\{-(h_1-h_0)\}} = \dot{E}_0\xi^{j\theta_H} \\ \dot{E}_2 = \dot{E}_0\bar{\xi}^{j\beta(h_2-h_0)}\cdot\dot{R} = \dot{E}_0\bar{\xi}^{j\theta_{H2}}\cdot\dot{R} \end{cases}$$

$d \gg h_1, h_2$ なら

$h_0 - h_1 \fallingdotseq h_2 - h_0 \rightarrow \theta_{H1} \fallingdotseq \theta_{H2} \equiv \theta_H$

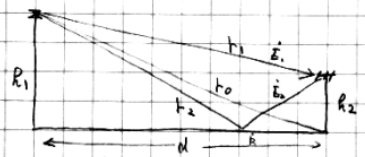
$$\begin{cases} \dot{E}_1 = \dot{E}_0\xi^{j\theta_H} \\ \dot{E}_2 = \dot{E}_0\bar{\xi}^{j\theta_H}\cdot\dot{R} \end{cases}$$

$$\therefore \dot{E} = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 = \left\{ \xi^{j\theta_H} + \dot{R}\bar{\xi}^{j\theta_H} \right\}\cdot\dot{E}_0$$



P6

$$\dot{E} \fallingdotseq 2j\dot{E}_0 \sin\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \quad \cdots (1.15)$$



図から h_0, h_1, h_2 は、

$$h_0 = \sqrt{d^2 + R_1^2} \fallingdotseq d\left(1 + \frac{R_1^2}{2d^2}\right)$$

$$h_1 = \sqrt{d^2 + (R_1 - R_2)^2} \fallingdotseq d\left\{1 + \frac{(R_1 - R_2)^2}{2d^2}\right\}$$

$$h_2 = \sqrt{d^2 + (R_1 + R_2)^2} \fallingdotseq d\left\{1 + \frac{(R_1 + R_2)^2}{2d^2}\right\}$$

ら、$\dot{E}_0$ は、

$$\dot{E}_0 = -j\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\bar{\xi}^{j\beta h_0}$$

であるから、受信点の電界は、

$$\dot{E} = \dot{E}_1 + \dot{E}_2$$

$$= \left(-j\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\bar{\xi}^{j\beta h_1}\right) + \left(j\dot{R}\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\bar{\xi}^{j\beta h_2}\right)$$

ここで、

$$h_0 - h_1 = d\left(1 + \frac{R_2^2}{2d^2}\right) - d\left\{1 + \frac{(R_1 - R_2)^2}{2d^2}\right\} = \frac{2R_1R_2 - R_2^2}{2d} \equiv b - a$$

$$h_2 - h_0 = \frac{2R_1h_0 + R_2^2}{2d} \equiv b + a$$

$$\dot{E} = -j\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\left\{\bar{\xi}^{j\beta(h_0 - (-a+b))} + \dot{R}\bar{\xi}^{j\beta(h_0 + (a+b))}\right\}$$

$h_0 - (-a+b) = h_1$, $h_0 + (a+b) = h_2$

$$= -j\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\bar{\xi}^{j\beta h_0}\cdot\bar{\xi}^{j\beta a}\left\{\xi^{+j\beta b} + \dot{R}\bar{\xi}^{-j\beta b}\right\}$$

$\bar{\xi}^{j\beta h_0}\cdot\bar{\xi}^{j\beta a} = \bar{\xi}^{j\beta(h_0+a)} = \bar{\xi}^{j\beta\left(d + \frac{R_1^2}{2d} + \frac{R_2^2}{2d}\right)}$ ($d \gg R_1, R_2$ より $\fallingdotseq d$)

$e^{jx} = \cos x + j\sin x$, $\bar{e}^{jx} = \cos x - j\sin x$

$= 1\{\cos(\beta b) + j\sin(\beta b)\} + \dot{R}\{\cos(\beta b) - j\sin(\beta b)\}$

$\dot{R} = -1$ より

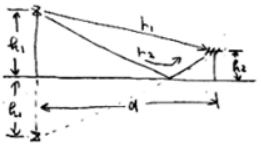
$$= +2j\sin\beta\frac{R_1R_2}{d} = +2j\sin\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{R_1R_2}{d}$$

$$\dot{E} \fallingdotseq -j\frac{\eta\sqrt{P}}{d}\bar{\xi}^{j\beta d}\cdot 2j\sin\frac{2\pi R_1R_2}{\lambda d}$$

$d \gg R_1, R_2$, $h_0 \gg R_1, R_2$ であり $d \fallingdotseq h_0$

$$\therefore \dot{E} \fallingdotseq 2j\dot{E}_0\sin\frac{2\pi R_1R_2}{\lambda d}$$

$$\theta_r = \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}$$



$r_1^2 = d^2 + (h_1 - h_2)^2$

$r_2^2 = d^2 + (h_1 + h_2)^2$

$$r_2 - r_1 \fallingdotseq \sqrt{d^2+(h_1+h_2)^2} - \sqrt{d^2+(h_1-h_2)^2}$$

$$= d\sqrt{1+\left(\frac{h_1+h_2}{d}\right)^2} - d\sqrt{1+\left(\frac{h_1-h_2}{d}\right)^2}$$

ここで，

$\sqrt{1+x^2} \fallingdotseq 1 + \frac{1}{2}x^2$

$$\fallingdotseq d\left\{1+\frac{1}{2}\left(\frac{h_1+h_2}{d}\right)^2\right\} - d\left\{1+\frac{1}{2}\left(\frac{h_1-h_2}{d}\right)^2\right\}$$

$$= d\left\{1+\frac{1}{2}\frac{h_1^2+2h_1h_2+h_2^2}{d^2} - 1 - \frac{1}{2}\frac{(h_1^2-2h_1h_2+h_2^2)}{d^2}\right\}$$

$$= \frac{d}{2d^2}\left\{h_1^2+2h_1h_2+h_2^2 - h_1^2+2h_1h_2-h_2^2\right\}$$

$$= \frac{2h_1h_2}{d}$$

ここで，θ_rは

$\theta_r = \beta\cdot(r_2 - r_1)$

であるから

$$\theta_r = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{2h_1h_2}{d}$$

P6

$$P = \frac{\lambda d}{2h_1} \quad \cdots (1.16)$$

$$E = 2E_0\left|\sin\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right|$$

ハイトパターンのピッチは，受信高h_2を可変として，

$$\left|\sin\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right| = 1$$

となるピッチを求めればよい．

sinは$\pi/2$毎に変化する．

ピッチは山と山又は谷と谷の間の長さであるから，上式においてsin○＝奇の位置から次の奇数の位置までとめればよい．

$$h_2 = \frac{\lambda d}{2\pi h_1}$$

奇数とするためには

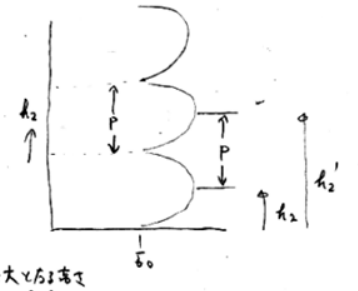
$(2n-1)\frac{\pi}{2}$，$(2n-1+2)\frac{\pi}{2}$（次の奇数）

であるから

$$P = \frac{\lambda d}{2\pi h_1}\left\{\underbrace{(2n-1+2)-(2n-1)}_{=2}\right\}\frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{\lambda d}{2\pi h_1}\cdot 2\cdot\frac{\pi}{2}$$

$$\therefore P = \frac{\lambda d}{2h_1}$$



第1極大となるとき

$$\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} = \frac{\pi}{2} \rightarrow h_2 = \frac{\lambda d}{4h_1}$$

〃 2

$$\frac{2\pi h_1 h_2'}{\lambda d} = \frac{3\pi}{2} \rightarrow h_2' = \frac{3\lambda d}{4h_1}$$

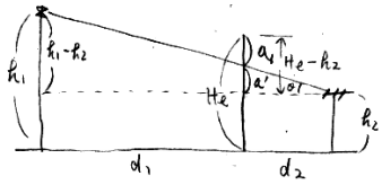
受信電界強度の位相とハイとパターンピッチ

受信電界強度（詳細）山影の電界

P7-1

しゃへい高（a_1）　主路①→③

$$a_1 = He - h_2 - \frac{d_2}{d_1+d_2}(h_1-h_2)$$



$$\tan\theta = \frac{h_1-h_2}{d_1+d_2}$$

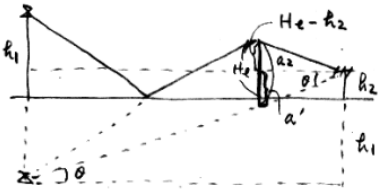
$$\tan\theta = \frac{a'}{d_2} \rightarrow a' = d_2\tan\theta$$

$$a' = He - h_2 - a_1 \rightarrow a_1 = He - h_2 - a'$$

$$\therefore a_1 = He - h_2 - d_2 \cdot \frac{h_1-h_2}{d_1+d_2}$$

しゃへい高（a_2）　主路②→③

$$a_2 = He - h_2 + \frac{d_2}{d_1+d_2}(h_1+h_2)$$



$$\tan\theta = \frac{h_1+h_2}{d_1+d_2}$$

$$\tan\theta = \frac{a'}{d_2} \rightarrow a' = d_2\tan\theta$$

$$a_2 = He - h_2 + a'$$

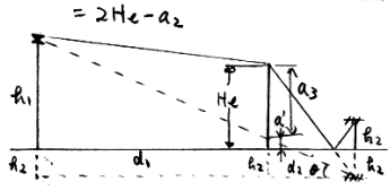
$$\therefore a_2 = He + h_2 + d_2 \cdot \frac{h_1+h_2}{d_1+d_2}$$

P7-2

しゃへい高（a_3）　主路①→④

$$a_3 = He + h_2 - \frac{d_2}{d_1+d_2}(h_1+h_2)$$

$$= 2He - a_2$$



$$\tan\theta = \frac{h_1+h_2}{d_1+d_2}$$

$$\tan\theta = \frac{h_2+a'}{d_2} \rightarrow a' = d_2\tan\theta - h_2$$

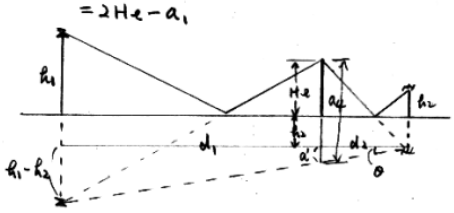
$$a_3 = He - a'$$

$$\therefore a_3 = He + h_2 - d_2\frac{h_1+h_2}{d_1+d_2}$$

しゃへい高（a_4）　主路③→④

$$a_4 = He + h_2 + \frac{d_2}{d_1+d_2}(h_1-h_2)$$

$$= 2He - a_1$$



$$\tan\theta = \frac{h_1-h_2}{d_1+d_2}$$

$$\tan\theta = \frac{a'}{d_2} \rightarrow a' = d_2\tan\theta$$

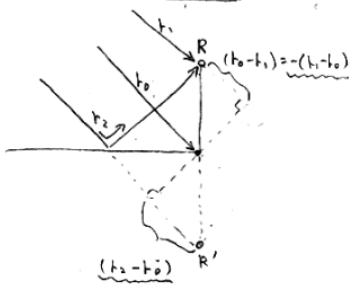
$$a_4 = He + h_2 + a'$$

$$\therefore a_4 = He + h_2 + d_2\frac{h_1-h_2}{d_1+d_2}$$

位相定数の符号、フレネル積分で求める電界強度

P7

$\boxed{A_{(1\sim4)}\text{の位相定数の符号}}$ ---(1.19)



規準となる距離 r_0 より短かいと

$-(r_1-r_0)$ $\quad \bar{\varepsilon}^{j\beta\{-(r_1-r_0)\}}=\varepsilon^{+j\beta(r_1-r_0)}$

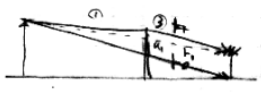
となり位相が進み、長いと

(r_2-r_0)

となり位相が遅れる。 $\bar{\varepsilon}^{j\beta\{(r_2-r_0)\}}$

これを4つの経路にあてはめる。

経路①→③

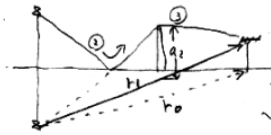


$r_0>r_1$

$-(r_1-r_0)$

$\bar{\varepsilon}^{j\{-(r_1-r_0)\}}=\varepsilon^{+j(r_1-r_0)}$

経路②→③

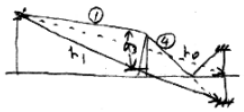


$r_0<r_1$

(r_1-r_0)

$\bar{\varepsilon}^{j(r_1-r_0)}$

経路①→④

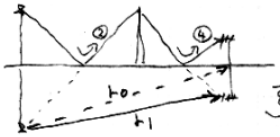


$r_0<r_1$

(r_1-r_0)

$\bar{\varepsilon}^{j(r_1-r_0)}$

経路②→④



$r_0>r_1$

$-(r_1-r_0)$

$\bar{\varepsilon}^{j\{-(r_1-r_0)\}}=\varepsilon^{+j(r_1-r_0)}$

P8. *8 フレネル積分で求める電界強度

$$\boxed{\dot{E}=2j\dot{E}_0\sin\frac{2\pi h_1h_2}{\lambda d}}$$

一つの山越による受信電界は、

$$\dot{E}=\Big[\{\psi(x_{a_1})+\dot{R}_1\dot{R}_2\psi(x_{a_4})\}\varepsilon^{j\theta_r}$$

$$+\{\dot{R}_1\psi(x_2)+\dot{R}_2\psi(x_{a_3})\}\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\Big]\dot{E}_0$$

ここで、山がない場合には、

$a_1=-a_4$, $a_2=-a_3$

となり、

$\psi(x_{a_1})=\psi(-x_{a_4})$

$\psi(x_{a_2})=\psi(-x_{a_3})$

となる。

したがって、フレネル積分の特定解

$\psi(x)+\psi(-x)=1$

および、反射係数 $\dot{R}_1$, $\dot{R}_2$ はテレビでは、

$\dot{R}_1=\dot{R}_2=-1$

であるから、第2項を−でくくり次式になる。

$$\dot{E}=(\varepsilon^{j\theta_r}-\bar{\varepsilon}^{j\theta_r})\dot{E}_0$$

$$=2\cdot\dot{E}_0\cdot\underbrace{\left\{\frac{\varepsilon^{j\theta_r}-\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}}{2}\right\}}_{=\sinh j\theta_r\ =\ j\sin\theta_r}$$

$$=2j\dot{E}_0\sin\theta_r$$

ここで、θ_r は

$$\theta_r=\frac{2\pi h_1h_2}{\lambda d}$$

$$\therefore\ \dot{E}=2j\dot{E}_0\sin\frac{2\pi h_1h_2}{\lambda d}$$

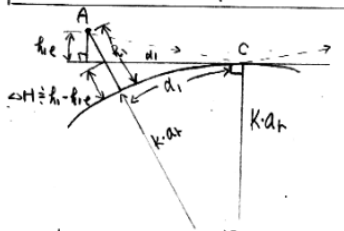
[双曲線函数

$$\sinh x=\frac{\varepsilon^{x}-\bar{\varepsilon}^{x}}{2}$$]

電波の見通し距離

P11

$$h_{1e} = h_1 - \frac{d_1^2}{2K \cdot a_r}, \quad h_{2e} = h_2 - \frac{d_1^2}{2K \cdot a_r} \quad \cdots (1.25)$$



$d_1 \ll K \cdot a_r$ として求める.

ピタゴラスの定理により

$$d_1^2 + (K \cdot a_r)^2 = \{(K \cdot a_r) + \Delta H\}^2$$

$$= (K \cdot a_r)^2 + 2 \cdot K \cdot a_r \cdot \Delta H + \Delta H^2$$

$$d_1^2 = 2K \cdot a_r \cdot \Delta H + \Delta H^2$$

$$= 2K \cdot a_r \underbrace{(h_1 - h_{1e})}_{\Delta H} + \underbrace{(h_1 - h_{1e})^2}_{\Delta H^2}$$

$$\frac{d_1^2}{2K \cdot a_r} = \underbrace{(h_1 - h_{1e})}_{\Delta H} + \frac{(h_1 - h_{1e})^2}{2K \cdot a_r}$$

ここで,

$(h_1 - h_{1e})^2 \ll 2 \cdot K \cdot a_r$

であるから

$$\frac{d_1^2}{2K \cdot a_r} \fallingdotseq h_1 - h_{1e}$$

$$\therefore h_{1e} = h_1 - \frac{d_1^2}{2K \cdot a_r}$$

同様に, 受信アンテナについても

$$\therefore h_{2e} = h_2 - \frac{d_1^2}{2K \cdot a_r}$$

※実際の計算においては,

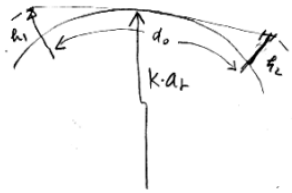
$K \cdot a_r = 8493$ (km)

$$\frac{d_1^2}{2 \cdot K \cdot a_r} = \frac{d_1^2 \times (10^3)^2}{2 \cdot 8493 \times 10^3} = \frac{d_1^2 \times 10^6}{2 \times 8493 \times 10^3}$$

$$= \frac{d_1^2}{16986} \times 10^3 = \frac{d_1^2}{16.986}$$

$$\fallingdotseq 0.0588\, d_1^2 \text{ (km)}$$

$$d_0 = \sqrt{2K \cdot a_r}\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ [m]}$$



ピタゴラスの定理により

$$d_0 = \sqrt{(K \cdot a_r + h_1)^2 - (K \cdot a_r)^2} + \sqrt{(K \cdot a_r + h_2)^2 - (K \cdot a_r)^2}$$

$$= \sqrt{2K \cdot a_r h_1 + h_1^2} + \sqrt{2K \cdot a_r h_2 + h_2^2}$$

式を変形

$$d_0 = \sqrt{2K \cdot a_r}\sqrt{h_1 + \frac{h_1^2}{2K \cdot a_r}} + \sqrt{2K \cdot a_r}\sqrt{h_2 + \frac{h_2^2}{2K \cdot a_r}}$$

$$= \sqrt{2K \cdot a_r} \cdot \sqrt{h_1}\sqrt{1 + \frac{h_1}{2Ka_r}} + \sqrt{2K \cdot a_r} \cdot \sqrt{h_2} \cdot \sqrt{1 + \frac{h_2}{2K \cdot a_r}}$$

$$= \sqrt{2K \cdot a_r}\left\{\sqrt{h_1} \cdot \left(1 + \frac{h_1}{2K \cdot a_r}\right)^{\frac{1}{2}} + \sqrt{h_2} \cdot \left(1 + \frac{h_2}{2K \cdot a_r}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}$$

$K \cdot a_r \gg h_1, h_2$ であるから

$$\therefore d_0 = \sqrt{2K \cdot a_r}\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

※実用的には

$K = \frac{4}{3}$, $a_r = 6380$ [km]

$$\sqrt{2 \cdot K \cdot a_r} = \sqrt{2 \times \frac{4}{3} \times 6380000} \fallingdotseq 4124$$

$$\therefore d_0 = 4.12\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ [km]}$$

位相合成率の比と遮蔽損失

P28 ※2

$$d_{1e} = \left\{ \frac{1}{d_1} - \frac{d_1}{2K \cdot a_r h_1 \left(1+\sqrt{h_2/h_1}\right)^2} \right\}^{-1}$$

P11の※9より

$$h_{1e} \fallingdotseq h_1 - \frac{1}{2K \cdot a_r} \left(\frac{d}{1+\sqrt{h_2/h_1}} \right)^2$$

$$h_{2e} \fallingdotseq h_2$$

上式より

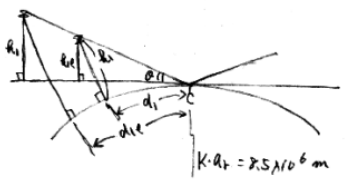
$$\frac{h_{1e}}{h_1} \fallingdotseq 1 - \frac{1}{2K \cdot a_r h_1} \left(\frac{d}{1+\sqrt{h_2/h_1}} \right)^2$$

ここで，h_1高を一定として等価的にh_1となる距離d_{1e}を求める．

$$\tan\theta = \frac{h_{1e}}{d_1} = \frac{h_1}{d_{1e}}$$

$$\frac{h_{1e}}{h_1} = \frac{d_1}{d_{1e}}$$

を代入する．また，$d \fallingdotseq d_1$とする．



$$\frac{h_{1e}}{h_1} = \frac{d_1}{d_{1e}} \fallingdotseq 1 - \frac{1}{2 \cdot K \cdot a_r h_1} \left(\frac{d_1}{1+\sqrt{h_2/h_1}} \right)^2$$

$$\frac{1}{d_{1e}} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{2K \cdot a_r h_1} \cdot \frac{d_1}{\left(1+\sqrt{h_2/h_1}\right)^2}$$

$$\therefore d_{1e} = \left\{ \frac{1}{d_1} - \frac{d_1}{2K \cdot a_r h_1 \left(1+\sqrt{h_2/h_1}\right)^2} \right\}^{-1}$$

P14

$$\dot{E}_{x1} = \frac{A_{(1\sim4)}}{\Psi(\gamma_a)\left(\xi^{j\theta_r} + k\xi^{-j\theta_r}\right)}$$

$\dot{E}_{x1}$は，次式により定義される．

$$\dot{E}_{x1} = \frac{\text{ビル頂部での電界}}{\text{受信アンテナ高での電界}}$$

$$= \frac{2S_1 \cdot \dot{E}_0}{2S \cdot \dot{E}_0} = \frac{2S_1}{2S}$$

ここで，

$2S = \xi^{j\theta_r} + k\xi^{-j\theta_r}$ ……別項

であり，$2S_1$は$A_{(1\sim4)}$の変形から

$A_{(1\sim4)} = |\Psi(\gamma_a)| 2S_1$ ……別項

となり，

$$2S_1 = \left| \frac{A_{(1\sim4)}}{\Psi(\gamma_a)} \right|$$

となる．

これを，$\dot{E}_{x1}$に代入する．

$$\therefore \dot{E}_{x1} = \frac{A_{(1\sim4)}}{\Psi(\gamma_a)} \cdot \frac{1}{\xi^{j\theta_r} + k\xi^{-j\theta_r}}$$

$\dot{E}_{x1}$をレベル平Lに代入する．

$$L = \left| (1-B) + \frac{A_{(1\sim4)} \cdot B}{\xi^{j\theta_r} + k\xi^{-j\theta_r}} \right|$$

$$= \left| (1-B) + \frac{A_{(1\sim4)} \cdot \Psi(\gamma_a)}{\Psi(\gamma_a)} \cdot \frac{B}{\xi^{j\theta_r} + k\xi^{-j\theta_r}} \right|$$

$$\therefore L = \left| (1-B) + \dot{E}_{x1} \cdot \Psi(\gamma_a) \cdot B \right| \quad \cdots(2.5)$$

$\dot{E}_{x1}$ …（受信アンテナ高での電界）と（ビル頂部での電界）との改善度を表わす．

遮蔽板による電界の変化

P14

$$2S_1 \fallingdotseq 2\left|\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}\right|$$

$$2S \fallingdotseq 2\left|\sin\frac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda(d_1+d_2)}\right|$$

…(2.5)関連

山陰の電界を求める4つの伝搬路の係数 $A_{(1\sim4)}$ の式において，$\dot{R}_1=-1$，$\dot{R}_2=0$（都市内なので無視）すると，

$$A_{(1\sim4)} = \{\dot{\psi}(x_{a1}) + \dot{R}_1\dot{R}_2\dot{\psi}(x_{a4})\}\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \{\dot{R}_1\dot{\psi}(x_{a2}) + \dot{R}_2\dot{\psi}(x_{a3})\}\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1}$$

$$\fallingdotseq \dot{\psi}(x_{a1})\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} - \dot{\psi}(x_{a2})\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1}$$

となる．

ここで，$\dot{\psi}(x_{a1})$ と $\dot{\psi}(x_{a2})$ は大きさと位相を持つベクトルであるが，$d_1 \gg d_2$ では近い値を示す．

$$\dot{\psi}(x_{a1}) \fallingdotseq \dot{\psi}(x_{a2}) = \dot{\psi}(x_a)$$

$$\dot{\psi}(x_a)\cdot(\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} - \dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1}) = \overset{\dot{\psi}(x_a)\cdot}{(\cos\theta_1 + j\sin\theta_1 - \cos\theta_1 + j\sin\theta_1)} = \overset{\dot{\psi}(x_a)\cdot}{2j\sin\theta_1}$$

ここで，θ_1 は

$$\theta_1 = \frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}$$

であるから，$A_{(1\sim4)}$ は

$$A_{(1\sim4)} = \left|\dot{\psi}(x_a)\right| 2\left|\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}\right|$$

（$=2S_1$）

すなわち，上式の第2項を

$$2\left|\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}\right| = 2S_1$$

とする．

また，しゃへい板がない時の受信点の電界は，

$$\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\,\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1}$$

であり，$\dot{R}=-1$ として上記と同様に計算すれば，

$$2\left|\sin\frac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda(d_1+d_2)}\right| = 2S$$

となる．

P14 E_{x1} の演算する

$$E_{x1} = \frac{\text{ビル頂部の電界強度}}{\text{受信アンテナ点の電界強度}}$$

$$E_{x1} = \frac{A_{(1\sim4)}}{\dot{\psi}(x_a)(\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\,\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1})} = \frac{\dfrac{A_{(1\sim4)}}{\dot{\psi}(x_a)}}{\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\,\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1}}$$

分母は

$$\dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\,\dot{\bar{\varepsilon}}^{j\theta_1} = 2S$$

であり，$\dot{E}_0$ を掛けると

$$\text{分母} = 2S\dot{E}_0 = 2\dot{E}_0\sin\frac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda(d_1+d_2)}$$

一方，分子は，

$$\frac{A_{(1\sim4)}}{\dot{\psi}(x_a)} = \frac{\dot{\psi}(x_a)2S_1}{\dot{\psi}(x_a)} = 2\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}$$

$\dot{E}_0$ を掛けると

$$= 2\dot{E}_0\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}$$

$$\therefore E_{x1} = \frac{2\dot{E}_0\sin\dfrac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}}{2\dot{E}_0\sin\dfrac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda(d_1+d_2)}}$$

$$E_{x1} = \frac{2S_1\dot{E}_0}{2S\dot{E}_0}$$

遮蔽版上部の電界と受信点の電界比

P14, P30

$$\boxed{E_{x1} = \frac{2S_1}{2S}}$$

$$E_{x1} \fallingdotseq \left| \frac{A_{(1\sim4)}}{\psi(x_a)\left(\varepsilon^{j\theta_H} + \dot{R}\,\bar{\varepsilon}^{j\theta_H}\right)} \right|$$

ここで，$\dot{R}_1 = 1$，$\dot{R}_2 = 0$ とすれば $A_{(1\sim4)}$ を考えし，

$$\dot{E}_{x1} \fallingdotseq \left| \frac{\overbrace{\psi(x_a)\left(\varepsilon^{j\theta_H} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_H}\right)}^{=A_{(1\sim4)}}}{\psi(x_a)\left(\varepsilon^{j\theta_r} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\right)} \right|$$

$$\fallingdotseq \left| \frac{\varepsilon^{j\theta_H} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_H}}{\varepsilon^{j\theta_r} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_r}} \right|$$

$$\varepsilon^{j\theta_H} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_H} = \cos\theta_H + j\sin\theta_H - \cos\theta_H + j\sin\theta_H$$
$$= 2j\sin\theta_H$$

$$\varepsilon^{j\theta_r} - \bar{\varepsilon}^{j\theta_r} = 2j\sin\theta_r$$

$$E_x \fallingdotseq \left| \frac{2\sin\theta_H}{2\sin\theta_r} \right|$$

ここで，

$$\theta_H \fallingdotseq \frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}$$

$$\theta_r \fallingdotseq \frac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda d}$$

である．

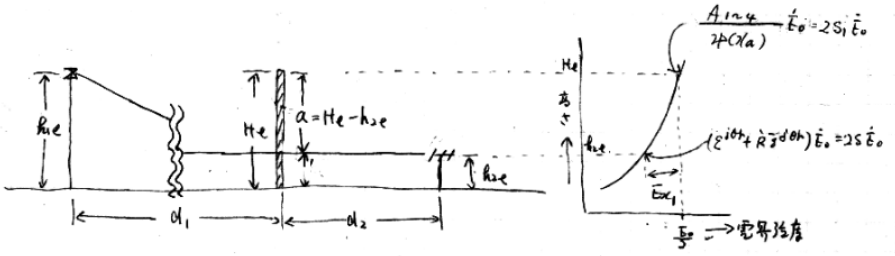
$$E_{x1} = \left| \frac{2\cdot\sin\frac{2\pi h_{1e} H_e}{\lambda d_1}}{2\cdot\sin\frac{2\pi h_{1e} h_{2e}}{\lambda d}} \right|$$

$$\therefore\ E_{x1} = \frac{2S_1}{2S}$$

$\boxed{E_{x1}\text{の説明}}$

(*) $\dfrac{d_1+d_2, H_e}{d_1+d_2, h_{2e}}$ が本来であるが $d_1 \gg d_2$ とすれば $\dfrac{d_1, H_e}{d_1+d_2, h_{2e}}$ で近似できる．

ビルが建つ前の受信点附近の電界分布



$d_1 \gg d_2$ では $(H_e - a) \fallingdotseq h_{2e}$

ビル地印での電界

$$\frac{A_{(1\sim4)}\cdot\dot{E}_0}{\psi(x_a)\left\{\varepsilon^{j\theta_r} + \dot{R}\,\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\right\}\dot{E}_0} = \frac{\frac{A_{(1\sim4)}}{\psi(x_a)}\dot{E}_0}{\left(\varepsilon^{j\theta_r} + \dot{R}\,\bar{\varepsilon}^{j\theta_r}\right)\dot{E}_0} \quad \boxed{>1}$$

ビルが建つ前の受信点電界

$$E_{x1} = \frac{2S_1\dot{E}_0}{2S\dot{E}_0} =$$

遮蔽損失

P15

$$SL = -20 \log \left| \frac{\dot{E}_{Le}}{\dot{E}_e} \right| \quad \cdots (2.5)$$

$$L = \left| \frac{\dot{E}_L}{\dot{E}} \right|$$

これは、常に $\dot{E}_L < \dot{E}$ の為
Lは、小数点以下となり、dB値では
負になる。
本テキストでは、SL値として正の
数として取り扱うために、

$$SL = 20 \log \left| \frac{1}{L} \right|$$

とした。

$$SL = 20 \log L^{-1}$$
$$= -20 \log L$$

P27

$$E_{x2} = \left(\frac{H}{h_2} \right)^{\frac{K(h_2)}{15}} \quad \cdots (3.1)$$

$\Gamma(H)$ は、$\Gamma(h_2)$ をもとに次のように
設定している。

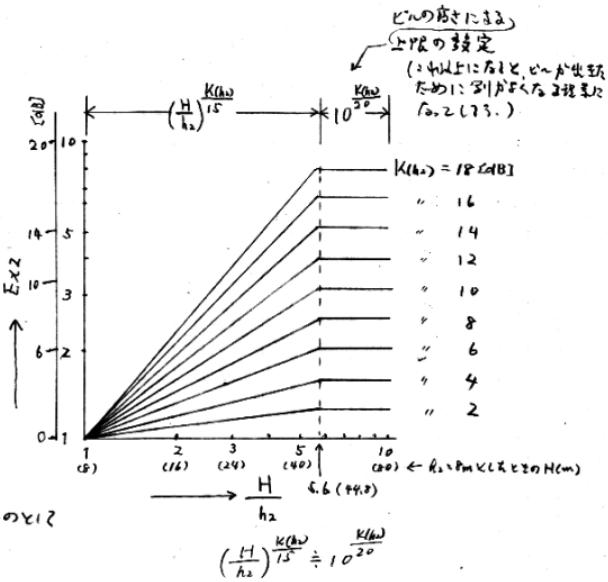
$$|\Gamma(H)| = E_{x2} |\Gamma(h_2)|$$

$$E_{x2} = \left| \frac{\Gamma(H)}{\Gamma(h_2)} \right|$$ …事前と事後における都市減衰量の差率（にまる）

E_{x2} は本来、ビルと受信点間の距離
の変数を含む函数。
実用式では、
- ビル高 (H)
- 受信点高 (h_2)
- 周波数 (f)

を固定値とし、距離特性をもたないものとして
モデル化する。

$$E_{x2} = \left(\frac{H}{h_2} \right)^{\frac{K(h_2)}{15}}$$ …… 常に1より大きい値



$\left(\frac{H}{h_2}\right)^{\frac{K(h_2)}{15}} \fallingdotseq 10^{\frac{K(h_2)}{20}}$

$h_2 = 8$m とすると、H ≒ 45m でほぼ等しくなる。
この時 $H/h_2 = 5.625$

ビルの高さによる上限の設定

P27 ビルの高さによる上限の設定

$$\boxed{\left(\frac{H}{h_2}\right)^{\frac{K(h_2)}{15}} > 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \text{ の時は } E_{x2} = 10^{\frac{K(h_2)}{20}}} \quad \cdots(2.1)$$

$K(h_2) = 6$ dBの時の E_{x2} を計算する。
ただし、
$h_2 = 8$m , $H = 60$m (20階建ビル)

$$E_{x2(1)} = \left(\frac{60}{8}\right)^{\frac{6}{15}} = 2.239$$

$$E_{x2(2)} = 10^{\frac{6}{20}} = 1.995$$

ところで、E_{x2} は p15 (2.9) 式により

$$E_{x2} = \left|\frac{\Gamma(H)}{\Gamma(h_2)}\right|$$

である。

上記条件で、この E_{x2} を計算する。
p26 (2.1) の実験式より 8mの時の100MHzでの $\Gamma(h_2)$ は 約6.48(真数)とおまる。
一方、ビル上部を越えてくる電波の都市減衰は前式では計算できないので 1とする。

すなわち、

$$E_{x2} = \left|\frac{1}{6.48}\right| \fallingdotseq 2.08$$

となる。

すなわち、

$$E_{x2(1)} > E_{x2}$$

となり、新しくモデル化した式

$$E_{x2} = \left(\frac{H}{h_2}\right)^{\frac{K(h_2)}{15}}$$

は、もともとの E_{x2} の値を越え、ビルが出来た為に写りがよくなるということになる。
この現象は実際にはありえないので、上限を、もともとの値

$$E_{x2} = \left|\frac{\Gamma(H)}{\Gamma(h_2)}\right|$$

とする。
この値は、ほぼ

$$10^{\frac{K(h_2)}{20}}$$

となる。

$\underbrace{SL}_{小} = \ominus \log \underbrace{L_{\text{が来}}}_{大}$
$= \log (L_{\text{が来}})^{-1}$
$= \log \frac{1}{(L_{\text{が来}})_{\to 大}}$

P27 受信高(h_2)と周波数(f)による上限の設定

$$\boxed{E_{x2} > K(h_{20})^{0.6} \text{ の時は } E_{x2} = K(h_{20})^{0.6}} \quad \cdots(3.1)$$

ビルの高さによる上限の設定後(S)、h_2 と f による上限の設定を行う。

$$K(h_{20}) = 4\left(\frac{f}{25}\right)^{\frac{1}{3}}\left\{1 - \log\left(\frac{h_2}{8}\right)^2\right\}$$

の式において $h_2 = 8$ mとして算出する。

f [MHz]	$K(h_{20})$ [dB]	$K(h_{20})^{0.6}$ (真数)	$K(h_{20})^{0.6}$ [dB]
100	6.35	3.03	9.6
200	8.0	3.48	10.8
600	11.54	4.34	12.7
		↑ $= E_{x2}$ (真数)	↑ $= E_{x2}$ [dB]

条件①と条件②はSの為、この値以上には都市減衰の改善効果はない。

その他の h_2 に対しての値は、テキスト P27 *1 参照のこと。

例　題

P27 例題

$$\left(\frac{H}{h_2}\right)^{\frac{K(h_2)}{15}} > 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \rightarrow E_{x2} = 10^{\frac{K(h_2)}{20}}$$

$$E_{x2} > K_{(h_{20})}^{0.6} \rightarrow E_{x2} = K_{(h_{20})}^{0.6}$$

$H = 45\,m$, $h_2 = 8\,m$, $K(h_2) = 10\,dB$ の時

E_{x2} は条件①12より $E_{x2} = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} = 10\,[dB]$

この時の $K_{(h_{20})}^{0.6}$ は $K_{(h_{20})}^{0.6} = 9.6\,[dB/100MHz]$

したがって、

$E_{x2} > K_{(h_{20})}^{0.6}$

であるから

$E_{x2} = 9.6\,[dB]$

として取り扱う。

$H = 45\,m$, $h_2 = 8\,m$, $K(h_2) = 18\,dB$ の時

$E_{x2} = \left(\frac{45}{8}\right)^{\frac{18}{15}} = 17.96\,[dB]$

$K_{(h_{20})}^{0.6} = 9.6\,[dB/100MHz]$

したがって

$E_{x2} > K_{(h_{20})}^{0.6}$

であるから

$E_{x2} = 9.6\,[dB]$

P28.

$$d_{h_2} = \frac{12 h_1 h_2}{\lambda}\ [m]$$

位相回折損失は

位相損失 $= -20 \log 2S$

$$2S \fallingdotseq 2\left|\sin\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right|$$

で表わされ、この距離特性は振動する。

これを、平均化とモデル化して扱う。

sinの項の中が $\frac{\pi}{6}$ 以上の時の d は、

$$\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \geqq \frac{\pi}{6}$$

$$d = \frac{12 h_1 h_2}{\lambda}\ [m]$$

となり、この時の大地反射係数 $\dot{R} = 0$

これより遠い時は $\dot{R} = -1$ とする。

そして、

$$d = \frac{12 h_1 h_2}{\lambda}$$

となる距離を d_{h_2} と呼ぶ。

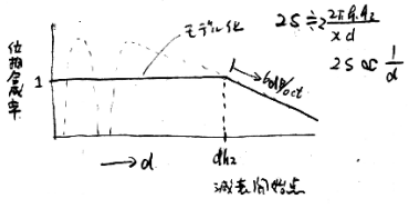
ここで、

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

を代入すると、

$$d_{h_2} = \frac{f h_1 h_2}{25}$$

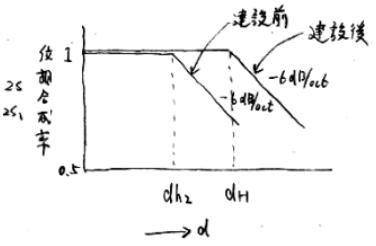
となる。



dh2 と dh の距離特性

P28

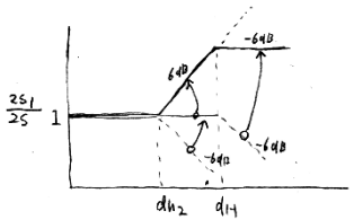
dh2 と dH の距離特性



連設前と連設後の位相合成率の比をとれば

$\frac{2S_1}{2S} = Ex1$

となる。グラフでは



$dh_2 < dH$

$\frac{f h_1 h_2}{25} < \frac{f h_1 H}{25}$

P28

Ex1 の距離特性を求める

$Ex1 = \frac{\text{ビル頂部に到来する希望波の位相合成率}}{\text{受信点}\quad〃}$

$= \frac{2S_1}{2S}$

$2S_1 = 2\sin\frac{2\pi h_1 e H e}{\lambda d_1}$

$2S = 2\sin\frac{2\pi h_1 e h_2 e}{\lambda d_1}$

において、sinの項が $\frac{\pi}{2}$ (つまり、大地反射がない)の時

$2S_1 = 2\cdot\frac{1}{2} = 1$, $2S = 1$

となり、それ以外は、

$2S_1 \fallingdotseq 2\cdot\frac{2\pi h_1 H}{\lambda d_1 e}$

$2S = 2\cdot\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d_1 e}$

として取り扱う。

① $d_1' < dh_2$ の時

大地反射を無視して、$2S_1 = 2S = 1$ とする。

$\therefore Ex1 = 1$

② $dh_2 \leqq d_1' \leqq dH$

$2S_1 = 1$, $2S = 2\cdot\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d_1 e}$

$Ex1 = \frac{\lambda d_1 e}{4\pi h_1 h_2} = \frac{\frac{300}{f} d_1 e}{4\pi h_1 h_2} = \frac{300}{4\pi}\cdot\frac{d_1 e}{f h_1 h_2}$ (300/f = 25)

$= \frac{d_1 e}{\frac{f h_1 h_2}{25}} = \frac{d_1 e}{dh_2}$

③ $d_1' > dH$

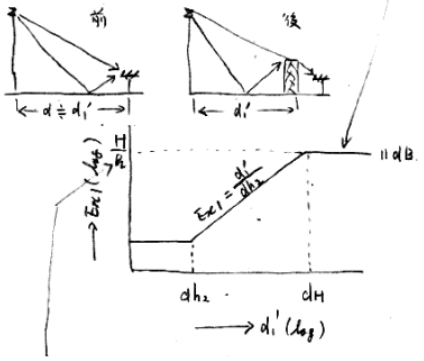
$2S_1 = 2\cdot\frac{2\pi h_1 H}{\lambda d_1 e}$ $2S = 2\cdot\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d_1 e}$

$Ex1 = \frac{\frac{2\pi h_1 H}{\lambda d_1 e}}{\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d_1 e}} = \frac{H}{h_2}$

Ex1 の距離特性

P28

Ex1 の距離特性



$\frac{d_1'}{dh_2}$ において $d_1' = dH$ の時一定

$$\frac{d_1'}{dh_2} = \frac{dH}{dh_2} = \frac{f h_1 H}{25} \Big/ \frac{f h_1 h_2}{25} = \frac{H}{h}$$

○ 上限の設定

$$E_{x1} = \frac{d_1'}{dh_2} = 11\,[dB] \cdots 3.548\,[真数]$$

$$d_1' = 3.548 \cdot \frac{f h_1 h_2}{25} \fallingdotseq \frac{f h_1 h_2}{7}$$

○ Ex1 の設定

条件①

$d_{1e} \leqq \underbrace{\frac{f h_1 h_2}{7}}_{=d_1'}$ の時 $d_1' = d_{1e}$

d_{1e} の実効TR間距離が TR間実距離より短かい時は，d_{1e} を採用．

$d_{1e} > \frac{f h_1 h_2}{7}$ の時 $d_1' = \frac{f h_1 h_2}{7} = d_1'$

d_{1e} の実効TR間距離は，d_1' 以上にはしない．

条件②

$d_1' < dh_2 \longrightarrow E_{x1} = 1$

$dh_2 < d_1' < dH \rightarrow E_{x1} = \frac{d_1'}{dh_2}$

$d_1' > dH \longrightarrow \frac{H}{h_2}$

P30

$$\psi(x_y) \fallingdotseq \frac{1}{k_t \cdot x_y} = \frac{1}{k_t}\sqrt{\frac{\lambda d_2}{\pi}} \cdot \frac{1}{y} \cdots ②$$

y をしゃへい高として $d_1 \gg d_2$ とすると

しゃへい係数 x_y は，

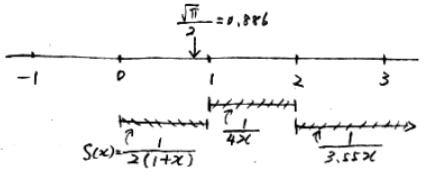
$$x_y = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}} \cdot y \fallingdotseq \sqrt{\frac{\pi}{\lambda d_2}} \cdot y \cdots ①$$

となる。

ここで，x が振動す部分のフレネル積分の解は，

$x > \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の条件について代数近似式により

おめる．



代数近似式の使用範囲 [P3 表1.1(2)]

$$\psi(x) = S(x) \cdot e^{j\phi(x)}$$

において，今位相項を除くと

$$\psi(x) = S(x)$$

となり，条件 $\sqrt{\pi}/2$ より大きい $S(x)$ を

おめると

$$S(x) = \frac{1}{4x} \text{ 或 } \frac{1}{3.55x}$$

となる。

したがって，

$$\psi(x_y) = \frac{1}{(4 \sim 3.55)} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi}{\lambda d_2}} \cdot y}$$

ここで，

$k_t = 4 \sim 3.55$

とすれば，

$$\therefore \psi(x_y) = \frac{1}{k_t}\sqrt{\frac{\lambda d^2}{\pi}} \cdot \frac{1}{y}$$

ビル両側からくる電波による受信電界

P30

$$\overline{L_W} = \frac{4 R_W}{h_t \cdot W}\sqrt{\frac{\lambda d_2}{\pi}} \quad \cdots ③, ④$$

ビル両側から到来する電波による受信電界 $\dot{E}_W$

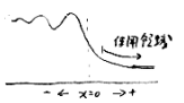
$$|\dot{E}_W| = \left|\Gamma(h_2)\{\psi(x_{b1}) + \psi(x_{b2})\}\{\varepsilon^{j\theta_H} + \dot{R}\varepsilon^{j\theta_H}\}\dot{E}_0\right|$$

しゃへい板のない時の受信電界 $\dot{E}_e$ を導入する.

$$|\dot{E}_W| = \left|\{\psi(x_{b1}) + \psi(x_{b2})\}\dot{E}_e\right|$$

$\dot{E}_W$ の振動する項を平均化した電界を $\overline{E_W}$ とする.

$|\dot{E}_W| \fallingdotseq \overline{E_W}$



今, $x > \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の伝搬領域では平均化しても, ほとんど差と同じである.

$\overline{E_W}$ を中心鉄上の電界 E_{W0} で表わすと

$b_1 = \frac{W}{2} = b_2$ として

$$\overline{E_W} = R_W \cdot E_{W0} = R_W\left|\{\psi(x_{\frac{W}{2}}) + \psi(x_{\frac{W}{2}})\}\dot{E}_e\right| = R_W\left|2\psi(x_{\frac{W}{2}})\dot{E}_e\right|$$

ここで"

$$\psi(x_{\frac{W}{2}}) = \frac{1}{h_t}\sqrt{\frac{\lambda d^2}{\pi}} \cdot \frac{2}{W}$$

を代入する.

$$\overline{E_W} \fallingdotseq 2 \cdot \frac{R_W}{h_t}\sqrt{\frac{\lambda d^2}{\pi}} \cdot \frac{2}{W} \cdot |\dot{E}_e| = \frac{4}{W} \cdot \frac{R_W}{h_t} \cdot \sqrt{\frac{\lambda d^2}{\pi}} \cdot |\dot{E}_e|$$

ただし,

R_W ; $|\dot{E}_W| \rightarrow E_{W0}$ に変換する定数 (実測値)

したがって, ビル横幅 W による 振動を無くしたしゃへい率 $\overline{L_W}$ は

$$\overline{L_W} = \left|\frac{\overline{E_W}}{\dot{E}_e}\right|$$

$$\therefore \overline{L_W} = \frac{4}{W} \cdot \frac{R_W}{h_t}\sqrt{\frac{\lambda d^2}{\pi}}$$

となる.

P30

$$\overline{L_H} = \frac{E_x}{h_t(H-h_2)} \cdot \sqrt{\frac{\lambda d_2}{\pi}} \quad \cdots ⑤, ⑥$$

ビル上部から到来する電波による受信電界 $\dot{E}_H$

$$\dot{E}_H = \Gamma(H) A_{(1\sim4)}\{1 - \psi(x_{b1}) - \psi(x_{b2})\}\dot{E}_0$$

ここで", $b_1 = b_2 = \frac{W}{2}$ とおくと

$$\{1 - \psi(x_{b1}) - \psi(x_{b2})\} = \{1 - 2\psi(x_{\frac{W}{2}})\}$$

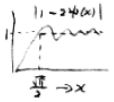
となる.

さらに, $\overline{L_W}$ を求めた時と同様に.

$$x_{\frac{W}{2}} > \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

とすれば", p16 図3.3により振動する項を平均化し,

$$\{1 - 2\psi(x_{\frac{W}{2}})\} \fallingdotseq 1$$



となる.

$$\overline{E_H} = \Gamma(H) A_{(1\sim4)} \dot{E}_0$$

ビル高によるしゃへい率 $\overline{L_H}$ は,

$$\overline{L_H} = \frac{\overline{E_H}}{\dot{E}_e} = \frac{\Gamma(H) A_{(1\sim4)} \dot{E}_0}{\Gamma(h_2)\{\varepsilon^{j\theta_H} + \dot{R}\varepsilon^{j\theta_H}\}\dot{E}_0}$$

ここで"

$$\frac{\Gamma(H)}{\Gamma(h_2)} = E_{x2}$$

$$\frac{A_{(1\sim4)}}{\psi(x_{a1})\{\varepsilon^{j\theta_H} + \dot{R}\varepsilon^{j\theta_H}\}} = E_{x1}$$

であるから

$$\overline{L_H} = E_{x1} \cdot E_{x2} \cdot \psi(x_{a1})$$



電波がビルに水平に到来したとすれば"

$$x_{a1} = x_{H-h_2}$$

$$\overline{L_H} = E_{x1} \cdot E_{x2}\psi(x_{H-h_2})$$

ここで"

$$E_x = E_{x1} \cdot E_{x2}$$

$$\psi(x_{H-h_2}) = \frac{1}{h_t}\sqrt{\frac{\lambda d_2}{\pi}} \cdot \frac{1}{H-h_2} \quad \cdots \text{P30 ②}$$

を代入する.

$$\therefore \overline{L_H} = \frac{E_x}{h_t(H-h_2)} \cdot \sqrt{\frac{\lambda d_2}{\pi}}$$

ただし, $E_x > 10$ の時は $E_x = 10$ (20dB) に上限を設定する. (実測値)

電波が水平入射した時の障害距離

P30：電波が水平入射した時の障害距離

$$\boxed{d_2' \fallingdotseq \frac{f\,w\,(H-h_2)}{6\left\{\frac{E_x^2 w}{H-h_2}+\frac{16(H-h_2)}{w}\right\}}\cdot 10^{-\left(\frac{SL}{10}\right)}} \quad \cdots ⑦$$

ビル建設前後における受信電界の比 L（振動をなくした（もへい率），$\bar{L}_w$ と $\bar{L}_H$ の電力和で近似できる．

$$\bar{L} = \sqrt{\bar{L}_w^2 + \bar{L}_H^2}$$

$$= \left\{\left(\frac{4k_w}{k_t\cdot w}\sqrt{\frac{\lambda d_2'}{\pi}}\right)^2 + \left(\frac{E_x}{k_t(H-h_2)}\sqrt{\frac{\lambda d_2'}{\pi}}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{\lambda d_2'}{k_t^2\pi}\underbrace{\left\{\left(\frac{4k_w}{w}\right)^2+\left(\frac{E_x}{H-h_2}\right)^2\right\}}_{=A}\right]^{\frac{1}{2}}$$

この式から d_2' を求める．

$$\bar{L}^2 = \frac{\lambda d_2'}{k_t^2\pi}A$$

$$d_2' = \frac{k_t^2\cdot\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{A}\bar{L}^2$$

$$= \frac{k_t^2\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{\left(\frac{4k_w}{w}\right)^2+\left(\frac{E_x}{H-h_2}\right)^2}\cdot\bar{L}^2$$

$$= \frac{k_t^2\pi}{\lambda}\cdot\frac{w^2(H-h_2)^2}{16k_w^2(H-h_2)^2+E_x^2w^2}\cdot\bar{L}^2$$

$$= \frac{k_t^2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\frac{w^2(H-h_2^2)}{w(H-h_2)}}{\frac{16k_w^2(H-h_2)^2}{w(H-h_2)}+\frac{E_x^2w^2}{w(H-h_2)}}\cdot\bar{L}^2$$

$$\therefore d_2' = \frac{k_t^2\pi}{\lambda}\cdot\frac{w(H-h_2)}{\frac{E_x^2}{H-h_2}+\frac{16k_w^2(H-h_2)}{w}}\cdot\bar{L}^2$$

ここで，

$\lambda = 300/f$，$k_t = 3.99$，$k_w = 1$

$$d_2' \fallingdotseq \frac{f\cdot 3.99^2\cdot\pi}{300}\cdot\frac{w(H-h_2)}{\frac{E_x^2}{H-h_2}+\frac{16\cdot 1^2\cdot(H-h_2)}{w}}\cdot 10^{-\left(\frac{SL}{10}\right)}$$

$$\therefore d_2' = \frac{f\,w\,(H-h_2)}{\underbrace{6}_{=5.998}\left\{\frac{E_x^2}{H-h_2}+\frac{16(H-h_2)}{w}\right\}}\cdot\underbrace{10^{-\left(\frac{SL}{10}\right)}}_{=L^2}$$

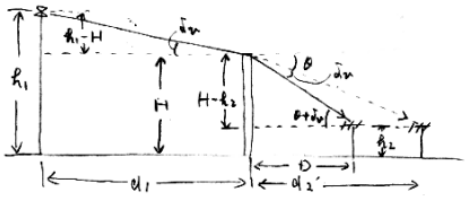
dB

$SL = -20\log L \qquad -\frac{SL}{10} = \log L^2$

P30　障害距離

$$\boxed{D_2 = \frac{1}{\frac{1}{d_2'}+\frac{1}{d_{h20}}}} \quad \cdots ⑧$$

電波が水平に入射した時の障害距離 d_2' を仰角（δ_v）による補正し求める．



① 水平入射の時

$$\tan\theta = \frac{H-h_2}{d_2'} \fallingdotseq \theta$$

② 仰角 δ_v の時

$$\tan\delta_v = \frac{h_1-H}{d_1} \fallingdotseq \delta_v$$

③ 仰角補正をした場合

$$\tan(\theta+\delta_v) = \frac{H-h_2}{D_2} \fallingdotseq \theta+\delta_v$$

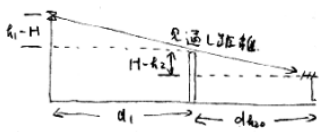
④ 以上により

$$\theta+\delta_v = \frac{H-h_2}{d_2'}+\frac{h_1-H}{d_1} = \frac{H-h_2}{D_2}$$

$$D_2 = \frac{H-h_2}{\frac{H-h_2}{d_2'}+\frac{h_1-H}{d_1}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{d_2'}+\underbrace{\frac{h_1-H}{d_1(H-h_2)}}_{=d_{h20}\text{（見通し距離）}}}$$

$$\therefore D_2 = \frac{1}{\frac{1}{d_2'}+\frac{1}{d_{h20}}} \quad [m]$$

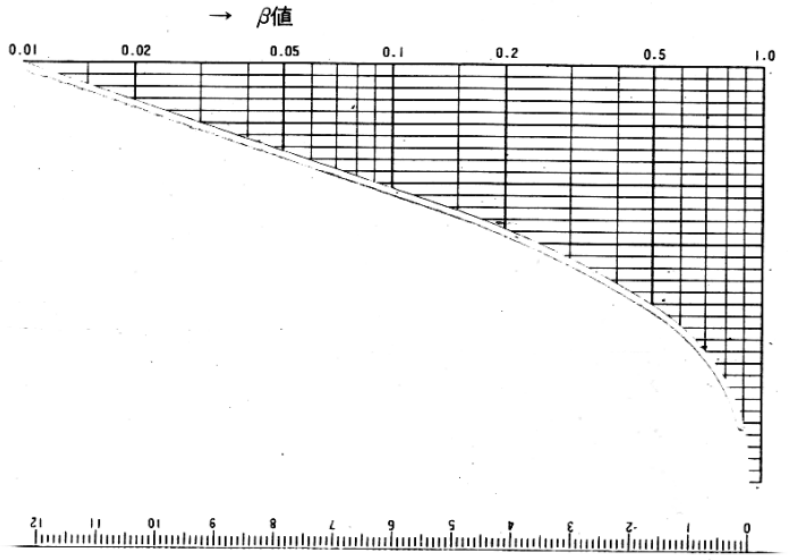


$$\frac{h_1-H}{d_1} = \frac{H-h_2}{d_{h20}}$$

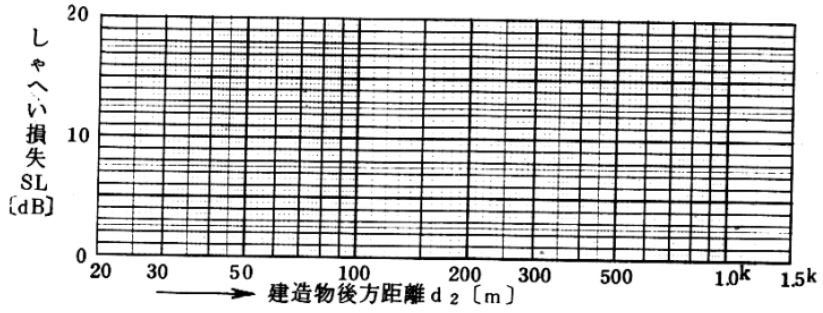
$$d_{h20} = \frac{H-h_2}{h_1-H}d_1$$

遮蔽損失距離特性カーブ

しゃへい損失距離特性カーブを描くスケール



3. 建造物からの後方距離 d_2〔m〕に対するしゃへい損失ＳＬ〔ｄＢ〕カーブ



（参考）フレネル積分

フレネル積分

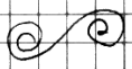
$$S(x)=\int_0^x \sin\left(\frac{\pi}{2}t^2\right)dt$$

$$=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n\left(\frac{\pi}{2}\right)^{2n+1}}{(2n+1)!(4n+3)}x^{4n+3}$$

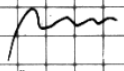
$$C(x)=\int_0^x \cos\left(\frac{\pi}{2}t^2\right)dt$$

$$=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n\left(\frac{\pi}{2}\right)^{2n}}{(2n)!(4n+1)}x^{4n+1}$$

＊これらの式において，
S(x) を x 軸
C(x) を y 軸
にプロットすれば，コルヌのスパイラル
が得られる．



＊また，
積分変数 t を x 軸に
S(x) を y 軸
にプロットすれば，



が得られる．

２．ビルによる反射障害（筆者講義レジュメ）

以降の各項目は、筆者が東北本部に勤務していた時に建造物障害の予測手法が開発され、上記ガイドブックが発行された。その手法は電波伝搬を基に電波の性質を利用したものであり、現場でも良い結果が得れた。

しかし、その理論は複雑で内容を深く理解するのは難しかった。そこで筆者は、その理論をガイドブックに沿って解析し、域内や全国の受信技術職員を初めとして、各所で講習会やセミナーで講演し、普及に努めた。

以下の原稿はその際に筆者が使用したメモである。したがって、数式の導出などの途中過程も記述してある。

このガイドブックの内容は 1981（昭和 56）年に開発されたものであるから、最終評価はアナログ時代の DU 比を用いているが、デジタル時代になっても電波伝搬そのものは変わることは無いので十分活用できる。

ただし、最終の画質評価ではデジタル放送特有の評価方法（ビットエラー等）を導入する必要が有る。

ビルによる反射

1. 最終的に何を求めるか？

(1) 受信アンテナでの D/U を求める。

[P22 (3.23)式]

$$D/U = -(K(h_1)+D_1)+\left(K(h_0)+K_U(h_2)+D_2+\eta+D_{(\theta)ANT}\right)+20\log_{10}\left(\frac{d_1+d_2}{d}\left|\frac{\dot{\varepsilon}^{j\theta h}+\dot{R}\dot{\varepsilon}^{j\theta h}}{A_{CC(1-\alpha)}\cdot B}\right|\right)$$

(2) 反射波の減衰特性を求める。

[page 41 fig 4.18] A ～ E 点、 [p40 左下]

2. D/U の式を求めるにはどうしたらよいか？

(1) 希望波の受信電界強度

$$E_D = 10^{-\frac{D_1}{20}}\cdot\left|\dot{\varepsilon}^{j\theta h}+\dot{R}\dot{\varepsilon}^{j\theta h}\right|\cdot E_0 \quad [P20\ (3.15)式]$$

(2) 反射波の受信電界強度

$$E_U = 10^{-\frac{(D_2+\eta)}{20}}\cdot\left|A_{C(1-\alpha)}\cdot B\right|\frac{d}{d_1+d_2}E_0 \quad [P20\ (3.16)式]$$

3. 受信点での反射波強度を求めるには？

反射板を電波の窓と考え、この窓を通過する量を求める。

(1) 反射板が大きい場合（近い場合，Fresnel 領域）

$$\dot{E} = \{1-2\Psi(x_a)\}\{1-2\Psi(x_b)\}\dot{E}_0 \quad [P16\ (2.2)式]$$

(2) 反射板が小さい場合(遠い場合, 直線で扱える領域, fraunhofer 領域)

$$E_u = \frac{a_e b_e}{\lambda d_2} \cdot D(\delta_v, \delta_h) \cdot E$$ [p21 (3.5)式]

(3) 反射板は指向特性を持つ

反射波は垂直指向特性を考え, 水平面内は最大方向を考え幅を補正.

$$D(\delta_v) \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{2}u}$$ [p17 (3.8)式]

(4) 反射波は距離による減衰特性を持つ [p41 Fig4.18]

① 有限長反射板によるもの … d_{2A}', d_{2B} [p18 (3.10)式]

② 反射面垂直指向性 〃 … d_{2D} [p19 左下]

③ 〃 の終了点 … d_{2E} [p19 (3.13)式]

④ 反射波と大地反射波の位相損失 … d_{2C}' [p21 左中]

> 指向特性を距離特性に変換

4. 都市減衰を導入する

$$E_{De} = \Gamma(h_2) \cdot E_D$$ [p21 (3.19)式]

$$E_{ue} = \Gamma(h_0) \cdot \Gamma_u(h_2) \cdot E_u$$ [p21 (3.20)式]

5. 受信アンテナの反射方向指向性を導入する.

$$D/U = 20\log_{10}\left(\frac{E_{De}}{E_{ue}}\right) + D(\theta)_{ANT}$$ [p22 (3.21)式]

6. 都市減衰をdB表示にする. [p22 右上]

$\Gamma(h_2) \to K(h_2)$, $\Gamma(h_0) \to K(h_0)$, $\Gamma_u(h_2) \to K_u(h_2)$

---

7. 障害距離を求めるには
(原理式から実用式へ…)

(1) 各項目の扱い

① 都市減衰のうち $K_u(h_2)$

$$K_u(h_2) = f(d_2)$$ ……[p34, Fig4.2]

② 大地反射波

$$E_{x1} = \frac{d_1}{d_{h2}}$$ ……[p35, (4.3)]

③ 受信アンテナ周辺の障害物の作用

$$D(\theta)_{ANT} = D(\theta)_{ANT}' + K_A$$ …[p36, (4.4)]

④ 反射面の条件

・反射板, 実効値な横幅

b_e, η_e, K_η ……[p37, 表4.1, 表4.2]

・反射面指向性

ブロードになる ……[p38, Fig4.8]

・反射面中心高と縦幅

$h_0 \fallingdotseq \frac{H+h}{2}$, $a \fallingdotseq H-h$ …[p38]

(2) 実用化式

① 反射方向中線線上での受信アンテナ D/U

$$\frac{D}{U} = \eta_e + D(\theta)_{ANT} + K(h_0) - 20\log(E_{x1} \cdot 2S_u \cdot \beta_n A_e \cdot \beta_{e0})$$ …[p39, (4.6)]

② 特定点について

- A点, d_{2A}, A_e
- B点, d_{2B}, β_{e0}
- C'点, C点, d_{2C}, $2S_u$
- D点, E点, β_n

③ 障害片幅

$$\frac{w_0}{2} = 10^{\frac{\eta_e}{20}} \cdot \frac{w_0}{2}$$ ……[p39, (4.7)]

(3) 障害予測図

① DUヒヒカーブ

② モデル化したDUヒヒカーブ

③ 予裕度 γ

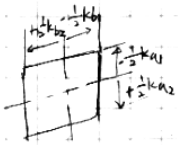
④ 障害予測範囲

反射障害項目（詳細）

窓からの回折波強度の基本式
垂直面指向性
反射波強度の距離特性
減衰開始点距離
減衰特性を求める反射板の条件
距離に直した垂直面指向特性
平面大地における反射
受信点での反射波電界強度
位相損失の開始点
ＤＵ比の算出
都市減衰の取り扱い
実用化式
反射波のＤＵ比
反射板の反射損、透過損
半波長ダイポールアンテナの実行面積

P16

$E_{un} = a_{x_a} \cdot a_{x_b} \cdot E_0$ のフレネル積分特定解 …(3.3)

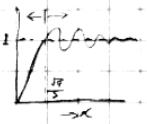


見通し線が穴の中心を通る場合
穴からの受信電界（$\dot{E}$）は，

$$\dot{E} = \{1 - 2\Psi(x_a)\}\{1 - 2\Psi(x_b)\}\dot{E}_0$$

ここで，振動する項を平均化すると反射波強度（E_{un}）は，

$$E_{un} = a_{x_a} \cdot a_{x_b} \cdot E_0$$



この式の条件について，

① $x_a, x_b \geqq \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ のときは，$|1-2\Psi(x)|$ の近似により，その振幅 a_{x_a}, a_{x_b} は 1 になる。

② $x_a, x_b < \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の時はフレネル積分の特定解

$$|\Psi(x_a) - \Psi(x_b)| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}|x_b - x_a|$$

により求める。

$$\dot{E} = \{1 - \Psi(x_{a1}) - \Psi(x_{a2})\}\dot{E}_0$$
$$= \Psi(x_{a1}) = \Psi(-x_{a1})$$
$$= \{\Psi(-x_{a1}) - \Psi(x_{a2})\}\dot{E}_0$$

ここで，まず x_a を求める。この場合，便宜的に中心線から上側の x_a を $x_{a1} = -\frac{1}{2}ka$，下側を $x_{a2} = \frac{1}{2}ka$ とする。

$$|\Psi(x_{a1}) - \Psi(x_{a2})| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left|\underbrace{\left(+\tfrac{1}{2}ka\right)}_{=x_{a2}} - \underbrace{\left(-\tfrac{1}{2}ka\right)}_{=x_{a1}}\right|$$
$$= \frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{a}{2}$$

同様に，

$$x_{b1} = \frac{1}{2}kb,\quad x_{b2} = -\frac{1}{2}kb$$

$$|\Psi(x_{b1}) - \Psi(x_{b2})| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left|\left(+\tfrac{1}{2}kb\right) - \left(-\tfrac{1}{2}kb\right)\right|$$
$$= \frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{b}{2}$$

$$1 - 2\Psi(x_a) = \Psi(-x_a) - \Psi(x_a)$$

P17

$$E_u \fallingdotseq \frac{a\,b}{\lambda\, d_2}\dot{E} \quad \cdots(3.4)$$

振動する項を平均化した反射波強度（E_{un}）は，

$$E_{un} = a_{x_a} \cdot a_{x_b} \cdot E_0$$

ただし，反射板が大きい時

$x_a, x_b \geqq \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の時 $a_{x_a}, a_{x_b} = 1$

反射板が小さい時

$x_a, x_b < \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の時 $\begin{cases} a_{x_a} = \frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{a}{2} \\ a_{x_b} = \frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{b}{2} \end{cases}$

今，$d_1 >> d_2$ で，かつ，反射板が小さい時は

$E_{un} = a_{x_a} \cdot a_{x_b} \cdot E_0$ に条件 a_{x_a}, a_{x_b} を代入

$$E_{un} = \underbrace{\frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{a}{2}}_{a_{x_a}} \cdot \underbrace{\frac{2k}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{b}{2}}_{a_{x_b}} \cdot E_0$$

$$= \frac{a \cdot b}{\pi} \cdot k^2 \cdot E_0$$

ここで，

$$k = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}}$$

$$= \frac{a \cdot b}{\pi} \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{(d_1 + d_2)}{d_1 d_2} E_0$$

$$= \frac{a \cdot b}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right) E_0$$

ここで，

$d_1 >> d_2 \longrightarrow \frac{1}{d_1} \ll \frac{1}{d_2}$

$\therefore E_u \fallingdotseq \frac{a \cdot b}{\lambda\, d_2} E_0$

窓からの回折波強度の基本式

P17

$$D(\delta_n) = \left| \frac{\sin u}{u} \right| \quad \cdots (3.6)$$

多段送信アンテナにおいて，各段を同振幅同位相で給電したときの垂直面内指向性

$$D(\theta) = -20\log_{10} \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda} N \sin\theta\right)}{N \sin\left(\frac{\pi l}{\lambda} \sin\theta\right)} \right| \cdot F(\theta) \quad [\mathrm{dB}]$$

ここで，

N ：アンテナ段数

l ：アンテナ間隔

上記の式において，$\frac{\pi l}{\lambda}\sin\theta$ が小さいとすると

$$\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda}\sin\theta\right) \fallingdotseq \frac{\pi l}{\lambda}\sin\theta$$

となる．しかし，分子の sin の内には N 倍されているため省略できない．

$$D(\theta) = -20\log_{10} \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda} N \sin\theta\right)}{N \cdot \frac{\pi l}{\lambda}\sin\theta} \right| \cdot F(\theta)$$

ここで，放射最大の場合は

$l = a$　　$\theta = \delta_n$

$N = 1$

$F(\theta) = 1$

とすれば

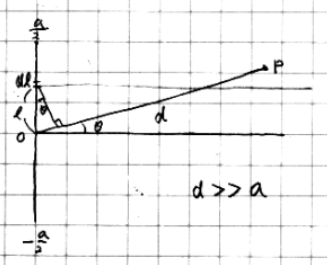
$$D(\theta) = -20\log \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\delta_n\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\delta_n} \right|$$

$\frac{\pi a}{\lambda}\sin\delta_n = u$ とすれば

$$D(\theta) = -20\log \left| \frac{\sin u}{u} \right| \quad \cdots (3.6)$$

P17

$$D(\theta) = \left| \frac{\sin u}{u} \right| \quad \cdots (3.6)$$



$d >> a$

0点から l[m] の点，dl なる微小長さを考える．この dl により，P点に生ずる電界 E' は，

$$E' = E_{dl}\, e^{j\beta l \sin\theta}$$

であり，P点の電界 E は，

$$E = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} E'\, dl$$

$$= \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} E_{dl}\, e^{j\beta l\sin\theta}\, dl$$

$$= E_{dl} \frac{1}{-j\beta\sin\theta} \left[e^{j\beta l\sin\theta} \right]_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}$$

$$= \frac{e^{j\beta\frac{a}{2}\sin\theta} - e^{j\beta(-\frac{a}{2})\sin\theta}}{-j\beta\sin\theta} E_{dl}$$

$\left[e^{jx} - e^{-jx} = 2j\sin x \right]$

$$= \frac{2j\sin\left(\beta\frac{a}{2}\sin\theta\right)}{j\beta\sin\theta} E_{dl}$$

$$= \frac{\sin\left(\frac{\beta}{2}a\sin\theta\right)}{\frac{\beta}{2}\sin\theta} E_{dl}$$

$\theta = 0$ なる方向の電界は

$$E_0 = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} E'_{(\theta=0)}\, dl = E_{dl} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} dl = E_{dl}\left[\frac{a}{2} - \left(-\frac{a}{2}\right)\right]$$

指向性は

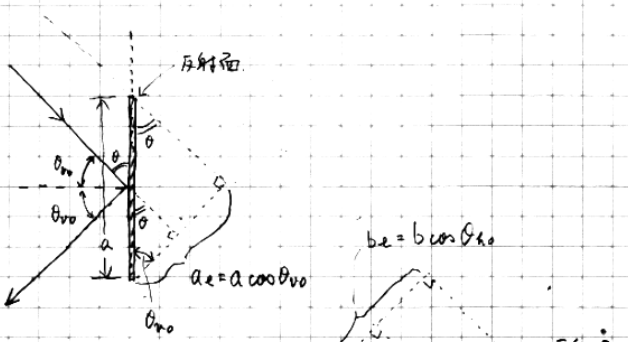
$$D(\theta) = \left| \frac{E}{E_0} \right| = \left| \frac{\sin\left(\frac{\beta}{2}a\sin\theta\right)}{\frac{\beta}{2}a\sin\theta} \right|$$

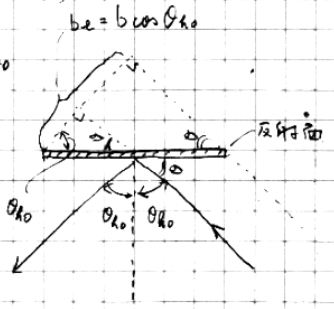
$$= \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda}a\sin\theta\right)}{\underbrace{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta}_{=u}} \right| = \left| \frac{\sin u}{u} \right|$$

垂直面指向性

P17

$a_e = a\cos\theta_{v0}$, $b_e = b\cos\theta_{h0}$





P18

$$D(\delta_v) = \left| \frac{\lambda}{\pi a \delta_v} \cdot \sin\frac{\pi a \delta_v}{\lambda} \right| \quad \cdots (3.7)$$

反射板の指向特性は，

$$E_u = \frac{a_e b_e}{\lambda d_2} \cdot D(\delta_v, \delta_h) E$$

ここで，

$$\begin{cases} a_e = a\cos\theta_{v0} \\ b_e = b\cos\theta_{h0} \\ D(\delta_v, \delta_h) = \dfrac{\sin u_v}{u_v} \cdot \dfrac{\sin u_h}{u_h} \end{cases}$$

ただし，

$$\begin{cases} u_v = \dfrac{\pi a_e}{\lambda}(\sin\theta_v \cdot \cos\theta_{v0} - \sin\theta_{v0} \cdot \cos\theta_{v0}) \\ u_h = \dfrac{\pi b_e}{\lambda}(\sin\theta_h \cdot \cos\theta_{h0} - \sin\theta_{h0} \cdot \cos\theta_{h0}) \end{cases}$$

電波が反射板に垂直に入射する時は，

$\theta_{v0} = \theta_{h0} = 0 \rightarrow \sin\theta_{v0} = 0, \sin\theta_{h0} = 0$

今，垂直面内の指向特性を考えるとすれば，

$\theta_{h0} = 0$, $\delta_h = 0$ $\theta_h = \theta_{h0} + \delta_h$

であるから

$\sin\theta_h = 0$, $\cos\theta_h = 1$

となり，上の u_v , u_h は，

$$\begin{cases} u_v = \dfrac{\pi a_e}{\lambda}(\sin\theta_v \cdot \underbrace{\cos\theta_{v0}}_{=1} - \underbrace{\sin\theta_{v0}}_{=0} \cdot \underbrace{\cos\theta_{h0}}_{=1}) \\ u_h = \dfrac{\pi a_e}{\lambda}(0 \cdot \cos\theta_v - 0 \cdot \cos\theta_{v0}) = 0 \end{cases}$$

$$u_v = \frac{\pi a_e}{\lambda}\sin\theta_v$$

$$= \frac{\pi a}{\lambda}\sin(\underbrace{\theta_{v0}}_{=0} + \delta_v)\underbrace{\cos\theta_{v0}}_{=0}$$

$$\therefore \boxed{u_v = \frac{\pi a}{\lambda}\sin\delta_v}$$

ここで，δ_v が極く小さい範囲とすれば，

$\sin\delta_v \fallingdotseq \delta_v$

また，$D(\delta_v, \delta_h)$ の式において，$u_h = 0$ であるから

$$\lim_{u_h \to 0} \frac{\sin u_h}{u_h} = 1$$

となり，

$$D(\delta_v) = \left| \frac{\sin u_v}{u_v} \right| \cdot 1$$

$$\therefore D(\delta_v) \fallingdotseq \frac{\lambda}{\pi a \delta_v} \cdot \sin\frac{\pi a \delta_v}{\lambda}$$

反射波強度の距離特性

P18　反射板の近く（Fresnel領域）の式

$$\boxed{E_u = \left\{\frac{1}{2} - \psi(x_a)\right\}\left\{1 - 2\psi(x_b)\right\} E_0} \quad \cdots (3.9)$$

$$\dot{E} = \left\{1 - \psi(x_{a1}) - \psi(x_{a2})\right\} \cdot \left\{1 - \psi(x_{b1}) - \psi(x_{b2})\right\} \cdot \dot{E}_0$$

ここで，

$$\begin{cases} x_{a1} = k a_1 \\ x_{a2} = k a_2 \end{cases} \quad \begin{cases} x_{b1} = k b_1 \\ x_{b2} = k b_2 \end{cases}$$

であるが，

$$a_1 = a, \quad a_2 = 0$$

とおくと，

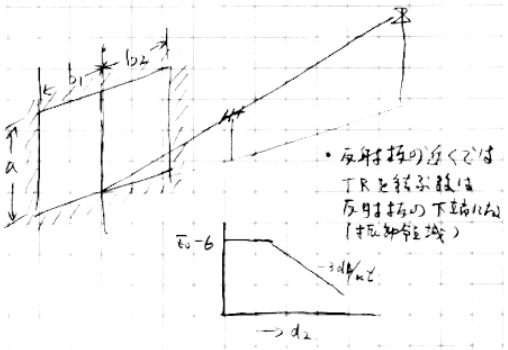
$$\dot{E} = \left\{1 - \psi(x_a) - \psi(0)\right\} \cdot \left\{1 - \psi(x_b) - \psi(x_b)\right\} \dot{E}_0$$

ここで，フレネル積分の特定解により

$$\psi(0) = \frac{1}{2}$$

$$\dot{E} = \left\{1 - \psi(x_a) - \frac{1}{2}\right\}\left\{1 - 2\psi(x_b)\right\} \dot{E}_0$$

$$\therefore \dot{E} = \underbrace{\left\{\frac{1}{2} - \psi(x_a)\right\}}_{\text{模幅が無限の時の最高電界は } \frac{1}{2} E_0 \text{ となる}}\left\{1 - 2\psi(x_b)\right\} \dot{E}_0$$



・反射板の近くでは
TRを結ぶ数は
反射板の下端にたる
（振動領域）

P18

$$\boxed{E_u = E_0 - 6\ [dB]}$$ P18，(3.9)式

$$E_u = \left\{\frac{1}{2} - \psi(x_a)\right\}\left\{1 - 2\psi(x_b)\right\} E_0 \quad \cdots (3.9)$$

ここで，

$$\begin{cases} x_a = k a = \sqrt{\dfrac{\pi}{\lambda} \cdot \dfrac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}} \cdot a \\ x_b = k \cdot \dfrac{b}{2} = \sqrt{\dfrac{\pi}{\lambda} \cdot \dfrac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}} \cdot \dfrac{b}{2} \end{cases}$$

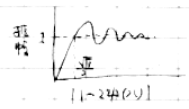
└反射板の最下端を原点としたため

$$x_a, x_b > \frac{\sqrt{\pi}}{2} \text{ の時}$$

$$\left|1 - 2\psi(x)\right| = 1$$

＊P16，(3.3)式において振動する項を平均化し
$x > \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ の時の $|1 - 2\psi(x)| = 1$ とした

であるから，



$$\left|\frac{1}{2} - \psi(x_a)\right| = \left|\frac{1}{2}\left\{1 - 2\psi(x_a)\right\}\right| = \frac{1}{2}$$

$$\left|1 - 2\psi(x_b)\right| = 1$$

$$\therefore E_u = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot E_0 = \frac{E_0}{2} = E_0\,[dB] - 6\,[dB]$$

減衰開始点距離

P18 減衰開始距離

$$\boxed{d_{2A'} = \frac{4a^2}{\lambda},\ d_{2B} = \frac{b^2}{\lambda}} \quad \cdots (3.10)$$

$$x_a = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot a$$

$$x_b = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot\frac{b}{2}$$

ここで，

$$x_a, x_b < \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$d_1 \gg d_2$$

であるから，

$$x_a = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_{2A'}}{d_1 d_{2A'}}}\cdot a$$

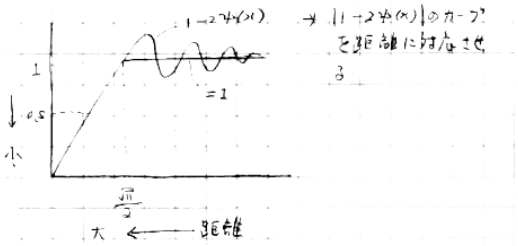
$$\fallingdotseq \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{d_{2A'}}}\cdot a = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$\therefore\ d_{2A'} = \frac{4a^2}{\lambda} \quad \cdots \text{縦幅による減衰開始距離}$$

$$x_b = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_{2B}}{d_1 d_{2B}}}\cdot\frac{b}{2} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{d_{2B}}}\cdot\frac{b}{2} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$\therefore\ d_{2B} = \frac{b^2}{\lambda} \quad \cdots \text{横幅による減衰開始距離}$$



→ $|1-2\Psi(x)|$ のカーブを距離に対応させる

P18 ※2 減衰特性（反射波の）

$$\boxed{E_u \fallingdotseq \frac{a}{\sqrt{\lambda d_2}}E_0,\ E_u \fallingdotseq \frac{b}{\sqrt{\lambda d_2}}E_0}$$

$$E_u = \left\{\frac{1}{2} - \Psi(x_a)\right\}\left\{1 - 2\Psi(x_b)\right\}E_0$$

上式において，横幅無限の場合は，

第1項に着目し，

$$\left|\frac{1}{2} - \Psi(x_a)\right|E_0 \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}x_a E_0$$

$\because |\Psi(x_b) - \Psi(x_a)| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}|x_a - x_b|$

$\frac{1}{2} = \Psi(0)$

$|\Psi(0) - \Psi(x_a)| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}|x_a - 0|$

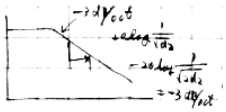
$$\therefore\ x_a = \sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot a$$

$$\fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\,a\cdot E_0$$

ここで，

$$d_1 \gg d_2$$

とすると，



$$= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\pi}{\lambda d_2}}\cdot a\cdot E_0$$

$$\therefore\ E_u = \frac{a}{\sqrt{\lambda d_2}}\cdot E_0 \quad \left[\propto \frac{1}{d_2^{\frac{1}{2}}}\right]$$

同様に，縦幅無限の場合は，第2項に注目し，$\left\{1-2\Psi(x_b)\right\} = \left\{\frac{1}{2} - \Psi(x_b)\right\}$ とおいて，

$$\therefore\ E_u = \frac{b}{\sqrt{\lambda d_2}}\cdot E_0 \quad \left[\propto \frac{1}{d_2^{\frac{1}{2}}}\right]$$

縦横共に有限の場合には，

$$E_u = \frac{a}{\sqrt{\pi d_2}}\cdot\frac{b}{\sqrt{\pi d_2}}\cdot E_0$$

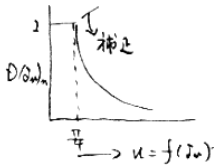
$$= \frac{ab}{\pi d_2}\cdot E_0$$

減衰特性を求める反射板の条件

P19

$$\boxed{\begin{array}{l} ア.\ d_1 < \sqrt{2}\pi \dfrac{a}{\lambda}(h_1 - h_0) \\ イ.\ d_2 \geqq d_{2D} + \Delta d_2 \end{array}} \cdots (3.11)$$

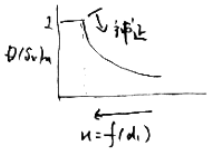
Fig 3.5によると $D(\delta_v)_n$ が減衰を開始する点は、約 $\frac{\pi}{4}$ である



これを、

$$u = f(\delta_v) \rightarrow u = f(d_1)$$

に変換すると

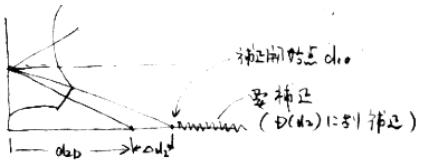


となり、補正が必要となり始める距離(d_{10})は

$$d_{10} = \sqrt{2}\pi \frac{a}{\lambda}(h_1 - h_0)$$

となる。

また、これを d_2 の距離でみると、



d_{2D} は最大反射方向であり、これより Δd_2 の範囲は Fig 3.5の $D(\delta_v)_n = 1$ の範囲である。

したがって、補正が必要となる範囲は

$$d_{2D} + \Delta d_2$$

より大きい範囲であり、この時の距離は

$$\sqrt{2}\pi \frac{a}{\lambda}(h_1 - h_0)$$

である。

P19 減衰特性を求める反射板の条件

$$\boxed{d_1 < \sqrt{2}\pi \frac{a}{\lambda}(h_1 - h_0)} \cdots (3.11)$$

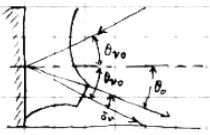


Fig 1.

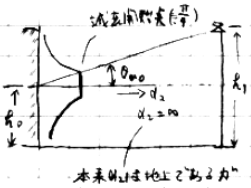
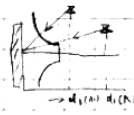


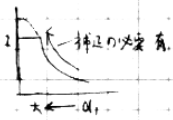
Fig 2

反射板の指向性が減衰し始める点は、Fig 3.5より

$$\sqrt{2}u_0 = 1$$

の時である。





ここで、反射板の指向性の補正が必要となり始める仰角 θ_0 は、最大反射方向の角度 θ_{v0} の式に上記の条件を代入することによって求めることができる。

$$u_0 = \frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta_0$$

反射板の指向性の補正が必要となり始める仰角 θ_0 は、$d_2 = \infty$ とおいて、Fig 2 における θ_{v0} を求めればよい。

$$\sqrt{2}\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta_{v0} \geqq 1$$

ここで、$\sin\theta_{v0}$ を求め代入する。

$$\sqrt{2}\frac{\pi a}{\lambda}\cdot\frac{h_1 - h_0}{d_1} \geqq 1$$

$$\left[\begin{array}{l} \theta_{v0} = \sin^{-1}\dfrac{h_1 - h_0}{x} \\ d_1 \gg (h_1 - h_0) \text{ であるから} \\ \theta_{v0} = \sin^{-1}\dfrac{h_1 - h_0}{d_1} \end{array}\right]$$

したがって、

$$\frac{\pi a}{\lambda}\cdot\frac{h_1 - h_0}{d_1} \geqq \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore\ d_1 < \underbrace{\sqrt{2}\frac{\pi}{\lambda}a(h_1 - h_0)}$$

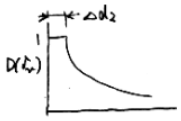
{ $= d_{10}$ (補正が必要となる限界の送信点・反射板間距離 }

[d_1 が、右辺より小さくなると、反射板の指向性による減衰が問題になる]

距離に直した垂直面指向特性

P19

$$\boxed{\Delta d_2 = \frac{d_{2D}}{\sqrt{2}\frac{\pi a}{\lambda d_{2D}}(h_0-h_2)-1}} \quad *5$$



垂直面指向特性が，
$D(\delta_v)=1$ になっている範囲を
d_2 の正間 Δd_2 になおす．
└ 反射板－受信点間

この正間 (Δd_2) は，$\frac{1}{\sqrt{2}u}=1$ において，
$d_2 = d_{2D}+\Delta d_2$ としてこの Δd_2 を求める．

$$\sqrt{2}u = \sqrt{2}\frac{\pi}{\lambda}a\left(\frac{h_1-h_0}{d_1}-\frac{h_0-h_2}{d_{2D}+\Delta d_2}\right)=1$$

$$=\sqrt{2}\frac{\pi}{\lambda}a\frac{h_1-h_0}{d_1}\left(1-\frac{d_1}{h_1-h_0}\cdot\frac{h_0-h_2}{d_{2D}+\Delta d_2}\right)$$

ここで，

$$d_{2D}=\frac{h_0-h_2}{h_1-h_0}\cdot d_1 \text{ であるから，}$$

$$=\underbrace{\boxed{\sqrt{2}\frac{\pi}{\lambda}a\frac{h_1-h_0}{d_1}}}_{=X}\left(1-\frac{d_{2D}}{d_{2D}+\Delta d_2}\right)=1$$

□内を X として Δd_2 を求める．

$$X\left(1-\frac{d_{2D}}{d_{2D}+\Delta d_2}\right)=1$$

$$1-\frac{d_{2D}}{d_{2D}+\Delta d_2}=\frac{1}{X}$$

$$\left(1-\frac{1}{X}\right)(d_{2D}+\Delta d_2)=d_{2D}$$

$$\Delta d_2=\frac{d_{2D}}{1-\frac{1}{X}}-d_{2D}$$

$$=d_{2D}\left(\frac{X}{X-1}-1\right)$$

$$=d_{2D}\left\{\frac{X-(X-1)}{X-1}\right\}$$

$$\therefore \Delta d_2=\frac{d_{2D}}{X-1}$$

$$=\frac{d_{2D}}{\sqrt{2}\frac{\pi}{\lambda}a\frac{h_1-h_0}{d_1}-1}$$

さらに，

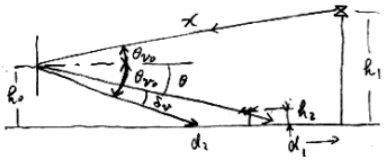
$$d_{2D}=\frac{h_0-h_2}{h_1-h_0}d_1$$

を d_1 について求め，上式に代入する．

$$d_1=\frac{h_1-h_0}{h_0-h_2}d_{2D}$$

P19.

$$\boxed{u=\frac{\pi}{\lambda}a\left(\frac{h_1-h_0}{d_1}-\frac{h_0-h_2}{d_2}\right)} \quad *4$$



$$u=\frac{\pi}{\lambda}a\sin\delta_v$$

$$\sin\delta_v \fallingdotseq \delta_v = \theta_{v0}-\theta$$

$$u=\frac{\pi}{\lambda}a(\theta_{v0}-\theta)$$

$$\sin\theta_{v0}=\frac{h_1-h_0}{x}$$

ここで
$x \gg h_1$
また，θ_{v0} が小さいとすれば，

$$\theta_{v0}\fallingdotseq\frac{h_1-h_0}{d_1}$$

同様に，θ は

$$\theta\fallingdotseq\frac{h_0-h_2}{d_2}$$

$$\therefore u=\frac{\pi}{\lambda}a\left(\frac{h_1-h_0}{d_1}-\frac{h_0-h_2}{d_2}\right)$$

* $u(\delta_v)$ であるから，これを $u(d_1,d_2)$ の関数になおす．
距離

$$u=f(\delta_v)\rightarrow u=f(d_1,d_2)$$

P19 $D(d_2)_m$ を距離になおした垂直面指向特性

$$D(d_2)=\frac{\lambda}{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)\left(\frac{1}{d_{2D}}-\frac{1}{d_2}\right)} \quad \cdots (3.12)$$

$D(d_2)_m$ を距離になおした垂直面特性をおめる

$$D(d_2)=\frac{1}{\sqrt{2}u}$$

$$u=\frac{\pi}{\lambda}a\left(\frac{h_1-h_0}{d_1}-\frac{h_0-h_2}{d_2}\right)$$

$$=\frac{\pi}{\lambda}a\frac{h_1-h_0}{d_1}\left(1-\frac{h_0-h_2}{d_2}\cdot\frac{d_1}{h_1-h_0}\right)$$

$$\left[d_{2D}=\frac{h_0-h_2}{h_1-h_0}d_1\right]$$

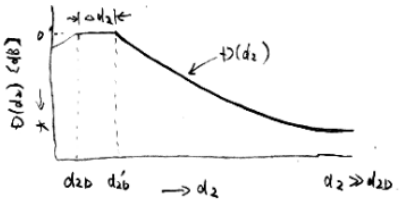
$$=\frac{\pi}{\lambda}a\frac{h_1-h_0}{d_1}\left(1-\frac{d_{2D}}{d_2}\right)$$

$$=\frac{\pi}{\lambda}a\left\{\frac{h_1-h_0}{d_1}-\frac{d_{2D}(h_1-h_0)}{d_1 d_2}\right\}$$

$$=\frac{\pi}{\lambda}a\frac{d_{2D}}{d_1}(h_1-h_0)\left(\frac{1}{d_{2D}}-\frac{1}{d_2}\right)$$

$$=\frac{\pi}{\lambda}a(h_0-h_2)\left(\frac{1}{d_{2D}}-\frac{1}{d_2}\right)$$

$$\therefore D(d_2)=\frac{\lambda}{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)\left(\frac{1}{d_{2D}}-\frac{1}{d_2}\right)}$$



P19 反射面へ入射する電波の位相による反射面垂直指向特性の補正終了点

$$d_{2E}=0.4\frac{12}{\lambda}a(h_0-h_2) \quad \cdots (3.13)$$

減衰特性の式において、

$$D(d_2)=\frac{\lambda}{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)\left(\frac{1}{d_{2D}}-\frac{1}{d_2}\right)}$$

$d_2 \gg d_{2D}$ の時

$$D(d_2)=K\frac{\lambda d_{2D}}{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)}$$

ここで、

$\frac{d_{2D}}{d_{2E}}=\frac{\text{減衰開始点}}{\text{減衰終了点}}$ となる

をおめると、

$$\frac{d_{2D}}{d_{2E}}=\frac{K\lambda d_{2D}}{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)} \quad (=D(d_2\gg d_{2D}))$$

$$d_{2E}=\frac{\sqrt{2}\pi a(h_0-h_2)}{K\lambda}$$

$$=\frac{\sqrt{2}\pi}{K}\cdot\frac{a}{\lambda}(h_0-h_2)$$

ここで、

$K=0.93$

とすれば

$$d_{2E}=\frac{\sqrt{2}\pi}{0.93}\cdot\frac{a}{\lambda}(h_0-h_2)$$

$$=4.78\frac{a}{\lambda}(h_0-h_2)$$

$\fallingdotseq 0.4\times 12$

後述で

$$\frac{f}{25}=\frac{1}{25}\cdot\frac{300}{\lambda}=\frac{12}{\lambda}$$

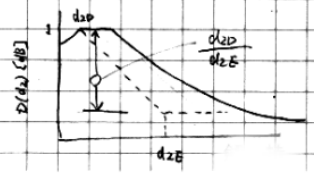
(実験式にまる為 (以P21のP)をおめるまで)

を使用するため、

$4.8=12\cdot\gamma \rightarrow \gamma=0.4$

と変形する。

$$\therefore d_{2E}=0.4\cdot\frac{12}{\lambda}a(h_0-h_2)$$



P19

$$\boxed{D(d_2 \gg d_{2D}) \fallingdotseq 1.08\,\frac{d_{2D}}{d_{2E}}}$$

$$D(d_2) = \frac{1}{\sqrt{2}\,u} = \frac{\lambda}{\sqrt{2}\,\pi a(h_0 - h_2)\left(\frac{1}{d_{2D}} - \frac{1}{d_2}\right)}$$

上式において、

反射波減衰縦向の終了地点

$$d_{2E} = 0.4 \cdot \frac{12}{\lambda}\, a(h_0 - h_2) \quad \cdots (3.13)$$

この式は実用式である。

とすれば、上式を変形し、

$$a(h_0 - h_2) = \frac{\lambda d_{2E}}{0.4 \times 12} = \frac{\lambda d_{2E}}{4.8}$$

$D(d_2)$ の式に代入する。

$$D(d_2) = \frac{\lambda}{\sqrt{2}\,\pi \frac{\lambda d_{2E}}{4.8}\left(\frac{d_2 + d_{2D}}{d_{2D} \cdot d_2}\right)}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi \frac{d_{2E}}{4.8}} \cdot \frac{d_{2D} \cdot d_2}{d_2 + d_{2D}}$$

ここで、

$d_2 \gg d_{2D}$

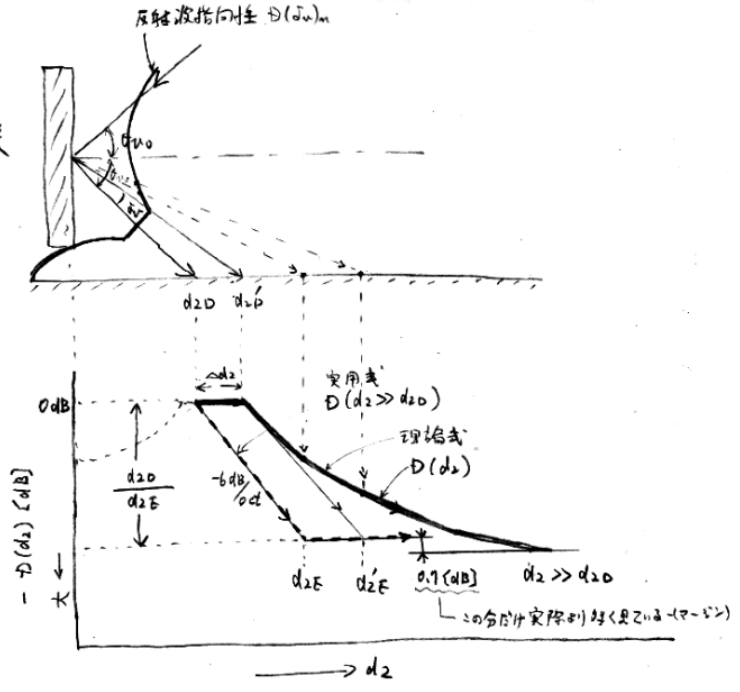
$$= \frac{4.8}{\sqrt{2}\,\pi\, d_{2E}} \cdot d_{2D}$$

$$= \frac{4.8}{\sqrt{2}\,\pi} \cdot \frac{d_{2D}}{d_{2E}}$$

$$D(d_2 \gg d_{2D}) \fallingdotseq \underbrace{1.08}_{=0.668\,[dB]} \cdot \frac{d_{2D}}{d_{2E}}$$

相間図

反射波指向性を距離特性に変換



平面大地における反射

P20

$$E_D = 10^{-D_1/20} \cdot 2S \cdot E_0 \quad \cdots (3.15)$$

希望波の受信電界強度 E_D は、

E_D =(受信点方向の送信アンテナ指向性) × (完全見通し地表の電界)

送信アンテナ垂直面内指向性 $D_{(\theta)}$ は

$$D_{(\theta)} = -20 \log \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda} N \sin\theta\right)}{N \sin\left(\frac{\pi l}{\lambda} \sin\theta\right)} \right| \cdot F_{(\theta)} \ [dB]$$

($\frac{\pi l}{\lambda}$ ← アンテナ間隔, N ← アンテナ素子数, $F_{(\theta)}$ ← アンテナ1素子の垂直指向性)

で現され、これを真数になおすと、

$D_{(\theta)} = -20 \log_{10} X$ とおいて

$$X = 10^{D_{(\theta)}/-20}$$

となる。

完全見通し地表の電界は、

$$\left| \dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\dot{\varepsilon}^{j\theta_2} \right| E_0$$

$$\therefore E_D = 10^{-\frac{D(\theta)}{20}} \cdot \left| \dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\dot{\varepsilon}^{j\theta_2} \right| E_0$$

ここで、受信点方向の送信アンテナ垂直面指向性を $D_{(\theta)} = D_1$ とおき、位相合成率 $2S$ を導入する。

$$2S \cdot E_0 = \left| \dot{\varepsilon}^{j\theta_1} + \dot{R}\dot{\varepsilon}^{j\theta_2} \right| E_0$$

$$\therefore E_D = 10^{-\frac{D_1}{20}} \cdot 2S \cdot E_0$$

P20

$$D(\theta) = \left| \frac{\sin\left(N \frac{\pi}{\lambda} l \sin\theta\right)}{N \sin\left(\frac{\pi}{\lambda} l \sin\theta\right)} \right| \cdot F(\theta) \quad \cdots *6$$

無指向性のアンテナが N 個、間隔 l で直線状に配置された時、任意の十分遠い地点 P での電界 $\dot{E}_\theta$ は、1個のアンテナによる電界を $\dot{E}$ として、

$$\dot{E}_\theta = \left(1 + \dot{\varepsilon}^{j\beta l \sin\theta} + \cdots\cdots + \dot{\varepsilon}^{j\beta(N-1)l\sin\theta}\right)\dot{E}$$

$$= \frac{\dot{\varepsilon}^{j\beta N l \sin\theta} - 1}{\dot{\varepsilon}^{j\beta l \sin\theta} - 1}\dot{E}$$

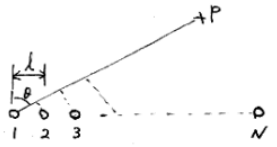
$$= \frac{\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta}\left\{\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta} - \dot{\varepsilon}^{-j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta}\right\}}{\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta l \sin\theta}\left\{\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta l \sin\theta} - \dot{\varepsilon}^{-j\frac{1}{2}\beta l \sin\theta}\right\}}\dot{E}$$

($\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta}$ = Y, $\left\{\dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta} - \dot{\varepsilon}^{-j\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta}\right\}$ = X)

$$X = \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\beta N l \sin\theta\right)}{\frac{2}{j}} \Big/ \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\beta l \sin\theta\right)}{\frac{2}{j}}$$

$$Y = \dot{\varepsilon}^{j\frac{1}{2}(\beta N l - \beta l)\sin\theta} = \dot{\varepsilon}^{j\frac{N-1}{2}\beta l \sin\theta}$$

$$= \dot{\varepsilon}^{j\frac{N-1}{2}\beta l \sin\theta} \cdot X \cdot \dot{E}$$



ここで、

$\theta = 0$

とすれば、

$\dot{E}_\theta = N\dot{E}$

したがって、アンテナの指向性は、

$$D(\theta) = \left| \frac{\dot{E}_\theta}{\dot{E}_0} \right| = \left| \frac{\sin\left(\frac{N}{\lambda}\pi l \sin\theta\right)}{N \sin\left(\frac{\pi}{\lambda} l \sin\theta\right)} \right|$$

個々のアンテナの指向性を $F(\theta)$ とすれば

$$D(\theta) = \left| \frac{\dot{E}_\theta}{\dot{E}_0} \right| F(\theta)$$

受信点での反射波電界強度

P20

$$E_u = 10^{-\frac{(D_2+\eta)}{20}} \cdot \left| A_{c(1\sim4)} \cdot B \right| \cdot \frac{d}{d_1+d_2} E_0 \quad \cdots (3.16)$$

受信点での反射波強度 E_u は、上式のようになる。
ここで、

D_2 ：反射面方向の送信アンテナ垂直指向性 [dB]
η ：反射損 [dB]
$A_{c(1\sim4)}$ ：反射板を経由する大地反射波を考慮したフレネル積分

$$A_{c(1\sim4)} = \left\{1 - \Psi(\chi_{a1}) - \Psi(\chi_{c1})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$
$$+ \dot{R}_1\dot{R}_2 \left\{1 - \Psi(\chi_{a4}) - \Psi(\chi_{c4})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$
$$+ \dot{R}_1 \left\{1 - \Psi(\chi_{a2}) - \Psi(\chi_{c2})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$
$$+ \dot{R}_2 \left\{1 - \Psi(\chi_{a3}) - \Psi(\chi_{c3})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$

$$B = 1 - \Psi(\chi_{b1}) - \Psi(\chi_{b2})$$

ここで、

$$\frac{d}{d_1+d_2} \cdot E_0 = \frac{d}{d_1+d_2} \cdot \frac{7\sqrt{P}}{d} = \frac{7\sqrt{P}}{d_1+d_2}$$

（d：送-受間距離）

ここで、経路②-④による影響を無視し、位相合成率 $2S_1$, $2S_u$ を等入する。

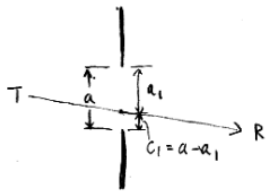
$$\therefore E_u = 10^{-\frac{(D_2+\eta)}{20}} \cdot 2S_1 \cdot 2S_u \cdot \left\{1 - \Psi(\chi_{a1}) - \Psi(\chi_{c1})\right\} \cdot \left\{1 - \Psi(\chi_{b1}) - \Psi(\chi_{b2})\right\} \cdot \frac{d}{d_1+d_2} \cdot E_0 \quad \cdots (3.17)$$

（$2S_1$：送-反間、$2S_u$：反-受間）

P20

$$A_{c(1\sim4)} \quad \cdots (3.16)$$

反射板を横幅無限の定におきかえるとそのフレネル積分は次のようになる

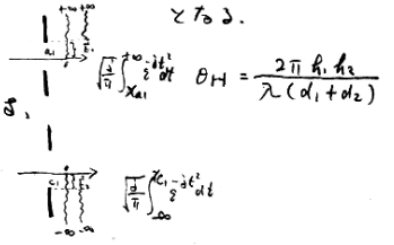


見通し線の上側からの電波は、上側の遮蔽板がないとき $1/2 \cdot E_0$ であり、これに χ_{a1} の遮蔽板が加わると

$$\dot{E}_1 = \frac{1}{2}\dot{E}_0 - \Psi(\chi_{a1})\dot{E}_0$$

となる。同様に下側からの電波は、

$$\dot{E}_2 = \frac{1}{2}\dot{E}_0 - \Psi(\chi_{c1})\dot{E}_0$$



$$\theta H = \frac{2\pi R_1 R_2}{\lambda(d_1+d_2)}$$

となり、合成電界 $\dot{E}$ は

$$\dot{E} = \left\{1 - \Psi(\chi_{a1}) - \Psi(\chi_{c1})\right\} \dot{E}_0$$

これと、同様に各経路についてまめると、

①-③
$$\left\{1 - \Psi(\chi_{a1}) - \Psi(\chi_{c1})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$

②-④
$$\dot{R}_1\dot{R}_2 \left\{1 - \Psi(\chi_{a4}) - \Psi(\chi_{c4})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$

②-③
$$\dot{R}_1 \left\{1 - \Psi(\chi_{a2}) - \Psi(\chi_{c2})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$

①-④
$$\dot{R}_2 \left\{1 - \Psi(\chi_{a3}) - \Psi(\chi_{c3})\right\} \dot{\varepsilon}^{j\theta H1}$$

以上の4経路を加え合せたものが $A_{c(1\sim4)}$ となる。

P21 位相損失の開始点

$$d_{2c}' = \frac{12 h_0 h_2}{\lambda}$$

反射波の位相合成率 $2S_u$ は、

$$2S_u = 2\left|\sin\frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2}\right|$$

で現わされ、振動している。
しかし、

$$\frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2} < \frac{\pi}{6} \quad \cdots\cdots(2)$$

$\sin\frac{\pi}{6} \fallingdotseq \frac{\pi}{6}$ (≒0.5)

では、振動せず

$$2S_u \fallingdotseq 2\cdot\frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2}$$

└これは右ページに続く(上の条件の時)

で近似される。
ここで、(2)式から d_2 をもめると、

$$d_2 > \frac{2\cdot 6 h_0 h_2}{\lambda}$$

となる。
さらに、今、

$$d_2 = \frac{12 h_0 h_2}{\lambda}$$

の場合を $d_2 = d_{2c}'$ とすれば

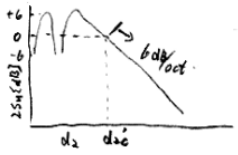
$$d_{2c}' = \frac{12 h_0 h_2}{\lambda}$$ (上の時の位相合成率)

となる。
この時の位相合成率をデシベルで現わすと

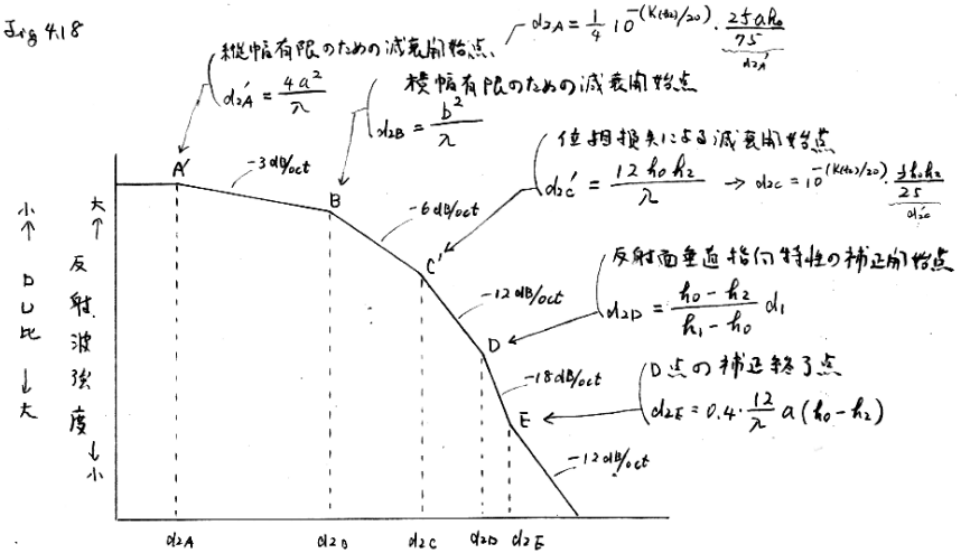
$$-20\log 2S_u \Rightarrow 20\log\frac{4\pi h_0 h_2}{\lambda d_{2c}'}$$

$$= -20\log\frac{\pi}{3}$$

$$\fallingdotseq -0.4 \fallingdotseq 0\ [\mathrm{dB}]$$

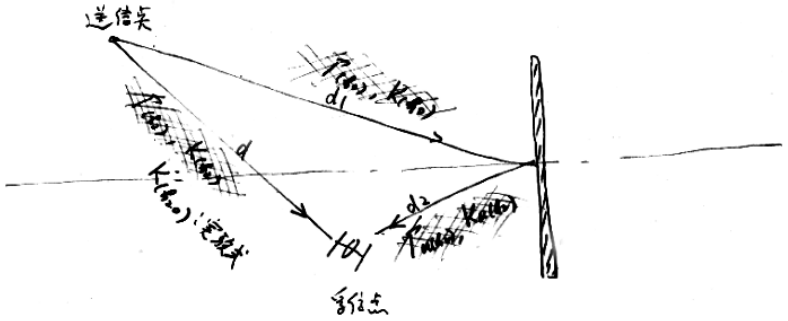


P41 Fig 4.18



位相損失の開始点

ＤＵ比の算出



P22

$$D/U = -(K(h_2)+D_1) + K(h_0) + K_u(h_2) + D_2 + \eta + D_{(\theta)ANT} + 20\log\left(\frac{d_1+d_1}{d}\left|\frac{\dot{\varepsilon}^{j\theta h}+\dot{R}\bar{\varepsilon}^{j\theta h}}{A_{c(1\sim4)}\cdot B}\right|\right) \quad \cdots(3.23)$$

ここで，

$K(h_2) = -20\log\Gamma(h_2)$

$K(h_0) = -20\log\Gamma(h_0)$

$K_u(h_2) = -20\log\Gamma_u(h_2)$

とおくと，おめる式となる．

$$D/U = 20\log\left(\frac{E_{De}}{E_{ue}}\right) + D_{(\theta)ANT}$$

$$\begin{cases} E_{De} = \Gamma(h_2)\cdot 10^{-D_1/20}\cdot\left|\dot{\varepsilon}^{j\theta h}+\dot{R}\bar{\varepsilon}^{j\theta h}\right| E_0 \\ E_{ue} = \Gamma(h_0)\cdot\Gamma_u(h_2)\cdot 10^{-(D_2+\eta)/20} \\ \qquad\cdot\left|A_{c(1\sim4)}\cdot B\right|\frac{d}{d_1+d_2}\,E_0 \end{cases}$$

E_{De}, E_{ue} を代入し整理すると．

$$D/U = \underbrace{(20\log\Gamma(h_2) - D_1)}_{\text{希望波受信}} - \underbrace{\left[20\log\left(\Gamma(h_0)\cdot\Gamma_u(h_2)\right) - D_2 - \eta - D_{(\theta)ANT}\right]}_{\text{反射波受信}} + \underbrace{20\log\left(\frac{d_1+d_2}{d}\left|\frac{\dot{\varepsilon}^{j\theta h}+\dot{R}\bar{\varepsilon}^{j\theta h}}{A_{c(1\sim4)}\cdot B}\right|\right)}_{\text{完全見通しの } D/U}$$

都市減衰の取り扱い

実用化式

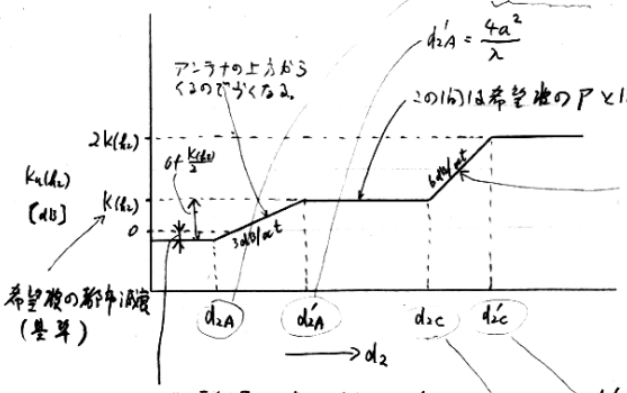
$\boxed{d_{2A} \text{ および } d_{2C}}$ 都市減衰の取扱い

$d_{2A} = \frac{1}{4} 10^{-\frac{k(h_2)}{20}} \cdot d'_{2A}$

$d'_{2A} = \frac{4a^2}{\lambda}$

アンテナの上方からくるので少くなる。

この間は希望波のPと同じ値 $k(h_2)$ を使用する。



反射波の中心高は h_1 にとして低いため、d_2 が少し大きくなると急激に $k(h_2)$ が大きくなる。

$$\left\{ k_u(h_2) = k(h_2) + 20\log\frac{d_2}{d_{2C}} \right\}$$

ビル反射面の乱反射による分を都市減衰を下げることにより補正
(η_e は見かけ上の値を利用しているため近傍では合わない。これを補正)

$d'_{2C} = \frac{12 h_0 h_2}{\lambda}$

$d_{2C} = \underbrace{10^{-\frac{k(h_2)}{20}}}_{\text{都市減衰考慮}} \cdot d'_{2C}$

---

p35 (4.3)

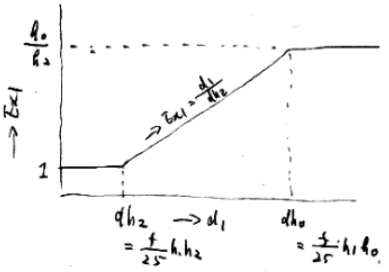
$\boxed{\text{大地反射性による位相合成率の作用.} \quad E_{x1} = \frac{d_1}{d_{h2}}}$

$$E_{x1} = \frac{2S_1 \cdot E_0}{2S \cdot E_0}$$

$$= \frac{\text{都市減衰がない時の反射面に到来する希望波の電界}}{\text{〃 多径アンテナ 〃 〃}}$$

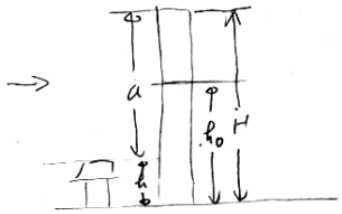
E_{x1} が大きいほど多径点のD/Uを良くする。

$E_{x1} = \frac{d_1}{d_{h2}}$ として設定する。



反射中心高

$$h_0 = \frac{H+h}{2}$$



$$\frac{a}{2} = \frac{H-h}{2} \qquad \because a = H-h$$

$$= h_0 - h$$

$$h_0 = \frac{H-h}{2} + \frac{2h}{2}$$

$$= \frac{H+h}{2}$$

P39

$$\boxed{D/u = \eta_e + D_{WANT} + K_{(h_0)} - 20\log_{10}(E_{x1} \cdot 2S_u \cdot \beta_n A_e \cdot B_{e0})}$$

- $E_{x1} = \dfrac{d_1}{dh_2}$
- $2S_u = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \dfrac{d_2' c}{d_2}$
- $\beta_n = \dfrac{d_{2D}}{d_2}$ (ただし、D点 < d_2 < E点の範囲)
- $A_e = \sqrt{\dfrac{d_{2A} \cdot \alpha_A}{d_2}}$ (ただし、$\alpha_A = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \dfrac{2a}{h_0}$)
- $B_{e0} = \sqrt{\dfrac{d_{2B}}{d_2}}$

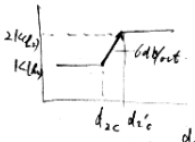
P34

$$\boxed{d_{2C} = 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2C}}$$

$d_2 = d'_{2C}$ の時に

$K_u(h_2) = 2K(h_2)$

であるから,



$20\log\frac{d'_{2C}}{d_{2C}} = 2K(h_2) - K(h_2)$

$$2K(h_2) = K(h_2) + 20\log\frac{d'_{2C}}{d_{2C}}$$

$$\underbrace{2K(h_2) - K(h_2)}_{=K(h_2)} = 20\log\frac{d'_{2C}}{d_{2C}}$$

$$\frac{d'_{2C}}{d_{2C}} = 10^{\frac{K(h_2)}{20}}$$

$$d_{2C} = \frac{d'_{2C}}{10^{\frac{K(h_2)}{20}}}$$

$$= 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2C}$$

$$\boxed{d_{2A} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2A}}$$

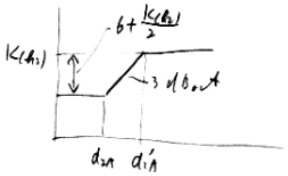
$$20\log\sqrt{\frac{d'_{2A}}{d_{2A}}} = 6 + \frac{K(h_2)}{2}$$

$$20 \cdot \frac{1}{2}\log\frac{d'_{2A}}{d_{2A}} = 6 + \frac{K(h_2)}{2}$$

$$\frac{d'_{2A}}{d_{2A}} = 10^{\frac{6}{10} + \frac{K(h_2)}{20}}$$

$$d_{2A} = 10^{-\frac{6}{10} - \frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2A}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2A}$$



$\boxed{C'点, C点 および 2S_u}$

位相合成による減衰開始点

$$d'_{2C} = \frac{12 h_0 h_2}{\lambda} = \frac{f h_0 h_2}{25}$$

この式から

$$\frac{h_0 h_2}{\lambda} = \frac{d'_{2C}}{12}$$



一方,

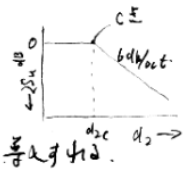
$$2S_2 \fallingdotseq 2\left|\sin\frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2}\right|$$

$$= 2\left|\sin\frac{2\pi}{d_2} \cdot \frac{d'_{2C}}{12}\right|$$

$\sin\bigcirc = \frac{\pi}{6}$ とすれば

$$2S_2 \fallingdotseq 2 \cdot \frac{2\pi}{d_2} \cdot \frac{d'_{2C}}{12} \quad (\div 12)$$

$$\boxed{2S_2 = \frac{d'_{2C}}{d_2}} \longrightarrow$$

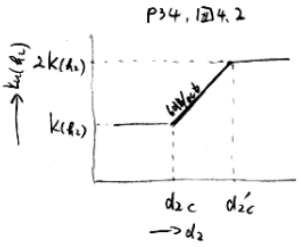


ここで, 都市減衰 $K(h_2)$ を導入すれば.

$$2S_u = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot 2S_2$$

本来は各点が $K(h_2)$ だけ減少するが, 見かけ上な等価的に $K(h_2)$ だけ増加と考える

P34, 図4.2



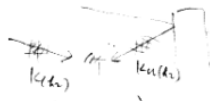
ここで,

$d_2 = d'_{2C}$

の時に,

$K_u(h_2) = 2K(h_2)$

であるから,

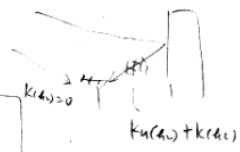


$$\underbrace{2K(h_2) - K(h_2)}_{=K(h_2)} = 20\log\frac{d'_{2C}}{d_{2C}}$$

見かけ上ましい

真数になおすと.

$$10^{\frac{K(h_2)}{20}} = \frac{d'_{2C}}{d_{2C}}$$



$$\therefore \boxed{d_{2C} = 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot d'_{2C}}$$

都市減衰を加味した位相合成による減衰開始点

P20. 3.17式により E_u は

$E_u \propto 2S_u$

D点およびE点と β_n

垂直指向性の最大方向の地点をD点。
この時の、ビルからD点までの距離 d_{2D}

$$d_{2D} = \frac{h_0 - h_2}{h_1 - h_0} d_1$$

減衰終了地点 E点
この時の距離 d_{2E}

$$d_{2E} = 0.4 \frac{12}{\lambda} a (h_0 - h_2)$$

反射面垂直指向性による補正値の距離による減衰特性

① D点方向の指向性を基準

$$\beta_n = 1$$

② d_2 がD点より近い範囲

$\beta_n = 1$ (A_e を $\sqrt{\alpha_A}$ として補正値)

③ D点 < d_2 < E点

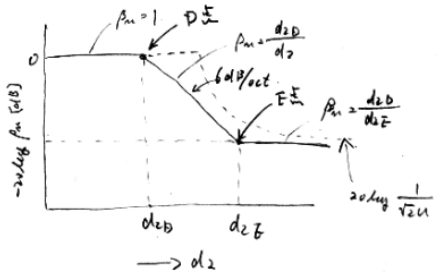
$$\beta_n = \frac{d_{2D}}{d_2}$$

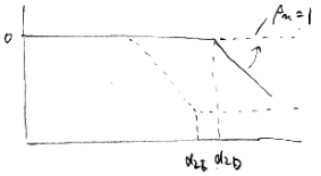
④ d_2 > E点

$$\beta_n = \frac{d_{2D}}{d_{2E}}$$

ただし、$d_{2E} \leqq d_{2D}$ の時 D点とE点の逆転

$$\beta_n = 1$$





D点とE点の距離が逆転した時は $\beta_n = 1$ とする。

A点と d_{2A}

自由空間において減衰を開始する距離（反射板縦幅の有限長）

$$d'_{2A} = \frac{4a^2}{\lambda} = \frac{fa^2}{75}$$

であり、反射波強度 E_u は

$$E_u = \frac{a}{\sqrt{\lambda d_2}} |\dot{E}_0|$$

よって

$$\frac{a}{\sqrt{\lambda}} = \frac{1}{2}\sqrt{d'_{2A}}$$

を代入すると

$$E_u = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{d'_{2A}}{d_2}} |\dot{E}_0| \quad \cdots\cdots ①$$

となる。

縦幅有限 $\left\{\frac{1}{2} - \psi(x_a)\right\}$ は

$$|\psi(x_a) - \psi(x_b)| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}|x_b - x_a|$$

$\frac{1}{2} = \psi(0)$ だから

$$|\psi(0) - \psi(x_b)| \fallingdotseq \frac{1}{\sqrt{\pi}}|x_b - 0|$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}} \cdot a$$

$d_1 \gg d_2$

$$\fallingdotseq \frac{a}{\lambda d_2}$$

ここで、

$$d_{2A} = \frac{1}{4} 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{2fah_0}{75} = \frac{2fa}{75} h_0 \cdot \frac{a}{a}$$

$= d'_{2A}$

であり、d'_{2A} を代入すると

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{fa^2}{75} \cdot \frac{2h_0}{a}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{-\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{2h_0}{a} \cdot d'_{2A}$$

よって、d'_{2A} は

$$d'_{2A} = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{2a}{h_0} \cdot d_{2A}$$

この式を①に代入する。

$$E_u = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{d_2}\left(\underbrace{10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{2a}{h_0}}_{=\alpha_A} \cdot d_{2A}\right)} \cdot |\dot{E}_0|$$

ここで

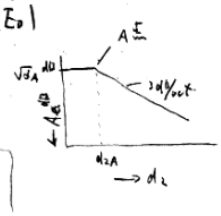
$$\alpha_A = 10^{\frac{K(h_2)}{20}} \cdot \frac{2a}{h_0}$$

$$E_u = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{d_{2A} \cdot \alpha_A}{d_2}} \cdot |\dot{E}_0|$$

さらに

$$A_e = \sqrt{\frac{d_{2A} \cdot \alpha_A}{d_2}}$$

$$\boxed{E_u = \frac{1}{2} \cdot A_e \cdot |\dot{E}_0|}$$



ただし、$d_2 \leqq d_{2A} \rightarrow A_e = \sqrt{\alpha_A}$

α_A は $K(h_2)$ およびビル反射面の縦幅、中心高が反射に寄与する程度を示す。

$\boxed{\text{B点と } d_{2B}.}$

$$d_{2B} = \frac{b^2}{\lambda}$$

ここで b を実効的な横幅 b_e で去し、f を導入

$$d_{2B} = \frac{f\, b_e^2}{300}$$

ここで、

$$\dot{E}_u = \left\{\frac{1}{2} - \underset{タテ}{\psi(x_a)}\right\}\left\{1 - 2\underset{ヨコ}{\psi(x_b)}\right\}\dot{E}_0$$

の式において、タテ幅を無限と考えると

公式 $\psi(\infty) = 0$

$$= \frac{1}{2}\cdot\underbrace{\{1-2\psi(x_b)\}}_{=\frac{2}{\sqrt{\pi}}x_b}\dot{E}_0$$

$$= \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{\pi}}\cdot\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}}\cdot\frac{b}{2}$$

$d_1 >> d_2$ とすれば

$$= \frac{1}{2}\cdot\frac{b}{\sqrt{\lambda d_2}}\dot{E}_0$$

ここで

$$d_{2B} = \frac{b^2}{\lambda} \rightarrow \frac{b}{\sqrt{\lambda}} = \sqrt{d_{2B}}$$

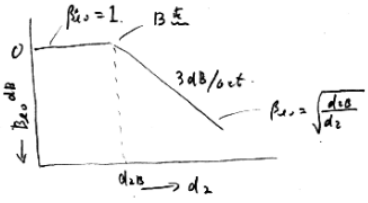
$$\therefore |\dot{E}_u| = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{d_{2B}}{d_2}}\,|\dot{E}_0|$$

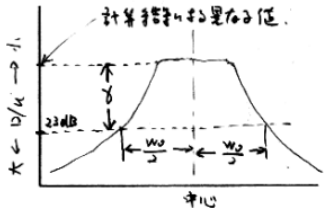
ここで

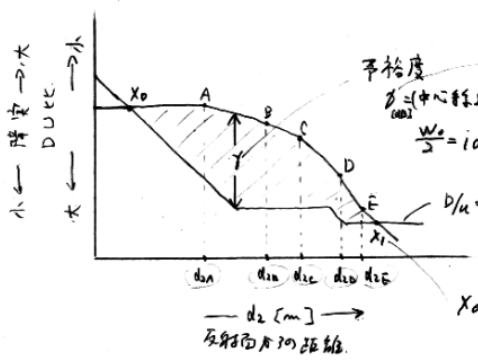
$$\beta_{e0} = \sqrt{\frac{d_{2B}}{d_2}}$$

$$\boxed{|\dot{E}_u| = \frac{1}{2}\beta_{e0}|\dot{E}_0|}$$

β_{e0}：反射中心方向線上から見た反射面横幅のフレネル積分値







予裕度

$\gamma_{(dB)}$ = (中心線上の D/u) − (D/u = 23dB)

$$\frac{w_0}{2} = 10^{\frac{\eta_e}{20}}\cdot 1.2\left[\frac{b_e}{2} + 2\left\{\left(\frac{\gamma}{6}\right)^{1.2} - 1\right\}\sqrt{\frac{25 d_2}{f}}\right] \quad [m]$$

D/u = 23dB のカーブ

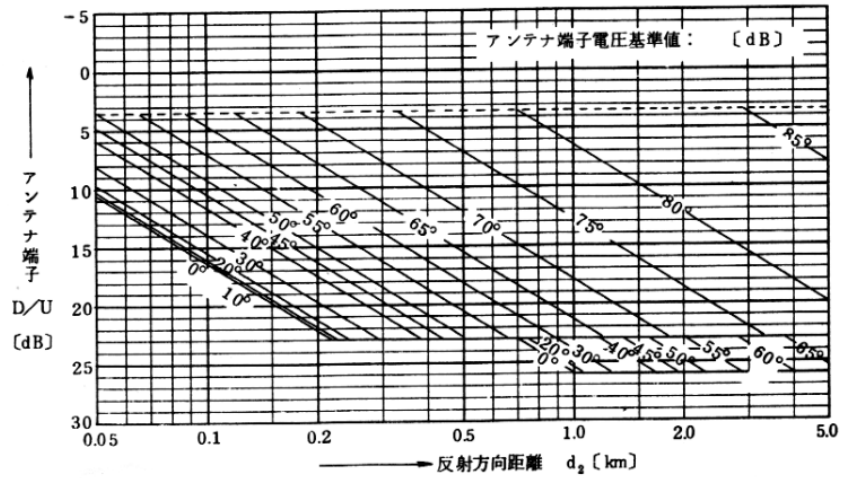
$\eta_e = \eta_0 - 20\log\cos\theta_{h0}$

$b_e = b\cos\theta_{h0}$

$X_0 \sim X_1$：中心線上降雪距離

アンテナ端子におけるＤＵ比・距離特性カーブ（反射方向中心線上）

〔端子電圧計算のキー操作：
h_1, A, f, R/S, ERP, R/S, P, R/S, (θ, R/S, h_2, R/S), B→d, E→R/S→E_1, R/S→E_{1u}〕



---

1. 建造物名：＿＿＿＿＿＿＿＿

2. 計算諸定数　　（建造物高：　〔m〕）

付記号（呼び出し）／反射面	〔km〕 d_1	〔m〕 b	〔Deg〕 θ_{h_0}	〔m〕 a	〔m〕 h_0	〔MHz〕 f	〔m〕 h_1	〔m〕 W	〔%〕 Kη	〔m〕 h_2	ηe 〔dB〕 (RCL18)	D(θ)ANT 〔dB〕 (RCL19)	K(h_2) 〔dB〕 (RCL20)
系Ⅰ													
合成面(系Ⅰ+Ⅱ)													
系Ⅱ													

〔データ入力手順：
d_1, A, b, R/S, θ_{he}, R/S, a, R/S, h_e, R/S, f, R/S, h_1, R/S, (W, R/S, Kη, R/S, h_2, R/S) {B…R/S / C…R/S}〕

3. 計算結果

特定点（呼び出し）／反射面		A 点 (RCL11)	B〃 (RCL12)	C〃 (RCL13)	D〃 (RCL14)	E〃 (RCL15)	d_2	〔m〕	〔m〕	〔m〕	〔m〕	〔m〕	〔m〕
系Ⅰ（キーB）	d_2〔m〕						γ〔dB〕						
	D/U〔dB〕						$\frac{W_0}{2}$〔m〕						
合成面（キーC）	d_2〔m〕						γ〔dB〕						
	D/U〔dB〕						$\frac{W_0}{2}$〔m〕						
系Ⅱ（キーB）	d_2〔m〕						γ〔dB〕						
	D/U〔dB〕						$\frac{W_0}{2}$〔m〕						

〔キー操作：
RCL(11～15)→d_{2A}～d_{2E}, 2nd(A′～E′)…D/U_A～D/U_E算出, γ, E…d_2, R/S…$\frac{W_0}{2}$算出〕

反射波のＤＵ比

反射板の D/U

$$D/U = -20\log\frac{ab\cos\theta_{ho}}{\lambda d_{1e}}\cdot\frac{d}{d_1+d_2}+K$$

（d：希望波強度基準）

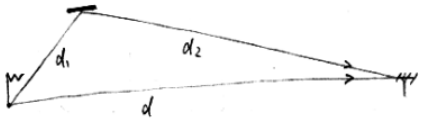
K：補正値（面積比で補正）

$$K = 20\log\frac{ab}{\sqrt{\lambda d_{1e}}}$$

ただし、

$\underline{a\cdot b \geqq \sqrt{\lambda d_{1e}}}$ の場合 $K=0$

（補正限界点）



$\underline{-3\,dB\text{点の}\frac{w_o}{2}\text{を求める。}}$

$$D(\delta_h) = \frac{\sin u}{u}\ \text{rad.}$$

$$= 20\log\frac{\sin u}{u}$$

$$= -3\ (dB)$$

この式は解かないので u に値を代入し逆算する。

$$u = \frac{\pi}{\lambda} b\cos\theta_{ho}\cdot\underbrace{\sin\delta_h}_{\fallingdotseq \frac{w_e}{2}\cdot\frac{1}{d_2}}$$

$$\frac{w_o}{2} = \frac{u\lambda d_2}{\pi b\cos\theta_{ho}}$$

（−3dBの場合　$u \fallingdotseq 1.38935$
　−4dB　〃　　$u \fallingdotseq 1.585$）

反射板の反射損、透過損

反射板の反射損

$$\eta_e = -20 \log |R|$$

ただし、

$$|R| = \left| -\frac{1}{1+jy} \right|$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{1+y^2}\right)^2 + \left(\frac{y}{1+y^2}\right)^2}$$

$$y = \frac{2l}{\lambda} \ln \frac{l}{\pi D}$$

l：素子間隔 (m)
D：素径 (m)

ex：$l = 0.04m$, $D = 0.001m$, $\lambda = 0.5m$

$y = 0.407$

$|R| \fallingdotseq 0.926$

$\eta_e \fallingdotseq 0.666$ (dB)

反射板の透過損

$$L = 20 \log |T|$$

ただし、

$$|T| = \left| \frac{1}{1-j\left(\frac{1}{y}\right)} \right|$$

y は反射損に同じ

ex：左と同条件で

$|T| \fallingdotseq 0.377$

$L = 8.47$ (dB)

P23 実効長

$$\boxed{l_e = \frac{\lambda}{\pi}} \quad \cdots\cdots (4.1)$$

半波長ダイポールアンテナの電流分布

$I_0 \cos \beta x$

とすれば、面積 S_1 は、

$$S = \int_{-\frac{\lambda}{4}}^{+\frac{\lambda}{4}} I_0 \cos \beta x \, dx$$

ここで、

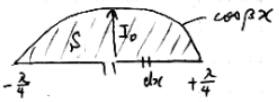
$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

であるから

$$S = I_0 \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \left[\sin \frac{2\pi}{\lambda} x \right]_{-\frac{\lambda}{4}}^{+\frac{\lambda}{4}}$$

$$= I_0 \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \left[\underbrace{\sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4}}_{=1} - \underbrace{\sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(-\frac{\lambda}{4}\right)}_{=-1} \right]$$

$$= \frac{\lambda}{\pi} \cdot I_0$$



一方、これと同面積で一辺が I_0 である四辺形は

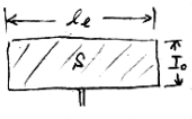
$$S = I_0 \times l_e$$

すなわち

$$l_e = \frac{S}{I_0}$$

$$= \frac{1}{I_0} \cdot \frac{\lambda}{\pi} I_0$$

$$= \frac{\lambda}{\pi}$$



半波長ダイポールアンテナの実行面積

半波ダイポールアンテナの実効面積を求む

ある点の電界強度を $\dot{E}$ (V/m), 磁界強度を $\dot{H}$ (AT/m) とすれば, 回路における電圧×電流が電力であるように $\dot{E}\times\dot{H}$ も電力を表わす。

$$P = \dot{E}\times\dot{H} \quad (W/m^2)$$



これは, 電波の流れによって $1m^2$ あたりに流れ込む電力, すなわちポインティング・ベクトルを表わす。

媒質の透磁率を μ (H/m), 誘電率を ε (F/m) とすれば,

$$\mu|\dot{H}|^2 = \varepsilon|\dot{E}|^2$$

の関係があるから,

$$\frac{\varepsilon}{\mu} = \frac{|\dot{H}|^2}{|\dot{E}|^2}$$

これより $\dot{H}$ をおめ P の式に代入する。

$$|\dot{H}| = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\cdot|\dot{E}|$$

$$P = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\cdot|\dot{E}|^2$$ {単位面積を通過する電波エネルギー} $[W/m^2]$

ここで, 空気の μ, ε は, ともに空気の μ_0, ε_0 にほぼ等しい。

$$\mu \fallingdotseq 4\pi\times10^{-7} \quad (H/m)$$

$$\varepsilon \fallingdotseq \frac{1}{36\pi}\times10^{-9} \quad (F/m)$$

よって,

$$\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} = \frac{1}{120\pi} \quad (\mho)$$

空中線の位置における電界 $\dot{E}$ とすれば, 単位面積を通過するエネルギー P は,

$$P = \frac{|\dot{E}|^2}{120\pi} \quad (W/m^2)$$

半波ダイポールアンテナに誘起する電圧 $\dot{V}$ は, 実効長を h (m) とすれば,

$$\dot{V} = h\dot{E} = \frac{\lambda}{\pi}\dot{E}$$

有効電力 W は, 放射抵抗を R とすれば,

$$W = \frac{|\dot{V}|^2}{4R} = \frac{1}{4R}\left|\frac{\lambda}{\pi}\dot{E}\right|^2$$

$R = 73.13 + j42.55$

故に, 実効面積 A は

$$A = \frac{W}{P} = \frac{120\pi}{|\dot{E}|^2}\cdot\frac{1}{4\times73}\left|\frac{\lambda}{\pi}\dot{E}\right|^2$$

$$= \frac{30\lambda^2}{73\pi} = 0.13\lambda^2 \quad (m^2)$$

$$\left[\text{or } \frac{30}{73\pi}\lambda^2 \fallingdotseq \frac{\lambda^2}{8}\right]$$

1982 年（昭和 57）不法 CB 無線搭載状況実態調査

技術資料
27

昭和57年4月

目　　次

自動二輪車から放射されるインパルス性雑音について　東北大学…… 1

超高圧送電線によるテレビジョン電波のしゃへい障害について　東北電力…… 7

仙台市内におけるテレビ電波の第3回定点観測結果について　ＮＨＫ仙台放送局…… 19

不法ＣＢ無線塔載状況実態調査結果について　宮城県電波障害防止協議会…… 41

ＭＦ帯の都市雑音の経年変化に関する調査　東北電波監理局…… 50

東北電波障害防止協議会　技術部会

不法ＣＢ無線塔載状況実態調査結果について

宮城県電波障害防止協議会

最近は不法ＣＢ無線による電波障害が多く、なかでも移動（車）によるものが多いと言われている。

そこで、交通量の多い街道を選びＣＢアンテナの塔載状況を調査し、今後の参考資料とするため、以下により調査したのでその概要を報告する。

記

1　調査期日および地点

昭和５６年１０月１日　国道２８６号線（秋保街道）仙台市　AM 9°~12°, PM 1°~4°（6H）

昭和５６年１０月７日　国道　４５号線　気仙沼市

昭和５６年１０月８日　国道　　４号線　古川市

昭和５６年１０月９日　国道　４５号線　矢本町

2　調　査　担　当

東北電波監理局放送部放送課	松　本　康　弘	
宮城県総務部消防防災課	浅　野　五　郎	
ＮＨＫ仙台放送局営業部営業技術	後　藤　晃　志	剣　持　　甫
	斎　藤　文　彦	

3　調　査　方　法

各調査地点において車種別に無線用アンテナ（目視によって実施、中には不法ＣＢ無線でもアマチュア無線用アンテナを使用しているものもある旨なので、多少の誤差が予想される。）を塔載した車輌の通行台数及び総通行台数を調査した。

車　　種：ダンプカー、長距離トラック、トラック、ワゴン車、乗用車
その他

アンテナの種類：不法ＣＢ、アマチュア、業務用、その他

4　調査結果の概要

調査地点において最もＣＢ塔載率が高いと考えられたダンプカー、長距離トラック、トラックの通行台数は総通行台数の３４.６％（8,７１６台）である。

ＣＢアンテナ塔載車輌は総通行台数の4.６％である。これを車種別にみるとダンプカー４０.４％、トラック３６.１％及び長距離トラック１８.１％である。

4.6%の内訳（4.6%=100%）

これは、ＣＢアンテナ塔載車輌が平均１分１６秒に１台調査地点を通過していることになり、車種別ではダンプカー３分４秒、トラック３分２４秒、長距離トラック６分４８秒にそ

6H×60M×4地点/1165台 = 1分16秒/台

1つの調査地点は 1分16秒×4 = 5分4秒/台

れぞれ１台通過していることになる。

ＣＢアンテナ塔載車輌は自家用が６７％を占め、ダンプカーでは自家用が９４.１％、長距離トラックでは営業用が６１.５％を占めている。

また調査中にＣＢチャンネルを傍受したところ、「ＮＨＫの車がいるから○○に気を付けろ……」、「あそこに止っている車は電監らしいからしばらく止める……」、「これから出発する。どんどん障害を出してくる。……」など、明らかに不法を承知のうえ運用しているような会話を多々耳にした。

5 調 査 結 果

(1) 通行台数〔図－１、図－２〕

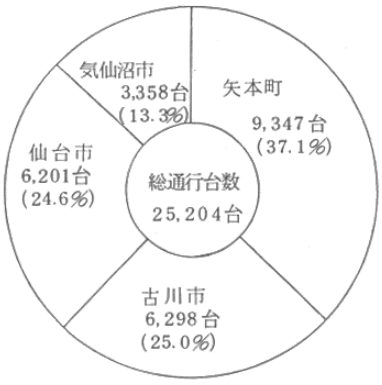
調査地点の総通行台数は２５,２０４台であり、矢本町9,３４７台、古川市6,２９８台、仙台市6,２０１台及び気仙沼市3,３５８台である。

これらの車種別内訳はトラック6,２１５台、ダンプカー1,６４９台、長距離トラック８５２台、その他である。

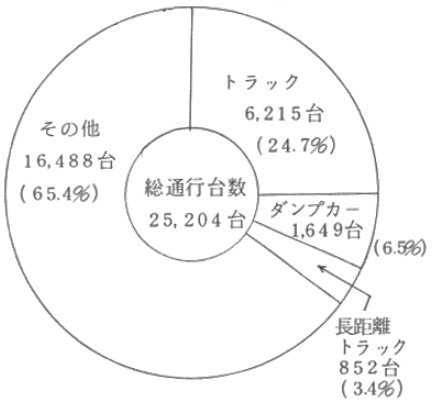
最もＣＢアンテナの塔載率が高いと考えられた車輌（ダンプカー、長距離トラック、トラック）は、総通行台数の３４.６％を占めている。

時間帯別では、各時間帯とも4,２００台前後の通行量であり、午前が多く、午後は少なくなっている。

〔図－１〕調査地点別通行台数



〔図－２〕車種別通行台数



(2) ＣＢアンテナ塔載車輌〔図－３～図－５〕

ＣＢアンテナ塔載車輌は1,１６５台であり、総通行台数の4.６％を占めた。

車種別内訳はダンプカーの４０.４％（４７１台）を筆頭に、トラック３６.１％（４２０

台）、長距離トラック１８.１％（２１１台）、その他5.4％（６３台）の順である。

調査地点別は、矢本町の４２.１％が最も多く、古川市３１％、仙台市１７.９％、気仙沼市９％の順である。

ＣＢアンテナ塔載車輌の通過台数を１分間当りに換算すると平均0.８台であり、車種別内訳はダンプカー0.３２台、トラック0.３台、長距離トラック0.１５台が１分間に通過していることになる。

ＣＢアンテナ塔載車輌のナンバープレートから自家用（白）、営業用（緑）に分類すると（国道２８６号線〔秋保街道〕を除く）、自家用は６４１台、営業用は３１６台であり、自家用が６７％を占めている。

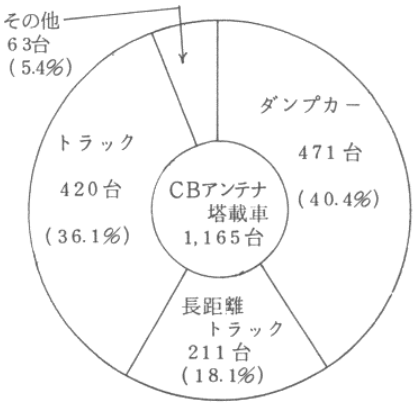
自家用の内訳は、ダンプカーが５２.１％を占め、次にトラックが２７.９％である。

営業用の内訳は、トラックが５６％を占め、次に長距離トラックが３７.３％である。

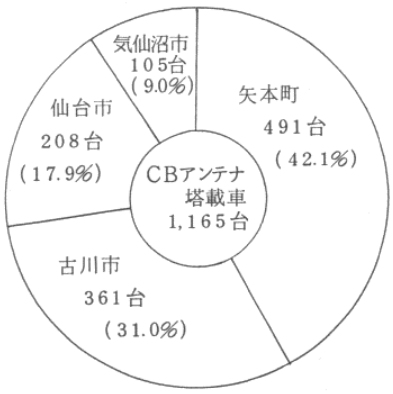
車種別内訳は、ダンプカーは自家用が９４.１％（３３４台）で営業用は5.９％（21台）だけであり、長距離トラックはダンプカーとは反対に営業用が６１.５％（１１８台）で自家用の３８.５％（７４台）より多く、トラックは自家用５０.３％（１７９台）、営業用４９.７％（１７７台）とほぼ同数である。

その他（ワゴン車、乗用車等）は自家用のみであり台数は５４台である。

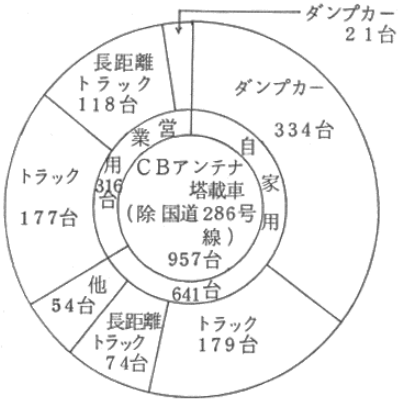
〔図－３〕ＣＢアンテナ塔載車（車種別）



〔図－４〕ＣＢアンテナ塔載車（地点別）



〔図－５〕ＣＢアンテナ塔載車（自家用、営業用別）



(3) 各種アンテナ塔載状況〔図－６～図－１０〕

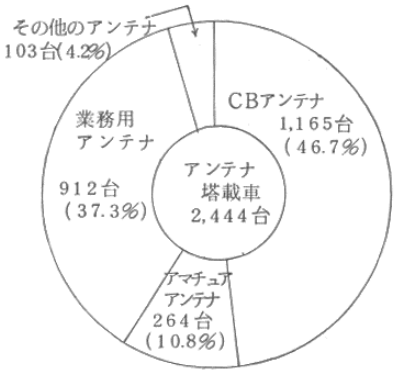
各種アンテナの塔載状況は、ダンプカーの８０.５％（４７１台）がＣＢアンテナを、１６.６％（９７台）がアマチュア無線アンテナを、長距離トラックの９０.６％（２１１台）がＣＢアンテナを、トラックの６７.４％（４２０台）がＣＢアンテナを、２７.１％（169台）が業務用無線のアンテナを塔載している。

アマチュア無線を塔載した車輌は２６４台であり、車種別には乗用車６７.８％、ワゴン車１８.１％、トラック８％である。

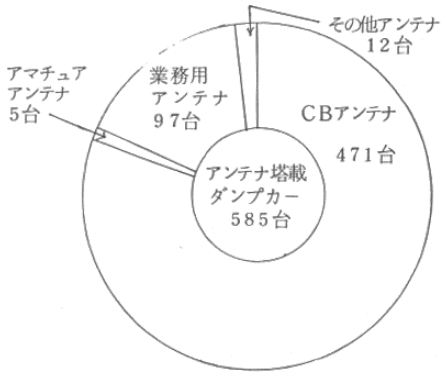
業務用無線を塔載した車輌は９１２台であり、車種別にはタクシー５０.７％、トラック１８.５％、ワゴン車１２％である。

その他のアンテナ塔載車は、テレビ用・ＦＭ用アンテナなどであり１０３台である。

〔図－６〕各種アンテナ塔載車の内訳

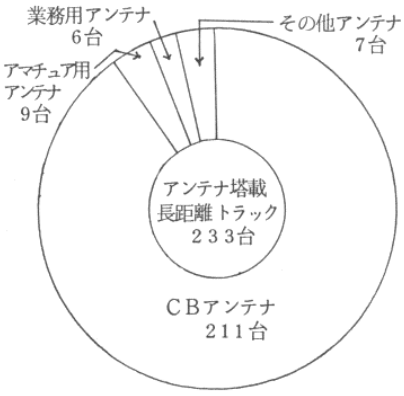


〔図－７〕各種アンテナ塔載状況（ダンプカー）



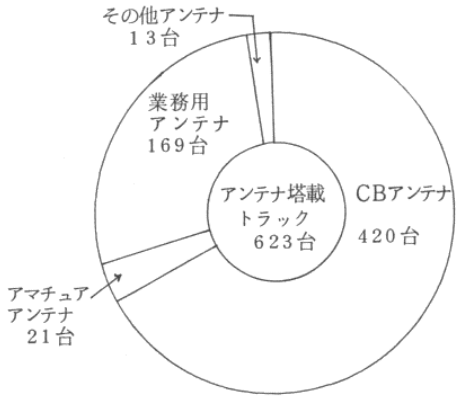
〔図－８〕各種アンテナ塔載状況

（長距離トラック）

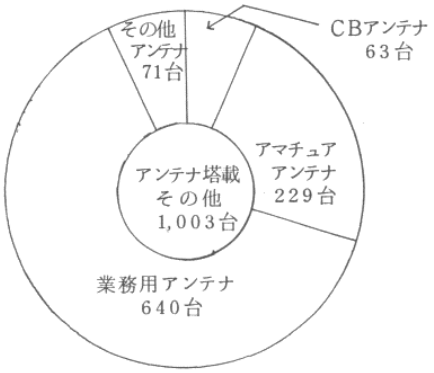


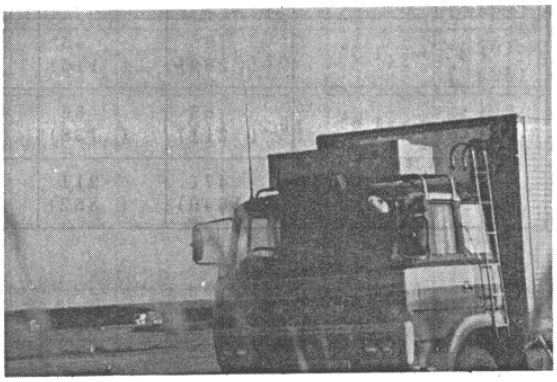
〔図－９〕各種アンテナ塔載状況

（トラック）



〔図－１０〕各種アンテナ塔載状況（その他の車輌）





〔表－1〕調査場所別ＣＢ塔載車および総通行台数

（　）内は総通行台数

調査場所	ダンプカー	長距離トラック	トラック	その他	計
国道286号線（秋保街道）（仙台市）	116 (500)	19 (149)	64 (1,112)	9 (4,440)	208 (6,201)
国道45号線（気仙沼市入口）	16 (98)	25 (105)	53 (908)	11 (2,247)	105 (3,358)
国道4号線（古川市）	153 (605)	54 (201)	146 (2,012)	8 (3,480)	361 (6,298)
国道45号線（矢本町）	186 (446)	113 (397)	157 (2,183)	35 (6,321)	491 (9,347)
計	471 (1,649)	211 (852)	420 (6,215)	63 (16,488)	1,165 (25,204)

〔表－2〕時間帯別ＣＢ塔載車および総通行台数

（　）内は総通行台数

時間帯	ダンプカー	長距離トラック	トラック	その他	計
9°～10°	89 (292)	27 (148)	63 (1,060)	12 (2,897)	191 (4,397)
10°～11°	93 (301)	45 (169)	95 (1,167)	10 (2,712)	243 (4,349)
11°～12°	86 (269)	37 (125)	79 (1,035)	7 (2,585)	209 (4,014)
13°～14°	72 (294)	23 (156)	79 (1,013)	12 (2,621)	186 (4,084)
14°～15°	66 (282)	43 (116)	32 (996)	12 (2,666)	183 (4,060)
15°～16°	65 (211)	36 (138)	72 (944)	10 (3,007)	153 (4,300)
計	471 (1,649)	211 (852)	420 (6,215)	63 (16,488)	1,165 (25,204)

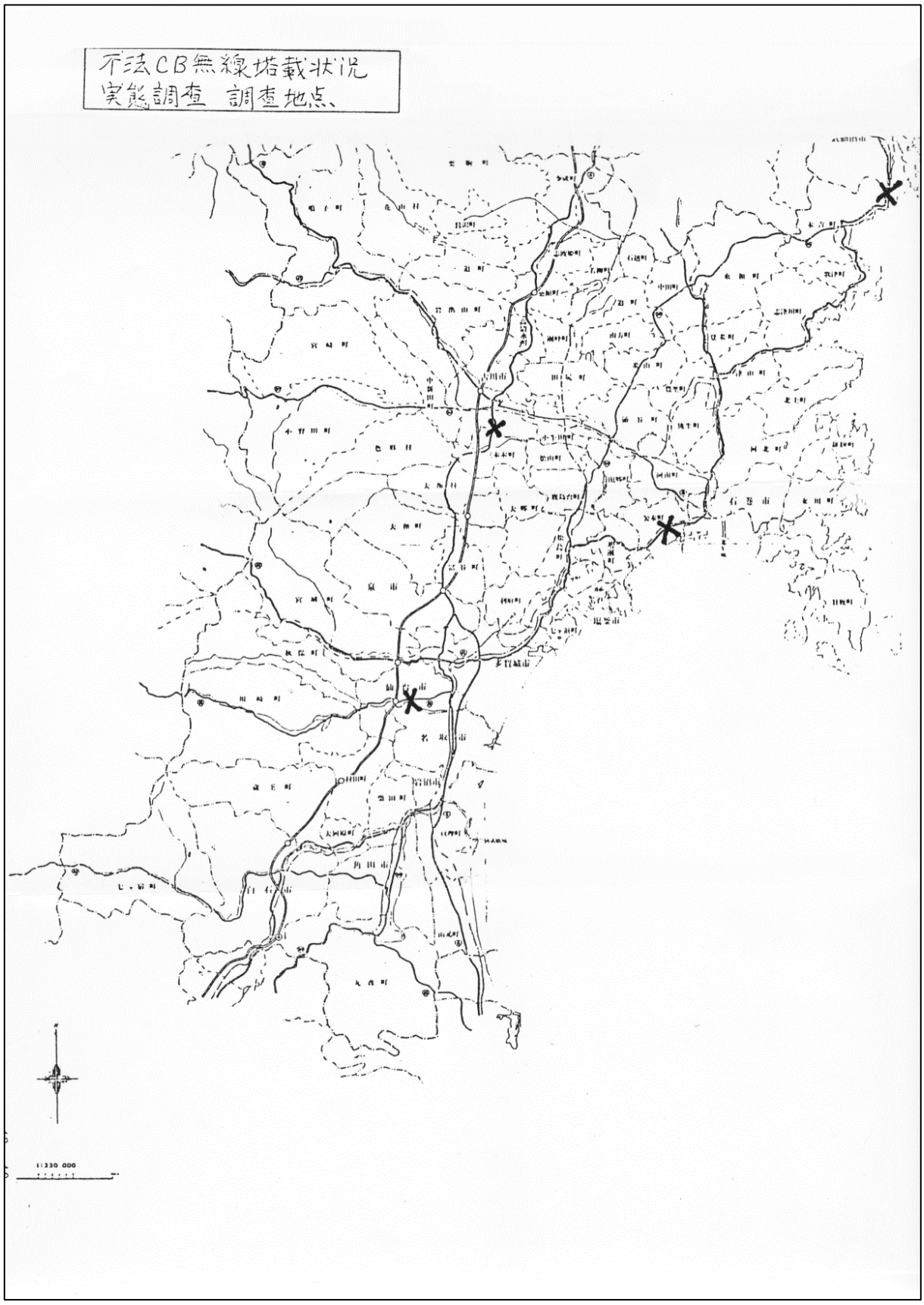
〔表－3〕調査場所別ＣＢ塔載車率〔％〕

（　）内は、調査地点別の％

調査場所	ダンプカー	長距離トラック	トラック	その他	計
国道286号線（秋保街道）（仙台市）	24.6％（55.8）	9.0％（9.1）	15.2％（30.8）	14.3％（4.3）	17.9％（100）
国道45号線（気仙沼市）	3.4（15.2）	11.8（23.8）	12.6（50.5）	17.5（10.5）	9.0（100）
国道4号線（古川市）	32.5（42.4）	25.6（15.0）	34.8（40.4）	12.7（2.2）	31.0（100）
国道45号線（矢本町）	39.5（37.9）	53.6（23.0）	37.4（32.0）	55.5（7.1）	42.1（100）
計	100（40.4）	100（18.1）	100（36.1）	100（5.4）	100（100）

〔表－4〕車種別アンテナ塔載状況

車種	ＣＢ無線				アマチュア無線	業務用無線	その他のアンテナ塔載	計
	自家用	営業用	秋保街道のみ自家用＋営業用	計				
ダンプカー	334	21	116	471	5	97	12	585（23.9％）
長距離トラック	74	118	19	211	9	6	7	233（9.5％）
トラック	179	177	64	420	21	169	13	623（25.5％）
ワゴン車	25	0	3	28	48	109	16	201（8.2％）
乗用車	29	0	6	35	179	54	24	292（11.9％）
タクシー	－	0	0	0	1	462	0	463（18.9％）
バス、他	0	0	0	0	1	15	31	47（2.1％）
計	641	316	208	1,165（46.7％）	264（10.8％）	912（37.3％）	103（4.2％）	2,444（100％）


不法CB無線塔載状況
実態調査 調査地点

1982 年（昭和 57）電気柵による電波障害

技術資料
28

昭和５８年４月

目　　次

1. 都市内インパルス性雑音の統計的位置測定（東北大学）…… 1
2. 配電線路に起因する電波障害（東北電力）…… 11
3. 仙台市内におけるＴＶ電波の第４回定点観測結果（ＮＨＫ仙台）…… 20
4. ＵＨＦ帯の都市雑音の経年変化に関する調査（東北電波監理局）…… 41
5. 大型冷凍車による電波障害（ＮＨＫ仙台）…… 48
6. 電気柵による電波障害（ＮＨＫ仙台）…… 54
7. 放電加工機による電波障害（東北電波監理局）…… 61

東北電波障害防止協議会　技術部会

6　電気柵による電波障害について

ＮＨＫ仙台放送局

ま え が き

電気柵は酪農家において牛や豚などの家畜が柵から逃げ出さないようにするためのもので，柵に裸電線を張り巡らせ，これを電極の一端としてパルス電圧を印加し，家畜に電気ショックを与える。電極の他端は接地するのが正規な使用法であるが本障害の場合には，機器設置時にこの接地工事を怠った為に発生したものである。

本調査はこの電気柵から発生するパルス性雑音について測定を行ったものである。

なお，本調査は電障協の「新たな障害源調査」の一環として行われたものである。

1. 調 査 期 日

昭和５７年１０月２６日

2. 調 査 場 所

宮城県栗原郡高清水町袖山地区

3. 調 査 担 当

ＮＨＫ仙台放送局　剣 持　　甫

〃　斎 藤 文 彦

4. 使 用 機 器

ＶＨＦ雑音強度測定器	ＡＲＭ－５１２Ａ（安立）
Ｍ　Ｆ　〃	ＫＮＭ－４０２Ｃ（協立）
記 録 計	ＥＰＲ－２００Ａ（東亜）

5. 調 査 対 象

(1)　電柵器の諸元

- ○メーカー名　エスケー電気工業（北海道苫小牧市）
- ○型　　名　ＰＧ－ＬＩＧＨＴ
- ○製造番号　№５６３９２
- ○出　　力　出力電流波高値５００ｍＡ（５００Ω負荷）
- ○周　　期　1.0～1.3秒
- ○電　　源　１００Ｖ　２φ

○甲種マーク　▽№91－11459

(2) 機器所有者　高　橋　清　喜

(3) 使用目的　豚の逃亡防止

6. 調査結果

調査対象電気柵の配線は図－3に示すとおりであり，接地がなされない状態での障害は主にラジオに「ポツッ，ポツッ」という雑音が周期的に入り，テレビには柵に極く接近したところでメダカノイズになる。

記録計で観測した妨害波の状況は図－4のとおりであり，周期的なパルスとなっている事がわかる。

雑音強度は表－1，表－2に示すように強い地点で82.5dBμ/mであり，周辺の放送波電界強度（70.2dBμ/m，1089KHz）を上回っている所もある。

しかし，雑音の強度は距離とともに弱まる傾向にあり，400m離れると30dBμ/m程度に減衰しラジオに障害を感じなくなる。距離特性を図－2に，周波数特性を図－1に示す。

図－2によると，その減衰傾向は雑音源から200m位までは急激に減衰し，後はほぼ一定値になる。この傾向は600，1,400KHzで著しく1,000KHz附近は少ない。

一方，雑音の周波数特性をみると図－1のようになり，800KHz～1,000KHzにピークがあり，その前後では振動している。

7. ま と め

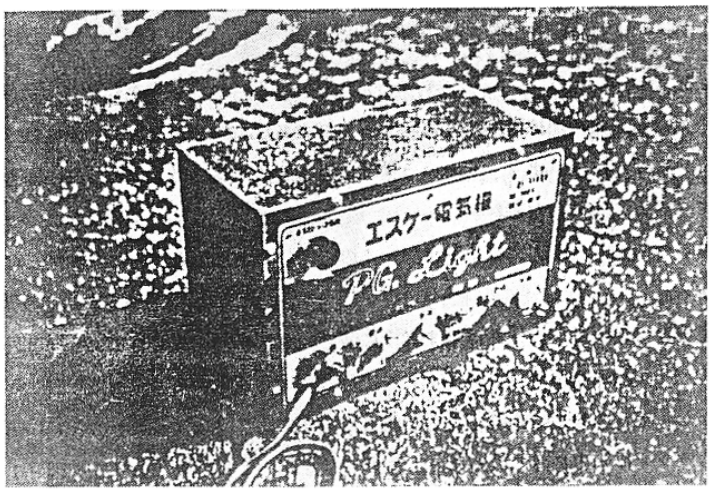
本障害は機器設置時に接地工事がなされなかったことにより発生したものである。

本来接地工事は必ずしなければならないものであるが，機器が簡易なため工事業者によらず一般ユーザーが安易に設置を行うことに問題がある。

このため，今後は機会ある毎にこれら販売業者やユーザーに対し接地工事を必ずするように指導していく必要がある。

なお，この種の障害は減衰特性の著しい600，1,400KHz附近の雑音をラジオで受信しながら移動調査することが，調査範囲を狭くすることができ，障害源の探究に効率的であると考えられる。

電 気 柵 の 外 観



〔表－1〕　雑音電界強度

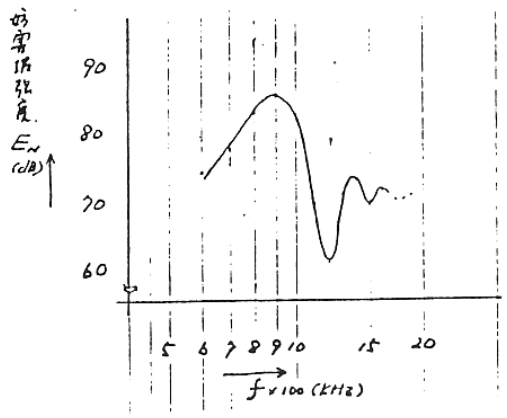
番　号	距　離 (m)	雑音電界強度（dBμ/m）		
		600 KHz	1,000KHz	1,400KHz
①	5	74.0	82.5	73.0
②	60	59.0	64.5	60.0
③	93	45.0	48.5	45.0
④	135	36.0	49.5	32.0
⑤	235	36.0	37.5	29.0
⑥	400	29以下	30.5	29以下

〔表－2〕　No.1 ポイントにおける周波数特性

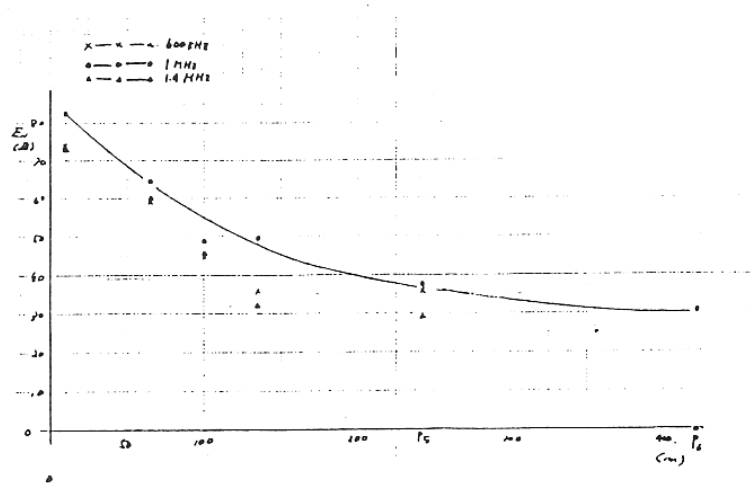
番	雑　音　電　界　強　度　〔dBμ/m〕							
号	700 KHz	800 KHz	900 KHz	1,100 KHz	1,200 KHz	1,300 KHz	1,500 KHz	1,600 KHz
①	39.0	45.0	48.0	32.0	60.3	34.0	33.0	35.0

〔表－3〕　放送波電界強度

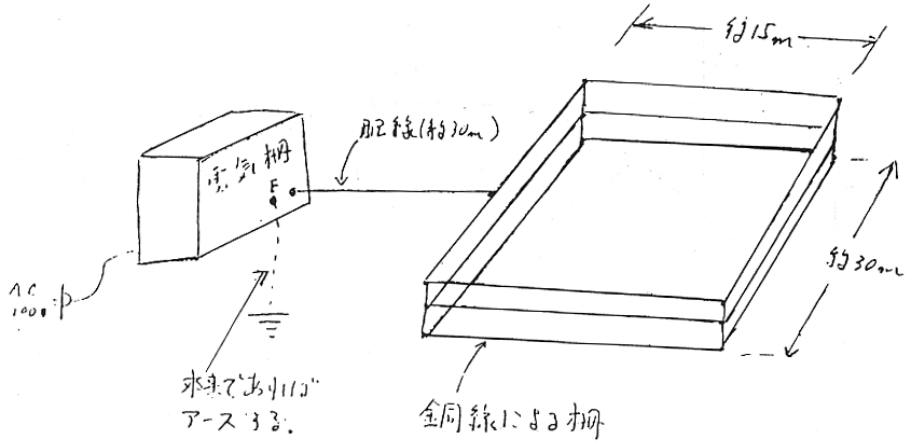
放送局名	〔KHz〕	電界強度 〔dBμ/m〕	画質評価 〔非障害時〕	障害評価	
				映　像	音　声
NHK－R_1	891	80.5	4	／	P3－
NHK－R_2	1,089	70.2	4	／	P2
東北放送	1,260	80	4	／	P3－



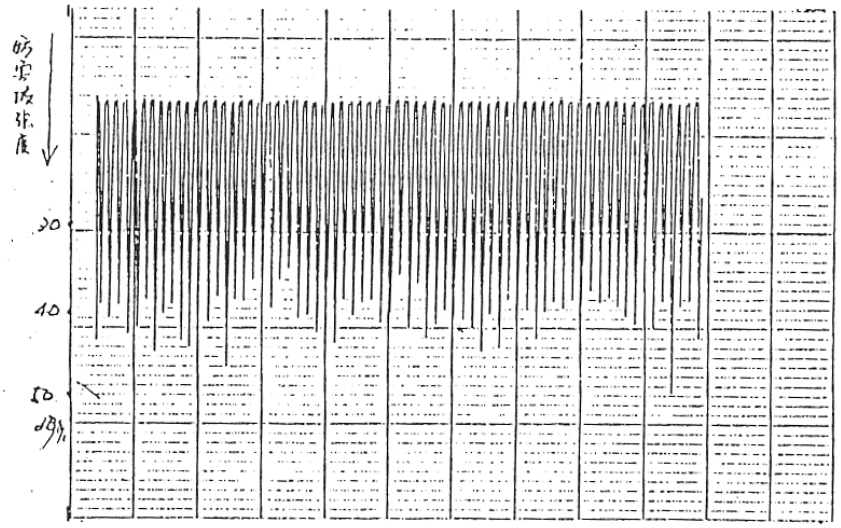
〔図－1〕No.1ポイントにおける妨害波の周波数特性



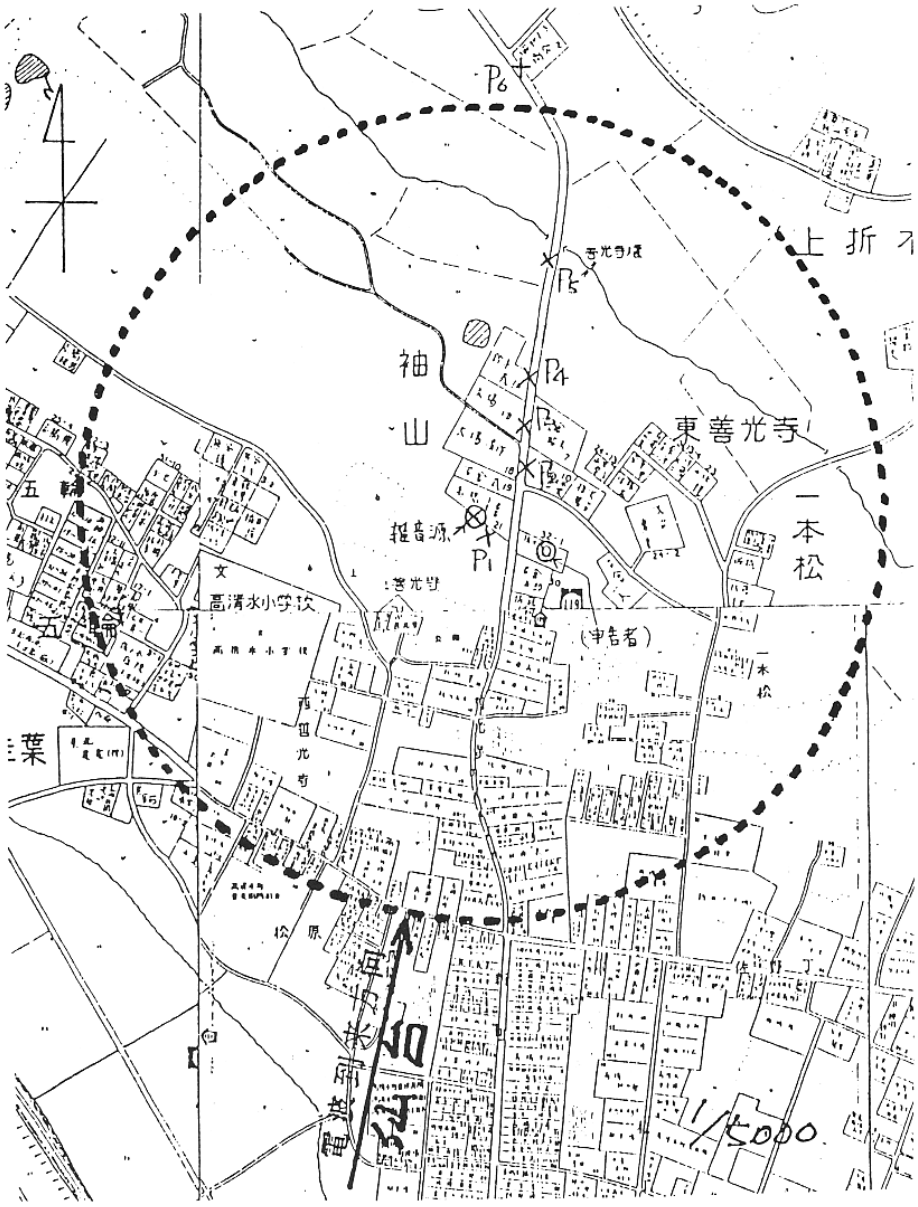
〔図－2〕妨害波の距離特性



〔図－3〕電気柵の配線



〔図－4〕妨害波の記録計波形〔横軸80mm/H〕



〔図－5〕障害範囲および調査地点

1983 年（昭和 58）電波雑音ハンドブツク（A5,p96-97）



電波雑音ハンドブック
昭和58年3月　第1刷発行

編集・発行　日本放送協会 営業総局 営業技術部
東京都渋谷区神南2－2－1
電話　東京 03（465）1111
郵便番号　150
制　作　日本放送出版協会
東京都渋谷区宇田川町41－1
印　刷　文唱堂印刷

© 1983　日本放送協会　Printed in Japan

目次

第1章　受信障害の種類と雑音防止 …… 8
1.1　受信障害の種類 …… 8
1.2　雑音防止の原則 …… 9
第2章　高周波利用設備 …… 10
2.1　高周波ウェルダー …… 10
2.2　高周波焼入機 …… 12
2.3　超短波治療器 …… 13
第3章　火花放電を利用した機器 …… 14
3.1　型彫式放電加工機 …… 14
3.2　ワイヤーカット式放電加工機 …… 16
3.3　高周波電気溶接機 …… 17
3.4　テスラコイル …… 18
3.5　電気メス …… 19
3.6　静電気除去装置 …… 20
3.7　給湯器 …… 21
第4章　送配電線 …… 22
4.1　送電線 …… 22
4.1.1　コロナ雑音 …… 22
4.1.2　送電線がいし連雑音 …… 23
4.2　配電線 …… 26
第5章　電気鉄道 …… 28
5.1　電力線 …… 28
5.2　新幹線 …… 34
第6章　整流子モーターを使用した機器 …… 38
第7章　電気接点(サーモスタット)を使用した機器 …… 44
7.1　電気アンカ、電気コタツ …… 44
7.2　冷凍庫 …… 48
7.3　クーリングタワー …… 50
7.4　重油予熱ヒーター …… 51

第8章　サイリスターを使用した機器……52
8.1　調光・調速・調温装置……52
第9章　放電灯……58
9.1　蛍光灯……58
9.2　ネオン放電灯……60
9.3　高圧水銀灯（光電式自動点滅器を含む）……62
第10章　受信機とビデオ機器……64
10.1　テレビ受信機……64
10.1.1　高圧回路の絶縁不良……64
10.1.2　局部発振障害（UHF）……66
10.1.3　偏向コイルによる障害……68
10.2　ホームビデオ……70
第11章　ブースター……72
第12章　自動車……76
第13章　無線局……80
13.1　アマチュア局……80
13.2　市民ラジオ……89
第14章　その他の障害源……90
14.1　コンピューター（オフコン・マイコンなど）……90
14.2　リモコン・オートシャッター……92
14.3　プログラムタイマー……94
14.4　ネオン管加工機……95
14.5　電気柵……96
第15章　関係法規……98
15.1　電波法関係……98
15.2　電気事業法関係……102
15.3　電気用品取締法関係……104

1984 年（昭和 58）ゴルフ場「防球ネット」による反射障害

東北電波障害防止協議会、技術部会（技術資料 29）（B5,p34-39）

技術資料

29

昭和59年4月

目　　次

あいさつ（技術部会長）…… 1
発　表 …… 2
1. インパルス性雑音について（東北大学）…… 2
2. MF帯の都市雑音に関する調査について（東北電波監理局）…… 8
3. 仙台市内におけるTV電波の第5回定点観測結果について（NHK仙台）…… 12
4. 中山ゴルフ場防球ネットによる反射障害について（NHK仙台）…… 34
事務局から …… 41

東北電波障害防止協議会　技術部会

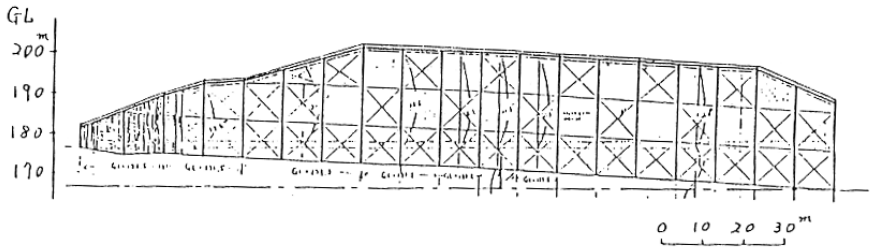
中山ゴルフ場「防球ネット」による反射障害について

1. 概　要

ゴルフ場は，仙台ＵＨＦ基幹部（大年寺山）から北西へ，約８kmの送信アンテナから見通しの高台に位置しており，ここに昭和５８年４月中旬頃，図－１に示すような防球ネット（以下「ネット」という）が設置された。

これによって，約5,000世帯（第34チャンネル,ミヤギテレビ）にゴースト障害が発生し，最も遠地点では約67km地点にある東和米川サテライト局（エリア内約700世帯）が障害を受けた。

そこで，現地調査および予測計算を行った結果，障害の実態が確認されたので，その概要を報告する。



図－１　ネットの立面

2. 障害範囲の把握

あらかじめ入手したネットの配置図等により図－２のように反射方向を推定し，各方向について測定した。また，Ｒ１方向の苦情が多いことから，この方向については３地区（大松沢，涌谷，芝尻）において横断調査を実施した。

(1)　測定項目

次の各項について測定を行った。

(ア)　希望波強度

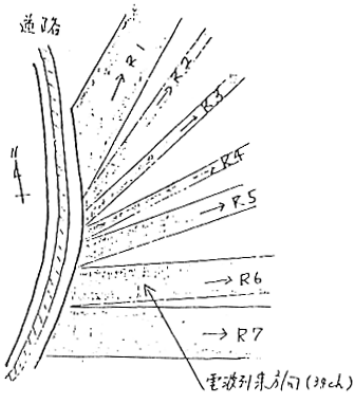
(イ)　ＤＵ比

(ウ)　遅延時間

なお，測定チャンネルは，主に障害が発生している第34チャンネルについて測定し，他のチャンネルは必要に応じて測定した。

(2) 測定方法

測定車により受信アンテナを８ｍ高として，希望波強度は電界強度測定器，ＤＵ比および遅延時間はゴーストアナライザーにより測定した。



図－２　ネットおよび反射方向

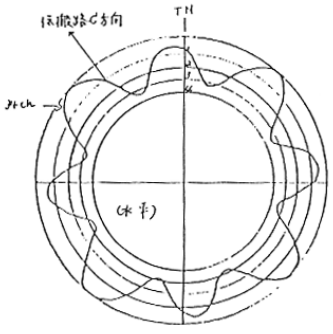
3. 予測の計算

(1) 諸元の設定

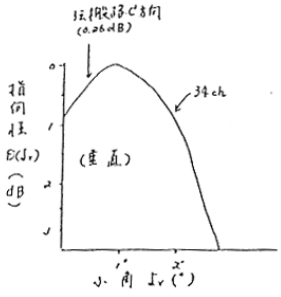
(ア) 送信の条件

- 送信アンテナ高　　２５４ｍ（海抜）
- ＥＲＰ　　２９０kw
- チャンネル　　３４チャンネル（５９７.２５ＭHz，λ＝0.5ｍ）
- アンテナ型式　　６Ｌ　３段　４面

図－３，４にミヤギテレビ局の水平面および垂直面の指向特性を示す。



図－３　水平面指向特性



図－４　垂直面指向特性

(イ) 伝搬路の取扱い

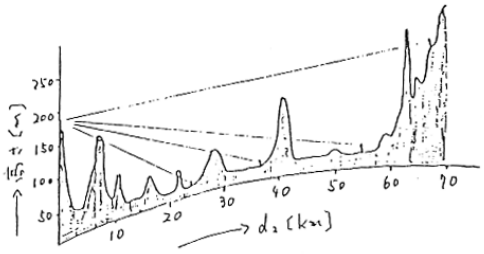
a) 送信アンテナとネット間の伝搬路

この伝搬路は，ネットの直前に山がありネットへの入射波強度の予測が不正確となることも考えられるので，反射板近傍での端子電圧を実測し，平均化して取扱った。

($\overline{E}i$ = 89dB)

b) ネットと受信点間の伝搬路

4地点（横断3地点と東和米川サテ）で検討を行ったが，各々の伝搬路とも図－5に示すように地形が複雑であるため，予測には主にしゃへいされる地形として考慮した。



図－5　R1方向の伝搬路

c) 送信アンテナと受信点間の伝搬路

この間も地形が山などにより複雑であるため実測値を使用した。

(ウ) 反射面

a) 反射面の大きさ

図－1のように傾斜面に建設されており，その規模は，全長190m最大高30mである。（2面あるが主反射面について検討した。）

b) 反射面の反射損

亀甲型（30×26㎜，線径 0.8㎜）のステンレス製金網を使用している。

反射損の計算値は約0.3dBである。

(2) 予測計算

以上の諸条件を考慮して，次式により予測計算を行った。

ア　DU比

$$D/U = E_D - ye - D(o)AUT - Ku(h_2) - (D_2 - D_1) - L - 20\log\left(\frac{d_1}{d_1 + d_2} \cdot Ao \cdot Bo\right) \quad [dB]$$

ただし，

E_D：希望波端子電圧〔dBμ〕

ye：反射損〔dB〕

D(o)AUT：受信アンテナ指向特性〔dB〕

Ku(h_2)：反射板と受信点間の都市減衰〔dB〕

D_2：送信アンテナの反射面方向指向特性〔dB〕

D_1：　〃　受信点方向　〃　〔dB〕

L：山のしゃへい損失〔dB〕

Ao：反射板の縦幅に対応するフレネル積分値

Bo：　〃　横幅　〃

イ　遅延時間

$$y = \frac{1{,}000\,d_1}{300}\left\{1 + \alpha\sqrt{1 + \alpha^2 - 2\,\alpha\cos(2Oho + \delta)}\right\}〔\mu sec〕$$

ただし，

d_1：送信点と反射板間距離〔Km〕

d_2：反射板と受信点間距離〔Km〕

Oho：入射角〔°〕

wo／2：d_2から離れる距離〔m〕

$\alpha = d_2' / 1{,}000 d_1$

$d_2' = \sqrt{d_2^2 + (\frac{wo}{2})^2}$

$\delta = \sin^{-1}\left\{(\frac{wo}{2}) / d_2'\right\}$

(3)　予測と実測の比較

予測計算結果および実測の結果を表１に示す。

	D/U (dB)		T (μsec)		評価
	予測値	実測値	予測値	実測値	
R1 大松沢	20.6	20.0	16.1	16.05	G3⁻
R1 浦谷町	10.8	13.5	17.7	17.6	G2
R1 笠原	19.4	19.5	18.4	18.3	G3⁻
R1 東新井川	23.9	22.0	18.5	18.5	G3
R5 清水沢	15.8	15.5	30.4	30.4	G3⁻

各地点での予測および実測値のDU比の差は最大2.9dBであった。

また，遅延時間は0.1μs以内であり，ほぼ一致していることから，障害源がネットであ

ることが確認された。

4. 改 善 方 法

別紙地図に示すように，障害範囲が広範囲にわたるためネットによる改善方法を検討した。

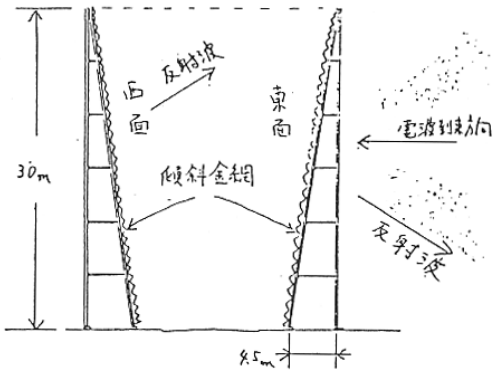
この方法は，ネットを傾斜させ，電波を上方あるいは下方に反射させる方法である。

改善度は，調査地点内の最悪DU比（3.5 dB）の地点を26dB以上改善することを目標値とした。

この条件により，下方反射のネット傾斜角度を求めると7°以上になる。

実際の対策はネットの支柱の傾斜角が約8°となることから，前記条件を満たすのでこの支柱面を利用することとした。この場合，ネット前面の骨材の影響等により，実際の改善度は約22dBと予測される。また，メインビームの落ちる距離は約100m地点となるが,この附近はゴルフ練習場の敷地内となり，一般受信者はいない。

なお，西面のネットが北方に張り出していることから，この部分の影響も無視できないため支柱を利用して障害波を上方に反射させることとした。



図－6　ネットの傾斜


R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
N
〔別紙〕障害発生地域および調査地点
縮尺　二十万分之一

1986 年（昭和 61）「EDTV,IDTV の現状と動向」（B5,p4-10）

2. EDTV，IDTV の現状と動向

正会員 羽 鳥 光 俊†

1. EDTV，IDTV が期待される背景

1.1 ディジタル化の流れ

EDTV，IDTV のキーテクノロジーはディジタル信号処理技術と，それを低価格で実現するディジタル IC 技術である．EDTV，IDTV をはじめとし，テレビは近年“ディジタル化の流れ”に乗って急加速しつつあるといえよう．この“ディジタル化の流れ”は，テレビに限らず，音声放送，通信，パッケージ系 AV 機器などのエレクトロニクス機器全般にいえる流れであり，“IC 化の流れ”と表裏一体をなす流れである．すなわち，

（1） IC は，大量生産による大幅な低価格化が可能という特長を有する．

（2） IC は，非線形性があらわれやすいため，非線形ひずみに強いディジタル信号とのなじみが良い．ディジタル IC は，アナログ IC より製造が容易であり，大量生産→低価格の図式にのせやすい．

（3） ディジタル IC は，雑音や，温度変化，経時変化，電源電圧変動などに強く，安定な動作，信頼性の向上が可能である．

（4） ON，OFF 動作は，電圧，電流の一方だけが大きく他方が小さい 2 つの動作点を往復するように選べるから，電圧，電流の積の消費電力を小さくできる．CMOS の消費電力は極めて小さい．

（5） 消費電力を小さくできるから，高集積化が可能である．

そして，ディジタル化することにより，信号の値を正確に一時記憶しておけるとか，周波数領域（伝達関数）でなく時間領域（インパルスレスポンス）で設計することにより，複雑なフィルタを実現できるとか，適応的にパラメータを変える時変フィルタを簡単に実現できるとか，雑音やひずみの相加のほとんどない信号処理ができるとか，アナログ方式では不可能な数々の新しい機能を追求できる．

テレビ信号は帯域幅が広く，したがって大量の情報を高速に扱わなければならないため，ディジタル化することが近年までコスト的に難しかった．そのため，方式変換装置，フレームシンクロナイザなど，高機能なパフォーマンスを追求することが極めて重要で，コストの占める比重の小さいスタジオ装置のディジタル化に限られていた．

しかし今や，半導体回路素子技術，IC 製造技術の進歩は，そのコストの占める比重の大きい受像機にディジタル IC を組込み，新しい機能をテレビが追求することを可能にしつつある．その新しい機能が，視聴者のニーズを捕え得るすじの良いものであり，かつディジタル IC により実現されるものであれば，それが相当複雑，大規模なものであっても，今や大量生産→低価格化により，コスト増は極めて小幅に止めることが可能である．EDTV は，検討に値する，すじの良いものであるといえる．

EDTV，IDTV 受像機に必要なディジタル IC は，フレームメモリー用の RAM とビデオ信号用の高速な AD・DA 変換器と，色信号分離，高精細情報信号分離を行うためのディジタルフィルタであろう．RAM は，コンピュータやコンピュータ応用機器用に大量生産され，すでに相当低価格である．新しいニーズを提供することにより，なおいっそうの低価格化が期待される．AD・DA 変換器はまだやや高価である．5，6 年前にくらべると性能も向上し，価格も 1 桁近く安くなっているが，まだ RAM のような大量なニーズがないため充分安くないのであって，受像機に組込むという大量のニーズが顕在化すれば，さらに 1 桁近く低価格化されよう．

色信号分離，高精細情報分離のディジタルフィルタは，簡単なものからやや複雑なものまで種々考えられる．アナログフィルタにくらべ，格段に優れた分離が

† 東京大学 工学部
"A Prospect of EDTV and IDTV" by Mitsutoshi Hatori (Faculty of Engineering, University of Tokyo, Tokyo)

テレビジョン学会誌 Vol. 40, No. 5 (1986)

テレビジョン学会誌

可能ではあるが，ディジタルフィルタをもってしても，簡単でかつ完璧な分離方式は見当たらない．価格以前に，良好な分離方式に工夫のいるところである．これについては3.4節で再度述べる．

1.2 現行テレビの画質の問題点

撮像管や受像機のブラウン管の近年の進歩も著しく，精細度の高い画像の撮像・表示が可能になっている．録音・録画技術も大きく進歩しつつある．

しかるに現行のテレビ方式では，撮像管の進歩，録画技術の進歩がもたらした精細度の高い画像を送ることができない．HDTVは，新幹線のような新しいテレビ方式といわれている．EDTVは，在来線に特急も走れるように現行テレビ方式を変更することにより精細度の高い画像の送信を可能にしようとするものといえよう．IDTVは，現行テレビ方式を変更することなく受像機で精細度を高める処理を行おうとするものである．これらの相違については2節で述べる．

一方，ブラウン管の進歩により高輝度化と電子ビームの細ビーム化が可能になった．高輝度化は，明るい部屋でも彩度の高い画像の表示を可能にするが，反面，インタラインフリッカ，インタフレームフリッカを目に付きやすくするという欠点がある．

日本の現行テレビ方式は，アメリカのNTSC方式と同じ方式――525本/フレーム，30フレーム/sec＝60フィールド/secである．ヨーロッパ諸国の現行方式は，PALとSECAM――625本/フレーム，25フレーム/sec＝50フィールド/secである．

これらのテレビ方式には，帯域幅を節約するための，面白い巧妙な工夫がいろいろある．

（1） インタレース：画像の垂直方向，時間軸方向（フレーム方向）に相関があること，ならびに視覚の空間的・時間的ローパス特性を利用して，垂直方向に一種のサブサンプリングを行い，帯域幅を1/2に節約している．

（2） 色副搬送周波数を，走査線周波数の半奇数倍，かつフレーム周波数の半奇数倍に選ぶことにより，フィールド内の隣接走査線間で色副搬送波の位相が反転するように，かつ隣接フレーム間の同一走査線上でも反転するようにし，輝度信号に対する色副搬送波の影響を視覚特性を利用して軽減している．これをスペクトルで考えれば，輝度信号のスペクトルと色信号のスペクトルがインタリーブするように，色副搬送波周波数が選ばれている．

20数年前，学生時代に学んで感激したこれらの巧みな工夫も，ブラウン管が進歩し高輝度化されたことにより，ありがたさを半減しつつある．

ブラウン管輝度の低いときは気にならなかったインタレース走査を行うことにより生じるインタラインフリッカが，ブラウン管が高輝度化され，目に付くようになった．フリッカは，高輝度になるほど，また大面積になるほど目に付きやすくなる．ヨーロッパ方式にくらべフレーム当たりの走査線数の少ないNTSC方式は，インタラインフリッカが，いっそう目に付きやすいといえる．

インタラインフリッカにより垂直解像度が低下することを考慮し，水平解像度を落してある．Kellファクタ（走査線間隔と水平方向の画素間隔の比）と呼ばれるのがそれである．“アスペクト比（画面の横縦比）”が4：3であるにもかかわらず，水平方向に$4.2\times10^6\times2\times(1/15.7\times10^3)=533$画素/ライン（水平帰線区間もふくめて）きり割当てない．ということは，インタレース走査による垂直解像度の低下をほぼ$533\times(3/4)=525\times0.76=400$本/フレーム（垂直帰線区間も含めて）に見積っているわけである．ブラウン管が高輝度化すると，インタラインフリッカにより垂直解像度が低下し，水平解像度とのバランスを欠くこととなる．

NTSC方式にくらべフレーム当たりの走査線数の多いヨーロッパ方式は，インタラインフリッカの点で有利である．しかし，フレーム周波数が低いから一概に有利ともいえない．これはむしろ，インタフレームフリッカと考えるほうがよかろう．NTSC方式にくらべフレーム周波数の少ないヨーロッパ方式は，ブラウン管の高輝度化によりインタフレームフリッカが目に付きやすくなるといえる．

2. HDTV，EDTV，IDTVの分類

撮像管の進歩，録画技術の進歩，ブラウン管の進歩などにより可能になった，精細度の高い画像の放送，受像を可能にするテレビ放送方式を追求する2つの審議，検討協議が郵政省で行われている．

電気通信技術審議会で審議されているHDTVと，テレビジョン放送画質協議会でゴースト対策とともに検討協議されているEDTVである．

HDTV（High Definition TV）は，テレビ放送が開始されてから30余年，その間のエレクトロニクス技術の進歩を取り込み，将来の技術の進歩を予見し，現行テレビ方式にとらわれることなく，次世代の理想的テレビ方式を追求する．NHKが開発したHDTV（ハイビジョン）が，その代名詞的存在であり，世界的に見て，技術的に最も先行している方式である．CCIRに

おける標準化に向け，日本は精力的に寄与しているところである．現行のテレビ方式として，世界に525本/フレーム方式と625本/フレーム方式の2方式が存在して，少なからず不便であることへの反省をふまえ，世界的合意が唯一のHDTV方式へ到達すべく，関係者の努力がなされているところである．唯一の方式へしぼりこむことは極めて重要なことであるが，また極めて困難でもあり，関係者の努力を多としたい．

これに対してEDTV (Extendid Definition TV) は，現行テレビ方式と両立性のある，より精細度の高いテレビ方式を追求する．そのために，現行テレビ送信方式に必要な改善・変更を行う方式を追求するものである．

すなわち，1.1節で述べた近年のディジタル信号処理技術，ディジタルIC技術の進歩をふまえ，受像機にディジタル技術を導入し，1.2節で述べた現行テレビの画質の問題点であるブラウン管の高輝度化に伴う，インタレース走査に起因するインタラインフリッカによる垂直解像度の低下を改善するため，

（1） 受像機においてノンインタレース化を行い，垂直解像度の向上をはかる．そのために必要な送信方式の改善・変更を行う．

さらに，水平解像度の向上をはかるため，

（2） 高精細情報（輝度信号の高域成分）を，そのスペクトルが現行の輝度信号，色信号のスペクトルとインタリーブするような周波数の副搬送波により多重化する．

などの現行放送方式の改善，変更が検討されている．

IDTV（Improved Definition TV）は，現行放送方式の変更を行わず，上記(1)と同様なノンインタレース化を行い，垂直解像度の向上をはかるもので，放送方式の改善・変更の助けを受けずにEDTVと同程度の垂直解像度の改善を行おうとすると，相当複雑な信号処理を行わなくてはならない．EDTVは，IDTVのその困難を軽減するため，あらかじめ放送方式を変更する．IDTVは，EDTVの上記(2)の水平方向の改善は行えない．EDTVは，IDTVで不可能な水平解像度の改善を可能にするため，あらかじめ送信信号に高精細情報を多重化する．

なお，上記のHDTV，EDTV，IDTVの分類は，テレビジョン放送画質協議会における合意にもとづいた分類である．

CCIRでは，

- HDTV
- En. TV（Enhanced TV）
  - Ex. Def. TV（Extended Definition TV）
  - Improved TV

と分類していたのを，昨年来，

- HDTV
- Ex. Def. TV
- En. TV

と分類し，Ex. Def. TVはアスペクト比がHDTVと同じ16：9のものを意味するようである．その分類で行くと，日本のEDTVはCCIRではEn. TVの一種ということになるのであろうか．

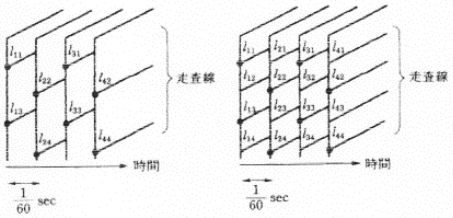
またEx. Def. TV，En. TVといった場合，ヨーロッパのEBUでは625本/フレーム，50フレーム/secではあるが，現行のPAL，SECAMと互換性のないMAC（Multiplex Analog Component）方式で考えられており，アメリカのSMPTE，ATSCでは，NTSC 2 ch分の帯域を用いる方式や，MAC方式のものなど，いろいろな方式が考えられているようである．

名称，用語の定義，分類がいまだ世界的に統一されていないので，誤解をまねかないよう注意する必要があろう．

3. EDTV，IDTVに期待できる画質改善

3.1 ノンインタレース化による垂直解像度の向上

現行のNTSC方式では，図1(a)のように，第1フィールドで l_{11}，l_{13}，… $l_{1,263}$ の奇数走査線が，第2フィールドで l_{22}，l_{24}，… $l_{2,262}$ の偶数走査線が伝送され，表示され，第1フィールドと第2フィールドで1フレームを構成する2：1インタレース走査が行われている．例えば，l_{22} が表示されてから l_{42} が表示されるまで1/30 secの時間差があるため，その間に表示される l_{31}，l_{33} が視覚的に干渉し，インタラインフリ



(a) インタレース走査（現行NTSC方式受像機）（NTSC, IDTV, EDTV伝送系）　(b) ノンインタレース走査（IDTV, EDTV受像機）

図1 インタレース走査とインタレース化（伝送される走査線を●で示した）

ッカを生じ，垂直解像度を低下させる．1．2節で述べたように，ブラウン管の輝度によるが，70～80%垂直解像度が低下する．

IDTV 受像機，EDTV 受像機では，インタレース化，すなわち**図2**(b)のように，伝送されて来ない l_{12}，l_{14}，l_{21}，l_{23} などの走査線を受信機で補間し，走査線周波数を 15.75 kHz の2倍の 31.5 kHz で走査し，525 本の走査線を 1/60 sec 毎に表示することにより，インタラインフリッカがなくなり，静止画の場合，垂直解像度が 33～25%向上する．

走査線の補間法として，図2(a)のように，受像機にフィールドメモリーを設け，輝度信号，色信号を前フィールドから補間する方法が考えられる．静止画の場合，完全な補間が可能であるが，動画の場合，**図3**に示すように，輪郭部に水平方向の動きに対して櫛の歯状の画質劣化，垂直方向の動きに対して動きの滑らかさを多少欠くという画質劣化を生じる．

この動画の主として輪郭部の画質劣化を軽減する走査線補間法として，図2(b)のように，補間しようとする走査線（例えば l_{23}）の属するフィールドを1フィールド遅延させ，前・後フィールドから補間する方法，図2(c)のように1走査線遅延させ，フィールド内の上・下の走査線から補間する方法，図2(d)のように，静止部分はフィールド間補間，動画部分はフィールド内補間と，補間法を切換える方法，図2(e)のように，補間しようとする画素（例えば l_{43} 上の画素）の近傍の画素により動きを推定し，その動きに対応する前フィールドの画素，あるいは上・下の走査線の画素を補間する方法，図2(f)のように，補間しようとする画素（例えば l_{23} 上の画素）の，前フィールドの画素，上・下の走査線の画素，3画素の中央値を補間する方法，図2(g)のように，同じく前・後フィールド，上・下走査線の，4画素の中央2値の平均値を補間する方法，図2(h)のように，次節で述べる撮像・放送方式と組合せてフレーム内で補間する方法などが考えられる．

(b)前・後フィールド補間は，(a)前フィールド補間とくらべ，動画の輪郭部の画質劣化は軽減されるが不満が残る．(c)フィールド内補間は静止画の画質を劣化させる．(d)すなわち(b)（または(a)）と(c)を切換えるフィールド内・フィールド間切換補間は，静止画部分か動画部分かの判定を行う回路が必要であり，回路構成はやや複雑となるが，画質はかなり良好といえる．(e)動き適応補間は，回路構成はさらに複

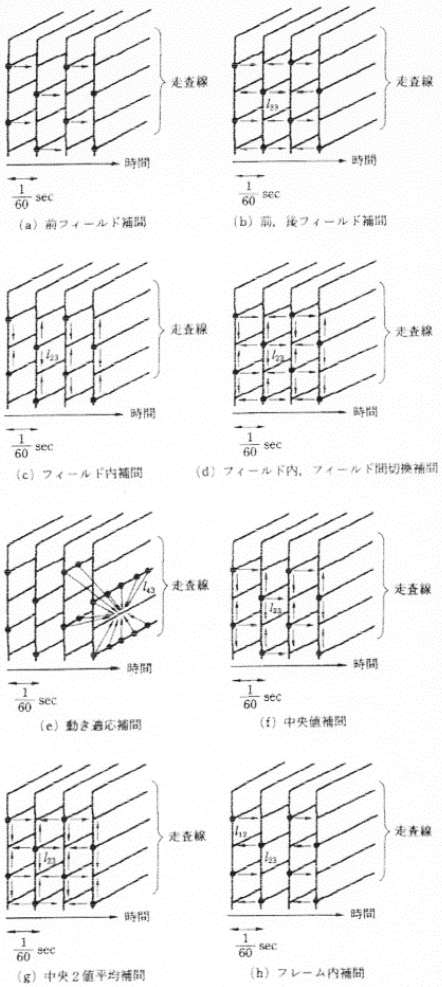


図 2　走査線の補間

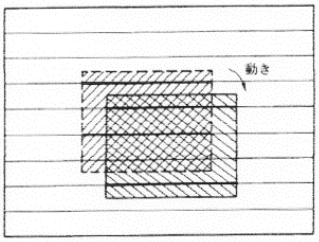


図 3　前フィールド補間における動画の輪郭部の画質劣化

雑となるが，画質はさらに良好となる．しかし，これら(d)，(e)もパンニングを止めた瞬間やズーミングを止めた瞬間に，解像度が急に良くなるなどの不自然さが残る．

(f)中央値補間，(g)中央2値平均補間は，回路構成は比較的簡単であり，輪郭部の画質は良好であるが，1画素幅の線構造を持つ画像に対する劣化に不満が多少残る．

3.2 走査線の補間を容易にする放送方式の変更

現行のNTSC放送方式を変更することなく，受像機においてノンインタレース走査表示を行おうとすると(IDTV)，前節で述べたように，動画の画質劣化を軽減するため，相当複雑な信号処理を行う必要があり，なおかつ画質に不満も残る．

そこで，現行のNTSC受像機とコンパティビリティーを保ちつつ，現行の放送方式を多少変更することが検討される．

図4(a)，(c)，(d)は，朝日放送の提案するアイビジョン(Ivision)と称するEDTVの一方式である[1]．図4(a)のように，1/30 sec間に525本＝1フレームをノンインタレース走査撮像し，これを図4(c)のように奇数走査線と偶数走査線に分け，NTSC方式とほぼ等しいインタレース走査信号に変換して放送し，EDTV受像機では，図4(d)のようにノンインタレース化し，1/30 sec間に同一フレームを2度ずつ表示する．従来のNTSC受像機では図4(c)の信号をそのまま表示する方式である．図4(a)の1/30 sec間に1フレーム撮像する代りに，図4(b)のように，1/60 sec間に1フレーム撮像し，次の1/60 sec間は休むという，動画の縦線が斜めになる度合いが軽減される方法も考えられる．

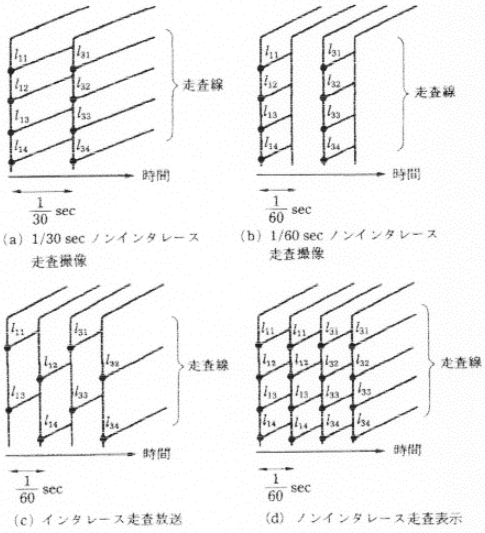


図4 走査線の補間を容易にする放送方式の変更

このように，放送方式を変更することにより，単純な走査線補間を行うことが可能となり，回路構成が簡単化される．

トレードオフとして，動画の，動きに，ジャーキネスがやや増大する．ジャーキネスの増大は我慢できないという意見もある．劇場映画（24コマ/sec，2回照射/コマ)のジャーキネスより少いのだだから我慢できるという意見もある．

ノンインタレース化による垂直解像度の向上による画質の改善と，ジャーキネスの増大による画質の低下のトレードオフ，ならびに現行のNTSC受像機で受像した場合のジャーキネスによる画質の低下は，今後，詳細な視覚評価実験による検討を行い，総合的に判断すべきであろう．

3.3 水平解像度向上のための放送方式の変更

3.1節で述べたように，ノンインタレース化により，垂直解像度は33～25%向上する．それに見合う水平解像度向上がほしいところである．

現行のNTSC受像機とコンパティビリティーを保ちつつ，水平解像度を向上させるための高精細情報として，輝度信号の4.2～6 MHzの高域成分を2.4～4.2 MHzに周波数シフトして多重化する，完全両立性EDTVと称する，日立製作所の提案するEDTVの一方式がある[2][3]．

現行のNTSC方式の色副搬送波 f_{csc}(＝3.58 MHz)は，1.2節で述べたように走査線周波数 f_H(＝15.75 kHz)の半奇数倍，かつフレーム周波数 f_{FL}(＝30 Hz)の半奇数倍，

$$\begin{cases} f_{csc}=\dfrac{1}{2}(2l+1)f_H & (1) \\ f_{csc}=\dfrac{1}{2}(2m+1)f_{FL} & (2) \end{cases}$$

ただし l，m は整数

に選ぶことにより，フィールド内の隣接走査線間で色副搬送波の位相が反転し，かつ隣接フレーム間の同一走査線上でも反転するようにし，輝度信号に対する色信号の影響を，視覚特性を利用して軽減し得るよう工夫されている．さらに詳しくいえば，(1)式の l の値はNTSC方式の場合，

$$2l+1=2m+1-2(2n+1) \qquad (3)$$

に選ばれており，したがって(1)，(2)式は，

$$\begin{cases} f_{csc}=\dfrac{1}{2}\{2m+1-2(2n+1)\}f_H & (4) \\ f_{csc}=\dfrac{1}{2}(2m+1)f_{FL} & (5) \end{cases}$$

ただし m，n は整数

となっている．このとき色副搬送波の同一位相点は，上方向にラインクロールする．電力スペクトルで考えるならば，輝度信号と色信号がインタリーブすることとなる．高精細情報副搬送波周波数 f_{YHSC} を(3)式を(8)式のように変形することにより，すなわち(1)～(5)式に対応して，

$$\begin{cases} f_{YHSC}=\dfrac{1}{2}(2i+1)f_H & (6) \\ f_{YHSC}=\dfrac{1}{2}(2j+1)f_{FL} & (7) \end{cases}$$

$$2i+1=2(2k+1)-(2j+1) \quad (8)$$

$$\begin{cases} f_{YHSC}=\dfrac{1}{2}\{2(2k+1)-(2j+1)\}f_H & (9) \\ f_{YHSC}=\dfrac{1}{2}(2j+1)f_{FL} & (10) \end{cases}$$

ただし i，j，k は整数

と選ぶと，高精細情報副搬送波の同一位相点は下方向にラインクロールし，高精細情報信号の電力スペクトルは輝度信号，色信号のスペクトルのいずれとも重ならないようにインタリーブすることとなる．これらについては文献4)で詳述される．

上記のように高精細情報副搬送波周波数を選定し，輝度信号の高域成分を付加して送信することにより，横方向の輝度信号の解像度を1.8/4.2＝43%ほど向上することが原理的に可能である．高精細情報信号の分離・復調の回路構成上のロスを見込んでも，3.1節で述べたノンインタレース化による縦方向の解像度の向上33～25%に見合う，横方向の解像度の向上が期待されよう．

3.4 輝度信号，色信号，高精細情報信号の分離

3.2節で述べたノンインタレース化による垂直解像度の向上にとっても，3.3節で述べた高精細情報付加による水平解像度の向上にとっても，輝度信号，色信号，高精細情報信号の分離は基本的に重要である．すなわち，これらが分離できてはじめてノンインタレース化も，高精細情報利用も可能なのである．

しかし，これらの良好な分離は必ずしも容易ではない．動画に対して容易でないのみならず，静止画に対しても容易ではない．輝度信号と色信号のみが多重化されているときに使える手法が，それに高精細情報信号も付加したことにより，使えないものもある．

輝度信号にくらべ，色信号，高精細情報信号は帯域幅が狭く，したがって，画素間の相関が強いことを利用し，色信号，高精細情報信号を分離し，それらを複合信号からさしひき，輝度信号を分離するという順序で考えるのが得策であろう．

図5に，考えられる幾つかの良好と思われる例を示した．図5(a)，(b)はそれぞれ前フィールドを使って色信号と高精細情報信号を分離する方法であり，例えば l_{33} の色信号 C_{33}，高精細情報信号 Y_{H33}，輝度信号 Y_{33} は，前フィールドを使い，

$$\left.\begin{aligned} C_{33}&=\frac{1}{2}(l_{33}-l_{22}) \\ Y_{H33}&=\frac{1}{2}(l_{33}-l_{24}) \\ Y_{33}&=l_{33}-C_{33}-Y_{H33} \\ &=\frac{1}{2}(l_{22}+l_{24}) \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

で与えられる．図5(c)，(d)は前・後のフィールドを使う方法で，

$$\left.\begin{aligned} C_{33}&=-\frac{1}{4}l_{22}+\frac{1}{2}l_{33}-\frac{1}{4}l_{44} \\ Y_{H33}&=-\frac{1}{4}l_{24}+\frac{1}{2}l_{33}-\frac{1}{4}l_{42} \\ Y_{33}&=\frac{1}{4}(l_{22}+l_{24}+l_{42}+l_{44}) \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

で与えられる．図5(e)，(f)は図2(h)に対応し，フレーム内で分離する方法であり，

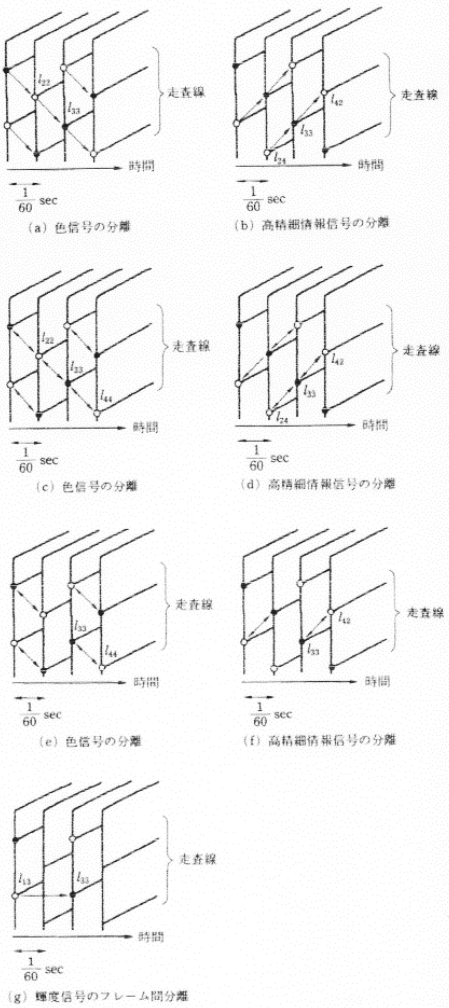
$$\left.\begin{aligned} C_{33}&=\frac{1}{2}(l_{33}-l_{44}) \\ Y_{H33}&=\frac{1}{2}(l_{33}-l_{42}) \\ Y_{33}&=\frac{1}{2}(l_{42}+l_{44}) \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

で与えられる．図5(g)は(11)～(13)式の輝度信号 Y_{33} の代りに，前フレームを用い，

$$Y_{33}=\frac{1}{2}(l_{13}+l_{33}) \quad (14)$$

で与える方法であり，静止画に対して良好な輝度信号分離法である．

(11)～(13)式の Y_{33} には l_{33} が含まれないことからもわかるように，垂直解像度に不満がある．(14)式は静止画に対して良好であるが動画に対して不満がある．(13)，(14)式を組合せ，静止画部分，動画部分で輝度信号分離法を切換え，



(a) 色信号の分離　(b) 高精細情報信号の分離

(c) 色信号の分離　(d) 高精細情報信号の分離

(e) 色信号の分離　(f) 高精細情報信号の分離

(g) 輝度信号のフレーム間分離

図 5　色信号，高精細情報信号ならびに輝度信号の分離の例（色副搬送波または高精細情報副搬送波の位相が 0 位相，π 位相となる走査線を●および○で示した）

$$\left.\begin{aligned} C_{33} &= \frac{1}{2}(l_{33}-l_{44}) \\ Y_{H33} &= \frac{1}{2}(l_{33}-l_{42}) \\ Y_{33} &= \begin{cases} \frac{1}{2}(l_{13}+l_{33}) & \text{；静止画} \\ \frac{1}{2}(l_{42}+l_{44}) & \text{；動　画} \end{cases} \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

で与える方法も考えられる．

高次ディジタルフィルタを用いる方法，動きに適応させる方法，局側で折返しひずみ除去フィルタリングやエンハンスメントを行う方法などが考えられる．これらについては文献 4) で詳述される．

4. EDTV の標準化の動向

EDTV に関する検討協議は，ゴースト対策と共に，郵政省の「テレビジョン放送画質改善協議会」で行われている．その「開発部会」において技術的検討が行われている．さらに，「放送技術開発協議会（BTA）」が実務を担当し，フェーズ 1（昭和 61 年初～62 年半ば），フェーズ 2（昭和 62 年半ば～63 年末）の 2 段階に分け，技術開発がすすめられることになっている．

高精細情報信号の信号形式，NTSC 受像機とのコンパティビリティー，輝度信号/色信号/高精細情報信号の分離，カメラ，コンピュータグラフィックス，録画，編集，画像処理，素材伝送，方式変換，高精細情報信号の多重による振幅の多少の増加，混変調，VSB 変調の直交ひずみ，群遅延特性，伝送回線規格との適合性，CATV との適合性，所要電界強度，混信妨害，オフセットキャリア方式との適合性，ゴースト妨害の影響，同期放送，衛星放送との適合性，EDTV 受像機のコストと普及性，家庭用 VTR との適合性など，今後詳細な検討が行われようとている．

電気通信技術審議会で審議されている HDTV とあわせ，EDTV についても技術開発，標準化を積極的に推進し，実用化が早期に実現することを願うものである．

(昭和 61 年 2 月 26 日受付)

〔参　考　文　献〕

1) 榮田，植田："アイビジョンについて"，テレビ学技報，106-4 (Oct., 1985)
2) 平野，吹抜，吉木："完全両立性を有する EDTV 信号方式—その 1 動特性の理論的検討"，テレビ誌，**39**，10，pp. 876-884 (Oct., 1985)
3) 平野，吉木，吹抜，重左："完全両立性を有する EDTV 信号方式—その 2 動き適応特性を有する原理"，テレビ誌，**39**，10，pp. 885-890 (Oct., 1985)
4) 吹抜："EDTV，IDTV における信号処理技術"，テレビ誌，本小特集第 3 章，**40**，5，pp. 357-365 (May, 1986)

1987 年（昭和 62）電気雑音対策ハンドブック（A5,p96-97）



電気雑音対策ハンドブック

昭和62年３月　第１刷発行
昭和62年９月　第２刷発行
平成４年１月　増補改訂第１刷発行
平成４年７月　増補改訂第２刷発行
平成６年３月　改訂第１刷発行

編集発行　電波障害防止中央協議会

〒100-90 東京都千代田区霞ヶ関１－３－２
郵政省放送行政局内
電話（03）3504－4913

目次

第1章　受信障害の種類と雑音防止 …… 8

1.1　受信障害の種類 …… 8

1.2　雑音防止の原則 …… 9

第2章　高周波利用設備 …… 10

2.1　高周波ウェルダー …… 10

2.2　高周波焼入機 …… 12

2.3　超短波治療器 …… 13

第3章　火花放電を利用した機器 …… 14

3.1　型彫式放電加工機 …… 14

3.2　ワイヤーカット式放電加工機 …… 16

3.3　高周波電気溶接機 …… 17

3.4　テスラコイル …… 18

3.5　電気メス …… 19

3.6　静電気除去装置 …… 20

3.7　給湯器 …… 21

第4章　送配電線 …… 22

4.1　送電線 …… 22

4.1.1　コロナ雑音 …… 22

4.1.2　送電線がいし連雑音 …… 23

4.2　配電線 …… 26

第5章　電気鉄道 …… 28

5.1　電力線 …… 28

5.2　新幹線 …… 34

第6章　整流子モーターを使用した機器 …… 38

第7章　電気接点(サーモスタット)を使用した機器 …… 44

7.1　電気アンカ，電気コタツ …… 44

7.2　冷凍庫 …… 48

7.3　クーリングタワー …… 50

7.4　重油予熱ヒーター …… 51

第8章　サイリスターを使用した機器 …… 52

8.1　調光・調速・調温装置 …… 52

第9章　放電灯 …… 58

9.1　蛍光灯 …… 58

9.2 ネオン放電灯 ……60
9.3 高圧水銀灯(光電式自動点滅器を含む) ……62
第10章 受信機とビデオ機器 ……64
10.1 テレビ受信機 ……64
10.1.1 高圧回路の絶縁不良 ……64
10.1.2 局部発振障害(UHF) ……66
10.1.3 偏向コイルの漏えい磁界 ……68
10.2 ホームビデオ ……70
第11章 ブースター ……72
第12章 自動車 ……76
第13章 無線局 ……80
13.1 アマチュア局 ……80
13.2 市民ラジオ ……89
13.3 微弱な電波の無線局(医療テレメーター，コードレス電話など) ……90
第14章 デジタル機器 ……92
14.1 コンピューター(オフコン・マイコンなど) ……92
14.2 電話機，電話回線自動切換機 ……94
14.3 ファクシミリ ……96
14.4 プログラムタイマー ……98
第15章 その他の障害源 ……100
15.1 リモコン・オートシャッター ……100
15.2 ネオン管加工機 ……102
15.3 電気柵 ……104
15.4 自動洗車機など ……106
第16章 衛星放送関連の受信障害 ……108
16.1 マイクロ回線による障害 ……108
16.2 中波放送による障害 ……110
16.3 レーダー波による障害 ……112
第17章 関係法規など ……115
17.1 電波法関係 ……115
17.2 電気事業法関係 ……119
17.3 電気用品取締法関係 ……122
17.4 情報処理装置等電波障害自主規制協議会(VCCI) ……131

14.5 電気柵



写真14.11 電気柵

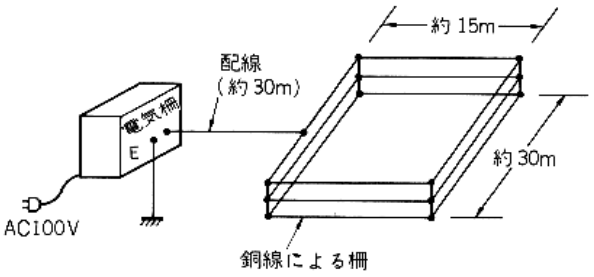


図 14.4 構成（例）

症状 電気柵による雑音は，主に中波帯で発生するが，VHF 帯でも発生する。

障害は，ラジオでは「ポツッ，ポツッ」音，テレビでは帯状のメダカノイズになる。

雑音発生のメカニズム この機器は，牛や豚などの家畜を屋外で飼育する際に柵から逃げ出さないようにするためのものである。

柵に電線を張りこれにパルス電圧を印加し，家畜が電線に触れるとショックを与えるようになっている。パルス電圧は，サイリスターなどを使用した発振電圧をトランスで昇圧し柵の電線に印加する。

雑音は，機器のアースが不完全なときに発生し，柵の電線からふく射する。電界強度が弱い地域の場合は数百mの範囲で障害が発生する。

探知方法 中波帯の障害が主であるため，中波のラジオで聴感により障害の強い場所を探知する方法がよい。

防止方法 この機器による障害は，機器のアースが不完全なときに発生するので，アースを完全にする。また，小型の機器は使用者が取り付ける場合も多いので，関係者への周知・啓もうも必要である。

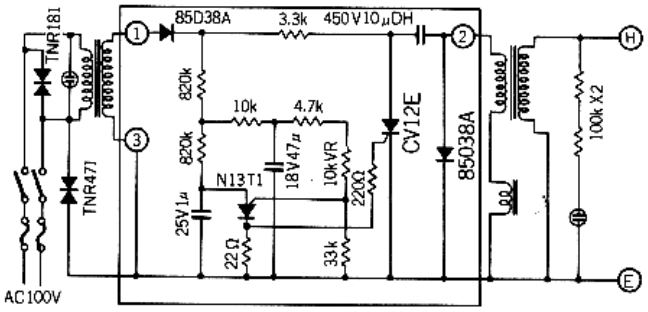


図14.5　電気柵の回路例

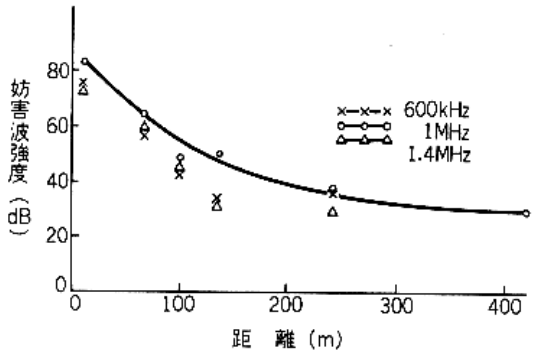


図14.6　妨害波の距離特性

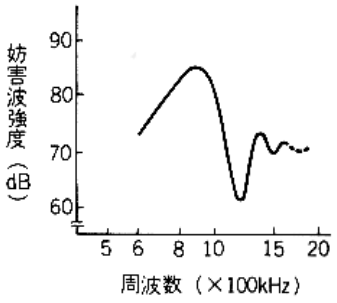


図14.7　妨害波の周波数特性

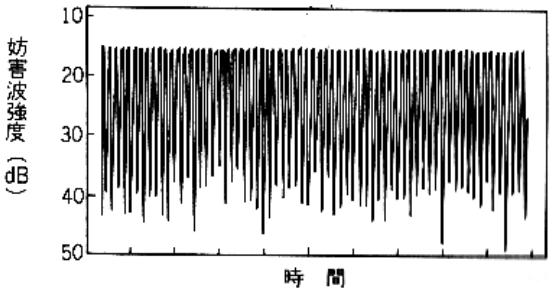


図14.8　妨害波の波形（1目盛7.5秒）

97

1987 年（昭和 62）共同受信施設用「BS 受信装置」の開発・試作

昭和 62 年 12 月 23 日

共同受信施設用「ＢＳ受信装置」の開発・試作

1　開発の目的

大規模ＣＡＴＶや既設共同受信施設にＢＳを導入するためにはＶＨＦ－ＡＭ再変調方式が使われているが、現状では、受注生産方式であり、高価で性能仕様もばらばらである。

また、簡易な変調器では音声多重装置を持たないものもあり、共同受信施設への導入の問題点があった。今回、ＮＨＫ辺地共同受信施設への導入の必要もあり、施設の規模に応じた性能仕様を定め、量産可能な製品として開発・試作を行うこととした。

このため、日本電子機械工業会（ＥＩＡＪ）の全メーカーにＮＨＫ仕様を提示し参加をもとめ、統一した仕様で量産効果を高め、安価で性能の良い製品の開発に努めることとした。

2　装置の特徴

○　ＢＳ受信ユニットおよびＡＭ再変調ユニットを、屋外用として一つのきょう体に収納（3 波収納可能）

○　伝送チャンネルをＶＨＦ帯（ＭＩＤチャンネルを含む）の任意のチャンネルに指定可能

○　音声多重放送の自動切替

○　屋外に設置可能な構造であり、ポールおよび壁面に取り付け可能

○　本装置は、一般共同受信施設や集合住宅への導入も容易

3　今後の対応

○　試作メーカー各社には、62 年度末には量産されるよう積極的に働きかける。

○　試作した 11 社 15 機種は、性能の向上や取り扱いの改善を図るため、各種特殊条件下におけるフィールド試験を実施する。

○　ＥＩＡＪでの望ましい性能の規格化に向け、資料を提供するなど、積極的に協力する。

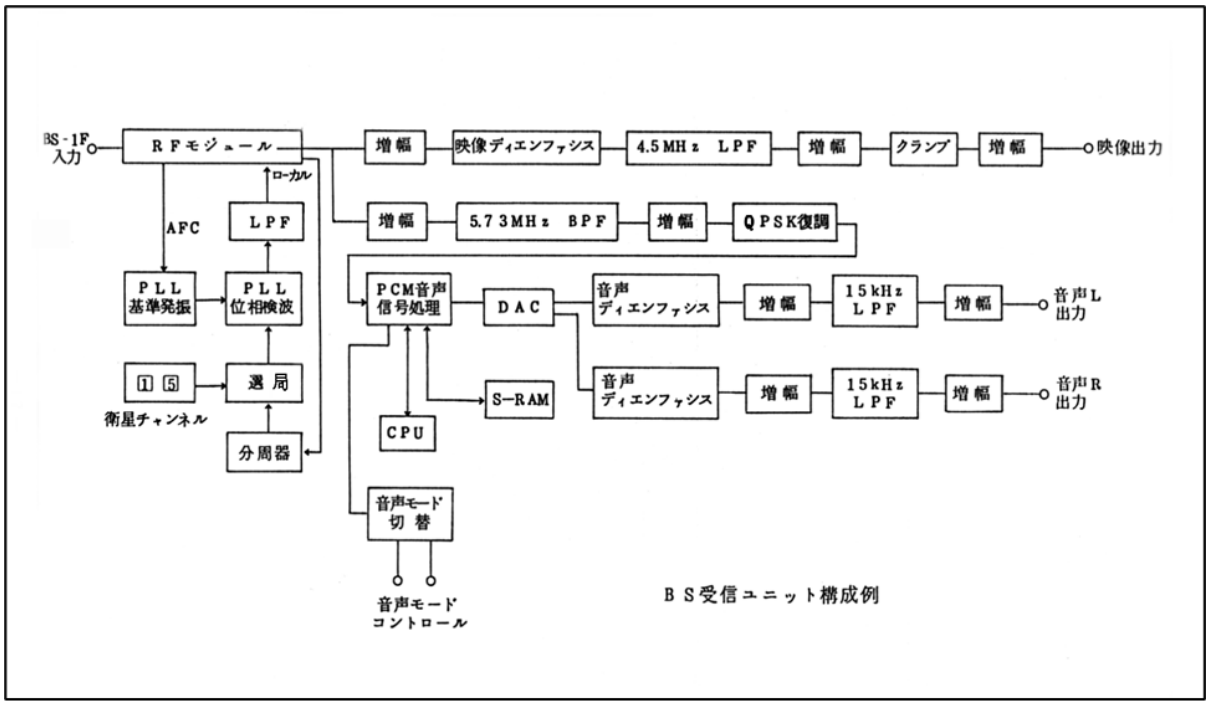
4　開発参加メーカー

○　Ａ仕様（ 4 社 4 機種）　Ａ仕様：500 端子以上の CATV 用

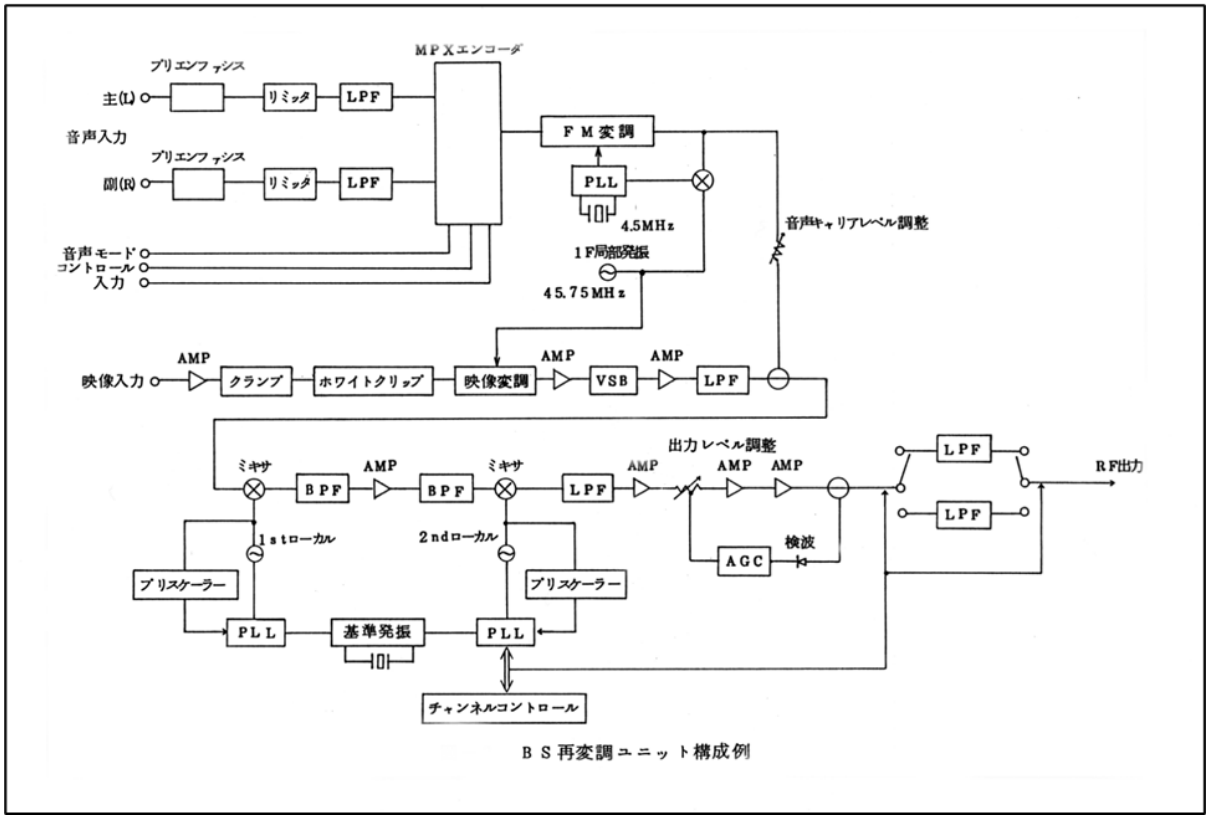
ＤＸアンテナ㈱、㈱東芝首都圏サービス、マスプロ電工㈱、八木アンテナ㈱

○　Ｂ仕様（11 種 11 機種）　Ｂ仕様：上記以外の小規模用

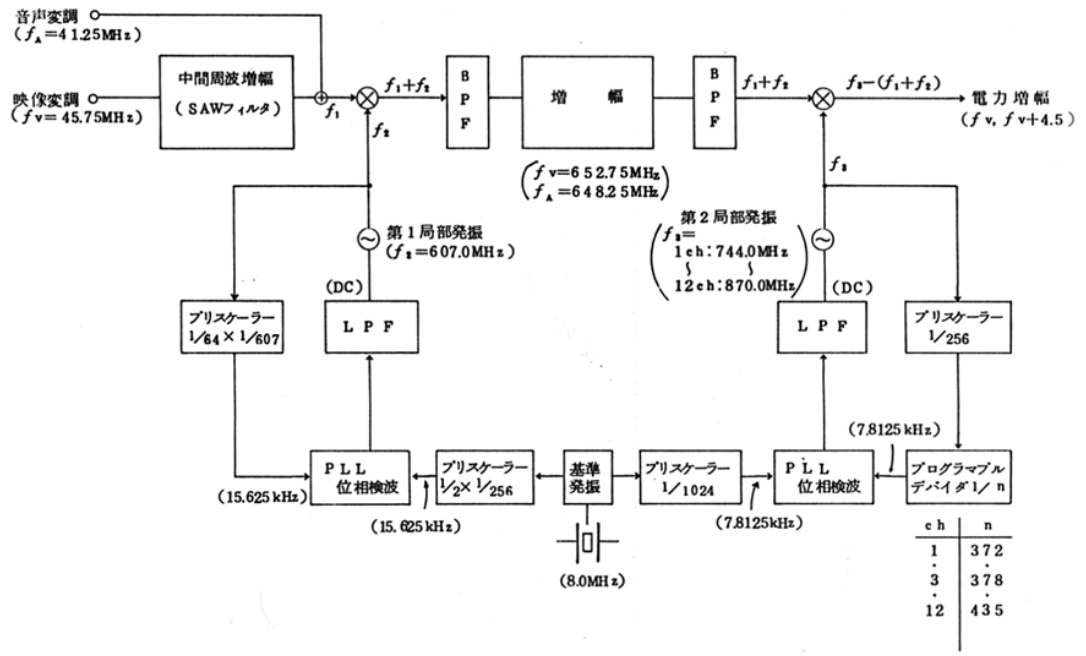
愛知電子㈱、安展工業㈱、鶴舞電機㈱、ＤＸアンテナ㈱、㈱東芝首都圏サービス、古河電工㈱、マスプロ電工㈱、ミハル通信㈱、宮崎電線工業㈱、八木アンテナ㈱、㈱横尾製作所



ＢＳ受信ユニット構成例



ＢＳ再変調ユニット構成例



ＰＬＬを用いた出力周波数の設定例（中間周波数に45ＭＨｚ帯を用いた例）

（製品例）

CATV BSヘッドエンド装置
CATV BS HEADEND EQUIPMENT

MASPRO マスプロ電工

BHE BSヘッドエンド装置

屋外用　*NHK*共同受信仕様適合品…BHE2

	Model		標準価格¥(税別)
N	BHE2 (NH-BS-HE)		400,000
	BHE2U		

( )はNHK型式

BS放送の信号をVHF(**BHE2U**はUHF)の信号に変換して，再送信するための衛星ヘッドエンド装置です。



BHE2
標準価格 **¥400,000**

項　目 *Items*	BHE2(NH-BS-HE)	BHE2U
受信周波数 *Reception Frequency*	1035～1335MHz	
受信チャンネル *Reception Channels*	BS ch1,3,5,7,9,11,13,15の内　最大2チャンネル	
出力チャンネル *Output Channels*	ch1～12, chC13～C26の内 最大2チャンネル	ch13～62の内 最大2チャンネル
入力レベル範囲 *Input Level Range*	60～90dBμ	
通過帯域損失 *Insertion Loss*	10dB以下(VU混合入力)	
出力レベル調整範囲 *Output Level Control Range*	0～⊖10dB以上(連続可変)	
映像・音声キャリア比調整範囲 *Video to Audio Carrier Ratio Control Range*	⊖6～⊖20dB以上(連続可変)	
最大出力レベル *Maximum Output Level*	90dBμ以上	
入・出力インピーダンス *Input/Output Impedance*	75Ω(F型コネクター)	
VSWR	1.1～2.5	
映像周波数特性 *Video Frequency Response*	±1dB以内(50Hz～1.25MHz) ⊖2～⊕1dB以内(2～3.58MHz)	
微分位相(DP)・微分利得(DG) *Differential Phase/Differential Gain*	10°(DP)・10%(DG)以下	
音声周波数特性 *Audio Frequency Response*	±1.5dB以内 (50Hz～7.5kHz：75μsプリエンファシスを基準)	
電流通過容量 *Power Passing Capacity*	AC30V　1A（出力－VU混合入力間）	
BSコンバーター用電源 *Power Supply to BS Converter*	DC15V　4W	
電源 *Power Requirements*	AC100V　50·60Hz	
消費電力 *Power Consumption*	28W(BSコンバーター電源供給時　最大32W)	
使用温度範囲 *Temperature Range*	⊖10～⊕40℃	
外観寸法 *Dimensions*	276(H)×277(W)×79(D)mm	
質量（重量） *Weight*	約5kg	

BHE BSヘッドエンド装置

屋内用
受注生産品

受	BHE300ベース		390,000

BS受信機**BR300R**と変調器**MD450ME**，または**MD770UME**がそれぞれ3台まで収納できます。

- BHE300用BS受信機

受	BR300R		264,000

- BHE300用変調器(VHF用)

受	MD450ME		231,000

- BHE300用変調器(UHF用)

受	MD770UME		231,000

BS受信機，変調器の規格は16ページをご覧ください。



(2チャンネル受信の場合)

BHE300
2チャンネル受信
標準価格 **¥1,380,000**
3チャンネル受信
標準価格 **¥1,875,000**

BS放送を地上のTV放送と同じ信号(VHFのch1～12, UHFのch13～62)に変換して，ビル・マンション・ホテルなどの各部屋に再送信するための装置です。

項　目 *Items*	VHF 出力のとき	UHF 出力のとき
受信周波数 *Reception Frequency*	1035～1335MHz	
受信チャンネル *Reception Channels*	BS ch1,3,5,7,9,11,13,15の内　3チャンネル	
出力チャンネル *Output Channels*	ch1～12の内　指定の3チャンネル	ch13～62の内　3チャンネル
入力レベル範囲 *Input Level Range*	60～90dBμ	
出力レベル調整範囲 *Output Level Control Range*	0～⊖15dB以上（連続可変）	
映像・音声キャリア比調整範囲 *Video to Audio Carrier Ratio Control Range*	映像搬送波に対して⊖10～⊖20dB(連続可変)	
最大出力レベル *Maximum Output Level*	105dBμ以上	100dBμ以上
入・出力インピーダンス *Input/Output Impedance*	75Ω(F型コネクター)	
VSWR	入力：1.1～2.5, 出力：1.1～1.5	
入力測定端子結合量 *Tap Value of Input Test Point*	⊖10dB(75Ω，F型コネクター)	
出力測定端子結合量 *Tap Value of Output Test Point*	⊖20dB(75Ω，F型コネクター)	
出力電圧 *Output Voltage*	DC15V(BSコンバーター用電源　最大4W)	
使用温度範囲 *Temperature Range*	0～⊕40℃	
電源 *Power Requirements*	AC100V　50·60Hz	
消費電力 *Power Consumption*	BS放送を2チャンネル受信する場合 120W 〃　3チャンネル　〃　170W	
外観寸法 *Dimensions*	752(H)×570(W)×450(D)mm	
質量（重量） *Weight*	BS放送を2チャンネル受信する場合 約50kg 〃　3チャンネル　〃　約59kg	

ご注文時の指定事項

VHF出力のときは，チャンネル(予備チャンネルも含めて3つのチャンネル)を指定してください。

机の上の情報源

福島放送局

これから師走に入ろうとする11月のある日、いつものように出局すると机の上に共済会の年末商戦の一環であるカラーテレビ大バーゲン（？）の案内に大手メーカー数社のカタログが添付された分厚い束が置いてありました。

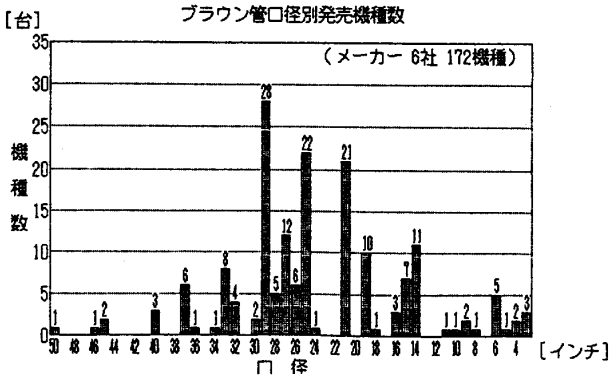
共済会の割引率はさておいて、各社のカタログは職業柄パラパラとめくって見ると、最近は随分大型の機種が多いものだと感心し、いずれは1台欲しいものだと羨ましく思いました。

カタログの巻末にある一覧表には、型名に始まり、インチ数、標準価格・・・と商品の特徴などが比較的詳しく掲載してあります。

これらのデータをパソコンに入力（と言っても30分もかからない）し、グラフ化して見ると、いろいろな傾向がわかります。

第 1図は、「ブラウン管口径別発売機種数」をグラフ化したものです。

これによると発売機種は、22～29インチに集中し、その中でも、22・25・29インチが最近の主力機種となっているようです。



第 2図は、「ブラウン管口径別平均標準価格（インチ別に標準価格の合

この当時の原稿は NEC PC9801、ワープロソフト「松」（管理工学研究所）で記述。

机の上の情報源

福島放送局

最近、市販されている大型テレビ受像機で、標準価格の中に占めるパーツ代や、どのようなパーツが価格に対するウエイトが大きいのかなど、興味があるところです。

この種の資料は、なかなか手に入らないので、本部から技術指導用に送付されてくる「メーカー・サービスマニュアル」から補修用パーツの価格を拾って見ました。

この機種（N社、29型）の標準価格は、カタログによると 388,000円です。

各種あるパーツの中で、補修価格で 5,000円を越える主要パーツの価格は、次のようになっています。

① ブラウン管	90,000円
② キャビネット	49,200円
③ フライバックトランス	10,600円
④ 偏向ヨーク	9,300円
⑤ チューナー（U/V）	5,700円
⑥ リモコン発信器	5,700円

などとなり、この後は各種トランス類が続いています。

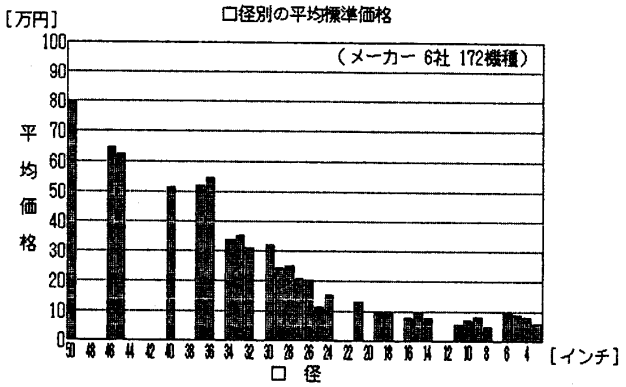
標準価格に占める上記主要パーツ代は、単純に計算すると、標準価格の約44%になります。

同じ「メーカー・サービスマニュアル」から補修用のパーツ数を数えてみました。

パーツは、抵抗器・コンデンサー・電気部品・機構部品・包装部品などに分類され、総パーツ数は、約1,600でした。

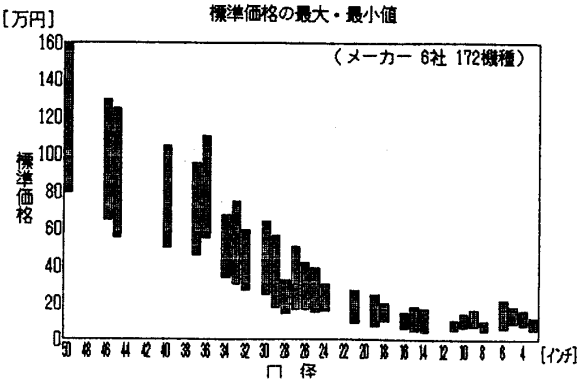
一番多いのは抵抗器で、次がコンデンサーでした。

計と発売機種数から算出）」の関係をグラフ化したものです。



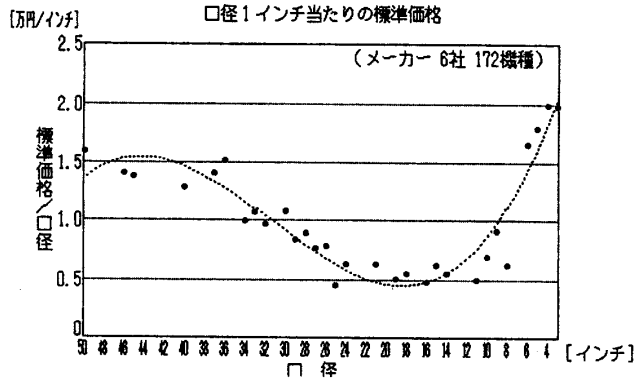
36インチから上の大型テレビの価格は、販売数量も少ないためか、比較的高価になっています。

「インチ別標準価格の最大値と最小値」は、第 3図のようになっています。



大型テレビのほうが、標準価格の幅が広いことがわかります。同じ口径での標準価格の差は、基本性能はともかく、ほとんどアクセサリーによるものが多いようです。

最後に、第 4図にような「ブラウン管口径 1インチ当りの平均標準価格」を算出してみました。



比較的普及している14～24インチ位の大きさのものがインチ当りの価格は低く、ブラウン管口径がこれより大きくなっても、小さくなっても、インチ当りの標準価格が上昇する傾向にあります。この傾向は、グラフ中の点線で示した 3次曲線で近似すると比較的良く一致します。

以上のような傾向にありますので、標準価格からだけ見れば、20インチ前後のブラウン管サイズが比較的割安となっているようです。

1988 年（昭和 63）衛星放送の受信システムと画質（B5,p19-27）

テレビ技術 7 月号、VOL.36



特　集
最良画質を確保するBS受信技術

より良い画質を確保するために
衛星放送の受信システムと画質

新技術導入の最新BS受信機器
三洋　新開発のBS受信用“HEMTシリーズ”

松下　BS&文字放送回路内蔵“パナカラーX”

NEC　BS受信システム“パラボーラII”

八木アンテナ　小形・高性能化のBSアンテナ

初のディジタルステレオサウンド(PCM)搭載
ソニー　カメラ一体形8ミリビデオ“CCD-V200”

ハイビジョンとACTV
高画質化テレビ方式の現況(下)

ブラウン管並みの明るさを実現した
松下　高画質液晶カラーテレビの詳解　持田卓志　61

監修・ビクターサービスエンジニアリング(株)
これなら直る　ビデオ修理の実用技術〔修理実践編〕　編集部　80
〔16. 再生画面の色異常(E-EはOK)〕

解説　ケーブルテレビジョン技術〔第3回〕　西村雅昭　73
(第4章　衛星放送の送信と周波数変調)

チャンネル切換付き。

衛星共同受信の端子レベル測定,衛星アンテナの角度決定が簡単・確実。

MASPRO 衛星レベルチェッカー LC2

■「何dB」とハッキリ読みとることができます。(0.5dBまで読みとることができます。)
■コンバーターに給電OK。(衛星アンテナのコンバーターへ,本器の内蔵電池から電源(DC15V)が供給できますので,アンテナ方向調整が簡単にできます。)
■電源切り忘れ防止回路付き(実用新案申請中)

沖縄 鹿児島 宮崎 熊本 長崎 福岡 北九州 下関 徳山 広島 松江 岡山 松山 高知 高松 姫路 神戸 大阪 京都 津 岐阜 名古屋 豊橋

テレビ技術

第36巻・通巻443号　1988　7

目次

グラビア　8ミリビデオおよび据え置き形VHSビデオを含めソニー　ビデオ新製品5機種発表
日本ビクター　最高級S-VHSハイファイビデオ〈CLIAZ〉発表

クイズ　'88. 7 あなたならどうします
'88. 5の解答と当選者発表　107

NHK営業総局　叙持甫　19
原田八十雄・佐藤隼二　松本史夫・澤井徹郎　28
宮澤文雄・河口範夫　疋田利春・石橋洋一　久保木貢　34
日本電気　日本電気HE　渡辺浩・三堀滋　42
清水栄助　47
吉野一生　54
原正和　67

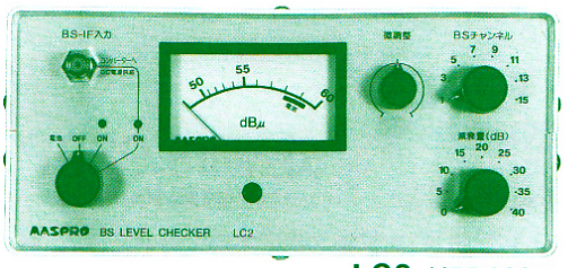
ニューメディア通信　井上光雄　52
最新IC情報　104
① 日立と三菱　EDTV対応LSIセット共同で開発
② 三洋電機　ドルビープロロジックサラウンドデコーダIC開発
開発技術情報　124
次号のメニュー　130
新製品カタログ集　109

誤り訂正符号の仕組み
差集合巡回符号(9)　NHK技術局　有川寛　115
エレクトロニクス入門（パルス波とパルス回路）　泉川新一　宇山良二　99



●今月の表紙●

小形・軽量そして高画質・高音質・長時間録画という優れた基本性能をもつ8ミリビデオから，いまひとつのハイスペックモデルが登場します。それがマニア待望の「Video8PRO」CCD-V200です。総画素42万プレシジョンCCDをはじめとする高画質技術と8ミリビデオ規格ならではのデジタルHi-Fiステレオの高音質技術が1台に結実。息をのむ精密映像を実現するとともに，録音機としても傑出した能力を獲得しました。さらにこのクオリティを生かしきるために，瞬間を美しく捉える1/4000秒までの可変速デジタルシャッター，狙った被写体を8倍までアップする可変速電動ズーム，タイトラー／ワイパーなど多彩な機能も満載。ビデオ撮りの楽しさ，可能性を大きく広げる1台です。
CCD-V200　¥300,000。





LC2　¥75,000(キャリングケース付き)

親切・技術・ニューメディアの
マスプロ電工
本社　470-01　名古屋市外・愛知郡・日進町・浅田
技術相談　TEL名古屋(052)805・3366

静岡　松本　福井　金沢　新潟　横浜　東京　八王子　千葉　大宮　前橋　水戸　宇都宮　郡山　仙台　盛岡　秋田　青森　函館　札幌　釧路　旭川　北見

より良い画質を確保するために
衛星放送の受信システムと画質

NHK営業総局
鈴持　甫

衛星放送の普及も順調に進み，63年４月末で受信者は約62万世帯となっています。このうち，個別受信者は約23万世帯（前月比2.6万世帯増），共同受信の受信者は約39万世帯（前月比1.8万世帯増）になっています。

このままの増加傾向で推移すると，あと１年後（64年度末）には，100万世帯を越える受信者になることが予想されます。

このように受信者が増加してくると，全国津々浦々に受信者が分布してきますので，各種の受信環境下で受信することとなります。

例えば，年間降雨量の多い地域や雪の多い地域などでは，これが受信画質に影響を与えます。

ここでは，個別受信（ホーム共聴を含む）について「より良い画質を確保する」ために考慮しなければならないこと，なぜそうしなければならないかなどを説明します。

共同受信は別の機会にゆずりますが，電波の受信に関しては基本的に同じです。

1.　放送衛星の電波

衛星による放送は，**第１表**に示すようなＳＨＦ帯（12GHz帯）の周波数を使用しています。

衛星放送のチャネルは，第１チャネルから第15チャネルまでの15チャネルあります。このうち，日本に割り当てられている衛星放送のチャネルは，奇数チャネルの８チャネル分です。また隣国との混信を防ぐため，地上放送の直線偏波（水平・垂直）にあたる偏波面に円偏波（右旋・左旋）があり，日本は右旋円偏波で電波を出すこととなっています。

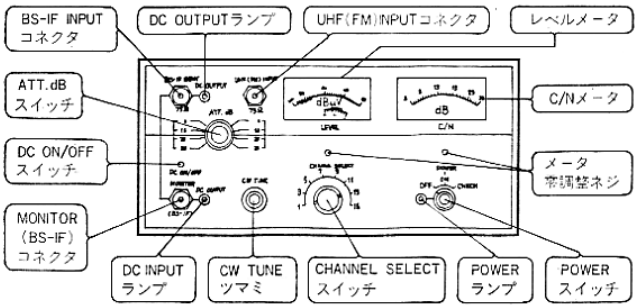
現在，放送されているのは，衛星第１放送の第15チャネルと衛星第２放送の第11チャネルです。

第１表の数字を見ると，衛星放送の周波数は「11.71398GHz」などのように小数点以下の桁数が多く，いかにも細かく決められているように思われがちですが，実際にはMHz単位で表わすと「11713.98MHz」となり，いままでのＶＨＦ・ＵＨＦ帯のテレビ放送（例えば，第３チャネル：103.25MHz）と同じように，最小単位は10kHzなのです。

宇宙通信では，地球と衛星との間が非常に離れています。放送衛星の場合は，日本から約38000km離れているため，信号の減衰が非常に大きいとともに，伝搬路の雑音の影響が大きくなってきます。これらの影響を最小限に抑えるためには，振幅変調（ＡＭ）ではなく，周波

放送衛星			BSコンバータ		BSチューナ	
チャネル（✓：放送中）	周波数（GHz）	日本の割当て	ローカル周波数（GHz）	BS-IF（GHz）	ローカル周波数（GHz）	中間周波数（MHz）
BS-1	11.71398～11.74098	右旋	10.678	1.03598～1.06298	1.17024（1.43876）	134.26（402.78）
BS-2	11.73316～11.76016	—				
BS-3	11.75234～11.77934	右旋		1.07434～1.10134	1.2086（1.47712）	
BS-4	11.77152～11.79852	—				
BS-5	11.79070～11.81770	右旋		1.11270～1.13970	1.24696（1.51548）	
BS-6	11.80988～11.83688	—				
BS-7	11.82906～11.85606	右旋		1.15106～1.17806	1.28532（1.55384）	
BS-8	11.84824～11.87524	—				
BS-9	11.86742～11.89442	右旋		1.18942～1.21642	1.32368（1.59220）	
BS-10	11.88660～11.91360	—				
✓ BS-11	11.90578～11.93278	右旋		1.22778～1.25478	1.36204（1.63056）	
BS-12	11.92496～11.95196	—				
BS-13	11.94414～11.97114	右旋		1.26614～1.29314	1.40040（1.66892）	
BS-14	11.96332～11.99032	—				
✓ BS-15	11.98250～12.00950	右旋		1.30450～1.33150	1.43876（1.70728）	

≪第１表≫　衛星放送の周波数関係



性能

受信周波数	BS-IF	1～15ch(日本割当ての奇数チャネル)
	UHF(FM)	1～15ch(BSチャネルを地上のUHF放送帯に変換したチャネル
測定範囲	CN比	5～25dB(等域幅27MHz相当値)
	レベル	45～110dB(1μV＝0dB,75Ω終端値)
		RF ATT.30dB(10dBステップ)
測定確度	CN比	±0.5dB(入力レベル60dBμV以上)
	レベル	±2dB
イメージ除去比		30dB以上
入力インピーダンス	BS-IF	75Ω(C15形コネクタ)
	UHF(FM)	75Ω(C12形コネクタ)

≪第1図≫ C/Nチェッカの例

数変調（ＦＭ）を使用する必要があります。しかし，周波数変調を採用すると雑音に対しては効果的ですが，伝送帯域幅を広く必要とします。

衛星放送では，映像信号の変調に周波数変調（ＦＭ）を使用しています。このため各チャネルの帯域幅は27MHzで，地上放送の６MHzに比べて約4.5倍になっています。音声信号は，パルスコード変調（ＰＣＭ）を使用し，ダイナミックレンジの広い音声が放送できるようになっています。

12GHzというと，いままで私たちが使用していたＵＨＦ帯テレビ放送電波の最高周波数（770MHz）より，約16倍も高い周波数です。このため，ＵＨＦ受信のときには考えられなかった各種の特殊な現象が発生します。

そのなかでも，衛星放送受信に一番影響を与えるのが降雨によるものです。これについては後で詳しく説明します。

2. C／Nと画質

衛星放送の電波は，**第１図**に示すようなＣＮチェッカを用いて測定します。

C／Nは，ＢＳチューナ（以下，チューナという）の入力端子における搬送波の大きさ（C：キャリア）と雑音の大きさ（N：ノイズ）の比で表わされます。

このC／Nが14dB以上あれば，「画質評価：４，妨害があるが気にならない」良好な画質を得ることができます。

これを，テレビ受信機チューナ出力における映像信号電圧（S：シグナル，$_{P-P}$（と雑音電圧（N：ノイズ，rms）の比（S／N）に換算すると，S／N＝38dB$_{P-P}$／rms（無評価値）となります。

3. 性能指数「G／T」と画質

性能指数G／T（ジー・オーバー・ティ）は，アンテナ利得（G：ゲイン）と受信機の総合雑音温度（T：テンペラチュア）の比で表わされます。受信機の総合雑音温度は，ＢＳアンテナ（以下，アンテナという）とＢＳコンバータ（以下，コンバータという）およびチューナのそれぞれが影響しますが，実際の総合雑音温度はアンテナとコンバータによるものがほとんどです。

（１） 受信する地域に必要な「G／T」

G／TとC／Nの関係式は，つぎのようになります。

$$G/T=(C/N)\cdot\frac{k\cdot B}{EIRP\cdot L_f\cdot R\cdot N_u} \quad \cdots\cdots①$$

ただし

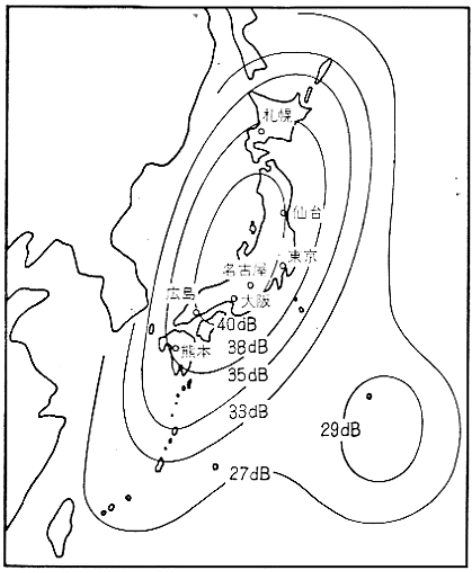
k	：ボルツマン定数（1.38×10^{-23}Ｊ／Ｋ）
B	：チャネル帯域幅（27×10^{6}Hz）
ＥＩＲＰ	：等価等方放射電力（$10^{(GS+17.20)/10}$倍）
G_s	：送信アンテナの利得〔dB〕
L_f	：自由空間伝搬損失（$10^{(205.6/10)}$倍）（地域により若干異なる）
R	：降雨減衰量（$10^{(2/10)}$倍）
N_u	：アップリンクC／Nによる受信C／Nの劣化（$10^{(0.2/10)}$倍）

ある地域のC／N＝14dBにおけるG／Tは，その地域のＥＩＲＰの値（**第２図**参照）および地域における自由空間伝搬損失の値を上式に代入することにより求めることができます。

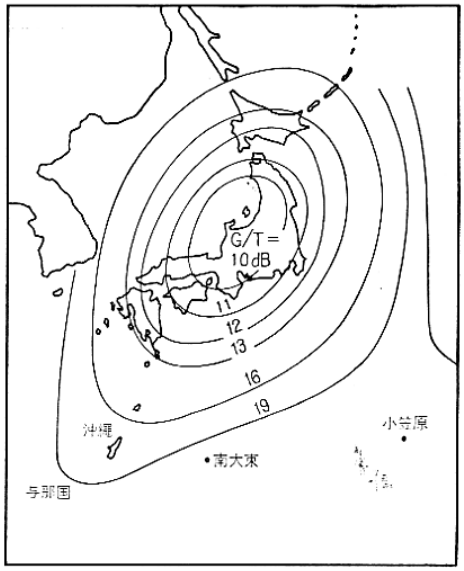
上式において，受信者が選択できる項目はC／Nだけで，その他の項目は衛星放送のシステムによる定数や受信者が居住している場所によって決まってしまいます。

降雨減衰Ｒは，実験結果から時間率99％で良好に受信できる減衰量として，全国一律にＲ＝２dBとして回線設計がなされています。

第３図は，①式にC／N＝14dBを代入し，降雨減衰を２dBとしてG／Tを算出したものです。これにより，皆さん方の地域で必要なG／Tのおよその値がわかると思います。



≪第２図≫　送信アンテナの利得



≪第３図≫　C/N=14dBを得るために必要なG/Tコンタ（降雨減衰２dB）

第４図は，①式をパーソナルコンピュータで計算できるようにプログラムしたものです。

（２）　アンテナとコンバータの総合「G/T」

①式では，希望するC/Nを得るために必要なG/Tを求めましたが，アンテナを設置する場合，事前に仮のアンテナを数機種準備して，CNチェッカで希望のC/Nがとれているかどうかを確認できればよいのですが，実際には困難でしょう。

そこで，アンテナとコンバータを総合したG/Tの値をあらかじめ知っていれば，その値と①式で求めたその地域に必要なG/Tの値とを比較し，地域に適したアンテナ口径を選定することができます。

例えば東京では，C/N=14dBを得るG/Tは**第３図**から約11dB/Kです。そこで，アンテナのG/Tに11dB/Kのものを使用すれば，C/Nは14dB得ることができます。アンテナのG/T計算法は，②式のようにＣＣＩＲで定められています。

$$G/T=\frac{\alpha\cdot\beta\cdot G_r}{\alpha\cdot T_a+(1-\alpha)T_0+(F-1)T_0} \quad \cdots\cdots ②$$

ただし

α：受信アンテナのカップリング損失（$10^{(0.8/10)}$倍）

β：ポインティング損失（正確に合わせるとして，１倍）

G_r：受信アンテナ利得〔倍〕

F：受信機の雑音指数〔倍〕（ほとんど，コンバータにより決まる）

T_0：基準温度（290K，17C°）

T_a：アンテナ雑音温度〔K〕

（$=60R+(1-R)T_0$）

R：降雨減衰量〔倍〕

この式にみられるように，G/Tは受信アンテナ利得（G_r）に比例して大きくなり，さらにコンバータの雑音指数が小さくなるとG/Tが向上します。

このように，受信アンテナ利得と雑音指数がわかればG/Tを算出することができます。

ここに使用している各定数は実測することができない項目もあるため，参考文献(1)などに示された数値を使用しています。

第５図は，②式をパーソナルコンピュータで計算できるようにプログラムしたものです。

最近のアンテナおよびコンバータの性能調査結果ではつぎのような傾向にあります。

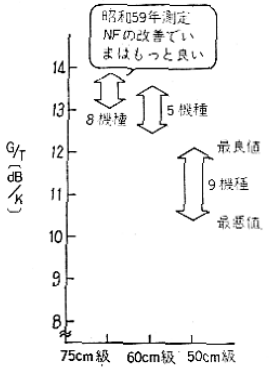
```
1000  K=1.38*10^-23 :  KDB=10*LOG(K)/LOG(10)      'ボルツマン定数[J/K]
1010  B=27*10^6      :  BDB=10*LOG(B)/LOG(10)      'チャネル帯域幅[Hz]
1020  LF=-205.6                                    '自由空間伝搬損失[dB]
1030  NU=-.2                                       '受信C/Nの劣化[dB]
1040  PS=20                                        '放送衛星送信電力[dB]
1050  L=-2.3                                       'フィーダ損失[dB]
1060  LP=-.5                                       'ポインティング損失[dB]
1070    INPUT "必要なC/N[dB]:",CNR
1080    INPUT "降雨減衰[dB]:",RAIN : RAIN=ABS(RAIN)
1090    INPUT "送信アンテナ利得[dB]:",GS
1100  EIRP=PS+GS+L+LP                              '等価等方放射電力[dB(W)]
1110  GT=CNR+KDB+BDB-(EIRP+LF-RAIN+NU)
1120    PRINT : PRINT "G/T=";GT;" dB/K"
1130  END
```

≪第４図≫　地域に必要なG/Tの算出プログラム

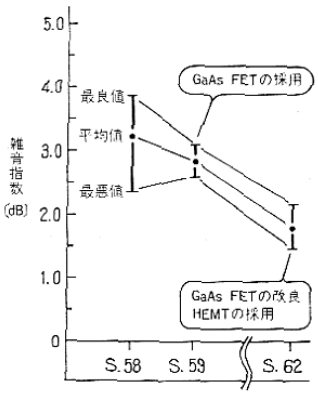
アンテナG/Tは，**第６図**に示すように75cm級で平均13.2dB/K（昭和59年の測定のため，現在ではコンバータの雑音指数の向上などで１～1.5dB/K以上良くなっているものと推定される），60cm級で平均12.9dB/K，50cm級で平均11.1dB/Kの値になっています。最良値と最悪値の間には，１dB程度のバ

```
1000  ADB=-.3 : A=10^(ADB/10)                    'カップリング損失[dB]
1010  BDB=0   : B=10^(BDB/10)                    'ポインティング損失[dB]
1020  TO=290                                     '基準温度[K]
1030    INPUT "受信アンテナ利得［ｄＢ］:",GRDB
1040  UP=ADB+BDB+GRDB
1050    INPUT "降雨減衰［ｄＢ］:",RDB : RDB=ABS(RDB)
1060    R=10^(-RDB/10)
1070  TA=6Q*R+(1-R)*TO
1080  D1=A*TA
1090  D2=(1-A)*TO
1100    INPUT "雑音指数［ｄＢ］:",FDB
1110    F=10^(FDB/10)
1120  D3=(F-1)*TO
1130  GT=UP-10*LOG((D1+D2+D3))/LOG(10)
1140    PRINT : PRINT "G/T=";GT;" ｄＢ/Ｋ"
1150  END
```

≪第5図≫ アンテナG/Tの算出プログラム



≪第6図≫ アンテナのG/T性能調査結果



≪第7図≫ コンパータ雑音指数の性能調査結果の推移

表現	
1：弱い	瞬間強度0.0～ 3.0mm／h未満
2：並み	瞬間強度3.0～15.0mm／h未満
3：強い	瞬間強度 15.0mm／h以上

≪第2表≫ 降雨減衰の表わし方

のメリットが大きいので，今後の技術開発が期待されます。

4. 降雨減衰と画質

衛星放送に使用されている12GHz帯の電波は，電波の波長（約2.5cm）との関係で雨の影響（伝搬損失や散乱雑音の発生）を受けやすい状況にあります。

第8図に示すように，電波は吸収されるため，減衰してしまいます。これを降雨減衰といいます。

降雨減衰量は，雨滴の大きさなどにもよりますが，強度（単位時間当たりの雨滴の数）が大きく影響します。

ここで，雨の強度のことを降雨強度といい，〔mm／h〕で表わします。

ラツキがみられます。なお，この性能調査結果は$R \fallingdotseq 0$ dBのときの値です。

コンバータの雑音指数は，**第7図**に示すように年々向上し，最近ではＨＥＭＴ（高電子移動度トランジスタ）の採用でいっそう向上して，平均値で1.8前後になっています。今後もよりいっそう向上の傾向にあります。

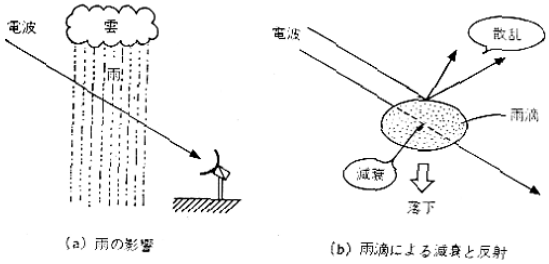
平面アンテナは，500個程度のアンテナ素子を誘電体板の上にプリント配線したもので，各素子の結合損失などが多く，アンテナ自体の雑音温度も比較的高いため，G/Tはパラボラアンテナに比べて若干低い値となっています。このため，現状ではパラボラアンテナと同等のG/Tを得るには，大きな面積を必要としています。

平面アンテナは，設置する場合の平面取付けや美観上

降雨量あるいは雨量ということばはよく聞きますが，降雨強度ということばは初めて聞く方もあることと思います。

降雨強度とは，雨の降りかたの強さをいいます。単位時間として1分，10分，1時間などをとりますが，ふつう1時間単位を使用します。また雨の降りかたをみて，**第2表**のように3段階で表わすことがあります。

降雨強度は，**第9図**に示すような降雨強度計を用いて計測します。この計測例では，補そくされた雨滴を油層およびノズルを通して一定の大きさに基準化し，その数をカウントします。基準化された1滴は0.0083mmに相当し，1分間に1個計測すると，降雨強度は0.5mm／hになります。



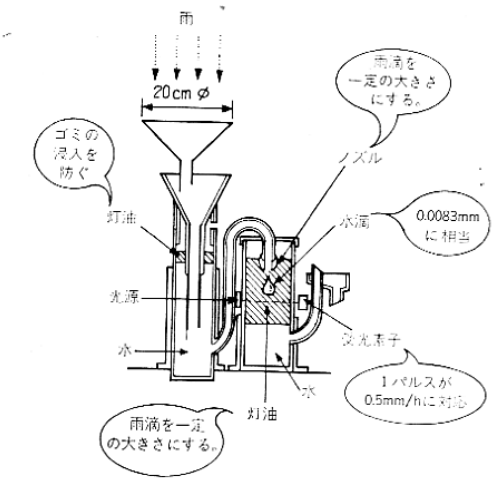
(a) 雨の影響　(b) 雨滴による減衰と反射

≪第8図≫ 降雨減衰

時間率の定義は，「日本の代表的な都市における降雨減衰量がもっとも大きい月を最悪月とし，最悪月で降雨減衰が発生する1か月間の累積時間と1か月の実時間との比を%で表わす」となっています。

つまり R＝2dBは，2dB以上の降雨減衰が1年間のうち最悪月に7.2時間（30日×24時間×1％）だけ生ずること（逆に言えば，99％の713時間はよく見える）を表わしています。

時間率1％の減衰量の値は，全国一律では



≪第９図≫　降雨強度計の構造例

なく地域によって異なります。

第10図に，代表的な地域の降雨減衰と最悪月降雨減衰量の計測結果を示します。必ずしも全国一律でないことがわかります。

前項（C/Nと画質評価）では，画質評価４を得るためのC/Nを14dBとしましたが，これは降雨減衰を２dBとしたものです。晴天時には降雨減衰の項がなくなりますので，C/Nは14dBより大きくなり，評価４以上の画質が得られます。

第11図は，代表的な地域の１年間に５分以上継続して受信劣化を生ずる回数を予測したものです。このように，同じ地域でも受信アンテナの口径によって劣化する回数が異なります。

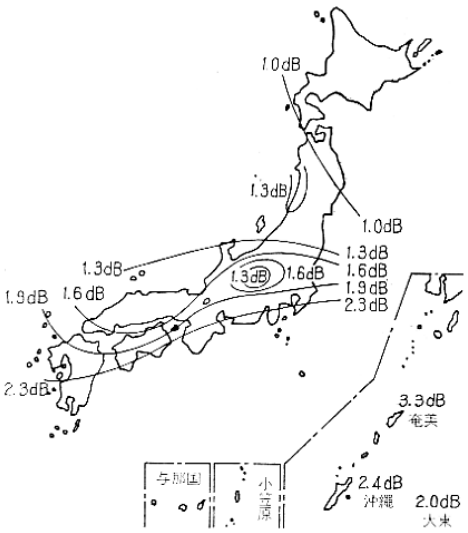
5.　雪と画質

雪国では，パラボラ面に雪が付着し，これが原因で減衰が生じます。

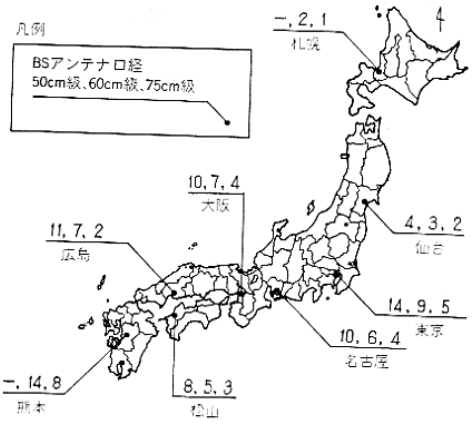
雪による減衰は，パラボラ面に不均一に雪が付着したとき，例えば夜間に冷えて雪がパラボラ面にほぼ均一に付着していたものが，夜明けとともに気温が上昇してパラボラ面の雪が溶けて，半面だけに雪が溶け残った場合などに顕著に発生します。このようすを**第12図**に示します。

パラボラ面は，衛星からの電波を反射させて１次放射器に焦点を結ぶように設計されていますが，パラボラ面に誘電率の異なった雪が不均一に付着すると，１次放射器に正確に焦点を結ばなくなってしまいます。このため，１次放射器のところで電波に位相差を生じ，これが減衰の原因になります。

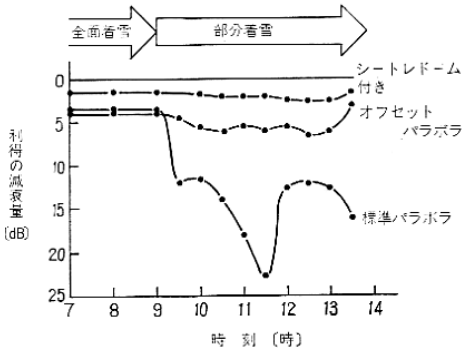
対策としては，レドームの取り付けなどが考えられます。



≪第10図≫　時間率１％の最悪月降雨減衰量



≪第11図≫　代表的な地域の１年間に５分以上継続して劣化する回数の予測

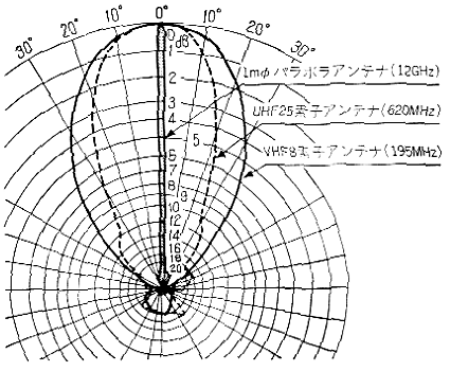


≪第12図≫　着雪によるアンテナの利得変化（例）

最近のパラボラアンテナはオフセット形が主流となって，パラボラ面の傾斜が垂直に近くなっているため着雪しにくい傾向にあります。また，平面アンテナも発売されていますので，このような地域には雪が付着しても取れやすいなど，効果的と思われます。

6. 風と画質

風による影響は，アンテナの揺れとなります。アンテナは，指向性が**第13図**のように鋭いため，風で揺れると画質が劣化し，場合によっては半値幅をはずれて受信できなくなることもあります。



≪第13図≫ 各種受信アンテナの指向特性

パラボラアンテナは，その直径が大きくなると風圧が極端に大きくなりますので，設置に際してはC/Nを考慮するとともに，風圧も十分考慮しなければなりません。

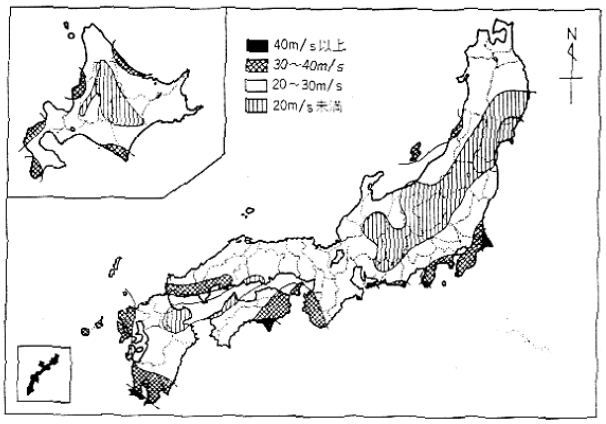
風による影響を考える場合は，風がやんだら元にもどる「復元性」が問題となります。家庭用アンテナでは耐用年数８年，耐用安全率60％に設定すると，再現期間の値は20年となります。

再現期間とは，「例えばある地点で25m／ｓ以上の風速が，平均して20年に１度の割合で起こると期待されるとき，20年という値を風速25m／ｓに対する再現期間」といいます。

この再現期間20年の地域分布は，**第14図**のようになっています。

この状況から，復元可能状態は最大風速30m／ｓまでとすると，瞬間風速では40m／ｓになります（ただし，これは地上高10mの場合で，これ以外の高さで設置する場合，とくに10m以上の高い場合には十分な検討が必要です）。また建築基準法によると，飛散しない条件としては，最大風速60m／ｓとなっています。

以上のようなことを考慮して設置工事を行なう必要がありますが，具体的にはアンテナの口径などによって風圧加重が異なり，設置工法も異なりますので，アンテナ付属のメーカー資料などにより研究してください。



≪第14図≫ 再現期間20年の地域分布

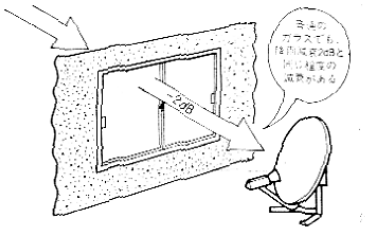
7. 窓ガラス越しの受信と画質

最近は窓越しに受信するようなポータブル形のアンテナも市販されていますが，窓ガラスの厚さによっては電波が減衰しますので，設置場所には注意が必要です。

普通の家庭で使用されている窓ガラス程度の薄いガラスでも２dB程度の減衰がありますが，高層住宅用やビルなどで使用されているものではさらに減衰が大きくなります。この減衰量はそのままC/Nに影響を与え，画質劣化の原因となります。

第15図に，測定結果の例を示します。

また最近，ビルなどでは熱線吸収・反射フィルタを窓ガラスに貼って夏期の冷房効果を上げている例がみられますが，熱線吸収フィルタなどは薄いアルミ箔などでできています



板ガラスの種類	厚さ (mm)	透過損失(dB) 垂直入射角45°
普通板ガラス	2.0	2.0 (2.5)
	3.0	2.5
	5.0	1.5 (2.5)
窓ガラス	2.0	3.0 (2.5)
	3.0	2.0
デザインガラス	2.0	2.0
	3.6	1.5
吸入ガラス	5.6	3.5
熱線吸収ガラス	5.6	3.0
熱線反射ガラス	5.6	10.0

≪第15図≫ ガラスの種類，厚さによる透過損失

ので，ガラスの減衰に加え，さらに減衰を助長します。

したがって，どうしても窓越しに受信する必要がある場合には，その減衰量を考慮したG/Tの大きいアンテナを選ぶ必要があります。

8.　受信システムと画質

以上のように，衛星放送の電波を受信するのに，いままでのＶＨＦやＵＨＦでは考えにくい各種の疎外要因があります。

ではこれらを考慮して，受信システムを検討してみましょう。

（1）　アンテナの選択

アンテナは，一般的にコンバータと組み合わせて販売されていますので，これらを一体としたG/Tを知る必要があります。

第16図は，雑音指数をパラメータとして，アンテナ利得と雑音指数およびG/Tの関係をＲ＝0 dBとして②式で求めたものです。

G/Tの値は，各メーカーともほとんどカタログに表示してありませんが，利得と雑音指数は各メーカーとも表示してあります。

したがって，**第16図**とメーカーカタログの利得と雑音指数から求めたG/Tが，そのアンテナの晴天時のG/Tの目安になります（ただし，**第６図**に示したように雑音指数にはバラツキが多くみられますので，注意が必要です）。

実際の選定にあたっては，地域に必要なG/Tの値として，降雨減衰2dBを見込んだ**第３図**の値を採用すれば，全国のほとんどの地域でC/N＝14dB 以上得ることができます。しかし，**第10図**によれば，降雨減衰量が 2dBを越える地域もありますので，この場合は**第10図**の降雨減衰量でG/Tを計算する必要があります。

一方，**第11図**に示すように，東京で 50cm 級のアンテナを使用すると，１年間のうち５分以上継続して画質劣化する回数が 14 回と予測されています。この回数を減らすためには，アンテナのG/Tを向上させる必要があります。例えば 60cm 級のアンテナを使用すれば，継続画質劣化の予測回数は９回に減少します。さらに，75cm 級のアンテナを使用すると５回に減少します。

このように，各種の減衰やバラツキが考えられますので，計算で得られた値よりはひと回り大きな口径のアンテナを選定することが，C/Nの良い，つまり良い画質の画面を得ることができるわけです。

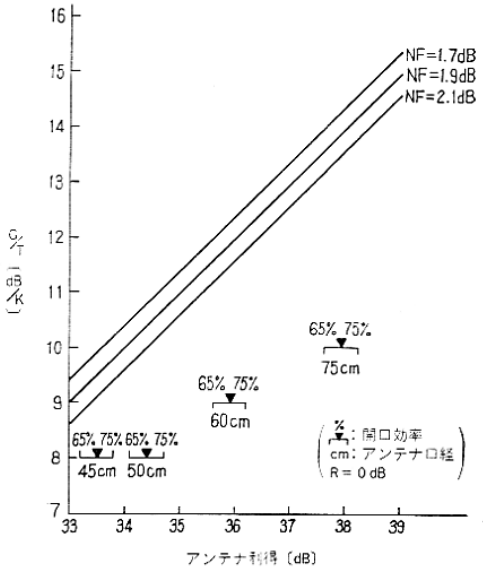
反面，年間で14回程度（１回を５分とすれば，５×14＝70分，１年の時間は365×24×60＝525,600分）の画質劣化を気にしないという場合には，それほど大きなアンテナを設置する必要がありません。

（2）　ホーム共聴での分配方法

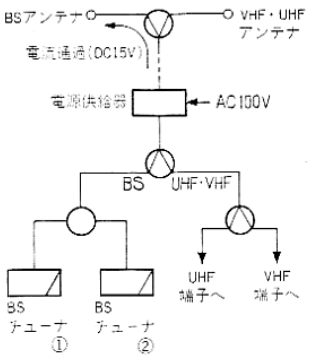
最近は，テレビが２台以上ある家庭が増えています。すると，テレビのある部屋ごとに衛星放送を受信したくなってきます。

こうなってくると問題になるのが，コンバータへの電源供給の方法です。

チューナ１台，アンテナ１基の場合は無条件でチューナからコンバータに電源を供給していましたが，チューナが２台以上になると特定の１台から電源を供給できなくなってしまいます（その１台の電源を切るとコンバー



≪第16図≫　G/Tとアンテナ利得計算例



(a) 接続例

項目	性能		
1次電圧	AC 100V		
出力電圧	DC 15V		
出力電流	0.5A		
周波数帯域	ch1～12 & FM	ch13 ～62	chBS-1 ～BS-15
挿入損失	1dB	1.5dB	2.5dB
VSWR	2以下		
入・出力インピーダンス	75Ω（F形）		

(b) 電源供給器の性能例

≪第17図≫　電源供給器

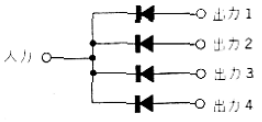
タ電源がなくなるため，すべてのチューナが受信できなくなってしまいます)。

そこで，**第17図**のような電源供給器が必要になります（この場合，各チューナのコンバータへの供給電源スイッチを切っておく必要があります)。

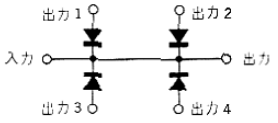
また，**第18図**のような分配器の中にダイオードを組み込み，どのチューナからでも電源が供給できるようにしたものもあります。

種　別	標準減衰量（20°C，dB／km）			
	90 MHz	220 MHz	770 MHz	1300 MHz
TVEFCX	90	148	278	374
BSCX	78	122	243	330

≪第3表≫　BS-IF用同軸ケーブルの性能（例）



(a) 4分配器の原理図



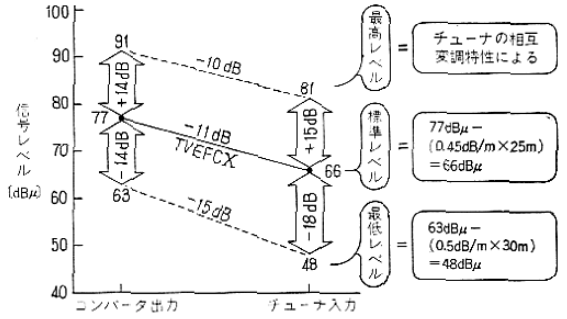
(b) 4分岐器の原理図

品　名	周波数帯域（MHz）		分配損失（dB）	端子間結合損失（dB）	VSWR
2分配器	VHF	76～222	3.8以下	20以上	1.6以下
	UHF	470～770	4.5以下	18以上	1.6以下
	BS-IF	1035～1335	5.0以下	15以上	1.8以下
4分配器	VHF	76～222	7.5以下	20以上	1.6以下
	UHF	470～770	8.5以下	18以上	1.6以下
	BS-IF	1035～1335	9.5以下	15以上	1.8以下

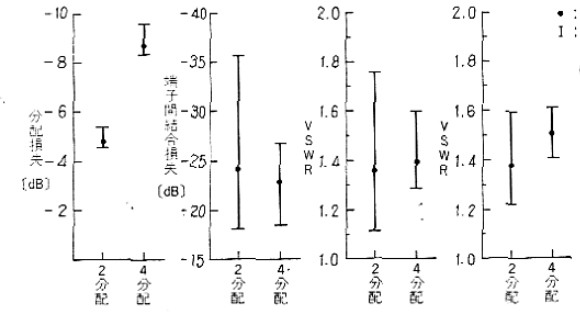
※（直流通過：DC15V 0.5A）

(c) 分配器の特性

≪第18図≫　グループ受信用分岐・分配器



≪第19図≫　基本的な衛星放送受信システムのレベルダイアグラム



(a) 分配損失〔dB〕　(b) 端子間結合損失〔dB〕　(c) 入力側VSWR　(d) 出力側VSWR

≪第20図≫　VHF／UHF／BS用分配器のBS-IF帯の性能調査結果

コンバータ出力は，**第19図**に示すように77±14dB〔μV〕が標準値として設定されています。

個別受信では，コンバータ出力を同軸ケーブル（TVEFCX）で約25m配線したとき，チューナ入力66dB〔μV〕を標準としています。さらに，長く同軸ケーブルを配線した場合でも，チューナ入力で48dB〔μV〕以下では十分なS/Nが得られないため，画質が劣化してしまいます。

ホーム共聴で使用する分配器および分岐器の性能調査結果は，**第20図**および**第21図**のようになっています。

また，BS－IF用増幅器の性能調査結果を利得と雑音指数について示すと，**第22図**のようになっています。

分配器や分岐器の分配損失や分岐損失は，VHF・UHF帯よりやや大きめのため個別受信より各種損失が多くなりますので，システム設計時には注意が必要になります。

(3)　衛星放送受信用同軸ケーブル

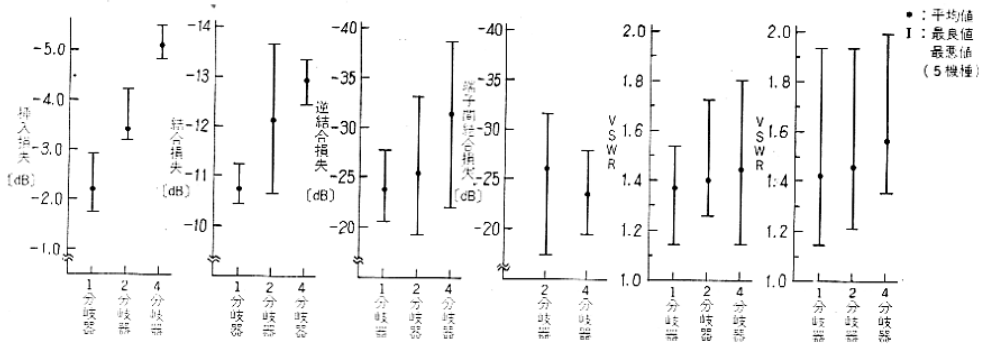
衛星放送受信用に用いられる同軸ケーブルには，BS－IF帯での伝送損失が少なく，VSWRの小さい特性が要求されます。

家庭用には，従来からTVEFCX（通称，JISケーブル）が推奨され，**第19図**のレベル設計でもこのケーブルが使われています。

最近では，TVEFCXより損失の少ないBSCXという同軸ケーブルが開発され生産されています。

両者を1300MHzで10m単位の標準減衰量で比較すると，**第3表**のようにTVEFCXで3.74dB，BSCXで3.30dBと約10%損失が少なくなっています。

高い周波数を取り扱うには同軸ケーブルも大事ですが，コネクタも大



(a) 挿入損失〔dB〕　(b) 結合損失〔dB〕　(c) 逆結合損失〔dB〕　(d) 端子間結合損失〔dB〕(e) 入力側VSWR　(f) 出力側VSWR

≪第21図≫　VHF／UHF／ＢＳ−ＩＦ用分岐器のＢＳ−ＩＦ帯の性能調査結果

事な要素です。このため，衛星放送用にＣ15形というコネクタが開発され市販されています。

（４）　映像再変調出力

ほとんどのチューナは，ＢＳ−ＩＦ信号を第13チャネル（一部のメーカーに可変のものもある）に再変調した出力端子を備えています。

この出力信号は，ＢＳ−ＩＦ信号を映像・音声とも復調し，ベースバンドになった両信号を，さらに第13チャネルの搬送波で再変調しています（このとき，映像・音声などの周波数関係はＮＴＳＣの標準方式に準じていますが，スペクトラムがＶＳＢ：残留側波帯方式になっていません）。

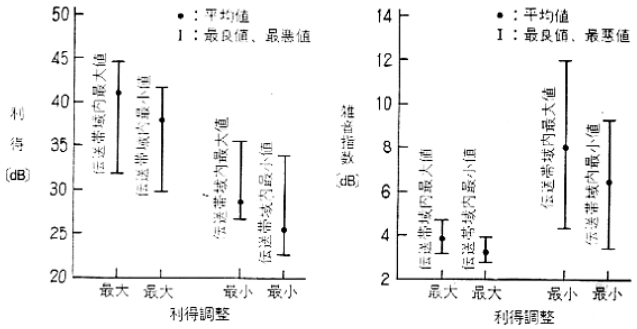
この端子は，テレビ受信機にＡＶ端子がない場合に衛星放送を手軽に楽しむ場合には便利ですが，再変調出力のため画質の劣化（S/Nおよび映像帯域幅の劣化など）はまぬがれません。

せっかくの衛星放送をきれいな画質で見るためには，ＡＶテレビがその性能を最大限発揮してくれます。

（５）　音声出力

チューナの音声出力端子には，ＰＣＭ音声信号を復調した音声信号が出力されます。

この信号は，ＡＶテレビに接続すればそのままステレオで聞くことができますが，さらにステレオ装置などに接続すれば，ダイナミックレンジの広い，音質の良い音声で楽しむことができます。チューナによっては音声出力端子が２系統設けられているものもあるので，この場合はＡＶテレビとステレオ装置に同時に接続できます。



(a) 利　得　　(b) 雑音指数

≪第22図≫　ＢＳ−ＩＦ用増幅器の性能調査結果（５機種）

《参考文献》

(1) 衛星放送受信技術調査会報告書
第１部「衛星放送受信機（その１）目標定格」：電波電技術協会（昭和58年６月）
(2) 強化プラスチック製反射鏡の技術基準（暫定）：強化プラスチック協会（昭和62年11月）
(3) 衛星放送受信の手引：NHK（1983年３月）
(4) NHK編　放送技術双書14「放送衛星技術」：日本放送出版協会（昭和57年11月）
(5) 気候学・気象学辞典：二宮書店（1985）
(6) エレクトロニクスライフ　「特集＝衛星放送の受信と機器の徹底解剖」：日本放送出版協会（1988年５月）
(7) 放送のニューメディアと受信技術(衛星放送／文字放送)：電子技術出版

《「テレビ技術」衛星放送関係掲載記事（83.4〜）》

(1) テレビ技術「特集・衛星放送受信機と受信システムの実際」('84.2)
(2) テレビ技術「特集・衛星放送受信システム」('84.4)
(3) テレビ技術「特集ＢＳアンテナ設置のポイントはここだ（その１）」('84.7)
(4) テレビ技術「特集・ＢＳアンテナ設置のポイントはここだ（その２）」('84.8)
(5) テレビ技術「特集・ＢＳアンテナの設置」('84.11)
(6) テレビ技術「特集・すぐに役立つ衛星放送受信の手引」('87.10)
(7) テレビ技術「特集・手軽に衛星放送が楽しめるＢＳ受信システム」('87.12)

直接予約購読のご案内

本誌では，有効な情報が確実にあなたのお手元に届くよう，予約購読制度をもうけています。業務多忙で書店で求められなかった，読みたい記事があったが見逃がしてしまった，などという悩みが解消できます。

お申込みは簡単，本誌とじ込みの振替用紙あるいは現金書留にて申し込んでいただければ，ご自宅あるいは勤務先など，ご指定の所へ毎月確実に郵送します。

≪直接予約購読料≫

6か月(6冊)…… 5,400円
1か年(12冊)…… 9,900円
2か年(24冊)……19,200円

(注)……毎月，毎月購入される場合，1か月950円，年2回の特別号は1,200円ぐらいになりますので，予約購読なら1年間で2,000円もおとくな料金システムとなっています。

次号のメニュー コック長のおすすめ品

8月号は7月25日発売予定

編集機能を満載したS-VHS最高級モデル

◆日本ビクター＜CLIAZ＞の詳解

◆衛星放送をはじめ高画質・高音質ニーズに対応

☆日本ビクター　S-VHSハイファイビデオ：HR-S500

☆三洋　S-VHSハイファイビデオ：SVH-700SD

☆シャープ　イストシリーズVHSハイファイビデオ：VC-F31

このほかにも，充実した執筆陣をそろえて皆様のご購読をお待ちしております。なお，このメニューは仕入れの都合で多少変更することがあります。

編集部

編集後記

☆…世はまさにグルメブーム。

しかしながら，親戚の中学に通う女の子から聞いた話によりますと，中学校の食事の時間は20分間と決まっていて，その時間内に済ませないといけない。また遅れれば食事は抜かされるそうで，落ちこぼれの仲間にはいるそうです。

おいしい食事は時間をかけてやりたいものです。……それとも，給食には最初から，そんな要素はないと決めてかかっているのでしょうか。……でも，友だちと話しをしながら楽しくする食事も貴重な時間の一部です。

先日，ある報道番組では恵まれないアジアの子供たち，いやいや，恵まれないなどという言葉ではすまされないような実情を特集しておりました。

たぶん日本は豊かなのでしょうが，このグルメブームは贅沢さへの願望なのでありましょうか。……あなたの家の昼晩の食事は，豪華してます。マ，給料水準もありますでしょうが。(否)

☆…もうすでにご覧になられた読者の方もおられると思いますが，先日，シャープ(株)が就航させた「シャープコロンブス号」を見学してきました。本船は，6月から来年11月までの1年半にわたって展開する"シャープサイエンスロマンキャンペーン"のイベントとして全国主要66港を巡り，数々の夢とロマンの世界をくり広げようというものです。排水トン数2,800トンのコロンブス号の船内には"新しい生活と技術の発見"をテーマに同社の先端技術や新製品のすべてが展示され，エレクトロニクスの未来への限りない広がりが体験できます。特に，いま話題のハイビジョン，3D，DAT，CDVなどなど近未来商品も多数展示されていますので，機会がありましたらぜひご覧なられることをお勧めいたします。なお，今後の予定としては，6月24日～26日(東京港・晴海)，7月1日～3日(静岡県・田子浦港)，7月5日～10日(清水港)，7月12日～17日(三河港)，7月19日～24日(衣浦港)，7月26日～8月7日(名古屋港)となっているそうです。(Y)

☆…最近はレトロブームだそうで，ついにテレビにもレトロデザインのものが発売され，都会のカウチポテト族を中心に大人気を博しているとのことです。チャンネル切り換え，ボリューム調整はつまみ式。ブラウン管は昔懐かしい丸型で，おまけに現在のテレビはステレオスピーカーが当たり前なのに，30年前のデザインを重視したためあえてスピーカーのステレオ化を切り捨てたという徹底ぶり。ステレオを楽しみたい向きは，オーディオのスピーカーにつなげばよいとのことで，その代わり映像をカラー，セピア，モノクロの三段階に切り換えられる機能が付けられ，これが意外にも若い人達ばかりか年配の人にも好評のようです。こんな変わったものの発売元がなんと家電メーカーでは保守的と見られている東芝さんなのでまたびっくり。現代の物が売れる条件は，高級化，個性化，差別化だそうで，レトロブームも時代を反映したものなのでしょうが，NHKが力を入れている最先端技術のハイビジョンテレビも，発売されれば意外と売れるのではないでしょうか。早い実現を望むものですが，それにはまずBSの普及が先決となります。(O)



テレビ技術　1988年7月号(通巻443号)

昭和63年6月25日　印刷
昭和63年7月1日　発行

定価 950円
(送料 65円)

≪直接購読のしおり≫
予約購読は，直接弊社へ振替で，お申し込みください。
振替口座 東京2-49011
予約購読料
6カ月 5,400円
1カ年 9,900円
2カ年 19,200円
なお，予約購読のかたに限り送料は弊社で負担します。

発行所　電子技術出版株式会社
発行人　大竹廷兆
〔郵便番号 113〕
東京都文京区本郷2—26—3
〔電　話〕03-814-3876(代)
〔FAX〕03-814-3878
〔印刷所〕電子技術出版㈱印刷部

©本誌より無断転載を禁ず

1989年（平成元）EDTV-Ⅰ・Ⅱ（ワイドクリアビジョン）の開発

テレビの大型化に伴い、画面のちらつき等や高層ビル等によって起こるゴースト障害が課題となってきた。

（開発の動機）

○当初　将来見込まれる高画質衛星放送に地上テレビはどう対処すべきか。

○その後　家庭用受信機の大画面化、S-VHSなどの高解像度化などから、今までの画質では物足りない。

（開発の経緯）

1983年（昭和58）　民放連（技術委員会）、NHK、日立製作所で、それぞれ独自に研究

1985年（昭和60）　6月　テレビ放送画質改善協議会　発足（郵政省）

1985年（昭和60）10月　放送技術開発協議会（BTA）、開発の主体構成員のNHK、東京・大阪の民放テレビ局、放送機器メーカー、受信機等民生品メーカーなどで研究

1987年（昭和62）9月　報告書提出

- 受信機を順次走査、3次元YC分離
- 送信側で信号源の高解像度化を行うことが比較的大きな改善効果を得られる。
- 改善効果は、+1.3ランク程度で複合技術が望ましい。

1987年（昭和62）10月　EDTV委員会発足

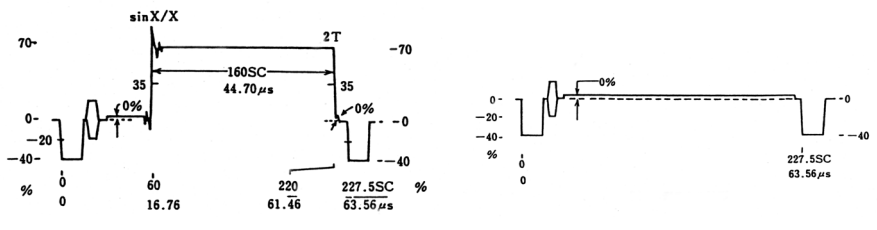
- 第一世代、第二世代に開発を分けた。
- 3種の具体的技術を複合した実験の実施。

1988年（昭和63）4月　民放連、EDTVの愛称募集「クリアビジョン」

- アメリカ、カナダ、EBUでも通用

1988年（昭和63）10月　電気通信技術審議会への中間報告

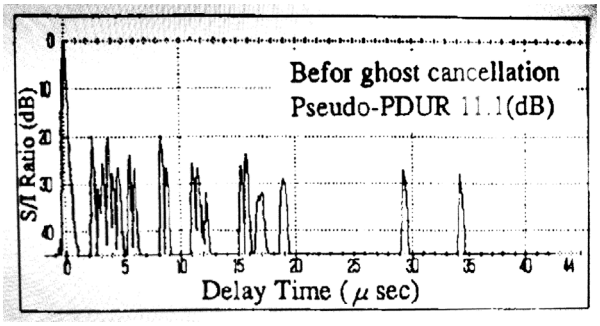
- ゴーストキャンセラ委員会で実験
- GCR（Ghost Cancel Reference）信号の検討
- SinX/Xバー系の波形、ロングゴーストに対して8フィールドシーケンス法が効果的



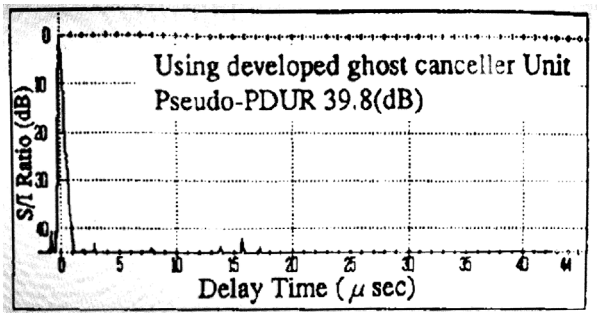
GCR波形(SinX/Xバー)　　ペデスタル波形

GCR信号

・野外実験で、平均的に評価 4 を確保



改善前



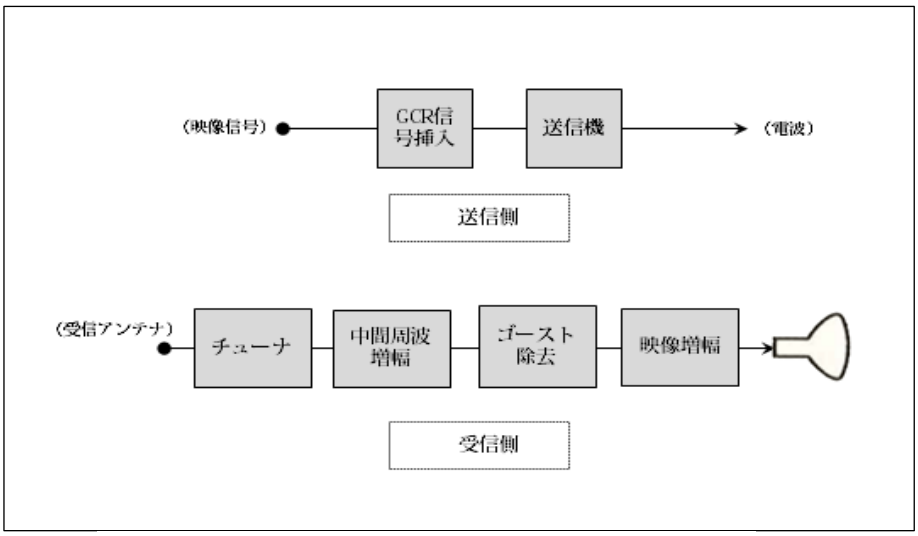
改善後

1989 年（平成元）1 月　電気通信技術審議会への中間報告

・GCR 信号の挿入位置、18H/281H

1989 年（平成元）2 月　電気通信技術審議会へ報告書提出

・ゴースト除去方式、高画質化方式を合わせて「EDTV 方式検討報告書」が取りまとめられ、承認された。



ゴースト除去システムの構成

・

報告書の結言　今後この方式が速やかに実施され、受信画質の向上に役立つことを期待する。また、第二世代 EDTV（ワイドクリアビジョン）については、引き続き研究開発を進めることが望ましい。

・ゴースト除去性能　近接ゴースト　-1～+1μsec、通常ゴースト　1～40μsec

1989 年（平成元）10 月　電気通信技術審議会 EDTV 委員会に第一世代クリアビジョンを報告

・3 種の具体的技術を複合し、両立性や画質改善効果の確認を実験室と野外で実施し、所期の成績を上げた。

1989 年（平成元）8 月 24 日　放送開始（2011 年 7 月 24 日正午で終了）

1989 年（平成元）　EDTV-Ⅱ（ワイドクリアビジョン）の開発開始

・アスペクト比 16 対 9

・垂直時間解像度補強信号（VT)、垂直解像度補強信号（VH)、水平解像度補強信号（HH）によって高画質化

EDTV 放送は、従来のテレビでも受信することが可能であり、その場合でも放送局側で高画質化処理を行っているため、以前よりは若干きれいに映るようになった。

1998 年（平成 10）10 月　GR ロゴマーク制定（EIAJ）

GR 機器普及状況（EIAJ）

・GR チューナー　4 機種、GR 内臓テレビ　27 機種、GR 内臓 VTR　3 機種、
共同受信用ヘッドエンド　6 機種

1995 年（平成 7）　ワイドクリアビジョン放送が開始（2000 年終了）

2011 年（平成 23）7 月 24 日　ゴースト除去用基準信号はアナログテレビが放送終了日まで重畳（放送）された。

日本電子機械工業会技術レポート
Technical Report of Electronic Industries Association of Japan

EIAJ CPR－5201A

衛 星 放 送 再 送 信 装 置

Retransmitting Equipment of Satellite Broadcast Signals for Cable Distribution Systems

１９９１年１０月制定
１９９７年　３月改正

作　成
受 信 機 器 標 準 化 委 員 会
Technical Standardization Committee on Receivers

発　行
社団法人 日 本 電 子 機 械 工 業 会
Electronic Industries Association of Japan

○制定　日本電子機械工業会レポート（ＷＴＣ－ 004）1988（昭和 63）年 3 月
○改正　日本電子機械工業会レポート（ＣＰＲ－ 5201）1991（平成 3）年 10 月
○改正　日本電子機械工業会レポート（ＣＰＲ－ 5201A）1997（平成 9）年 3 月

（制定の目的）
衛星放送の普及に伴い、テレビジョン共同受信施設に衛星放送を再送信する要求が高まってきた。
衛星放送を 27 ＭＨｚ帯域のＦＭ信号として伝送することが困難な共同受信施設においては、映像・音声とも一旦復調しこれを地上放送と同じ 6 ＭＨｚ帯域のＡＭ信号に再度変調して、他の地上放送と共に伝送するＶＳＢ－ＡＭ伝送方法がある。
本技術レポートはこのＶＳＢ－ＡＭ伝送方式のヘッドエンドとして使用する衛星放送再送信装置の望ましい性能についてまとめたものである。
なお、平成 8 年 6 月より比較的小規模の施設を対象としたＢ仕様一体型衛星放送再送信装置が商品化されたため、仕様を追加した。
（主な内容の説明）
（１）Ａ仕様・Ｂ仕様　本技術レポートの望ましい性能は、都市型ＣＡＴＶ等の大規模な施設を対象としたＡ仕様及び、比較的小規模の施設を対象としたＢ仕様との 2 種類についての性能を示した。Ｂ仕様については「無線設備規則」（郵政省令）の性能に準じるものとした。
なお、Ｂ仕様についてはコンポーネント型、一体型の 2 種類とする。

○制定　日本電子機械工業会規格（ＣＰ－ 5202）　1990（平成 2）年 2 月

（制定の目的）
昭和 59 年に開始されたわが国の衛星放送も、平成 2 年 3 月には受信世帯数は 200 万世帯に達し本格的な衛星放送時代に入った。衛星放送を受信しＢＳ－ＩＦ帯にて共同受信システムに伝送する各種機器も同時に開発され実用化されてきた。
一方、他の地上放送と同じ帯域幅 6 ＭＨｚにて衛星放送を伝送するための再送信装置（ＶＳＢ－ＡＭ伝送）も多くの共同受信施設に見られるようになった。受信システム技術委員会では、ガイドラインとして昭和 63 年ＥＩＡＪ技術ファイルＷＴＣ－ 004 衛星放送再送信装置を発行し目標性能を定めたが、測定方法が明確でなくその早期制定が望まれていた。

日本電子機械工業会規格
Standard of Electronic Industries Association of Japan

EIAJ CP−5202

衛星放送再送信装置の測定方法

Methods of Measurement on Retransmitting Equipment of Satellite Broadcast Signals for Cabled Distribution Systems

１９９０年２月制定

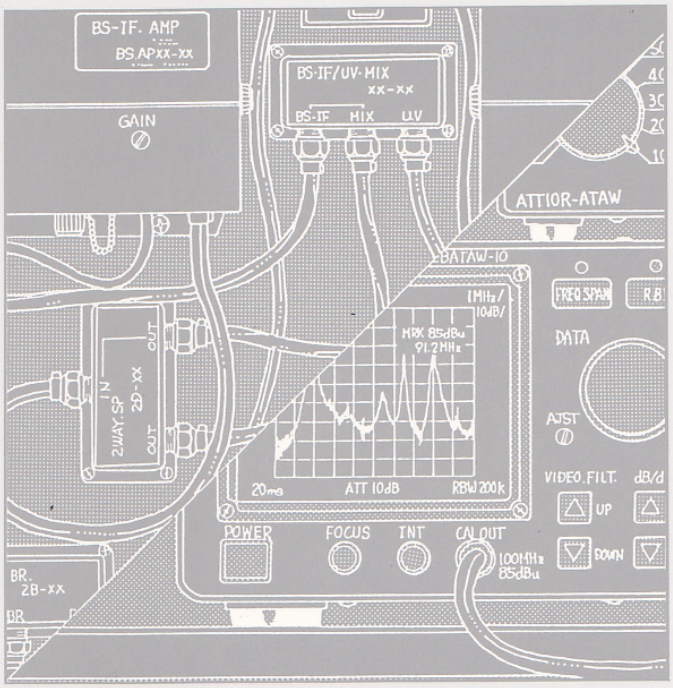
作　成
受信システム技術委員会
Technical Committee on TV Receiving System

発　行
社団法人　日本電子機械工業会
Electronic Industries Association of Japan

1992 年（平成 4 ）スペクトラムアナライザ活用の手引き（B5,p1-102）

㈳日本 CATV 技術協会

スペクトラムアナライザ
活用の手引き



社団法人 日本CATV技術協会

まえがき

1991年8月25日17時40分、種子島宇宙センターから轟音とともに打ち上げられたＨ－Ⅰロケットは関係者の見守るなか青空の中へ吹い込まれていきました。「ＢＳ－３ｂ」の誕生です。

「ＢＳ－３ｂ」は単にＢＳ－３ａの予備機としてではなく、衛星放送のさらなる充実とニューメディアの実現に近づく新しい時代の放送衛星としての期待と役割を担っています。それは、1991年11月25日から1日8時間程度の「ハイビジョン試験放送」が開始され、衛星放送も4チャンネル時代を迎え、今年は通信衛星を利用する放送も始まるからです。

一方、地上放送は日本全国で平均７チャンネル程度が受信され、都市型ＣＡＴＶの普及にともない『多チャンネル、多メディア』時代が現実のものとなってきつつあります。共同受信システムでは、従来からのＵＶ伝送からＢＳ－ＩＦ、ＣＳ－ＩＦ伝送時代へ大きな変革期を迎えています。このことは、ＣＡＴＶの設計、施工、保守にも、より正確、より高度な技術力が求められる事になります。

このような時代背景を踏まえ、ＣＡＴＶ技術者として従来からのレベルチェッカによる点検・調整から脱皮して、技術的根拠に基づいた確実な対応を行うため、スペクトラムアナライザを活用することが必須になってきました。

そこで（社）日本ＣＡＴＶ技術協会では、会員会社を対象に「スペクトラムアナライザ所有実態調査」を実施し、講習会の必要性などをアンケートしたところ、その要望が大きいことがわかりました。

このテキストは、スペクトラムアナライザの取扱いはもとよりＣＡＴＶ技術者を対象とした、現場での活用を中心に編集したもので、これまで著されていない１冊であると確信いたします。

このテキストが共同受信施設の設計、施工、保守管理に携わっておられる方々に活用され、望ましい共同受信施設がますます普及することを願ってやみません。

１９９２年２月

スペクトラムアナライザ活用の手引き　目　次

第１章　なぜ、いまスペクトラムアナライザなのか

1.1 ＵＶ伝送からＢＳ・ＣＳ伝送時代への対応
1.1.1 テレビ放送波のしくみと周波数帯域 …… 1
1.1.2 衛星放送波のしくみと周波数帯域 …… 2
1.1.3 多重放送波のしくみと周波数帯域 …… 4
1.1.4 多メディア・多チャンネル伝送 …… 5
1.2 多チャンネル時代のより的確なトラブル対策のために
1.2.1 トラブルの種類と症状 …… 7
1.2.2 多チャンネル伝送時に発生するトラブル …… 8
1.2.3 トラブル対策と測定器 …… 9
1.3 共同受信施設での活用例
1.3.1 受信チャンネル間のレベル差 …… 10
1.3.2 隣接チャンネル伝送時のＶＡ比調整 …… 10
1.3.3 多チャンネル伝送時の相互変調妨害の確認 …… 11
1.3.4 幹線増幅器のＢＯＮ調整時のレベル設定 …… 11
1.3.5 ブースタ発振妨害の確認 …… 12

第２章　スペクトラムアナライザの基本原理と取扱い

2.1 スペクトラムアナライザの原理と性能
2.1.1 時間軸から周波数軸へ …… 13
2.1.2 スペクトラムアナライザのしくみ …… 14
2.1.3 掃引型スペクトラムアナライザのしくみ …… 15
2.1.4 スペクトラムアナライザの主要項目 …… 21
2.2 スペクトラムアナライザの基本操作
2.2.1 中心周波数の設定 …… 23
2.2.2 表示周波数幅の設定 …… 25
2.2.3 基準レベルの設定 …… 27
2.2.4 縦軸目盛の設定 …… 29
2.2.5 分解能帯域幅・掃引時間の設定 …… 31
2.2.6 その他の調整 …… 33

第３章　スペクトラムアナライザによる測定の実際

3.1 基本的な信号の測定
3.1.1 振幅変調波の測定 …… 35
3.1.2 周波数変調波の測定 …… 38
3.1.3 漏洩電界の測定 …… 40
3.1.4 パルスノイズの観測 …… 41
3.2 衛星放送信号の測定
3.2.1 衛星放送信号の伝送方式 …… 42
3.2.2 ＢＳ－ＩＦ信号の測定 …… 42
3.2.3 衛星放送信号のＣＮ比測定 …… 45
3.2.4 ＵＨＦ（ＦＭ）信号の測定 …… 48
3.2.5 ＶＡ比測定 …… 49

第４章　スペクトラムアナライザの応用

4.1 共同受信施設の設計・完成検査・保守時の測定
4.1.1 施設設計 …… 51
4.1.2 完成検査 …… 54
4.1.3 保守 …… 54
4.2 共同受信施設の周波数特性の測定
4.2.1 スイープジェネレータとの組合せ …… 55
4.2.2 伝送特性の測定 …… 57
4.3 機器の周波数特性の測定
4.3.1 トラッキングジェネレータとの組合せ …… 59
4.3.2 周波数特性の測定 …… 60

第５章　トラブル対策への活用

5.1 混変調妨害
5.1.1 混変調妨害のしくみ …… 63
5.1.2 妨害波形の観測 …… 66
5.1.3 解決方法 …… 66

5.2 相互変調妨害
5.2.1 相互変調妨害のしくみ …… 68
5.2.2 妨害波形の観測 …… 70
5.2.3 解決方法 …… 71
5.3 隣接チャンネル妨害
5.3.1 隣接チャンネル妨害のしくみ …… 73
5.3.2 伝送波形の観測 …… 75
5.3.3 解決方法 …… 76
5.4 ＣＴＢ妨害
5.4.1 ＣＴＢ妨害のしくみ …… 78
5.4.2 画面症状の観測 …… 79
5.4.3 解決方法 …… 81
5.5 ブースタ発振妨害
5.5.1 ブースタ発振のしくみ …… 82
5.5.2 画面症状の観測 …… 82
5.5.3 解決方法 …… 83

第６章　資　　料

6.1 周波数配列 …… 87
6.2 市販スペクトラムアナライザー覧表（参考例） …… 92
6.3 隣接チャンネル伝送諸元 …… 94
6.4 相互変調の発生チャンネル …… 95
6.5 混変調の計算 …… 97
6.6 衛星放送のＣＮ比計算 …… 99

スペクトラムアナライザパネル …… 折り込み面

あ と が き

「スペクトラムアナライザ活用の手引き」は、(社)日本ＣＡＴＶ技術協会関東支部（雨宮支部長）とＮＨＫ営業総局受信技術センター（東京受信技術）が連携して、よりよい共同受信施設の普及と受信技術者の技術力向上を願って作成したものです。

次のような構成で編集委員会、執筆委員会を開催して作成したもので、全国各支部での活用も考慮して（社）日本ＣＡＴＶ技術協会中川専務理事、水本事務局長のご指導を頂きました。また、執筆・編集には青嶋関東支部事務局長、笹本課長ならびに関連測定器メーカー各社にも資料の提供などでお世話になりました。

編集委員：安藤　彰　梅内　廣　小野寺幸雄
高橋　隆一　松瀬　清　松村　秀郎
宮沢　寛　百瀬　宗直
執筆委員：劔持　甫　長沼　照平　米田　知則
渡邊　栄太

スペクトラムアナライザ
活用の手引き

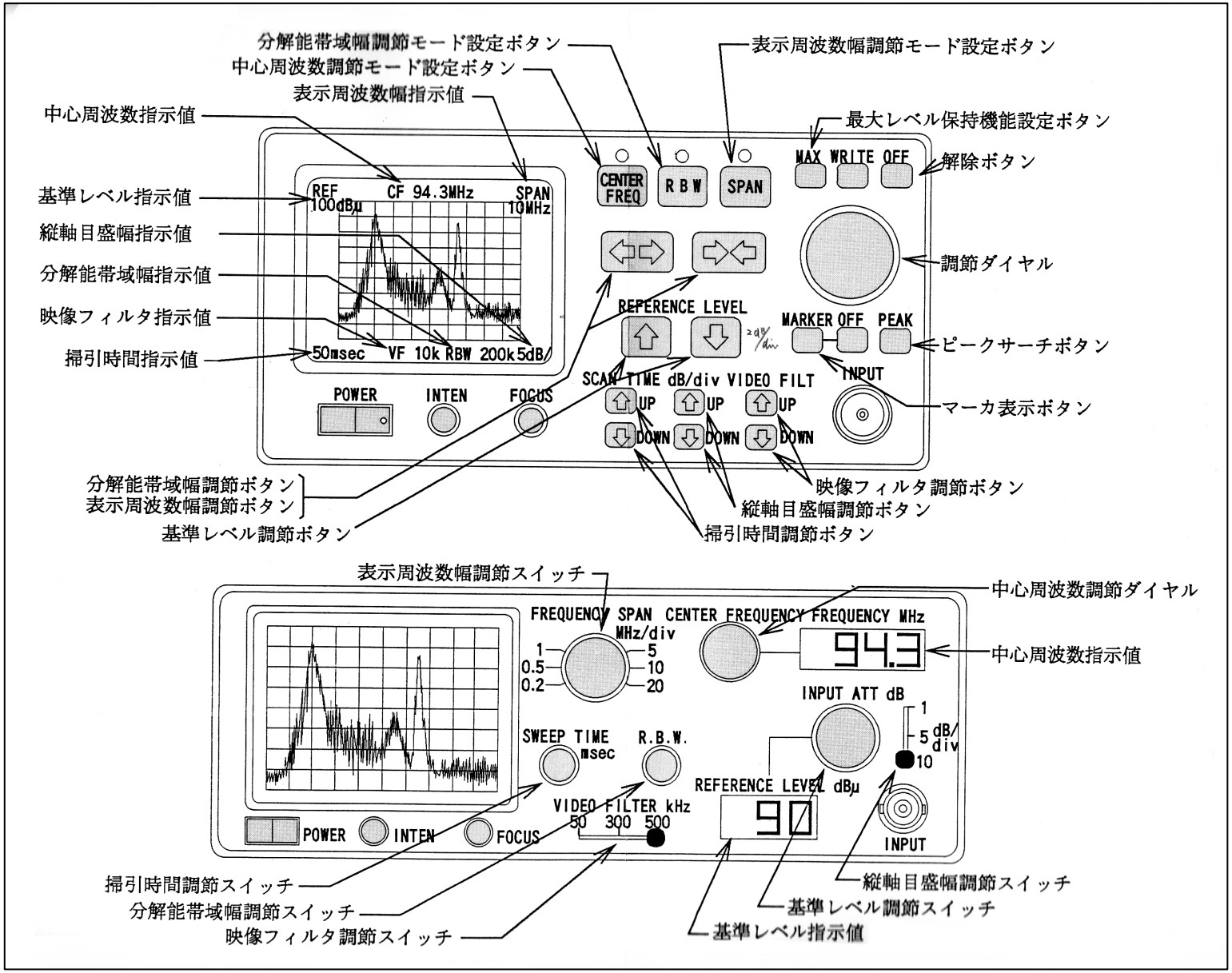
1992年２月10日　第１刷　発行

発　行
(社)日本ＣＡＴＶ技術協会

編　集
(社)日本ＣＡＴＶ技術協会関東支部
TEL　03(3862)4471
ＮＨＫ営業総局受信技術センター
（東京受信技術）
TEL　03(5478)5260

印　刷　㈱プリント・センター

© 1992 Printed in Japan


分解能帯域幅調節モード設定ボタン
中心周波数調節モード設定ボタン
表示周波数幅指示値
中心周波数指示値
表示周波数幅調節モード設定ボタン
最大レベル保持機能設定ボタン
解除ボタン
基準レベル指示値
縦軸目盛幅指示値
分解能帯域幅指示値
映像フィルタ指示値
掃引時間指示値
調節ダイヤル
ピークサーチボタン
マーカ表示ボタン
分解能帯域幅調節ボタン
表示周波数幅調節ボタン
基準レベル調節ボタン
映像フィルタ調節ボタン
縦軸目盛幅調節ボタン
掃引時間調節ボタン
REF
100dBμ
CF 94.3MHz
SPAN
10MHz
50msec
VF 10k RBW 200k 5dB/
CENTER FREQ
R B W
SPAN
MAX WRITE OFF
REFERENCE LEVEL
MARKER OFF PEAK
INPUT
SCAN TIME dB/div VIDEO FILT
UP
DOWN
POWER
INTEN
FOCUS
表示周波数幅調節スイッチ
中心周波数調節ダイヤル
FREQUENCY SPAN MHz/div
CENTER FREQUENCY MHz
FREQUENCY MHz
94.3
中心周波数指示値
1
0.5
0.2
5
10
20
INPUT ATT dB
1
5
10
dB/div
SWEEP TIME msec
R.B.W.
REFERENCE LEVEL dBμ
90
VIDEO FILTER kHz
50 300 500
POWER
INTEN
FOCUS
INPUT
掃引時間調節スイッチ
分解能帯域幅調節スイッチ
映像フィルタ調節スイッチ
縦軸目盛幅調節スイッチ
基準レベル調節スイッチ
基準レベル指示値

1993年（平成5）北海道受信技術情報誌「どさんこ」

1．1993年6月号（No.92）「よろしくお願いします。」

Reception Engineering & Service

どさんこ

１９９３・６月号(No.92)
ＮＨＫ札幌放送局発行

＜目次＞

［巻頭言］
昨今雑感　札幌放送局営業推進センター　部長　宮川和男　…… 1
［閑話・随想］
感、歓、環、勘、冠、管！！　～明日に夢をもてるのか？～
函館放送局営業推進部長　青山栄次　…… 3
［北から南から　～各局だより～］
（1）札幌放送局（企画推進チーム）　…… 4
（2）札幌放送局（衛星普及チーム）　…… 5
（3）函館放送局　…… 6
（4）旭川放送局　…… 7
（5）帯広放送局　…… 8
（6）釧路放送局　…… 9
（7）北見放送局　……10
（8）室蘭放送局　……11
［一般記事］
（1）よろしくお願いします。　札幌　CE　劔持　甫　……12
（2）自己紹介　札幌　伊東英彦　……13
（3）こんな番組がほしい！《電器店対応の中から》　函館　工藤富夫　……14
（4）くらべてみれば～北見バージョンによる講習会～　北見　竹内　靖　……16
（5）１５，０００世帯対象の紋別Ｕ転、
チャンネル調整を万全体制で！！　北見　奥田英俊　……19
（6）放送衛星３号後継機の段階における衛星放送の在り方
～電波監理審議会答申の概略　札幌　衛星普及　……21
［コンサルタント日誌］
（1）ブースター障害は、より身近なものに　札幌　小田力男　……25
（2）管理責任はどこに？　函館　佐藤正紹　……26
（3）ネズミ防除器からの気まぐれなテレビ受信障害　帯広　入江三郎　……27
（4）電話で直ったパルスノイズ　旭川　矢野義彦　……28
（5）ある無線局障害から　釧路　受信技術　……30
（6）室蘭局受信障害あれこれ　室蘭　受信技術　……32
［技術トピックス］
（1）高精度で廉価なﾁｬﾝﾈﾙﾌﾟﾘｾｯﾀｰ　北見　受信技術　……34
（2）必見！！　一太郎・花子の裏技特集　札幌　伊東英彦　……35
［どさんこ広場］　……37
［編集後記］　……41

一般記事

よろしくお願いします。

札幌放送局営業推進センター
ＣＥ　劔持（けんもち）　甫（はじめ）

１９９３年６月２１日（月）、札幌に到着しました。
北海道のみなさん、このたび皆さまの仲間に加えて戴くこととなりました。よろしくお願いします。

札幌放送局へは、１０年ほど前に仙台放送局から建造物講習会で出張して以来になります。（東京では、その当時、札幌市内の某所で盃を交わした何人かと一緒に仕事をし、お世話になりました。）その後、帯広でのＰＣＭ伝送実験、釧路での電力束密度測定などにお世話になっています。その後、営総→福島放送局→東京受信技術と転勤し、このたび札幌放送局への転勤となりました。

さて、いまや衛星放送は７００万を越える普及に至り、契約数も約４年間という早さで５００万に到達致しました。ちなみに地上放送は、５００万に到達するまでには約８年かかっています。衛星放送の普及スピードは、まさにニューメディア普及史に記録できる画期的な出来事と言えます。

一方、ハイビジョン受信機も１００万円を切り、今後販売に拍車がかかるものと予想されます。さらに、１９９７年にはＢＳ－４が打ち上げられ、衛星放送技術の進展で本格的な多メディア、多チャンネル化時代を迎えることになります。

このような社会背景のなかで、我々受信技術も時代に取り残されないよう「見える受信技術活動」を積極的に展開してきましたが、今年からは、さらに「見える受信技術活動の充実」を図っていく必要があります。

テレビ放送開始４０周年の記念すべき年に、どさんこの仲間に入れていただけるのは、私の協会生活のなかで、生涯思い出になるでしょう。微力ではありますが、管内のみなさまとともに協会使命達成のために頑張ります。よろしくお願いいたします。

追伸、「劔」の字をワープロで使用する場合は、ＪＩＳコードで「5179」、shift-ＪＩＳで「9999」です。参考にして下さい。

２．1993 年 ８ 月号（No.93）「北海道南西沖地震に伴う受信対策について」

Reception Engineering & Service

どさんこ

１９９３・８月号(No.93)
ＮＨＫ札幌放送局発行

＜目次＞

【巻頭言】
北海道６０日　札幌放送局営業推進センター長　内田忠彦 …… 1
【閑話・随想】
チョット照れますが！！～明るく、楽しい、元気な職場めざして～
旭川放送局営業推進部長　浅井尚武 …… 3
【北から南から　～各局だより～】
（1）札幌放送局（企画推進チーム）…… 4
（2）札幌放送局（衛星普及チーム）…… 5
（3）函館放送局 …… 6
（4）旭川放送局 …… 7
（5）帯広放送局 …… 8
（6）釧路放送局 …… 9
（7）北見放送局 …… 10
（8）室蘭放送局 …… 11
【一般記事】
（1）北海道南西沖地震災害に伴う
受信対策について（中間概要）　函館受信技術 …… 12
（2）孤立した島　～避難所へのテレビ設置～　函館佐藤正紹 …… 19
（3）奥尻島被災地を歩く　札幌伊東英彦 …… 22
（4）地震災害ラジオ安否情報応援にあたって　函館佐藤正紹 …… 25
（5）福岡タワー受信対策に参加して　旭川渋田由記夫 …… 26
（6）福岡タワー対策　応援記　札幌黒澤強 …… 28
（7）只今　ご当地ロケ『エトロフ遙かなり』
ＢＳ特別セール実施中　釧路受信技術 …… 29
（8）局内一体の視聴者広報・衛星普及活動　室蘭青木繁夫 …… 30
（9）ＢＳ基金対応にて
～ＢＳ契変２件！ＢＳ事前契約化５件！～　北見竹内靖 …… 32
【コンサルタント日誌】
（1）コンサルタント二題　札幌受信技術 …… 33
【技術トピックス】
（1）Ｅｓ混信自動通報システム運転中！　札幌柴田泰見 …… 35
【どさんこ広場】
☆異動特集☆ほか …… 37
【編集後記】 …… 43

一般記事

北海道南西沖地震災害に伴う受信対策について（中間概要）

函館局　　受信技術

７月１２日（月）２２時１７分ごろ発生した、北海道南西沖地震災害は函館局管内と札幌局管内の日本海沿線に甚大な被害を与えた事はテレビや新聞などでご存じのことと思いますが、ここでは受信技術がいままでに行った受信対策の中間概要をご紹介します。

〔地震・津波の被害状況〕

地震と津波による被害は、最も被害の大きかった奥尻島と日本海沿線を中心に８月１９日現在、死者２００人、行方不明者３０人、負傷者２３６人におよんでいます。

また地震による被害額は北海道庁の集計によると、約１，０００億円を越えると見られています。



奥尻町青苗地区の津波被害



奥尻町初松前地区の津波被害

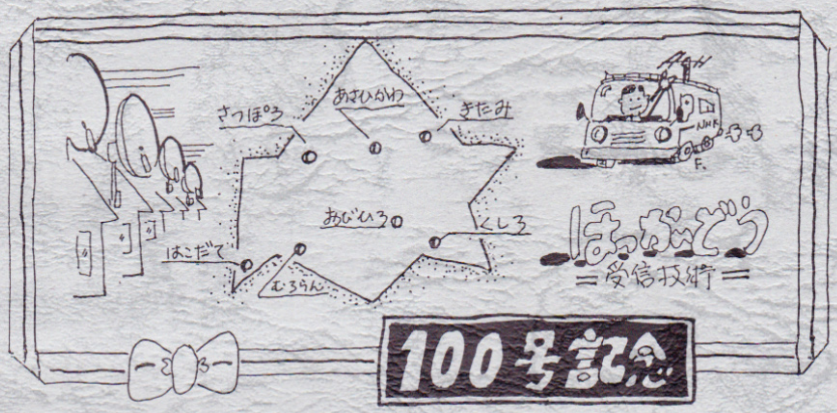
3．1994 年 11 月号（No.100）「100 号記念」

Reception Engineering & Service

どさんこ

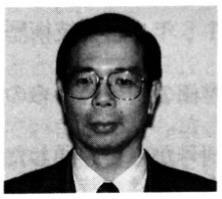
［北海道受信技術情報誌］

1994.11 月号(No.100)
NHK 札幌放送局発行



<目次>

【巻頭言】　祝「どさんこ」100号記念　札幌放送局長　橋爪幸正 …… 1
【祝辞】　どさんこ100号記念によせて　営業総局担当局長　布山崇 …… 2
【発行にあたって】“どさんこ”100号発刊にあたって
札幌放送局営業推進センター長　内田忠彦 …… 3
【歴代統括からのメッセージ】 …… 4
【想い出に残ること～ＯＢの皆さんから】 …… 9
【「どさんこ」に想う～道内で勤務された皆さんから】 …… 16
【管内重大ニュース】 …… 28
【想い出の写真館】 …… 36
【２０年前にワープ！北海道受信技術誌「どさんこ」の変遷をたどる】 …… 41
【“どさんこ”とともに２０年～年表】 …… 47
【各局だより】 …… 48
(1) 札幌放送局（企画推進チーム） …… 49
(2) 札幌放送局（衛星推進チーム） …… 51
(3) 函館放送局 …… 53
(4) 旭川放送局 …… 55
(5) 帯広放送局 …… 57
(6) 釧路放送局 …… 59
(7) 北見放送局 …… 61
(8) 室蘭放送局 …… 63
【業務資料】 …… 65
【編集後記】 …… 68



１００号記念特集号、発行の栄誉に浴して

札幌放送局営業推進センター
副部長（受信技術統括）　　劔持　　甫
（平成６年～）

記念すべき「どさんこ１００号」を発行する時に、受信技術統括として北海道に勤務できたことを、たいへん嬉しく思います。

この情報誌を永年にわたり継続発行することは、歴代編集担当者を初め、道内各局職員の熱意が成し遂げたもので、感謝を致します。

現代は、放送と通信の融合やマルチメディアなどテレビを取巻く環境も急速に変化しつつあります。マルチメディア技術は、全ての形式の情報をデジタル化して、コンピュータ技術により複数の表現手段を統一的に取扱うもので、情報のデジタル化が中心となります。

このような時代背景のなかで、「どさんこ」の記事もコンピュータやデジタル機器からの障害、ＭＳ－ＤＯＳの使い方などコンピュータ関連のものが増加し、今後この傾向は、ますます進み内容も複雑になっていくものと思われます。このような時代にこそ、情報交換の役目は重要になってきます。

「どさんこ」の原稿は、当初手書きで戴いていましたが、その後はワープロの普及で印字原稿となり、最近ではパソコンによるデータ伝送（「（仮）どさんこネット」によるパソ通）により、ペーパーレスになりつつあり、編集担当もたいへん助かっております。

次に記念すべき「１５０号」が発行されるのは、なんと２１世紀の２００３年（８年後）に予定されます。今後も、どさんこの仲間で協力して、１５０号そして２００号が発行され、意欲的な情報交換が行われることを祈念します。

編集後記

◇記録的な猛暑が続いていた夏が終わり、紅葉のピークも過ぎた北海道。まもなく厳しい冬を迎えます。

◇１００号記念誌の発行に際して、布山担当局長、諸先輩をはじめ、歴代統括、北海道勤務経験者の皆さまお一人おひとりの「どさんこ」にまつわる思い出、北海道勤務時の出来事など、ご寄稿いただき厚くお礼申し上げます。

◇記念号表紙イラストはご応募いただいた中から、古山雅敏さん（ＮＨＫアイテック札幌支社出向）の作品を採用させていただきました。

◇北海道受信技術情報誌「どさんこ」は、昭和５０年２月に「７０営技情報」と命名、誕生しました。以来、諸先輩から後輩へと受け継がれて２０年。その時々の話題・情報を満載して発行を続け、情報誌の目的を十分に発揮してきました。

◇第１号の「７０営技情報」は、紙の色が日焼けして茶色に変色していますが、創刊当時の出来事などがしっかりと記録・保管されています。

◇北海道３３名は、この記念誌をひとつの区切りとして、「どさんこ」の内容を一層充実し、これからも継続発行の糧にしてまいります。皆様のご指導とご協力をお願い申しあげます。

どさんこ記念編集部
大谷　進　　佐藤 徳美
小松 勝敏　　柴田 泰見
NHK 札幌放送局営業推進センター
（受信技術）内
IDX:9-700-361 or 362　FAX:9-700-364

☆どさんこについて、ご意見、ご要望をお寄せ下さい。

ＮＨＫが放送開始７０年を迎えたのを機に
昭和５４年３月に山田四十二先輩がまとめ
られた「ほっかいどう営業技術５０年」の
後を受けて、昭和５４年から平成７年まで
の受信技術活動の一端をまとめてみました
今後の活動の一助になれば幸いです。

編集　小田力男

平成８年３月２１日発行

編集・発行　札幌放送局営業推進センター
受信技術

印刷・製本　ＮＨＫアートセンター

4．1996年5月号（No.109）「その時、自分ならどうする」

Reception Engineering & Service

どさんこ

［北海道受信技術情報誌］

1996.5月号（No.109）
NHK札幌放送局発行

＜目次＞

【巻頭言】
その時、自分ならどうする　札幌放送局営業推進センター副部長（受信技術統括）　劔持　甫 …… 1
【閑話・随想】
桜前線が海峡を越えて　函館放送局営業部長　岡崎兵順 …… 2
【北から南から　～各局だより～】
(1) 札幌放送局（企画推進チーム） …… 4
(2) 札幌放送局（衛星推進チーム） …… 5
(3) 函館放送局 …… 6
(4) 旭川放送局 …… 7
(5) 帯広放送局 …… 8
(6) 釧路放送局 …… 9
(7) 北見放送局 …… 10
(8) 室蘭放送局 …… 11
【一般記事】
(1)そうご電器でハイビジョン講習会実施中　札幌　伊東英彦 …… 12
(2)好評だった「ハイビジョン時代の放送受信技術」講習会　北見　竹内　靖 …… 13
(3)メーカー販社の合同展示会に参加して　旭川　角本満久 …… 14
(4)ホテルＢＳ導入対策顛末記　室蘭受信技術 …… 15
(5)ＢＳ契約取次ぎ優秀店に感謝状贈呈　釧路受信技術 …… 16
(6)北海道市町村振興補助金の見直し～平成８年度から～　札幌　佐藤徳美 …… 18
(7)帯広局ＦＭ基幹局の電界分布調査結果について　帯広受信技術 …… 20
(8)実習好評！電気工事業者対象の講習会　札幌　外塚英明 …… 22
(9)ハイビジョン販売には自信が大事　函館　佐藤正紹 …… 24
【コンサルタント日誌】
(1)先入観の落とし穴　札幌　伊東良展 …… 25
【技術トピックス】
(1)Ｗｉｎｄｏｗｓ９５講座（第２回・導入トラブル編）　札幌　奥村泰之 …… 26
【ＮＨＫ・ＦＡＸ情報　バックナンバー紹介】Vol.13～Vol.24 …… 29
【どさんこ広場】 …… 42
【編集後記】 …… 43

【巻頭言】

その時、自分ならどうする

札幌放送局営業推進センター
副部長（受信技術統括）　劔持　甫

道内各局の皆様、平成７年度の積極的な業務展開ありがとうございました。おかげさまで、衛星放送１，０００万・ハイビジョン１０万普及の達成に北海道受信技術も貢献することができました。

既に、平成８年度の業務展開が図られていますが、今年のターゲットは第一にアトランタオリンピックであり、第二に年末商戦がメインになります。全ての活動をこのピークに集中し、業務計画を構築していかなければなりません。

北海道の平成８年度の衛星普及・取次目標は「６，１００件」です。上半期５０％以上の達成を目指して創意工夫をするなかで、実効の上がる活動の展開をお願いします。

昨年は、放送開始７０周年の記念の年として「放送開始７０周年記念、ほっかいどう受信技術活動（昭和３年～平成７年の記録）」と題した受信技術活動の記録をまとめました。

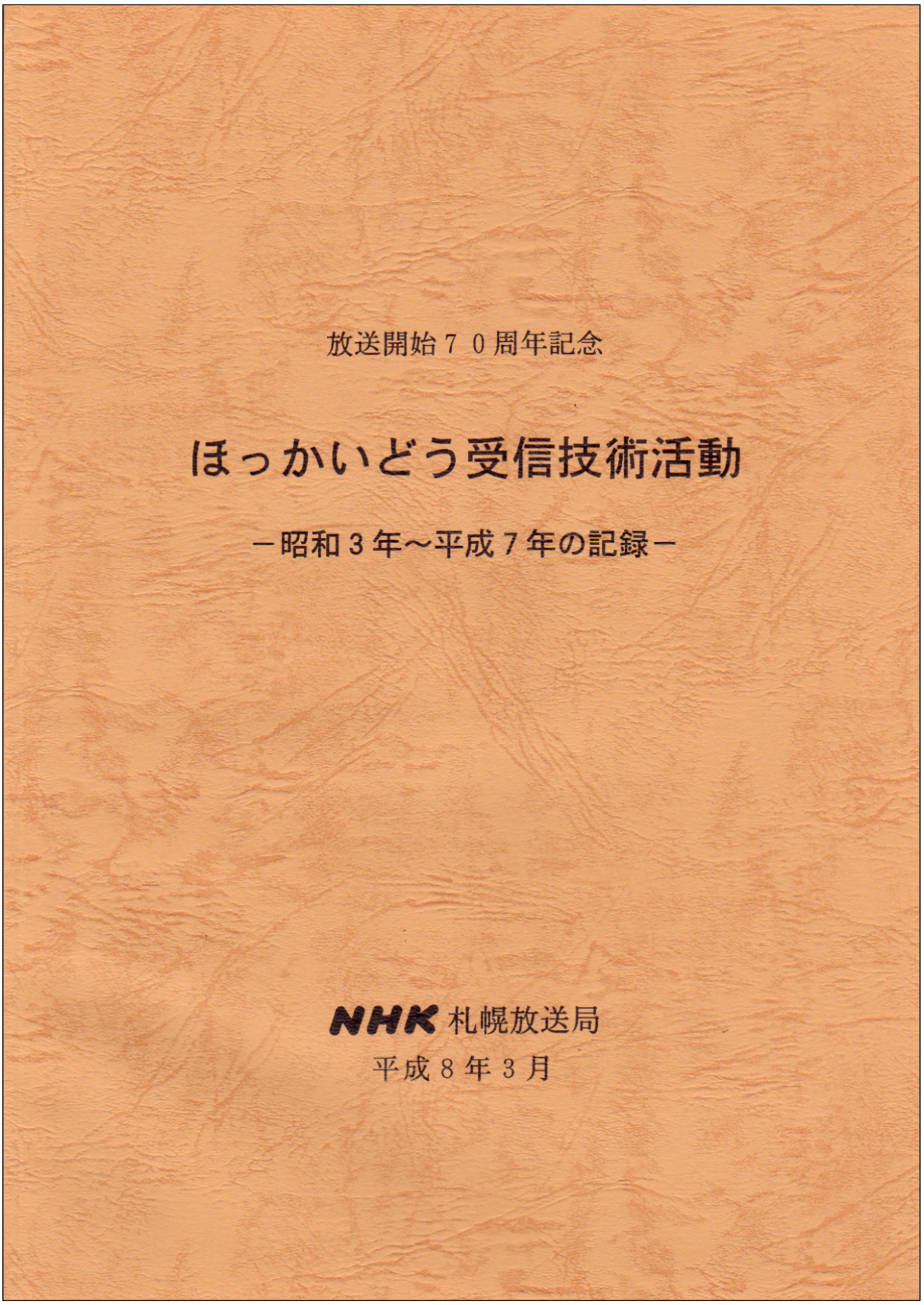
これらの記録から我々受信技術の業務は、新たなメディアの出現でその普及業務等に業務シフトし、その業務の成熟により外部機関に移行するなどスクラップし、さらに新たなメディアに業務シフトする、この繰返しで今日まで各種業務を推進してきた形跡がよくわかります。

誰でも自分の仕事は大切にして一生懸命努力していますが、協会や社会の流れを見逃してはいないでしょうか。成熟した業務は外部に任せたり、あるいはスクラップする勇気も必要です。常に、「自分ならどうする」を念頭に日々触角の感度を磨いて下さい。

時代は、マルチメディア時代です。これからのマルチメディア時代は、家庭のブラウン管（ＰＤＰ）をどう活用するか、いろいろなメディアの融合（競合）の時代です。ますます、受信技術部門のウェイトが高くなってきます。前途洋々なれど日々努力・・・。

最後になりますが、過去の受信技術活動のなかで災害対策も数多く経験しノウハウを蓄積していますが、災害は前振れなくやってきます。このため常日頃から「その時、自分ならどうする」を念頭に生活する心掛けが大切であります。

5．1996 年（平成 8）放送開始 70 周年記念「北海道受信技術活動」記録



ノウハウを継承し、次の時代へ

平成７年度は、大正１４年に東京芝浦から放送が開始されて７０年目にあたる記念すべき年であります。

平成７年１２月にはハイビジョン受信機の出荷台数が１２万８千台を越えて、**ハイビジョン元年**と呼ぶに相応しい年になりました。さらに、この３月にはＢＳアンテナの出荷が１，０００万の大台を越えようとしています。

「ほっかいどう受信技術５０年誌」編纂以降の１６年は、建造物障害予測技術の成熟期など、衛星放送およびハイビジョン放送の普及業務への業務シフトが図られた**変化の激しい一時代**でありました。

新たなメディアが開発され、普及させる過程では必ず受信技術部門が必要とされます。これは、受信技術職員一人一人が進んで新しいメディアに取り組み、技術を習得する努力が課せられているとも言えます。

これからのマルチメディア時代は、家庭のブラウン管（ＰＤＰ）をどう活用するか、いろいろなメディアの融合（競合）の時代です。ますます、受信技術部門のウェイトが高くなってきます。

２１世紀に向けて**先輩の築いたノウハウを大切に継承**しながら、次の時代を目指し新たな技術を先取りし、次の時代の構築に参画しょうではありませんか。

平成８年３月吉日

札幌放送局営業推進センター
受信技術 統括副部長　劔 持　甫

6．1996年7月号（No.110）「ほっかいどうの思い出」

Reception Engineering & Service

どさんこ

［北海道受信技術情報誌］

1996.7月号（No.110）
NHK札幌放送局発行

＜目次＞

【あいさつ】
平成8年7月　札幌にて　札幌放送局営業推進センター 副部長（受信技術統括）　御園生　勇 …… 1
【北から南から　～各局だより～】
(1) 札幌放送局（地上受信・企画チーム） …… 2
(2) 札幌放送局（衛星・ハイビジョンチーム） …… 3
(3) 函館放送局 …… 4
(4) 旭川放送局 …… 5
(5) 帯広放送局 …… 6
(6) 釧路放送局 …… 7
(7) 北見放送局 …… 8
(8) 室蘭放送局 …… 9
【一般記事】
(1)ハイビジョン普及促進資材を作成　札幌　小松勝敏 …… 10
(2)ハイビジョンアンケート実施結果　札幌　伊東英彦 …… 11
(3)森田アナ熱弁！札幌ミセスセミナー記　札幌　外塚英明 …… 14
(4)「ハイビジョンテレビ展示会」大好評！　札幌　伊東英彦 …… 16
(5)アトランタへ一直線！「ハイビジョンミセスセミナー」　函館　佐藤正紹 …… 18
(6)「アトランタオリンピック」PRへの取り組み　釧路　石川寿郎 …… 20
(7)ハイビジョン・ミニ講習会真っ盛り　北見　妹尾武 …… 23
(8)コンパクトながらデータが一杯「放送受信データ集」　札幌　外塚英明 …… 24
【コンサルタント日誌】
(1)ブースター発振障害2題　旭川　矢野義彦 …… 25
(2)玉の代わりにパルスの出血大サービス　室蘭　鎌田幸正 …… 26
【技術トピックス】
(1)Windows95講座（第3回・DOS編）　札幌　奥村泰之 …… 27
【どさんこ広場】 …… 30
【編集後記】 …… 38

◎ほっかいどうの思い出

営総・受信技術センター（受信計画）　劔持　副部長

道内のみなさまお元気ですか。たいへんお世話になりました。

振り返って見ると３年前の着任早々、忘れもしない「７月１２日」、北海道南西沖地震が発災し、奥尻島の大津波など災害対策に函館局を中心に奔走いたしました。初めての北海道でもあり土地勘もなく右往左往しながら、皆さまの絶大なご協力のお陰で、無事、対策を終えることができ感謝しています。

また、先輩の努力で永年継続されてきた情報誌「どさんこ１００号」および「放送開始７０周年記念　ほっかいどう受信技術活動　－ 昭和３年～平成７年の記録 －」も、１６年ぶりに新たに増補して、発刊したことも記憶に新しいところです。

ところで、一昨年の夏の猛暑（北海道でもクーラーが大幅に売れた年でした）。せっかく気分だけでも楽しいはずの下手なゴルフも、熱射病でいつ倒れてもおかしくない状況でした。ところが、今年の冬は一変して平年積雪量を大幅に上回り７ｍを越える超大雪には単身の身には切ないものがありました。

しかし、北海道の自然は「雄大で最高！」です。もちろん、自然だけでなく食べ物、特に魚介類は新鮮で「生寿司」や「蟹」も大変美味しかったことを懐かしく思い出されます。

また、いつの日か、ゆっくりと道内を探索したいと思っています。皆さまに会える日を期待して…。

編集後記

新しい体制になってはじめてのどさんこです。とくに、どさんこ広場では、受賞者あり、新人あり、卒業者あり、転出者あり、転入者ありと、いろいろな挨拶がいっぱいです。

いつもながら、今回も発刊が遅れてしまいましたが、これからもどさんこへの寄稿をよろしくお願いします。

どさんこ編集部
野口　祐司
外塚　英明
札幌放送局営業推進センター
（受信技術）内
IDX:9-700-361 or 362　FAX:9-700-364

☆どさんこについて、ご意見、ご要望をお寄せ下さい

1993 年（平成 5）アサヒグラフ緊急増刊「北海道南西沖地震」(B4 変形,p50)



CONTENTS



奥尻島青苗地区 7月14日

1993・7・25
ASAHIGRAPH
緊急増刊

北海道南西沖地震

表紙＝焼失した奥尻島青苗地区
朝日新聞社機から
撮影・吉田耕一郎（本社写真部）
ＡＤ・高田佳子

奥尻島7・12烈震 3
悲しみの時 14
失われた時間 18
消滅した風景 22
奥尻島ルポ 海の青さが目に痛い ●浅野哲司 出版写真部 12
北海道南西沖地震ドキュメント 24
分析 北海道南西沖地震のメカニズム
❶ 複合災害のおそろしさ ●泊 次郎 朝日新聞大阪本社科学部長 26
❷ 津波が起きやすい海底地形 30
地震予知連絡会 前兆がなく、不意打ちだった
コラム●津波予報とは 31
❸ 地震列島・日本 32
世界の地震の一割は日本で起きる
●宇津徳治 東大名誉教授
北海道南西海岸を行く 38
切り裂かれた美しい海岸線
現地ルポ どうしようもねえ、どうにもならねえ ●本誌 菅 光 44
●北海道南西沖地震被害状況 27
●地震マップ・有史以来の被害地震の分布 35
●年表 戦後のおもな大地震・津波 37

撮影＝山本和生・浅野哲司・
小林修・芳地博之（出版写真部）／
高津守・濱脇正・相場郁朗（本社写真部）
レイアウト＝高田佳子・日下充典

北海道南西沖地震の
災害救援金受付

朝日新聞厚生文化事業団は、北海道南西沖地震の災害救済のための救援金を受け付けている。

募金の窓口は朝日新聞各本社の厚生文化事業団。受付期間は８月12日まで。「北海道南西沖地震救援金」と明記し、直接持参するか、現金書留、郵便振替のいずれかで。

本誌掲載の写真・記事の無断転載を禁じます ©朝日新聞社1993

1993年（平成5）9月　北海道南西沖地震　受信対策

情報誌「どさんこ」（No.93 抜粋）

情報紙「どさんこ」（No.93、抜粋）

北海道南西沖地震
受信対策

平成5年9月21日

札幌放送局営業推進センター（受信技術）

避難所対策

o即 応（翌日設置）

oテレビの設置（発電機の確保、ガソリン等）

・被災者のチャンネル争い→ＢＳ受信

・のち、被災者からの要望→地上波受信

応急仮設住宅情報

o 原則として地元町村で建設

・奥尻町役場は混乱を極め、建設場所確認困難

→代行している北海道庁建設課より情報入手

o 建設場所が確定し、受信状況の確認

・青　苗　地区→飛行場航空管制のためアンテナ高さ制限（3.6m以下）から、ブースターの設置を働きかけ→設置された。
改善できない世帯は、専門業者による簡易共聴の設置を働きかけ→ＮＨＫアイテックにより共聴化された。

・辺地共聴地区→６施設とも被害を受けた（２施設は全戸流失、１施設は施設の約1/2流失）。
取りあえず応急復旧工事を実施、難視地区の仮設住宅へ信号供給を実施。

応急仮設住宅対策

o 入居後やく１週間から１０日で実施。

o 第１次対策（対象：１００戸）

・北海道テレビサービス向上連絡会に働きかけ、仮設住宅入居者の受信確認対策を実施→テレビ所有率（約９０％、譲り受けた、借用、新規購入の順）

・北海道アンテナメーカー会に働きかけ、仮設住宅用アンテナ機材の提供を実施（３００個）。

o 第２次対策（対象：２３０戸）

・テレビ所有率（約９５％、譲り受けた、援助品の抽選など）

一般記事

北海道南西沖地震災害に伴う受信対策について（中間概要）

７月１２日（月）２２時１７分ごろ発生した、北海道南西沖地震災害は函館局管内と札幌局管内の日本海沿線に甚大な被害を与えた事はテレビや新聞などでご存じのことと思いますが、ここでは受信技術がいままでに行った受信対策の中間概要をご紹介します。

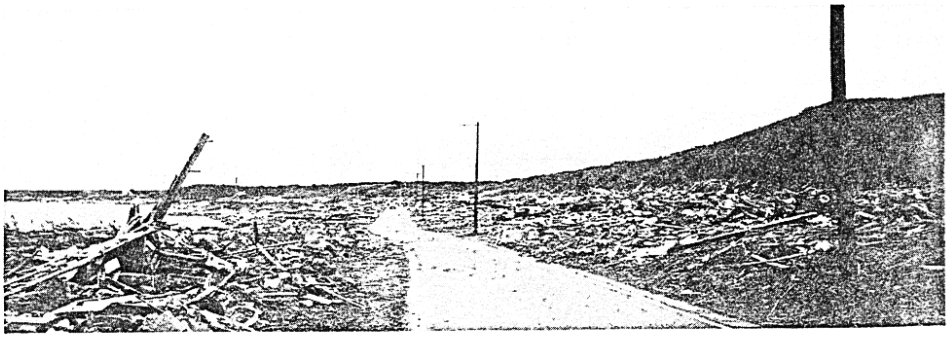
〔地震・津波の被害状況〕

地震と津波による被害は、最も被害の大きかった奥尻島と日本海沿線を中心に８月１９日現在、死者２００人、行方不明者３０人、負傷者２３６人におよんでいます。

また地震による被害額は北海道庁の集計によると、約１，０００億円を越えると見られています。



奥尻町青苗地区の津波被害



奥尻町初松前地区の津波被害

○主な被害状況　　平成５年８月１９日現在

地域名	人的被害			住宅被害	
	死者	不明者	負傷者	全壊	半壊
奥尻町	１７１	２８	６３	４１０	２９
瀬棚町	６		１６	２５	１１
北桧山町	４	１	３１	５３	３７
大成町	１０		４１	３４	３１
松前町	１		９		
函館管内			５１		
札幌管内	８	１	２５		
北海道計	２００	３０	２３６		

〔奥尻島の避難所へのテレビ設置〕

地震と津波による災害によって、住宅が津波で流されたり、全壊、半壊の被害を受けた多くの人が、地区会館や学校などに避難しました。函館局では災害直後から避難所へのテレビ設置を検討していました。奥尻島の避難所へのテレビ設置は８月１４日（水）朝の部長会で決定され、ただちにテレビ受像機２台とＢＳアンテナ、受信設備機材が準備されました。１３時３０分発の第２陣の輸送ヘリコで受信技術職員と営業推進職員の２名が、先にヘリコで出発している第１陣と奥尻空港で合流してテレビの設置を行いました。

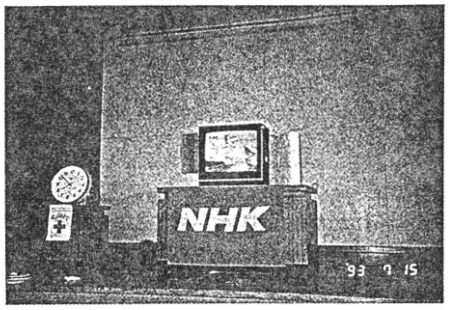
現地は車がほとんど無いため、ＮＨＫで確保した車をニュース取材の合間を利用してやっとの思いで機材を運搬し、ＢＳを１８時に避難所に映すことが出来ました。

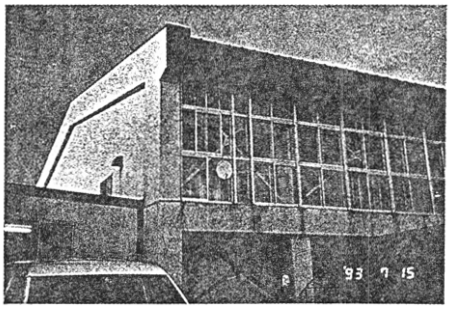
当初は「青苗中学校」と「米岡自治振興会館」の２ヶ所に設置しましたが、その後「宮津小学校」にも設置しました。

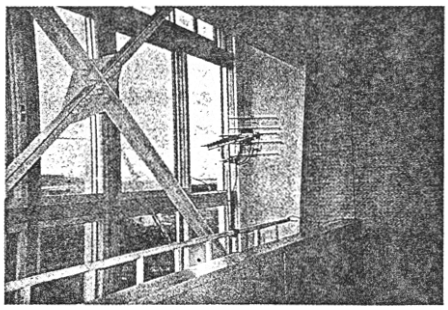
避難所へのテレビ設置は、災害情報がほとんど入らない状況の中で避難している人たちから大変喜ばれました。

○奥尻の主な避難所の状況　　《地震発生から数日の状況》

避難所名	人数	テレビ設置状況
青苗中学校	４４５	７月１４日ＮＨＫで設置（ＢＳ→地上波）
米岡自治振興会館	１５０	７月１５日ＮＨＫで設置（ＢＳ＋地上波）
宮津小学校	１８０	７月２０日ＮＨＫで設置（地上波）
東風泊保育所	３５	電気復旧後備え付けＴＶで受信
東風泊会館	５５	電気復旧後備え付けＴＶで受信
球浦自治振興会館	４０	電気復旧後備え付けＴＶで受信
海栗前自治振興会館	４０	辺地共聴復旧後、備え付けＴＶで受信
その他		数カ所設けられたが詳細不明







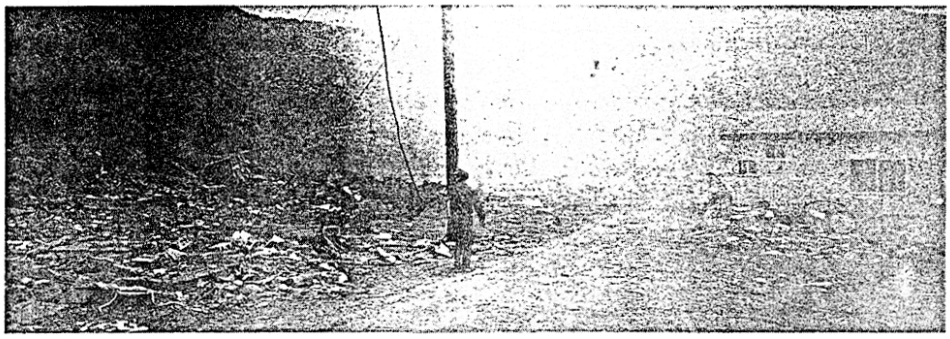


—3—

〔辺地共聴施設の被害状況と応急復旧対策〕

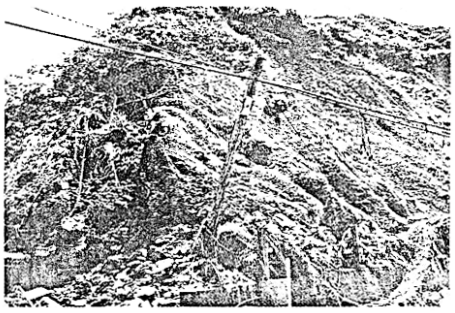
函館管内の辺地共聴は、全部で８８施設５、０５８世帯ありますが、今回の地震災害で２３施設１，１９４世帯が被害を受けました。

地震発生の翌日から、ＮＨＫアイテックや幹線保守業者の協力を得ながら被害状況調査と緊急修理や応急復旧対策にあたりました。地震から数日間は通信事情が悪く、ほとんど各施設とは連絡が取れないため、施設の被害状況がつかめない状況にありました。このため北海道側の日本海沿線の施設に、７月１３日と１４日の両日、朝早くから被害調査に出発しました。これとは別に幹線保守業者による被害状況の把握と緊急復旧を要請した結果、施設が流失した奥尻島の施設を除き、７月１５日から１８日までに復旧することが出来ました。今後は、施設の本格復旧に努めて行きます。



奥尻町海栗前地区（辺地共聴/稲穂）

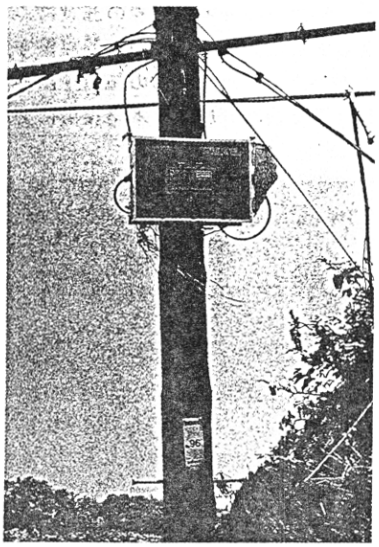
被害の大きかった奥尻島は、離島と言う条件もあって被害把握と復旧に時間がかかってしまいました。緊急修理は７月２０日から２１日で完了しましたが、施設が流失した「稲穂」共聴は、電力柱へ仮設共架する形でケーブル架設し７月２７日にとりあえず復旧する事が出来ました。しかし住宅と共に共聴施設が流失した「藻内」と「初松前」は当面復旧のめどが立たない状況にあります。





○辺地共聴施設の地震災害状況

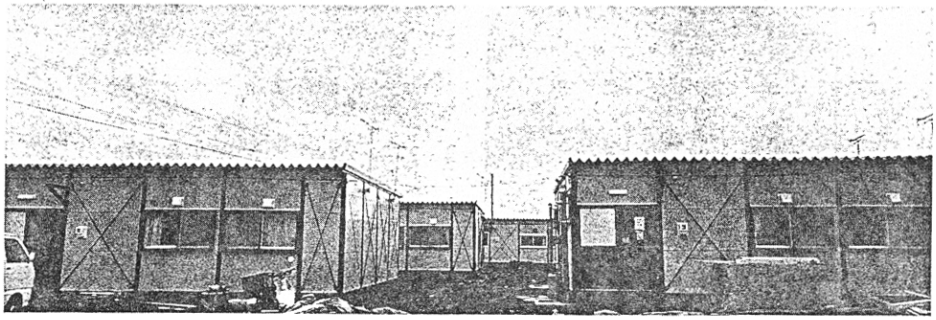
町村名	被害を受けた施設		緊急出向経費・災害復旧経費等
	施設数	加入者数	
奥尻町	5	１５８	ＮＨＫｱｲﾃｯｸで算出中 約25,000～26,000(千円)位と見込まれています ただし奥尻島の流失施設分は含まず
大成町	5	２１８	
瀬棚町	2	３５	
北桧山町	4	２５６	
江差町	1	１７	
熊石町	1	２５９	
乙部町	4	２０３	
松前町	1	４８	
	２３	１１９４	



〔被災者用仮設住宅入居者への受信対策〕

①仮設住宅への的確な受信設備の指導

地震津波によって被災した住民のために、各自治体は応急仮設住宅の建設を始めました。ところが被災地区は海岸線が多いために、仮設住宅の建設場所によっては通常の受信設備では良好に受信出来ないところが出てきたため、事前に関係機関と連絡を取りながら地域に合った受信設備の指導を行いました。



○各自治体の仮設住宅建設計画

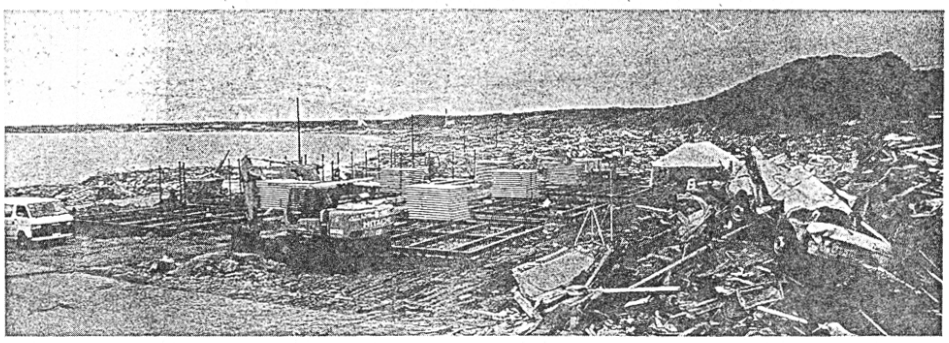
町村名	建設戸数	受信設備の所有	受信指導の実態
奥尻町	３３０	町が住宅の設備として設置	単独受信、簡易U共聴、辺地共聴
大成町	３３	町が住宅の設備として設置	単独受信、辺地共聴地区
北桧山町	３５	町が住宅の設備として設置	辺地共聴地区
瀬棚町	１４	町が住宅の設備として設置	単独受信
	４１２		

②仮設住宅入居者への受信対策

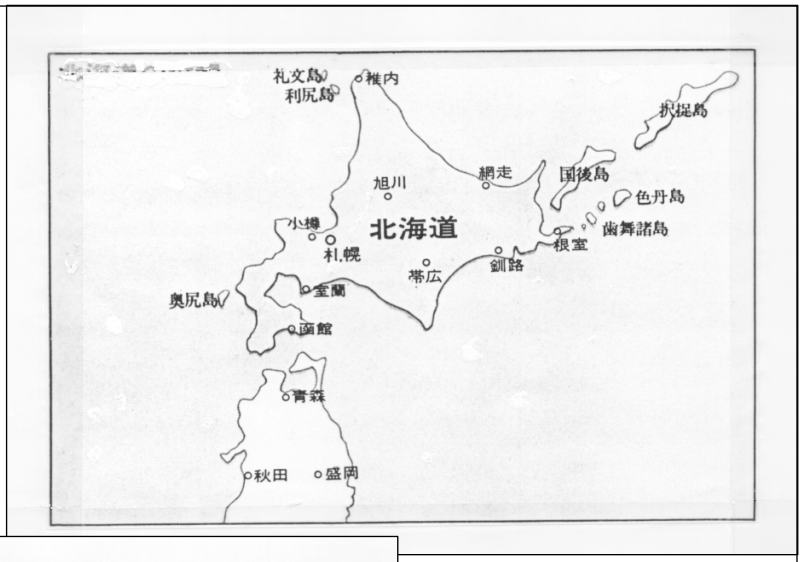
仮設住宅へ入居した時期を見計らって、家電メーカーサービスの協力を得て入居者受信対策を実施しました。

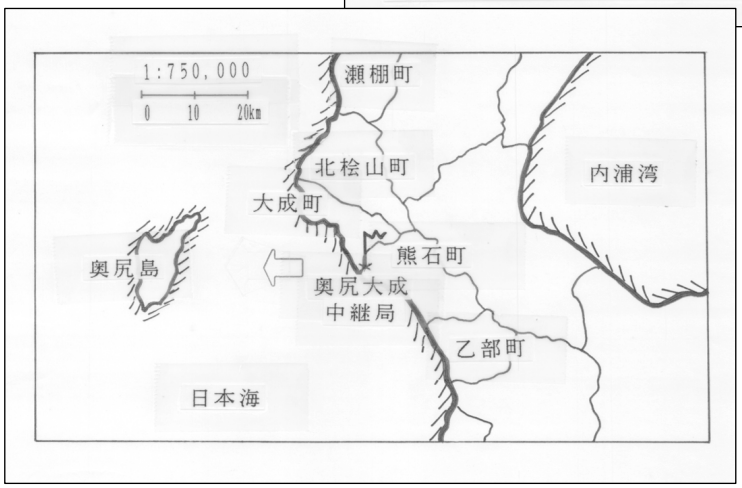
１回目の受信対策は、奥尻島の第１次仮設住宅が完成した１週間後にメーカー１０社と受信技術職員４名の体制で実施しました。対策は８月３日に実施しましたが、そのころは奥尻島へのフェリー便が復旧資材の運搬や災害復旧車両が優先しているため、受信サービスカー等の車両を島に渡す事に大変苦労しました。また、宿泊先も青苗地区などの民宿の多くが津波で流失したり、工事関係者が多数島内に滞在しているため、旅館の確保にも最後まで苦労しました。

受信対策の結果わかったのは、奥尻町の第１次仮設住宅入居者の９割がテレビ受像機を設置していたことです、テレビの入手方法は各家で新しく購入したケースと親戚などから譲ってもらったケースがほぼ半々でした。



奥尻島の位置および共同受信施設の設置場所







1993 年（平成 5）10月 災害対策を通して「放送局の営業活動」を考える

災害対策を通して「放送局の営業活動」を考える
～営業初の「非常災害対策講習会」に強い関心～

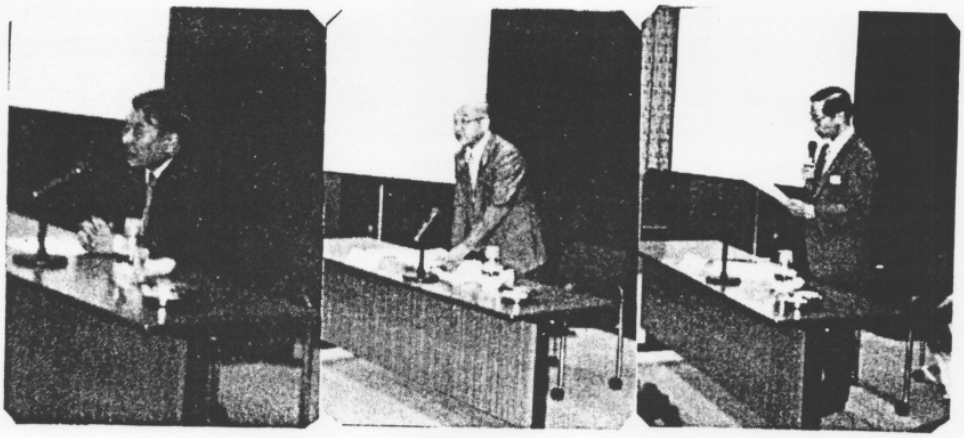
地震や集中豪雨、火山の爆発など、ここ数年災害が多発しているが、「もし、あなたの受持地域で大地震が起こったら、放送局に勤める営業職員として何をしますか。また、何をすべきだと考えますか。」
「営業の災害対策は、災害免除をすることだけでいいのだろうか。」

去る９月２１日、放送センターにおいて、全国の営業職場から４２名が参加して、営業の非常災害対策を考える講習会を営業総局として初めて開催しました。

講習会の内容は次のとおりです。
①北海道南西沖地震について、函館放送局営業推進部の青山部長、札幌放送局営業推進センターの宮川部長、剱持ＣＥの３名から具体活動の事例報告
②出席者全員による事例研究・討議
③藤吉洋一郎解説委員による講演「地震災害の教訓」

冒頭、企画管理室吉松室長より、
『今年は多くの災害があった。災害発生時には放送・技術だけでなく、営業も総務も一緒になって、どうやって被災者（被災地域）をはじめ、視聴者の期待に応えるかがＮＨＫに対する信頼感を左右する。新しいことをやるのではなく、日常活動で蓄積している地域情報をいざというときに放送に使うということをいつも頭に置いて行動することである。
同じ「営業」であっても、他企業の「営業」とは一味違ったところが放送局の営業にはあって然るべきであろう。それは一体何なのかということを考えてほしい』
とあいさつがあり、７月に発生した北海道南西沖地震での具体的活動の報告にはいりました。

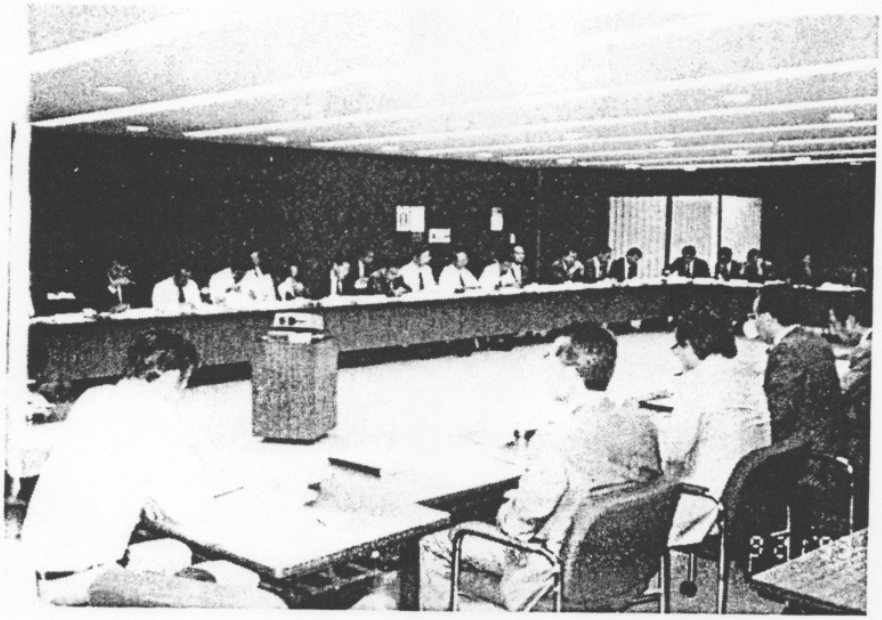
H 5.10. 6



札幌・営業推進ｾﾝﾀｰ
宮　川　部　長

函館・営業推進部
青　山　部　長

札幌・営業推進ｾﾝﾀｰ
剱　持　Ｃ　Ｅ



1994 年（平成 6）画像圧縮したビート障害の再現性検討（B5,p257-258）

電気関係学会北海道支部連合大会

221 画像圧縮したビート障害の再現性検討

伊東 英彦　品田 幸弘　柴田 泰見　舘持 甫
（ＮＨＫ札幌放送局）

１．まえがき

スポラディックＥ層による混信（以下、Es混信）の実障害画像を公衆回線で伝送する新たなシステムを開発した。(1)

本画像伝送システムは、遠隔地におけるEs混信発生状況を的確に把握するため、障害画像を直接確認できる。

しかし、伝送画像がJPEG圧縮されたディジタル静止画像のため、圧縮・伝送した障害画像の再現性が重要となるが、従来、画像圧縮の再現性については、混信など妨害のない状態でのみ論じられている。

このため、実障害画像とJEPG圧伸画像とのビート評価に関する再現性について、主観評価実験を行い検討した。

２．画像伝送システム概要

本システムは、監視者からの要求によって画像伝送および測定データ伝送が選択でき、画像伝送要求では、障害画像をＡ／Ｄ変換し、JPEG圧縮して伝送する。

表１に画像圧縮の仕様を示す。JPEG規格の圧縮率は約20分の１であるため１画面あたり１分弱で伝送でき、監視者の画像伝送要求から2～3分程度で障害画面を確認できる。

３．主観評価実験

本システムでは、遠隔地のEs混信障害画像を、静止画で、かつJPEG圧伸した画像で確認するため、実障害画像（動画）のビート評価と主観評価上異なる可能性がある。このため、図１に示す系統においてビート評価に関する再現性を確認する主観評価実験を行った。

表２に主観評価実験の条件を示す。

評価対象は実障害画像とJPEG圧伸画像とした。

妨害周波数は、帯域の前・中心・後（fv-0.05,fv

表１　画像圧縮の仕様

信号処理方式	YUV 4:1:1
輝度(Y)	1ピクセル7ビット
色差(U)	4ピクセル7ビット
色差(V)	4ピクセル7ビット
表示可能色	約200万色
ファイルサイズ	768KB(圧縮なし)
	約35KB(JPEG圧縮)
JPEG規格の圧伸時間	
PC-9801nx/c (CPU i486 20MHz)	
圧縮：約	35秒
伸長：約	14秒

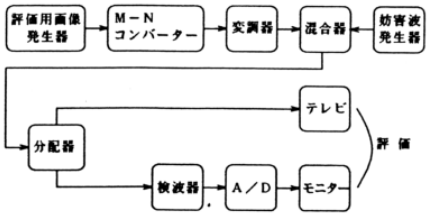


図１ 主観評価実験系統図

表２　主観評価実験の条件

画面サイズ	テレビ　17型
	モニター　14型(536×400ﾋﾟｸｾﾙ)
画面輝度	テレビ　355 cd/m²
	モニター　185 cd/m²
ｺﾝﾄﾗｽﾄ比	５０：１
視距離	４Ｈ
評価対象画像	テレビ画像　(動画)
	ディジタル画像　(JPEG)
評価画像	HDTV用　美人ﾊﾟﾀｰﾝ
変調周波数	217.25 MHz (12ch)
妨害周波数	(a) 217.20 MHz (fv-0.05 MHz)
	218 MHz (fv+0.75 MHz)
	219 MHz (fv+1.75 MHz)
	220 MHz (fv+3.75 MHz)
	(b) 217.25 MHz (fv)
	220.83 MHz (fsc)
ＤＵ比	10～55 dB (5dB STEP)
評定者数	技術者１２人
評価方法	１～５の実数値で評価

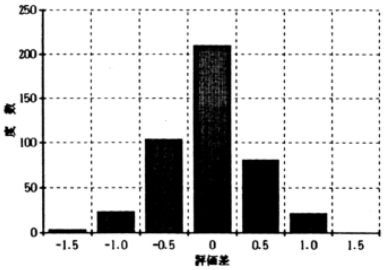


図２ 評価差度数分布図

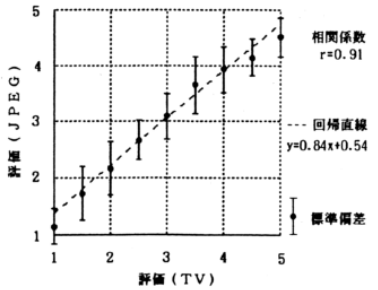


図３ テレビ-JPEG評価比較結果

+1.75, fv+3.75 MHz） と妨害の目立つ任意の周波数（fv+0.75 MHz）の実際にEs混信波と成りうる周波数を想定した４種類と、特殊な妨害周波数として、映像搬送波(fv)と色副搬送波(fsc）の計６種類とした。

妨害波は、いずれも無変調とした。

ＤＵ比は、各画像において10～55dBの範囲内を５dBステップでランダムに提示した。

評定者は、技術者１２人である。

４．実験結果

(1) 妨害周波数が条件(a)のグループ

図２に４種類の妨害周波数で評価実験を行ったときのテレビ画像（実障害画像）とJPEG圧伸画像の評価差度数分布を示す。

図２では、テレビ画像に対するJPEG圧伸画像の評価差の平均は-0.04 で、標準偏差は0.48と、ほぼ評価は一致した。

図３にテレビ画像とJPEG圧伸画像の評価比較結果を示す。

両画像の相関は、相関係数0.91と非常に高く、テレビ画像の評価を x、JPEG圧伸画像の評価を yとすると、回帰直線の近似式は、y=0.84x+0.54とほぼ評価は一致した。さらに、評価差が目立つ評価４以上を除く評価の相関は、相関係数0.95、回帰直線の近似式は、y=0.93x+0.3 と、許容限以下では良く一致した。

評価４以上での評価差と各評価の標準偏差の広がりは、主に妨害周波数がfv+1.75MHzとfv+3.75 MHzとで発生した。

妨害周波数fv+1.75MHzでは、ビート周波数が高いため、テレビ画像よりJEPG圧伸画像でビート成分が検知されずらく、また妨害周波数fv+3.75MHzでは、カラービート障害となるため、テレビ画像よりJEPG圧伸画像でカラービート成分が顕著に現れたためであった。

(2) 妨害周波数が条件(b)のグループ

妨害周波数がfvと一致した場合、画面症状はフリッカー状の障害となる。この障害画像の静止画像は、障害の識別が困難であり、テレビ画像に比べ静止画の評価が良くなる傾向が得られた。

妨害周波数がfsc と一致した場合、画面上にはカラービート、色抜けなどの症状が現れる。この障害症状の静止画像は、妨害周波数fv+3.75MHzよりカラービート成分が顕著に識別され、テレビ画像に比べ静止画の評価が悪くなる傾向が得られた。

５．むすび

本報告では、実障害画像と静止画像である圧伸障害画像のビート評価に関する主観評価実験を行い、再現性を検討した。

その結果、実障害画像とJPEG圧伸画像の相関性は非常に高く、特に、苦情が出始める許容限以下の評価で良く一致し、本画像伝送システムの実用性が確認できた。また、ビート周波数が高い場合とカラービートと成る場合で、若干の評価差が生じることも分かった。

今回の実験結果で実用性が確認された本画像伝送システムは、今年７月から運用を開始し、的確かつ迅速な視聴者対応に役立っている。

今後、公衆回線を有効に利用した、擬似動画再生システムの検討など、汎用性の幅を広げて行きたい。

最後に、今回の評価実験にご協力いただいた皆様に感謝いたします。

【参考文献】

(1) 角、石山: "ｽﾎﾟﾗﾃﾞｨｯｸE層による混信発生状況の自動通報システﾑ", 平成2年度電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集, p18

電気通信・テレビジョン

２２１．画像圧縮したビート障害の再現性検討
○伊東英彦、品田幸弘、柴田泰見、劒持　甫（ＮＨＫ札幌）
２２２．ＶＨＦ放送波を用いた高精度ＵＨＦチャンネルプリセッターの開発
○竹内　靖（ＮＨＫ北見）、古山雅敏（ＮＨＫ札幌）
２２３．静止光ファイバーテザー衛星（Ｆ－ＧＴＳ）方式概念設計と通信容量の検討
○初田　健、本住芳邦、佐々木一正（道工大）
２２４．静止光ファイバーテザー衛星（Ｆ－ＧＴＳ）方式の配置方法についての検討
初田　健、斎藤路生、本庄正明、○蓑島正樹、堀内浩城（道工大）
２２５．静止光ファイバーテザー衛星方式による静止衛星軌道の衛星数および通信容量の推定
○本庄芳邦、初田　健（道工大）
２２６．静止光ファイバ・テザー衛星システムにおけるテザー線の熱膨張起因張力発生
○小泉博之、佐々木一正、船木康志、水上智裕、初田　健（道工大）
２２７．ＭＲＩ画像を対象としたデータ圧縮に関する検討
○寺崎仁司、畑中雅彦（室工大）
２２８．北海道統合通信網におけるＶＳＡＴ衛星通信による圧縮画像伝送実験
○三橋龍一、中村嘉郁、松本英樹、山内史郎（道工大）、青木由直（北大工）、
初田　健（道工大）
２２９．民間衛星（ＪＣＳＡＴ）を用いた降雪減衰特性の測定
初田　健、戸田慎也、大西　充、市川昇平、釣本佳宏、○徳永晃一（道工大）
２３０．降雪地帯における衛星回路設定上の検討（三重ガラス受信法）
初田　健、井上信朗、山口継範、○中谷賢司、蓑島　順（道工大）
２３１．融雪部多段切り替え機能を有する融雪アンテナシステム
初田　健、井上信朗、山口継範、○蓑島　順、中谷賢司（道工大）
２３２．光による医用機器間データ伝送システムの開発〔Ⅲ〕－実用的ディジタル伝送の可能性－
○宮永貴裕、清水孝一、山本克之（北大工）、上　邦彰（オリンパス）
２３３．高速ディジタル信号移動受信時のＢＥＲの検討
○橋爪正浩、小川吉彦、三木信弘、白川智昭（北大工）
２３４．痴呆性徘徊対処システムの開発：Ⅰ　－徘徊者位置探査システムの計画－
○河村邦明、清水孝一、山本克之（北大工）
２３５．知的画像伝送システムによる人物像の生成
○棚橋　真、青木由直（北大工）
２３６．変形による手話画像の高速生成法
○棚橋　真、青木由直（北大工）
２３７．通信衛星を用いた知的画像通信の共同研究（Ⅰ）
○青木由直、棚橋　真、川嶋稔夫（北大工）、杉岡一郎、畑中雅彦（室工大）、
三橋龍一、初田　健（道工大）
２３８．北海道統合通信網における医療・教育情報伝送のＪＣＳＡＴ実験
初田　健、田鹿義幸、成田正嗣、廣田大輔、○中鉢宜幸（道工大）
２３９．北海道統合通信網構築に必要な電波伝搬特性の測定系の構成
初田　健、大西　充、戸田慎也、市川昇平、○釣本佳宏、徳永晃一（道工大）

生　　体　　工　　学

２４０．両眼視野の闘争・融合過程の切替えに伴う自発脳波パワーの時空間的変化
○加藤和夫、小林哲生、栗城眞也（北大電子研）
２４１．主成分分析による脳磁界α波の時空間特性の検討
○寿永七月男、小林哲生、栗城眞也（北大電子研）

委嘱状

剱持甫 様

足立区地域情報化推進協議会
委員を委嘱します

平成九年六月十一日

東京都足立区長　吉田万三



足立区地域情報化推進協議会委員名簿

	氏　名	役　職　名
会　長	羽　鳥　光　俊	東京大学教授　電子情報工学
副会長	伊　東　　晋	東京理科大学助教授　電気工学
委　員	鈴　木　　進	足立区議会議員
委　員	吉　川　　一	足立区議会議員
委　員	新　井　ひでお	足立区議会議員
委　員	浅　古　充　久	足立区議会議員
委　員	上　田　二　郎	足立区議会議員
委　員	針　谷　みきお	足立区議会議員
委　員	水　巻　眞　一	足立区町会連合会　会計
委　員	柿　沼　貫太郎	足立区商店街振興組合連合会　副理事長
委　員	織　田　良　春	足立区工業会連合会　副会長
委　員	赤　羽　慶　治	東京商工会議所足立支部　副会長
委　員	乾　　雅　栄	足立区女性団体連合会　書記
委　員	香　山　真由美	平成７年度区政モニター
委　員	粕　川　　勝	東京電力株式会社足立支社　次長
委　員	渡　辺　浩　伸	日本電信電話株式会社足立支店　副支店長
委　員	渡　辺　幸　雄	東京ガス株式会社足立支社　広報課長
委　員	劔　持　　甫	日本放送協会営業総局受信技術センター　副部長
委　員	石　塚　昭　二	財団法人足立区まちづくり公社　常務理事
委　員	上　保　紘　一	株式会社ケーブルテレビ足立　代表取締役

オブザーバー

角　田　　公	足立区企画部広報課長
紙　谷　　衛	足立区企画部情報システム課長
定　野　　司	足立区総務部災害対策課長

事務局

佐　藤　昭　司	足立区企画部長
亀　村　精　一	足立区企画部副参事（移管準備・特命）
浦　田　久　晴	足立区企画部企画調整主査
小　平　文　子	足立区企画部企画調整
坂　上　充　彦	㈱野村総合研究所情報通信研究部　主任研究員
北　　俊　一	㈱野村総合研究所情報通信研究部　副主任研究員
梶　野　真　弘	㈱野村総合研究所情報通信研究部　研究員
高　橋　　主	㈱野村総合研究所情報通信研究部　研究員

1997 年（平成 9）豊島区地域情報化推進委員（委嘱状）、豊島区長

委　嘱　状

（氏　名）

劔　持　　甫　殿

（委嘱内容）

豊島区地域情報化推進協議会委員を委嘱します

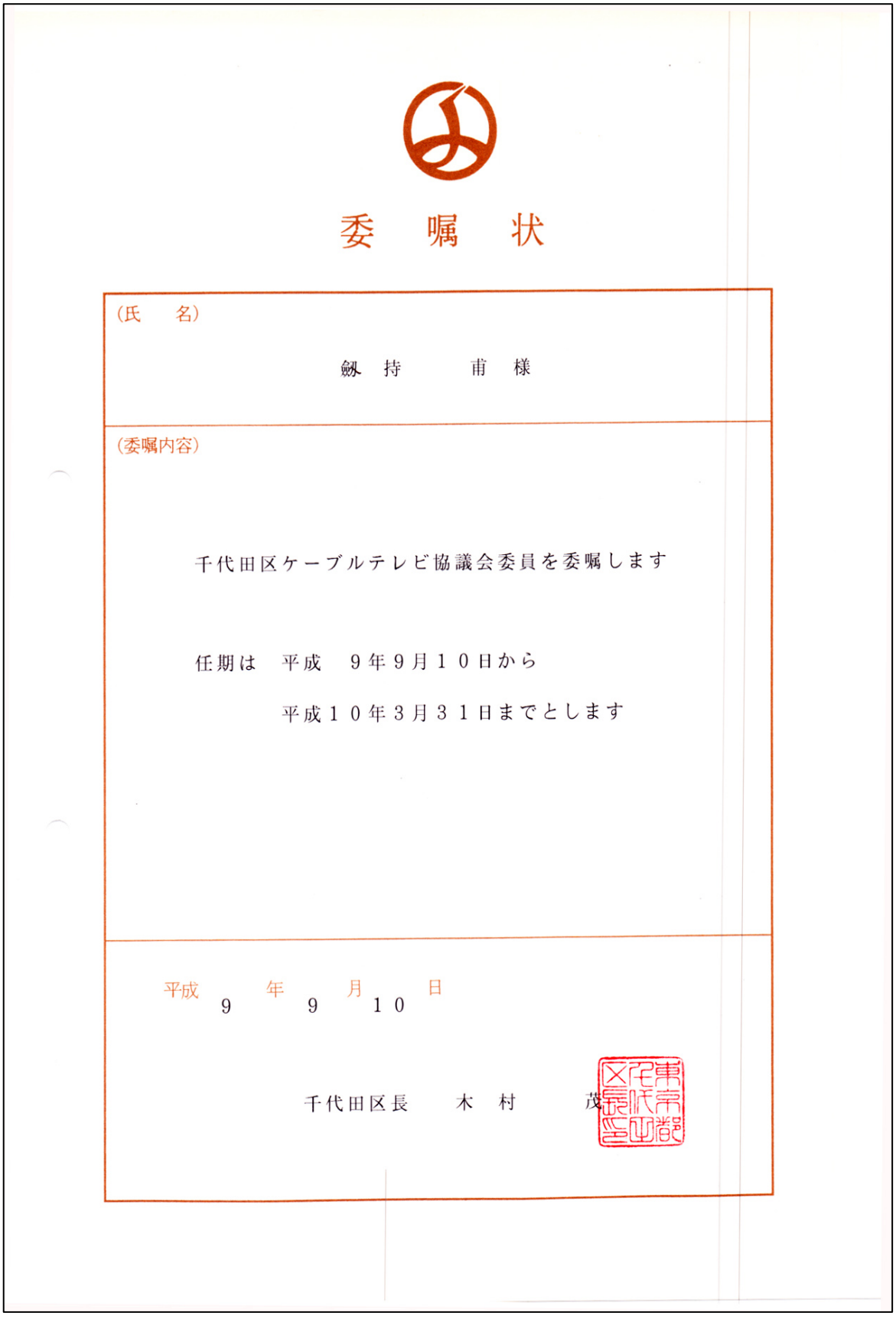
委嘱期間

平成９年７月２５日から協議事項の協議が終了したときまで

平成９年７月２５日

東京都豊島区長　　加　藤　一　敏

1997 年（平成 9）千代田区ケーブルテレビ協議会委員(委嘱状)、千代田区長



委　嘱　状

（氏　名）

劔　持　　甫　様

（委嘱内容）

千代田区ケーブルテレビ協議会委員を委嘱します

任期は　平成　９年９月１０日から

平成１０年３月３１日までとします

平成　9　年　9　月　10　日

千代田区長　　木　村　　茂

1999年（平成11）スポラディクE層による異常伝搬とイオノグラムの日変化パターンとの相関　(B5,p197-198)

映像情報メディア学会年次大会

1999年映像情報メディア学会年次大会（ITE '99：1999 ITE Annual Convention）

14—5

スポラディックE層による異常伝搬とイオノグラムの日変化パターンとの相関

Study on relationship between abnormal propagation caused by Sporadic-E ionosphere and daily transition patterns of ionograms.

尾崎 雄一　斎藤 文彦　榊 英世　佐藤 裕次郎　劍持 甫
Yuuichi Ozaki　Fumihiko Saito　Hideyo Sakaki　Yuujiro Sato　Hajime Kenmochi

NHK 営業総局受信技術センター（東京受信技術）
NHK General Administration of Audience Services Reception Engineering & Service Center

Abstract
The Communication Research Laboratory(CRL) is providing sounding data(Ionograms) of various ionospheric phenomena via the internet, including sporadic-E. We find the tendency between abnormal propagation caused by Sporadic-E ionosphere and daily transition patterns of ionograms.

1.はじめに

春から秋にかけて、上空 100km 付近に突発的に発生するスポラディック E 層(E_S 層)により、VHF テレビ帯への外国電波の異常伝搬による混信障害（E スポ混信障害）が発生する。これまで VHF テレビ帯への E スポ混信障害の発生は、視聴者からの情報や外国電波到来波の観測により把握しており、事前に状況の把握を行うことができなかった。そこで、郵政省通信総合研究所(CRL)がインターネット上に公開[*1]している電離層観測データ（イオノグラム）および、千葉県における外国電波の到来状況と E スポ混信障害の相関を解析し、E スポ混信障害の発生予測の可能性について検討したので報告する。

2.イオノグラム

CRL では、国内 4 地点[*2]に電離層観測装置を設置し観測している。電離層の一次観測データをイオノグラム(fig.1 参照)と呼び、このデータを元に画像処理を施して、臨界周波数(f_0E_S[*3])及び見かけの電離層高度の時間的変化を示したサマリイオノグラムも公開されている。

3.E_S層の発生原理

中緯度地域における有力な説としてウインドシェア理論がある。上空の熱圏や中間圏には流星が突入した際に生ずるプラズマ（金属イオン）が発生していると考えられており、経度方向の風向が高度によって異なる場合に、再結合反応が遅い金属イオンが地磁気によるローレンツ力を受け集積され、電子密度の高い層を形成するというものである。しかし、流星と E_S 層発生の関連は明らかにされておらず、予測は困難とされている。

4.E スポ混信障害の発生とイオノグラム変化

E スポ混信障害は、我々の経験上、中国大陸の FM 放送波が到来するために生ずることが最も多い。比較的被害の多い千葉県など関東の太平洋岸で 100[MHz]の FM 放送波による E スポ混信障害が発生した場合、伝搬距離 2000[km]、E_S 層の高度を 110[km]として正割法則を適用すると f_0E_S が 17[MHz]のときに反射による混信障害が発生する。(E_S 層による散乱の影響により、f_0E_S が 17[MHz]未満の場合でも伝搬することがある)

このとき、朝鮮半島上空に E_S 層が発生していると想

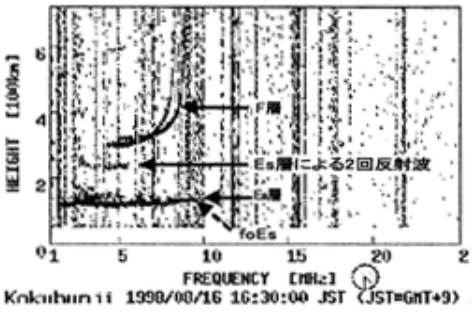


fig1. An example of Ionogram

定されるが、残念ながら韓国のリアルタイムな電離層観測データは公開されていない。

5.相関関係の分析

国内 4 地点でのイオノグラムの日変化および、外国電波の強度と、千葉県での E スポ混信障害の発生について検討を行ったところ、いくつかの特徴があることが分かった。

①table1 のように f_0E_S が約 15[MHz]を越えた日は、千葉県に到来する外国電波の強度が 24[dBμV]を越える傾向がある。E_S 層が北緯 35～40° の地域で同時発生する傾向があること[*4]、および国分寺で強力な E_S 層が観測された場合、E スポ混信障害が発生する傾向が強いことから、朝鮮半島上空でも発生している可能性が伺える。また、千葉県からの観測地点の方向および f_0E_S から稚内で発生した場合はロシア連邦のニコラエフスク周辺、山川で発生した場合は上海周辺、沖縄で発生した場合はフィリピン周辺から外国電波が到来するものと算出される。

②千葉県において、深夜に E_S 層が発達した場合、日中に到来する外国電波の強度が 24[dBμV]を超える傾向がある。特に、国分寺または 2 ヶ所以上の観測地点で、午前 0 時～7 時の間に f_0E_S が約 7[MHz]に達した場合、平成 9 年度、10 年度ともに 88%(table2 Ⅳ)の割合で外国電波の強度が 24[dBμV]を越えている。

*1 http://wdc-c2.crl.go.jp　*2 稚内・国分寺・山川・沖縄　*3 E_S 層が反射する周波数の最大値（垂直入射時）

table1 foEsが15[MHz]を越えた日で、千葉県に到来する外国電波の強度が24[dBμV]を越えた日の割合

	稚内			国分寺			山川			沖縄		
	foEs>15[MHz]	E>24[dBμV]		foEs>15[MHz]	E>24[dBμV]		foEs>15[MHz]	E>24[dBμV]		foEs>15[MHz]	E>24[dBμV]	
平成9年度	9日	7日	78%	33日	28日	85%	35日	31日	89%	32日	27日	84%
平成10年度	20日	14日	70%	52日	46日	88%	48日	41日	85%	31日	25日	81%

外国電波の強度は、NHK千葉放送局で2chに到来する電波を受信したもの

table2 Eスポ発生期間（5～8月の123日中）

	I	II	III	IV	V
	0～7時に国分寺または2ヶ所以上の観測点でfoEs>7[MHz]	外国電波の強度 E>24[dBμV]（Eスポ混信障害発	I かつ II	III／I	III／II
平成9年度	59日	81日	52日	88%	64%
平成10年度	83日	86日	73日	88%	85%

外国電波の強度は、NHK千葉放送局で2chに到来する電波を受信したもの

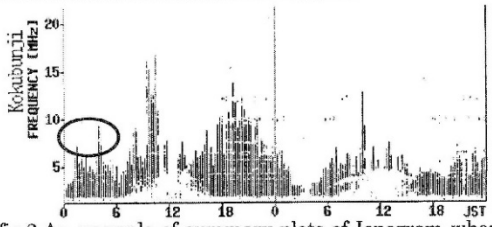


fig.2 An example of summary plots of Ionogram when abnormal propagation caused by Sporadic-E ionosphere.

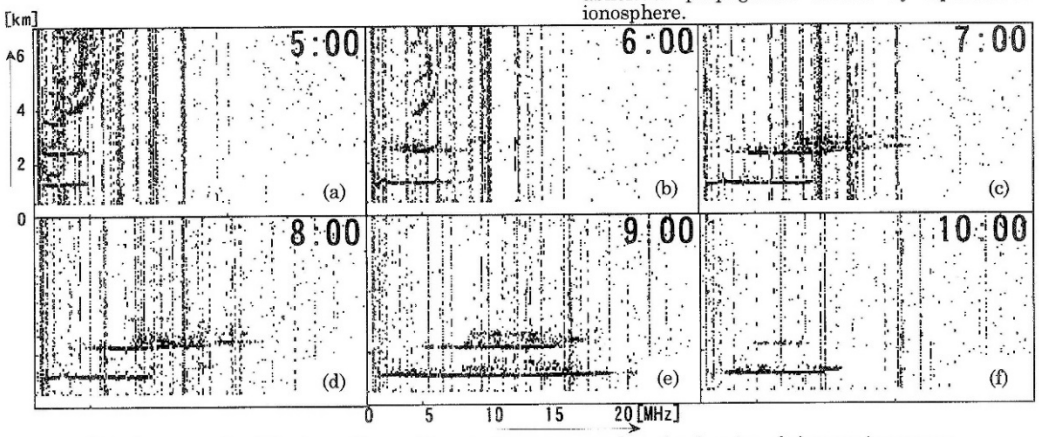


fig.3 An example of the transition patterns of Ionograms when the density of electron increases.

この傾向からEスポ混信障害発生の予測の可能性が伺えるが、到来する外国電波の強度が24[dBμV]を越えた日すべてに対する前述条件の占める割合は、それぞれ64%、85%(table2 V)であった。

以上に述べた傾向は、E_S層の原因とされる金属イオンが夜間から明け方にかけて上空に分布しているためと想定される。（上空 100[km]付近の気象観測が期待される。）

この時のサマリイオノグラムの例をfig.2に示す。

③fig.3のように、日の出付近からE_S層が発達した場合、強力なE_S層に発達し、Eスポ混信障害が発生する傾向が強い。この時のイオノグラムの特徴を以下に示す。

(a)徐々にE_S層の電子密度が高くなり、E_S層の数次反射波が観測され始める。

(b)f_0E_Sが次第に上昇を始める。

(c)E_S層がさらに発達を始める。（電子密度の上昇）

(d)～(e)しばらく電子密度の高い状態が継続する。（観測地点が反射点となるEスポ混信障害が発生）

(f)やがて、f_0E_Sが下降を始める。

日によっては、このような変化を正午過ぎに再び繰り返すことがある。これは、Eスポ混信障害のピークが正午前と夕方にあることと一致する。

6. まとめ

これまでE_S層の発生メカニズムが不明確であることなどから、Eスポ混信障害発生の予測は困難とされてきたが、前述②及び③のようなEスポ混信障害発生の兆候を捉えることで予測の糸口が得られたものと考える。

しかし、今回は千葉県のデータ（外国電波到来状況）のみを用いたこと、2年分のデータのみで検討を行ったことなどから、今後も引き続き測定を継続し、検討を行うこととしたい。

謝辞

本分析を行うにあたり、イオノグラム関連資料の提供など多大なご協力をいただいた郵政省通信総合研究所電磁圏研究室長五十嵐喜良氏、主任研究員皆越尚紀氏に誌面を借りて、厚くお礼申し上げます。

参考文献

(1)伊藤："スポラディック E 層伝搬と外国電波の混信" テレビジョン学会誌 Vol.36 No.5 (1982)

(2)北村、小泉："電離層スポラディック E 層による VHF 帯通信の混信" 電波研究所季報 (1978 夏)

NHK 営業総局受信技術センター（東京受信技術）
〒150-8001 東京都渋谷区神南 2-2-1
TEL: 03-5455-5251 FAX: 03-5455-5253
E-mail: ozaki@res.nhk.or.jp

2000 年（平成 12）デジタルテレビジョンの購入

１． 2000 年 12 月 TH-28D10（BS デジタルハイビジョンテレビ,タウ,ナショナル）

Panasonic

個人向けトップ ＞ デジタル・AVC ＞ テレビ/シアター ＞ デジタルハイビジョンテレビ ＞ 28型 ＢＳデジタルハイビジョンテレビ TH-28D10

テレビ ビエラ　　TOP　商品一覧　比較表　コンテンツ　サポート情報

28型 ＢＳデジタルハイビジョンテレビ TH-28D10



- ＢＳデジタル放送サービスにフル対応
- ｉ．ＬＩＮＫ端子の装備でＤ－ＶＨＳを簡単コントロール
- 現行放送もキメ細かな映像で再現する「ギガクオリティープログレッシブ画質」

デジタル タウ

●サイズ(アスペクト比)：28 型(16:9)
●質量：45.0kg　●画面有効寸法：575W×324H×対角 660mm
●外形寸法：705W×537H×488Dmm ●消費電力：224W(待機時：0.2W)
●ブラウン管：T(対)フラットハイビジョン管(マルチ ARAS コート)
●音声出力：14W(7W＋7W)EIAJ
●スピーカー：8 ㎝丸型２個（3.5φ丸型２個／12×8 楕円型２個）
●受信チャンネル：VHF1～12ｃｈ UHF13～62ch、CATVc13～c38ch、
BS デジタル放送 000～999
●接続端子：BS-IF 入力端子、D3 端子入力 2 系統 2 端子、ビデオ入力：3 系統 3 端子、S2 映像入力：3 系統 3 端子、光デジタル音声出力端子、i.LINK 端子(IEEE1394)2 端子、Ir システム端子、モジュラー端子(電話回線) 2400bps、等

2．2010 年 10 月　42Z1（デジタルハイビジョン液晶テレビ、東芝、REGZA）

TOSHIBA
Leading Innovation

REGZA

地上・BS・110度CS
デジタルハイビジョン液晶テレビ
取扱説明書
37Z1／42Z1

準備編



:: ご使用の前に 5
:: テレビを見る準備をする 20
:: 録画機器の準備をする 46
:: 外部機器を接続する 58
:: インターネットに接続する 68
:: 各種機能を設定する 72
:: 資料 84

：：必ず最初にこの「準備編」をお読みください。
：：本書では安全上のご注意、設置、接続、設定などについて説明しています。
：：映像や音声が出なくなった、操作ができなくなったなどの場合は、別冊「操作編」の「困ったときは」をご覧ください。

このたびは東芝テレビをお買い上げいただきまして、まことにありがとうございます。
お求めのテレビを安全に正しく使っていただくため、お使いになる前にこの取扱説明書「準備編」と別冊の「操作編」をよくお読みください。
お読みになったあとは、いつも手元に置いてご使用ください。

その他

仕様

種類		地上・BS・110度CSデジタルハイビジョン液晶テレビ			
形名		37Z1	42Z1	47Z1	55Z1
受信機型サイズ		37V	42V	47V	55V
電源		AC 100V 50/60Hz共用			
消費電力		169W 電源「待機」時 0.12W、 電源「切」時 0.09W、 (機能動作時 33W)※1	175W 電源「待機」時 0.12W、 電源「切」時 0.09W、 (機能動作時 33W)※1	197W 電源「待機」時 0.12W、 電源「切」時 0.10W、 (機能動作時 37W)※1	228W 電源「待機」時 0.12W、 電源「切」時 0.10W、 (機能動作時 37W)※1
年間消費電力量［標準］時		156kWh/年	161kWh/年	185kWh/年	202kWh/年
区分名		DG1 (FHD、液晶倍速、付加機能1)	DG1 (FHD、液晶倍速、付加機能1)	DG1 (FHD、液晶倍速、付加機能1)	DG1 (FHD、液晶倍速、付加機能1)
スタンドを含む外形寸法 ( )は本体のみ	幅	90.9(90.9)cm	102.0(102.0)cm	113.1(113.1)cm	131.9(131.9)cm
	高さ	63.8(57.8)cm	70.4(64.0)cm	76.7(70.3)cm	88.4(81.5)cm
	奥行	27.9(4.8)cm	33.8(4.8)cm	33.8(4.8)cm	37.0(4.8)cm
スタンドを含む質量 ( )は本体のみ		16.0(14.6)kg	21.0(19.1)kg	24.5(22.6)kg	33.5(31.0)kg
液晶画面	画面寸法	幅81.9cm、 高さ46.1cm、 対角94.0cm	幅93.0cm、 高さ52.3cm、 対角106.7cm	幅104.0cm、 高さ58.5cm、 対角119.3cm	幅121.0cm、 高さ68.0cm、 対角138.8cm
	駆動方式	TFTアクティブマトリクス			
	画素数	水平1920×垂直1080			
受信チャンネル		地上アナログ：VHF(1～12)、UHF(13～62)、CATV(C13～C63) 地上デジタル：VHF(1～12)、UHF(13～62)、CATV(C13～C63) BSデジタル：BS000～BS999、110度CSデジタル：CS000～CS999			
スピーカー		3.5cm×16cm 2個		3.5cm×16cm 2個、2cm丸 2個	
音声出力		実用最大出力 10W+10W（総合音声出力 20W）(JEITA)			
入力・出力端子	HDMI入力1～4	HDMI（DeepColor、Lip Sync、ARC※2） HDMI3アナログ音声入力:200mV(rms)、22kΩ以上(口径3.5mmステレオミニジャック)			
	ビデオ入力1～4	S2映像※3：Y入力：1V(p-p)、75Ω、同期負、C入力：0.286V(p-p)(バースト信号)、75Ω 映像:1V(p-p)、75Ω、同期負(ピンジャック)、音声:200mV(rms)、22kΩ以上(ピンジャック)			
	D5映像入力 (ビデオ入力1、2)	14ピン、1.27mmピッチ Y:1V(p-p)、P_B/C_B、P_R/C_R：0.7V(p-p)			
	USB(録画専用)端子	USB2.0			
	USB端子(右側面)	USB2.0			
	光デジタル音声出力	トスリンク			
	音声出力(固定／可変)／ アナログダビング出力端子	映像：1V(p-p)、75Ω、同期負(ピンジャック) 音声：200mV(rms)、2.2kΩ以下(ピンジャック)			
	LAN端子	RJ-45			
	ヘッドホーン端子	口径3.5mmステレオミニジャック、適合インピーダンス8Ω～32Ω			
使用環境条件		温度：0℃～35℃、相対湿度：20%～80%（結露のないこと）			
角度調整範囲(テレビスタンド)		左右：約15°　前後：不可			不可
付属品		「付属品」(準備編 5ページ)をご覧ください。			

※1：電源「待機」時または電源「切」時に以下の動作をしているときの消費電力です。
- 本機で受信したデジタル放送を外部機器で録画しているとき
- 番組情報などを取得しているとき
- Eメール録画予約機能で設定した「POP3アクセス時刻」に、メールサーバーにアクセスしているとき

※2：ARC機能はHDMI入力1端子のみ対応しています。
※3：S2映像入力端子はビデオ入力3に装備しています。

３．2019 年 6 月　43Z730X（4K 液晶レグザテレビ、東芝、REGZA）

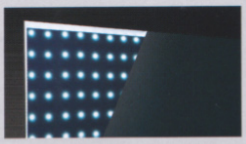


BS 4K　110°CS 4K
4Kダブルチューナー内蔵

スカパー!
プレミアムサービス

新開発全面直下LEDバックライト

夜空に輝く星のきらめきまでも
高画質に描きだす



▶リアルブラックエリアコントロール P.28
LEDの点滅を高精度に制御し、
漆黒に瞬く星の輝きもリアルに描く

▶新開発液晶パネル P.27
65Z730Xは低反射VAパネルを、
55/49/43Z730Xは高コントラストIPSパネルを採用


65Z730X

タイムシフトマシン P.21

見たい番組が「あとで」見られる、
見逃した番組が「これから」見られる



▶始めにジャンプ
放送中のニュースも
オープニングから

▶過去番組表
きのうのドラマも今すぐ楽しむ

▶ざんまいスマートアクセス
見たいアニメもすぐに見つかる

レグザ重低音バズーカオーディオシステム PRO P.31

80Wマルチアンプ駆動で
明瞭な高音質と迫力ある重低音を実現



AI超解像 深層学習超解像 P.17

デジタル放送をノイズの
少ないきめ細かな
高画質で再現



AI超解像 バリアブルフレーム超解像 P.17

映像の種類と動きの速さに
応じて、参照フレームを
変化させ超解像処理



4Kダブルチューナー P.35

新4K衛星放送を見ながら
別の新4K衛星放送を
録画できる

4K BS/CS ダブルチューナー ウラ録

オプション

壁取付金具
FPT-TA11B/FPT-TA14D P.43

タイムシフトマシン対応レグザ純正USBハードディスク
Vシリーズ/Dシリーズ P.45


THD-500D2

65 V型　65Z730X　オープン価格
省エネ基準達成率 165%
年間消費電力量 199kWh/年

55 V型　55Z730X　オープン価格
省エネ基準達成率 165%
年間消費電力量 160kWh/年

49 V型　49Z730X　オープン価格
省エネ基準達成率 149%
年間消費電力量 150kWh/年

43 V型　43Z730X　オープン価格
省エネ基準達成率 125%
年間消費電力量 148kWh/年


CT-90487

寸法表/仕様表 > P.38/P.39-40

※8K放送の受信には対応していません。※画素数は3840×2160です。※「スカパー！プレミアムサービス」および「スカパー！プレミアムサービス光」両方に対応。※タイムシフトマシンを使用するには、別売のタイムシフトマシン対応USBハードディスクが必要です。※録画機能を利用するには、別売のUSBハードディスクが必要です。※製品はすべてオープン価格です。オープン価格の商品は希望小売価格を定めておりません。※写真はイメージです。

仕様

種類			4K液晶テレビ			
形名			43Z730X	49Z730X	55Z730X	65Z730X
受信機型サイズ			43V	49V	55V	65V
電源			AC 100V 50/60Hz共用			
消費電力			208W 電源「待機」時 0.4W、 電源「切」時 0.4W、 (機能動作時 45W)※1	230W 電源「待機」時 0.4W、 電源「切」時 0.4W、 (機能動作時 45W)※1	271W 電源「待機」時 0.4W、 電源「切」時 0.4W、 (機能動作時 45W)※1	343W 電源「待機」時 0.4W、 電源「切」時 0.4W、 (機能動作時 45W)※1
年間消費電力量［標準］時			148kWh/年	150kWh/年	160kWh/年	199kWh/年
区分名			DG1（FHD、液晶倍速、付加機能1）			
スタンドを含む外形寸法（）は本体のみ		幅	97.5(97.5)cm	110.5(110.5)cm	124.2(124.2)cm	145.1(145.1)cm
		高さ	62.6(59.6)cm	70.5(67.1)cm	78.2(74.8)cm	91.0(86.5)cm
		奥行	20.9(9.3)cm	23.5(9.6)cm	23.5(9.6)cm	33.7(9.6)cm
スタンドを含む質量（）は本体のみ			13.5(13.0)kg	16.5(15.8)kg	19.5(18.8)kg	27.0(26.2)kg
壁取付金具の取付寸法			幅20cm x 高さ20cm、M6ネジ	幅40cm x 高さ20cm、M6ネジ	幅40cm x 高さ20cm、M6ネジ	幅40cm x 高さ40cm、M6ネジ
液晶画面		画面寸法	幅94.1cm、 高さ52.9cm、 対角108.0cm	幅107.4cm、 高さ60.4cm、 対角123.2cm	幅121.0cm、 高さ68.0cm、 対角138.8cm	幅142.8cm、 高さ80.4cm、 対角163.9cm
		駆動方式	TFTアクティブマトリクス			
		画素数	水平3840×垂直2160			
受信チャンネル			地上デジタル：地デジ011 ～地デジ528(CATVパススルー対応) BSデジタル：BS100～BS999、110度CSデジタル：CS001～CS999 スカパー！プレミアムサービス：スカパー！ 000 ～スカパー！ 999※2 スカパー！プレミアムサービス光：スカパー！ 000 ～スカパー！ 999※2 BS・110度CS 4K：BS 4K 001 ～ 499、CS 4K 500 ～ 999			
スピーカー			ウーハー 5.0cm×7.0cm 2個 フルレンジ 3.5cm×8.5cm 2個 ツイーター φ2.5cm 2個			
音声出力			実用最大出力15W+15W+15W+15W+10W+10W（総合音声出力80W）(JEITA)			
入力・出力端子	HDMI入力		HDMI入力 4系統（ARC：HDMI入力1のみ対応）			
	ビデオ入力		口径3.5mmミニジャック※3			
	USB(録画専用)端子	タイムシフトマシン録画 A 増設 B	USB3.0			
		通常録画 C	USB2.0			
	USB端子		USB2.0			
	光デジタル音声出力		トスリンク			
	ヘッドホン／音声出力端子		口径3.5mmステレオミニジャック			
	LAN端子		RJ-45			
使用環境条件			温度：0℃～35℃、相対湿度：20%～80%（結露のないこと）			
付属品			「付属品を確認する」14 をご覧ください。			

※1：電源「待機」時または電源「切」時に以下の動作をしているときの消費電力です。
- 番組情報などを取得しているとき

※2：デジタルラジオ放送（スターデジオ）は視聴できません。
※3：付属のビデオ入力変換アダプターを使い、ミニジャックからRCA入力端子に変換します。

2000年映像情報メディア学会年次大会（ITE 2000：2000 ITE Annual Convention）

6—6 地上デジタル放送(OFDM 波)の遅延波測定システムの開発

Development of delay wave measurement system for digital terrestrial television broadcasting.

菅野 敦朗　伊東 英彦　斎藤 文彦　福尾 秀一　山岸 慶昭　劔持 甫

Atsuro KANNO,Hidehiko ITO, Fumihiko SAITO, Syuichi FUKUO,Yoshiaki YAMAGISHI,Hajime KENMOCHI

NHK 視聴者総局営業局受信技術センター（首都圏受信技術）

NHK General Administration of Audience Relations, Audience Services Department, Engineering & Services Center for Reception (Metropolitan Area)

Abstract: This paper describes the measurement system of delay waves for OFDM with spectrum analyzer and personal computer. The system calculates D/U and delay time of delay waves by using IFFT processing of OFDM spectra data.

1. はじめに

地上デジタル放送は OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式を採用しており、マルチキャリアを用い、ガードインターバルを設けることで遅延波妨害に強い方式となっている。

しかし、遅延波の強度、遅延時間、波数によってはビット誤り率が劣化し受信不能となる。このような受信不能の原因究明には、遅延波の強度や遅延時間などが測定できる遅延波測定システムが必要である。

既に開発されている遅延波測定システムでは、QAM 系変調方式を復調する際の振幅位相基準である SP（Scattered Pilot）を利用しており、OFDM 復調器が必要になる。しかし、OFDM 復調器は現段階で非常に高価である。

本稿では現在市販されているデジタルスペクトルアナライザ(以下スペアナ)とノートパソコン(以下 PC)を用いた簡易な遅延波測定システムを開発したので報告する。

2. システム概要

今回開発した遅延波測定システムは、**Fig.1** に示すようにスペアナと PC のみで構成される。

スペアナは GP-IB（IEEE488）を介してパソコンによりリモート制御される。これによりユーザーは、PC で測定条件を設定するだけで遅延波の測定ができる。

次に本システムに使用されるソフトウェアの概要を **Fig.2** に示す。本システムは、PC がスペアナから取り込んだOFDM波のスペクトルデータに前処理を施した後、IFFT 処理し、遅延波の D/U、遅延時間を算出する。

算出した D/U、遅延時間は、表とグラフで画面表示される。

なお、本システムで測定できる遅延波の最大遅延時間は 40 μs、時間分解能は約 0.18 μs (5.57MHz の逆数)である。

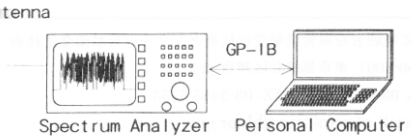


Fig. 1 System Configuration

3. 原理

N波の遅延波の影響を受けた OFDM 波のスペクトル $|\mathbf{E_N(f)}|$ は次式で表される。

$$|\mathbf{E_N(f)}| = \sqrt{S(f)} \tag{1}$$

$$S(f) = D^2 + \sum_{i=1}^{N} U_i^2 + 2D\sum_{i=1}^{N} U_i \cos(2\pi f\tau_i - \theta_i) + 2\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{k=i+1}^{N} U_i U_k \cos\{2\pi f(\tau_i - \tau_k) - (\theta_i - \theta_k)\} \tag{2}$$

但し、D:希望波振幅、U_i:遅延波振幅、τ_i:遅延時間、θ_i:希望波と遅延波の位相差

次にスペクトルデータ $|\mathbf{E_N(f)}|$ を 2 乗して得られる S(f)の平均値(直流分)を除去し、IFFT すると

$$\left.\begin{array}{l} \text{時間}=\tau_i \quad \text{のとき振幅 } L_i = 2DU_i \\ \text{時間}=\tau_i-\tau_k \quad \text{のとき振幅 } L_{i-k} = 2U_iU_k \end{array}\right\} \tag{3}$$

が得られる。

式(3)の結果から D/U を算出するには、次のような演算が必要である。

$$\left.\begin{array}{l} D/U_i = 2D^2/L_i \\ (D/U_i)(D/U_k) = 2D^2/L_{i-k} \end{array}\right\} \tag{4}$$

しかし、式(4)右辺の希望波振幅 D は未知数である。そこで、$|\mathbf{E_N(f)}|$ を帯域内で平均した値を近似的に希望波振幅 D とする。

但し、$|\mathbf{E_N(f)}|$ の平均値は D/U の小さい遅延波が加わった場合、希望波振幅 D との差が大きくなる。本システムではその差をより希望波振幅 D に近づけるための補正を行っている。

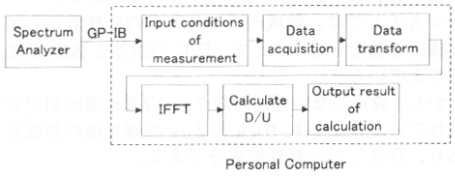


Fig. 2 Block diagram of measurement system

4. 測定精度の検証実験

(1) 実験系統

本システムの実用性を検証するために室内実験を行った。実験にはOFDM変調器、最大5波の遅延波を任意に発生可能な伝送路シミュレータを用い、遅延波の遅延時間とD/Uを変化させた。

実験で測定した伝送パラメータを**Table.1**に、実験系統図を**Fig.3**に示す。

Table.1 Transmission parameters of experiments

ISDB-T Mode	Mode1	Mode2	Mode3
Number of Carriers	1405	2809	5617
Modulation	DQPSK,QPSK,16QAM,64QAM		
Band width	5.57MHz		
Transmission channel	UHF19ch (509.143MHz)		

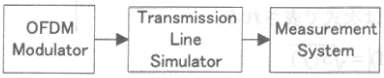


Fig.3 Block diagram of experiments

(2) 実験結果

① DU比が大きい場合

Table.2に伝送路シミュレータで合成した遅延波の設定値と測定結果を示す。

遅延時間が2μs、9μsの遅延波は、測定値の遅延時間、D/Uともに設定値と一致している。

しかし、遅延時間6μsの測定値は、遅延時間、D/Uともに設定値と若干の誤差が生じている。

これは、時間分解能が0.18μsで、遅延時間はこの整数倍の値をとるためである。

- 2.0μsの場合は、0.18μ×11=1.98μs
- 6.0μsの場合は、0.18μ×33=5.94μs
- 9.0μsの場合は、0.18μ×50=9.00μs

このように、6.0μsの場合は、遅延時間とサンプリング点が一致せず遅延時間の差が他に比べて大きく、算出されたD/Uに含まれる誤差も大きくなる。

② DU比が小さい場合

Table.3に伝送路シミュレータで合成した遅延波の設定値と測定結果を示す。

遅延時間が2μs、9μsの遅延波は、測定値の遅延時間は設定値と一致しているが、D/Uに若干の誤差が生じている。

これは、加わる遅延波のD/Uが小さくなるほど希望波振幅の近似値の誤差が大きくなるためである。

本システムでは、帯域内スペクトルの分散値から誤差を検出し補正を行うことで、D/Uの誤差を2dB程度に押さえている。

しかし、設定にない遅延時間7μsの遅延波が測定値に現れている。これは、9μsと2μsの遅延波の差成分であり、存在しない遅延波成分である。

5. むすび

スペアナから取り込んだOFDM波のスペクトル波形データから遅延波のD/Uと遅延時間を測定するシステムを開発した。実験の結果、測定誤差はD/Uで2dB程度、遅延時間で0.1μs以下であり、建造物による反射障害の調査に使用する上では実用上問題ないと考えられる。しかし、遅延波が2波以上のときに現れる遅延時間の差成分の問題がある。この点については今後も検討をしていく必要がある。

なお、実験にあたり多大なご協力をいただいたNHK放送技術研究所デジタルネットワークの各位に深謝いたします。

Table.2 Results of experiments

Set value		Measurement value	
Delay time [μs]	D/U [dB]	Delay time [μs]	D/U [dB]
2.0	15.0	2.0	15.0
6.0	20.0	5.9	21.1
9.0	15.0	9.0	15.0

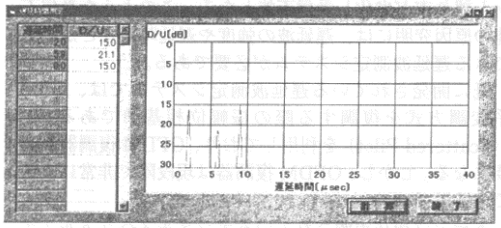


Fig.4 Display of measurement result

Table.3 Results of experiments

Set value		Mesurement value			
		Corrected		Not corrected	
Delay time [μs]	D/U [dB]	Delay time [μs]	D/U [dB]	Delay time [μs]	D/U [dB]
2.0	5.0	2.0	5.6	2.0	7.9
—	—	7.0	10.4	7.0	12.8
9.0	5.0	9.0	5.5	9.0	7.9

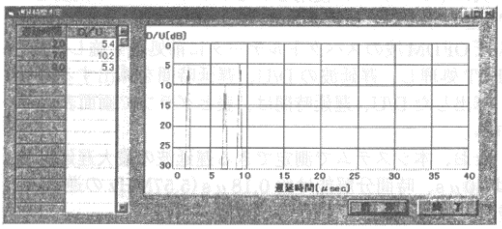


Fig.5 Display of measurement result

NHK視聴者総局営業局受信技術センター（首都圏受信技術）
〒150-8001 東京都渋谷区神南 2-2-1
TEL: 03-5455-5251 FAX: 03-5455-5253
E-mail: atsuro@res.nhk.or.jp

平成６年度 電気関係学会北海道支部連合大会案内

平成６年１０月１５日（土）、１０月１６日（日）
於 室蘭工業大学（〒050 室蘭市水元町27-1）

大 会 次 第 書

1．特別講演　１０月１５日（土）　１６時～１７時３０分
『日本刀について』
株式会社　日本製鋼所瑞泉鍛刀所　刀匠　堀井　胤次　氏

2．一般講演　１０月１５日（土）　９時００分～１５時５５分
１０月１６日（日）　９時００分～１７時０５分
（講演時間１２分、質問時間３分）

3．懇親会　１０月１５日（土）　１８時より
於 室蘭工業大学　学生会館
会費　4,０００円（学生 2,０００円）、当日受け付け

一　般　講　演　（部門、時刻、講演番号）

	10月15日午前		10月15日午後		10月16日午前		10月16日午後		
A室	基礎理論				発送配電・電力系統				
	9：15～10：30 1－5	10：40～11：55 6－10	13：00～14：15 11－15	14：25～15：25 16－19	9：00～10：15 20－24	10：25～11：55 25－30	13：00～14：15 31－35	14：25～15：40 36－40	15：50～17：05 41－45
B室	放電物理・照明・電力応用						マイクロ波		
	9：15～10：30 46－50	10：40～11：55 51－55	13：00～14：15 56－60	14：25～15：40 61－65	9：30～10：45 66－70	10：55～11：55 71－74	13：00～14：15 75－79	14：25～15：40 80－84	15：50～16：50 85－88
C室	半導体・半導体材料・デバイス				半導体・半導体材料・デバイス・電気材料				
	9：00～10：30 89－94	10：40～12：10 95－100	13：00～14：15 101－105	14：25～15：55 106－111	9：00～10：30 112－117	10：40～12：10 118－123	13：00～14：15 124－128	14：25～15：40 129－133	15：50～17：05 134－138
D室	システム工学				音声・言語情報処理・音響				
	9：30～10：30 139－142	10：40～11：55 143－147	13：30～14：30 148－151		9：00～10：30 152－157	10：40～12：10 158－163	13：15～14：15 164－167	14：25～15：40 168－172	15：50～16：50 173－176
E室	光・量子エレクトロニクス				計測・制御				
	9：15～10：30 177－181	10：40～11：55 182－186	13：00～14：15 187－191	14：25～15：40 192－196	9：00～10：00 197－200	10：10～11：25 201－205	13：00～14：15 206－210	14：25～15：40 211－215	15：50～17：05 216－220
F室	電気通信・テレビジョン				生体工学				
	9：15～10：45 221－226	10：55～12：10 227－231	13：30～14：45 232－236	14：55～15：40 237－239	9：00～10：30 240－245	10：40～11：55 246－250	13：00～14：30 251－256	14：40～15：40 257－260	15：50～17：05 261－265
G室	電磁波・アンテナ				電気機器		計算機工学		
	9：45～10：45 266－269	10：55～11：55 270－273	13：00～14：00 274－277	14：10～15：10 278－281	9：00～10：45 282－288	10：55～11：40 289－291	13：00～14：15 292－296	14：25～15：25 297－300	15：35～16：35 301－304
H室	信号処理 I				信号処理 II				
	9：30～10：45 305－309	10：55～11：55 310－313	13：00～14：15 314－318	14：25～15：25 319－322	9：00～10：30 323－328	10：40～11：55 329－333	13：00～14：30 334－339	14：40～15：40 340－343	
I室	ニューロコンピューティング				人工知能・認知科学				
	9：00～10：30 344－349	10：40～12：10 350－355	13：00～14：15 356－360	14：25～15：40 361－365	9：00～10：15 366－370	10：25～11：55 371－376	13：00～14：00 377－380	14：10～15：40 381－386	

2000年（平成12）～2017年（平成29）　研修・セミナー講師の記録

㈶NHK放送研修センター（NHK-CTI）担当研修・セミナー等

年月	研修名	主催	担当講義名（◎持執筆・講義）	対象者
2000(H12)～2010(H22)	初歩のテレビ技術セミナー	CTI	テレビ放送の仕組み	日本CATV技術協会会員、他
2000(H12)～2010(H22)	デジタル放送の送受信システムと測定技術	NHK	コーデネート	NHK職員
2001(H13)～2011(H23)	新採用者研修（放送技術）	NHK	テレビ信号の基礎	NHK職員
			測定の基礎と放送波測定	
			スペアナの基本使用法	
2001(H13)～2006(H18)	専門・スペアナ測定技術	CTI	スペアナの基本使用法	日本CATV技術協会会員、他
2001(H13)	総務省総合通信局放送課職員研修	総務省	デジタル放送科「放送技術」	総務省職員研修
2001(H13)～2007(H19)	技術ステップアップⅠ送受コース	NHK	送受信基礎実習	NHK職員
2002(H14)～2011(H23)	デジタル放送システムと測定技術（元システムセミナー）	CTI	デジタル放送システムの概要	日本CATV技術協会会員、他
2006(H18)～2010(H22)	CATV伝送技術コース・初めてのスペアナとデジタル測定実習	CTI	初めてのスペアナとデジタル測定実習	日本CATV技術協会会員、他
2006(H18).5	パナソニックモバイルセミナー、「デジタル放送技術」講座	松下電器	デジタル放送技術	松下電器産業株式会社
2007(H19)～2011(H23)	デジタル測定基礎実習2日間	CTI	デジタル信号測定の基礎（H23.03.10）	日本CATV技術協会会員、他
2009(H21)	(新)技術デジタルマネジメント	CTI	技術デジタルマネジメント（座講）	NHK職員
			技術デジタルマネジメント（実習）	
2009(H21)～2017(H29)	送信技術セミナー(H20.10.27)	CTI	地上デジタル放送の概要	民間放送、保守運用会社関係者、他
2009(H21).12	地上デジタル放送信号の測定	JICA	El entrenamiento 「Radiodifusión digital terrestre」	ペルー
2010(H22).7	デジタルＴＶ放送技術と機器保守管理	JICA	テレビ信号の基礎 Fundamentals of Video Signal ~for better understanding of digital TV signal ~	Afghanistan,Bolivia,Botswana,Djibouti,Gambia,Malawi,Malawi,Oman,Palestine,Peru,Thailand,Tunisia,Yemen
2011(H23)～2013(H25)	地上デジタルＴＶ放送技術コース	JICA	Fundamentals of Video Signal	アジア、アフリカの放送技術者
2011(H23)～2014(H26)	初めてのデジタル測定・実習	CTI	デジタル信号測定の基礎	日本CATV技術協会会員、他
2012(H24).7	映像信号の基礎	JICA	Fundamentals of Video Signal	アジア、アフリカ、中南米の放送技術者

2001 年（平成 13）　新（財）NHK 放送研修センター



9F～15F
NHK放送研修センター
エリア

新技術研究所玄関前に設置された旧
中央研修所（前技研）の玄関踏石







初代技術研究所
↓
中央研修所
↓
NHK放送研修センター

（正面の全景）

現在は技研の駐車場

2001年（平成13）BSデジタルデータ放送対応ヘッドエンド装置の開発

技術報告会（報告）

１．まえがき

ＢＳデジタル放送の開始により、デジタルの特性を活かしたデータ放送が開始された。

ホテルでのＢＳ受信の現状は、全国７．８万施設のうち0.5万施設がＢＳ導入、７．３万施設が未導入となっており、ＢＳデジタル放送の普及を図るためには、ホテルでの普及も必要となる。

しかし、ホテルでのＢＳデジタル放送受信は、受信設備改修に膨大な経費が必要となる等の理由から殆どのオーナーは難色を示している。

そこで、現状の受信設備を活用して、安価にデータ放送を含めたＢＳデジタル放送番組を伝送することにより、ホテルへのＢＳデジタル放送普及を図るため、本装置を開発したので概要を報告する。

２．ホテルでのＢＳデジタル放送受信の課題

本来、ＢＳデジタル放送は、直接受信者との格差のないフルサービスが原則であるが、ホテルという特殊なサービス形態においては、全客室でのフルサービスの伝送には以下の課題がある。

（１）ホテルの受信設備の伝送帯域は４５０MHzまでが主流
- 受信設備をＢＳ－ＩＦ伝送に改修することは経費がかさむため困難である。

（２）客室は専用のセットトップボックスでの受信が主流
- 客室内のセットトップボックスで有料放送視聴管理や空室情報等のホテル独自の管理を行っており全室へのＢＳデジタルチューナー設置は困難である。

（３）客室ごとにＢ－ＣＡＳカードを管理することは困難
- 全客室での受信機のバージョンアップ等の対応やカードの管理が煩雑となる。

３．ホテルでのニーズ

ホテルにおけるＢＳデジタル放送受信に関する要望について東京都内のホテルを対象に放送開始前にアンケート調査を行った（有効回答361）。

調査結果は以下のとおりである。

（１）ホテルではＢＳデジタル放送を地上放送の方式に変換して伝送するＡＭ伝送を希望している割合が７０％である。

（２）宿泊客のホテルへの要望としては「天気予報」、「交通情報（ＪＲ情報）」が上位を占めており、ＢＳデジタルデータ放送はホテルへのＢＳ導入検討に有効である。

４．本装置の概要

本装置は、ＮＨＫデジタルハイビジョン番組とデータ放送をＡＭ変調し、それぞれを任意の１チャンネル（ＶＨＦ、ＭＩＤ、ＳＨＢ帯）でＡＭ伝送する。客室では現在使用しているテレビ（ＮＴＳＣ）で視聴可能である。

装置内部のリモートコントローラを制御器（コンピュータ）で制御することにより、ＮＨＫデータ放送コンテンツを任意の間隔（例：１０秒）で切替え、巡回表示する。

また、ホテルによっては外国からの宿泊客のため、２カ国語放送の要望が高い。本装置は２カ国語対応とした。

当面、ＮＨＫデータ放送の本装置での伝送コンテンツは、「ニュース」、「気象情報」、「首都圏ＪＲ情報」とした。

なお、本装置は試作機でＢＳデジタル受信部等に民生機器を使用しているため、放熱のスペースを確保する必要から、写真１に示す通り若干大きめな構造となっている。

図１にシステム構成を示す。

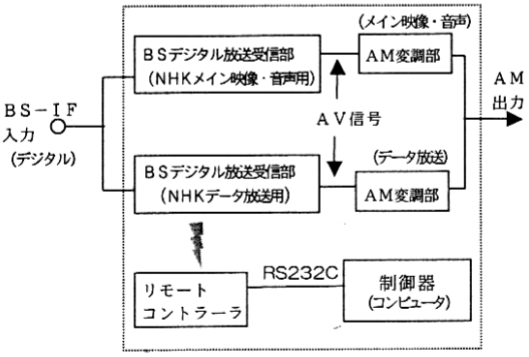


図１　システム構成

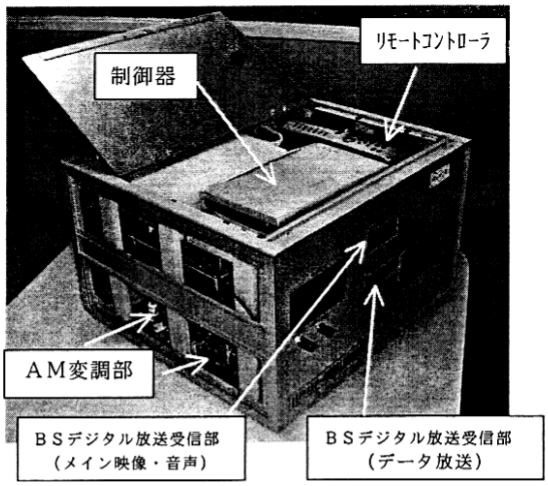


写真１　装置の外観（250(H)×430(W)×400(D)mm）

図２にデータ放送メニュー項目の自動切替えイメージを示す。

図２（ａ）ではデータ放送メインメニューの項目１を選択した状態を示している。これにより、項目１のコンテンツを表示する。次に同図（ｂ）のメインメニューに戻り、項目２を選択する。以下項目３～５を順次選択して表示する。この動作を巡回して表示する。

なお、メニュー項目１から５は制御プログラムにより、増減が可能である。

実際に本装置をホテルのテレビ受信システムへ導入した場合の使用例を図３に示す。

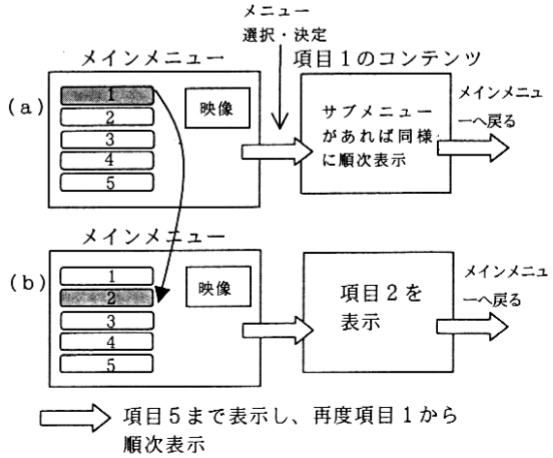


図２　データ放送メニュー項目の自動切替えイメージ

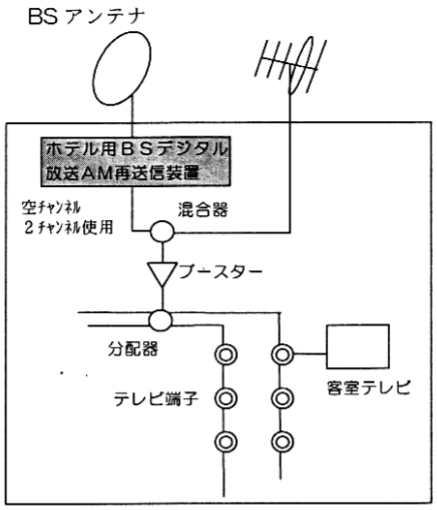


図３　ホテルシステム使用例

５．あとがき

ホテルへのＢＳデジタル放送普及については、ＢＳ未導入のホテル７.３万施設をターゲットとし、本装置を活用することで一層の普及増加を図るとともに、宿泊客へのＢＳデジタル放送のＰＲという二次的な効果も期待される。

なお、実用化にあたっては、さらに使いやすい制御ソフトの改修と、制御用パソコンをボード化するなど、小型・低廉化を図り、ＢＳデジタル放送の普及を目指していきたい。

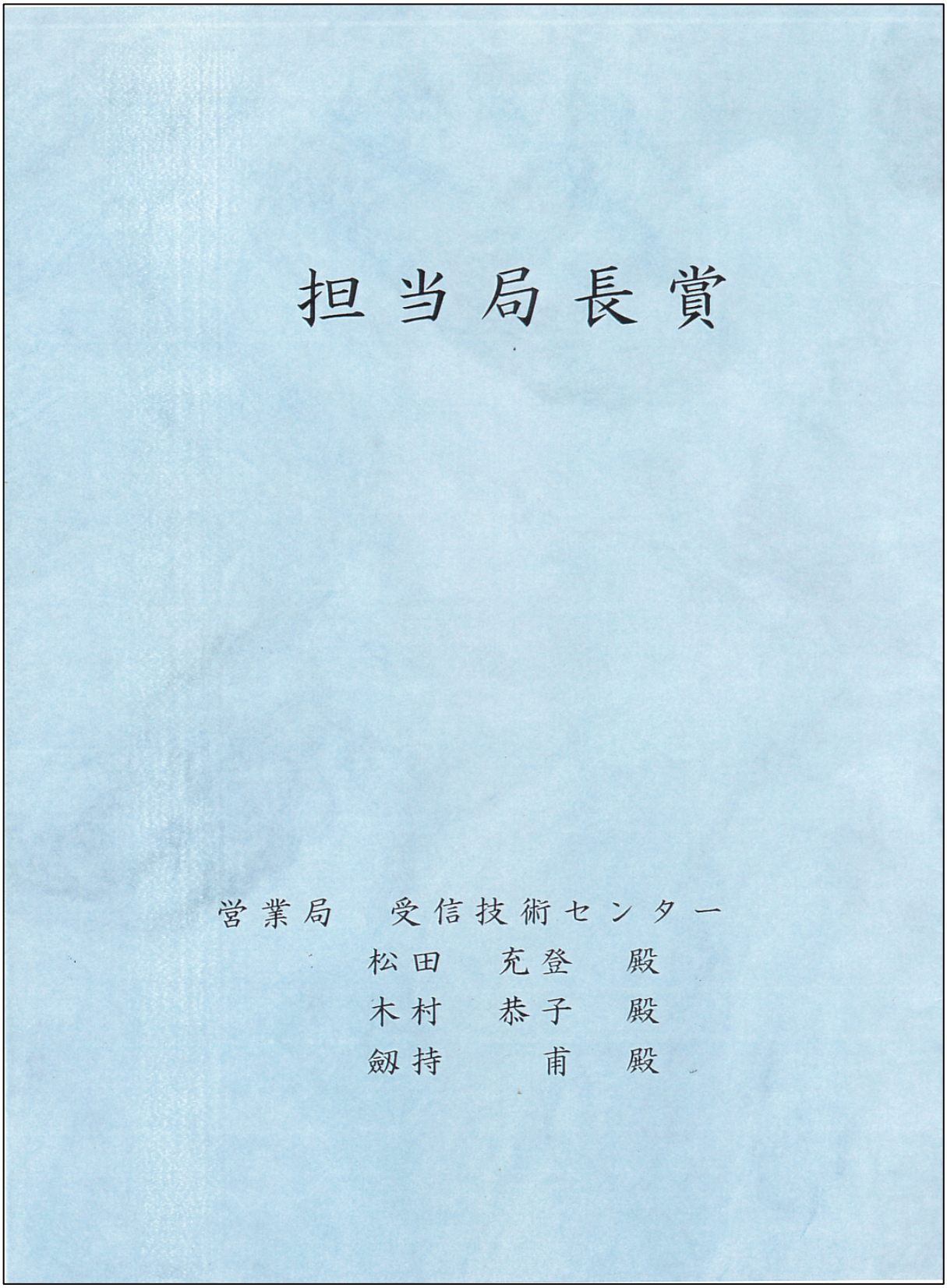
本装置は特許出願中である。

共同報告者
木村恭子（営業局受信技術センター）

‘84（昭 59）入局　宮崎局（受信技術）
‘88（昭 63）沖縄局（受信技術）
‘92（平 4）　長崎局（受信技術）
‘99（平 11）～
営業局受信技術センター
（首都圏受信技術）

2001 年（平成 13）　営業局担当局長賞

BS デジタルデータ放送用ヘッドエンド装置の開発


担当局長賞

営業局　受信技術センター
松田　充登　殿
木村　恭子　殿
劔持　甫　殿

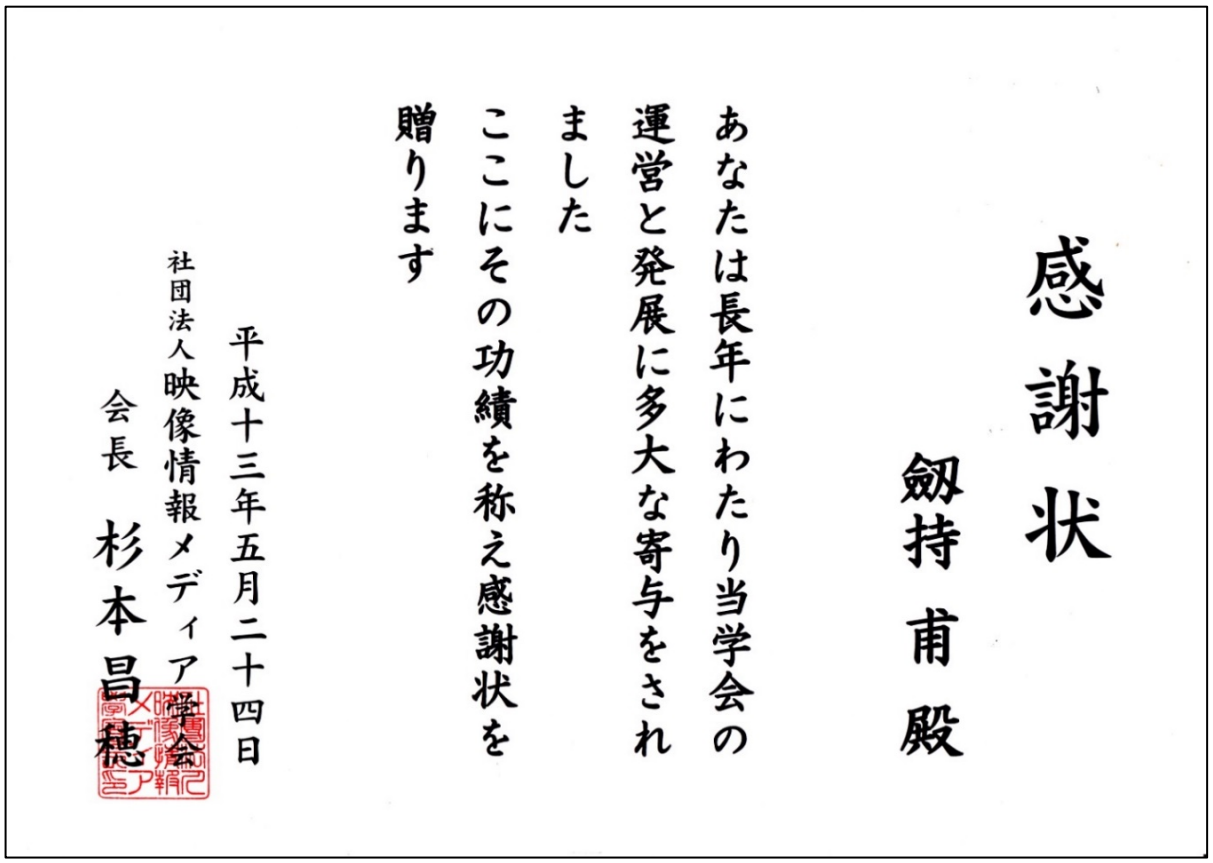
優れた技術力により実用性に富んだ「ＢＳデジタルデータ放送用ヘッドエンド装置」を開発し　ホテルへのＢＳデジタル放送導入拡大に向けての大きな足掛かりを確立されました

よってこの成果を賞するとともに　ＢＳデジタル放送普及に向け　今後も斬新な発想で技術開発に取り組まれることを期待します

平成１３年３月５日

日本放送協会　営業局

担当局長　小　林　邦　彦



感謝状

剱持甫殿

あなたは長年にわたり当学会の
運営と発展に多大な寄与をされ
ました
ここにその功績を称え感謝状を
贈ります

平成十三年五月二十四日

社団法人映像情報メディア学会
会長 杉本昌穂

1996 年（平成 8）川越市立初雁中学校創立 50 周年記念事業、協賛金

趣　意　書

50周年実行委員長（'93PT会長）三澤　紀夫
〃　副委員長（初雁中学校校長）奥村　順一
〃　副委員長（'86PT会長）松岡　靖浩
〃　副委員長（'87PT会長）神島　弘光
〃　副委員長（'88PT会長）小川　雅巳
〃　企画委員長（'89PT会長）山本　元啓
〃　記念誌委員長（'91PT会長）田中　利明
〃　PR情報委員長（'92PT会長）小川　泰雄
〃　財務委員長（'94PT会長）和田　尚也
95年度ＰＴ会長　鈴木　健一
96年度ＰＴ会長　桜井　理喜

旨

初雁中学校も創立以来1996年をもちまして、50周年を迎えます。半世紀を迎えるにあたり、社会の変化、子、親、学校、そして地域の皆々様の環境の変化と共に、初雁中学校も歴史を積んでまいりました。そして、これからも、着実に歩み続けることでしょう。また、過去の先人の方々が築き上げて下さった、初雁中学校の伝統と歴史をふまえ、これからの半世紀を未来に羽ばたく子供達を育て育む初雁中学校として築き上げていくためにも、この50周年という記念すべき節目の年を意義づけたいと存じます。また、先人の方々、学校、親、地域の皆々様の協力で、川越、埼玉、日本、地域的人間の育成を目指し、平和で住み良い生活を送れる社会を築いていける、人間造りの場として、末永く初雁中学校を育て、愛して頂ければと思います。そこで、この50周年という節目を迎えるにあたり、記念事業を計画いたしております。意義ある50周年を迎える為にも皆々様のご協力とご協賛金を頂ければ幸いに存じます。

初雁中学校創立50周年を迎えて
ご協力と協賛金のお願い

落成式　昭和28年10月24日

飛べ！伝統と歴史の風にのって

50th Hatsukari

初雁中学校創立50周年シンボルマーク

スローガン作者：瀬古　智美（平成７年度第47回卒業生）
デザイン作者：若林　浩子（スパイス）

50周年記念事業実行委員会
事務局／〒350　川越市宮下町１-21-３初雁中学校内
TEL／0492　22-0749
FAX／0492　29-1222

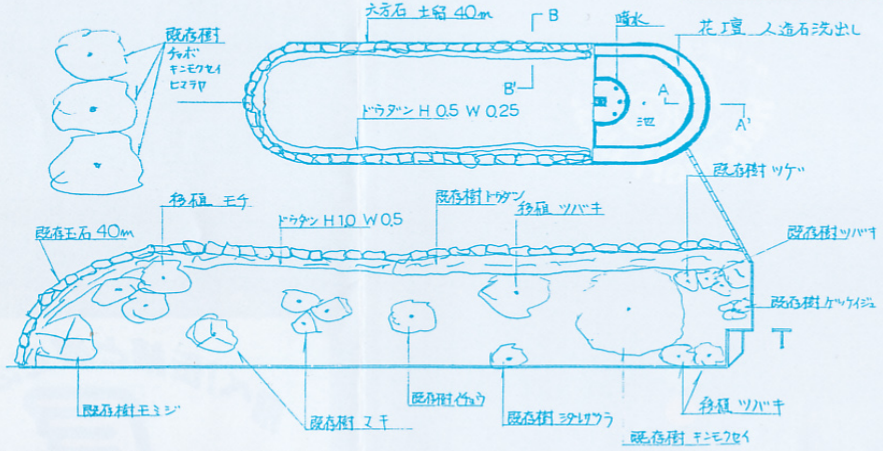
初雁中学校創立50周年記念事業内容

1 母子像周辺の整備工事

- 花壇工事
- 間知石（御影石）土留工事
- 歌碑、校訓碑移設工事
- 景石設置工事
- 移植工事
- 植栽工事
- 玉石据付工事
- 母子像台座工事
- 伐採、除根工事
- 剪定工事



50年の歴史を見守り続けた
昭和29年、校舎新築記念碑
芥川　永作「母子像」



2 50周年記念誌の発行

- 年　　譜
- 卒業生の数の推移（棒グラフ）
- 歴代校長・教頭の住所録一覧表
- 創立50周年記念事業委員会の構成と経過報告
- 基礎資料
- 後　　記（記念誌制作の意図と経過並びに編集委員）

収入予定
約1,000万円

平6.同窓会よりバザー PT会積立	平7.バザー PT会積立	平8.バザー(未定) PT会積立	協賛金収集目標額
183万円	230万円	100万円	**約490万円**

3 50周年記念式典の開催

初雁中学校創立50周年記念事業実行委員会の活動と今後の予定

平６．２／15［初雁中学校創立50周年記念事業実行委員会］第１回委員会開催
　出席者　学校側　校長先生以下　３名
　　歴代会長　６名
　　現本部役員　５名

［組織］

実行委員長 ― 実行副委員長 ― 財務委員長
　　企画委員長
　　ＰＲ委員会
　　情報委員会
　　記念誌委員会
相談役・顧問

平６．11／20　第１回初雁中50周年記念バザー開催、資金調達活動として行われた。
平７．４／21　第10回実行委員会開催
　平成７年度の事業活動について企画・検討される。
平７．７／５　第12回実行委員会にて「シンボルマーク」と「50周年記念のスローガン」が内定される。
平７．10／20　第２回初雁中50周年記念バザー開催
平８．２／７　第16回実行委員会開催
　記念事業・記念式典・記念誌等それぞれについて具体的検討を行う。
　資金調達活動もいよいよ最終チェック段階になる。

予　　定
平８．夏　　校門・母子像まわり改修工事着工～完成（記念事業）
平８．秋　　50周年記念を楽しむ会の開催予定（バザー・講演会等）

平8年11月13日　50周年記念式典・祝賀会開催予定

ACTIVE
あくてぃぶ
財団法人NHK放送研修センター
NHK-CTI
Vol.19
平成14年12月発行

担当者から一言

デジタルネットワーク技術（職員研修）

～高い関心、受講希望者2倍～



放送システムのデジタル化が急速に進み、我々の身近でも日常的に「デジタルネットワーク」関連の技術が使われています。これらの技術は、それぞれが専門化しているため全体を把握した人材が少なく、教材もほとんど無いため、習得が容易ではありません。

そこで、研修センターでは、各種ネットワーク技術を一元的に研修する「デジタルネットワーク技術」研修を本年度から開講しました。内容はイントラネットシステム、局間ネットワーク回線、デジタル機器の構成とSDI信号および測定実習、等です。

この研修が今年度初めてにもかかわらず予定の2倍の希望があり、担当を慌てさせました。研修リポートには「独学に限界を感じていた」「更なる勉強の必要性に目覚めた」等、前向きな感想が多数寄せられました。担当としては、一安心とともに、残念にも今年選に漏れた方は、是非、来年度に受講して頂きたいと思います。なお、研修センターでは、受講生の皆さんが研修の成果を生かして、現場で活躍されるよう、各種の研修を実施しています。是非、早めにOA端末を開いてください。

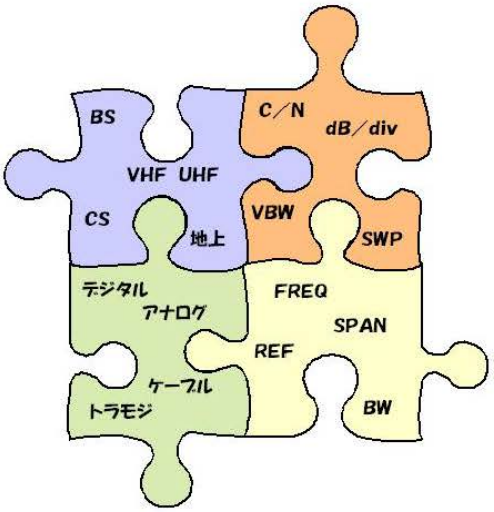
2003 年（平成 15）スペクトラムアナライザの基本使用法（A4,p1-61）

（第 1 版）

良好な放送電波受信のために

スペクトラムアナライザ

基本使用法（第一版）



（財）NHK放送研修センター　編

目　　次

第１章　スペクトラムアナライザの基本操作

1.1　測定原理 ----------(1)
1.1.1　スペクトラムアナライザ　(1)
1.1.2　時間軸での観測と周波数軸での観測　(2)
1.1.3　スペアナのしくみ　(4)
(1)　基本ブロックダイヤグラム　(4)
(2)　高周波部ブロックダイヤグラム　(4)
(3)　中間周波部　(5)
(4)　分解能帯域幅と掃引時間との関係　(6)

コラム（スペアナの主要性能）　(7)

1.2　基本操作 ----------(8)
1.2.1　一般的な測定の手順　(8)
(1)　中心周波数（Center Frequency）の設定　(8)
(2)　表示周波数幅（Frequency Span）の設定　(9)
(3)　基準レベル（Reference Level）の設定　(9)
(4)　縦軸目盛（dB/div）の設定　(10)
(5)　分解能帯域幅（Resolution Band Width）の設定　(10)
(6)　掃引時間（Sweep Time）の設定　(11)
1.2.2　スペアナの便利な機能　(12)
(1)　マックスホールド（Max Hold）機能　(12)
(2)　マーカー（Maker）とピークサーチ（Peak Serch）機能　(12)
(3)　トレース（Trace）機能　(13)

第２章　スペアナで電波を測る

2.1　ＶＨＦ、ＵＨＦ、ＦＭの測定 ----------(15)
2.1.1　ＶＨＦ帯の測定　(15)
2.1.2　ＵＨＦ帯の測定　(16)
2.1.3　ＦＭ帯の測定　(16)

2.2　映像搬送波、音声搬送波の測定 ----------(17)
2.2.1　映像搬送波（ｆｖ）の測定　(17)
(1)　振幅変調のしくみ　(17)
(2)　映像搬送波のレベル測定　(19)
(3)　チャンネル間レベル差の測定　(19)

2.2.2 音声搬送波（ｆａ）の測定 （19）
(1) テレビ音声搬送波の測定 （19）
(2) ＦＭ放送波の測定 （21）

2.3 ＢＳアナログ放送波の測定 ---------- （22）
2.3.1 ＢＳ－ＩＦ信号の測定 （22）
(1) ＢＳ－ＩＦ伝送方式 （22）
(2) ＢＳ－ＩＦ帯の観測 （22）
(3) 信号レベルの測定 （22）
2.3.2 ＣＮ比の測定 （23）
(1) 信号レベルの測定 （24）
(2) 雑音レベルの測定 （24）

2.4 ＢＳデジタル放送波の測定 ----------（26）
2.4.1 ＢＳ－ＩＦ信号の測定 （26）
(1) ＢＳデジタル信号の観測 （26）
(2) 信号レベルの測定 （26）
2.4.2 雑音レベルとＣＮ比の測定 （27）

コラム（雑音測定におけるスペアナの検波モードによる測定値の違い）（28）

2.5 ＣＳデジタル放送波の測定 ----------（29）
2.5.1 ＣＳ－ＩＦ信号の測定 （29）
(1) 110度ＣＳ放送波の周波数配列 （29）
(2) 110度ＣＳ－ＩＦの周波数配列 （29）
(3) 信号レベルの測定 （29）
2.5.2 雑音レベルとＣＮの測定 （30）

2.6 地上デジタル放送波の測定 ----------（30）
2.6.1 信号レベルの測定 （31）
2.6.2 雑音レベルとＣＮ比の測定 （32）

2.7 地上デジタル音声放送波の測定（暫定） ----------（33）
2.7.1 信号レベルの測定 （33）
2.7.2 雑音レベルとＣＮ比の測定 （34）

第３章 ケーブルテレビシステムの測定と調整

3.1 ＭＩＤ帯、ＳＨＢ帯の測定 ----------（35）
3.1.1 ミッドバンド（ＭＩＤ）帯の測定 （35）

3.1.2 スーパーハイバンド（ＳＨＢ）帯の測定 （35）
コラム（dB（mW）からdB（μV）への変換）（36）
3.2 ＢＳデジタル信号（トランスモジレーション方式）の測定 ------（37）
3.2.1 トランスモジレーション方式 （37）
3.2.2 スペアナによる測定 （37）
(1) 信号レベルの測定 （38）
(2) 雑音レベルの測定 （38）
(3) CN比の計算 （39）

3.3 受動機器（ケーブル、分配器、分岐器、等）の測定 ----------（40）
3.3.1 スイープジェネレータとの組み合わせ （40）
3.3.2 トラッキングゼネレータによる測定 （40）
3.3.3 基本測定 （41）
(1) 同軸ケーブル(伝送損失、周波数特性) （41）
(2) 分配器(分配損失、端子間結合損失) （42）
(3) 分岐器(挿入損失、結合損失、逆結合損失) （44）
3.3.4 ミスマッチング （47）

3.4 能動機器(増幅器等)の測定 ---------- （49）
3.4.1 基本測定 （50）
(1) 増幅器の利得変化 （50）
(2) チルト（Tilt）特性 （50）
(3) 擬似線路回路網(ＢＯＮ) （51）
(4) イコライザ（ＥＱ） （52）
(5) アッテネータ（ＡＴＴ） （53）
(6) 自動利得調整（ＡＧＣ） （54）
3.4.2 相互変調(ＩＭ)の観測 （56）

3.5 幹線系の測定と調整 ---------- （57）
3.5.1 隣接チャンネル信号の測定 （57）
(1) 隣接チャンネル妨害 （57）
(2) ＶＡ比の測定 （57）
3.5.2 ヘッドエンド装置の測定 （58）
(1) 各チャンネルのレベルとＶＡ比の調整 （58）
(2) ヘッドエンド出力の調整 （60）
(3) ＴＶ変調器出力（映像変調度）の調整 （61）
3.5.3 流合雑音の観測 （63）

第 4 章　資料編

4.1 ＶＨＦ帯のチャンネル番号と周波数 ----------（65）
4.2 ＭＩＤ帯のチャンネル番号と周波数　（66）
4.3 ＳＨＢ帯のチャンネル番号と周波数　（67）
4.4 ＵＨＦ帯のチャンネル番号と周波数　（68）
4.5 衛星放送（BS-IF 帯）のチャンネル番号と周波数　（69）
4.6 110 度ＣＳ（CS-IF 帯）のチャンネル番号と周波数　（69）
4.7 CATV 上り信号周波数　（70）
4.8 代表的な中心周波数値　（70）
4.9 表示周波数幅の目安値　（71）
4.10 デジタル放送設定値　（71）

本資料作成に当たり㈱アドバンテストの
ご協力を得たことに感謝いたします。

良好な放送電波受信のために
スペクトラムアナライザの基本使用法（第一版）
2003(H15)年２月　初版
執筆　(財)NHK放送研修センター
専門委員　江口　浩正
ＣＤ　　劔持　甫
編集　ＣＤ　劔持　甫
発行　(財)NHK放送研修センター
研修事業部

（禁複写、本資料は研修用に作成したものです。）

2004 年（平成 16）テレビ信号の基礎（A4,p1-75）

2004(H16)年4月に初版を執筆・発行し、2004(H16)年12月［改訂・増補版］、2009(H21)年1月［改訂・デジタル増補版］、2010(H22)年4月［改訂・増補　～デジタルテレビ信号を理解するために～］と改定・増補を加えつつ、職員研修や各種セミナー等に約1,000部使用しました。

テレビ信号の基礎

［～デジタルテレビ信号を理解するために～］



（ダイクロイックミラーによる光の分解）

(財) NHK 放送研修センター

目　次

まえがき …… 1

Ⅰ.世界の標準テレビジョン方式 …… 2

1.白黒式テレビジョンの標準方式 …… 3
2.カラーテレビジョンの標準方式 …… 4
3.デジタルテレビジョンの標準方式 …… 4

Ⅱ.テレビジョン放送のしくみ …… 5

1.放送のしくみ …… 5
(1).送信のしくみ …… 5
(2).受信のしくみ …… 6
2. テレビジョン信号の構成 …… 6
2.1 走査 …… 6
2.1.1 走査の役割（画面の分解と組み立て） …… 6
2.1.2 走査の方法 …… 7
2.1.3 順次走査と飛越走査 …… 7
(1) 順次走査 …… 7
(2) 飛越走査（2：1の飛越走査） …… 8
(3) デジタルテレビジョンの走査 …… 8
(4) フレームとフィールド …… 9
1.3.4 アスペクト比 …… 9
2.2 偏向 …… 10
2.1.1 電子ビームの偏向 …… 10
2.2.2 ノコギリ波 …… 11
2.2.3 順次走査の偏向動作 …… 11
2.2.4 飛越走査の偏向動作 …… 12
2.2.5 有効走査線期間 …… 14
2.2.6 ライン周波数とフレーム周波数 …… 14
(1) 走査線数525本 …… 14
(2)走査線数1125本、750本 …… 14
2.2.7 映像信号の帯域幅 …… 14
2.3 複合映像信号の構成 …… 16
2.3.1 映像信号 …… 16
2.3.2 帰線消去信号 …… 16
2.3.3 同期信号15 …… 16
(1) 水平同期信号 …… 16
(2) 垂直同期信号 …… 17
(3) ハイビジョンの水平同期信号 …… 19

Ⅲ．カラーテレビジョンの標準方式 …… 20

1．カラーテレビジョンのしくみ …… 20
1.1 カラー放送と白黒放送との両立 …… 21
2 色の性質 …… 21
2.1 光と色の関係 …… 21
2.2 色の混合 …… 21
(1) 加色法 …… 22
(2) 減色法 …… 22
2.3 色の3属性 …… 22
2.4 色温度と基準白色 …… 23
2.5 CIEの色度図 …… 24
2.6 色再現域 …… 25
3 色信号の伝送 …… 26
3.1 輝度信号と色差信号 …… 26
3.1.1 輝度信号 …… 26
3.1.2 色差信号 …… 28
3.2 搬送色信号の生成 …… 29
3.2.1 搬送色信号のベクトル（振幅補正前） …… 29
3.2.2 搬送色信号の振幅補正 …… 30
3.3 搬送色信号による色信号の伝送 …… 32
3.3.1 IQ軸の伝送帯域 …… 32
3.3.2 IQ軸への座標変換 …… 34
3.3.3 直交変調（色副搬送波による色差信号の重畳） … 34
3.3.4 色信号の復調 …… 35
3.3.5 色相（Hue）ズレ …… 36
3.3.6 色副搬送波の選定と帯域共有
（周波数インターリビング） …… 37
(1) NTSCのクロスカラー妨害 …… 37
(2) 周波数インターリビング …… 39
(3) 色副搬送波の周波数 …… 40
3.3.6 色同期信号（バースト信号） …… 41
3.3.7 定輝度原理とガンマ補正 …… 42
(1) 定輝度原理 …… 42
(2) ブラウン管の特性 …… 42
(3) 入力信号と発光出力の関係 …… 44
(4) ガンマ特性とその改善 …… 44
(5) ガンマ補正による輝度信号と色信号 …… 45
(6) 定輝度原理と伝送歪の影響 …… 45
(7) PDP、LCDのガンマ特性 …… 45
3.4 カラーエンコーダ …… 46

Ⅳ．　コンポジット信号とコンポーネント信号 …… 46

Ⅴ．テレビジョンの電波 …… 48

5.1 映像信号の送信 …… 48
5.1.1 振幅変調（AM） …… 48
5.1.2 残留側波帯方式 …… 49
5.2 音声信号の送信 …… 50
5.2.1 周波数変調（FM） …… 50
5.3 テレビジョンの電波 …… 51
5.3.1 テレビジョン電波の構成 …… 51
5.3.2 テレビジョンのチャンネル …… 52

Ⅵ．テレビジョン信号のデジタル化 …… 53

6.1 デジタルテレビのしくみ …… 53
6.1.1 アナログ信号のデジタル化 …… 53
6.1.2 映像信号のデジタル化過程 …… 55
6.2 SDTVのデジタル化 …… 56
6.2.1 基本パラメータの規格化 …… 56
6.2.2 デジタル信号波形 …… 57
6.3 HDTVのデジタル化 …… 59
6.4 シリアル伝送 …… 60

Ⅶ．デジタル放送システム …… 61

7.1 アナログ放送システム …… 61
7.2 デジタル放送システム …… 61
7.2.1 情報源符号化 …… 61
7.2.2 誤り訂正 …… 62
7.2.3 デジタル変調 …… 63
7.3 受信機の画面表示形式 …… 65

（参考）標準試験信号 …… 67
補足1　PAL方式の諸元 …… 68
補足2　PAL方式のクロスカラー妨害 …… 69

参考文献 …… 71

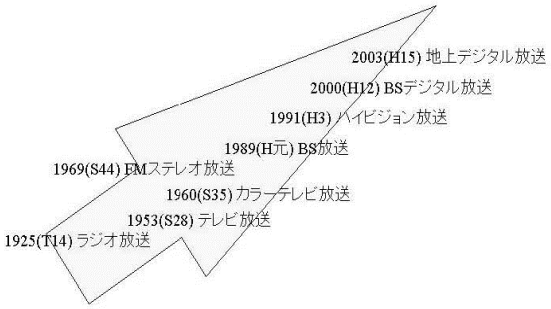
まえがき

日本における放送は、大正14（1925）年のラジオ放送に始まり、続いて昭和28（1953）年には白黒式テレビジョン放送が開始され、現在の基礎が築かれた。

カラーテレビジョンの方式は、1953（昭和28）年に米国FCCが第二次NTSC（National Television System Committee）の「画面の明るさの情報に関する信号は白黒式テレビジョン（第一次NTSC方式）と全く同様の方法で送り、この信号に副搬送波を混合して、この副搬送波を色に関する情報で変調する。かつ、この場合色信号を検波するための同期信号を現在のNTSC方式と同様の方法にする。」とする答申を承認し決定された。

日本においては、昭和35（1960）年に郵政省（当時）が「テレビジョン放送に関する送信の標準方式」を制定公布した。これは、カラーテレビジョン放送の実施に備え、従来の「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」を廃止し、カラーおよび白黒式テレビジョン放送の標準方式を統合制定したものである。これによりNTSC方式に決定した。

これを受けて、カラーテレビジョンの本放送が開始され、NHK東京と大阪および民放4社が放送を開始した。



第1.1図　放送の発展

その後、第1.1図に示すようにBS放送が平成元（1989）年、ハイビジョン放送が平成3（1991）年に開始され、平成12（2000）年からはISDBによるBSデジタル放送（ISDB-S）が開始された。平成15（2003）年からは地上デジタル放送（ISDB-T）が開始され、2006（平成18）年に地上デジタル放送の一つのセグメントを使用したワンセグ放送が開始された。

このテキストでは、テレビジョン放送の基礎となる「白黒式テレビジョン」の信号構成から説明し、白黒式テレビジョンとの両立性を図った「カラーテレビジョン」の色信号の取り扱い（色差信号）を学ぶ。そして、これらの信号とデジタル放送との関係を説明する。

なお、カラーテレビジョンとデジタルテレビジョンには、世界的にいくつかの方式があるので、該当する箇所で説明を付記する。

放送の歴史（NHK関係抜粋）

1925（T14）ラジオ放送開始
1952（S27）「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」制定（郵政省）
1953（S28）白黒式テレビジョン放送開始（2月1日）
「米国」NTSC、カラーテレビジョンの推奨標準方式を決定
1960（S35）カラーテレビジョン標準方式を決定（郵政省）
カラーテレビジョン放送開始
1963（S38）UHFテレビジョン放送開始（日立、高萩サテライト局、100W）
FM放送実用化試験局（ステレオ実験局）開局（1969年本放送）
1969（S44）難視地域テレビジョン共同受信施設の設置・運営許可（郵政省）
1971（S46）NHK総合テレビジョン全面カラー化
1978（S53）テレビジョン音声多重の実用化試験放送開始（FM-FM方式）
テレビジョン文字多重実験局開設
実験用中型放送衛星「ゆり」打ち上げ
1980（S55）緊急警報放送の実験放送開始
1984（S59）実用放送衛星（BS-2a）打ち上げ、2年後BS-2b打ち上げ
1989（H 1）本格的衛星放送開始
EDTV（第一世代）開始
1991（H 3）BSAT-1aによるHDTV（MUSE方式）試験放送開始
2000（H12）BSデジタル放送開始（12月）
2003（H15）地上デジタルテレビジョン放送開始（12月）
2006（H18）1セグメント部分受信サービス（ワンセグ）放送開始（4月）

Ⅰ．世界の標準テレビジョン方式

現在のテレビジョン放送は、1956年にCCIRで世界的に統一された白黒式テレビジョンの標準方式を基に、その信号にカラー信号（R、G、B）を多重する方法を採用している。

カラーテレビジョンの各方式を理解するためには、ベースとなる白黒式テレビジョンの規格を知る必要がある。その規格は、カラーテレビジョンやデジタルテレビジョンにも引き継がれている。

＜標準テレビジョン放送方式とは＞

その国で採用されているテレビジョンの方式を標準方式と呼ぶ。世界のカラーテレビジョン放送の標準方式は3方式あり、日本ではNTSC方式が標準方式である。

1．白黒式テレビジョンの標準方式

テレビジョンは、送像側と受像側の手順をあらかじめ決めておく必要がある。この手順は各国の事情で独自に規格化しサービスを開始（第 1.1 表）している。

第 1.1 表 各国の白黒式テレビジョン放送（本放送開始順）

国　名	開始時の規格（抜粋）*1	本放送開始
アメリカ	525 本、30 枚、4:3	1941(昭和 16)年
フランス	441→819 本、25 枚、5:4	1948(昭和 23)年
イギリス	405 本、25 枚、5:4	1949(昭和 24)年
日　本	525 本、30 枚、4:3	1953(昭和 28)年

*1 走査線数、フレーム数、アスペクト比

第 1.1 表のように各国により規格がまちまちのため、世界的にプログラム交換や機器の製造などの利便性が損なわれるとの要望から、方式の統一が求められ国際無線通信諮問委員会（CCIR）で審議の結果（1956 年、ワルソー第 8 回総会勧告第 212 号）、白黒式テレビジョンの標準方式として次の 12 項目について一致を見た。

＜ベースバンド信号について＞

1. 電力周波数と独立していること。
2. 横と縦の比（aspect ratio）は 4 対 3 であること。
3. 飛越走査比は 2 対 1 であること。
4. 走査は左から右へ、上から下へ行うこと。
5. 黒レベルは絵の明暗に拘りなく一定の搬送波レベルであること。
6. 輻射される信号の特性は普通の受信機の受像管の信号対明度の特性を考慮して 1 以下であること。

＜伝送信号について＞（単位は当時のもの）

7. 映像搬送波は振幅変調すること。
8. 受像機は残留側波帯送信を受信でき、かつ映像搬送波は受像機内で減衰させること。
9. 送信機は搬送波を減衰させることなく下側波帯または上側波帯のいずれかを減衰するように設計すること。
10. テレビジョンチャンネル内に映像および音声搬送波をおき、映像搬送波は一端から 1.25Mc のところに、音声搬送波は 0.25Mc のところにおくこと。
11. 不必要な側波帯は映像搬送波から 1.25Mc のところで輻射電界が少なくとも 20db 弱くなるように減衰させること。
12. 送信電波の偏波面については標準化する必要を認めない。

以上の一致点が世界規格として決定されたのであるが、これら一致点の中には、重要な走査線数やフレーム枚数は規定されていない。これらは当時、各国で放送していた規格をそのまま継続することを意味しており、その結果、その後主流となる 525 本（30

枚）方式と625本（25枚）方式を含む4方式（405本・25枚、819本・25枚）が使用されることとなった。

日本においては、CCIR勧告以前の1952年（昭和27.2.28）に「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」として、ワルソー第8回総会勧告第212号で勧告されたベースバンド信号および伝送信号の規格を満足し、さらに走査線数を525本、フレーム数を30枚、周波数帯域幅は6MHzとすることが公布されている。

白黒式テレビジョンの規格は、EIA（Electronic Industrial Alliance、アメリカ電子工業会）によってEIA RS-170として規格化されている。

2. カラーテレビジョンの標準方式

カラーテレビジョンは白黒式テレビジョンとの両立性（コンパチビリティ）を重視して方式が決定されている。

詳しくは後述するが、世界的に使用されているカラーテレビジョンの方式には次の三方式がある。

■ 1953年

アメリカの**NTSC**（National Television System Committee）がRCAの基本原理を採用した標準方式を制定

■ 1956年

旧西ドイツ（テレフンケン社、ヴァルター・ブルック（Walter Bruch））により開発された**PAL**（Phase Alternation by Line）方式を標準方式に制定

■ 1962年

フランスで**SECAM**（Séquentiel couleur à mémoire ,Sequential a memoir）方式を標準方式に制定

3. デジタルテレビジョンの標準方式

■ **ATSC**（Advanced Television Systems Committee）方式

アメリカで1982年に開発された地上波デジタルの方式。シングル・キャリアのためマルチパス等の影響があり、移動体などには不向きである。移動帯用には、別にATSC-M/H方式の電波を使用する。

■ **DVB**（Digital Video Broadcasting）方式

DVB規格の地上デジタル放送（DVB-T）は、1998年にイギリスで初めて開始された。地上携帯向けにはDVB-H（Digital Video Broadcasting - Handheld）が2006年にイタリアで開始されている。

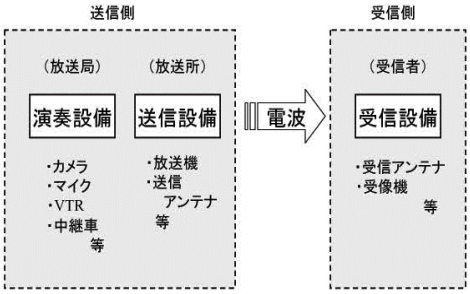
■ **ISDB**（Integrated Services Digital Broadcasting）方式

ISDB-Tでは、OFDM(直交波周波数分割多重)方式を用いる。また、階層化してセグメントに分割して伝送する。ISDB-Tでは、このセグメントのうちの1つを携帯端末（ワンセグ）向けとする。

Ⅱ．テレビジョン放送のしくみ

1．放送のしくみ

テレビジョン放送では、第2.1図のように放送局の演奏設備（カメラ、マイクロホン、VTR、中継車等）で人物や景色等の被写体を電気信号に変えて、放送所の送信設備（放送機、送信アンテナ等）で電波として送信する。これを、受信側では受信者の受信設備（受信アンテナ、受像機等）で送られてきた信号から元の電気信号に戻してブラウン管等に被写体の画像を再現する。

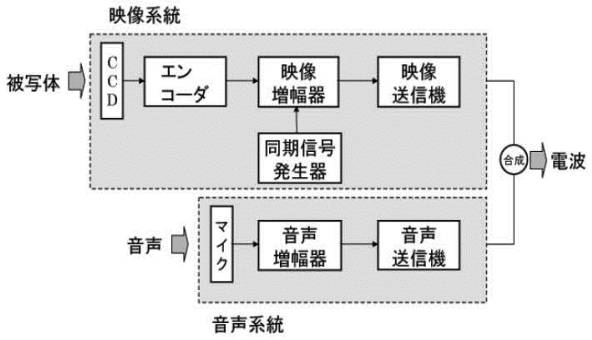


第2.1図 テレビジョン放送のしくみ

(1)．送信のしくみ

送信側では、第2.2図のように被写体をテレビジョンカメラ（撮像デバイス等）で画像として、一定の動作（走査）の元に明暗および色別に分解し映像信号にする。この映像信号に送り側（送信側）と受け側（受信側）との走査を一致させるための同期信号を付加した信号を、電波に乗せて（変調:modulation）送信する。また、音声信号も映像信号とともに送信され、受信される。

この時、もっとも基本となるものは、「走査（scanning）」と「同期（synchronize）」である。

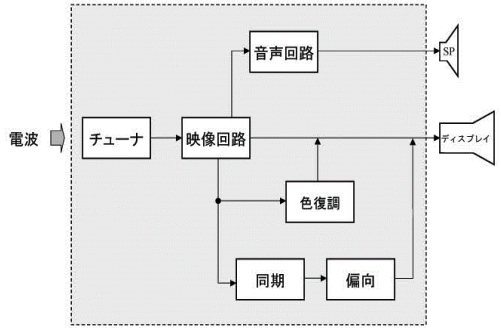


第2.2図 送信のしくみ

(2). 受信のしくみ

受信側では、第2.3図のように送信されてきた電波から映像信号を取り出して（復調:demodulation）ブラウン管（CRT ： Cathode Ray Tube）等で画像を再現する。

また、復調された映像信号から同期信号を取り出し（同期分離）、ブラウン管等の走査（偏向）を送信側と一致させる。



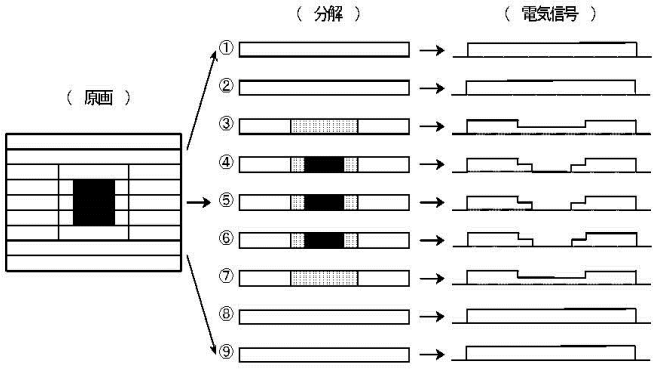
第2.3図 受信のしくみ（インターキャリア方式）

2. テレビジョン信号の構成

2.1 走査

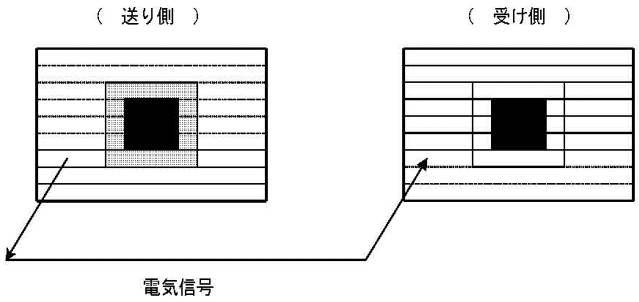
2.1.1 走査の役割（画面の分解と組み立て）

テレビジョンでは、被写体をテレビジョンカメラで電気信号に変えて送らなければならない。一枚の二次元的画面を全部同時に送ることは技術的に困難であるため、第2.4図のように細かく分けて電気信号に変え順番に送る。受け側では送られてきた順番に、画像を組み立てて再現する。



第2.4図　画像の分解

この手順は、第2.5図のように送り側と受け側とで一致させて（同期を合わせて）行わなければならない。



第2.5図　画像の分解と組み立て

2.1.2 走査の方法

一枚の画面を細かく分解し、画面の左から右、上から下に向かって電気信号に変える方法を走査という。

画面の横方向の走査を水平（H：Horizontal）走査、縦方向の走査を垂直（V：Vertical）走査という。

水平走査線は、線数が多いほど画面の細かさ、つまり解像度が良くなり、NTSC方式では525本、デジタルハイビジョン（デジタルHDTV）では1,125本と750本、デジタルテレビジョン（デジタルSDTV）では525本である。

2.1.3 順次走査と飛越走査

走査は、画面の左から右、上から下に向かって行う。この両動作を同時に行うことは、画面の左上から右下に向かって斜めに走査をすることになる。

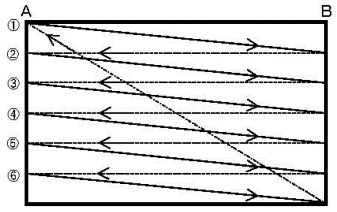
走査方法には、順次（progressive）走査と飛越（interlace）走査がある。

(1) 順次走査

順次走査方式は、第2.6図のように画面の左上から右下に向かって順番に走査する。まず、第2.6図のA端から始まってB端まで水平方向に走査し、B端に到達するとA端に向かって短時間で戻り、続いて次の水平走査が始まる。

（このB端からA端に短時間で戻る走査線を水平帰線、この時間を水平帰線期間と呼ぶ。）このように画面の上から順番に走査して画面の右下に到達し、一枚の画面（1フレーム、frame）を完成した走査線は、B端の右下からA端の左上に短時間に戻り、次のフレームの走査を開始する。（この、B端の右下からA端の左上に短時間に戻る走査線を垂直帰線、この時間を垂直帰線期間と呼ぶ。）

順次走査では、1秒間に約55フレーム以上で画面のチラツキ（フリッカ、flicker）は知覚されない。



第2.6図　順次走査

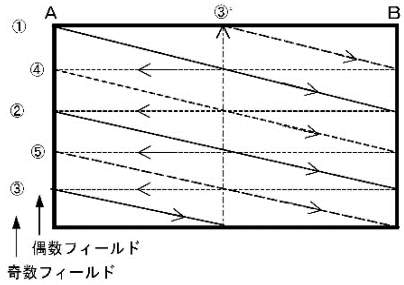
(2) 飛越走査（2：1の飛越走査）

飛越走査は、順次走査の走査線を一本置きに走査（奇数フィールド）し、次にその間を走査（偶数フィールド）する。そして、これら2つのフィールド（field）により一枚のフレームをつくる。

このような一見複雑な走査方法は、人間の目の残像特性を利用したもので、帯域を圧縮し、周波数の利用効率を高める効果がある。すなわち、飛越走査では1秒間に29.97フレームでもフリッカは知覚されない。

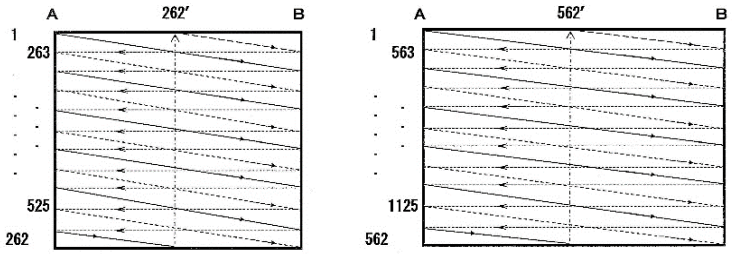
第2.7図の走査線数5本の場合を例に説明する。最初は走査線①、②、③番目と走査し、最後の③番目は画面中央の下で走査を終了し、画面中央の上に移動して奇数フィールドを完成する。次に、走査線③の残りの半分（③'）の走査を行い、走査線は④、⑤番目に進み、⑤番目の走査線は画面右下まで走査した後、画面左上に移動して、偶数フィールドを完成する。

この飛越走査は、走査線数を奇数にすることにより、実現することができる。



第2.7図　飛越走査

NTSC方式の走査線を第2.8図(a)に、ハイビジョンの走査線を第1.9図(b)に示す。



(a) 525本　　(b) 1125本

第2.8図 NTSC方式とハイビジョンの走査線

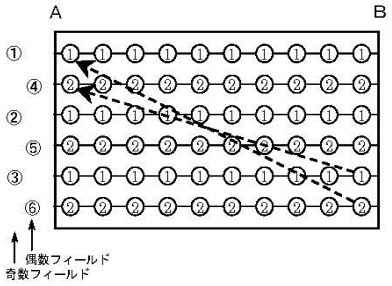
(3) デジタルテレビジョンの走査

デジタルテレビジョンでの飛越走査は、アナログテレビジョンのような奇数フィールドの最後の走査線を1／2で画面上部に折り返すような走査をすることができない。

このため、第2.9図のように奇数フィールドと偶数フィールドともに画面の右下まで走査して次のフィールドに引き継ぐことになる。

この時、映像信号はアナログテレビジョンと同様に奇数フィールドの中間で終了

（残りは黒レベルの信号）し、偶数フィールドに移動して、最初の半分は黒レベルの信号を、中間から残りの映像を走査する。



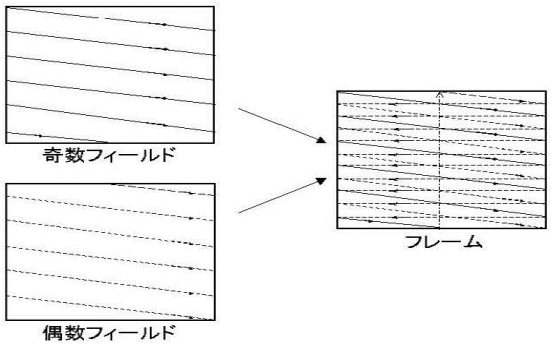
（①②③は奇数フィールド、④⑤⑥は偶数フィールドを示す）

第2.9図　デジタルテレビジョンの飛越走査

なお、デジタルテレビジョンでの順次走査は、上から順番に走査をしてフレームを構成する。

(4) フレームとフィールド

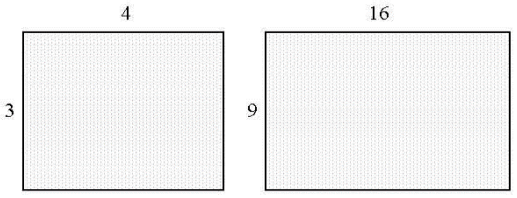
飛越走査では、第2.10図のように2枚の荒い画面（フィールド、field）で1枚の画面（フレーム、frame）を構成している。



第2.10図 フィールドとフレーム

2.1.4 アスペクト比

画面のアスペクト比（縦横比、aspect ratio）は、第2.11図のようにNTSC方式では横4縦3（4:3）の比率、ハイビジョンでは横16縦9（16:9）の比率となっている。



(a) 4:3　　(b) 16:9

第2.11図 アスペクト比

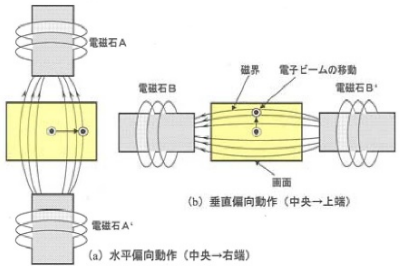
2.2 偏向

偏向の原理を、テレビジョン開発時から使用されていたブラウン管で説明する。

2.1.1 電子ビームの偏向

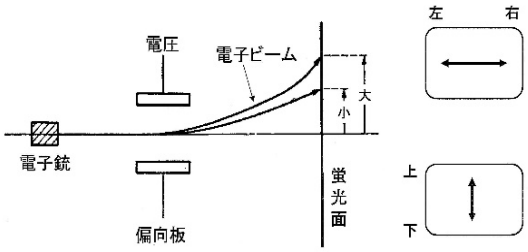
走査をするために電子ビームを左右・上下に振ることを偏向（defrection）という。

ブラウン管は第2.12図のように、水平軸用および垂直軸用に電磁石を配置し、ノコギリ波電流を流してフレミングの左手の法則の原理で、電子ビームを移動（偏向）する。これを電磁偏向という。



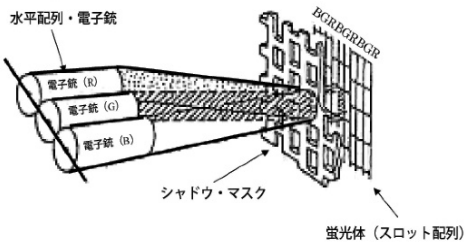
第2.12図　偏向動作

この偏向動作をブラウン管の側面から見た様子を第2.13図に示す。電子銃から放射された電子ビームは、電界と磁界により上下・左右に偏向される。



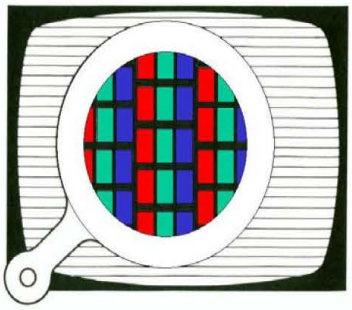
第2.13図 ブラウン管の偏向動作

これを実際のカラーブラウン管で見ると、第2.14図のようにRGBの三つの電子銃からの電子ビームを制御して、シャドウマスクの位置で三つのビームを収束し、背後に各色に対応して配置した蛍光体（第2.15図）を発光させる。

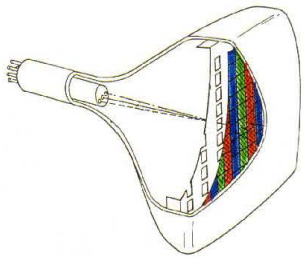


第2.14図 インライン型電子銃とシャドウマスク

4



第2.15図 蛍光体の配置



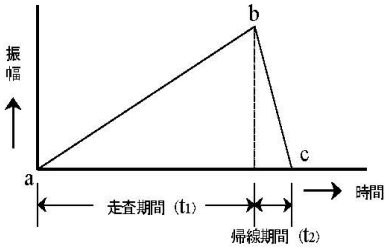
第2.16図 ブラウン管の構造

この全体は、第2.16図のような構造をしており、三つの電子ビームを正確にそれぞれの蛍光体に当てるためにシャドウマスクを配置している。

2.2.2 ノコギリ波

電子ビームを走査（偏向）するためには、電磁界のノコギリ波状変化を必要とするので、偏向コイルに流れる電流をノコギリ波状の波形とする。

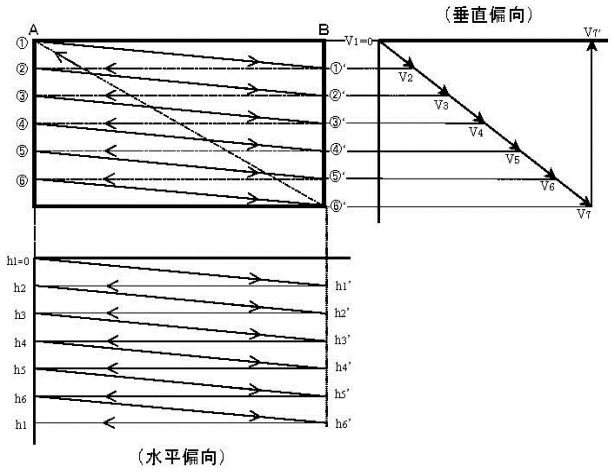
偏向に使用するノコギリ波は、第2.17図の形状をしている。すなわち、時間t_1でa点から直線上にb点まで振幅が増加し、時間t_2でb点からc点まで直線的に減少する。この時間t_1を走査期間、時間t_2を帰線期間という。（この場合、ノコギリ波が水平偏向の場合は水平走査期間、水平帰線期間といい、垂直偏向の場合は垂直走査期間、垂直帰線期間という。）



第2.17図　ノコギリ波形

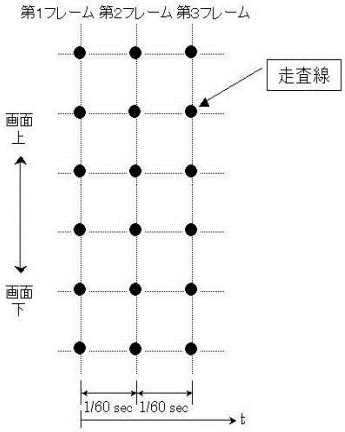
2.2.3 順次走査の偏向動作

順次走査は、第2.18図に示すように走査線を ① → ①’、①’ → ②、② → ②’、②’ → ③、③ → ③’、… と移動する場合には、水平方向にノコギリ波をh_1=0 → h_1'、h_1' → h_2、h_2 → h_2'、h_2' → h_3、h_3 → h_3'、…と変化させるとともに、平行して垂直方向にノコギリ波をV_1=0 → V_2、V_2 → V_3、V_3 → V_4、…と変化させる。このように水平と垂直のノコギリ波を同時に変化させるため、画面上では左上→右下に向かって順番に走査線が描かれ、最後に右下→左上に戻り、次のフレームに移る。この時、h_1' → h_2、h_2' → h_3、… の水平帰線は、右端から左端に素早く移動させ、かつ、画面上では走査線を描かせないようにする。第2.18図では、垂直帰線は、V_7 → V_7'である。



第2.18図　順次走査の偏向動作

以上の動作は、画面の前方から見た2次元的な表現であるが、時間的な変化に着目した場合は第2.19図のようになる。この図は、画面の横から見た様子で横軸は時間軸である。順次走査の場合は、各フレーム間隔は1／60〔sec〕であるから、1／60〔sec〕間隔で次々とフレームが構成されていく。この時、各フレームの走査線の間隔（位置）は一定している。



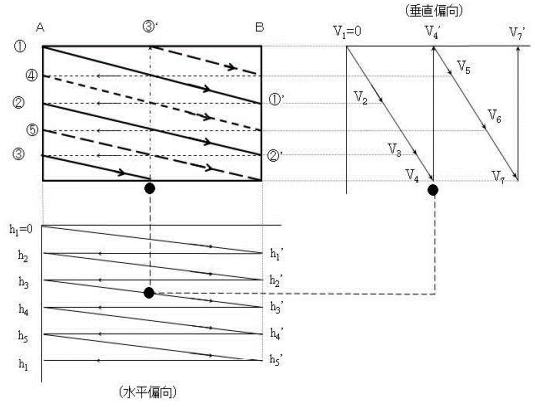
第2.19図　順次走査の時間軸表示

2.2.4 飛越走査の偏向動作

飛越走査は、第2.20図に示すように走査線 ① → ①’、①’ → ②、② → ②’、②’ → ③を移動させるために、水平方向にノコギリ波を $h_1=0 \rightarrow h_1'$、$h_1' \rightarrow h_2$、$h_2 \rightarrow h_2'$、$h_2' \rightarrow h_3$ そして $h_3 \rightarrow h_3'$ と偏向させる。一方、平行して垂直方向にもノコギリ波を $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4$ と偏向させる。この水平・垂直の偏向動作で、①から③'に向かった走査線は画面中央の下端に到達する。

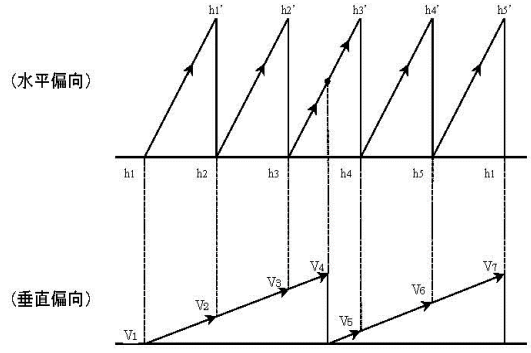
しかし、h_3からh_3'に向かった走査線は、ノコギリ波の水平偏向のため途中で終わることはないので走査線を描き続ける。この時、ノコギリ波の垂直偏向は$V_4 \rightarrow V_4'$に移動し、画面中央の上に向かっているため、走査線も画面中央の上に移動し、③’に向かって引き続き走査される。（この時から描く走査線は、以前の①からの走査線より一本下の走査線（＝偶数ライン）となるため、偶数ラインの走査線を描くことができる。）

この動作を実現するためには、走査線数は必ず奇数（525本、1125本）でなければならない。



第2.20図　飛越走査の偏向動作

飛越走査とノコギリ波との関係を詳細に示すと、第2.21図のようになる。すなわち、1フレーム間に垂直偏向を2つに分けて行うことにより、飛越走査を可能としている。

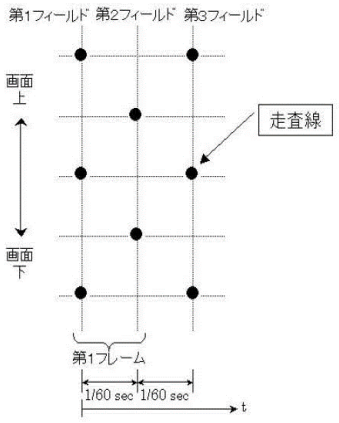


第2.21図　飛越走査とノコギリ波の関係

もし、走査線が偶数の場合には、h_5'がちょうど画面の右端の下となり、次に画面の上の左端に戻った時、わざわざ二番目の走査線開始位置に走査線を移動することが必要になり、垂直偏向ノコギリ波の形状が複雑となる。

以上の動作は、画面の前方から見た2次元的な表現であるが、時間的な変化に着目した場合は第2.22図のようになる。この図は、画面の横から見た様子を示し、横軸は時間軸である。

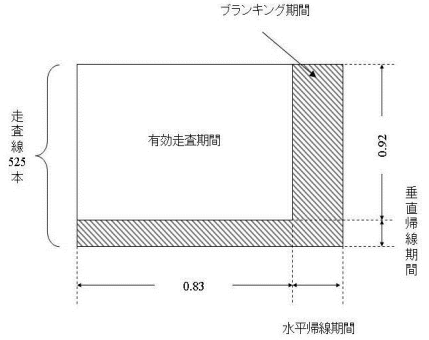
飛越走査の場合は、各フィールド間隔は1／60〔sec〕であるから、1／60〔sec〕間隔で次々とフィールドが構成されていく。各フィールドは、走査線1本置きに構成され、2枚のフィールドで1枚の画面（フレーム）が構成される。



第2.22図　飛越走査の時間軸表示

2.2.5 有効走査線期間

画面の表示には、水平方向と垂直方向にそれぞれ走査期間と帰線期間があり、画像が表示される部分（有効走査期間）と、表示させない部分（ブランキング期間）とがある。これらの期間は、第2.23図のように規定されている。しかし、実際のテレビジョン受像機では、一般的に数％程度オーバースキャンさせて画像を表示させている。



第2.23図　有効走査期間とブランキング期間

2.2.6 ライン周波数とフレーム周波数

（1）走査線数525本

テレビジョンは、人間の目の残像特性を利用している。順次走査は、1枚のフレームの走査開始から終了まで（フレーム走査）の時間を1／60〔sec〕としている。

飛越走査は、1枚のフィールドの走査開始から終了まで（フィールド走査）の時間を1／60〔sec〕として、2フィールドで1フレームを構成する。

ライン周波数（line frequency）は、次式で求めることができる。

ライン周波数＝走査線数×フレーム数

走査線数525本のライン周波数は、順次走査は1秒間に60枚のフレーム構成のため525本×60フレーム＝31.500〔kHz〕、飛越走査は2フィールドで1フレームを構成するため525本×30フレーム＝15.750〔kHz〕となる。

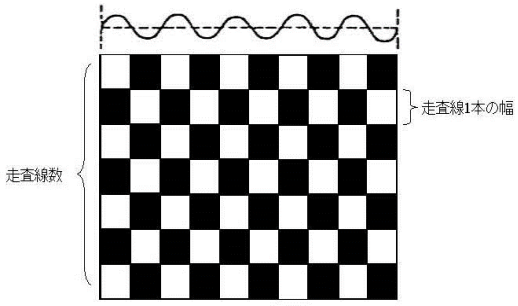
（2）走査線数1125本、750本

ハイビジョンの走査線数1125本（飛越走査）のライン周波数は33.750kHz（＝1125本×30フレーム）となり、走査線数750本（順次走査）のライン周波数は45.000kHz（＝750本×60フレーム）となる。

なお、このライン周波数は、送り側と受け側とで同期を取る必要があるため、ブラウン管を偏向する場合の水平偏向周波数となる。

2.2.7 映像信号の帯域幅

標準テレビジョンの映像信号帯域幅は、伝送する画像の種類によって異なるが、最も高帯域となるのは走査線1本毎に白と黒が反転した画像（第2.24図 市松模様）である。



第2.24図 市松模様

(1) 走査線数525本、フレーム数30枚の場合

映像信号の帯域幅は、次式で算出することができる。

$$f_{max} = 1/2 \times f_F \times n^2 \times h/v \times y/x$$
$$= 1/2 \times 30 \times 525^2 \times 4/3 \times 0.92/0.83$$
$$\fallingdotseq 6.1\text{MHz}$$

ここで、f_F：フレーム周波数（30Hz）

n ：走査線数（525本）

h/v：画面のアスペクト比（4/3）

y/x：垂直・水平の有効走査期間比（0.92/0.83）

実際には、走査線のビームスポットが円形であることなどから、帯域幅は低下する。この低下率をケル係数といい、0.7とされている。このケル係数を上式に掛けると実際の帯域幅は約4.2MHzとなる。

(2) 走査線数625本、フレーム数25枚の場合

映像信号の帯域幅

$$f_{max} = 1/2 \times f_F \times n2 \times h/v \times y/x$$
$$= 1/2 \times 25 \times 6252 \times 4/3 \times 0.92/0.83$$
$$\fallingdotseq 7.2\text{MHz}$$

となり、ケル係数0.7とすると実際の帯域幅は約5.1MHzとなる。

ここで、f_F：フレーム周波数（25Hz）

n ：走査線数（625本）

h/v：画面のアスペクト比（4/3）

y/x：垂直・水平の有効走査期間比（0.92/0.83）

(3) 走査線数1125本、フレーム数30枚の場合

HDTVの場合は、次のようになる。

$$f_{max} = 1/2 \times f_F \times n^2 \times h/v \times y/x$$
$$= 1/2 \times 30 \times 1125^2 \times 16/9 \times 0.96/0.87$$
$$\fallingdotseq 37.2\text{MHz}$$

これにケル係数を掛けると約26.1MHzとなる。

2.3 複合映像信号の構成

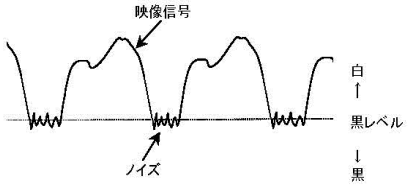
テレビジョン信号は、映像（輝度）信号と帰線消去信号および同期信号を合成したもので、複合映像信号（composite video signal）という。

2.3.1 映像信号

映像信号は、第2.4図のように画面を走査した時に、走査線の移動に伴って画面の明暗を電気信号に変えたものである。

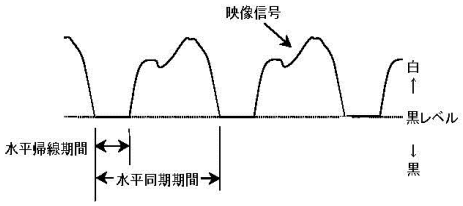
2.3.2 帰線消去信号

映像信号を作る課程で、第2.25図のように帰線期間にノイズ等が電気信号として認識され、これが画面上に現れることがある。



第2.25図　映像（輝度）信号

このため帰線期間は、第2.26図のように画面を完全に光らせないように黒のレベルにする信号（帰線消去信号）を挿入する。



第2.26図　映像信号と水平帰線期間

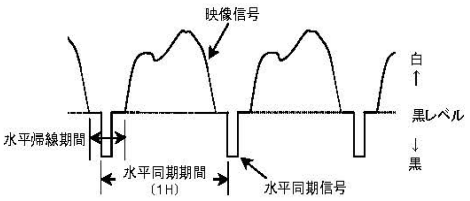
水平方向に走査した時は、水平走査期間に合わせた周期で電気信号の区切り（水平帰線期間）を入れ、垂直方向には、順次走査ではフレーム毎、飛越走査ではフィールド毎に電気信号の区切り（垂直帰線期間）を入れる。

2.3.3 同期信号

同期信号は、送り側と受け側との信号のタイミングを一致させるためのもので、画面に現れない帰線期間を利用して、帰線消去信号部分に重畳する。水平同期信号は走査線1本毎に、垂直同期信号は順次走査ではフレーム毎、飛越走査ではフィールド毎に挿入する。

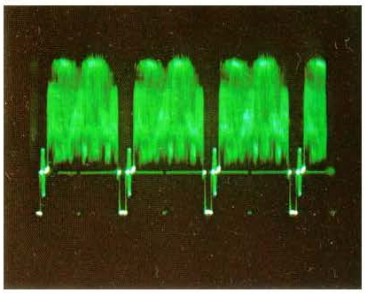
(1) 水平同期信号

第2.27図は、標準テレビジョンの水平帰線期間に水平同期信号（2値波形）を挿入した状態を示したものである。1水平同期期間を1H（1 Horizontal）と表記する。



第2.27図　映像信号と水平同期信号

第2.28図は、実際の映像信号を水平同期期間で観測した時間軸波形である。

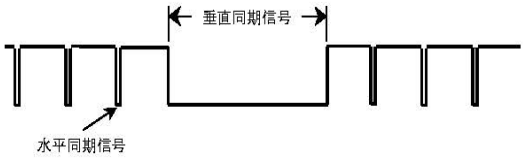


第2.28図　水平同期信号波形（H期間）

(2) 垂直同期信号

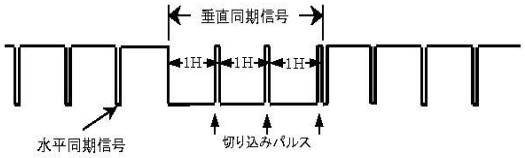
標準テレビジョンの垂直同期信号は、順次走査の場合はフレーム終了毎に、飛越走査の場合はフィールド終了毎に、第2.29図のように挿入される。

1垂直同期期間を1V（1 Vertical）と表記する。



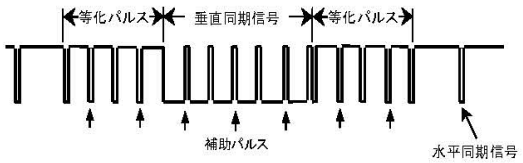
第2.29図　垂直同期信号のイメージ

第2.29図は、垂直同期信号のイメージを表すため一つのパルスとして描いている。垂直同期信号期間は水平同期期間より長いために、この間は水平同期信号が無くなり水平同期がとれない状態となって画面が歪んでしまう。このため第2.30図のように垂直同期信号の中に水平同期信号が取り出せるパルスを付加する。このパルスを切り込みパルスと呼び、その間隔は1Hである。



第2.30図　切り込みパルスを加えた垂直同期信号

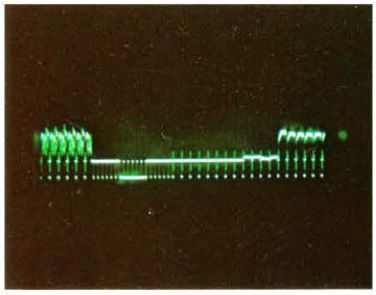
飛越走査の場合には、1フィールド目と2フィールド目が1／2Hだけ異なるために、受信機で垂直同期信号を分離（積分回路）する時に垂直偏向用ノコギリ波の開始・終了位置が異なってしまい、飛越走査が完全に行われなくなる。　このため第2.31図のように垂直同期信号とその前後に補助パルス（1/2H間隔）を挿入し、両フィールドの垂直同期信号開始・終了点を一致させる。垂直同期信号の前後のパルスを等化パルス（equalizing pulse）と呼ぶ。



第2.31図　等化パルスを加えた垂直同期信号

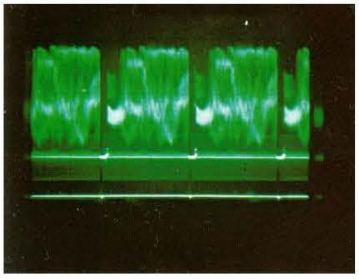
実際の波形は、それぞれのパルスの立ち上がり時間および立ち下がり時間等が規格（7.放送規格）で決められている。

第2.32図は、実際の垂直同期期間の時間軸波形である。



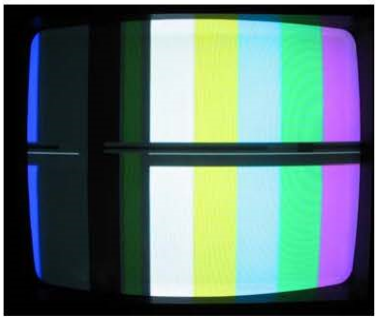
第2.32図　垂直同期期間の波形

第2.33図は、実際の映像信号波形を垂直同期期間で観測した時間軸波形である。



第2.33図　垂直同期信号波形（V期間）

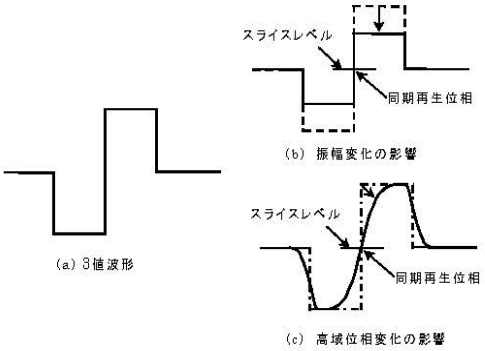
（参考）テレビジョン画面の水平・垂直帰線期間



（水平・垂直の同期位置を移動して表示）

(3) ハイビジョンの水平同期信号

ハイビジョンでは、振幅とともに位相の変化が同期の再生に大きな影響を与える。一般に伝送系では、振幅変化や高域位相変化の影響により波形が歪む事が多い。



第2.34図　HDTV用3値同期波形

ここで使用する第2.34図(a)の3値波形は同期再生位相基準（スライスレベル）をペデスタルレベルとすることにより、第2.34図（b）の振幅変化、第2.34図（c）の高域位相変化を受けても図中に示したように再生同期位相が変化しない特徴を持っている。また、この波形は比較的高い周波数成分を含まないため伝送が容易である。

Ⅲ．カラーテレビジョンの標準方式

このようにベースバンド信号と伝送信号の規格が国際的に決まったことから、各国においては白黒式テレビジョンが飛躍的に普及していく。

一方でカラー化の要望が強まり、1953（昭和 28）年にアメリカの **NTSC**（National Television System Committee）が RCA の基本原理を採用した標準方式を制定した。次いで、旧西ドイツ（テレフンケン社、ヴァルター・プルック（Walter Bruch））により開発された **PAL**（Phase Alternation by Line）方式が 1967（昭和 42）年に放送開始、また、1962（昭和 37）年にフランスで **SECAM**（Séquentiel couleur à mémoire ,Sequential a memoir）方式が開発され、現在放送されているカラーテレビの三つの方式が完成した。

日本においては、1960 年 9 月に「テレビジョン放送に関する送信の標準方式」（白黒式テレビジョンとカラー式テレビジョンを含めた形で統一して制定）を公布し、同時に従来の「白黒式テレビジョン放送に関する送信の標準方式」（昭和 27.2.28 公布）を廃止した。

EIA によって規格化された白黒式テレビジョンの規格 EIA RS-170 は、カラーテレビジョンの仕様を取り入れて EIA RS-170A として新たに制定されている。また、その後、ベースバンド部分のみ SMPTE-170M として定義されている。

第 3.1 表 各国のカラー式テレビジョン放送

国　名	方式決定		コメント
アメリカ	NTSC	1950(昭和 25)年 インターリビング開発(GE) 1953(昭和 28)年 NTSC 標準方式制定	RCA 開発 1954(昭和 29)年 放送開始
フランス	SECAM	1962(昭和 37)年　制定 1966(昭和 41)年 SECAM Ⅲ-b 方式 CCIR 決定	1956(昭和 31)年 フランス （Henri de France 提案） 1967(昭和 42)年 放送開始
イギリス	ＰＡＬ	1956(昭和 31)年規格制定	西独(テレフンケン社開発) 1967(昭和 42)年 放送開始
日　　本	NTSC	1960(昭和 35)年 NTSC 方式の採用	1960(昭和 35)年 9 月 放送開始

このような歴史的背景の元に、現在のカラーテレビジョンの放送が成されている。

1. カラーテレビジョンのしくみ

カラー放送を開始するに先だって問題となるのは、従来からある白黒放送との両立性（compatibility）であった。

1.1 カラー放送と白黒放送との両立

色には、色相（hue）・彩度（chroma）・明度（value）の三要素があり、この三つが揃わないと色として成り立たない。すなわち、この三要素が揃えば、どのような色も表すことができる。

これら三要素のうち「明度」のみを伝送していたのが白黒放送で、カラー放送の場合には「明度」の他に「色相」と「彩度」を伝送する。

三要素を含んだ信号を伝送するには、白黒式テレビジョンに不自然さを与ないように、次の諸項目の両立性が要求される。

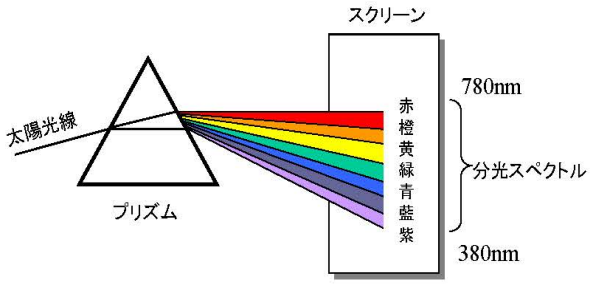
(1) カラー放送を白黒式テレビジョンで受信した時も、自然な白黒の画像が再現される。
(2) 色相、彩度の情報を少ない伝送路で送らなければならない。
(3) その手段が、白黒式テレビジョンに不自然さや妨害を与えてはならない。
(4) 信号の占有帯域が白黒放送と同じ 6MHz 内でなければならない。

これらの諸条件を、以下の方法により実現している。

2 色の性質

2.1 光と色の関係

人間の目に見える光の波長は、約380nm～780nmで可視範囲と言われている。これらは、第3.1図に示すように太陽光等をプリズム（prism）に通して、波長順に赤・橙・黄・緑・青・藍・紫色に見ることができる。これ以外は、人間の目には感じない波長（赤外線、紫外線）となる。



第3.1図　光の波長と色の関係

2.2 色の混合

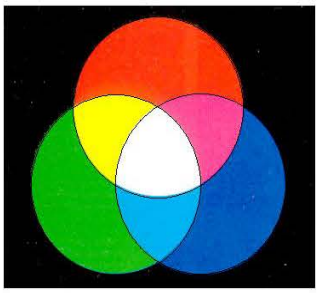
太陽光を分解した7色を合成すれば、元の白色を合成することができるが、実際上不可能である。しかし、人間の目には、ある色を見るとき、その色と感じる色の組み合わせは数多く存在する。この中から、赤（Red）・緑（Green）・青（Blue）の3色の混合割合を変えることで自然に最も近い広範囲の色を表現できることから、この三つの色を3原色とした。

色の混合には加色（混合）法と減色（混合）法があり、カラーテレビジョンでは加色法を用いる。

(1) 加色法（additive methode）

加色法は、目の網膜上の同じ場所に2種類以上の色刺激が入射して、別の色の感覚が生じることをいう。

すなわち、赤（red）と緑（green）および青（blue）の3色を元として混合すると第3.2図に示すような各色を作ることができる。この3色を混合すると白色になる。この3つの色を光の3原色（RGB）という。



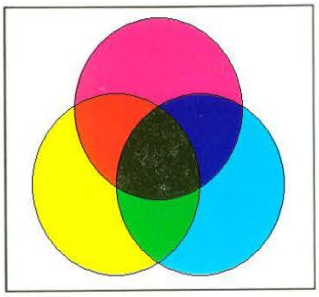
第3.2図　加色法による色の混合

これらは、カラーブラウン管の蛍光体のように、それぞれの色が発色している場合に作り出すことができる色である。

(2) 減色法（subtractive methode）

加色法に対して減色法は、印刷や絵の具のように色の吸収媒質の重ね合わせによって、別の色の感覚が生じることをいう。

すなわち、マゼンタ（magenta）とシアン（cyan）およびイエロー（lemon yellow）の3色を元として混合すると第3.3図に示すような各色ができる。この3色を混合すると黒色となる。



第3.3図　減色法による色の混合

2.3 色の3属性

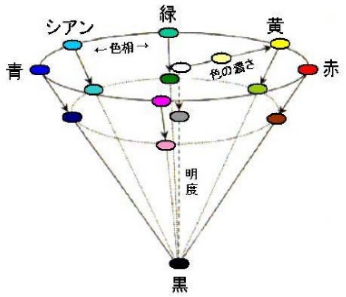
色には、色相・彩度・明度（輝度）を表す3属性がある。

ここで、色相は色合い、彩度は色の鮮やかさ、明度は明るさを表している。これらの関係を第3.4図に示す。

例えば、第3.4図の色相軸上の黄を考えると、その色は彩度軸を中心から外に向

かって鮮やかな色となり、中心に向かうと薄くなる。さらに、垂直方向は明るさを表す明度軸で、下に行くにしたがって暗くなり、上に行くにしたがって明るくなる。

このように、色の3属性によって全ての色を表現することができる。



第3.4図　色の3属性

2.4 色温度と基準白色

通常、我々が見る色は、日常よく使用している光源色で照明された時に、そのような色感覚を生ずる分光分布の光を反射、または吸収する物体色（object color）である。したがって、光源色が変わると同じ色でも異なって感じることになる。

黒体（black body、使用する物質に関係なく、その温度だけで定まる分光分布を持つ理想的な熱放射体。完全放射体ともいう。）を低温から高温に変化させると、その色は暗赤→白→青白と変化する。

すなわち、温度によって物体の色が変化すると、そこから出る光のスペクトルも変化する。これにより色の見え方も変わる。

この黒体の温度に対する色温度（color temperature）の変化（黒体の軌跡）を第3.5図に示す。温度の上昇とともに赤っぽい色から青っぽい色、そして色度図の中心にある白に近づいていく様子が示されている。

このように色温度によって被写体の色が変化してしまうため、基準の色温度を決める必要がある。

第3.6図、表3.2のようにNTSC方式では、C光源（6,774K、x=0.310、y=0.316）を基準白色（reference white）と規定している。ハイビジョンおよびデジタルSDTVでは、第3.3表のようにSMPTE（Society of Motion Pictures and Television Engineers：米国映画テレビジョン技術者協会）規格を採用し、基準白色を昼光に近い光源D_{65}（6,500K、x=0.3127、y=0.3290）としている。

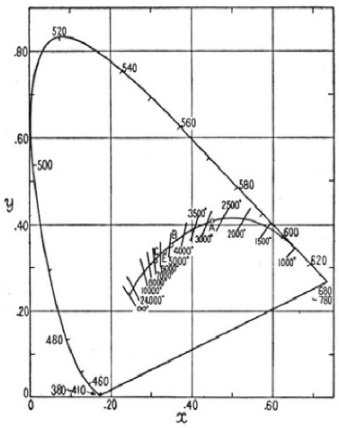
ここに使用する色温度は、白色を表すものであり、単位はK（熱力学温度、ケルビン）である。

第3.2表 方式別の標準光（アナログ）

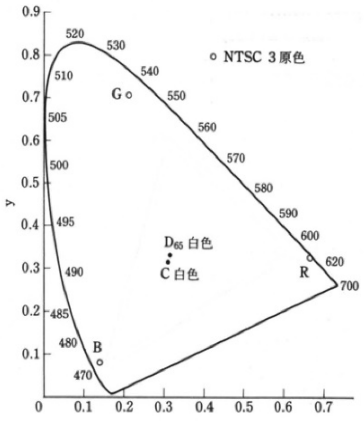
	NTSC	PAL	SECAM
規　格	ITU Rec.624M SMPTE 170M	ITU Rec624 B,G	CCIR SECAMⅢ-b
標準光	C (6774K)	D_{65} (6500K)	D_{65}

第3.3表 標準光（デジタル放送）

	SDTV	HDTV
規 格	ITU-R BT601 / SMPTE 125M	ITU-R BT709 / SMPTE 274M
標準光	D_{65}	



第3.5図 黒体の軌跡



第3.6図 基準白色とNTSCの3原色

第3.4表に代表的な光源の色温度を示す。

第3.4表 代表的な光源の色温度

光源の種類	色温度〔K〕
青空	13,000K
曇空	7,500K
NTSCのC光源	6,774K
HDTVのD_{65}光源	6,500K
蛍光灯	4,500K～6,500K
タングステン電球	3,200K
ロウソクの炎	1,900K

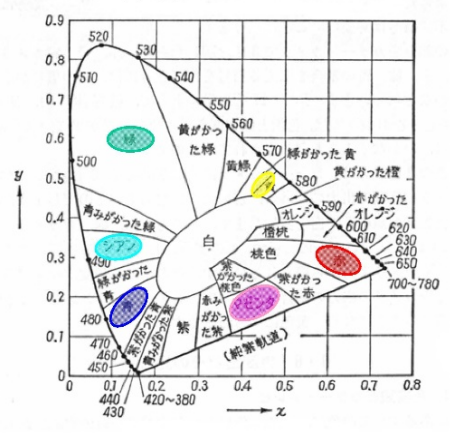
CRTの基準の白は、日本では9,300Kであるが、欧米では6,500Kが使用されている。なお、一般に市販されているテレビジョンの色温度は10,000Kを越えている。

2.5 CIEの色度図

色の値を表す方法には各種のものがあるが、数値に負の値もあり取り扱いが不便である。現在では、CIE（国際照明委員会、Commission Internationale de l'Eclairage）で制定された第3.7図に示すCIE色度図（正確には「CIEのXYZ表色系のx y 色度図」という）を用いると、全ての値が正の値で表されて間違いもなくよく

使用されている。

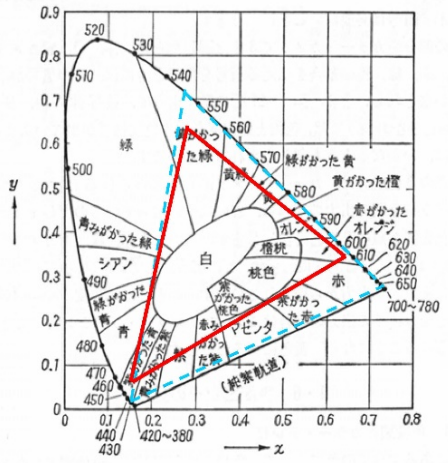
第3.7図の馬蹄形の一番外側の線は最も飽和度の高い単一色を表し、馬蹄形の内側に行くほど色は薄くなり、中央部は白になる。



第3.7図　CIEの色度図

2.6 色再現域

実際の色再現は、伝送する方式やCRTの蛍光体の発光特性によりこの全ての色を再現することはできない。第3.8図は、青点線でNTSC方式の色再現範囲を、赤実線で実際の色再現範囲をそれぞれRGBで結ぶ三角形で示す。



第3.8図　NTSCの色再現範囲（青点線）と実際の色再現範囲（赤実線*）

（*：（社）日本電子機械工業会テレビジョン調査委員会編、「現代カラーテレビジョン技術」、S54、P53）

初期のブラウン管の色再現範囲は現在より若干広かったが、発光能率が悪く残像時間が長いなどの点から、現在は希土類蛍光体を用いた第3.8図の赤実線のようになっている。

3 色信号の伝送

白黒式テレビジョン放送をカラー化するために最も重要なのが、既に普及している白黒式テレビジョンでカラーテレビ信号を受信しても違和感の無いようにするコンパチビリティである。

すなわち、CCIRの白黒式テレビジョンの標準方式（1956年）として決定されたベースバンド信号や伝送信号の項目を逸脱することはできない。

両立性

(1) カラー放送を白黒テレビで受信時も、自然な白黒画像が再現されなければならない。

(2) 色相、彩度の情報を少ない伝送路で送らなければならない。

(3) その手段が、白黒テレビに不自然さや妨害を与えてはならない。

(4) 信号の占有帯域が白黒テレビジョン放送と同じ帯域内でなければならない

カラーテレビジョン信号の生成に当たっては、なるべく忠実に伝送し再現するために次の工夫がなされている。

(1) E_R、E_G、E_Bの三原色信号から輝度信号E_Yが算出できること。

(2) 無彩色の被写体に対しては、出力がゼロになる色差信号を用いること。

(3) 色信号の影響を最小にするために、周波数インターリーブを行うこと。

(4) 帯域制限した信号（NTSC方式ではE_IおよびE_Q信号）を送ること。

3.1 輝度信号と色差信号

3.1.1 輝度信号

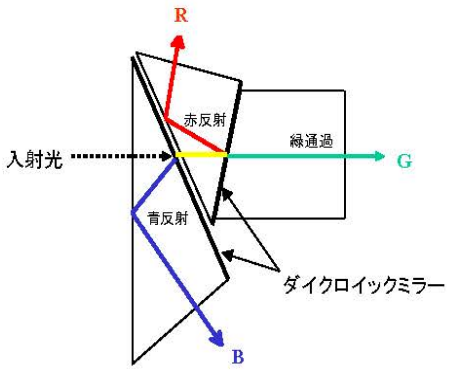
テレビジョンカメラで光を三原色に分解する方法を第 4.1 図に示す。

光を三原色に分解するには、特殊なミラーとプリズムを組み合わせた構造のダイクロイックミラー（dichroic mirror）が使用される。

ダイクロイックミラーは、ガラス基盤の表面に、特定の波長の光を通過させ、それ以外の波長の光を反射させるように作られた多層の干渉膜である。この作用から、ダイクロイックフィルターとも呼ばれる。

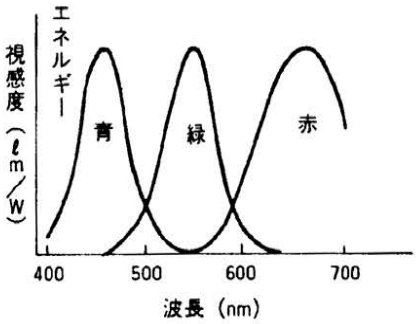
これに、赤(R)・緑(G)・青(B)のそれぞれの色だけの信号を取り出す撮像素子（現在は特殊な撮像管を除き、撮像素子（CCD：Charge Coupled Device）が使用されている。）を用いて、それぞれの信号を取り出す。

三原色分解の原理を第3.9図により説明する。三原色分解プリズムの第1のプリズムに入射した光は青（B）のダイクロイックミラーにより青（B）だけが反射されて、第1のプリズムから青（B）が出力される。光は、赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色で構成されているので、青（B）を除いた光は黄（Yellow）となる。これが第2のプリズムに入射し、赤（R）のダイクロイックミラーにより赤（R）だけを反射し出力する。したがって、残った光は緑（G）となり、これが第3のプリズムから出力される。



第3.9図　ダイクロイックミラーによる三原色分解

3原色分解プリズムによって得られたR、G、Bの各光は、それぞれの色補正フィルターで補正された後、撮像素子で電気信号に変換される。この撮像素子には、第3.10図のようなCIE表示系のスペクトル三刺激値に準拠した特性を持たせている。



第3.10図 三原色の撮像特性

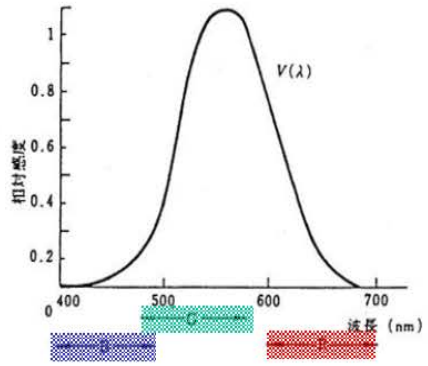
撮像素子は、ハイビジョン用に約200万画素（水平1,920画素、垂直1,036画素、16：9）、2／3インチCCDが用いられる。このCCDをR、G、Bそれぞれのプリズムに装着する。

このようにして、カメラから取り出された3原色信号（E_R・E_G・E_B）と明度（E_Y）との関係は、次のようになる。

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$$

すなわち、赤信号の30%、緑信号の59%、青信号の11%を加え合わせたときに、白黒のカメラで撮像した時の映像信号（E_Y =1.0）と同じ信号になる。

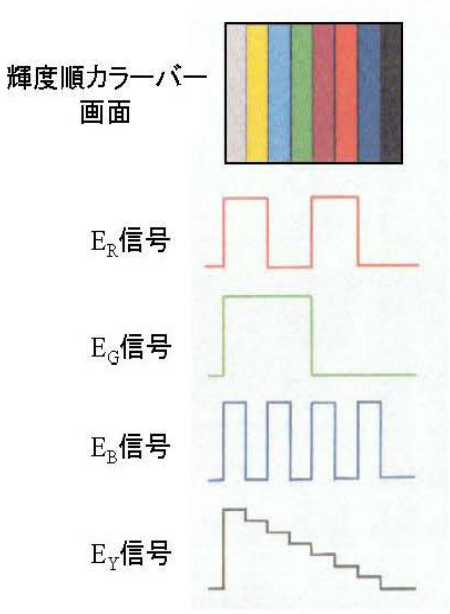
ここで、E_Gの比率が59%と高いのは、第3.11図に示すように人間の比視感度が緑に対して最も高いことに起因している。



第3.11図　比視感度曲線

これを用いてカラーバー信号の輝度順波形を計算すると第3.12図にようになる。（この輝度順カラーバーをフルフィールド・カラーバーという）

また、$E_R=E_G=E_B=0$の場合はゼロとなる。



第3.12図　輝度順カラーバー（フルフィールド）の生成

3.1.2 色差信号

三つの色信号（E_R、E_G、E_B）を、それぞれの伝送チャンネルで送ることは帯域幅を多く必要とし効率的でない。

色信号は、白黒式テレビジョンとの両立性を保つために無彩色（白黒）の被写体に対してゼロになるような、**色差信号(color difference signal)**として伝送する。

色差信号は、輝度信号成分を持たない色相と彩度だけの情報を持つ信号である。

この色差信号は、次のように表すことができる。

$$(E_R - E_Y) = +0.70E_R - 0.59E_G - 0.11E_B$$

$$(E_G - E_Y) = -0.30E_R + 0.41E_G - 0.11E_B$$

$$(E_B - E_Y) = -0.30E_R - 0.59E_G + 0.89E_B$$

すなわち、次のように輝度信号と合成することにより、元の色を再現できる。

$$(E_R - E_Y) + E_Y = E_R$$

$$(E_G - E_Y) + E_Y = E_G$$

$$(E_B - E_Y) + E_Y = E_B$$

実際には、この三つの色差信号を伝送しなくとも（$E_R - E_Y$），（$E_B - E_Y$）の二つを送れば、次により（$E_G - E_Y$）を作り出すことができる。

いま、$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$ の式を変形して

$$0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B - E_Y = 0$$

また、$E_Y = 0.30E_Y + 0.59E_Y + 0.11E_Y$ と変形し、E_Yを代入すると

$$0.30(E_R - E_Y) + 0.59(E_G - E_Y) + 0.11(E_B - E_Y) = 0$$

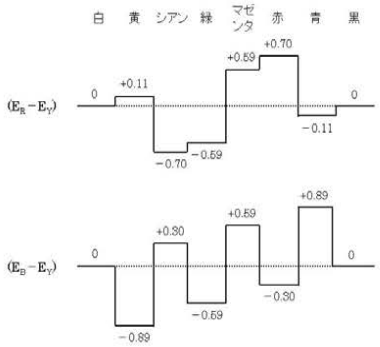
となり、

$$(E_G - E_Y) = -(0.30/0.59)(E_R - E_Y) - (0.11/0.59)(E_B - E_Y)$$

$$= -0.51(E_R - E_Y) - 0.19(E_B - E_Y)$$

このようにして、二つの色差信号から三つ目の色差信号を作ることができるので、二つの色差信号（$E_R - E_Y$、$E_B - E_Y$）を伝送すればよい。この信号は、クロミナンス成分（chrominance component）と呼ばれる。

この二つの色差信号を輝度順カラーバー信号で表すと第3.13図のような波形となる。



第3.13図　色差信号波形

3.2 搬送色信号の生成

NTSC方式の場合

3.2.1 搬送色信号のベクトル（振幅補正前）

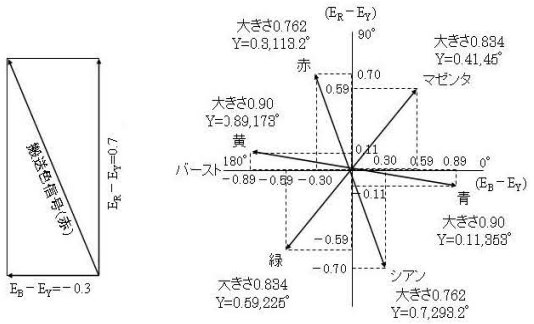
以上のような色差信号を伝送するためには、搬送波で変調する必要がある。この搬送波を色副搬送波といい、色差信号は二種類あるので直交変調を行う。色副搬送波の基準軸を$\sin\omega t$、直交軸を$\cos\omega t$として、おのおの（$E_R - E_Y$）と（$E_B - E_Y$）の色差信号で振幅変調を行う。

いま、赤（R）を例にとるとE_R=1、GとBは撮像素子出力がゼロであるからE_G=E_B=0 なので色差信号は次のようになる。

（E_R-E_Y）=0.70E_R－0.59E_G－0.11E_B → 0.70

（E_B-E_Y）=－0.30E_R－0.59E_G+0.89E_B → －0.30

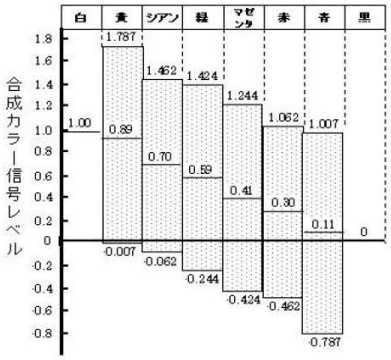
この例のRの場合は第3.14図(a)のようになり、これを各色相について計算すると第3.14図(b)のように表すことができる。



(a) R信号のベクトル合成　　(b) 各色のベクトル

第3.14図 搬送色信号のベクトル

この搬送色信号を輝度順カラーバーで表すと第3.15図のようになる。



第3.15図 輝度順カラーバー信号（振幅補正前）

3.2.2 搬送色信号の振幅補正

第3.15図に示した合成カラー信号は、黒レベルに相当するゼロの位置を中心にして+側、－側とも極端に振幅の高い色相があり、無歪みで信号を伝送することが難しいので、振幅を補正する必要がある。

補正する条件としては

① a(E_R-E_Y)、b(E_B-E_Y)として補正係数a、bを求める。

②最大振幅が白レベルの133%を越えない。

③最小振幅が黒レベルの33%を越えない。

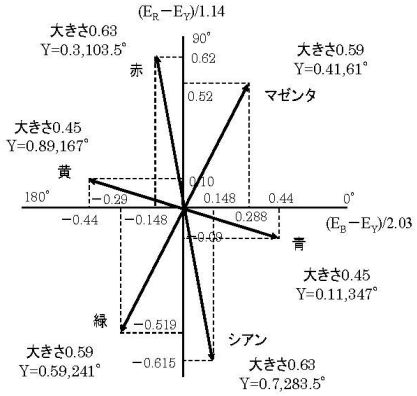
この条件から、－0.33≦(E_Y+|E_C|)≦1.33として補正係数を求めると

a=1/1.14=0.877　　b=1/2.03=0.493

となる。したがって、振幅補正を行った搬送色信号は、次式で表せる。

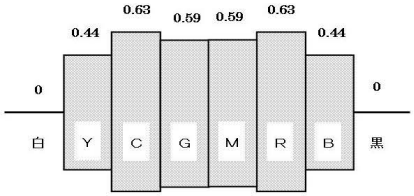
搬送色信号 = $0.877(E_R-E_Y)\cos\omega st+0.493(E_B-E_Y)\sin\omega st$

これにより、計算したカラー信号のベクトルは第3.16図のようになる。



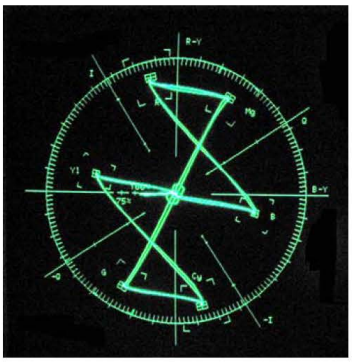
第3.16図 振幅補正した搬送色信号のベクトル

このように色副搬送波で色差信号を変調した輝度順カラーバー信号の搬送色信号波形は、第3.17図にようになる。



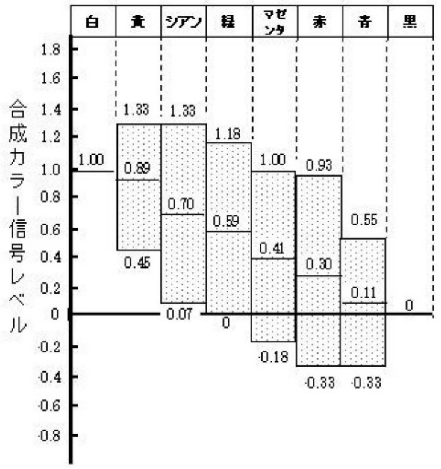
第3.17図　輝度順カラーバー信号の搬送色信号波形

第3.16図のベクトルを観測すると第3.18図のようになる。



第3.18図　ベクトルスコープによる観測（NTSC方式）

また、振幅補正を行った合成カラー信号の振幅レベルを第3.19図に示す。



第3.19図 振幅補正を行った輝度順カラーバー信号

振幅補正により、送信機と受像機の両方ともに色の圧縮または過変調を生ずることなしに、この過度の振幅の信号を処理することができる。

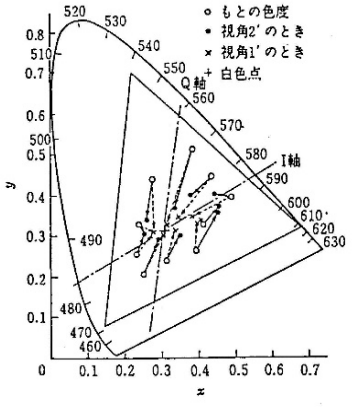
3.3 搬送色信号による色信号の伝送

3.3.1 IQ軸の伝送帯域

色信号は、第3.20図のように色の面積をだんだん小さくしていくと、最後には無彩色になってしまう。この時、比較的最後まで色を認識できる色差視力の高い「オレンジとシアン方向」の色と、比較的色差視力の高くない「黄緑と紫方向」の色の軸が存在する。

この視力の高い色差軸の「オレンジとシアン方向」をI（In-phase）軸、視力の低い色差軸の「黄緑と紫方向」の色をQ（Quardrature phase）軸という。

ここで、I軸は（$E_R - E_Y$）軸から33度左に傾き、色差視力の高い広帯域軸として1.5MHzの周波数幅で伝送する。また、Q軸はI軸に直角で色差視力の高くない狭帯域軸として0.5MHzの周波数幅で伝送する。



第3.20図 小面積による色度の変化とIQ軸

すなわち、対象となる色の面積によって、次のように帯域を利用している。

＜NTSC方式＞

大面積の色：帯域0.5MHz以下の範囲に相当し、RGBの三原色が送られる。

中面積の色：帯域0.5～1.5MHzの範囲に相当し、オレンジ・シアン方向の色が送られる。

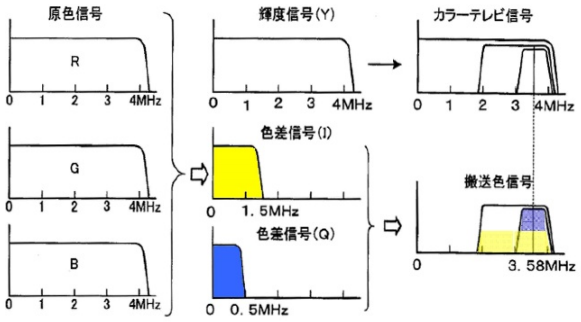
小面積の色：帯域1.5～4MHzの範囲に相当し、色情報は送らず輝度情報を送る。

＜PAL方式＞

大面積・中面積の色：帯域 0～0.6(1.3)MHz の範囲の色が送れる。

小面積の色：帯域 1.3～5(5.5)MHz の範囲に相当し、色情報は送らず、輝度情報を送る。

第3.21図にY、I、Q成分の映像スペクトルを示す。この図から分かるように、Q成分は上下両側波帯（±0.5MHz）であるが、I成分は上側波帯の0.5MHzで切られ、下側波帯は－1.5MHzの残留側波帯特性となっている。



第3.21図 Y、I、Q成分の映像スペクトル（NTSC方式）

ここで、R-Y信号、B-Y信号の帯域制限した信号を、NTSC方式では「I信号、Q信号」、PAL方式では「V信号、U信号」、SECAM方式では「D_R信号、D_B信号」と記述する。

それぞれの方式では色信号の伝送帯域幅が異なり、NTSC方式ではI信号は1.5MHz、Q信号は0.5MHzであり、PAL方式ではU、V信号共に下側1.3MHz、上側0.6MHzまたは1.07MHz、またSECAM方式ではD_R、D_B信号共に約1.3MHzである。

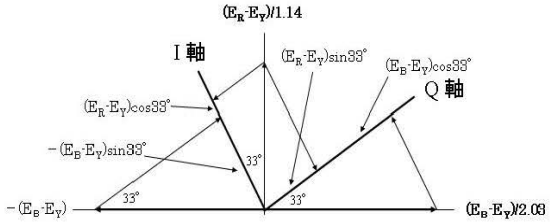
各方式の色差信号は第3.5表のように呼称され、帯域幅も異なる。

第3.5表　各方式の色差信号の呼称と帯域幅

方式	呼称	帯域幅	その他
NTSC	I、Q信号	I信号：下側 1.5MHz 上側 0.5MHz Q信号：±0.5MHz	搬送波抑圧 直交振幅変調
PAL	V、U信号	下側 1.3MHz 上側 0.6 or 1.07MHz	
SECAM	D_R、D_B信号	各±約1.3MHz	周波数変調

3.3.2 IQ軸への座標変換

このようにして目の色覚特性に合わせるため、色差軸から33度傾け、I軸とQ軸が決められた。このIQ成分を伝送するためには、IQ軸上で信号を表さなければならない。



第3.22図　IQ軸への座標変換

第3.22図に示す座標変換により、E_I信号、E_Q信号は次のようになる。

$$E_I = 0.877(E_R - E_Y)\cos 33° - 0.493(E_B - E_Y)\sin 33°$$

$$E_Q = 0.877(E_R - E_Y)\sin 33° + 0.493(E_B - E_Y)\cos 33°$$

ここで、I信号は1.5MHz、Q信号は0.5MHzで帯域制限される。

この結果、IQ信号による搬送色信号は色副搬送波をω_Sとして、次のようになる。

$$E_I\cos(\omega_S t + 33°) + E_Q\sin(\omega_S t + 33°)$$

さらに、輝度信号と搬送色信号を多重すると、最終的に次の式で表す。

$$E_Y + E_I\cos(\omega_S t + 33°) + E_Q\sin(\omega_S t + 33°)$$

3.3.3 直交変調（色副搬送波による色差信号の重畳）

NTSC方式では、前式の帯域制限した二つの搬送色信号E_IとE_Qを一つの搬送波に多重して伝送する。すなわち、第4.15(a)の位相の90度異なる二つの搬送波で直交変調することによって、E_IE_Q信号を色副搬送波に乗せて伝送する。

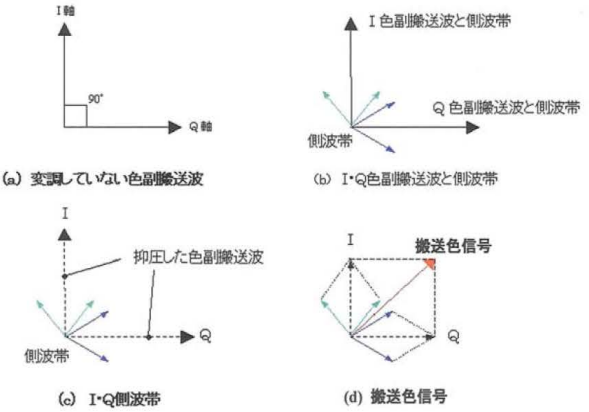
(1) 色差信号の変調（搬送色信号の生成）

直交変調器では、E_Iおよび E_Q 信号の二つの入力信号が直交変調される。

二つの被変調搬送波は90度の位相差を持っているので、これらが変調されると第3.23図(b)のような一対の側波帯を生ずる。側波帯が生じてから後に平衡変調器で搬送波が消去されるので、実際には第3.23図(c)のように側波帯だけが残る。

側波帯は第3.23図(d)のように、ベクトル合成される。一対の側波帯の各組によってその合成波が作られ、次にこれらの合成波が組み合わされて搬送色信号が作られる。

このようにして、種々の色を表す位相変化が送出される。カラー信号では、種々の位相の位置は一場面の色を表し、振幅の変化はこれらの色の飽和度を表す。



第3.23図　搬送色信号の変調過程

実際には、変調に際し、搬送波成分を送らないで側波帯のみを送る搬送波抑圧変調（carrier suppresses modulation）方式を採用し、輝度信号に対する妨害を少なくしている。第3.24図に搬送波抑圧変調回路の例を示す。

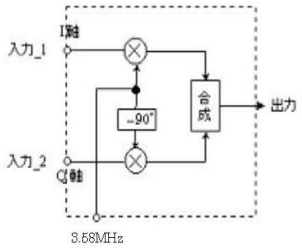
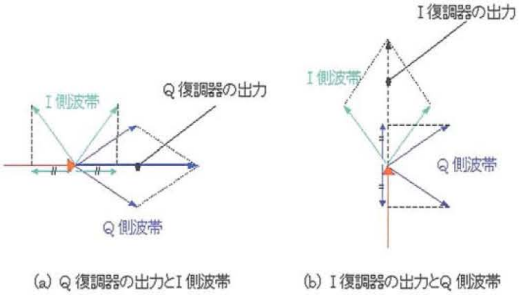


図 3.24 搬送波抑圧変調回路の例

3.3.4 色信号の復調

受像機でIおよびQ信号は再現され、復調器に導かれる。IとQの両復調器には同一の映像信号が加わるが、各復調器に加えられた色副搬送波（3.58MHz）は互いに90度の位相差を持っている。この位相差による合成結果を第3.25図に示す。第4.17図(a)では、色副搬送波はQ信号の抑圧した搬送波と同相とする。Q側波帯と色副搬送波によって、検波器出力に希望のQ信号が復調される。次に、色副搬送波は適当なフィルタによって取り除かれる。

同じ映像信号にはI信号の側波帯も含まれているが、この場合、挿入される色副搬送波とI側波帯における抑圧した搬送波の位置との間には90度の位相差があるために、I側波帯と色副搬送波で検波器出力に生ずる電圧は、その大きさが等しく符号が反対となる。これは、Q復調器では、I信号の影響を打ち消す働きとなる。



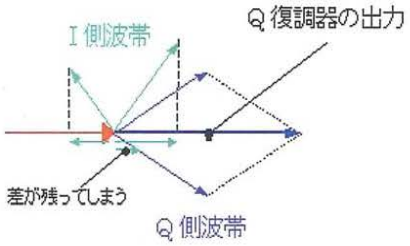
第3.25図 色信号の復調（赤矢印：色副搬送波の位置）

I復調器では、第3.25図(b)のように、色副搬送波を抑圧したI搬送波と同位相にすることにより、Q側波帯とは90度位相差を持たせる。この状態では、I検波器の出力ではI信号が得られ、Q信号は打ち消される。

このようにして、色副搬送波を基準にすることにより、IおよびQ信号を復調することができる。

ここで、伝送するI信号は1.5MHz、Q信号は0.5MHzの帯域を持っているため、色副搬送周波数を中心にそれぞれ両側に側波帯を生じる。この時、低い周波数側ではI信号の側波帯は1.5MHzの範囲に広がるが、高い周波数側では映像系の通過帯域幅が4.2MHzに制限されているため、I信号の上限は0.5MHzで帯域制限される。

第3.25図(a)のように、両側波帯が存在する場合には打ち消されるが、第3.26図のような状態では、I信号はそれ自信では打ち消されない。したがって、0.5～1.5MHzの間のI信号の成分がQ復調器の出力に現れてしまう。しかし、この不要な信号成分は、Q回路の0.5MHzの低域フィルタで除去され、この成分の色が再現されることはない。

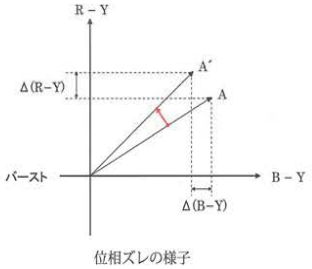


第3.26図　I信号の復調誤差

3.3.5 色相（Hue）ズレ

NTSC方式の欠点は、伝送途中における位相特性の変化（DP）に対しての影響を避けられない。このため、受信機では位相変化により生じた色相（Hue）の変化を手動で調整する必要がある。

今、第3.27図のように伝送途中において、色Aに位相変化を生じ色A´に変化した場合、（R － Y)軸および(B － Y)軸に誤差を発生する。この誤差は色相調整（Hue）を手動で行う。



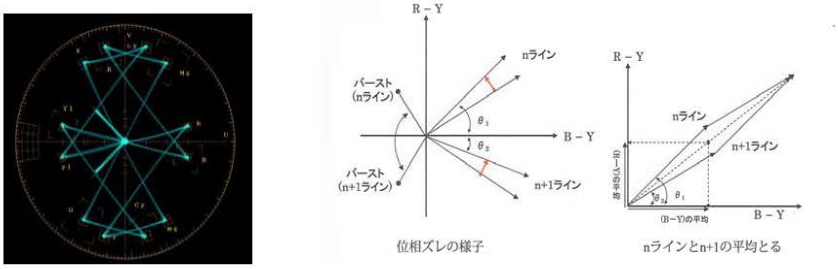
第3.27図　NTSC方式の色相ズレ

一方、PAL方式は、既に開発されていたNTSC方式の欠点を補うために改良したものである。PAL方式は、輝度信号（Y）と色差信号（V信号、U信号）を伝送する。

この二つの色差信号を伝送するために、色副搬送波の位相を1水平走査毎に反転

して伝送し、受信側では1ラインの遅延線（64μsec）を用いて、隣り合う二つの色信号の平均を取って表示させている。

これにより、第3.28図に示すように色相のズレが生じない方法となっている。



第3.28図　PAL方式のベクトル波形と、色相ズレとその補正

3.3.6 色副搬送波の選定と帯域共有（周波数インターリビング）

輝度信号（Y）と色差信号（R-Y,B-Y）を直交変調した色副搬送波を一つの信号して伝送するためには、この二つの信号を重畳しなければならない。

この課題は、周波数インターリーブ（frequency interleave、1950年、GEのR.B Dome開発）により解決された。(この方法は、NTSC方式の中核を担う技術で、PAL方式も採用している。)

この方法は、輝度信号の高域部分（すなわち、人間の眼に感じにくい部分）に色信号を多重する。

しかし、単純に重畳すると、輝度信号の高域部分に色信号を多重しているため、色信号の復調時に色復調回路の狭いフィルターを輝度信号が通過すると、リンギング状の妨害信号が生成される。

これが復調されて色チャンネルに混入し、クロスカラー妨害（ドット状の妨害）となる。

これを改善するために次の方法が採用されている。

・NTSC方式：1/2ライン・オフセット

・PAL方式　：1/4ライン・オフセット+1フレーム反転

以下、NTSC方式について説明する。（PAL方式は補足を参照のこと）

(1) NTSCのクロスカラー妨害

クロスカラーは、輝度信号と色副搬送波（3.579545MHz）の位相差により発生し、画面上ではドット状の妨害となる。

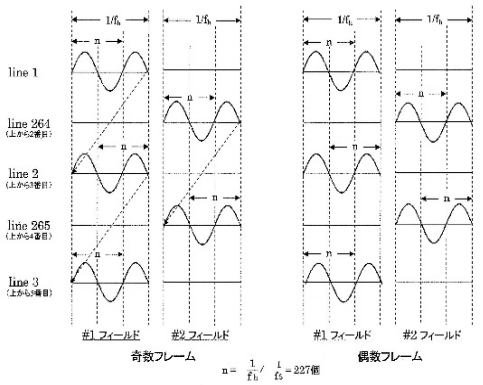
＜オフセット無しの場合＞

第3.29図は輝度信号と色副搬送波の関係を示している。図中の波形のnは1水平ライン中に色副搬送波の周期が幾つ入るかを示している。NTSC方式では、n=(1/fh)/(1/fs)=227.5となり、227個の周期と最後に1/2周期で1ラインが完結する。

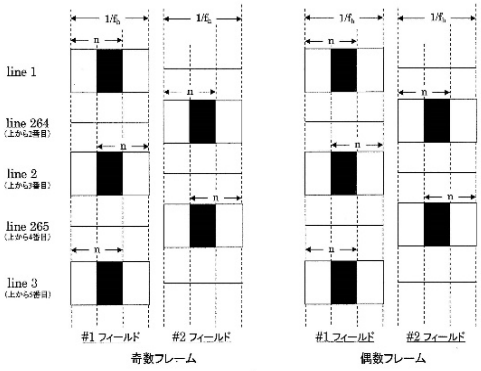
ここで、ライン毎のオフセット（位相反転）をしない場合は、ライン1の次にライン2（飛越走査のため上から3番目のラインとなる）、ライン3（上から5番目）の順にライン1と同様（位相）の位置からスタートする。

これを画面上に表すと、第3.30図のように上下ラインの位相が一致して妨害とな

る。フレーム間においても同様な現象となる。



第3.29図オフセット無しの説明図



第3.30図オフセット無しの場合の妨害

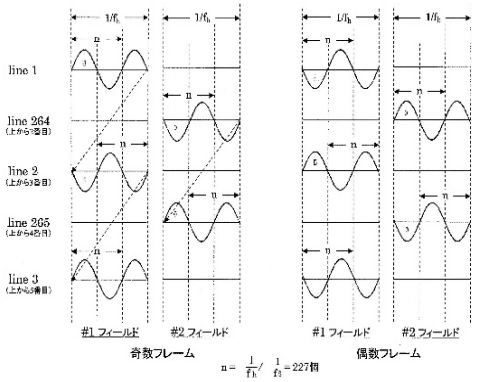
＜1/2ライン・オフセット場合＞

1/2ライン・オフセットは、ライン1のn=227の最後の1/2周期をライン2に引き継ぐ方法である。こうすることによって、第3.31図の例ではライン1の最後の正の半周期がライン2の負の半周期に継続される。このように1/2周期づつずれてくると画面上では第3.32図のように白と黒が互い違いに現れることになる。

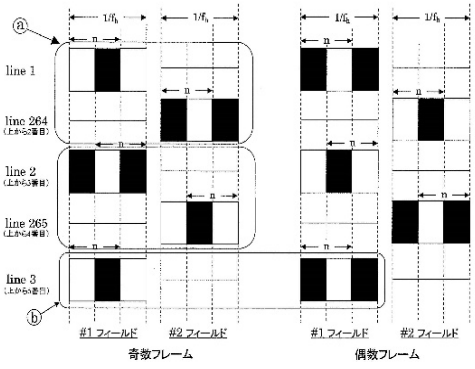
すなわち、人間の眼は、大体平均化した明るさを感じるので、ドットの明暗も平均化（減じて）して感じる。

・空間積分効果Γ：上下の走査線の明暗でドット妨害を軽減させる。

・時間積分効果□：二つのフレーム間の同じ位置のドット間の明暗でドット妨害を軽減させる。



第3.31図説明図

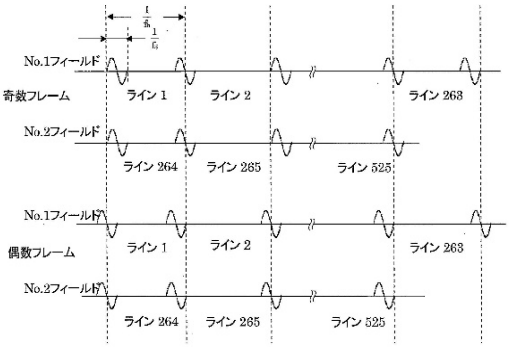


第3.32図妨害の軽減

＜4フィールド・シーケンス＞

NTSC方式では、一つの水平ラインに副搬送波が227.5個重畳される。この端数分が引き続くライン位相を反転させ、妨害を目立たなくしている。さらに、奇数と偶数フレームでも位相反転させ、妨害の軽減に寄与している。この4フィールドで

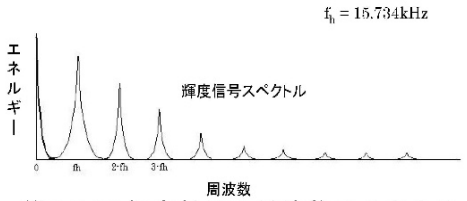
位相がもとに戻る方法を**4フィールド・シーケンス**という（第3.33図）。



第3.33図　4フィールドシーケンス

(2) 周波数挿間（インターリビング）

テレビジョン信号の輝度信号スペクトルは、第3.34図に示すように水平走査周波数f_hとその高調波からなり、特に水平走査周波数f_hの近傍はエネルギーが集中している。



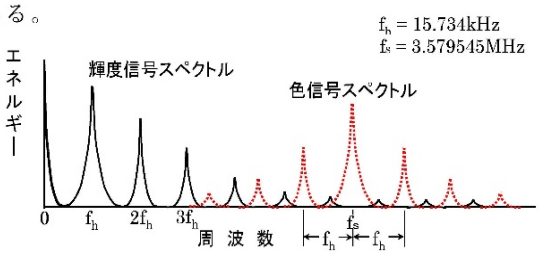
第3.34図輝度信号の周波数スペクトル

カラーテレビジョンでは、第3.34図のスペクトルの隙間を利用して色副搬送波を重畳し伝送する。これを周波数インターリーブ（frequency interleave）という。

NTSC方式のカラーテレビジョンでは、白黒式テレビジョン方式との両立性を保つため映像搬送周波数と音声搬送周波数の関係を4.5MHzに維持（インターキャリア方式）した上で、輝度信号と色信号を伝送する色副搬送波（カラーサブキャリア：Color Sub Carrier、f_S）との関係が決められている。

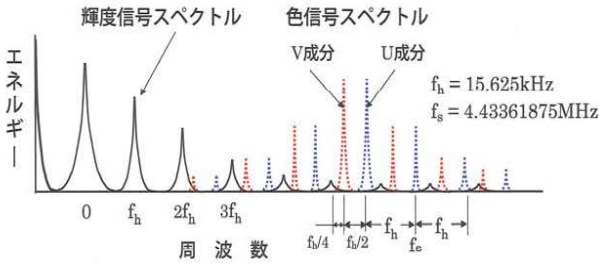
一つの帯域内を有効に活用するために、第3.35図に示す輝度信号スペクトル内に色信号スペクトルを周波数挿間する方法（周波数インターリビング）が採用されている。

輝度信号と色信号が干渉しないためには、第3.35図に示すように、輝度信号スペクトルのエネルギーの少ない谷間に色信号スペクトルを配置する。これは、クロスカラーのところで説明したように、輝度信号と色副搬送波とは1/2ライン・オフセットされているためである。



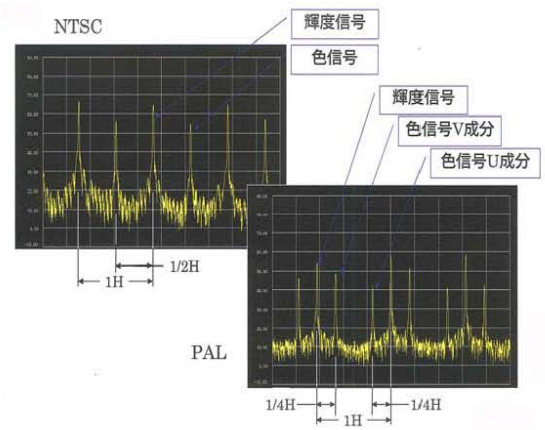
第3.35図　NTSC方式の周波数スペクトラム

一方、PAL方式では、1/4ライン・オフセット+1フレーム反転方式を取っているため第3.36図のような周波数スペクトラムとなる。（詳細は補足を参照）



第3.36図　PAL方式の周波数スペクトラム

NTSC方式とPAL方式の実際のスペクトラムは第3.37図のように観測できる。



第3.37図　NTSCとPAL方式のインターリーブ観測波形

(3) 色副搬送波の周波数

輝度信号のスペクトルと色信号のスペクトルを第3.35図のように配置するためには、

① 色副搬送波f_Cを$f_h/2$の奇数倍に選ぶ。

② f_Cは、輝度信号E_Yのエネルギーが少ない帯域に設定する。

（f_Cは、$f_h/2$の奇数倍に選ぶと、f_Cとf_Vの差のビート妨害は軽減される。）

③ E_I、E_Q信号の上側波帯は、各々0.5MHzであるから輝度信号の上限より0.5MHz低い位置に選定する。

これらから、

$(2n\cdot1)\times fh/2$　　（2n-1は奇数項を表す）

また、

$n\times f_h=4.5MHz$

f_h=15.75kHzであるから、n=285.71となる。ここで、nは整数でなければならないから285.71に近い整数を選ぶ必要がある。

一方、映像搬送波と音声搬送波の周波数差（4.5MHz）は、白黒式テレビジョンとの両立性から音声搬送周波数を変更することができない。すなわち、電波法で規定されインターキャリア方式の値であり、これを変更することは音声に歪みを生ずることになる。

このため、4.5MHzを固定して、nは計算値で一番近いn=286を使用して、f_hを変更することとした。

f_h =4.5MHz/286=15,734.264kHz

f_V =2f_h /525=59.94Hz

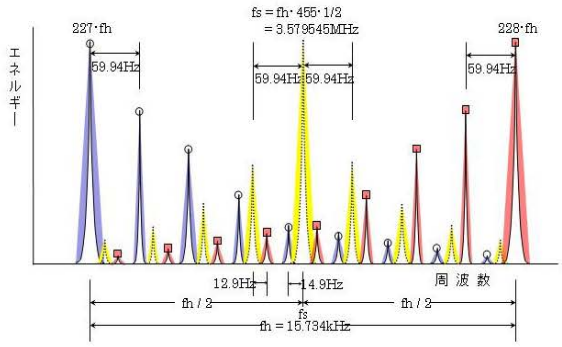
フィールドテストの結果、この数値に変更しても問題のないことが確認されている。

この新しいf_hから、色副搬送波f_Cは回路の逓倍数から5×7×13=455の係数を使用することとし、

f_C=15,734.264/2×455=3.579545MHz

の値が決定された。

これらの周波数関係を第3.38図に拡大して示す。



第3.38図　NTSC方式の周波数スペクトラム（拡大図）

なお、EDTV（Enhanced Definition TV：エンハンスドテレビジョン）では、色副搬送波のフレームスペクトル間に配置された水平ラインのスペクトル（上側波、下側波）隙間を利用して高域の信号を伝送する。

また、白黒式テレビジョンで使用した15.75kHzや60Hzとの関係を明確にするために、（1000／1001）の係数を用い、

ライン周波数の15.734kHzを15.75×（1000／1001）kHz

フレーム周波数の59.94Hzを60×（1000／1001）Hz

と記述することもある。

順次走査の場合の周波数関係は、

ライン周波数（f_h）は31.47kHz（＝(1000／1001)×31.500kHz）

フレーム周波数は59.94Hz（＝f_h／525本）

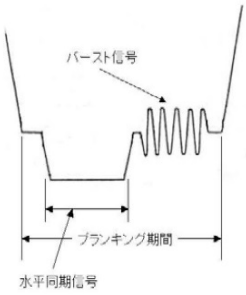
となる。

3.3.6 色同期信号（バースト信号）

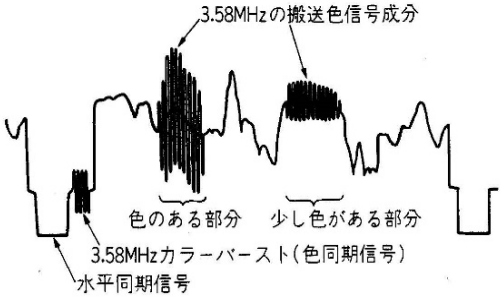
E_I、E_Q信号を復調するためには、受像機の局部発振周波数（位相）を送信側の色

副搬送波周波数の位相に合わせなければならない。このために、送信側で基準となるバースト信号（burst signal）を送る。

第3.39図のように水平同期信号のバックポーチ（後縁）にバースト信号を重畳する。第3.40図にバースト信号と映像信号および搬送色信号の関係を示す。



第3.39図 バースト信号の重畳



第3.40図 バースト信号、映像信号、色信号の関係

3.3.7 定輝度原理とガンマ補正

(1) 定輝度原理

テレビジョン放送は、送像側では被写体をテレビジョンカメラで信号に変換して伝送し、受信側ではその信号でブラウン管を駆動して光として画像を再現する。このため、信号伝送の過程で入力と出力の関係に直線性が保たれなければならない。

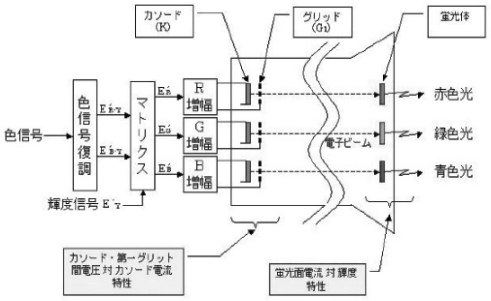
これを定輝度原理（constant luminance principle）という。

(2) ブラウン管の特性

画像を再現するブラウン管の入力信号に対する光出力特性（$e_{g1}-L$ 特性）は、非直線特性のためにシステム全体としての直線性を確保することができない。

ブラウン管は、真空管の一種であり動作は真空管と同様である。いま、第3.41図に示すように、陰極（記号 K：cathode、カソード）はヒーター（記号 H：heater）によって加熱され電子を発生させる。発生した電子は、ブラウン管の蛍光面近くに設置された陽極（記号 P：anode、アノード）に向かって途中の電極でビーム状に絞られながら流れていく。電子ビームは、最終的に R,G,B に塗布された蛍光体に刺激を与え、その蛍光体の色を発光させる。

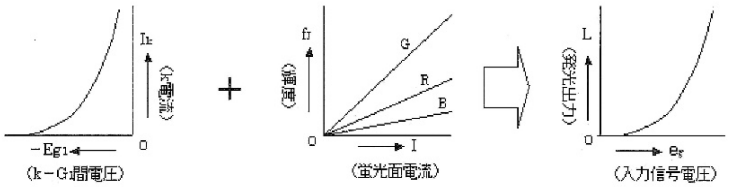
電子ビームの強弱、すなわち発光の強弱を制御するのが、第一グリッド（G_1：grid、第１制御格子）である。G_1は、負の電圧を加えることにより負の電子ビームを反発させ、電子ビームの強さを制御する役目を持っている。



第 3.41 図　ブラウン管の構造イメージ

信号電圧は、ブラウン管の K－G_1間に加えられ、この強弱によって電子ビームを制御する。ところが、K－G_1間の静特性は第 3.42 図（a）のように非直線のため、信号電圧の低い方は圧縮され高い方は伸張され歪んでしまう。

一方、電子ビーム対発光出力の特性は、第 3.42 図（b）のように発光能率の差はあるものの直線性を持っている。



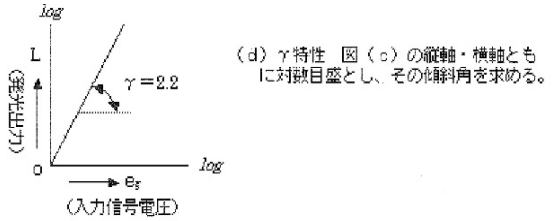
（a）ブラウン管のカソード・第一グリット間電圧対カソード電流特性　（b）ブラウン管の蛍光面電流対輝度特性　（c）ブラウン管の入力信号電圧対発光出力特性

第 3.42 図　ブラウン管の特性

したがって、ブラウン管全体としての特性は、入力信号（e_g）に対して第 3.42 図（c）のような非直線の特性となる。

この時、第 3.42 図(c)の縦軸と横軸を対数で表した傾きを第 3.43 図のガンマ特性（γ：gamma　characteristics）と呼び、ガンマ値は γ＝2.2 となる。

各方式のガンマ特性は第 3.6 表のように規定されている。



（d）γ特性　図（c）の縦軸・横軸ともに対数目盛とし、その傾斜角を求める。

第 3.43 図　ガンマ特性

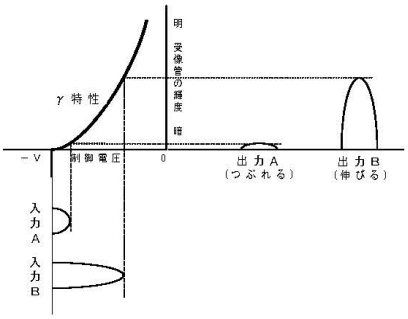
第 3.6 表 各方式のガンマ規格

	NTSC	PAL	SECAM
規　格	ITU Rec.624M SMPTE 170M	ITU Rec624 B,G	CCIR SECAMⅢ·b
受像管のガンマ	2.2	2.8	2.8

(3) 入力信号と発光出力の関係

ブラウン管の入力信号と発光出力との関係を第 3.44 図に示す。

入力信号の振幅が第 3.44 図の入力 A のように小さい場合は、ガンマ特性の下端の曲線部の特性により出力は圧縮されて本来の輝度まで蛍光体が発光しない。また、入力 B の場合は、入力信号の振幅が大きいためにガンマ特性の上端部の特性で光出力が伸張され、本来の輝度より明るくなってしまう。これらの現象は、ブラウン管のガンマ特性の影響である。



第 3.44 図　入力信号振幅と発光出力の関係

(4) ガンマ特性とその改善

ガンマ特性を改善するには、ガンマ特性と逆の特性（1／γ）を持ったガンマ補正回路（gamma correction circuits）に信号を通せば直線的な特性となる。

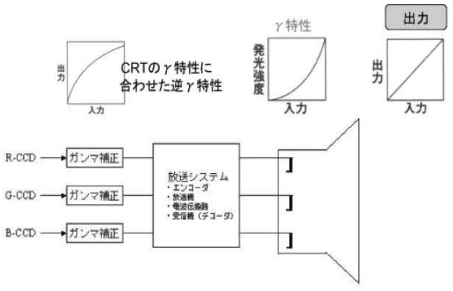
このガンマ補正回路を受信機側に設ける場合は、ブラウン管の各カソードに入れる必要がありコスト高となるので、第3.45図のようにテレビジョンカメラに組み込むことで受信機側のガンマ補正回路の必要が無くなり受信機の回路が簡単にできる。

NTSC方式ではγ＝2.2としており、放送システム全体でγ＝1とするためには、γ＝1/2.2＝0.45の補正を行う。つまり、ガンマ補正とは、

$$E_o = E_i^{0.45}$$

の補正を行うことである。

デジタル HDTV においてもこの値を使用する。



第 3.45 図　送像側におけるガンマ補正

(5) ガンマ補正による輝度信号と色信号

NTSC の輝度方程式と色方程式は、次のように表すことができる。

ガンマ補正前の各信号は、次のようになる。

輝度信号：$E_Y = +0.30\,E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$

色差信号：$E_{(R-Y)} = +0.70\,E_R - 0.59E_G - 0.11E_B$

色差信号：$E_{(B-Y)} = -0.30\,E_R - 0.59E_G + 0.89E_B$

ただし、

色信号（赤）：E_R、色信号（緑）：E_G、色信号（青）：E_B

一方、ガンマ補正後の各信号は、次のように表すことができる。

輝度信号：$E_{Y'} = 0.30E_{R'} + 0.59E_{G'} + 0.11E_{B'}$

色差信号：$E'_{(R-Y)} = 0.70\,E_{R'} - 0.59E_{G'} - 0.11E_{B'}$

色差信号：$E'_{(B-Y)} = -0.30\,E_{R'} - 0.59\,E_{G'} + 0.89\,E_{B'}$

ただし、

色信号（赤）：$E_{R'} = E_R^{1/\gamma}$

色信号（緑）：$E_{G'} = E_G^{1/\gamma}$

色信号（青）：$E_{B'} = E_B^{1/\gamma}$

したがって、カラーテレビジョンでは、次の伝送方程式の信号を伝送している。

$$E_m' = E_{Y'} + E_{I'}\cos(\omega_s t + 33°) + E_{Q'}\sin(\omega_s t + 33°)$$

(6) 定輝度原理と伝送歪の影響

NTSC 方式は、三原色信号を輝度信号と色信号に分けて伝送しているため、定輝度原理が成立していればお互いに影響を与えないシステムとなっている。

しかし、送像側にガンマ補正回路を付加することにより、送像側と受像側の間に雑音、妨害波あるいは副搬送波伝送歪などが加わると、この定輝度原理は成り立たなくなり画面上に障害が現れる。つまり、輝度信号の変化により独立しているはずの色信号に影響を与え、輝度の高い部分について色の彩度が強調される現象を生ずる。

(7) PDP、LCD のガンマ特性

PDP（plasma display panel）は、ブラウン管のような発光構造を持たないため、基本的に入力信号に対する発光出力特性は直線（$\gamma = 1$）である。しかし、NTSC 方式では、ブラウン管のガンマ特性に合わせるように送像側でガンマ補正回路を挿入しているため、送られてくる信号は逆ガンマ特性（$1/\gamma$）を既に有しているので、このままでは、システムとしての直線性を保つことはできない。

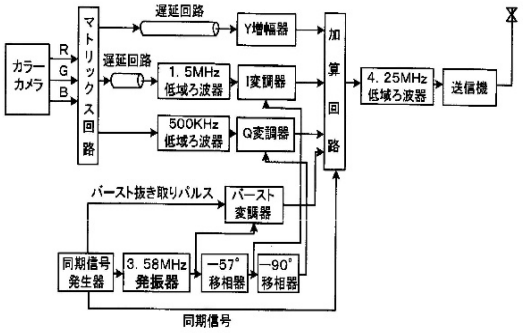
そこで、PDP に加える信号にガンマ特性を付け加えるガンマ補正回路を付加し、システムとして直線性を確保する方法がとられた。この方法は、デジタル処理で行われるが、信号が小さい部分（輝度が低い部分）での特性が改善されない欠点があった。この欠点を改善するために、PDP の入力信号対発光出力特性をガンマ特性に合わせる低輝度階調特性の改善を図った方法が開発され、システムとして良好な特性を得ている。

また、液晶ディスプレイ（LCD：liquid crystal display）は、PDP と同様にガンマ特性は $\gamma = 1$ であるから、ガンマ特性を持った回路を通す必要がある。

この回路は、デジタル処理され、画面の暗い部分と明るい部分の従来表現しにくかった部分の分割数（ビット数）を上げることで改善している。

3.4 エンコーダ

以上の信号処理をする機器をエンコーダー（encorder）という。NTSC方式のエンコーダー系統図を第3.46図に示す。



第3.46図 エンコーダー系統図

Ⅳ．コンポジット信号とコンポーネント信号

歴史的に、カラー放送はこのコンポジット信号（当初は色差信号と呼称）を取り扱うことで発展してきたが、より高解像度の要求等で、コンポジット信号から色信号を抜き取る方法（くし型フィルター）では限界がでてきた。

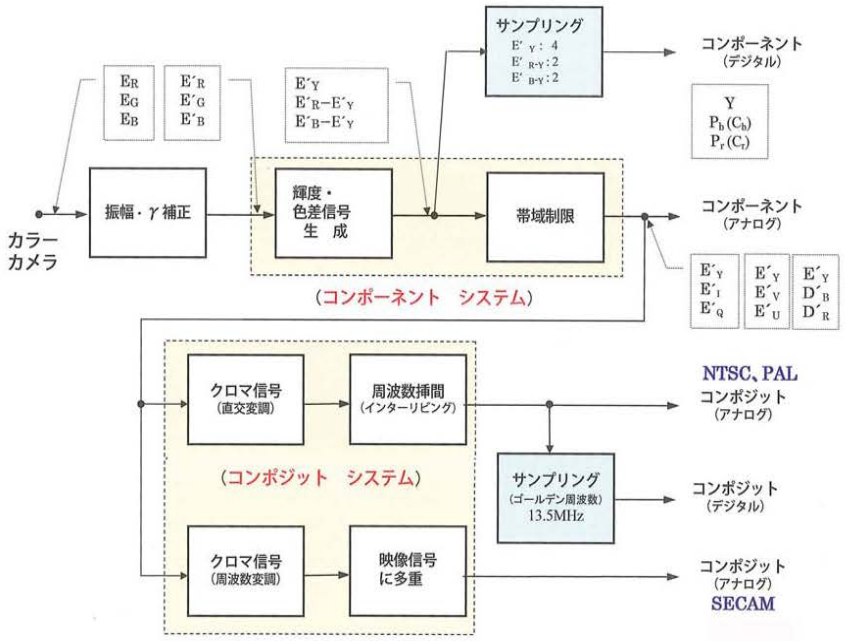
また、映像記録機器やデバイスの進歩などにより、輝度信号と色信号を分けて伝送するコンポーネント方式が多くなった。

現在は、放送局ではほとんどコンポーネント信号で映像を制作しているが、NTSC方式で放送する場合はコンポーネント信号からコンポジット信号を生成して送り出す。（いわゆる、アナログ放送である。）

一方、デジタル放送は、コンポーネント信号のままMPEG等の画像圧縮を行い、伝送信号を作る。

コンポジット信号は、輝度信号と色差信号を合成した信号で、ディスプレイで表示するときに色信号の分離が十分できないため画質が劣化する。これを防ぐには、輝度信号と色信号を分離したまま伝送・記録すれば、画質を損なうことはない。この様子を図5.1に示す。

カラーカメラからの原色信号（R,G,B）は、振幅およびγ補正され輝度信号（Y）と色差信号（R-Y,B-Y）に変換される。



第5.1図　コンポジット信号とコンポーネント信号の生成

この色信号に帯域制限をしたものを**アナログ・コンポーネント信号**と言い、VTR等がアナログ時代にはこの信号の録画が使用された。そして、このアナログ・コンポーネント信号を直交変調し、輝度信号にインターリビングした信号を**アナログ・コンポジット信号**と言う。

NTSC方式とPAL方式では、このアナログ・コンポジット信号で搬送波を振幅変調する。一方、SECAM方式は、アナログ・コンポーネント信号を周波数変調し輝度信号に重畳したアナログ・コンポジット信号で搬送波を変調する。
（なお、SECAM放送地域では、周波数変調した色信号の編集が難しいため、PAL方式で編集したコンポーネント信号を使用し、送出の段階でSACAM信号に変換している例が多い。）

一方、デジタル放送には、振幅およびγ補正され輝度信号（Y）と色差信号（R-Y,B-Y）に変換された信号をサンプリング（4:2:2）して、**デジタル・コンポーネント信号**とする。**デジタル・コンポジット信号**は、アナログ・コンポジット信号をゴールデン周波数（13.5MHz）でサンプリングする。

Ⅴ．テレビジョン電波

5.1 映像信号の送信

5.1.1 振幅変調（AM：Amplitude Modulation）

振幅変調は、搬送波の振幅（E）を入力信号に応じて変化させて、変調する方式である。一般的にωを搬送波の角周波数として次のようになる。

$$e(t) = E \cdot \cos\omega t$$

ここで、搬送波を$E_m \cdot \cos\omega_0 t$、入力信号（変調波）を$E \cdot \cos\omega t$とすると振幅変調波e(t)は、

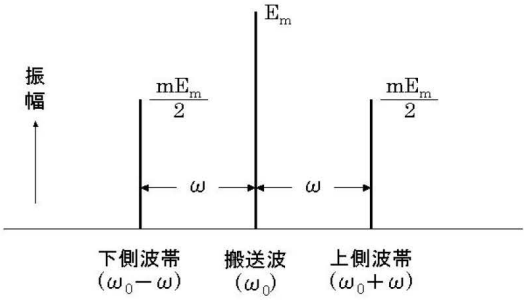
$$\begin{aligned} e(t) &= E_m \cdot \cos\omega_0 t + E \cdot \cos\omega t \cdot \cos\omega_0 t \\ &= (E_m + E \cdot \cos\omega t)\cos\omega_0 t \\ &= E_m(1 + E/E_m \cdot \cos\omega t)\cos\omega_0 t \end{aligned}$$

となり$E/E_m=m$と置いて整理すると、

$$\begin{aligned} e(t) &= E_m(1 + m \cdot \cos\omega t)\cos\omega_0 t \\ &= E_m \cos\omega_0 t + mE_m \cos\omega t \cdot \cos\omega_0 t \\ &= E_m \cos\omega_0 t + mE_m/2 \cos(\omega_0 t+\omega t) + mE_m/2 \cos(\omega_0 t-\omega t) \end{aligned}$$

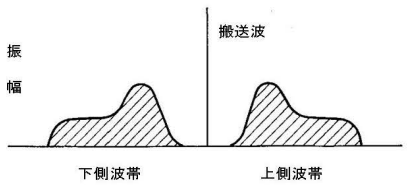
となる。

ここで、上式の第一項は搬送波であり、第二項は上側波帯を第三項は下側波帯を表す。この関係を第5.1図に示す。



第5.1図　振幅変調

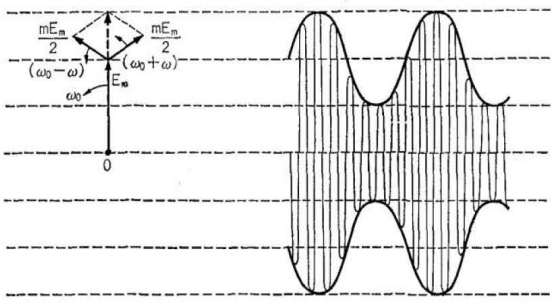
第5.1では、側波帯は1本の線で表したが、実際の信号は周波数の異なる多数の波の合成であるから、その側波帯の分布は第5.2図のようにある周波数帯域を占有し、上側波帯と下側波帯が搬送波を中心に左右対称になる。



第5.2図　多数の波の合成による側波帯の分布

前述の振幅変調波を表す式で、映像信号を伝送する場合、映像信号の帯域幅が約4MHzであることから振幅変調波の占有帯域幅は約8MHzになる。

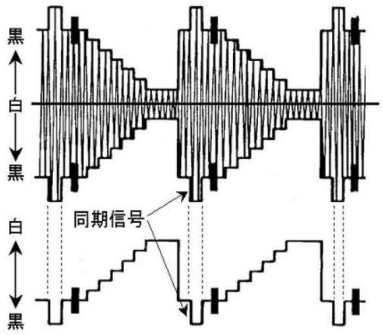
第5.1図をベクトル図で表すと第5.3図(a)のように、点0を中心として振幅E_mの搬送波が角周波数ω_0で矢印の方向に回転していくと同時に、E_mの先端を中心として上側波帯$(\omega_0 t+\omega t)$と下側波帯$(\omega_0 t-\omega t)$が矢印の方向に回転している。このように、二つのベクトルが同時に回転すると、その結果として第5.3図(b)のように入力信号波に比例して振幅が変化する振幅変調波となる。



(a) ベクトル図　　(b) ベクトルの投影図

第5.3図 振幅変調波のベクトル表示

NTSC方式では、映像信号を負変調方式（同期信号が振幅変調波の先頭になる）で伝送することとなっている。この波形を第5.4図に示す。



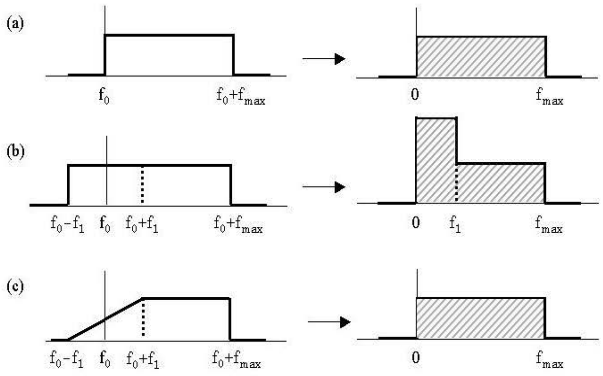
第5.4図 映像信号の変調波（負変調方式）

5.1.2 残留側波帯方式

帯域を削減して伝送する方法には、第5.5図(a)のような側波帯の片側を削除して伝送する単側波帯通信方式（Single Side Band）を使用すれば帯域を1/2にすることができる。しかし、テレビジョンの場合には、搬送波に近いところに分布する低域周波数帯が画質に大きな影響を与えるため、単純に上側波帯だけの伝送とするこ

とはできない。そこで、必要な低域の周波数帯域だけを残した第5.5図(b)のような帯域で伝送する残留側波帯方式（VSB ： Vestigial Side Band system）が採用された。

しかし、この方法は、受像機で検波したときに第5.5図(b)の右側の検波出力に示したように低域の周波数帯が強調されて不自然な画質となってしまう。そこで、受像機の特性を第5.5図(c)左側のように低域周波数帯に傾斜を持たせたものとし、検波出力で第5.5図(c)右側のようにフラットな特性としている。



第5.5図　残留側波帯方式と検波出力

5.2 音声信号の送信

NTSC方式では、音声の伝送方法としてインターキャリア方式（inter-carrier system）を採用している。この方式は、一つのチャンネルの帯域内に映像搬送波と音声搬送波の二つの搬送波を送り、これらが同時に受信されて、検波器で両信号の差ビート（4.5MHz）を映像信号から分離して増幅するものである。

このように二つの搬送波が同時に受像機のチューナを通過するため、チャンネル調整が容易となり、局部発振回路の変動に対しても安定した受信が可能となる。また、検波された音声中間周波数は4.5MHzと低い周波数帯であるため、安定した増幅が可能となる。

5.2.1 周波数変調（FM：Frequency Modulation）

周波数変調は、搬送波の周波数を入力信号に応じて変化させて、変調する方式で、一般的にω=2πfのfを搬送波の角周波数として次のようになる。

$$e(t) = E \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

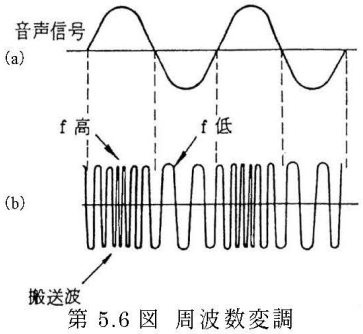
この式の周波数fを変化させる方法を周波数変調という。

FM波は、この式のωが搬送周波数ω_0を中心に入力信号（音声信号）で変化することであるから、$\omega=\omega_0+\Delta\omega\cos pt$として、これを前式に代入すると、

$$e(t) = E \cdot \sin(\omega_0 t + (\Delta\omega/p) \cdot \sin pt))$$

となる。ここで$\Delta\omega/p = m_f$と置くと、最大周波数偏移$\Delta\omega=\Delta F$、変調周波数$p=f_P$とした時の変調指数は$m_f=\Delta F/f_P$となる。

この様子を第5.6図に示す。すなわち、入力信号である音声信号の変化に伴って、音声搬送波の周波数が変化して波形が疎密波となっている。



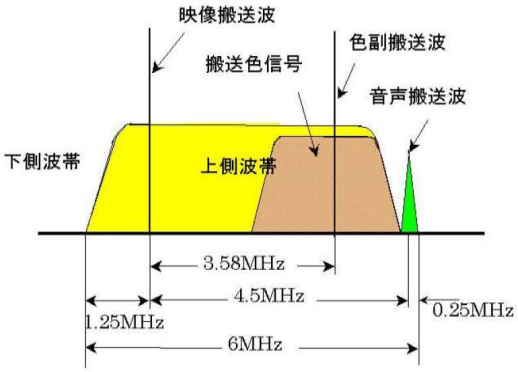
第 5.6 図 周波数変調

5.3 テレビジョン電波

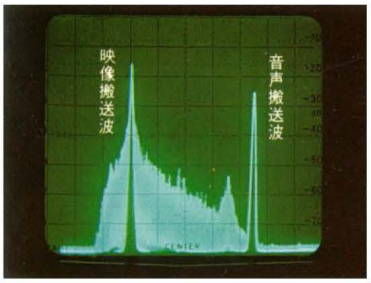
5.3.1 テレビジョン電波の構成

送信アンテナから放射されるテレビジョン電波は、映像信号を振幅変調したものと、音声信号を周波数変調したものが合成されている。

この波形は、NTSC方式に決められており、第5.7図のようになっている。また、実際の波形をスペクトラムアナライザで観測すると第5.8図のようになっている。（なお、この図の色副搬送波は、実際には抑圧され搬送色信号の側波帯だけが伝送される。ここでは、色副搬送波の位置を示す。）



第5.7図 テレビジョン電波の構成



第5.8図 テレビジョン電波のスペクトラム

5.3.2 テレビジョンのチャンネル

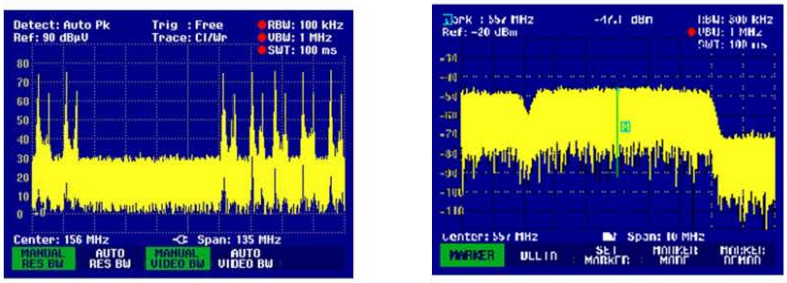
テレビジョン放送のチャンネルは第5.7図のように6MHz間隔の中に映像搬送波と音声搬送波が配置される。

第5.9図(a)は、VHF帯域の第1～12チャンネルの周波数スペクトラムを表示している。各チャンネルは、左から第1チャンネルの映像搬送波と音声搬送波、次に第3チャンネルと続き、少し間を置いて第4、6、8、10、12チャンネルとなっている。

このように実際に使われているチャンネルは、混信等の関係から1チャンネル置きとなっている。（なお、CATVでは、同軸ケーブルでの伝送のため混信に対する心配が少ないので、すべてのチャンネルを使用する隣接チャンネル伝送が使われる。）

第5.9図(b)は、UHF帯のOFDM波の周波数スペクトラムを示している。OFDM波はNTSC波と異なり、多数の搬送波を組み合わせて伝送するため、そのスペクトラムは台形となる。第5.9図(b)は、スペクトラムアナライザの中心周波数をNHK-G（UHF第27チャンネル）の中心周波数557.142857MHz（表示周波数幅10MHz）に設定したスペクトラムである。（なお、図中の左側の波形は第26チャンネルの一部である。）

2003年12月に開始された地上デジタル放送では、全てのチャンネルを隣接チャンネルで放送することができる。例えば、東京ではUHFの第20、21、22、23、24、25、26、27、28チャンネルで、NHKの2波と民放の7波が放送されている。



(a) VHF帯のスペクトラム　　(b) OFDMのスペクトラム（27ch）

第5.9図 放送電波の観測波形

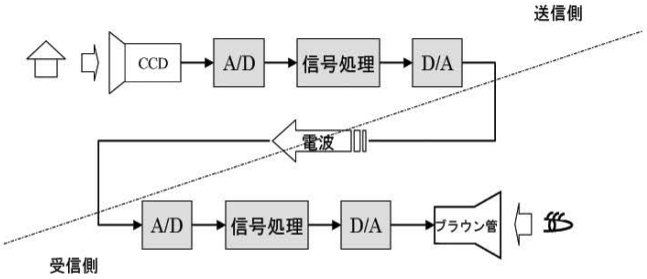
Ⅵ. テレビジョン信号のデジタル化

アナログ信号のデジタル化は、伝送途中に起因する非直線歪みやノイズに影響されない、また、アナログでは不可能な処理も効果的に行うことができる。さらに、圧縮技術により元のデータの情報量を削減することができる、等が容易に実現できる。

6.1 デジタルテレビジョンのしくみ

第 6.1 図にデジタルテレビジョンの信号の流れを示す。まず、送信側では、カメラ出力のアナログ信号を AD 変換器(A/D、ADC とも呼称する)でデジタル信号に変換する。そして、そのデジタル信号に各種のデジタル処理を施しデジタル変調する。最後に DA 変換器（D/A、DAC とも呼称する）では、デジタル変調には PSK（Phase Shift Keying）方式の直交変調が用いられるが、この変調方式は実数項と虚数項のデータが生成される。このため D/A 変換して実数項のみ（時間軸上の波、アナログ波）を送信する。

受信側では、受信した電波を A/D 変換して PSK 信号を復号し、各種のデジタル処理を行う。最後に、処理したデジタル信号をアナログ信号に戻してディスプレイに画像を再現する。



第 6.1 図　デジタルテレビジョンのしくみ

6.1.1 アナログ信号のデジタル化

(1) デジタル化の過程

テレビジョンの映像信号をデジタル化する課程は、第 6.2 図に示すように入力のアナログ映像信号をローパスフィルター（LPF）で帯域制限して AD 変換する。AD 変換は、入力のアナログ信号を時間軸方向に標本化（サンプリング）して連続した信号を離散化して PAM（Pulse Amplitude Modulation）波を生成する。次にこの PAM 波を振幅方向に量子化することにより入力信号がデジタル化され、以後はこのデジタル信号に各種のデジタル処理を行う。

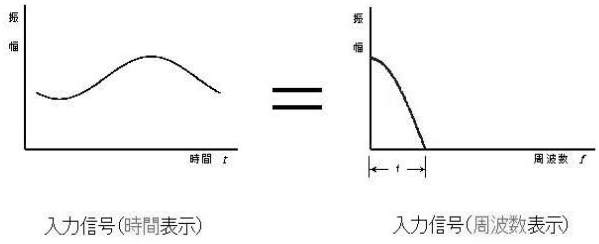


第 6.2 図　デジタル化の課程

デジタル化された信号を復元するためには、DA 変換してアナログ信号に戻す。この課程でノイズ等により帯域外の信号の混入を防ぐために LPF を挿入して不要な高調波を除去する。

(2) A/D 変換処理

アナログ信号は、図 6.3（左）に示すように時間軸方向に連続した信号である。これを周波数軸で見ると図 6.3（右）のようにある帯域幅を持ったスペクトラムとなる。映像信号の場合は、このスペクトラムの幅は約 4.2MHz となる。

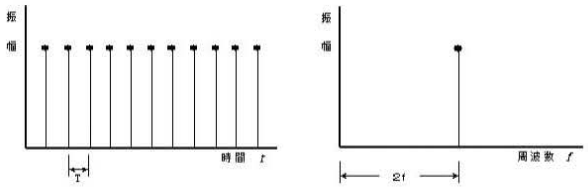


入力信号(時間表示)　　入力信号(周波数表示)

第 6.3 図　時間軸と周波数軸

サンプリング周波数は、**標本化定理**によってデジタル化する信号の帯域幅の 2 倍以上ないと折り返し歪み（エリアシング）を発生する。

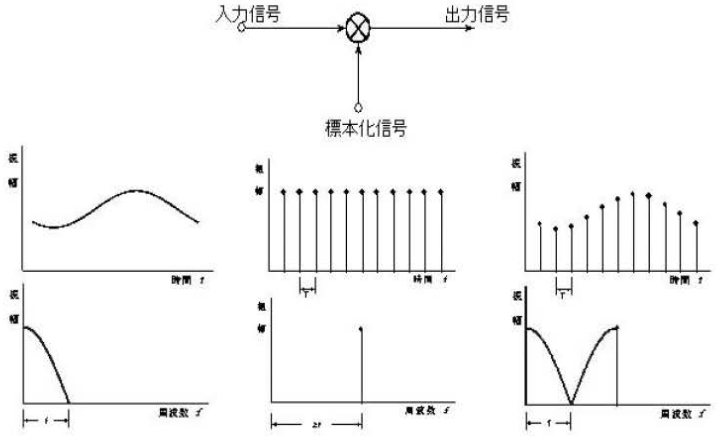
サンプリング周波数は、第 6.4 図（右）に示すように周波数軸上では単一のスペクトルで示されるが、時間軸上では第 6.4 図（左）のようなサンプリング間隔で示される。



標本化信号（時間表示）　　標本化信号（周波数表示）

第 6.4 図　サンプリング周波数

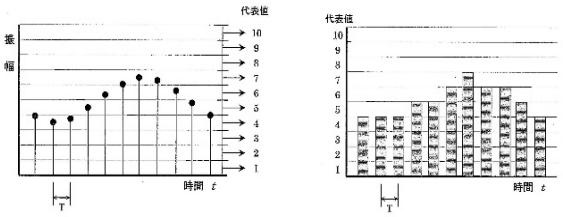
これを第 6.3 図と合わせて第 6.5 図のように表示すると、連続した信号が離散化される様子が理解できる。



第 6.5 図　連続信号の離散化

ここで得られた信号はPAM波であるから時間軸方向は離散化しているが、振幅方向はアナログとなっている。このため、振幅方向のレベルをデジタル化するために**量子化**を行う。

量子化は、第6.6図に示すように、振幅方向のレベルを幾つかの代表値に分けて、入力信号の値を近い代表値に振り分けることにより離散化を行う。



(a) 段階に分割　　(b) 振幅値の離散化

第6.6図　量子化の課程

これらの処理によって、アナログ信号をデジタル信号に変換することができる。ここで、標本化周波数を高く設定すると時間軸方向の精度が向上し、量子化の分割値を細かく設定すると振幅方向の精度が向上する。

(3) LPFの役割

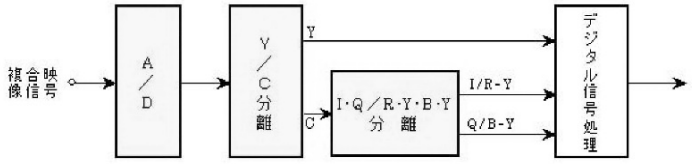
パルス波形の周波数特性（スペクトラム）は非常に広い帯域を持つが、実際には基本成分のみを取り出して信号処理をしても差し支えない。このために挿入する第6.2図の入力側LPFをエイリアス防止フィルタという。また、受信側では、伝送途中で付加された高調波などのノイズ成分を除去するためにLPFを挿入する。

6.1.2 映像信号のデジタル化過程

NTSC方式では、カメラ出力では「1.4.7映像信号の帯域幅」で述べたようにR、G、B各信号共に約4.2MHzの帯域幅であるが、続いて「4.1.2 色差信号」で述べたように（R-Y、B-Y）の色差信号に変換し、輝度信号（Y）と二つの色差信号（R-Y、B-Y）を伝送する。二つの色差信号は、日の色に対する感度を考慮してI軸（実際にはB-Y信号を1.5MHzに帯域制限）と、Q軸（R-Y信号を0.5MHzに帯域制限）を使用している。

さらに、NTSC方式では、二つの色差信号を直交変調したクロマ信号と輝度信号とを、周波数挿間で多重化して輝度信号の帯域内に納め、複合映像信号（コンポジット信号）を生成する。

テレビジョン信号のデジタル化は、上記のコンポジット信号をAD変換器でデジタル化する方式（第6.7図）と、Y、R-Y、B-Yのそれぞれをデジタル化するコンポーネント方式がある。ここで、R-Yを「P_RまたはC_R」、B-Yを「P_BまたはC_B」と呼称する。



第6.7図　コンポジット信号のデジタル化過程

6.2 SDTV のデジタル化

NTSC テレビジョン信号のデジタル化には、世界的な番組交換の必要性から、映像デジタル規格を世界統一することが望ましい。このため、次の問題点を解決する必要があった。

6.2.1 基本パラメータの規格化

・サンプリング周波数の選定
・525 本 60 フィールド（NTSC 圏）と 625 本 50 フィールド（PAL,SECAM 圏）
・コンポジットとコンポーネントの選定

(1) サンプリング周波数の選定の問題点

・ NTSC 圏では、最初 3×fsc、その後 A/D コンバータの進歩で 4×fsc としたので、カラーサブキャリアの整数倍となっている。（正格子構造）
・ SECAM 圏では、カラーサブキャリアの変調に FM を使用しているため、サンプリングクロックとの間にビートが発生する。
・ PAL 圏では、カラーサブキャリアの整数倍でサンプリングした場合、正格子構造にならない。

(2) コンポジット信号の選定

・コンポーネント信号は、R,G,B の 3 色とも広帯域が必要となる。
・コンポジット信号は、人間の目の特性を利用し、帯域が狭くできる。

(3) サンプリング周波数（ゴールデン周波数）の選定

・Y，R－Y，B－Y 方式は、人間の目の特性に合っている。
・Y サンプル周波数は 4fsc=14.318MHz、色差サンプル周波数は 2fsc が提案される。（1980） （これが 4fsc:2fsc:2fsc→4:2:2 の語源となった。）
・525/625 共通の基本サンプル周波数として 13.5MHz （ゴールデン周波数）が提案され、有効ライン当たりのサンプル数を輝度:720、色差:360 とした。
・1982.2 世界統一規格としての 13.5MHz、**4:2:2 のコンポーネントシステム**が第 6.1 表のように決定された。（CCIR 勧告 601） CCIR→ITU･T に改称

第 6.1 表 SDTV の規格

	PAL，SECAM 圏	NTSC圏
規 格	CCIR-601(ITU-T 601)	SMPTE125M(1995)
コメント	サンプリング規格 コンポーネント・デジタル規格(4:2:2)	パラレル・コンポーネント規格
規 格		SMPTE244M(1995)
コメント		パラレル・コンポジット規格

(4) 映像フォーマット

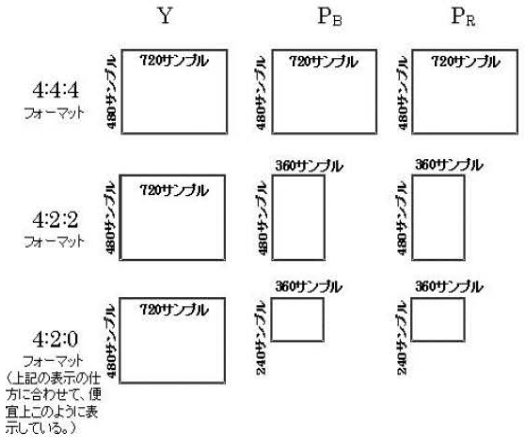
(3)のように ITU･T601、SMPTE125M により映像フォーマットが 4:2:2 と決められた。この呼称を参考にして、R、G、B を輝度信号と同じサンプリング周波数でデジタル化する場合は 4:4:4 と呼称し、他のサンプリング周波数の場合は第 6.2 表のように呼称する。

第 6.2 表 映像フォーマット

フォーマット	伝送信号	標本化周波数	備考
4:2:2	輝度信号(Y)	13.5 MHz (6.75 MHz×2)	スタジオ規格 (SDTV)
	色差信号(P_B)	6.75 MHz (13.5MHz/2)	
	色差信号(P_R)	6.75 MHz (13.5MHz/2)	
	輝度信号(Y)	74.25 MHz (13.5 MHz×11/2)	スタジオ規格 (HDTV)
	色差信号(P_B)	37.125 MHz (74.25MHz/2)	
	色差信号(P_R)	37.125 MHz (74.25MHz/2)	
4:2:0	4:2:2 フォーマットの垂直方向を 1/2 として伝送		デジタル放送
4:1:1	輝度信号(Y)	13.5 MHz (3.375 MHz×4)	DVC
	色差信号(P_B)	3.375MHz	
	色差信号(P_R)	3.375 MHz	

DVC(Digital Video Cassette):民生用デジタル VTR の規格

これらを図示すると第 6.8 図のようになる。



第 6.8 図　各種のフォーマット

6.2.2 デジタル信号波形

映像信号波形は、アナログ的に見た方が感覚的に掴みやすいので、以下にアナログ表現とデジタル表現を併記して説明する。

(1) コンポーネント信号の水平ブランキング

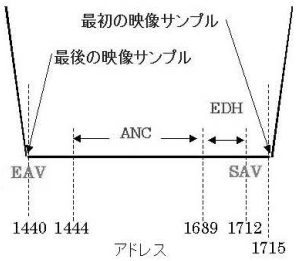
コンポーネント信号のデジタル化は、映像信号の水平有効期間のみをサンプリングして次のようなデータの配置とする。

$$\cdots, P_{B0}, Y_0, P_{R0}, Y_1, P_{B1}, Y_2, P_{R1}, Y_3, \cdots$$

すなわち、P_B,Y,P_R の組みと次の Y とを一つの組として順次配置していく。これにより、Y 信号に対して色差信号が 1/2 に間引きされる。

水平ブランキング期間は特別な期間として、タイミングリファレンス信号（TRS:Timing Reference Signal）を挿入する。TRS 信号は第 6.9 図のように映像期間の終了に EAV(End of Active Video)を映像期間の開始に SAV(Start of Active Video)の信号（固定の 16 進数 3FFF,000,000,XYZ）を挿入する。

また、水平ブランキング期間には、ANC（ancillary data、補助データ領域）があり、ここに音声信号（AES/EBU）等を付加することが可能になっている。EDH（Error detection and handling）は伝送エラー検出用である。（AES:Audio Enginering Society,EBU:European Broadcast Union）



アドレス (EAV)	(SAV)	データ
1440	1712	3FF
1441	1713	000
1442	1714	000
1443	1715	XYZ

第 6.9 図　コンポーネント信号のブランキング期間と EAV,SAV

(2) コンポーネント信号の量子化

コンポーネント信号の量子化は、第 6.10 図(a)および第 6.10 図(b)に示すようにブランキング期間を除いて、10 ビットで量子化する。それぞれ実際の電圧値と量子化したデータの値（16 進数および 2 進数）で示している。デジタル用波形モニターでは一般的に 16 進数で表示される。

	電圧値	データワード	2進数表示
範囲外	+766mV	3FF	11 1111 1111
ピーク白	+700mV	3AC	11 1010 1100
ペデスタル	0mV	040	00 0100 0000
範囲外	−51.1mV	000	00 0000 0000

第 6.10(a)　Y 信号の量子化

	電圧値	データワード	2進数表示
範囲外	+399mV	3FF	11 1111 1111
最大(正)	+350mV	3C0	11 1100 0000
ペデスタル	0mV	100	00 0000 0000
最大(負)	−350mV	040	00 0100 0000
範囲外	−400mV	000	00 0000 0000

第 6.10(b) P_B,P_R 信号の量子化

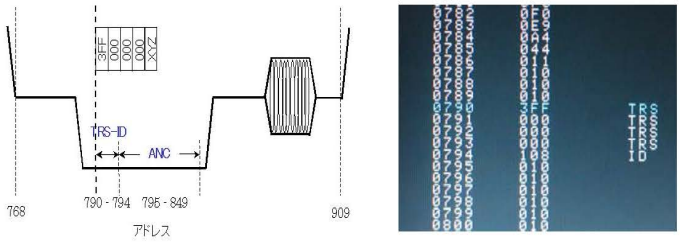
(3) コンポジット信号の水平ブランキング

コンポジット信号のデジタル化は、同期信号とバースト信号も含めて 1 ライン全てをサンプリングしデータ化して、次のようなデータの配置とする。

$$\cdots, P_{B0}, Y_0, P_{R0}, Y_1, P_{B1}, Y_2, P_{R1}, Y_3, \cdots$$

すなわち、P_{B0},Y_0,P_{R0} の組みと次の Y_1 とを一つの組として順次配置していく。これにより、Y 信号に対して色差信号が 1/2 に間引きされる。

また、タイミング信号として TRS-ID（Timing Reference Signal ID）を付加し、シリアルデジタル伝送時の基準とする。



第 6.11 図　コンポジット信号のブランキング期間と TRS-ID

(4) コンポジット信号の量子化

コンポジット信号の量子化は、第 6.12 図に示すようにブランキング期間を含めて、10 ビットで量子化する。それぞれ実際の電圧値と量子化したデータの値（16 進数および 2 進数）で示している。デジタル用波形モニターでは一般的に 16 進数で表示される。



第 6.12 図　コンポジット信号の量子化

6.3 HDTV のデジタル化

HDTV の規格化は、1999 年に映像信号、同期信号、測色パラメータ等「1125/60 高精細度テレビジョン方式スタジオ規格」が ITU で規格化され、1995 年に HDTV シリアルインターフェースは 1125/60 方式 HDTV 信号のビット直列インターフェース規格として規格化（SMPTE 292M）されている。

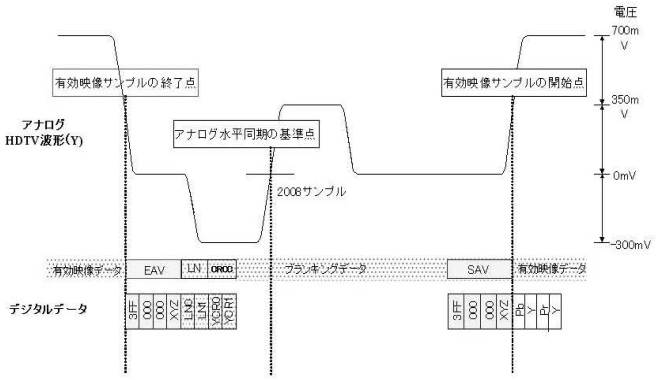
第 6.3 表に SDTV と HDTV の規格と輝度方程式および基準白色の違いを示す。

第 6.3 表 SDTV と HDTV の規格（抜粋）

	SDTV	HDTV
輝度方程式	Y'=0.299R'+0.587G'+0.114B'	Y'=0.2125R'+0.7154G'+0.0727B'
基準白色	D_{65}光源(6500K)	D_{65}光源(6500K)
規　格	CCIR REC.601 SMPTE 125M	SMPTE 274M SMPTE 292M

HDTV では、水平ブランキング期間の波形を第 6.13.図のように定義している。

HDTV は、コンポーネント方式で伝送するので、有効映像期間の終了（EAV）と始まり（SAV）の信号が付加されいる。また、同期信号は 3 値同期方式が採用されている。



第 6.13.図　HDTV の水平ブランキング期間

HDTV のサンプリング周波数は、第 6.2 表映像フォーマットで示したように SMPTE 274M で Y 信号の帯域幅が約 30MHz であることから 74.25MHz（=SDTV サンプリング周波数 13.5MHz×11/2）、色差信号はその 1/2 の 37.125MHz と規定されている。

6.4 シリアル伝送

映像フォーマットで説明したように、映像信号は一つの輝度信号 Y と二つの色差信号 P_B,P_R を同軸ケーブル 3 本のパラレルで伝送する。しかし、各ケーブルの長さのアンバランス等が信号に影響を与え、長い距離の伝送が難しい。

このため、三つの信号をシリアルに配置し、一本の同軸ケーブルや光ケーブルで伝送するインターフェースが第 6.4 表のように規格化されている。

第 6.4 表 シリアルデジタル・インターフェース規格

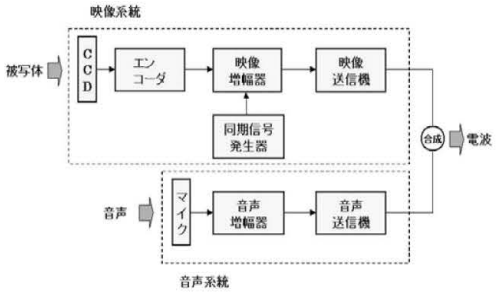
	PAL , SECAM 圏	NTSC圏
規　格	CCIR-656(ITU-T 656)	SMPTE259M(1993)
コメント	シリアルデジタル・インターフェイス規格 コンポーネント・デジタル	シリアルデジタル・インターフェース規格 コンポジット／コンポーネント・デジタル

デジタルシリアル伝送信号は、三つの信号をシリアルに伝送するため、サンプリング周波数はパラレル伝送の 3 倍以上必要とする。このため、長い距離を伝送するとパルス波形が崩れてしまうので、波形のリクロック処理やイコライジングが必要となる。

Ⅶ. デジタル放送システム

7.1 アナログ放送システム

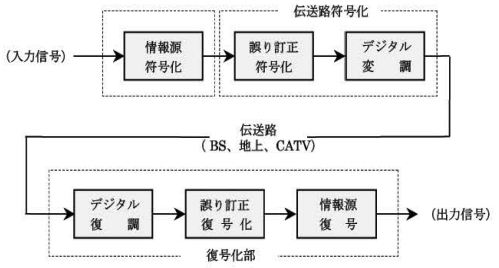
アナログ放送システムの構成（第 1.3 図）を再掲する。CCD やマイクで得られたアナログ信号をそのまま各種の処理を施して電波として送信する。



第 1.3 図　送信のしくみ（再掲）

7.2　デジタル放送システム

アナログ放送では、得られた映像（音声）信号をそのまま伝送するが、デジタル放送では、第 7.1 図のように情報源符号化ブロックでアナログ信号をデジタル化および情報量の削減を行う。次に誤り訂正符号化ブロックで伝送途中で発生するノイズ等の影響を除くために、事前に誤り訂正符号を付加する。こうして生成されたデジタル信号のストリーム（TS 信号:Transport Stream）をデジタル変調して送信する。受信側では、受信した電波を復調して TS 信号を取り出し、誤り訂正復号化ブロックで誤りを訂正し、情報源復号ブロックでデジタル信号をアナログ信号に戻し、ディスプレイに表示する。ここで、誤り訂正からデジタル変調までの信号処理を伝送路符号化という。

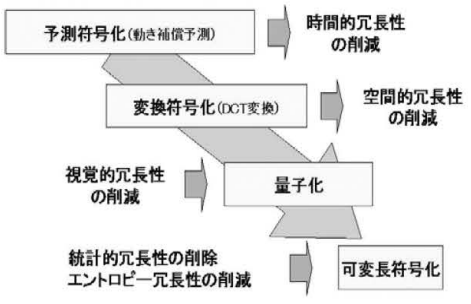


第 7.1 図　デジタル放送システムの概要

7.2.1 情報源符号化

情報源符号化ブロックは、MPEG2（ワセグ放送は AVC/H.264）規格を用いた圧縮を効率的に行う高能率符号化技術が用いられている。

この処理は、第 7.2 図のように予測符号化（動き補償予測）、変換符号化（DCT 変換）、量子化、および可変長符号化の手順で、アナログ信号をデジタル化し、人間の目の特性を利用して冗長な情報量を削減する。



第 7.2 図　高能率符号化の流れ

SDTV および HDTV の情報量およびおよその削減量は第 7.3 図のようになる。

SDTV は、前述のようにサンプリング周波数 13.5MHz、10 ビットでデジタル化するので輝度信号と色差信号を合わせて約 270Mbps となり、これを約 1/30～1/40 に冗長なデータを削減する。また、HDTV では約 1,485Mbps のデータ量を約 1/70 に削減する。

O　SDTVの場合

データ量＝13.5〔MHz〕×10〔bit〕　... (Y)
+6.75〔MHz〕×10〔bit〕　... (P_b)
+6.75〔MHz〕×10〔bit〕　... (P_r)
＝270〔Mbps〕　→約 6～8 Mbpsに削減

O　HDTVの場合

データ量＝ 74.25〔MHz〕×10〔bit〕　... (Y)
+37.125〔MHz〕×10〔bit〕　... (P_b)
+37.125〔MHz〕×10〔bit〕　... (P_r)
＝1,485〔Mbps〕　→約 20 Mbpsに削減

○　マルチチャンネルサラウンド音声
データ量＝5ch　3.8〔Mbps〕　→約 320 kbpsに削減

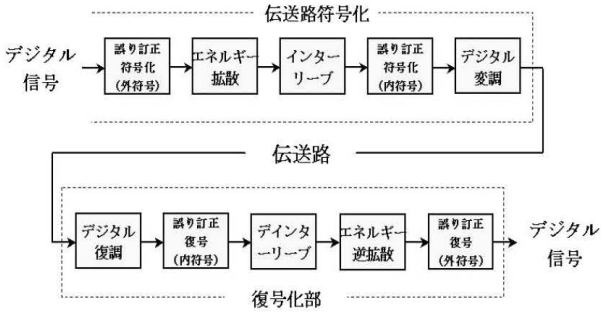
第 7.3 図　SDTV、HDTV のデータ量と削減量

7.2.2 誤り訂正

デジタル放送の誤り訂正は、高い訂正能力を持たせてある。通信の場合は、基本的に 1:1 の間の情報のやり取りであるから、もし伝送途中で誤りが発生しても、送り直しが容易にできる。しかし、放送の場合は 1:数億台であるから、伝送途中で一部のテレビジョンに障害を発生しても修復することはできない。

このため、デジタル放送では、次に説明するように強力な誤り訂正機能を持たせている。

誤り訂正ブロックは、第 7.4 図のような構成である。



第 7.4 図　誤り訂正ブロックの構成

誤り訂正技術は、**誤りの検出**と検出された**誤りの訂正**技術に分けられる。

デジタル放送では、第 7.4 図に示すように誤り訂正符号化は、内符号と外符号に分けて誤り訂正を行う。外符号にはリードソロモン符号（RS 符号、Reed-Solomon code）、内符号には畳み込み符号（convolution code）を使用する。

畳み込み符号は、主として伝送路におけるランダム性の誤りを訂正する。そして、畳み込み符号の復号にビタビ復号（Viterbi decording）を用いるが、この復号法は誤りを発生した場合にはバースト誤りとなるため、これを改善するために予めバースト誤り訂正に強い RS 符号による誤り訂正機能を持たせる。

第 7.4 図のインターリーブは、RS 符号化されたデータ列を一定のルールで並び替えるものである。復号側では、伝送路でバースト状に誤ったデータ列を元の並びに直す（デ・インターリーブ）ことにより、バースト状のデータ誤りを分散することができるので、誤り訂正の効果を上げることが可能となる。

7.2.3 デジタル変調

デジタル変調は、搬送波の振幅変化を利用したASK方式(Amplitude Shift Keying)、周波数変化を利用したFSK方式(Frequency Shift Keying)、位相変化を利用したPSK方式(Phase Shift Keying)があり、振幅と位相の変化を利用したQAM(Quadrature Amplitude Modulation)がある。

これらの内、デジタル放送ではPSK(Phase Shift Keying)方式とQAM(Quadrature Amplitude Modulation)方式が主に使用される。

(1) 各種デジタル変調方式

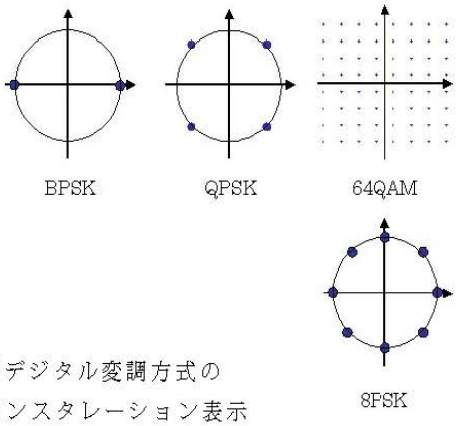
PSKは、位相方向にデータを乗せ、位相の変化で送る方法である。2値PSK(BPSK:Binary PSK)は、デジタル信号の「0」を送る時には搬送波と同相(0度)で、「1」を送る時には搬送波の位相を反転(180度)して送る方法である。

BPSKを拡張した4値PSK(QPSK:Quadrature PSK)は、1シンボルで2bit(2^2=4通り)を送ることができる。この方法は、伝送路の非線形(レベル変動や雑音)に強く、所用帯域幅も比較的狭いため、放送や通信で多く利用されている。また、BSデジタル放送には誤り訂正機能を付加したTC8PSK変調方式が用いられている。

QAMは、PSKの位相変化とASK(Amplitude Shift Keying)の振幅変化を合わせて直交変調したものである。この方式は、1シンボル当たりの伝送容量(ビット数)を増やすことができ、64QAMがよく使用される。

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)は、64QAM等で変調した搬送波信号を、複数の直交する周波数に分割し多重して伝送する。受信側では、まず多重化された信号を復調して、次に64QAM等を復調する。

これらの変調方式は、第7.5図のように表示すると理解しやすい。この図は、コンスタレーション(consteration)と呼ばれ、星座と訳される。すなわち、各方式の点の位置がデジタル信号の「0」と「1」を表している。BPSKの場合は2値のPSKであるから「0」と「1」はI軸の0度と180度の位置する。QPSKの場合は、4値のPSKであるから第□象限に「00」、第□象限に「01」、第□象限に「10」、そして第□象限に「11」が配置される。これにより振幅は一定であるが位相の異なった4個のデータが伝送できる。



第7.5図　各種デジタル変調方式の
コンスタレーション表示

なお、APSK（Amplitude PSK）は、PSKの振幅方向に変化を加える変調方式である。振幅方向にもデジタル信号を乗せ多数の信号点を配置する。将来のスーパーハイビジョン伝送に16APSKや32APSKを実験中である。

(2) BSデジタルの変調方式

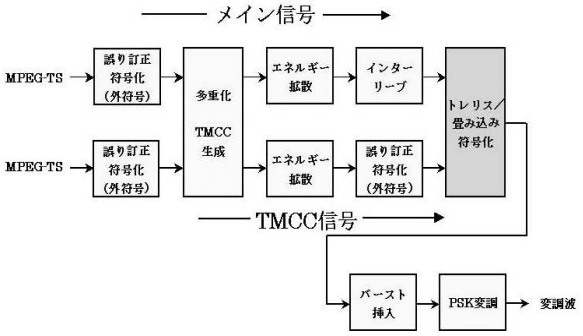
第7.6図にBSデジタル放送の構成を示す。

BSデジタル放送では、複数のTS（異なった放送局）信号を多重化し、一つのストリームにして放送衛星のトランスポンダにアップリンクする。

放送衛星は、赤道上空36,000kmの静止軌道上にあるので、日本までの距離はおよそ38,000kmになる。したがって、到達する電波は微弱となり、使用する電波も12GHz帯であるため、降雨減衰などの影響を受けやすい。このため誤り訂正は強力にする必要がある。一方で、BS放送では、多くの情報量を伝送するために変調方式に8PSKを使用する。

8PSKは、第7.5図のようにシンボル点が8個（2^3=8通り）あるのでシンボル点配置の角度が細かくなり、ノイズにより隣のシンボルと重なり易く、誤りが起きやすい。

このため、8PSKでは1シンボル当たり3ビットデータを送れるが、この内の1ビットは誤り訂正ビットとする。BSデジタル放送のハイビジョン伝送は、8PSKに誤り訂正を付加したトレリスコードTC8PSK(Trellis code 8PSK)の伝送方式を用いている。



第7.6図　BSデジタル放送の構成

(3) 地上デジタルの変調方式

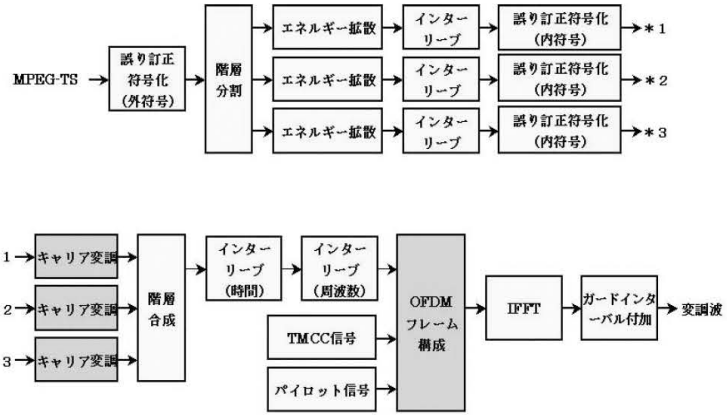
第7.7図に地上デジタル放送の構成を示す。

地上デジタル放送では、一つのチャンネルを3階層に分けてそれぞれに異なった変調をすることができる。一般的には、A階層をQPSK変調でワンセグ放送に使用し、BとC階層を64QAM変調でHDTV放送に使用する。

このようにして得られた3階層の信号をOFDM方式で多重し送信する。

シンボルの伝送方法には、単一搬送波による方法と複数搬送波による方法がある。

単一の搬送波でシンボルを伝送するには、図7.8のように広い帯域幅で伝送シンボルを高速（継続時間を短く）で伝送する。



第 7.7 図　地上デジタル放送の構成

一方、複数の搬送波でシンボルを伝送するには、図7.9に示すように狭い帯域幅で伝送シンボルを低速（継続時間を長く）で伝送する。これを、OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数多重変調）方式といい、地上波デジタル放送で使用される方式である。

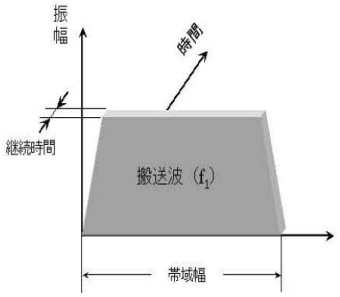


図7.8　単一搬送波方式

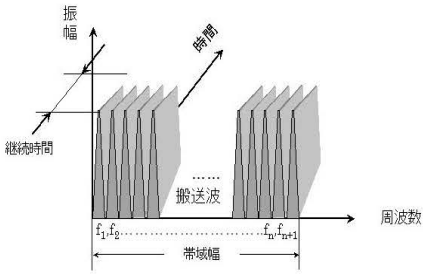


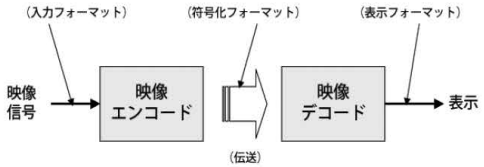
図7.9　複数搬送波方式

7.3 受信機の画面表示形式

(1) 表示フォーマット

従来のテレビジョンは、送信画像の画面形式（映像フォーマット）と受信機の表示形式（表示フォーマット）は基本的に1：1の関係になければならなかった。

しかし、デジタルテレビジョンでは第7.10図に示すように、伝送路は共通の符号化フォーマットとなっているため、この関係は必ずしも1：1である必要がない。



第7.10図　デジタルテレビジョンの映像信号フォーマット変換

(2) デジタルテレビジョンは、第6.5表のようなアスペクト比（aspect ratio）と画面の細 かさ（走査線数）および表示方法（走査方式）が決められている。

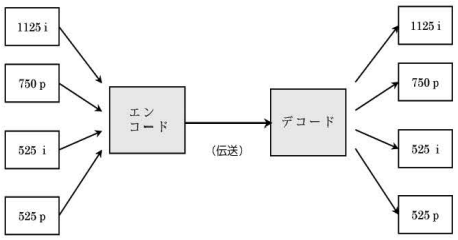
第6.5表　画面の表示形式

表示形式 （表示フォーマット）	縦横比 （アスペクト比）	画面の細かさ （走査線数）	表示方法 （走査方式）	備　考
525i	4 ： 3	525本	飛越	
525p	4 ： 3	525本	順　次	
750p	16 ： 9	750本	順　次	
1125i	16 ： 9	1125本	飛越	
1125p	16 ： 9	1125本	順　次	実証実験必要

（ i：飛越走査、P：順次走査 ）

(3) 表示フォーマット変換

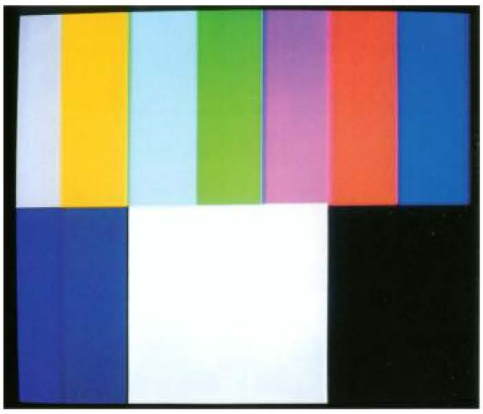
デジタルテレビジョンは、表6.1のように映像信号の規格が複数定義されているため、受像機では送られてきたフォーマットを第7.11図のようにサービスに応じて変換して表示（受像）できる柔軟性がある。



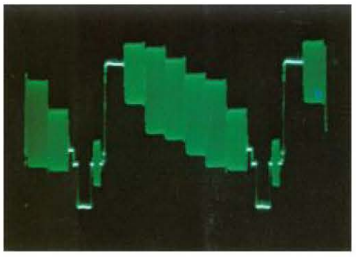
第7.11図　受信機での表示フォーマット変換

標準試験信号

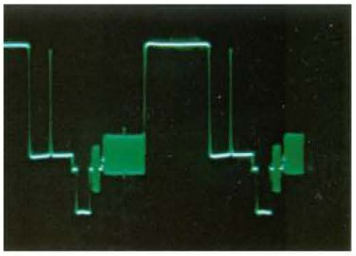
標準試験信号(75%カラーバー)



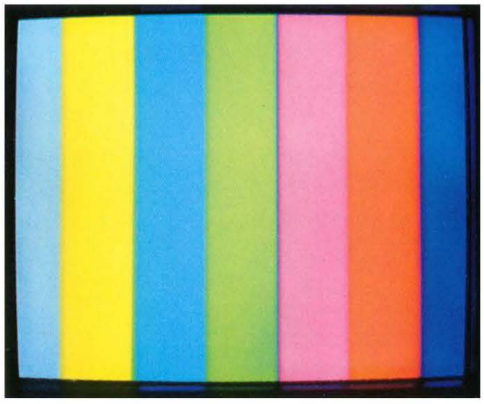
画面上側の映像信号波形



画面下側の映像信号波形



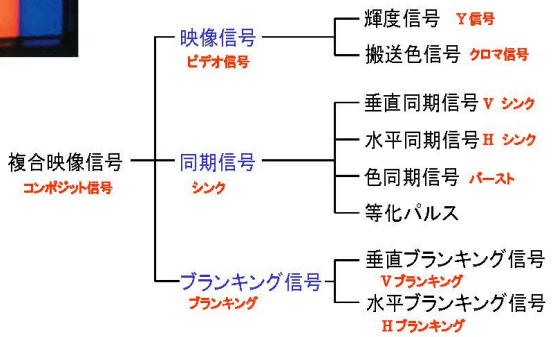
輝度潤カラーバー（フルフィールド）



白,黄,シアン,緑,マゼンタ,赤,青

（なお、左端は75%の白（灰色）である。）

NTSC信号の構成



補足1　PAL方式の諸元

1.走査線数625本、フィールド周波数50HzのPAL方式の諸元は、次のように求めることができる。

(1) 映像信号の帯域幅

$f_{max} = 1/2 \times f_F \times n2 \times h/v \times y/x$

$= 1/2 \times 25 \times 6252 \times 4/3 \times 0.92/0.83$

$\fallingdotseq 7.2MHz$

となり、ケル係数0.7とすると実際の帯域幅は約5.1MHzとなる。

ここで、f_F：フレーム周波数（25Hz）

n ：走査線数（625本）

h/v：画面のアスペクト比（4/3）

y/x：垂直・水平の有効走査期間比（0.92/0.83）

(2) 垂直走査周波数（f_V）(=フィールド周波数)

$f_V = 50Hz$

(3) 水平走査周波数（fh）(2:1の飛越走査を考慮)

$fh = 625 \times 1/2 \times 50 = 15.625kHz$

2.色副搬送波（f_{SC}）は次のように求められる。

(1) PAL方式では、前述のように（E_R-E_V）信号の色副搬送波を走査線毎に反転する。

・この反転により、NTSC方式と同様の1/2ラインオフセットでは同一フィールド内の隣り合った走査線間で同位相となりクロスカラー妨害を発生する

・このため、PAL方式では、1/4ライン・オフセットを用いる。

$(4n-1) \times fh/4$　　（n：整数）

・この方法では、フレーム毎には改善されるが、フィールド間では同位相となり、クロスカラー妨害が軽減できない。

・そこで、フィールド毎の位相反転を加えると、フィールド間および、フレーム間での改善効果が高い。（補足2　参照）

(2) 色副搬送波（f_{SC}）の算出

① f_{SC}は、輝度信号帯域の上限帯域に映像搬送波と音声搬送波の周波数差（5.5MHz）から色信号の上側帯域（1.07MHz）を考慮して4.43MHz付近に設定する。

② これを次式に代入し、nを求める。

$4.43〔MHz〕 = (n-1/4)fh+fh/625$

$n \fallingdotseq 283.768$（→整数：n=284）

③ n = 284を代入し、fscを求める。

$f_{SC} = (284-1/4)fh+ fh/625 = 4.43361875〔MHz〕$

補足2　PAL方式のクロスカラー妨害

1. 1/2ライン・オフセットの場合

(1)一つの水平ライン上の色副搬送波の数は283.5で奇数であるから、最後は1/2周期で終了し、次のラインは残りの1/2周期から始まる。

(2)PALでは、この残りの1/2周期で開始されるラインの周期を180度反転（1/2ライン・オフセット）させる。

(3)図1では、青線は各ラインの最後の波形を、赤線がライン・オフセットした時の波形を表す。赤線の位相が揃っている。

(4)ここで、"正を白"、"負を黒"のドットとして表すと"縦縞"ができる。これを"**ベネチアン・ブラインド**"と呼ぶ。

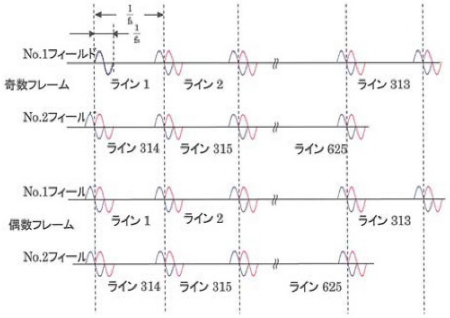


図1　1/2ライン・オフセットの場合

2.　クロスカラー妨害の発生（1/2ライン・オフセット）

図2のように、ライン毎に位相反転を行うためフレーム毎に同位相となり、クロスカラー妨害が発生する。（ベネチアン・ブラインド）

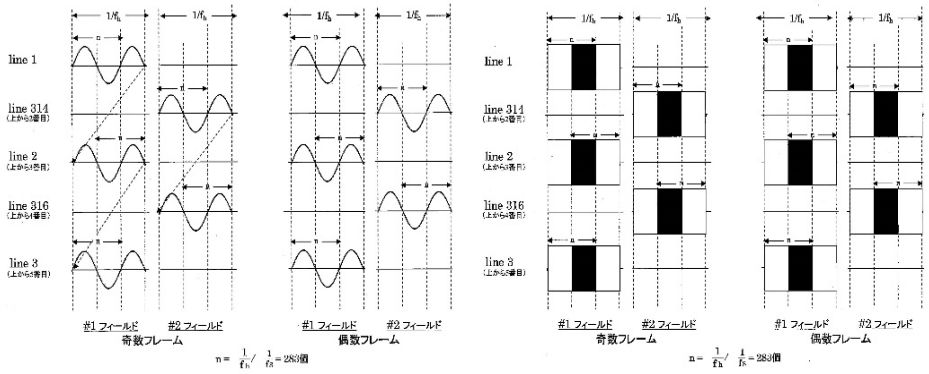


図2　クロスカラー妨害の発生（1/2ライン・オフセット）

3.　1/4ライン・オフセット

図3に示すように、ライン毎に90°移相（1/4ライン・オフセット）フレーム毎には改善されるが、フィールド間で同位相となり、クロスカラー妨害が軽減できない。

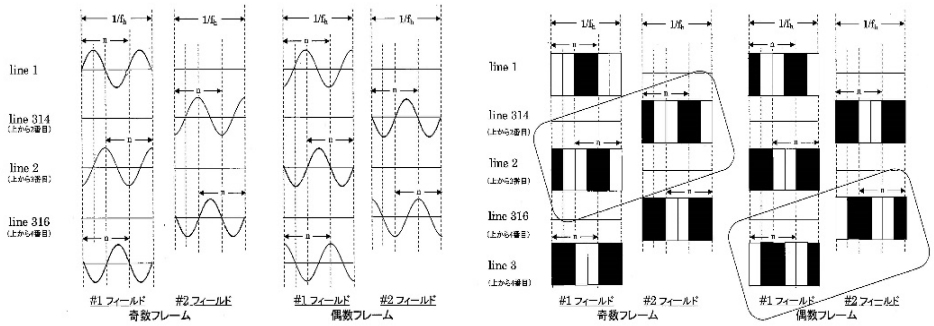


図３　1/4ライン・オフセット

4.　1/4ライン・オフセット+フィールド反転

図4のように、フィールド間、フレーム間でも位相が揃わないので、クロスカラーは発生しない。

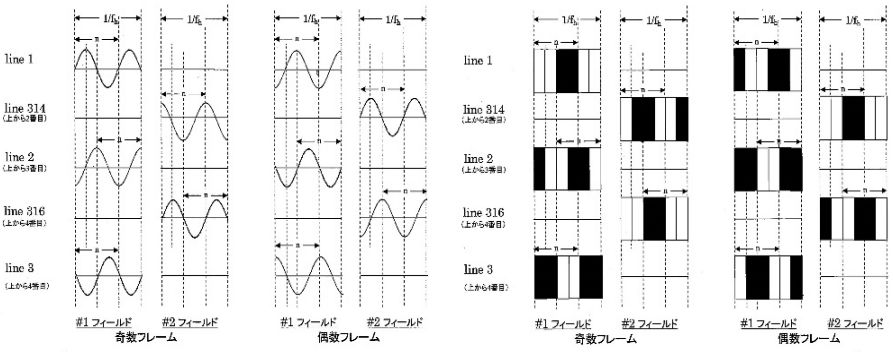


図４　1/4ライン・オフセット+フィールド反転

参考文献

本資料の執筆に当たっては、カラーテレビジョン技術書の原点となる、
日本放送協会編"放送技術双書、カラーテレビジョン"㈱日本放送出版協会(S39)
の中から、特に色彩に関する項の表・図を引用させていただいた。

西沢正雄"解説カラーテレビジョン"㈱産報（1972）
日本放送協会編"NHKテレビジョン技術教科書［上］"㈱日本放送出版協会（H1）
日本放送協会編"放送技術双書2、放送方式"㈱日本放送出版協会(S58)
日本放送協会編"NHKカラーテレビジョン受信技術"㈱日本放送出版協会(S54)
平沢進、他"ラジオ技術全書、カラーテレビジョンの基礎"㈱ラジオ技術社（S45）
山下彰、他"概説　カラーテレビジョン"共立出版㈱（S48）

大石巌、他"ディスプレイの基礎"共立出版㈱（2001）
内池平樹、他"プラズマディスプレイのすべて"工業調査会（1997）
鈴木八十二"液晶の本"日刊工業新聞社（2002）
鈴木八十二"液晶ディスプレイ工学入門"日刊工業新聞社（1998）

映像情報メディア学会編"テレビジョンカメラの設計技術"コロナ社（1999）
宇野潤三訳"SMPTEデジタル規格集1"兼六館出版（H10）
宇野潤三訳"スタジオ技術者のためのデジタルテレビジョンの基礎（改訂版）"
兼六館出版（H18）

山川正光"メディア技術発達史読本"日刊工業新聞社（1990）
テレビジョン技術史編集委員会"テレビジョン技術史"（社）テレビジョン学会（S46）
日本放送協会総合技術研究所・放送科学基礎研究所"五十年史"日本放送出版協会（S56）

本テキスト作成にあたり、掲載した各種文献

を参考にさせていただきました。

（禁複写、本テキストは研修用に作成したものです。）

テレビ信号の基礎

2004(H16)年４月　　初版（80)

[改訂・増補版]

2004(H16)年６月,９月,12月改訂・増刷(80,35,60)

2005(H17)年４月,12月　増刷（100,50)

2006(H18)年４月,５月　増刷（70,50)

2007(H19)年４月,12月　増刷（35,60)

2008(H20)年３月,５月,10月　増刷（35,50,25)

[改訂・デジタル増補版]

2009(H21)年１月　　初版（70）

2009(H21)年４月,５月　増刷（70,30）

2010(H22)年１月　　増刷（70）

[改訂・増補　～デジタルテレビ信号を理解するために～]

2010(H22)年４月　　初版（70）

2010(H22)年５月　　増刷（25）

2011(H23)年１月　　増刷（60）

2011(H23)年４月　　増刷（70）

（執筆）専門委員　鋤持　甫 ©

デジタルインストラクター.COM 代表

（発行）(財)*NHK*放送研修センター

資料：デジタル放送技術理論（中級）

デジタル放送技術理論

【 映像符号化 】

平成 16 年 6 月 16 日

(財)NHK 放送研修センター

目　次

1.デジタル放送システム
2.1 MPEG2
2.2　符号化の必要性
2.3 高能率符号化
2.4　冗長性の削減
2.5　符号化技術
2.5.4　変換符号化（DCT 変換）による冗長度の削減
2.5.5　量子化
2.5.6　可変長符号化
2.6　符号化装置の構成
2.6.1　エンコーダ（符号化器）
2.6.2　デコーダ
2.7　AVC/H.264 映像符号化方式

注）2004 年（平成 16）作成のテキスト「デジタル放送　映像符号化」は、所望の講義担当を終了しましたので、2005 年(平成 17)発行の「デジタル信号の基礎」に内容を収録しました。発行および講義の記録として目次のみを残置しました。

デジタル放送技術理論
（映像符号化・誤り訂正技術）

2004(H16)年 6 月　初版（60）

（執筆・編集）チーフディレクター　劔持　甫
（発行）　(財)*NHK* 放送研修センター

（禁複写）このテキストは研修用に作成したものです。

(A4,p1-18)

資料：デジタル放送技術理論（初級）

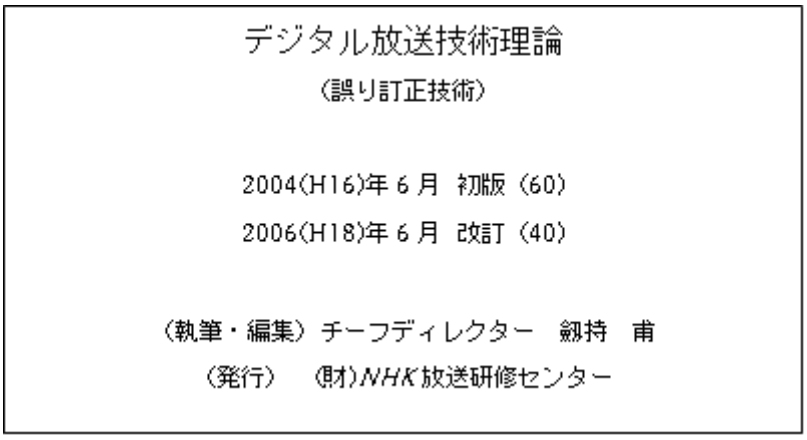
デジタル放送技術理論

【 誤り訂正技術 】

平成 18 年 6 月 28 日

(財)NHK 放送研修センター

1 デジタル放送システム
2 誤り訂正技術
2.1 デジタル信号の誤り方
2.2 誤りの検出（パリティ検査）
2.3 多数決判定
2.4 ハミング符号
2.5 デジタル放送での誤り訂正符号
2.5.1 連接符号化
2.5.2 リードソロモン符号化
(1) RS(255,239)符合
(2) 短縮化 RS 符合（RS(204,188)符合）
2.5.3 畳み込み符号化
(1) ブロック符号と畳み込み符号
(2) 畳み込み符号（符号化率 1/2、拘束長 3）とビタビ復号
(3) 畳み込み符号化器とバンクチャド変換
(4) BPSK、QPSK のマッピング
(5) TC8PSK のマッピング



注）2004 年（平成 16）作成のテキスト「デジタル放送　誤り訂正技術」は、所望の講義担当を終了しましたので、2005 年(平成 17)発行の「デジタル信号の基礎」に内容を収録しました。発行および講義の記録として目次のみを残置しました。

（A4,p1-32）

資料：デジタル放送技術理論（初級）

デジタル放送技術理論

【　デジタル変調　】

平成 17 年 6 月 29 日

(財)NHK 放送研修センター

1 デジタル放送の特徴
2 デジタル放送システム
(1) BS デジタル放送システム　(2) 地上デジタル放送システム
3 デジタル変調技術
3.1　各種変調方式
(1) ASK　(2) FSK　(3) PSK　(4) QAM　(5) APSK　(6) OFDM
3.2 PSK 変調回路
3.2.1 変調信号の生成　3.2.2 ロールオフ・フィルタ　3.2.3 直交変調回路
3.2.4 エネルギー拡散
3.3 BPSK（2 値 PSK）
3.3.1 変調回路と BPSK 変調波形
(1) 変調信号の生成　(2) 変調回路と BPSK 変調波形
3.4 QPSK（4 値 PSK）
3.4.1 S/P 変換部と I・Q 軸　3.4.2 マッピング部　3.4.3 レベル変換部
3.4.4 変調回路と QPSK 変調波形　3.4.5 QPSK 変調波のスペクトル
3.5 8 値 PSK　3.5.1 TC8PSK　3.5.2 S/P 変換部　3.5.3 マッピング部　3.5.4 レベル変換部
3.6 DQPSK
3.7 QAM
3.7.1 S/P 変換部　　3.7.2 マッピング部　3.7.3 「2 ビット→4 値」変換部
3.7.4 16QAM と 64QAM
3.8 OFDM
3.8.1　OFDM 変調 3.8.2 OFDM 変調の信号の流れ 3.8.3 S/P 変換部 3.8.4 マッピング部
3.8.5　IFFT 部 3.8.6　ガードインターバルの付加と直交変調部
3.8.7 OFDM 波のスペクトラム 3.8.8 OFDM セグメントパラメータ
3.9 シンボルなど
3.10 位相点配置図（コンスタレーション）
3.11 グレイコード
3.12 PSK の情報量とノイズ耐性
3.13 PSK の CN 比とビット誤り率
3.14 QAM の情報量とノイズ耐性

デジタル放送技術理論（初級）
【デジタル変調】
2004(H16)年 7 月　初版（60）
2005(H17)年 6 月　改訂（60）
2006(H18)年 6 月　改訂（40）
（執筆・編集）チーフディレクター　劒持　甫
（発行）（財）*NHK* 放送研修センター

注）2004 年（平成 16）作成のテキスト「デジタル放送　デジタル変調」は、所望の講義担当を終了しましたので、2005 年(平成 17)発行の「デジタル信号の基礎」に内容を収録しました。発行および講義の記録として目次のみを残置しました。

2005 年（平成 17） CATV 関連企業向けスペアナ研修



Discover What's Possible™ Anritsu

2

特集

世界で通用する人材育成を目指す
「グローバル社員育成プログラム」

Vol.546
2006 February

› 第1回グローバル環境管理会議開催
› Sales Information System 構築
› 先達が語る私のアンリツ史 Vol.17

営業本部 第3営業部／営業推進部第2部から

CATV関連企業向けの
スペアナ研修に協力

MS2711Dの操作研修をサポートするSJK矢作さんとSJY笹野さん。

アンリツ製品を直接お客様に触れてもらう良い機会となりました。

講師を務めたSJK岡沢さん。

（財）NHK放送研修センターが主催したCATV関連企業向けのスペアナ研修にアンリツが協力しました。――去る11月15日、16日の2日間に渡り、NHK放送研修センターにおいて、（財）NHK放送研修センター主催、（社）日本CATV技術協会の協賛にて、CATV関連企業を対象とした専門研修「伝送技術・スペアナ測定実習2日間」が開催されました。アンリツは、MS2711Dハンドヘルドスペクトラムアナライザを提供するとともに講師を派遣し、（財）NHK放送研修センターから貸し出していただいた機材も使用しながら機器の基本操作についての講義や実習をサポート。ケーブルテレビの施工・保守管理業務において、スペクトラムアナライザを利用した各種測定について理解を深めていただきました。お客様にアンリツ製品に直接触れてもらうことで製品への関心を高めていただくとともに、操作性などについての要望を伺う貴重な機会となりました。今後もこうした協力を継続し、円滑な放送サービスの実現に貢献していきたいと考えています。

2005 年(平成 17)　デジタル信号の基礎（A4,p1-57）

初歩のテレビ技術セミナー

注）このテキストは、

・2004 年（平成 16）作成「デジタル放送　映像符号化」

・2004 年（平成 16）作成「デジタル放送　誤り訂正技術」

・2004 年（平成 16）作成「デジタル放送　デジタル変調」

を 2005 年(平成 17)発行の「デジタル信号の基礎」に整理して収録しました。

初歩のテレビ技術セミナー

【デジタル技術の基礎】

(財)NHK 放送研修センター

目　　次

はじめに …… (1)

1. デジタル放送システム …… (3)

2. デジタル放送システムの主要技術 …… (4)
2.1 情報の数値化 …… (4)
2.2 圧縮技術 …… (5)
2.3 多重化技術 …… (5)
2.4 誤り訂正技術 …… (6)

3. 映像符号化 …… (7)
3.1 MPEG2 …… (7)
3.1.1 MPEG2の規格 …… (7)
3.1.2 画質とビットレート …… (8)
3.2 符号化の必要性 …… (9)
3.3 高能率符号化 …… (10)
3.4 冗長性の削減 …… (11)
3.4.1 統計的冗長性の削減 …… (12)
3.4.2 視覚的冗長性の削減 …… (12)
3.5 符号化技術 …… (13)
3.5.1 予測符号化 …… (14)
3.5.2 動き補償予測符号化 …… (14)
3.5.3 I、B、Pピクチャの符号化 …… (16)
3.5.4 変換符号化（DCT変換）による冗長度の削減 …… (19)
3.5.5 量子化 …… (20)
参考文献（映像符号化）…… (22)

4. 誤り訂正技術 …… (23)
4.1 デジタル信号の誤り方 …… (23)
4.2 誤りの検出（パリティ検査） …… (23)
4.3 多数決判定 …… (24)

4.4 ハミング符号 …… (25)
4.5 デジタル放送での誤り訂正符号 …… (29)
4.5.1 連接符号化 …… (29)
4.5.2 リードソロモン符号化 …… (30)
4.5.3 畳み込み符号化 …… (31)
参考文献（誤り訂正技術）…… (32)

5. アナログ信号のデジタル化 …… (33)
5.1 標本化 …… (33)
5.2 量子化 …… (34)
5.3 符号化 …… (35)
5.4 アナログ信号のデジタル化 …… (35)
5.4.1 コンポジット映像信号の AD 変換 …… (36)
5.4.2 くし形フィルタを用いた YC 分離 …… (37)
5.5 信号処理の実際 …… (39)
5.5.1 標本化周波数の選定 …… (40)
5.5.2 コンポジット信号の標本化 …… (40)
5.5.3 コンポーネント信号 …… (41)
5.6 HDTV 信号…… (44)

6. デジタル変調技術 …… (45)
6.1 デジタル変調 …… (46)
6.2 各種変調方式 …… (46)
6.3 PSK 変調回路 …… (49)
6.3.1 変調信号の生成 …… (49)
6.3.2 ロールオフ・フィルタ …… (49)
6.3.3 直交変調回路 …… (51)
6.3.4 エネルギー拡散 …… (52)
6.4 BPSK（2 値 PSK） …… (53)
6.4.1 変調回路と BPSK 変調波形 …… (53)
6.5 QPSK（4 値 PSK） …… (55)
6.5.1 S/P 変換部と I・Q 軸 …… (55)
6.5.2 マッピング部 …… (56)

6.5.3 レベル変換部 …… (56)
6.5.4 変調回路と QPSK 変調波形 …… (57)
6.5.5 QPSK 変調波のスペクトル …… (57)
6.6 QAM …… (58)
6.6.1 S/P 変換部 …… (59)
6.6.2 マッピング部 …… (59)
6.6.3 「2 ビット→4 値」変換部 …… (60)
6.6.4 16QAM と 64QAM …… (61)
6.7 シンボルなど …… (61)
6.8 位相点配置図（コンスタレーション） …… (63)
6.9 グレイコード …… (64)

（参考文献）…… (65)

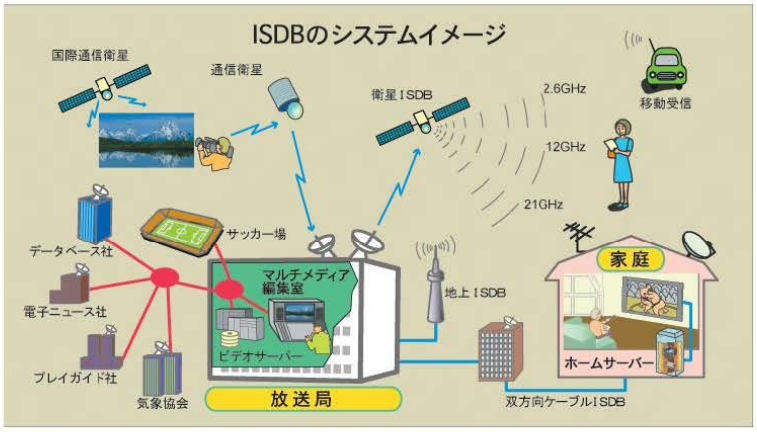
はじめに

ISDB（Integrated Service Digital Broadcasting：統合デジタル放送）は、ISDB-S（Saterite）、ISDB-T（Terrestrial）、ISDB-C（Cable）があり、それぞれ、デジタル化のメリットを活用することにより、放送サービスをより高度化するシステムである。

ISDB-S は、放送衛星を介したデジタル放送で、赤道上空 36,000km に打ち上げられた放送衛星（BSAT）から日本全国を放送エリアとしてサービスする。

放送番組は、各放送局で作られた番組を放送衛星に打ち上げるアップリンクセンタに集め、一括して放送衛星に 17GHz 帯を使用してアップリンクする。放送衛星では、17GHz 帯で送られてきた信号を、ダウンリンク用の 12GHz 帯に変換して日本全国に電波を送り届ける。この場合、放送衛星の位置が日本からは約 38,000km と遠距離になり電波は非常に弱くなるので、受信アンテナはパラボラ型を使用して効率的に受信できるようにする。

ISDB-T は、2003 年から放送が開始された地上波によるデジタル放送で、テレビ放送開始当時から使用されているアナログのテレビ放送をデジタル化し、VHF 帯の電波を全て UHF 帯に移行する。



ISDB のイメージ（NHK 放送技術研究所資料より）

ISDB-C は、CATV 施設のデジタル化で、既に BS デジタル放送は主としてトランスモジュレーション方式でデジタル化され、地上デジタル放送もトランスモジ

ュレーション方式やパススルー方式で多くのCATV施設で伝送される。

CATV伝送規格は、(社)日本CATV技術協会によりケーブル伝送に使用される変調方式別にQAM方式(JCTEA STD-010-QAM-1.0、2002)、PSK方式(JCTEA STD-010-PSK-1.0、2002)、OFDM方式(JCTEA STD-010-OFDM-1.0、2008)としてそれぞれ制定されている。

放送のデジタル化のメリットを整理すると、次のようになる。

○高品質な映像・音声の提供

情報伝送中に放送波に付加されてしまう雑音などによって引き起こされる情報の誤りを受信側で除去することが可能となる。

○多チャンネル放送を実現

多量の情報を圧縮して効率よく伝送することで、アナログ放送1チャンネルと同じ周波数帯域幅で多チャンネル放送等を実現することが可能となる。

○多彩なアプリケーションに対応

通信やコンピュータと共通の形式の情報(デジタル信号)を取り扱うことで、それらシステムとの融合を図れ、マルチメディア放送の多彩なアプリケーションに対応することが可能となる。

○受信機の低廉化・高機能化の促進

技術開発により信号処理回路をLSIチップに集積することができ、受信機の低廉化、高機能化を促進することが可能となる。

デジタル放送は、デジタル信号を使用するため伝送途中の誤りを訂正することができるので「高品質な映像・音声」の提供が可能となり、デジタル信号を圧縮することができるので周波数利用効率が良く「多チャンネル放送」を実現することができる。さらに、デジタル信号は各種形式のデータを共通に取り扱うことができ「多彩なアプリケーション」に対応することができる。そして、これらデジタル技術は、LSI技術の進歩と共に小型化・低廉化・高機能化を促進することが可能となる。これらの技術はデジタル化の基本となるものである。すなわち、放送のデジタル化は、「符号化(圧縮)技術」、「誤り訂正技術」、「多重化技術」がキーテクノロジーである。

1 デジタル放送システム

デジタル放送のシステムは、図 1.1 のようにテレビカメラやマイクロフォン等で得られたアナログ信号を A/D 変換器でデジタル信号に変換して、符号化し、デジタル変調して電波として送信する。

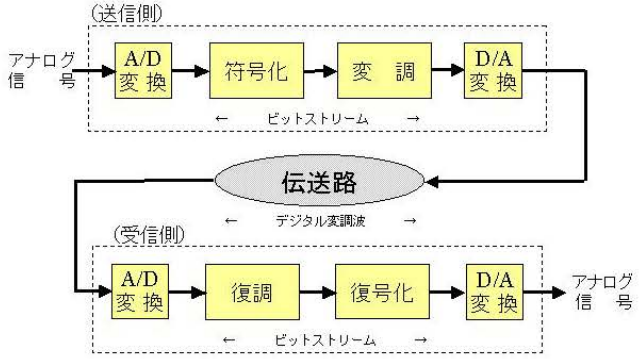


図 1.1 デジタル放送システムの基本構成

一方、受信側では、送られてきた電波から復調処理により符号化されたデジタル信号を取り出し、復号化して、D/A 変換器によりアナログ信号に変換し、映像信号はブラウン管に、音声信号はスピーカーに加え再現する。

この課程で、A/D 変換された信号は「0」,「1」のビット列（ビットストリーム）となりデジタル変調される。受信側では復調された信号はビットストリームとなり、D/A 変換されてアナログ信号となる。一方、伝送路は、デジタル変調された波（デジタル変調波）となる。

変調された電波は、衛星放送は SHF 帯、地上デジタル放送は UHF 帯、CATV は MID 帯や SHB 帯等で伝送される。

次に、符号化の部分を詳しくすると、図 1.2 のようになる。

図 1.2 の入力信号は、既に A/D 変換器でデジタル化された映像信号、音声信号およびデータである。

これらの入力されたデジタル信号は、映像信号は MPEG2Video、音声信号は MPEG2AAC の、それぞれの符号化器により符号化され、多重化器により多重化され、誤り訂正の符号が付加されてデジタル変調される。

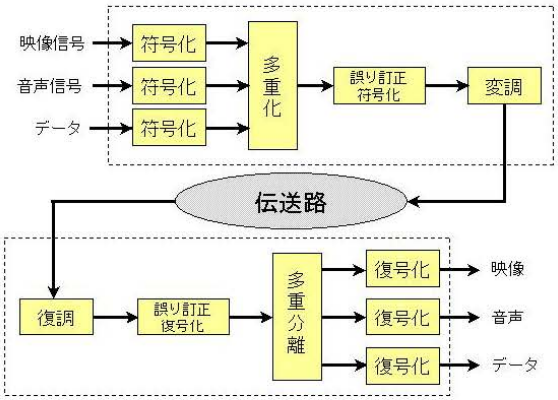


図 1-2　デジタル放送システム

2　デジタル放送システムの主要技術

2.1 情報の数値化

情報の数値化は、どのような情報も「1」と「0」に変換して表すことである。

図 2.1 のように、例えば、デジタル化された映像信号には「01」、音声信号には「10」、データには「11」を各デジタルデータの先頭（ヘッダー）に付加しておけば、送られてきたデジタルデータの内容が映像なのか音声なのか等が判別でき、伝送途中では映像とか音声とかの認識をしないで、デジタル信号として取り扱うことができる。

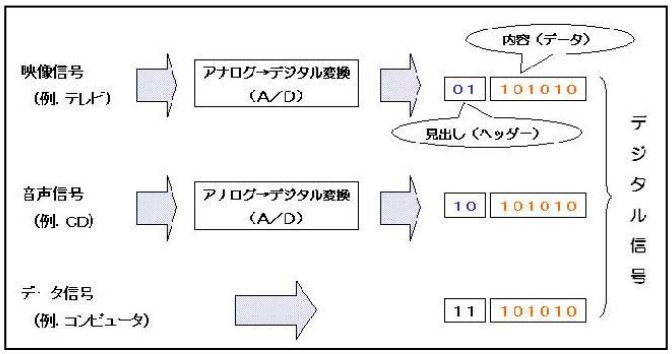


図 2.1　全ての情報のデジタル化

すなわち各種のデジタル信号を混在して伝送することができるので、信号の取り扱いが容易となる。

2.2 圧縮技術

圧縮技術は、情報の一部を間引いて、情報量を少なくすることである。図 2.2 に圧縮技術のイメージを示す。

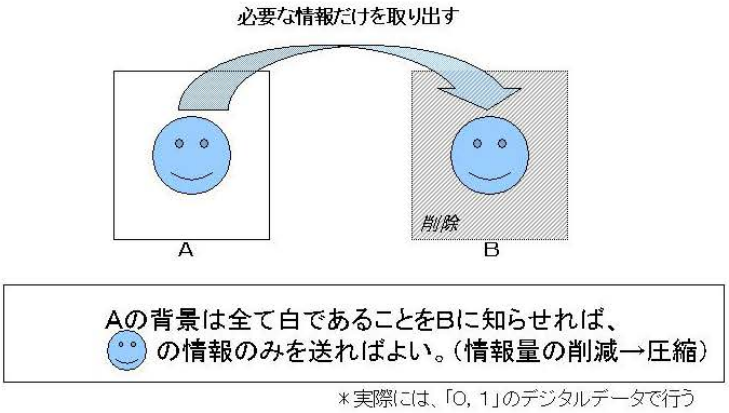


図 2.2　圧縮のイメージ

いま、図 2.2 のように画面に表示された画像を A から B に伝送する場合は、テレビの走査線を画面の上、左から右に走査し、画面の右下までの走査で得られた信号を全て伝送する。

しかし、この方法では、画面の画像以外の白い背景の部分も全て信号として伝送しなければならず、無駄な信号の伝送となる。

そこで、画面の画像以外の背景は全て白という情報を A から B に知らせ、必要な画像の部分の信号のみを伝送すれば、無駄が無くなる。つまり、伝送する情報を圧縮することができる。

2.3　多重化技術

多重化技術は、データに目印を付けて送ることである。図 2.3 に多重化のイメージを示す。

図 2.3 のように「番組 A」の画像と「番組 B」の画像を多重化して伝送する場合を考える。それぞれの画像を 3 つに分解し「番組 A」は A1、A2、A3、に「番組 B」は B1、B2、B3 として、上から順に A1→B1→A2→B2→A3→B3 の順に、バラバラにして或るルールに基づいて（多重化）送出する。受信側では、届いた順に組み立てる規則としておけば、図 2.3 の再現データのようにもとの画像を再現することができる。

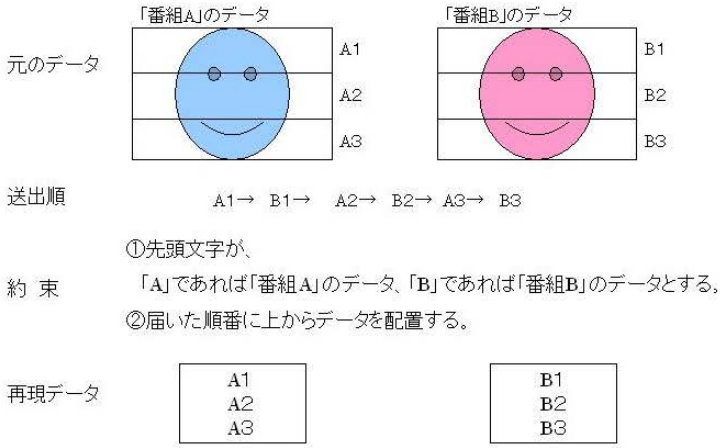


図 2.3　多重化のイメージ

2.4　誤り訂正技術

誤り訂正技術は、データの伝送途中で発生した誤りを、受信側で検出し訂正するものである。図 2.4 は、誤り訂正のイメージを示したものである。

図 2.4 の左側は、誤り訂正をしない場合の例である。

今、3 ビットのデータを伝送しようとした場合に、伝送途中に雑音等によってビットの一つに誤りが生じた場合は、誤ったまま受信され復調されて受信エラーとなる。

しかし、図 2.4 の右側のように、あらかじめ入力データを符号化する際に誤り訂正用ビットを付加しておくと、伝送途中に雑音等によってビットの一つに誤りが生じても、誤って受信されたデータを検出して訂正し、復調することができる。

ただし、誤り訂正用のビットを付加するため、信号長が長くなる。

以上の、情報の数値化、圧縮技術、多重化技術、誤り訂正技術がデジタル化されたことによるメリットの代表的なものである。また、昨今の回路のLSI化によって初めてなし得る技術でもある。

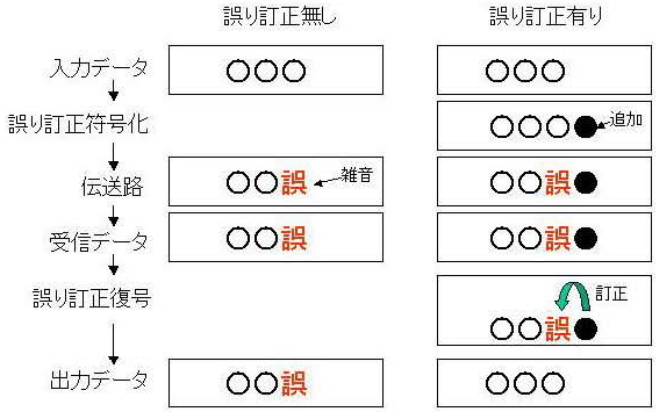


図 2.4　誤り訂正技術のイメージ

3 映像符号化

デジタル画像は、音声データに比べて膨大なデータ量となり、そのままでは伝送することが困難なので圧縮する必要がある。一般的に圧縮とは、データ量の削減だけを指すが、デジタル放送では信号に効率よく符号を割り当てる高能率符号化を含め、圧縮を行っている。

符号化には、情報源符号化（source coding）と伝送路符号化（channel coding）がある。情報源符号化は、データ列を画質がある程度劣化するのを許容して、小さいデータ列に変換する。伝送路符号化は、データ列を伝送路の信頼性向上のために、別のデータ列に変換する。

3.1 MPEG2

3.1.1　MPEG2の規格

MPEG（Moving Picture Experts Group）は、国際標準化機関の一組織の名前で、正式名称はISO/IEC JTC1/SC29/WG11である。MPEGの規格は、最初にMPEG1（1992、ISO/IEC 11172、Coding of moving pictures and audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s）が規格化された。

MPEG1は、1.5Mbps位までの蓄積メディア、CD-ROMやテレビ電話などの低ビットレートで小さい画像の符号化を目的に規格化された。このMPEG1を包含

する形で、テレビジョン信号の符号化を目的として策定されたのがMPEG2（1994、ISO/IEC 13818、Generic coding of moving pictures and associated audio）である。MPEG2は、放送や通信などの幅広い分野で使用することができる。（MPEG3は、規格化の段階でMPEG2に包含された。）

MPEG4（ISO/IEC 14496、Coding of audio-visual objects）は、オブジェクト符号化（画像の領域分割）を使った高能率符号化である。MPEG4Pert10（H.264）では、地上デジタル放送のワンセグメントサービスに使用される方式が規格化されている。

MPEG2は、図3.1のようにいくつかのパートに分けて規格化されている。

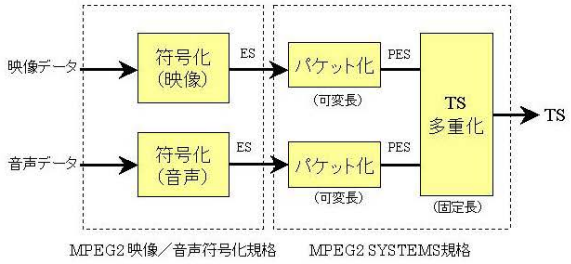


図3.1 MPEG2 映像／音声符号化とSystems規格の関係

・ Part1　Systems（多重化などの全般）

・ Part2　Video（映像に関して）　・ Part3　Audio（音声に関して）　など

3.1.2　画質とビットレート

MPEG2で使用されている符号化は、不可逆符号化であり原画と符号化画像との間に劣化を伴う。不可逆符号化は、どこまでも圧縮することができるが、画質が劣化する。

MPEG2により映像を圧縮した場合は、ビットレートにより画質に差が出てくる。映像の動きの激しいものとか、映像が込み入っているもので差が大きくなり、単純な映像で動きがないものは画質に差が出にくい。すなわち、符号化映像の画質は、圧縮が易しいものと難しいものがある。

やさしい映像は、平行に動くだけで、ズームや回転は無い等の場合であり、そこから外れた映像は、難しい映像となる。ほとんどの映像は、やさしい映像に入るので画質の劣化は少ない。難しい映像は、非常に細かい映像、ランダム性ノイズ、激しい動き、複雑な回転、拡大・縮小したもの、輝度変化が激しいもの、フラッシュ等である。

細かい絵柄や複雑な動きに現れるMPEG2に特有な静的劣化による歪みは、図3.2のようにブロック歪み、モスキートノイズ、ボケがある。ブロック歪みは、DCTブロック（8画素×8ライン）の形状が映像に出てくる。モスキートノイズは、輝度変化が激しいところの周辺にリンギングのような蚊の飛んでいるようなノイズが出てくる。ボケは、高周波成分が落ちている時に出てくる。

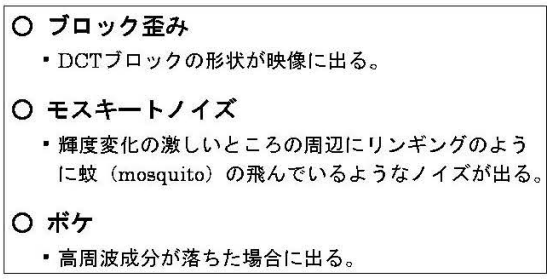


図3.2 MPEG2特有の歪（静的劣化）

これらは、静的な劣化であるが、図3.3に示す動的な劣化による歪みも発生する。

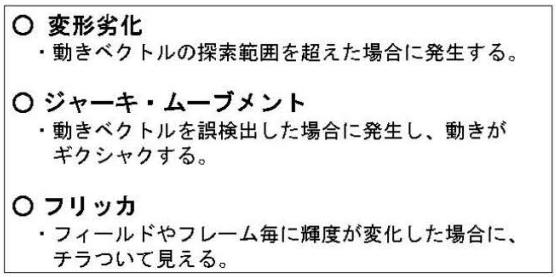


図3.3 MPEG2特有の歪（動的劣化）

3.2 符号化の必要性

人間の目は、色に対して感度が良くないという特性を利用して、サンプリング周波数は色の情報を輝度の情報に比べて1/2に削減して伝送する。

(1) NTSCのコンポーネント信号（スタジオ規格、CCIR勧告、1982）

この信号を符号化した場合のデータ量は、輝度（Y）信号のサンプリング周波数を13.5MHz（NTSC、PAL方式共通基準周波数f=3.375MHzの4倍）、色度（Cb、Cr）信号は目の特性が輝度信号の1/2であるため6.75MHz（=13.5/2）として、それぞれを8bitで量子化した場合は約216Mbpsとなる。（Y信号の4倍、Cb・Cr信号は1/2倍から、4:2:2フォーマットと呼ばれる。VTRではD1フォーマットであ

る。）

コンポジットNTSCの場合は、色副搬送波（fs=3.579545MHz）を基準にするため、データ量は約229Mbpsとなる。

なお、各種フォーマットについては、後の章で説明する。

(2) HDTVのコンポーネント信号

同様にHDTVの信号をデジタル化した場合は、Y信号は74.25MHz（コンポーネントNTSC方式のサンプリング周波数13.5MHzの11/2倍）とし、色信号はその1/2の37.125MHz、8ビットの量子化として計算すると、データ量は1,188Mbpsとなり、図3.4のように、NTSC方式の約5倍の情報量となる。なお、スタジオ内のデジタル信号の受け渡しに使用されるSDI（Serial Digital Interface）信号は、10bitで量子化するため、データ量は約1,485Mbpsとなる。

SDTVの場合

データ量＝13.5〔MHz〕×8〔bit〕 … (Y)
＋6.75〔MHz〕×8〔bit〕 … (C_b)
＋6.75〔MHz〕×8〔bit〕 … (C_r)
＝216〔Mbps〕

HDTVの場合

データ量＝ 74.25〔MHz〕×8〔bit〕 … (Y)
＋37.125〔MHz〕×8〔bit〕 … (P_b)
＋37.125〔MHz〕×8〔bit〕 … (P_r)
＝1,188〔Mbps〕

図3.4 データ量の例

衛星の1チャンネルで伝送できるビットレートは、約50Mbpsであるが HDTVを2放送事業者分伝送するので映像には20Mbps程度のビットレートしか割り当てられないので、HDTVのデータ（1,188Mbps）をそのまま送るには約1/50に圧縮しなければならない

3.3 高能率符号化

画像圧縮は、画像特性と視覚特性を巧みに利用し、画像の情報量を削減して実現している。この画像の情報量削減には、画像の冗長部分（人間の目で見た時、無駄な部分）を削減する。

画像は、表3.1に示す各種の冗長性に基づく冗長部分を有している。

MPEG2Videoでは、図3.5の構成でこれら画像の有する冗長部分を取り除いて、符号化データを得る。

はじめに入力された映像信号は、時間的冗長性を除去するために予測符号化（動き補償予測）等を行う。これは、動画の動きを検出して、動く前の画像の情報を効率的に使うためのものである。

種　類		コメント
統計的冗長性		画像を確率信号と考えたときの冗長性
	空間的冗長性	画像の絵柄の細かさ
	時間的冗長性	画像の時間変化
視覚的冗長性		人間の視覚特性に起因する冗長性
エントロピー冗長性		符号の出現確率の偏りによる冗長性

表3.1 冗長性の種類

次に、変換符号化（DCT変換）を行い、周波数軸上に変換して空間的冗長性、つまり映像の細かいものとそうでないものを分けて、空間的に無駄な部分を削減する。それらの後に量子化を行う。量子化は、画質に大きく影響を与えるので、視覚的に問題がない範囲で、無駄な部分を取り除く。

そして最後に、データ列として見たときに無駄な部分（統計的冗長性）を可変長符号化（ハフマン符号化）によりを取り除き、最終的に符号化データのビット列を生成する。

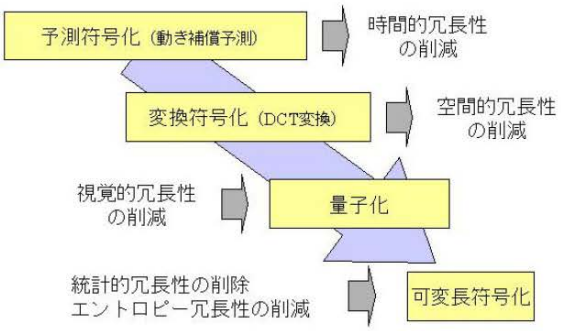


図3.5　高能率符号化の技術

3.4　冗長性の削減

冗長性に基づき画像の冗長部分を削減することを、冗長性の削減という。

冗長性には、大きく分けて統計的冗長性と視覚的冗長性があり、図3.6のようにそれぞれ分類することができる。

3.4.1　統計的冗長性の削減

統計的冗長性は、画像を確率信号として捉えた時に発生するもので、空間的冗長性と時間的冗長性がある。

○ 統計的冗長性
- 空間的冗長性（画像の細かさに合わせる）
- 時間的冗長性（動きの激しさ）

○ 視覚的冗長性
- 輝度の弁別特性（輝度の高い部分と低い部分）
- 空間周波数特性（画像の細かさ、色成分の感度）
- 空間の異方特性（斜め方向の感度）
- 動画像の視覚特性（動きの早さ）

図3.6　MPEG2で扱う冗長性

空間的冗長性の削減は、画像の細かさの程度を利用したもので、細かい部分は細かく、荒い部分は荒く送ることによりデータ量を削減する。時間的冗長性は、画像の時間変化を利用したもので、動きが激しいものとそうでないもの、例えば、静止画の場合は動きが無いため、同じ画像のデータを続けて送る必要は無くデータ量を大きく削減できる。

これらの統計的冗長性の削減には、予測符号化と変換符号化および画像間予測と動き補償予測による符号化の方法がある。

予測符号化は画素の差分に基づいて符号化する方法、変換符号化（DCT変換）は周波数軸上に変換して無駄な部分を取る方法である。画像間予測は画像間での差分により、動き補償予測は画像間での動きの推定によって、それぞれにデータ量を削減する方法である。

3.4.2　視覚的冗長性の削減

人間の目は、荒いものは良く見えるが細かいものはだんだん見えにくくなる。また、色は輝度に比べれば精細に見えなくとも良いなどの特性を持っている。このような、人間の視覚特性に基づく冗長性を利用するものが変換符号化や量子化である。

符号化に利用される視覚特性は、図3.7に示すように輝度の弁別特性、空間周波数特性、空間異方特性、動きに対する知覚特性がある。

静止画の場合の視覚特性には次の(1),(2),(3)の特性が、動画像の場合の視覚特性には(4)の特性がある。

(1) 輝度の弁別特性

人間の目は、輝度が非常に高い部分と非常に低い部分では少しの輝度変化には反応しない。また、輝度の変化が感覚的に鋭い部分でも、若干の輝度変化は判らない。これらから、輝度の変化が非常に高い部分と低い部分、および輝度変化の感覚が鈍っている部分のデータ量を削減することができる。

(2) 空間周波数特性

絵柄の細かさに対する人間の目は、輝度成分に対しては、ピークを持つ山型の特性となり、非常に高い周波数（細かい映像）のところは感度が低く、色度成分は、輝度成分に比べて空間周波数が低いところにピークがある特性となり、輝度信号に比べて感度が劣っている。すなわち、色度成分は、輝度成分に比べて感度が鈍いので、その分だけ情報量が少なくても人間の目には影響しないのでデータ量を削減できる。

○　輝度の弁別特性（輝度の高い部分と低い部分）
○　空間周波数特性（画像の細かさ、色成分の感度）
○　空間の異方特性（斜め方向の感度）
○　動画像の視覚特性（動きの早さ）

図3.7 符号化に使用される視覚特性

(3) 空間の異方特性

画像パターンの方向による感度の変化は、斜め方向（45度、135度）の成分は人間の目には感度が低いので、この方向の成分の時には荒く量子化して、データ量を削減しても画質への影響は少ない。

(4) 動画像の視覚特性

画像を動かした時、静止した時から動きが早くなっていくにしたがって、細かい映像は見えにくくなってくる。また、同じ細かさであれば、動きの早いものに比べて、動きが遅いほうが感度が良くなる。これらから、動いているものは見えにくくなる傾向があり、早く動いているものは、細かく送らなくとも画質に影響がない。

3.5 符号化技術

図3.5（高能率符号化の技術）の最初の予測符号化の送り側は、図3.8のように入力画像信号と予測画像信号の差分を取り、冗長性を削減した予測誤差信号を伝送する。

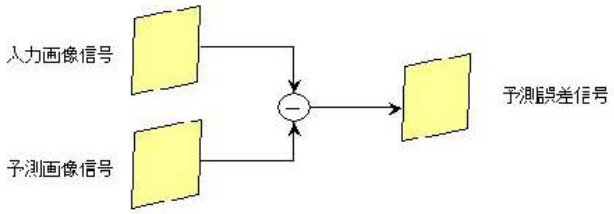


図3.8　送り側の信号処理

そして、復元側では、図3.9のように送られてきた予測誤差信号と、既に送られてきて復元されている予測画像信号とを、加え合わせて原画像を復元する。

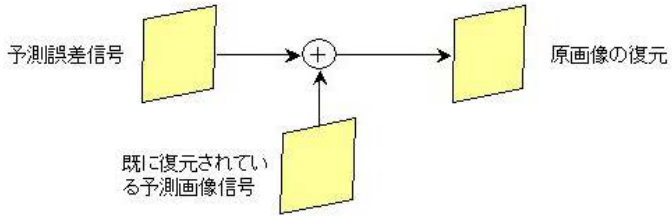


図3.9　復元側の信号処理

3.5.1　予測符号化

空間的な冗長性を除去するもので、隣り合った画素は似ているという性質を利用して、データ量を削減する。

一般的に、風景画のような映像は画素値の頻度分布が際だったピーク値を持たないが、人物の映像等は顔（肌色）の部分等の一部分でピーク値を持った頻度分布が得られる。

そこで、隣接画素との差分値の出現確率の頻度を求めると、顔（肌色）の部分等の隣合った画素が同じ（差分値が「0」）のところは頻度が高くなり、その周辺は急激に頻度が落ちて、差分値「0」に隣接画素の差分が集中してくる。一方、風景画等は隣り合った画素が異なるので差分値が大きくなり分散した頻度分布になる。これを利用して、予測符号化を行う。

予測符号化器は、1画素遅延させた隣の画素との差分を取って、その差分を可変長符号化すると、「0」のシンボル以外に長い符号語を割り当てることができ圧縮率を高くすることができる。

受信側では、可変長符号化したものを1画素遅延したものと足し合わせて最終的に画素を再現する。

動画の場合も静止画と同様に、隣り合った画像間の同じ位置の画素は似ている性質があることから、この性質を利用して予測符号化をする。

3.5.2　動き補償予測符号化

図3.10に示すように、映像の動いた部分を動きベクトル（MV:motion vector）として伝送して、動きが無い部分の画像情報はそのまま使用して、データ量の削減をする。

動きの検出は、横16画素×縦16ラインのサンプルを１マクロブロックとしてこのブロック単位で行う。今、ある画像に顔の絵があった場合は、前の画像の顔の絵の位置からの動き量（動きベクトル）を求めて、動きベクトルだけを伝送し、予測信号として現画像を全て送らなくとも、前の画像に予測信号を足し合わせることによって元の画像を再現することができる。

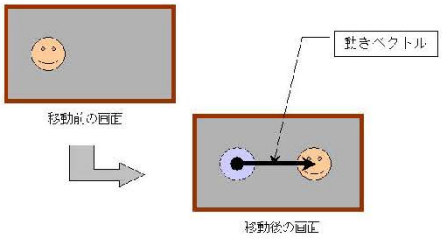


図3.10　動きベクトル（MV）のイメージ

なお、この時、移動後の画面では、移動前の顔の部分が抜けて背景が無くなってしまう。これは未来の画像（Bピクチャという）を使用して移動後の画面（アンカバー）を生成する。

この動きの検出には、ブロックマッチング法（パターンマッチング法とも言われる）が用いられることが多い。この方法は、 図3.11のように16画素×16ラインのマクロブロック単位で画像の決められた範囲（サーチリージョン：search region、8×8ブロック）をスキャンして、以前のマクロブロックとの誤差が最も少ない位置を、動いた位置と予測をして検出する。このようにして、検出されたた動きベクトルは、画像データとともに符号化して送る。

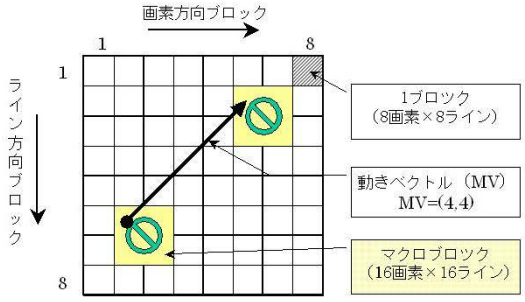


図3.11ブロックマッチング法によるMVの検出

3.5.3　I、B、Pピクチャの符号化

MPEG2では、動き補償予測に伴って特徴的なピクチャタイプを使用する。

ピクチャタイプには、Pピクチャ（Predictive coded picture）とBピクチャ（Bi-directionally predictive coded picture）およびIピクチャ（Intra coded picture）の3種類がある。

ここで、原信号をそのまま使用するのをIピクチャ、過去の画像から推定される画像をPピクチャ、IとPから推定されるのをBピクチャという。

(1) Pピクチャ

Pピクチャは、動画像の符号化のために、現画像より一つ過去の画像から動きベクトルを求めて、その（一つ過去の）画像から現画像の画像を再生するもので、前方向（順方向）予測という。

今、図3.12(a)のように、現在の画像が入力された場合、その画像より一つ前に既に符号化された同図(b)の予測画像との差分としてMVを求め、(c)の予測画像を作る。

この方法は、同図(b)の既に予測された画像から見れば、これより前の方向に予測することで前方向（順方向）予測という。

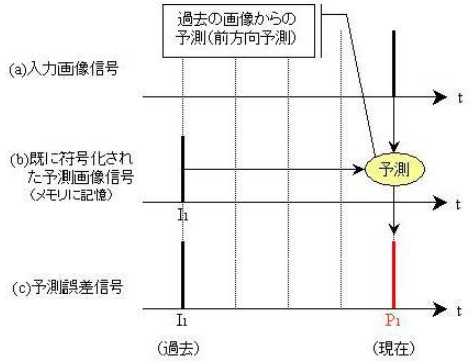


図3.12　Pピクチャの生成（前方向予測）のイメージ（画像順）

以上の説明は、画像を基準としたものであるが、実際の時間の進行順に見ると、図3.13(b)のように既に符号化された以前の画像は予測画像信号としてメモリに記憶しておき、符号化しょうとする同図(a)の入力画像が来たときに、これを読み出して予測（差分を取る）を行い、同図(c)の予測誤差信号を得る。

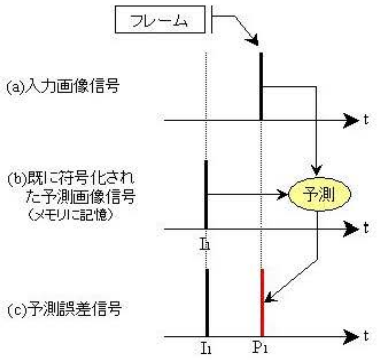


図3.13　Pピクチャの生成（前方向予測）のイメージ（符号化順）

(2) Bピクチャ

Bピクチャは、符号化の効率を上げるために前方向予測に合わせて、後方向（逆方向）予測を行って動画像の符号化を行う。

Bピクチャは、図3.14のように一つ過去の画像から動きベクトルを求めて、さらに、一つ先の未来の画像からの後方向予測と組み合わせて行う。すなわち、Bピクチャでは、未来の画像と過去の画像からの予測を両方重ね合わせて予測（両方向予測）をする。

図3.14は、両方向予測を画像順で示したものである。

この方法は、Pピクチャと同様に図3.14(a)の入力画像と既に符号化された画像（同図(b)のI_1）とから前方向予測によりMVを求める、

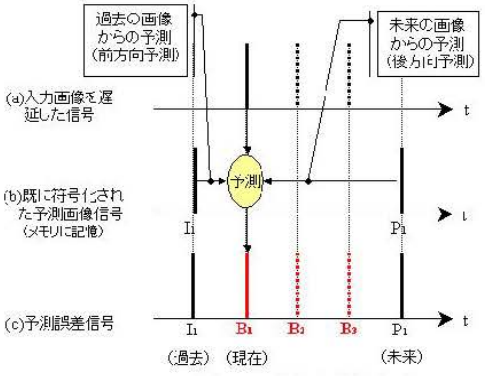


図 3.14　Bピクチャの生成（双方向予測）のイメージ（画像順）

さらに、未来の画像（同図(b)のP_1）から後方向予測をして、同図(b)のように

両方向予測により同図(c)の予測誤差信号（B_1）を得る方法である。

Bピクチャは I ピクチャと P ピクチャの間にいくつでも入れることができるが、あまり多くすると処理時間が多くなり、効率が上がらなくなる。

画像順の図3.14を符号化順に書き直すと図3.15のようになる。

ここで、図3.14で未来の画像と呼んでいた P ピクチャ（P_1）は、符号化順では I ピクチャ（I_1）の次に符号化されそれぞれをメモリに記憶しておき、図3.15(a)の画像入力があった時に読み出して B ピクチャを生成する。

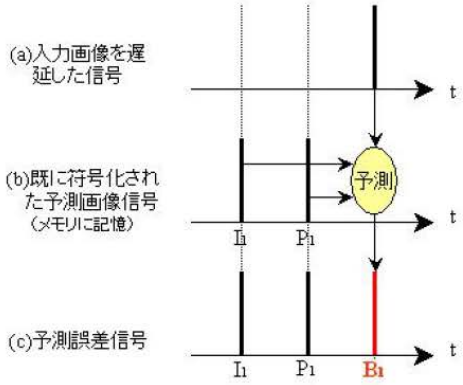


図3.15　Bピクチャの生成（双方向予測）のイメージ（符号化順）

(3) Iピクチャ

Iピクチャは、画像の早送りや逆送りの機能を実現するために挿入する。Iピクチャは、図3.16のように入力画像をそのまま利用し、Pピクチャや Bピクチャのように過去や未来の画像を使用しないため、これを基準に早送りや逆送りを行うことができる。しかし、一方で、Iピクチャは画像内で符号化するため符号化効率が悪く、頻繁に挿入することができない。

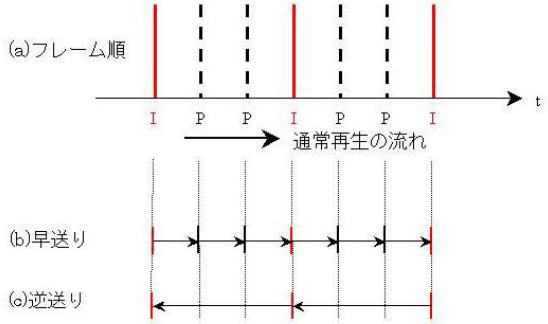


図3.16　Iピクチャの動作のイメージ

(4) 符号化の構成

このようにI、P、Bピクチャ処理よって生成された予測誤差画像は、図3.17の符号器により符号化される。

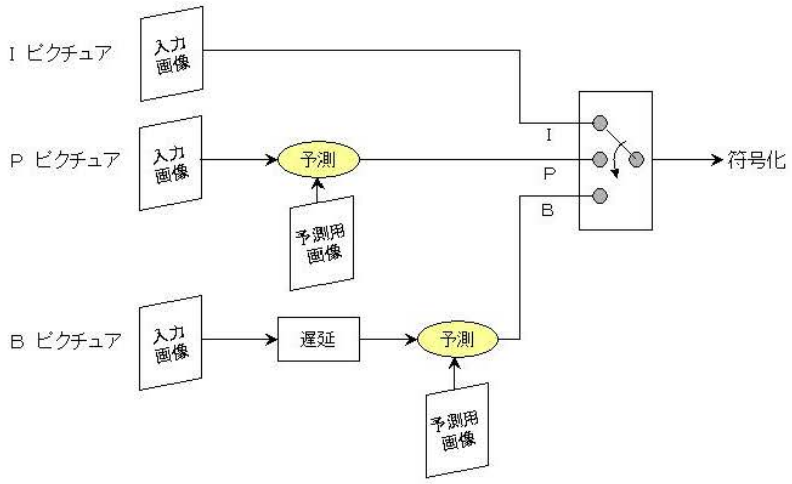


図3.17　I,P,Bピクチャ符号化の構成

3.5.4　変換符号化（DCT変換）による冗長度の削減

予測符号化によりデータ量を削減された信号は、図3.18の変換符号化（DCT変換:Discrete Cosine Transform、離散コサイン変換）により空間的な冗長度の削減を行う。



図3.18　変換符号化、量子化、ハフマン符号化による冗長度の削減

変換符号化は、デジタル放送では周波数軸上に変換するDCT変換を用いている。DCT変換は、信号を周波数領域に変換すると、信号の空間周波数が低いところに集中してくる性質を利用したものである。すなわち、DCT変換により低い空間周波数に集中した成分を細かく伝送し、高い周波数成分は視覚特性が鈍感であるため荒く伝送することにより冗長度を削減する方法である。

DCT変換は、8画素×8ラインのブロック単位で実施する。動き補償予測は16

画素×16ラインの単位であったが、DCT変換では16画素×16ラインを4等分したブロック単位で実施する。

DCT変換は、いくつかの基本的な波（DCTの基底）を合成して、元の波形を再現する。DCTの基底には、直流から高周波までの周波数成分が含まれる。そして、これらDCTの基底の値をDCT係数という。信号を送る時は、このDCTの基底成分を送る必要は無く、DCT係数だけを送ることにより、元の波形を再現する。

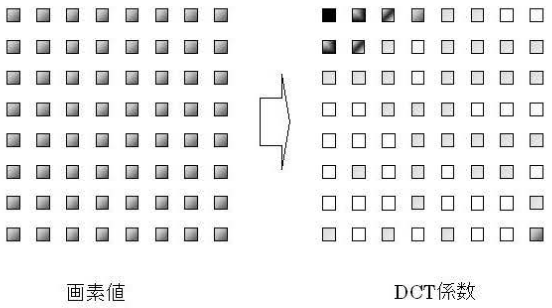


図3.19　画素値からDCT係数の生成

MPEG2では、縦と横の二次元DCTを行い、8画素×8ラインの画素を二次元DCT変換すると、DCT係数は64個（8画素×8ライン）出てくる。DCT係数の性質は、図3.19の一番左上の点はＤＣ成分で、右下に行くにしたがって高い周波数の成分の係数になる。多くの画像は、DCT変換すると図3.19のようにDC成分の近傍に係数値の高いもの（図では色の濃さで表している）が集まるという性質を持っており、高い周波数成分の方は係数値は小さい性質がある。

3.5.5　量子化

(1) DCT係数の量子化

MPEG2では、DCT係数に対して量子化を行いデータ量の削減を行う。量子化は、高い周波数成分で視覚に影響を与えないような成分を「0」にする。一方、画質の面から、図3.20の左上の直流成分に近いところは、係数値が大きく、出来るだけ細かい量子化をして再現性を高くする。この方法は、DCT係数を割り算して、「0」に近い成分を全て「0」にすると、高周波成分を「0」にすることができ、高い周波数成分の視覚的な冗長性を取り除くことができる。

量子化は、得られた値を代表値で伝送する。このため、画像は元に戻せなくなり、歪みが発生して画像が劣化していく。

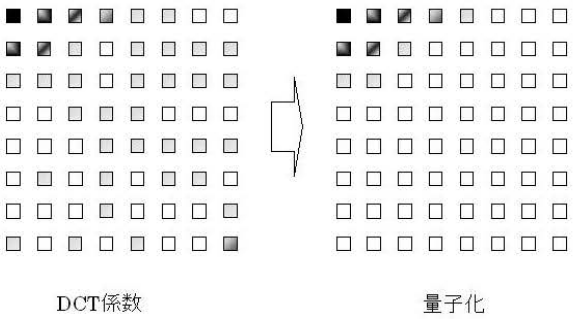


図3.20　DCT係数の量子化

この歪み（量子化誤差）は、例えば、8bit（0～255）でサンプリングされた画素について、量子化インデックス（実際に伝送する値）を5として、レベル128を量子化すると量子化インデックスは25（=128/5の整数）となる。この25を伝送し、復号側で5を掛けて元に戻した値は125となる。つまり、送り側の128と受け側の125との間に量子化誤差が出る。

量子化は、情報内容によって発生ビット数（発生情報量）が常に変化するので、常に一定のビットレートで伝送（固定レート化）するように符号化を図るのが量子化制御である。情報内容によって刻々と変化する量子化値を、バッファメモリに蓄えてその占有率をフィードバックして、発生情報量の多いものは量子化値を荒く、少ないものは量子化値を細かくして送ることで、量子化を制御する。

量子化の制御は、8画素×8ラインのDCT係数毎にそれぞれ割る値を変えている。直流の方を小さい値に、高い周波数成分の方を大きい値に傾斜を持たせた量子化を行うことによって、画質を保ちながら符号化、固定レート化が可能になる。この量子化制御は、一定のビットレート伝送することが決まっている伝送路で使用される。

(2) ジグザグスキャン

DCT変換した情報（DCT係数）は、図3.20のように二次元の8画素×8ラインのブロックのままでは伝送できないので、二次元から一次元に変換（スキャニング）しなければならない。スキャニングは、図3.21のDC成分（左上）から始まって徐々に高い周波数（左上→右下）の係数になるようにスキャンし、高周波成分（右下）の部分で終了する。このようにして、できるだけ「0」が続くようにジグザグにスキャンする。このジグザグスキャン（Zigzag scanning）によってデータ列の後の方に「0」が連続するので、あるところから先は、全て「0」というEOB（End of Block）というフラグを立てることにより、全データ数は、決まっているのでデータ量を削減することができる。この方法は、ランレングス符号化（run length coding）という。このDCT符号化により、データ量は15%程度に圧縮さ

れる。

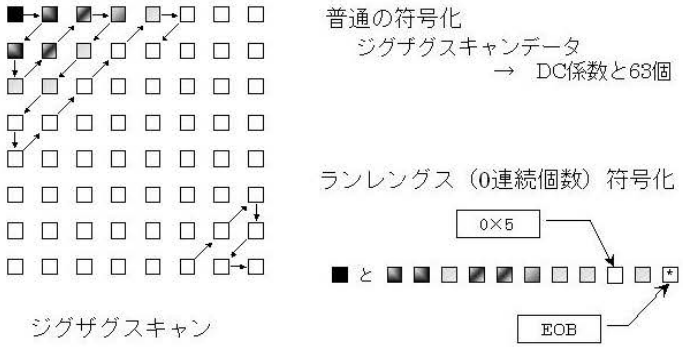


図3.21　ジグザグスキャンとランレングス符号化

参考文献（映像符号化）

映像情報メディア学会編：デジタル放送ハンドブック、㈱オーム社（平成15）

NHK受信技術センター：テレビ新時代「知っておきたい地上デジタル放送」、NHK出版、（2003）

遠藤、泉：放送衛星の基礎知識、兼六館出版、（2001）

山田：高度映像技術シリーズ2「ディジタル放送の技術とサービス」、コロナ社、（2001）

高田、浅見：デジタルテレビ技術入門、米田出版、（2001）

超智、黒田：JPEG&MPEG「図解でわかる画像圧縮技術」、日本実業出版社、（1999）

映像情報メディア学会：総合マルチメディア選書「MPEG」、オーム社、（平成8）

藤原：ポイント図解式「実践MPEG教科書」、株式会社アスキー、（1995）

NHK放送技術研究所：マルチメディア時代の「ディジタル放送技術事典」、丸善㈱（平成5）

日経エレクトロニクス・ブックス：データ圧縮とディジタル変調、日経BP社（1995）

など

4 誤り訂正技術

誤り訂正技術は、誤りの検出と検出された誤りの訂正技術に分けられる。

4.1 デジタル信号の誤り方

誤りの発生は、伝送する情報のビット列（bit-stream）に雑音等の影響によりビット列の 1 ビットまたは複数ビットに渡って「0」が「1」に、「1」が「0」に変わってしまうことによるものである。この結果、伝送されたビット列は判読不可能となってしまう。図 4.1 では、情報ビット列の 2 番目の「1」が伝送中に誤りを生じて受信ビット列で「0」に変化している。

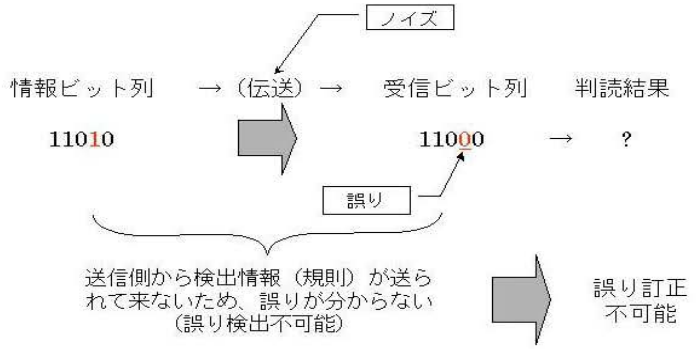


図 4.1 デジタル信号の誤り方

この誤りの位置を検出するには、送信側からあらかじめ検出するための情報を送っておく必要がある。

4.2 誤りの検出（パリティ検査）

誤りを検出する一つの方法としていろいろなところで使われているのがパリティチェック（parity check）による方法である。この方法は、あるブロック内の 1 ビットの誤りを検出できるが訂正はできない。

この方法は、情報ビット列の末尾に付加ビットを追加するもので、図 4.2 に示すように、情報ビット列の中の「1」の数が偶数の場合に「0」を付加し、奇数の場合に偶数になるように「1」を付加して、全体として「1」の数が偶数にする方法である。この方法を偶数パリティと呼ぶ。したがって、これとは逆に全体の「1」の数を奇

数とする奇数パリティもできる。

この偶数パリティの誤り訂正符号化した情報ビット列を伝送し、途中で誤りを発生した場合は、図 4.3 に示すように偶数パリティの場合は「1」の数が偶数でなければならないのに奇数（3 個）になっている。これにより伝送した情報ビット列

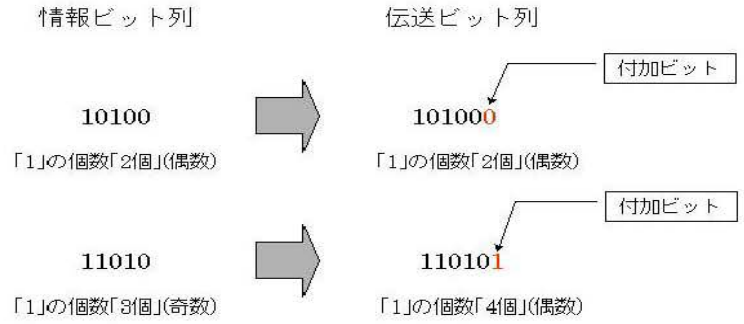


図 4.2　誤りの検出（偶数パリティ）

に誤りを生じたことが分かる。図 4.3 は故意に誤りを作ったものであるから、どこに誤りが生じたか判別することができるが、実際の信号の状態では誤りの位置を知ることはできない。したがって、この方法では誤り訂正はできない。

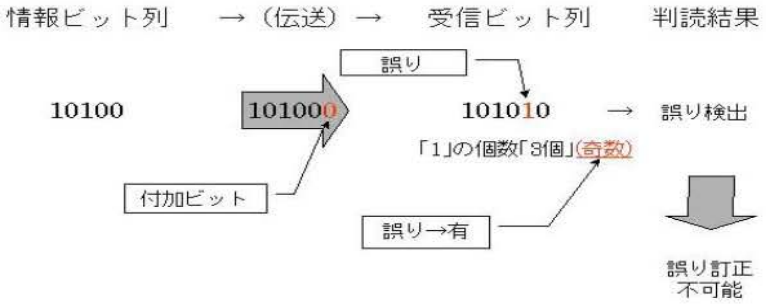


図 4.3　誤りの検出（偶数パリティ）

4.3　多数決判定

そこで誤りを判定し、その誤りを訂正する方法に多数決判定がある。

図 4.4 は、多数決判定に基づく誤り訂正の方法である。今、情報ビット列としてビット「0」を伝送する場合に、そのビットと同じビットを 2 個付加する方法である。

この方法では、伝送されるビット列は 3 ビットになるので伝送途中での 1 ビット誤りによるビットの組み合わせは図 4.4 のように 4 種類となる。受信されたビット列からは、同じ 2 ビットを元の情報とすれば、誤りを訂正できる。ただし、この方法では 1 ビットの誤り検出で 1 ビットの訂正しかできない。

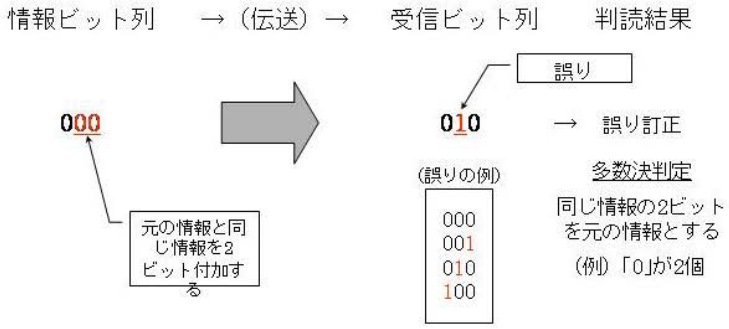


図 3-4 多数決判定（誤りビットを赤字で示す）

このように受信側で誤りの発生を検出（誤り検出符号）しても訂正できない方法では、送信側に再度情報ビットの送信を要求する必要があり、放送局のように多数の受信者に対応することは困難である。

一方、受信側で誤りの検出および訂正を行う誤り訂正符号（FEC：Forward Error Correction）は、情報ビットに付加するビットが増加し冗長度は大きくなるが放送にも使用できる。

4.4 ハミング符号

ハミング符号（Hamming code,1950）は、あるブロックの内の 1 ビットの誤りを検出し、その誤りを訂正する能力を持っている。

今、例としてハミング（7,4）符号について説明する。この符号は、情報ビット数 4 ビットで検査ビット 3 ビット、符号長は 7 ビットである。この様子を図 4.5

に示す。この方法は、検査ビットを情報ビットから図 4.5 の中に示すルール（パリティ検査方程式）に基づいて算出する。この計算式の＋に○記号は排他的論理和（EXOR :Exclusive-OR）を表し、同図中に真理値表を示す。

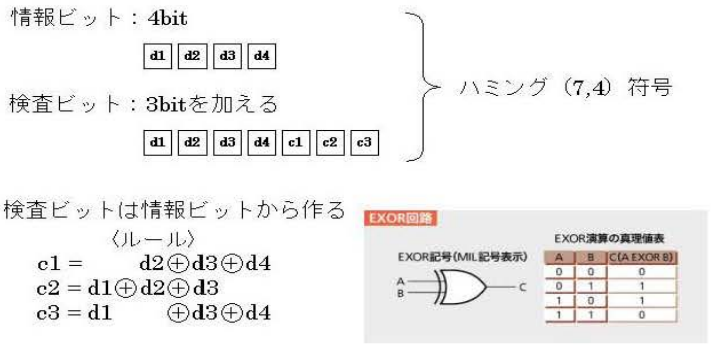


図 4.5 ハミング符号の構成とパリティ検査方程式

今、図 4.6 の表の最上段に示すように、送りたい情報ビット列を「0000」とした場合、パリティ検査方程式により $c_1=0, c_2=0, c_3=0$ となり、検査ビットは「000」となる。情報ビットは、次々と変わっていくので、同図に幾つかの例を示す。
例えば、「1110」は、$c_1=1+1+0 \rightarrow 0$、$c_2=1+1+1 \rightarrow 1$、$c_3=1+1+0 \rightarrow 0$ と算出され、検査ビットは「010」となる。（なお、これらの計算は全て論理演算である。）

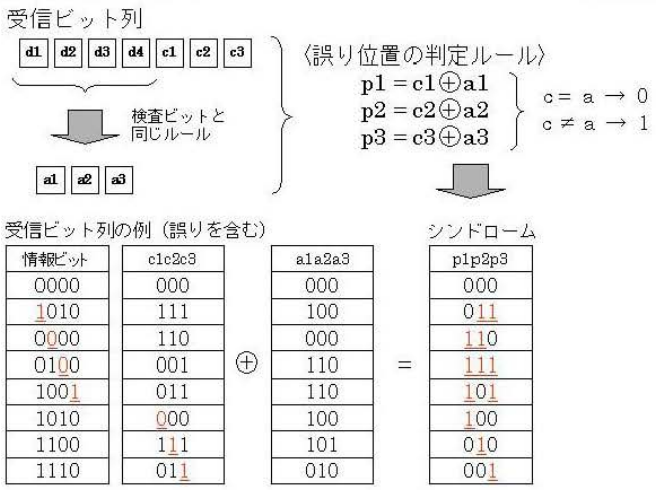
送りたい情報

情報ビット	c1	c2	c3	検査ビット
0000	0	0	0	000
0010	1	1	1	111
0100	1	1	0	110
0110	0	0	1	001
1000	0	1	1	011
1010	1	0	0	100
1100	1	0	1	101
1110	0=1+1+0	1=1+1+1	0=1+1+0	010

図 4.6 検査ビットの算出

次に、求めた検査ビットの結果を使って、誤り位置を特定する。このためにパ

リティ検査方程式と同様の式で（a_1,a_2,a_3）を算出する。この結果と、先に求めた検査ビット（c_1,c_2,c_3）とを誤り位置判定ルールにより算出する。



情報ビット	c1c2c3		a1a2a3		p1p2p3
0000	000		000		000
1010	111		100		011
0000	110		000		110
0100	001	⊕	110	=	111
1001	011		110		101
1010	000		100		100
1100	111		101		010
1110	011		010		001

図 4.7 誤り位置の判定

例えば、伝送途中で情報ビット「0010」が誤って「1010」となった場合には、誤り前の検査ビット（c_1,c_2,c_3）は「111」のままであるが、（a_1,a_2,a_3）は $a_1=0 \oplus 1 \oplus 0$、$a_2=1 \oplus 0 \oplus 1$、$a_3=1 \oplus 1 \oplus 0$ となり、結果として「100」となる。そして、誤り位置判定ルールに基づき論理演算すると、この例では、$c_1=1$、$a_1=1$ で c=a であるから $p_1=0$ となる。同様に $c_2=1$ で $a_2=0$ から $p_2=1$、$c_3=1$ で $a_3=0$ から $p_3=1$、結果として「$p_1p_2p_3$」＝「011」となる。この結果をシンドロームという。

また、もう一つの例として、情報ビット「1000」が誤って「1001」となった場合には、訂正前の検査ビット（c_1,c_2,c_3）は「011」のままであるが、（a_1,a_2,a_3）は「110」となる。このシンドロームは、$c_1=0$ で $a_1=1$ から $p_1=1$、$c_2=1$ で $a_2=1$ から $p_2=0$、$c_3=1$ で $a_3=0$ から $p_3=1$ で、結果として「101」となる。

これらの計算結果を図 4.7 の右側の表に示す。

このシンドロームの結果を利用し、誤り位置の特定の方法は、図 4.8 の式により判定する。

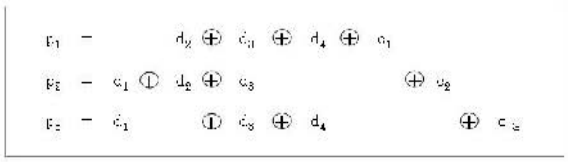


図 4.8 誤り位置特定の算出式

例として、図 4.9 の（例 1）を取り上げる。例 1 では、シンドローム（p_1,p_2,p_3）は「011」であるが、誤りが無い場合は「$c_1c_2c_3$」=「$a_1a_2a_3$」であるから「p_1,p_2,p_3」=「000」となり、p_2 と p_3 に誤りが含まれていることが分かる。まず、誤りを含む p_2 と p_3 の式を比較すると、d_1 と d_3 の項が共通項であるからこのどちらかに誤りがあることが分かる。次に、誤りを含まない p_1 の式には d_3 の項が含まれている。したがって、残った d_1 が誤っている、つまり、情報ビットの d_1 項（第一項）の「0」が「1」に誤っていることが分かる。

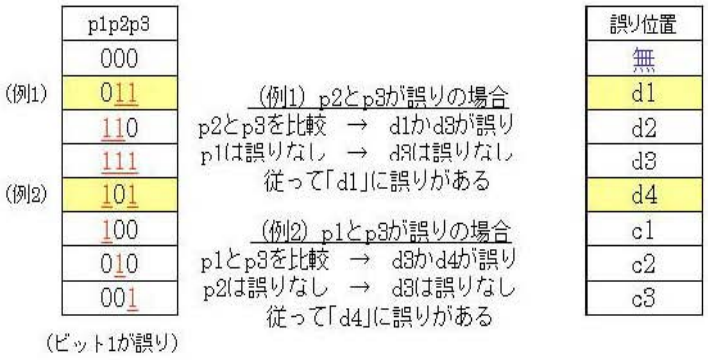


図 4.9 シンドロームから誤り位置の導出

次に、もう一例として、図 4.9 の（例 2）を説明する。この例では、シンドローム（p_1,p_2,p_3）の p_1=1 と p_3=1 が誤っている。ここで、図 4.8 のシンドローム算出式に当てはめて p_1 と p_3 を比較すると、d_3 か d_4 に誤りが含まれることが分かる。そこで、誤りのない p_2 の式と比較すると d_3 には誤りがないことが分かる。これにより、誤りは、d_4 にあることが分かる。これを図 4.7 の情報ビットの表で見ると d_4 項の本来「0」が「1」に誤っていることが分かる。このようにして、1 ビットの誤り位置を特定し、1 ビットの誤りを訂正することができる。

4.5 デジタル放送での誤り訂正符号

4.5.1 連接符号化

デジタル放送では、図 4.10 に示すように誤り訂正符号化は、内符号と外符号に分けて誤り訂正を行っている。ここで、伝送路を挟んで伝送路に近い方の誤り訂正を「内符号」と呼び、遠い方を「外符号」と呼んでいる。



外符号：リードソロモン符号化　　内符号：畳み込み符号化

図 4.10 内符号と外符号

外符号にはリードソロモン符号（RS 符号、Reed-Solomon code）、内符号には畳み込み符号（convolution code）を使用する。

畳み込み符号は、主として伝送路におけるランダム性の誤りを訂正する。そして、畳み込み符号の復号にビタビ復号（Viterbi decording）を用いるが、この復号法は誤りを発生した場合にはバースト誤りとなるため、これを改善するために予めバースト誤り訂正に強い RS 符号による誤り訂正機能を持たせる。

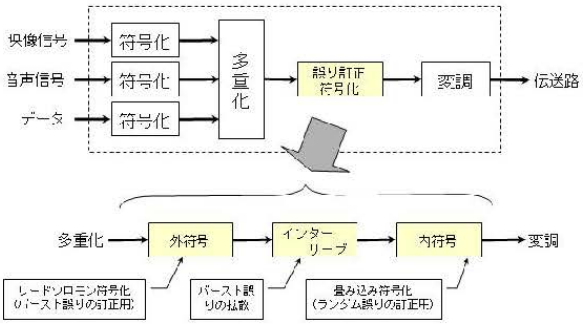


図 4.11　連接符号による誤り訂正符号化（BS・地上デジタル放送）

このように二段構えの誤り訂正を連接符号（concatenated code）と呼び、図 4.11 のように誤り訂正符号化する。

図 4.11 のインターリーブは、RS 符号化されたデータ列を一定のルールで並び替えるものである。復号側では、伝送路でバースト状に誤ったデータ列を元の並びに直す（デインターリーブ）ことにより、バースト状のデータ誤りを分散することができるので、誤り訂正の効果を上げることが可能となる。

4.5.2 リードソロモン符号化

ハミング符号は、あるブロック内の 1 ビットの誤りを検出して訂正する。デジタル放送等は、映像や音声等の膨大なデータ量を扱うためにその情報は多値符号となる。これらを扱うためには、ハミング符号を発展させた 2 ビット誤り訂正可能な BCH 符号（Bose,Chaudhuri,Hocquengham code ）が、さらに、MPEG における映像信号等の多値符号をそのまま扱うことのできる RS 符号が使用される。

(1) RS(255,239)符合

RS 符号は、バイト（byte=8bit）を一つの固定したブロックとして扱う。RS 符号においてもハミング符号等のようにチェックビットを使用するが、RS 符号の場合はバイト単位で処理するので「チェックバイト」を使用する。

RS 符号の場合は、チェックバイトの半分のバイトまで誤りを検出して訂正が可能であるから、8byte の誤りを訂正するために必要なチェックバイト数は 16byte である。このように、チェックバイトを 16byte としたときの誤り訂正可能な符号長は 255byte となる。これを RS(255,239)と表記する。( ) 内の最初の 255 は符号長を表し、次の 239 はデータ長を表す。したがって、符号長とデータ長の差がチェックバイト数（255－239=16byte）となり、この 1/2 が訂正可能なバイト数（16/2=8byte）となる。この値は、RS(255,239)の構成の時が、符号化効率が最大となることから導出されたものである。

(2) 短縮化 RS 符合（RS(204,188)符合）

デジタル放送では、データ長がトランスポートストリームパケット（TS-P）長の 188byte であるため、RS（255,239）と一致しないために、図 4.12 のようにデータに 51byte のゼロを付加（188+51=239byte）して誤り訂正符号を生成する。

伝送時には、図 4.12 のように付加した 51byte を削除した短縮化 RS(204,188)符号とし、受信側では図 4.13 のように削除した 51byte を付加して RS（255,239）符号として誤り訂正を行う。

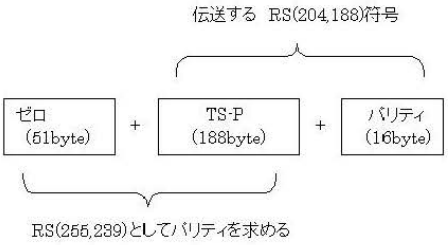


図 4.12　RS(255,239)符号と RS(204,188)符号

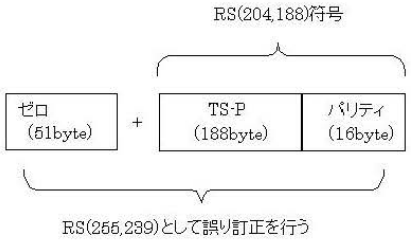


図 4.13　短縮 RS(204,188)符号による誤り訂正

4.5.3 畳み込み符号化

(1) ブロック符号と畳み込み符号

畳み込み符号は、図 4.14（b）のように過去のブロックが現在のブロックに次々と影響を与えていく符号化である。すなわち、情報ビットを固定ブロックとして処理するのではなく、連続した情報として次々に処理していく方法である。

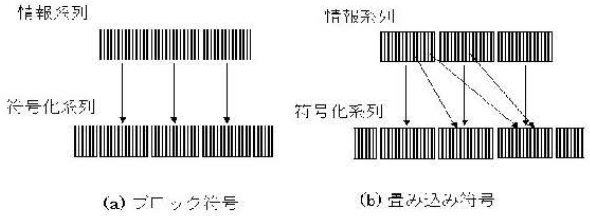


図 4.14 ブロック符号と畳み込み符号

この方法は、ビット列を一定のブロック化せずに、入力ビット毎に或る一定の決められたビット列と、次に入力されたビットとの排他的論理和を取り、また次の入力との排他的論理和を取ることを繰り返して 1bit づつ、次々と畳み込まれるように符号化していく方法である。

参考文献（誤り訂正技術）

映像情報メディア学会編：デジタル放送ハンドブック、㈱オーム社（平成15）

NHK放送技術研究所：マルチメディア時代の「ディジタル放送技術事典」、丸善㈱（平成5）

松尾：ディジタル放送技術、東京電機大学（1998）

高田、浅見：デジタルテレビ技術入門、米田出版、（2001）

5 アナログ信号のデジタル化

アナログ信号をデジタル信号として取り扱うためには、時間軸方向に標本化（sampling：サンプリング）して連続信号を離散信号（PAM、Pulse Amplitude Modulation信号）に変換して量子化し、2進数に符号化する。

5.1 標本化

標本化は、標本化定理（シャノンの定理）に従い、取り扱う周波数帯域の2倍以上の標本化周波数（sampling frequency）で行う。（サンプリング周波数が入力周波数の1/2以下の周波数の場合は、サンプリング後の入力信号の周波数帯域と高調波との周波数帯域が重なり分離できなくなる。）

この過程は、時間軸上にあるアナログ信号をフーリエ変換で周波数軸上に変換することで説明できるが、詳細はフーリエ変換の専門書に譲り、変換の概要を説明する。

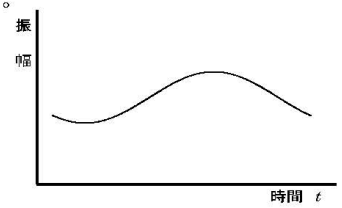


図5.1(a)入力信号（時間表示）

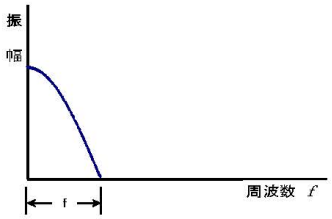


図5.1(b)入力信号（周波数表示）

入力のアナログ信号は、図5.1(a)のように時間軸上に振幅が変化する連続した信号とする。この信号を周波数軸上で表すと図5.1(b)のように帯域fを持った信号帯となる。（図5.1(a)はオシロスコープで、図5.2(b)はスペクトラムアナライザーで観測した波形に相当する。）

標本化信号は、標本化定理に従って入力信号帯域の2倍（2f）以上の周波数（入力信号の最大周波数の2倍をナイキスト周波数（nyquist frequency）という）のパルスである。時間軸上では図5.2(a)に示す間隔T（=1/2f）のパルス列となる。この信号は周波数軸上では図5.2(b)のように周波数2fのパルス波形となる。

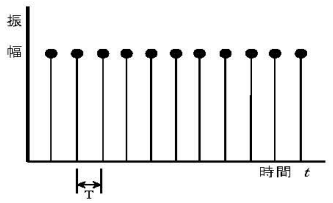


図5.2(a) 標本化信号（時間表示）

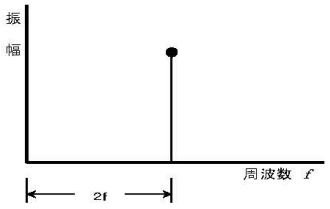


図5.2(b) 標本化信号（周波数表示）

標本化は図5.3に示す図5.1(a)と図5.2(a)の信号の乗算により得られる。

この時間軸上での乗算は畳み込み（convolution：コンボリーション）と呼ばれる。

一般的に、線形回路にインパルス（理想的なパルス）が加わった時、その出力には回路特性による帯域を持ったパルス列が得られる。図5.1(a)のような連続した入力信号をサンプリングパルスで一定区間毎に区切ったパルス列と考える。回路出力は、サンプリングパルスで区切られた時間分だけずれていくパルス列が、次々と出力される。これらをサンプリングパルスの時間毎に畳み込んだ（重ね合わせ）結果が図5.4(a)のような出力信号となる。

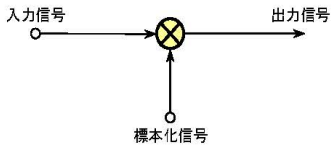
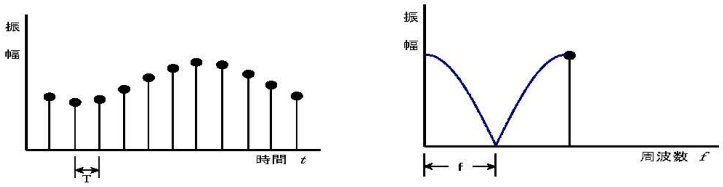


図5.3　標本化の方法

結果は、時間軸上では間隔Tで標本化された図5.4(a)に示すPAM信号となる。周波数軸上では、入力信号の周波数帯域の上側に高調波成分を含んだ図5.4(b)のような帯域特性となる。



(a) 時間表示　　(b) 周波数表示

図5.4 標本化された信号

標本化されたデジタル信号から元の信号を復元（復調）するためには、図5.4(b)の基本波成分（帯域f）を低域通過フィルタ（LPF：ローパスフィルター）で抜き出す。

5.2 量子化

標本化により得られたPAM信号の振幅を量子化によりPCM（Pulse Code Modulation）に変換しデジタル信号を得る。

量子化は、図5.4(a)の振幅を図5.5(a)のように複数のステップに分割し、それぞれのステップの代表値で表すことにより振幅値は離散化され、図5.5(b)のよう

になる。この時、実際の振幅値は丸められるため量子化誤差を発生する 量子化誤差を少なくするには、離散化のステップ数を多くする。

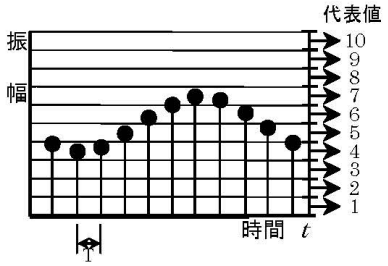


図5.5(a) 段階に分割

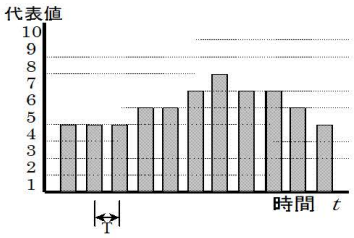


図5.5(b) 振幅値の離散化

ＮＴＳＣ方式の映像信号は256ステップ（8bit）や1024ステップ（10bit）、音声信号の量子化は65536ステップ（16bit）に量子化される。

5.3 符号化

標本化され量子化された信号を、2進数に符号化し、出力として数値データ列（ビット列）が得られる。

5.2 コンポジット映像信号のデジタル化

デジタル信号の生成過程を説明した。実際の信号処理では、図5.6に示すように入力信号の周波数帯域が標本化周波数の1／2を超えないように帯域制限するためのLPFを挿入する。また、出力側には、高調波を取り除き、サンプリングや量子化により離散化したデータの補完をするLPFを挿入する。



図5.6 LPFでの帯域制限

5.4 アナログ信号のデジタル化

コンポジット映像信号のデジタル化は、複合映像信号をAD変換器（A／D、ADC）でデジタル化した後、デジタルＹ／Ｃ分離回路により輝度信号と色信号を分離し、さらにデジタル色信号分離回路により色信号をＩとＱ、またはＲ－ＹとＢ－Ｙの直行軸に分離する。これらの信号処理により得られたデジタル信号に各種のデジタル信号処理を施す。

アナログ信号をデジタル化する処理過程を図5.7に示す。

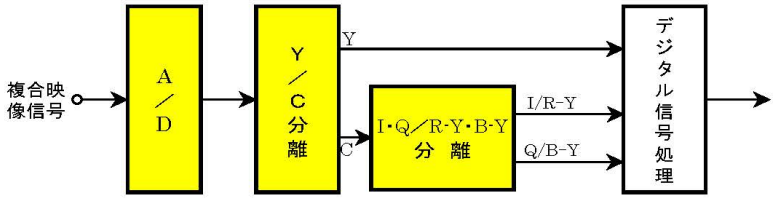


図5.7　アナログ信号のデジタル化過程

5.4.1　コンポジット映像信号のAD変換

コンポジット映像信号のAD変換は、図5.8(a)に示す、AD変換器のサンプリング周波数（fsamp）を色副搬送波の4・fscとして、サンプル周期を色副搬送波の周期と一致させることにより、簡単にデジタル信号に変換することができる。

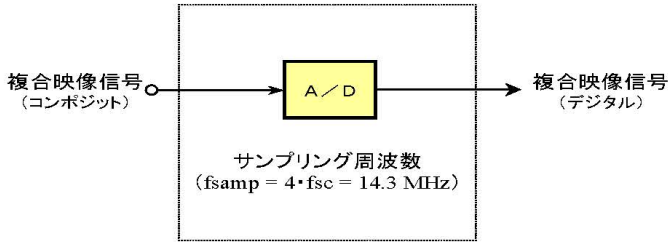


図5.8(a)　複合映像信号のAD変換

NTSC方式のコンポジット映像信号は、次式で表される。

$$\text{コンポジット映像信号} = Y + I\cos(\omega_{sc}t + 33^\circ) + Q\sin(\omega_{sc}t + 33^\circ)$$

この式を、色差信号で表すと、次のようになる。

$$\text{コンポジット映像信号} = Y + P_R\cos(\omega_{sc}t) + P_R\sin(\omega_{sc}t)$$

ただし、$P_R = R - Y/1.14$、$P_B = B - Y/2.03$

したがって、コンポジット映像信号は、第5.1表に示すサンプル位相の状態により4通りの結果となる。

第5.1表　サンプル位相と出力

位相	0	π／2	π	3π／4
$\cos(\omega_{sc}t)$	1	0	−1	0
$\sin(\omega_{sc}t)$	0	1	0	−1

位相	式	結果
0	Y ＋ P_R ＋ 0	Y+P_R
π／2	Y ＋ 0 ＋ P_B	Y+P_B
π	Y ＋(−P_R)＋ 0	Y−P_R
3π／4	Y ＋ 0 ＋(−P_B)	Y−P_B

次のn+1ラインはf_{sc}の位相が反転し、$Y-P_R$、$Y-P_B$、$Y+P_R$、$Y+P_B$の順となる。これにより、アナログ複合映像信号は、図5.9のデジタル信号に変換される。

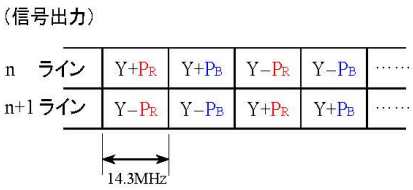


図5.9　AD変換されたデジタル複合映像信号

5.4.2　くし形フィルタを用いたYC分離

AD変換器により図5.9のようにデジタル化されたコンポジット映像信号を、輝度信号(Y)と色信号(C)に分離するのがYC分離回路である。NTSC方式では、輝度信号の上側部分に色信号が多重化されているため、この分離精度が画質に影響を与える。この分離するフィルタの特性が髪の毛を梳かす櫛（comb）に似ていることから「くし形フィルタ」と呼んでいる。

YC分離回路は、くし形フィルタ（1H型と2H型がある）を用いて構成される。1H型は回路構成が単純であるが、分離特性は2H型の方が良い。

（a）1H型YC分離

図5.10は、1H遅延素子を用いたYC分離回路の構成である。

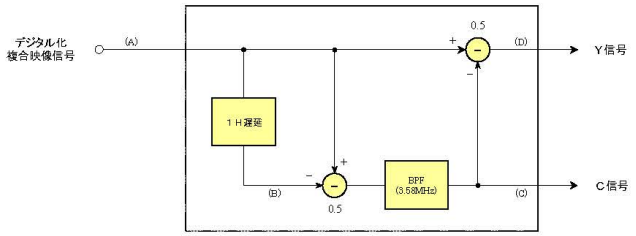


図5.10　1ライン型YC分離回路の構成

この回路は、入力信号(A)から1ライン遅延した入力信号(B)（1ライン毎に位相が反転するため、(A)と(B)は逆位相になっている）を減算して、(C)の色信号(C)を得る。次に、(A)から(C)を減算して輝度信号(Y)を得る。

1H型YC分離フィルタの周波数特性は$cos(f / fh)\pi$で表すことができる。

この周波数特性は、図5.12に示すようにfh毎に通過帯域があるくし型フィルターとなっている。このため、合成映像信号のfh毎に分布する輝度信号を抜き出し、その間に分布する色信号を阻止するフィルターとなっている。

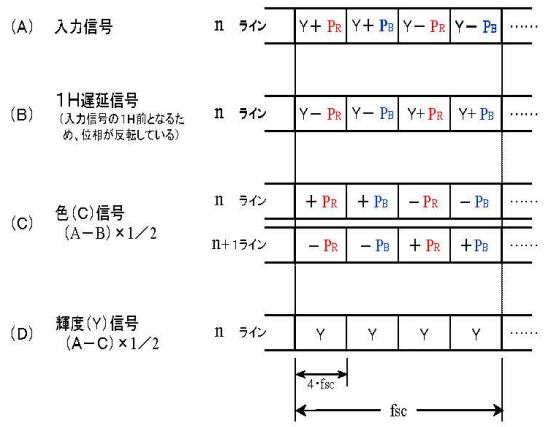


図5.11　1H型の動作説明

また、図5.12は、cos型のフィルターであるが、sin型の場合には輝度信号を阻止し、色信号を通過させるフィルターとなる。

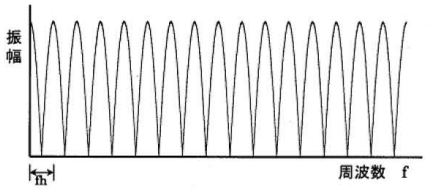


図5.12 1H型YC分離フィルタの周波数特性（コサイン型の例）

（b）2H型YC分離

図5.13は、1H遅延素子を2個用いたYC分離回路の構成である。

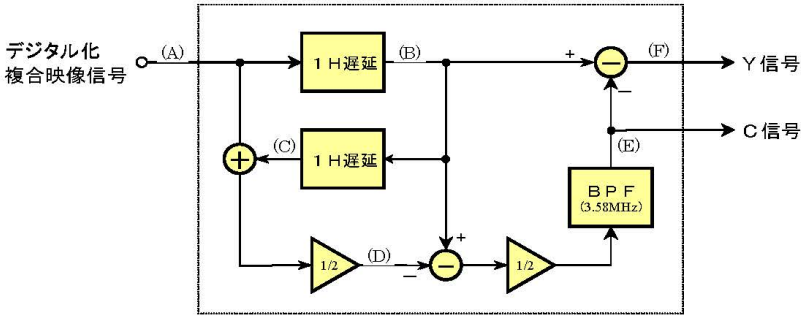


図5.13　2ライン型YC分離回路

この回路は、図5.14に示すように、入力信号(A)から1ライン遅延した入力信号(B)と、さらに1ライン遅延した信号(C)とを加算して信号(D)を得る。色信号(E)は、(B)から(D)を1/2したものを減算し、その結果を1/2 してBPFを通して得る。輝度信号(F)は、1ライン遅延した入力信号(B)から色信号(E)を減算して得る。

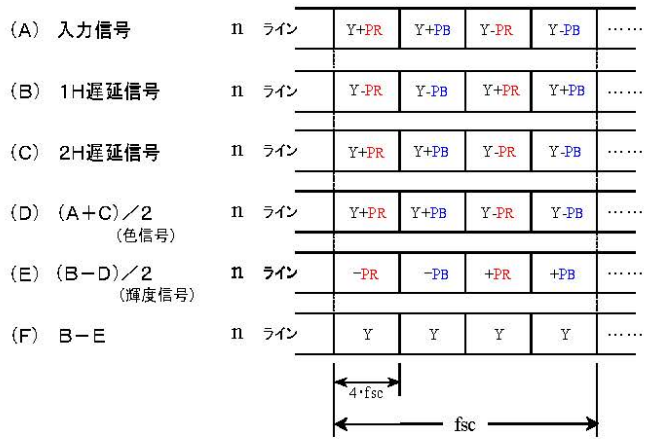


図5.14　2ライン型の動作説明

2H型YC分離フィルタの周波数特性は、$cos^2(f / f_h)\pi$である。1H型に比べて周波数特性が急峻になっているため、分離特性も良くなる。

図5.15に1H型と2H型のYC分離の周波数特性の比較を示す。2H型の周波数特性が急峻であることがわかる。

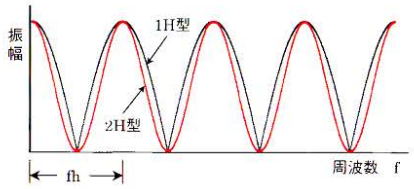


図5.15　1H型と2H型のYC分離周波数特性

(c)　色信号用BPF

1H型、2H型YC分離回路ともに色信号用BPF（Band Pass Filter）が使用されている。このフィルターは、前2者と異なり帯域通過型となっている。

5.5 信号処理の実際

コンポジットデジタル規格は、SMPTE244M-1995（M/NTSCコンポジット並列デジタルインターフェイス）に規定されている。

5.5.1 標本化周波数の選定

日本の標準テレビ放送方式（NTSC方式）では、カラーサブキャリア（f_{sc}）として水平走査周波数（f_h=15.734264kHz）の455×1/2倍の3.579545MHzを用いて、色信号（I、Q）を直角2相振幅変調して輝度信号Yに周波数多重している。したがって、色信号の位相（色相）は、映像内容によりカラーサブキャリアを基準として変化する。

標本化周波数は、標本化定理にしたがってf_{sc}の2倍以上の周波数でよいが、実際には理想的な帯域制限フィルターが得られない、標本化時のf_{sc}と標本化周波数とのビート障害が発生、さらに標本化構造の簡単化のため$4\times f_{sc}$（=14.31818MHz、公称14.3MHz）が選ばれている。

5.5.2 コンポジット信号

(1) 標本化

コンポジット信号は、表5.2に示すように$4\times f_{sc}$（=14.3MHz）の標本化周波数で1ラインの画素数をデジタルアクティブライン768個、デジタル水平ブランキング期間142個の合計910個（$=f_s/f_h$）に標本化する。

表 5.2 コンポジット信号の符号化パラメータ(SMPTE 244M)

パラメータ		525/59.94方式
信号形態		NTSC
サンプル数／ライン		910
標本化周波数		14.3MHz($4\times f_{SC}$)
量子化		8 or 10ビット直線量子化
伝送ビットレート	8ビット量子化	114 Mbps
	10ビット量子化	143 Mbps

図 5.16 に示すように、サンプリング基準点は、映像信号が開始されるアクティブラインの最初のサンプルとしサンプル番号を 0 とする。すなわち、サンプル番号 0 から 767 までがアクティブラインであり、768 から 909 までが水平ブランキング期間となる。

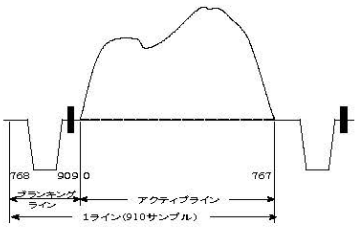


図 5.16 アクティブラインとブランキングライン

(2) 量子化と符号化

標本化されたPAM信号は、表3の符号化パラメータで入出力が1対1に対応する直線符号化方式により使用画質等の目的に合わせて8bitまたは10bitで量子化する。量子化により得られるレベル値を8bit（256ステップ）または10bit（1024ステップ）に割り付け、2進数に符号化する。

10bit量子化は、水平同期信号レベル（-40IRE）を”010(16進数),16（10進数）”に割り当てる。16進数の”010”は2進数では”00 0001 0000”のビット列となる。

ブランキングレベル（0 IRE）は”0F0(16進数),240（10進数）”が割り当てられ、2進数では”00 1111 0000”、白レベル（100IRE）は”320(16進数),800（10進数）”が割り当てられ、2進数では”11 0010 0000”の10bitのビット列となる。なお、8bit量子化は、それぞれ水平同期信号レベルは”4（10進数）→0000 0100”、ブランキングレベルは”60（10進数）→0011 1100”、白レベルは”200（10進数）→1100 1000”の8bitのビット列となる。

図5.17に映像信号を10bitで量子化した時のデジタルレベルを示す。



図5.17 コンポジット信号の10ビット量子化

5.5.3 コンポーネント信号

(1) 標本化

コンポーネント信号は、表5.3に示すようにITU-R Rec. BT.601にそのフォーマットが規定されている。(通称D1フォーマットと呼ぶ)

この方式は、525/60方式と625/50方式に通用するデジタル信号の国際統一規格となっている。

この規格は、輝度信号（Y）のサンプリング周波数に13.5MHz（NTSC,PAL方式共通の基準周波数f=3.375MHzの4倍）を採用している。また、色信号（C_B,C_R）

のクロマフォーマットは 4:2:2 であるから色信号のサンプリング周波数は 13.5MHz×1/2 の 6.75MHz となる。

表 5.3 コンポーネント信号の符号化パラメータ（ITU-R Rec. BT.601）

パラメータ		525/59.94方式	625/50方式
信号形態		Y, C_B C_Rコンポーネント	
クロマフォーマット		4:2:2	
標本化周波数	輝度信号	13.5 MHz	
	色差信号	6.75 MHz	
サンプル数／ライン 輝度信号 色差信号		858 429	864 432
量子化		8 or 10ビット直線量子化	
伝送ビットレート	8ビット量子化	216 Mbps	
	10ビット量子化	270 Mbps	

(2) 量子化と符号化

標本化されたPAM信号は、表4の符号化パラメータで入出力が1対1に対応する直線符号化方式により使用画質等の目的に合わせて8bitまたは10bitで量子化する。量子化により得られるレベル値を8bit（256ステップ）または10bit（1024ステップ）に割り付け、2進数に符号化する。

次に10bit量子化の場合を説明する。

Y信号は、黒レベルを”040(16進数),64（10進数）”に割り当てる。16進数の”040”は2進数では”00 0100 0000”のビット列となる。

白レベルは”3AC(16進数),940（10進数）”が割り当てられ、2進数では”11 1010 1100”の10bitのビット列となる。

図5.18に映像信号を10bitで量子化した時のデジタルレベルを示す。



図 5.18 輝度信号(Y)の量子化レベル(10ビット量子化)

次に、色差信号(Cb, Cr)の量子化は、図5.19のように黒レベルを”100(16進数),256（10進数）”に割り当てる。16進数の”100”は2進数では”00 0000 0000”のビット列となる。負の最大値は16進数で”040”は2進数では”00 0100 0000”、正の最大値は16進数で”3C0”は2進数では”11 1100 0000”のビット列となる



図 5.19 色差信号(Cb, Cr)の量子化レベル

(3) クロマフォーマット

クロマフォーマットは、Y,C_B,C_R を 4:4:4 とする方法もあるが、この方法では 2 つの色信号の帯域が輝度信号と同一となり、全体の帯域が広くなってしまう。色信号帯域は、視角特性から輝度信号と同一帯域である必要はないために帯域を制限し、効率的に色信号を伝送するために表 5.4 のように 4:2:2、4:2:0、4:1:1 などのクロマフォーマットを使用する。

表 5.4 クロマフォーマット

クロマフォーマット	伝送信号	標本化周波数	備考
4:2:2	輝度信号(Y) 色差信号(P_B) 色差信号(P_R)	13.5 MHz(3.375 MHz×4) 6.75 MHz(3.375 MHz×2) 6.75 MHz(3.375 MHz×2)	スタジオ規格 (SDTV)
	輝度信号(Y) 色差信号(P_B) 色差信号(P_R)	74.25 MHz(13.5 MHz×11/2) 37.125 MHz(6.75 MHz×11/2) 37.125 MHz(6.75 MHz×11/2)	スタジオ規格 (HDTV)
4:2:0	4:2:2 フォーマットの2つの色差信号を線順次で伝送		MPEG
4:1:1	輝度信号(Y) 色差信号(P_B) 色差信号(P_R)	13.5 MHz(3.375 MHz×4) 6.75 MHz(3.375 MHz×2) 6.75 MHz(3.375 MHz×2)	DVC

図 5.5 に示すように 4:4:4 フォーマットは、Y,C_B,C_R のそれぞれを横 720 ドット、縦 480 ドットに 13.5MHz で標本化する方法である。

この方法は、基準に忠実であるが前述の理由で効率的ではない。そこで、放送

局のスタジオでは、色信号の帯域を 1/2 とした 4:2:2 方式が採用されている。また、4:2:0 フォーマットは数字の並びから見ると C_R が無いように思われるが、実際には図 5.5 のように C_B,C_R の縦方向のサンプリングを 4:2:2 の 1/2 としたものが 4:2:0 と呼ばれる。

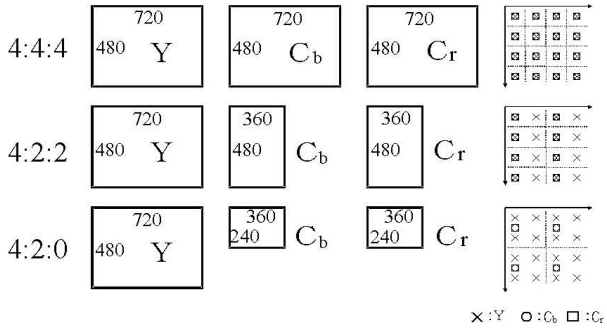


図 5.5 クロマフォーマット

5.6 HDTV 信号

コンポーネント信号は、表 5.5 に示すように SMPTE-274M にそのフォーマットが規定されている。

この規格は、輝度信号（Y）のサンプリング周波数に 74.25MHz または 74.25/1.001MHz を採用している。また、色信号（C_B,C_R）のクロマフォーマットは 4:4:4 であるから色信号のサンプリング周波数は 74.25MHz×1/2 の 37.125MHz または 37.125/1.001MHz となる。

表 5.5 HDTV の符号化パラメータ(SMPTE-274M)

パラメータ		1125/60.00方式	1125/59.94方式
信号形態		Y, C_B, C_Rコンポーネント	
有効走査線数		1080	
クロマフォーマット		4:2:2	
標本化周波数	輝度信号	74.25 MHz	74.25/1.001 MHz
	色差信号	37.125 MHz	37.125/1.001 MHz
サンプル数／ライン 輝度信号 色差信号		2200 1100	2200 1100
量子化		8 or 10ビット直線量子化	
伝送ビットレート	8ビット量子化	1.493 Gbps	1.493/1.001 Gbps
	10ビット量子化	1.866 Gbps	1.866/1.001 Gbps

この方式のサンプリング数は、水平 2,200 サンプル、垂直 1,125 ラインであり、アクティブラインは水平 1,920 サンプル、垂直 1,080 ラインである。

6 デジタル変調技術

それぞれの符号化データを多重化した後の誤り訂正からデジタル変調までの信号処理を伝送路符号化という。BS デジタル放送と地上デジタル放送では、伝送路が異なるために伝送路符号化部の構成も図 6.1 および図 6.2 のようになっている。両システムの信号の流れで大きく異なる部分は、以下のとおりである。

(1) BS デジタル放送システム

・複数の放送事業者からの MPEG-TS を多重化し、これらの現在伝送されているキャリア変調方式等のパラメータを TMCC（Transmission and Multiplexing Configuration Control）信号で指定する。

・変調には、トレリス符号化器と 8PSK を組み合わせた TC8PSK 方式を使用する。

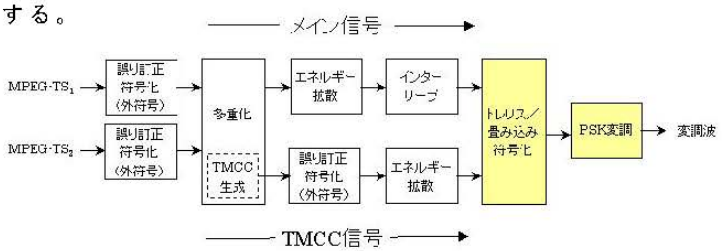


図 6.1 BS デジタル放送の伝送路符号化

(2) 地上デジタル放送システム

・MPEG-TS を階層別に分割して、それぞれを 64QAM 等で変調し、階層合成する。

・これを OFDM フレームに配置し、IFFT により時間軸に変換して PSK 変調する。

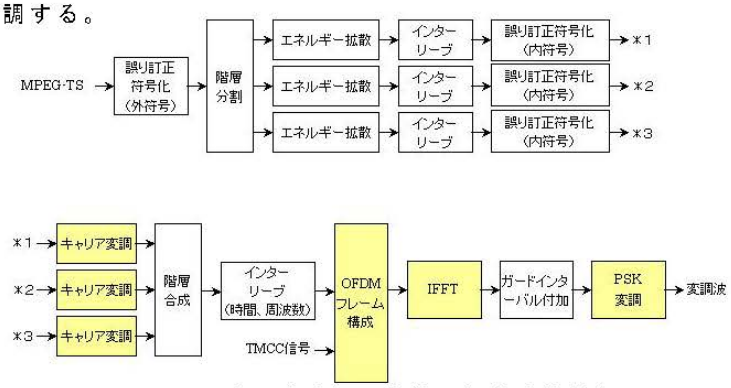


図 6.2 地上デジタル放送の伝送路符号化

なお、ここでは、デジタル変調が主題であるため図 6.1、図 6.2 の加色した部分について、以下に説明する。

6.1 デジタル変調

変調とは、映像信号や音声信号等のベースバンド信号で、搬送波の振幅・周波数・位相をそれぞれ単独で、あるいは組み合わせて変化させ、電波として放射するのに必要な高周波信号とすることである。

通常、ベースバンド信号（映像信号、等）は周波数が数 MHz と低く、そのままでは遠距離に伝送することができない。そこで、図 6.3 のように電波として放射できる周波数帯の高周波信号（搬送波）に映像等の情報を乗せて（変調）送信する。

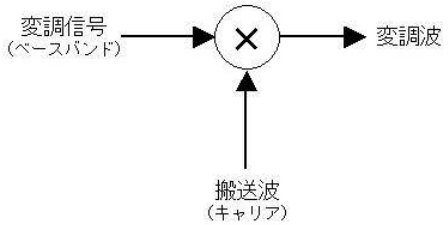


図 6.3 デジタル変調

6.2 各種変調方式

搬送波（carrier）は、映像信号等を運ぶもので、振幅一定の高周波信号（テレビの場合は各チャンネルの周波数）である。

この搬送波を変調する変調信号によって、アナログ波とデジタル波となる。

アナログ変調は、搬送波の振幅変化を利用した AM（AM：Amplitude Modulation）、周波数変化を利用した FM（FM：Frequency Modulation）、位相変化を利用した PM（Phase Modulation）がある。

一方、デジタル変調は、搬送波の振幅変化を利用した ASK 方式（Amplitude Shift Keying）、周波数変化を利用した FSK 方式（Frequency Shift Keying）、位相変化を利用した PSK 方式（Phase Shift Keying）があり、振幅と位相の変化を利用した QAM（Quadrature Amplitude Modulation）がある。

デジタル変調は、基本的にはアナログ変調と変わりはないが、伝送する信号がデジタルデータなので信号が急峻に変化するのが特徴である。

各デジタル変調の時間軸波形（オシロスコープで観測する波形）を図 6.4 に示す。これらの内、デジタル放送では同図（c）の PSK 方式と同図（d）の QAM 方式が使用される。

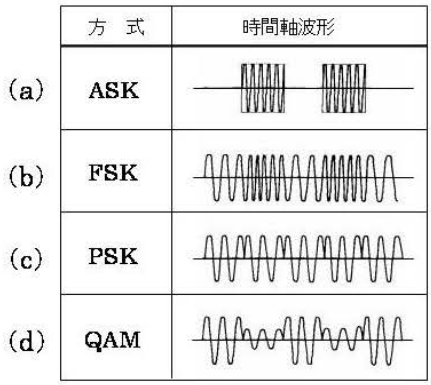


図 6.4 デジタル変調方式の種類

(1) ASK

ASKは、デジタル信号を搬送波の振幅方向に乗せる方法である。ASKは、図6.4(a)に示すように、信号が「1」の時は搬送波が「on」になり電波が出て、信号が「0」の時は「off」となり電波が切れるという変化の仕方をする。この応用として、「0」と「1」の2値に加えて、振幅方向に何段かにレベルを設けた多値ASKがある。これは、アメリカの地上デジタルテレビ放送に採用されている。

(2) FSK

FSKは、搬送波を「0」と「1」に対応して2種類準備する。そして、図6.4(b)のように「0」を送る時はf_1、「1」を送る時はf_2と搬送波の周波数を切り替えて使用する方法である。

この方法は、FMの一種であるため振幅は一定であるので、伝送路で非線形歪みを受けて振幅方向にレベルが変動しても、周波数変化が取り出せれば復調できる。ただし、所用帯域幅が広くなるのでノイズには弱くなる。

(3) PSK

PSKは、位相方向にデジタルデータを乗せ、位相の変化で送る方法である。図6.4(c)に示す2値PSK（BPSK：Binary Phase Shift Keying）は、デジタル信号の「0」を送る時には搬送波と同相（0度）で、「1」を送る時には搬送波の位相を反

転（180度）して送る方法である。

BPSKを拡張したものに4値PSK（QPSK：Quadrature Phase Shift Keying）があり、1シンボルで2bit（2^2=4通り）を送ることができる。

この方法は、伝送路の非線形（レベル変動や雑音）に強く、所用帯域幅も比較的狭いため、放送や通信で多く利用されている。

(4) QAM

QAMは、PSKの位相変化とASKの振幅変化を合わせて直交変調したものである。この方式は、1シンボル当たりの伝送容量（ビット数）を増やすことができる。16QAMや64QAMがよく使用される。

(5) APSK

APSK(Amplitude PSK)は、PSKの振幅方向に変化を加える変調方式である。振幅方向にもデジタル信号を乗せ多数の信号点を配置する。しかし、振幅方向に変化させるので雑音の影響を受けやすくなる。このため、伝送路の高い安定度が確保できるところで使用される。

(6) OFDM

OFDMは、3階層の搬送波を64QAM等で変調した信号を、複数の直交する周波数に分割し多重して伝送する。受信側では、まず多重化された信号を復調して、次に64QAM等を復調する。

6.3 PSK変調回路

BSデジタル放送でのPSK変調回路は、BPSK、QPSK、8PSKとも図6.5の構成で変調する。

図6.5のPSK変調回路には、内符号（畳み込み符号化器）で符号化されたデータが入力される。BPSKの場合は、符号化器で得られた2bitを0度と180度に振り分けて、I軸のみで変調する。QPSKの場合は、2bitを0°と180°のI軸と、90°と270°のQ軸で変調して組み合わせる。8PSKの場合は、符号化器から2bit入力に対して3bit出力が得られる。この3ビットを8つの角度に割り付けて変調する。

これらは図6.5のように、シンボル点マッピング部にデータを配置してI・Q軸に投影した信号を直交変調する。具体的には、メモリの座標値として記録し、読み出す。

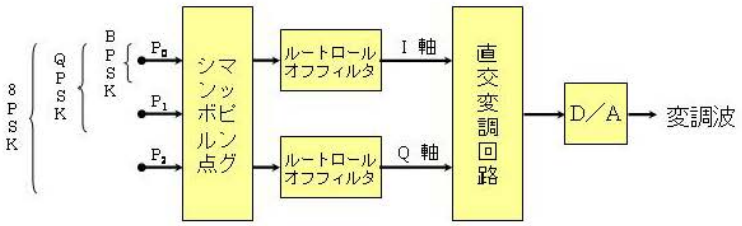


図6.5 PSK変調回路構成

6.3.1 変調信号の生成

変調信号は、図 6.6 の畳み込み符号化器から符号化データ（C_1,C_0）として 1bit 入力に対して 2bit の出力が得られる。

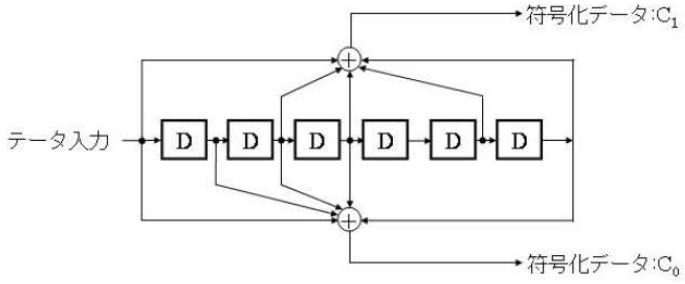


図 6.6 畳み込み符号化器

6.3.2 ロールオフ・フィルタ

デジタル信号の波形は、図6.7(a)のように矩形（パルス波形）をしている。このような波形は電圧値が急峻に変化するため、周波数的には非常に広い帯域を持っている。

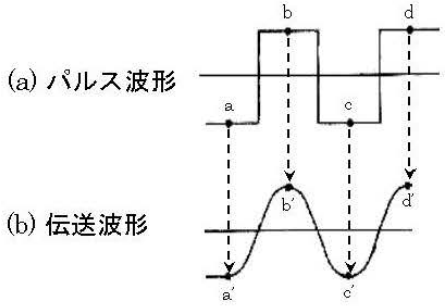


図6.7 パルス波形と伝送波形

デジタル伝送では、「0」と「1」の信号をパルス波形の電圧値として実現し、この信号を伝送する。しかし、伝送路（放送衛星の中継器、地上デジタル中継器、CATV同軸ケーブル等）の伝送帯域は有限であるため、非常に広帯域な周波数特性を持つパルス波形をそのまま伝送することは困難である。また、実際に伝送路に流されたパルス波形は歪みを伴い、矩形の角が鈍った波形となってしまう。

デジタル信号の伝送では、パルス波形として正確な矩形波を伝送しなくとも、図6.7の図中のa-a'点b-b'点c-c'点d-d'点のように、そのタイミング点が判別できれ

ば「0」「1」を判別できる性質がある。

また、パルス波形を変調するとベースバンドの周波数スペクトルは、図6.8のように左右対称に折り返したように、スペクトルが無限に広がる。

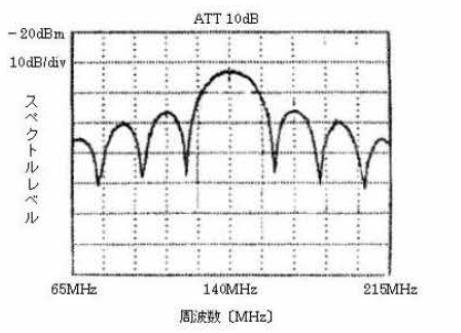


図6.8 パルス（BPSK）の変調波形（例）

この信号をこのまま伝送すると隣接するチャンネルに妨害を与えてしまうので、これに対して帯域制限をするのが図6.9に示すロールオフ・フィルタ（roll-off filter）である。

デジタル伝送では、これらの理由から予めデジタル信号を伝送路に適した帯域幅に制限し、かつ、「0」「1」の判別も可能なフィルタを通して伝送する。

このロールオフ・フィルタは、送信側と受信側に分けて帯域制限され、それぞれはルート（平方根）特性として、両者を掛け合わせることにより所望の特性を得る構成としている。このため、ルートロールオフ・フィルタと呼ばれる。

この組み合わせは、送信側では帯域制限により隣接チャンネルとの混信を防ぎ、受信側では伝送路での雑音等の除去に効果がある。

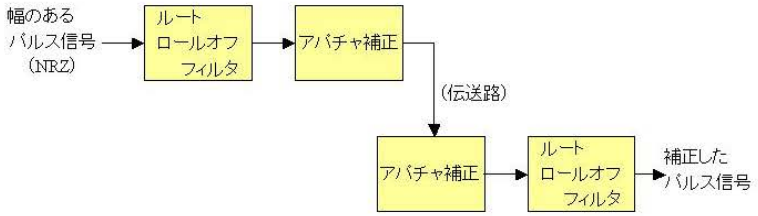


図6.9 ルートロールオフ・フィルタとアパチャ補正

また、ロールオフ特性はインパルスに対して符号間干渉を起こさないが、実際のパルス波形は幅があるので、これを補正する必要がある。

これをアパチャ補正といい、伝送するパルス波形の逆特性の補正をする。

$$A(\omega) = X/\sin X$$

これにより、送信側での通過帯域内の周波数スペクトルが平坦になるように補正する。

図6.10は、PSKやQAMの変調波形と帯域制限のためのロールオフ・フィルタおよびアパチャ補正の特性を組み合わせて示したものである。

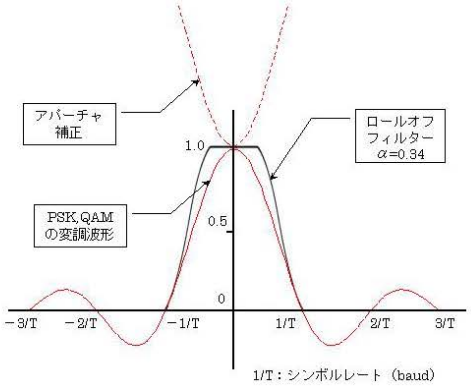


図6.10 ロールオフ・フィルタとアパチャ補正

伝送される波形は、ロールオフ・フィルタ（図6.10の黒線内）の特性に帯域制限されたものとなるが、前述のように「0」「1」を判定できれば十分であるので、このような波形でも中心部分が極端に減衰したりしなければよい。

このロールオフ・フィルタの帯域制限の率をロールオフ率（α）といい電波法で0.35と決められている。

ロールオフ率と帯域幅との関係は、次のようになる。

帯域幅B_W（MHz）＝（1+α）×シンボルレートR（Mbaud）

BSデジタル放送では、伝送シンボルレートは28.860Mbaudで、ロールオフ率はα=0.35であるから占有周波数帯域の100%エネルギーを含む伝送帯域幅は38.961MHzとなる。（なお、電波法では、衛星中継器を通過した後の占有周波数帯域のエネルギーの99%が含まれている帯域と定義され34.5MHzとなる。）

6.3.3 直交変調回路

変調動作の基本は、I軸は搬送周波数（*sin*波）を掛け算し、Q軸は90度位相を進ませた搬送周波数（*cos*波）を掛け算して変調波を作り、合成してデジタル変調波とする。

PSK変調器は図6.11に示す回路構成であり、BPSK、QPSK、8PSKも同様の回路構成で変調することができる。

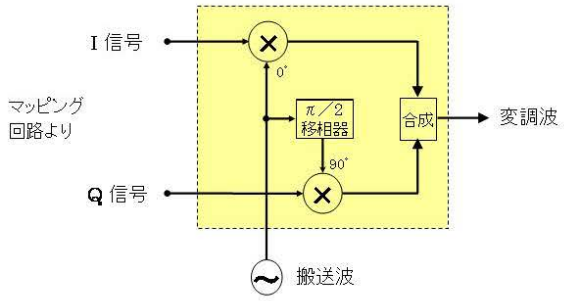


図6.11 直交変調回路

6.3.4 エネルギー拡散

伝送するデジタルデータの1つのパルスの周期（シンボル周期）（T）とパルス幅（τ）を同一とすると、実際には「1」や「0」が連続した場合にエネルギーが集中したり、信号の無い期間が生じてしまうので、エネルギーが集中しないようにエネルギー拡散を行う。この方法は、パルス周期（T）は変えないで、その中でパルス幅（τ）の位置を変化させる。この位置の変化の情報を受信側と共有する。

図6.12にBPSK波（T=1μS、エネルギー拡散=2^7-1=127、「127」は1μSの周期の中をパルス幅1/127MHz（約7.8kHz）のパルスの位置が順に127通りに変化することを表す）の周波数スペクトラム（例）を示す。

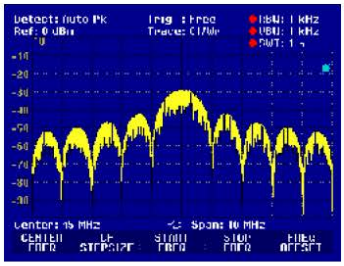


図6.12 エネルギー拡散をしたBPSK変調波のスペクトル（例）

6.4 BPSK（2値PSK）

BPSK（Binary Phase Shift Keying）は、デジタル信号の「0」を送る時には搬送波と同相(0°)で、「1」を送る時には搬送波の位相を反転(180°)して送るもので、1シンボルで1ビットのデータを送る方法である。

6.4.1 変調回路とBPSK変調波形

(1) 変調信号の生成

データストリーム（符号化データ）をデジタル変調するためには、図6.13(a)に示すように「0」,「1」の符号化データを変調に必要な「+V」「-V」の電圧値にレベル変換する。

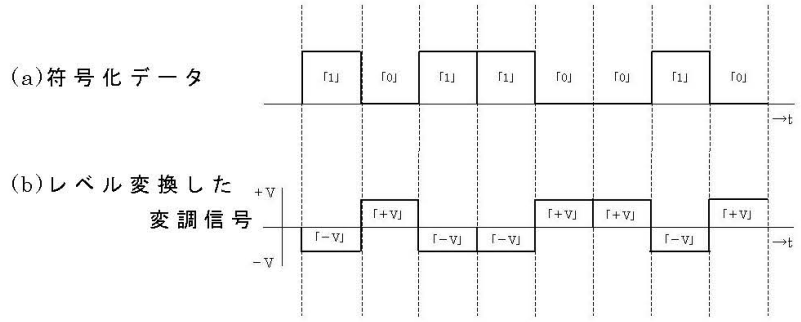


図6.13 BPSKの変調信号の生成

(2) 変調回路とBPSK変調波形

レベル変換された変調信号は、図6.14のBPSK変調回路を使用して変調信号と搬送波とを乗算することにより、図6.15のBPSK変調波が得られる。

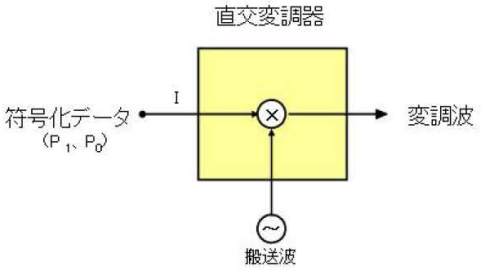


図6.14 BPSK変調回路

図6.15のBPSK変調波の波形は、同図の変調信号の位相反転ポイント毎（シンボル周期）に、被変調波の位相が0°と180°に反転している様子を示す。

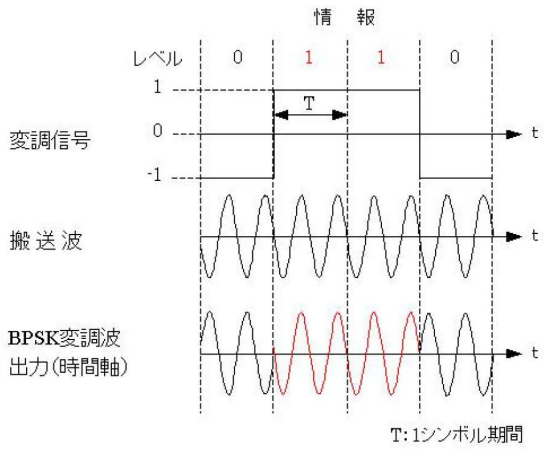


図6.15 BPSKの変調信号と変調波

すなわち、図6.6に示した畳み込み符号化器の出力（P_1、P_0）の2bitをP/S（パラレル/シリアル）変換器を通して、図6.16のようにP_1→P_0の順に、「0」の場合0°、「1」の場合180°にマッピングする。

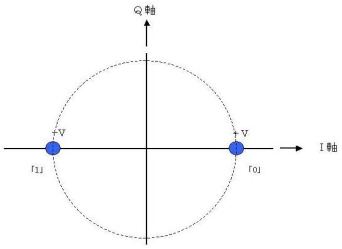


図6.16 BPSKの位相点マッピング

なお、図6.6の畳み込み符号化器の出力は（C_1、C_0）であるが、実際にはこの（C_1、C_0）の符号化データをパンクチャド変換によりビットを削減する処理を行っている。この処理した出力を（P_1、P_0）で表す。

6.5 QPSK（4値PSK）

BPSKを拡張したものに4値PSK（QPSK：Quadrature Phase Shift Keying）があり、1シンボルで2ビット（2^2=4通り）を送ることができる。

この変調系統図を図6.17に示す。

QPSKは、図6.6の畳み込み符号化器からの2bitの符号化データ（P_1,P_0）を直並列変換（S/P）でI軸,Q軸にビットをマッピングして直交変調する。

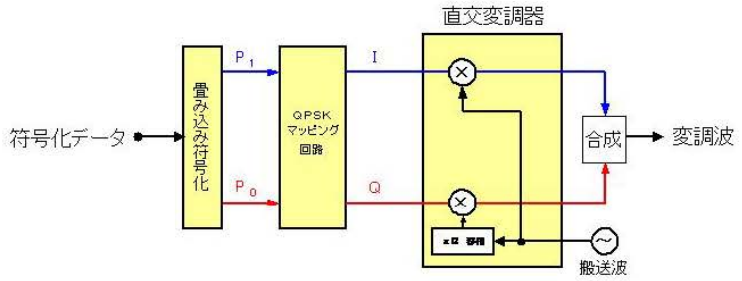


図6.17 QPSK変調系統

6.5.1 S/P変換部とI・Q軸

符号化データをQPSK変調するためには、図6.18に示すように「0」,「1」のシリアルなデータを直交変調するために、I軸とQ軸のパラレルデータに変換し、さらに「+V」「－V」の電圧値にレベル変換する。

この時、符号化データが時間方向にも引き延ばされる。これにより、シンボル期間TがBPSKに比べ2倍となるため、帯域幅が1/2となる。この様子を図6.18に示す。

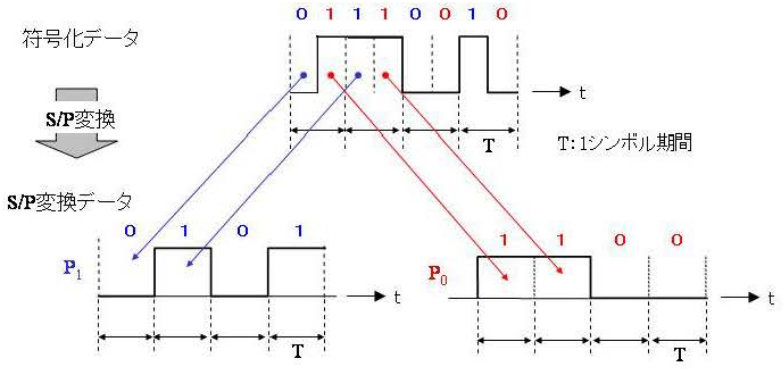


図6.18 QPSKのS/P変換

6.5.2 マッピング部

S/P変換により変換されたデータは、位相点毎に図6.19のようにマッピングされる。

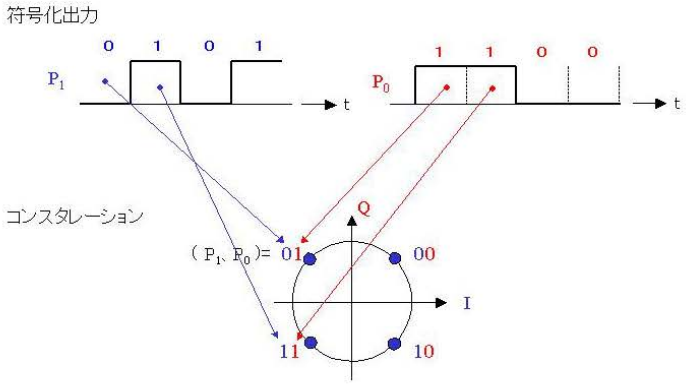


図6.19 QPSKのマッピング

6.5.3 レベル変換部

マッピングされた位相点は、I軸の値とQ軸の値に変換される。この電圧値が直交変調器に加えられ、変調される。

例えば、図6.20の（P1,P0）=（0、0）の場合は、I軸の正方向に1/√2、Q軸の正方向に1/√2、すなわち第Ⅰ象限でI軸の値とQ軸の値が等しい位置が原点から45°の「00」となる。

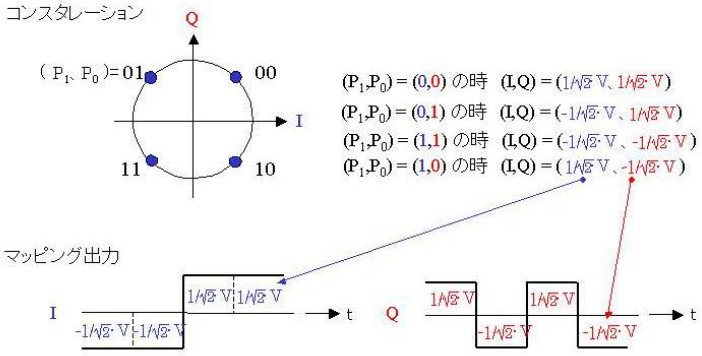


図6.20 QPSKのレベル変換

6.5.4 変調回路とQPSK変調波形

レベル変換されたI軸とQ軸の変調信号は、図6.11の直交変調回路で変調信号と搬送波とを乗算することにより、図6.21のQPSK変調波を生成する。この時、I軸に対してQ軸を直交させるために90°移相器を挿入して、得られたそれぞれの信号を合成する。

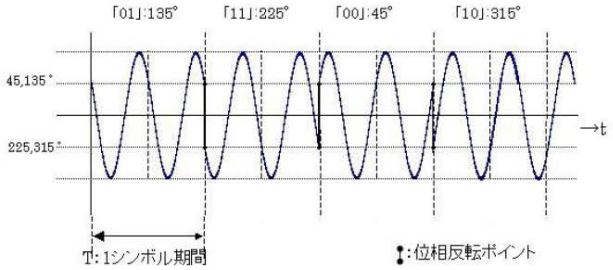


図6.21 QPSK変調波（時間軸）

図6.21のQPSK変調波の波形は、図6.18のS/P変換されたデータのシンボル周期毎に、被変調波の位相が「45°」,「135°」,「225°」,「315°」に反転している様子を示している。

この時、変調信号が「11」の場合は、位相順では「315°」に配置されるべきであるが、ノイズの耐性を増すためグレイコード配置として「225°」に配置する。また、本来の「225°」に配置する「10」は「315°」に配置される。

6.5.5 QPSK変調波のスペクトル

QPSK変調回路にBPSKと同様の符号化データを加え、S/P変換して変調した場合の周波数スペクトラムを図6.22に示す。

QPSK変調波のスペクトラムのヌル点はそれぞれBPSK変調波の2倍となっている。

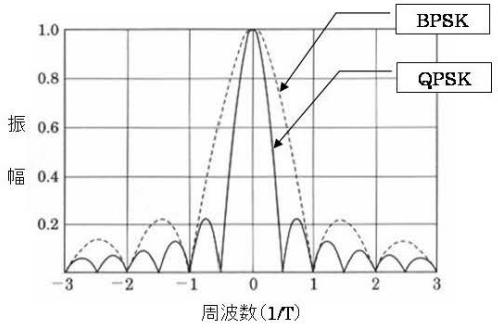


図6.22 QPSKとBPSK変調波の周波数スペクトル

このことから、QPSK波は、伝送する情報の速度に対して占有周波数帯域幅が少ないという特徴が有ることがわかる。すなわち、狭い帯域でBPSKより多くの情報を伝送することができる。

6.6 8値PSK

8値PSKは、QPSK（4値PSK ）をさらに発展させたもので、1シンボル当たり3ビットを送ることができるので伝送効率はQPSKやBPSKより高い。

この変調系統図を図6.23に示す。

QPSKは、図6.6の畳み込み符号化器からの3bitの符号化データ（P_2,P_1,P_0）を直並列変換（S/P）でI軸,Q軸にビットをマッピングして直交変調する。

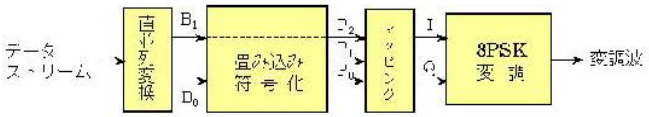


図6.23 8PSK変調系統

6.6 QAM

QAM（Quadrature Amplitude Modulation）は、PSKの位相変化とASKの振幅変化を合わせて利用したものである。この方式は、1シンボル当たりの伝送容量（ビット数）を増やすことができる特徴がある。

よく使用される64QAMは6bit（$=2^6$）の情報量を伝送することができる。64QAMはシンボル点が64個あり図が複雑となるため、ここでは16QAMについて説明する。16QAMは4bit（$=2^4$）の情報量を伝送することができる。

16QAM変調器は、図6.31のようにPSK変調器に2bitを4値の振幅変化に変換する2→4変換部を使用する。

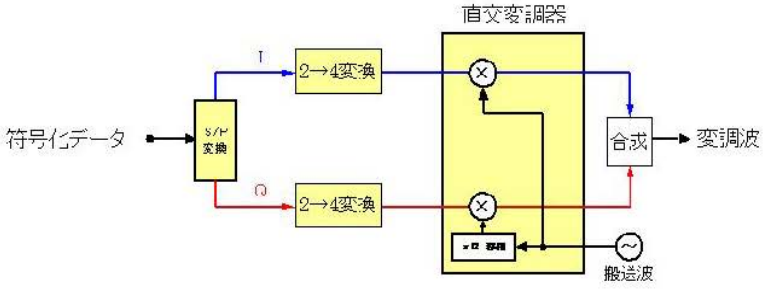


図6.31 16QAM変調系統

6.6.1 S/P変換部

QPSK変調と同様にシリアルデータをパラレルデータに変換する。この時、データはQPSKのS/P変換と同様に時間軸方向に2倍に引き延ばされる。

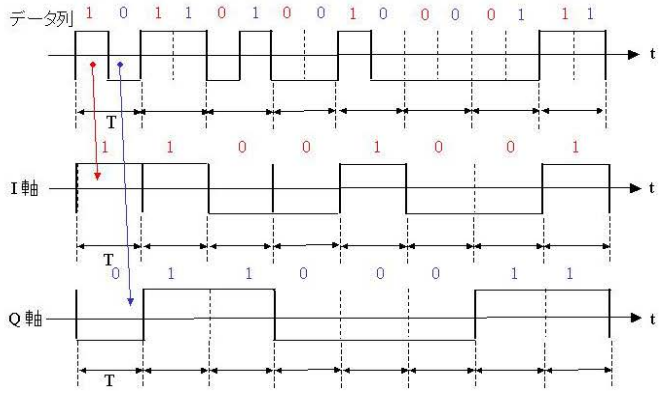


図6.32 16QAMのS/P変換

6.6.2 マッピング部

QAMのマッピングは、図6.33のようにI軸のデータで象限の場所を設定する。すなわち、「00」は第Ⅰ象限、「10」は第Ⅱ象限、「11」は第Ⅲ象限、「01」は第Ⅳ象限にマッピングされる。

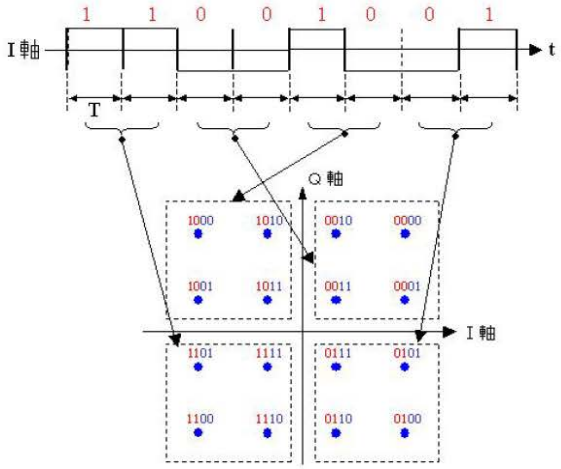


図6.33 16QAMのI軸による象限の設定

次に、図6.34に示すように、Q軸のデータにより各象限の中の位置を設定する。

例えば、I軸が「11」で、Q軸が「01」であれば、第Ⅲ象限の左上となる。各象限内の下2桁のシンボル点は、I軸・Q軸に対して対象に配置する。

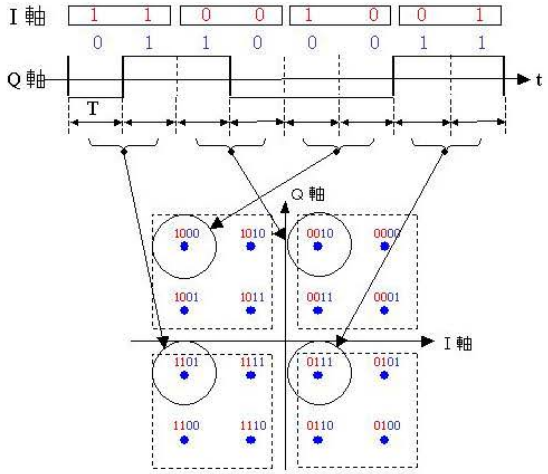


図6.34 16QAMのI・Q軸によるマッピング

6.6.3 「2ビット→4値」変換部

16個のシンボル点にマッピングされたデータは、I・Q軸で変調するために4値にレベル変換される。これにより、4×4値の16値を表現することができる。

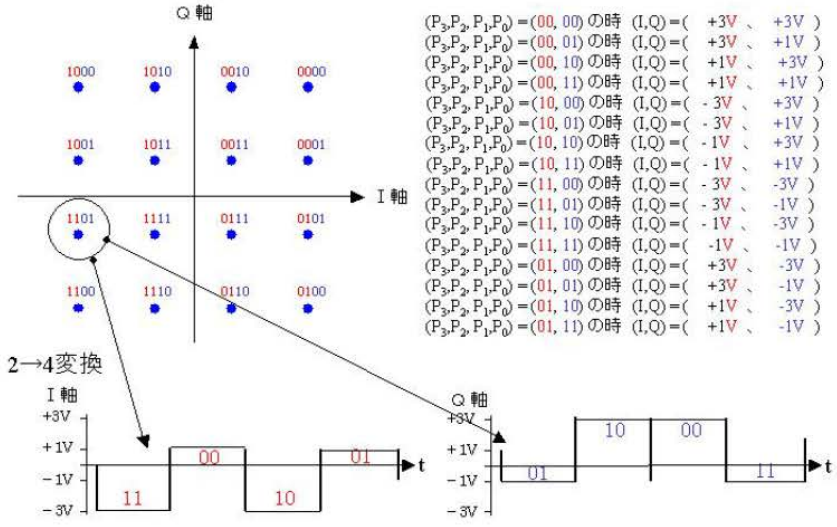


図6.35 16QAMの2→4変換

6.6.4 16QAMと64QAM

以上は、説明の煩雑さから16QAMについて説明したが、64QAMの場合も同様に考えることができる。

両者のコンスタレーションは、図6.36のようになる。

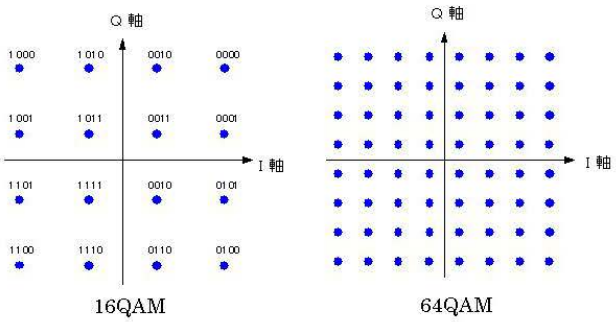


図6.36 16QAMと64QAMのコンスタレーション

6.7 シンボルなど

シンボル（symbol）とは、図6.53のように位相切り替え毎に伝送されるビットの集まりをいい、変調方式により1シンボルはそれぞれ次のビットで構成され、1シンボルで伝送できる情報量は（）内のビット数となる。

BPSK ： 1bit（2^1= 2）
QPSK ： 2bit（2^2= 4）
8PSK ： 3bit（2^3= 8）
64QAM: 6bit（2^6=64）

シンボルレートは、1秒間に切り替える位相や振幅の頻度でありbaud（symbol/sec）で表す。また、ビットレート（bit per second）は、1秒間に伝送されるビット数で、次式で表される。

ビットレート〔bps〕=シンボルレート〔baud〕×シンボル当たりのビット数〔bps〕

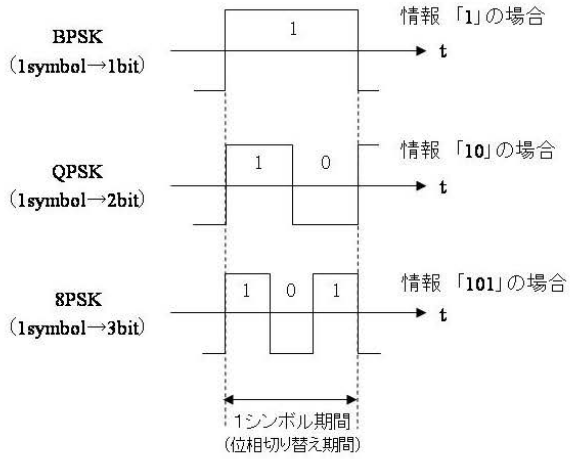


図6.53 シンボルと伝送ビット数

伝送ビットレートは、伝送路におけるビットレートをいい、畳み込み符号やRS符号などの誤り訂正符号を含む。

TSビットレートは、伝送ビットレートから誤り訂正符号を外したものをいう。

伝送信号帯域幅は、シンボルレート（R）と伝送帯域幅（Rw）の関係は、ロールオフ率を（α）とすると、Rw=R(1+α)となる。

6.8 位相点配置図（コンスタレーション）

符号化データと変調波の位相関係は、直交座標上に示すと理解しやすい。この図を信号点配置図という。

BPSKのコンスタレーションは、図6.54のように、位相点が「0°」と「180°」であるから、2点で示される。また、QPSKのコンスタレーションは、図6.54のように、位相点が「45°」、「135°」、「225°」、「315°」であるから、4点で示される。

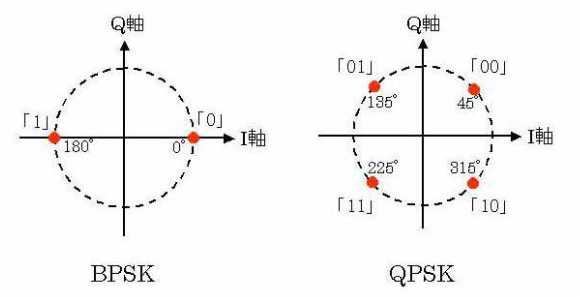


図6.54 BPSKとQPSKのシンボル点配置

QPSKは、送る情報ビットをS/P変換部で2個づつに区切り、「10」であったらI軸方向に「1」、Q軸方向に「0」を配置する。このように、情報ビットを2ビットづつペアとして、情報ビット「00」を第一象限、「01」を第二象限に配置する。

この結果、各位相に対応して配置されたものは、星座のように見えることからコンスタレーション（constellation）と呼ばれる。

6.9 グレイコード

コンスタレーションで観測されるシンボル点の直径がノイズによって図6.55のように本来のシンボル点の周辺に散らばるため大きくなったように見え、これが他の象限にはみ出すことがある。これにより伝送するシンボル点の値に誤りが生じる。

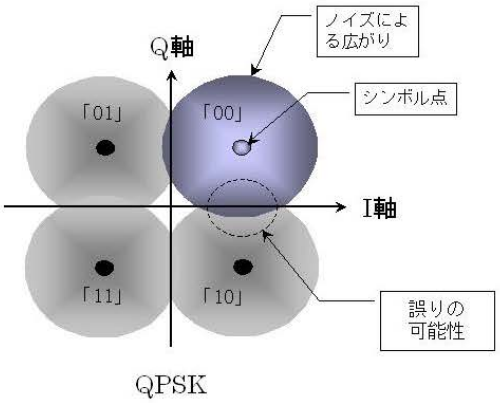


図6.55 ノイズが乗ったコンスタレーション

ノイズ等による誤りを少なくするために、このシンボル点の値の配置を自然2進数の第一象限から順に「00」「01」「10」「11」とするところを、ノイズによって第一象限の「00」が第四象限にはみ出し「11」が「00」に2ビット誤ってしまうのを防ぐために、これを「00」「01」「11」「10」とするグレイコード(gray code)を採用し、第三象限には「10」のところに「11」を、第四象限には「11」のところに「10」のシンボル点を配置する。

参考文献（デジタル変調）

NHK受信技術センター：テレビ新時代「知っておきたい地上デジタル放送」、
NHK出版、（2003）
山田：高度映像技術シリーズ2「ディジタル放送の技術とサービス」、コロナ社、（2001）
高田、浅見：デジタルテレビ技術入門、米田出版、（2001）
関：ディジタル変復調の基礎、オーム社、（平成13）
塩見、羽鳥：ウェーブサミット講座「ディジタル放送」、オーム社、（平成10）
映像情報メディア学会：総合マルチメディア選書「MPEG」、オーム社、（平成8）
NHK放送技術研究所：マルチメディア時代の「ディジタル放送技術事典」、丸善㈱（平成5）
三木：地上デジタルテレビジョン放送、トリケップス（2002）
伊丹：ＯＦＤＭ変調技術、トリケップス（2000）
日経エレクトロニクス・ブックス：データ圧縮とディジタル変調、日経BP社（1995）
エレクトロニクス：［特集］変調・復調大研究、オーム社、（1996.12）
など

初歩のテレビ技術セミナー
【デジタル技術の基礎】

2005(H17)年 6 月　初版　(50)

（執筆）　チーフディレクター　劔持　甫
（発行）　（財）NHK 放送研修センター

（禁複写）このテキストは研修用に作成したものです。

2005 年（平成 17）「ケーブルネットワーク技術とデジタル受信機」研修

2005 年（平成 17）～2010 年（平成 22）ディスプレイ技術（ppt,p1-93）

「ケーブルネットワーク技術
とデジタル受信機」研修

ディスプレイ技術

平成22年6月9日

（財）NHK放送研修センター
特別専門委員　劔持　甫

1

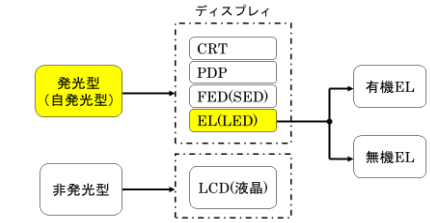
作成に当たっては、各種の資料等を参考に、また一部は引用させて頂きました。ここに御礼申し上げます。

テレビ用ディスプレイの種類

- CRT（*Cathode Ray Tube*）：ブラウン管
- PDP（*Plasma Display Panel*）：プラズマディスプレイ
- LCD（*Liquid Crystal Display*）：液晶ディスプレイ
- OLED（*Organic Light Emitting Diode*）：有機ELディスプレイ
- FED（*Field Emission Display*）：電界放出ディスプレイ
  or
  SED（*Surface-conduction Electron-emitter Display*）：
  表面電界ディスプレイ

3

電子ディスプレイの分類



EL: electroluminescence
日本では「有機EL」と呼ぶが、欧米では「有機OLED」と呼ぶ。
・有機エレクトロルミネッセンス（organic electroluminescence）
・有機LED（Organic Light Emitting Diode、OLED）

（参考）発光ダイオード　LED: Light Emitting Diode
発光ダイオードは、PN接合の半導体を使用し、順方向に電圧を加えた時にPN接合部で電子とホールの再結合により発光（エレクトロルミネッセンス）する。

4

Cathode Ray Tube

5

Cathode Ray Tube の歴史（1）

1897 ブラウン管の考案・使用：K.F.Broun
1926 日本最初のブラウン管、商品化：東京電気
1928 受像にブラウン管を使用：浜松高専
1929 キネスコープ公開（電界収束、磁界偏向）：ツボリキン
1934 蛍光面直径20cmの丸形ブラウン管の試作（電磁収束偏向）：浜松高専
1937 受像管の試作、研究開始：NHK
1938 シャドウマスク型の基本原理開発：フレジッヒ（独）
1950 メタルバック蛍光面の基礎研究開始：NHK
1952 イオン焼け防止技術の開発（寿命：2,000～3,000時間）：NHK
1952 コーニング社からガラスバルブの製法技術導入：旭硝子

6

Cathode Ray Tube の歴史(2)

1956 メタルバック受像管の量産:各社
1957 三色カラー受像管を開発: RCA
1957 国産初のカラー受像管(19型)試作完成: NHK
1957 カラー受像管試作委員会発足(カラー受像管の国産化)
1958 17型70度偏向、角形カラー受像管の試作(世界初): NHK
1963 90度偏向16型ナローネック(36.5mm)カラーブラウン管の開発:日立
1964 単電子銃クロマトロン19型カラー受像機を発表:ソニー
1964 新蛍光体(希土類)の採用で輝度60～100%向上
1968 カラーテレビ受像管トリニトロン
(インライン電子銃、ストライプ蛍光面)を開発:ソニー

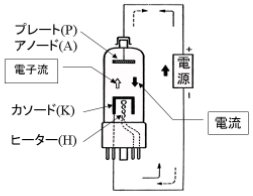
7

Cathode Ray Tube の歴史(3)

1969 16形110度偏向カラーブラウン管の開発(世界初):東芝
1969 ブラックマトリクス管発表(明るさ2倍):ゼニス(米)
1970 カラー用「ハイブライト・マトリクス」ブラウン管を発売:東芝
1972頃 110度偏向化:各社
1973 114度偏向27型カラーテレビ完成:ソニー
1983 フラットスクエア管発表:東芝
1984 40型(97cm)高精細度カラー管製作(世界初)
(3:5,90度偏向,0.4mmピッチ)、NHK技研公開で展示:日本各社
1985 22型1125本システム公開:松下電子
1996 完全フラット画面ブラウン管の発表:ソニー

8

電子管(真空管)の原理(1)



① ヒーターにより加熱されたカソードから熱電子(負)が放射される。

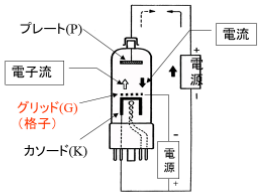
② 一方、プレートには正電圧を印可してあるので、熱電子はプレートに引き寄せられる。

③ 電子がカソードからプレートに向かって移動するので、電流はこれとは逆に流れる。

④ すなわち、電源に交流電源を印可した場合、プレートに正の電圧が印可された時だけ電流が流れ、整流ができる。

9

電子管(真空管)の原理(2)



① カソードから放射された電子(負は、プレート(正)に引き寄せられる。

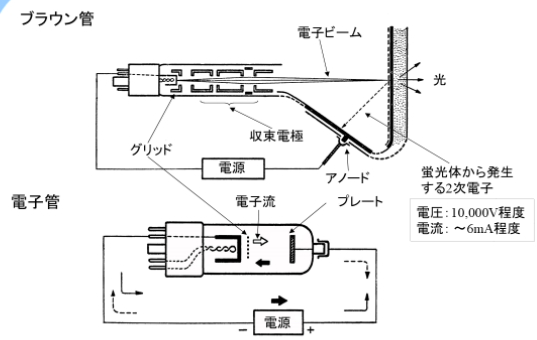
② しかし、途中にあるグリッド(格子)に印可された負の電圧により電子の流れが制限される。

③ すなわち、グリッドに加える負電圧の変化で、プレートに到達する電子量(電流)を制御することができる。

④ この原理を利用して、グリッドに信号を加えると、信号の変化に応じたプレート電流が流れ増幅された信号が取り出される。

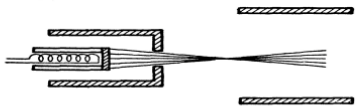
10

電子管とブラウン管の比較



11

電子ビームのクロスオーバーポイント

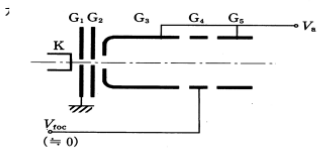


クロスオーバーポイント

○ カソードから出る電子ビームは面積を持っている。このまま蛍光体を光らせると、スポットが広がり解像度が上がらない。
○ このため、カソードとグリッドおよび第一アノードで静電レンズを構成し、面積を持った電子ビームに焦点を結ばせる。この焦点をクロスオーバーポイントと呼び、この点を電子ビームの発射点とする。

12

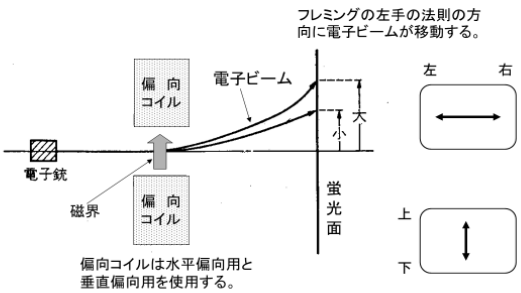
電子ビームの収束



○ クロスオーバーポイントで焦点を結んだ電子ビームは、そのままでは広がってしまうので、電極を組み合わせた電界による電子レンズ(凸レンズに相当)で収束する。

13

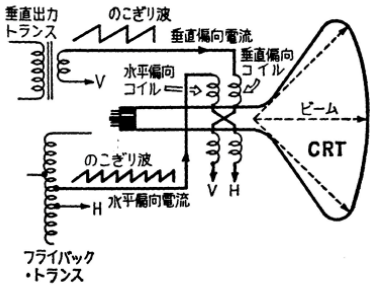
偏向動作



偏向コイルは水平偏向用と垂直偏向用を使用する。

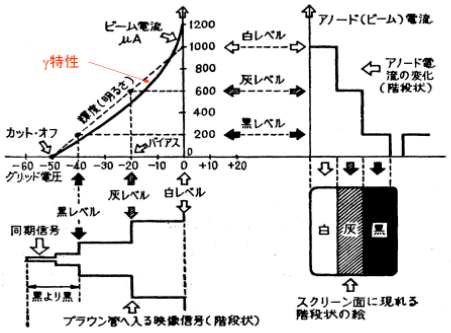
14

電磁偏向の実際

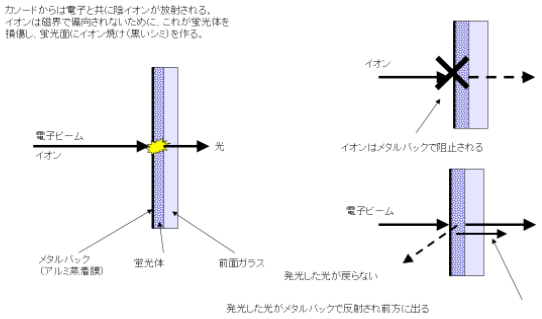


15

入力信号と光出力の関係（ガンマ特性）



蛍光面のイオン焼け（メタルバック（アルミ蒸着膜））



17

蛍光体の焼き付き

○ブラウン管特有の現象として、電源をoffにしてもカソードの温度と、アノード電圧が急激に0にならない。

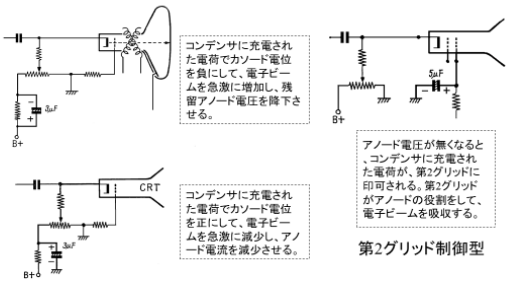
○このために、電子ビームが蛍光面を発光し続ける。
（～3分程度）

○しかし、偏向動作は停止しているので、電子ビームは蛍光面の中心あたりをフラフラと発光させ、焼き付きを起こす原因となる。

○この現象を防ぐために、スポットキラー回路が使用される。

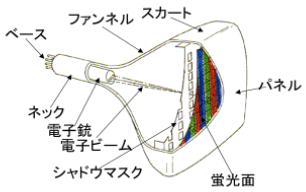
18

スポットキラー回路



19

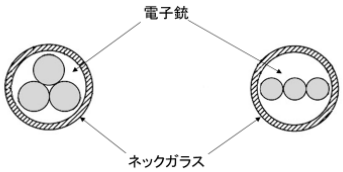
カラーブラウン管の構造



○ RGB用に3本の電子銃を使用し、3本のビームをシャドウマスク面で交差させ、RGBの各蛍光体を発光させる。
○ ネックの部分には、偏向ヨークとピュリティマグネットおよびダイナミックコンバーゼンスヨーク（無いものもある）が付属する。

20

電子銃の構造

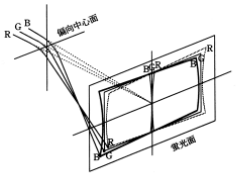


デルタ配列　　インライン配列

電子銃には、デルタ配列とインライン配列がある。デルタ配列は、初期のカラーテレビに使用されたが、現在はインライン配列が主流である。（デルタ配列は、モニター用など偏向角の小さいものに用いられている。）

21

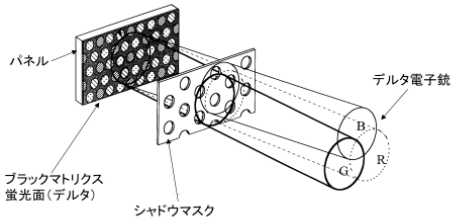
コンバーゼンス誤差



○電子銃が3本あるために、同一の磁界で偏向をすると蛍光面で電子ビームとドットが一致しない。このため、特殊な磁界を作り、蛍光面上で一致するように補正する。
○電子銃がインライン型の場合は、特殊な磁界の構成が容易なため、セルフコンバーゼンスとすることができる。
○デルタ型電子銃では、コンバーゼンスヨークによる複雑な調整が必要となる。

22

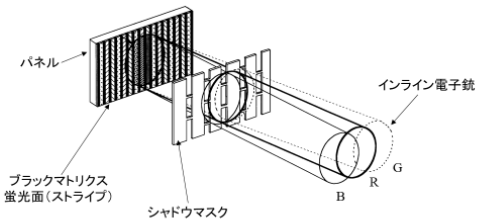
デルタ電子銃とデルタ蛍光面の組合せ



○ シャドウマスク管の開発初期に広く使用された。
○ この組合せは、ダイナミックコンバーゼンスヨークが必要である。

23

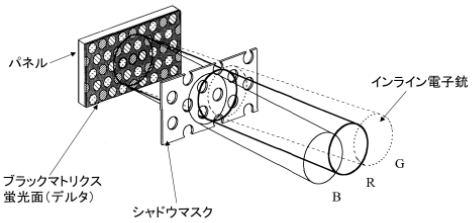
インライン電子銃とストライプ蛍光面の組合せ



○ 現在は、この組合せがほとんどのテレビに用いられている。
○ この組合せは、偏向ヨークにセルフコンバーゼンス特性を持たせることができる。

24

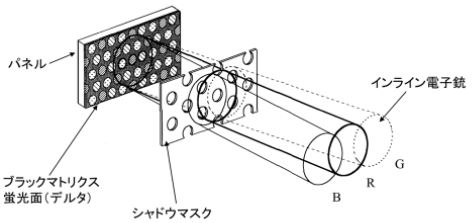
インライン電子銃とデルタ蛍光面の組合せ



○ この組合せは、本来テレビ用に開発されたものである。
○ しかし、現在では、ストライプ蛍光面が適さない高解像度の用途（放送局用モニター、等）に用いられる。

25

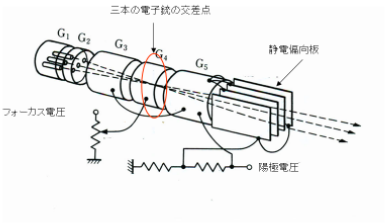
インライン電子銃とデルタ蛍光面の組合せ



○ この組合せは、本来テレビ用に開発されたものである。
○ しかし、現在では、ストライプ蛍光面が適さない高解像度の用途（放送局用モニター、等）に用いられる。

26

トリニトロン電子銃

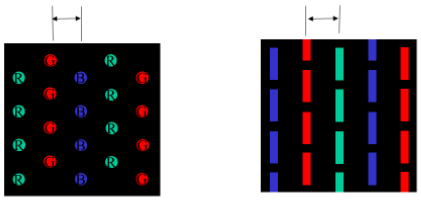


○ 主収束レンズが一個であるために大口径となり球面収差が少なく収束が良い。
○ 電子ビームは、主収束レンズの中心で三本が交差する状態が最適である。
○ インライン電子銃のため水平方向のコンバーゼンスが必要ない。（垂直方向のみ磁界によるコンバーゼンスを行い補正する。）

27

インライン電子銃とブラックマトリクス蛍光面

ブラックマトリクスは、コントラストの向上に寄与する。



モニター用にドットピッチ　0.27, 0.5, 0.63, 0.64mm　などが発売されている。
一般のハイビジョンテレビ用には　0.56, 0.61mm などが発売されている。

28

Plasma Display Panel

29

Plasma Display Panel の歴史（1）

1964 AC型 (論文発表)：イリノイ大学
1984 AC型（3電極面放電）：富士通
1988 AC型（反射型構造）：富士通
1990 AC型（ADS方式開発）：富士通
1992 AC型（ストライプ構造の開発、21型フルカラーPDP発売）：富士通
1992 DC型（40インチPDP、ハイビジョン表示）：NHK
1993 AC型（T字型独立電極構造の開発）：パイオニア
1994 AC型（40型、WVGAパネル開発、当時最大）：NEC
1996 AC型（ブラックストライプの採用、明所コントラストの改善）：富士通
1996 AC型（CCFフィルター）：NEC

30

Plasma Display Panel の歴史（2）

1996 AC型（42型フルカラーPDPの量産）：富士通
1997 DC型（長野五輪で採用）
1997 AC型（42型、1号機発売）：松下
1997 AC型（高コン駆動方式の採用、暗所コントラストの改善）：富士通
1998 AC型（ALIS方式の開発、ハイビジョン画質の実現）：FHP社
1998 AC型（色温度の改善）：松下
1999 AC型（ALIS方式、32V型ハイビジョンPDPを開発）：FHP社
1999 AC型（ワッフル型リブ構造の開発）：パイオニア
1999 AC型（クリア駆動法の開発）：パイオニア
2000 AC型（リアルサンプリング方式）：日立

31

Plasma Display Panel の歴史（3）

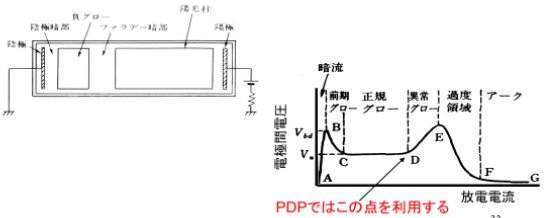
2001 AC型（ALIS方式、32V型ハイビジョンPDPを発売）：FHP社
2001 AC型ALIS方式PDPテレビ発売（W32-PD2100）：日立
2001 AC型（ピュアカラーフィルタの開発）：パイオニア
2003 AC型（e-ALIS方式開発、最高輝度 1100cd/m²）：FHP社
2003 AC型（新蛍光体の採用、TV使用60,000時間寿命）：FHP社
2004 AC型（アドバンスドスーパーCLEAR駆動法、1792階調）：パイオニア

32

発光原理（放電の発生）

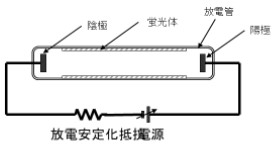
○ 蛍光灯は、陽極と陰極間に高電圧を印可すると放電を開始する。
この放電により電離した電子が管壁に塗布した蛍光体を励起し発光する。

○ 放電による発光は、図のように4つの種類に分類される。
PDPでは、この発光のうち負グローを使用して、蛍光体を励起し発光させる。



33

発光制御（DC型とAC型）

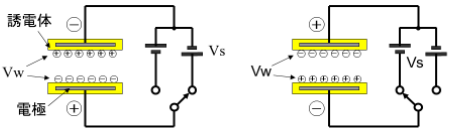


DC型PDPの制御：
・放電安定化抵抗による安定した放電の継続。
・放電の制御は、印可するパルス電圧の幅による。

AC型PDPの制御：
・直列に容量を接続し、この帯電荷を利用。
・放電の制御は、正負のパルスによる。

34

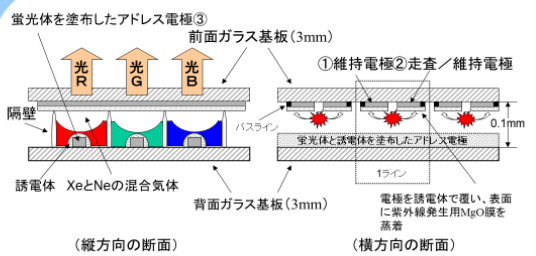
AC型放電セルの「壁電荷」利用メモリ駆動



○ 放電が起こると正イオンは－電極側の誘電体に付着し、図(a)のように電子は＋電極側の誘電体に付着する。（壁電圧の発生）
○ 壁電圧（Vw）は電源電圧（Vs）とは極性が異なるために、放電空間の印可電圧はVs－Vwとなって放電の維持を妨げ、やがて放電を停止させる。
○ 次に、電源の極性が反転すると、蓄積している壁電荷が電源に加わるために、実効動作電圧がVs＋Vwとなり、直ちに放電を開始する。
○ やがて、壁電圧（Vw）が図(b)のように蓄積してVs－Vwとなり、放電を停止させる。
○ このように電源の極性を変えるだけで放電の有無を制御することができる。

35

PDPの発光電極（3電極面放電型と反射型の組合せ）

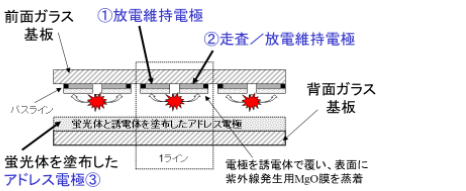


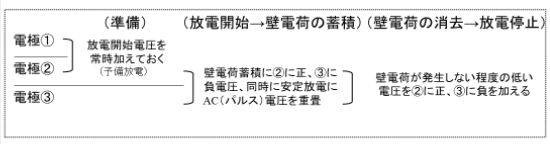
○ 放電維持電極間の放電によりXeとNeの混合気体を励起し、Neが安定放電を、Xeが紫外線を放射する。これが蛍光体に当たると可視光が発生する。

○ 放電維持電極および誘電体は透明、放電維持電極は導電性が十分でないため、発光の邪魔にならない位置に導電性のバスラインを重ねて配置する。

36

AC型放電パネルのアドレス多重駆動とメモリ駆動





37

多階調表示制御技術

○ CRTは各セルの発光量、LCDは透過率をアナログ的に制御することで階調表示する。

○ PDPは発光と非発光の2値表示であるため、アナログ的な階調表示ができない。

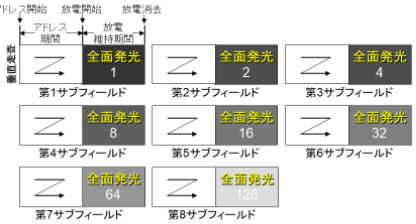
○ これを可能にしたのが、表示期間分離型サブフィールド駆動法（Adress and Display period Separated sub-field method）である。

・ 1フィールドを複数のサブフィールド（SF）に分割する。
・ SFを壁電荷（メモリー特性）を利用して、アドレス期間と表示維持期間（サステイン期間）に分ける。
・ 各SF単位に輝度に重み付けをし、1フィールドにおける各セルの発光時間（累積）を制御する。
・ これにより8つのSFで256階調（$=2^8$）を表示する。

38

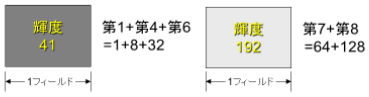
ADS方式の発光イメージ

- 1フィールド内で挿間し、インターレス信号をプログレッシブ信号に変換する。
- 1フィールドを8個のサブフィールド（SF）に分割し、1フィールドを8回発光させる。
- 1SFは、アドレスで指定された位置の画素を、2^8個のうちの指定された長さで発光する。（1,2,4,8,16,32,64,128回）
- これらの組み合わせは、目の残像効果で発光が加算され、発光に応じた輝度になる。

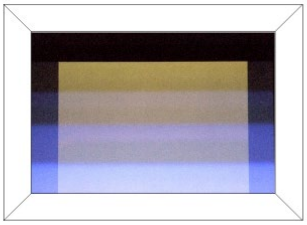


ADS方式の発光イメージ(2)

- これらの組み合わせは、目の残像効果で発光が加算され、発光に応じた輝度になる。



PDPのSF（サブフィールド）



シャッタースピード:1/350
（縦フォーカルプレーンシャッター）

ADS方式の発光寄与率

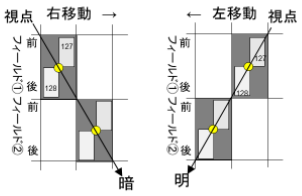
① 初期壁電荷の蓄積時間：約3μS

② 書き込み操作時間：3×480×8=11.52mS
（ライン数:480、SF：8の場合）

③ 放電寄与時間：16.7mS-11.52mS=5.15mS（30.8%）
（1フィールド：1/60=16.7mS）

④ 放電寄与時間を大きくするために、1フィールドを2分割して、両者を同時に操作する方法がある。（61.6%）
また、書き込み操作時間を短縮する方法がある。

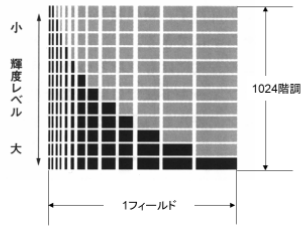
ADS方式での動画疑似輪郭妨害の発生



SFは
1SF→2SF→・・・→7SF→8SF
の順に発光する。
（時間的には8SFが最後となる。）

- 人間の目は、早い動きの画像の変化に追従できない。矢印のように変化した画像の中心を視点として見る。
- 画素が右移動した時は、左図の画像の中心を通る矢印のように視点が移動するため、「黒」の帯が見える。
- 画素が左移動した時は、右図の画像の中心を通る矢印のように視点が移動するため、「白」の帯が見える。
- 疑似輪郭（contour）妨害は、SFの変化点（128/127,64/63,等）で発生する。

動画疑似輪郭妨害の改善方式（リニア駆動法）



- 輝度レベルの変化をSFの組合せでなく、単なる積み重ねで構成するため、発光パターンが乱れることがない。
- 入力に対する輝度出力がγ特性を持たせることができ、逆γ特性回路を省略できる。

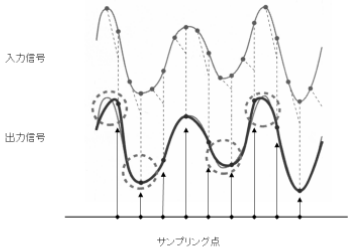
PDPのパネル（画素）構成

- NTSC方式を元にしたパソコン用のVGA規格（640×480）を基準に画素数が設計されている。（ハイビジョン：1920×1080 ）
- 家庭用テレビのPDPパネル画素数
  1920×1080，1366×768（WXGA），1280×768，1024×1024，982×1024
- ハイビジョンとパネルの画素数は異なっている場合。
  - 水平画素の補正
    ハイビジョンの1920を間引いて各パネル画素に合わせる。
  - 垂直画素の補正
    パネル画素が1024の場合は、1080の中の1024本（有効範囲の95%）を表示する。（ラインを間引いて表示する方法もある。）



水平解像度の向上

- 水平画素は、リアルサンプリング方式で全ての画素の情報を活用



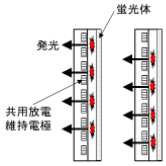
垂直解像度の向上

○ ALIS（Alternate Lighting of Surfaces Method）方式による方法
・奇数フィールドと偶数フィールドで電極を共用する。（このため、インターレス方式にあった光らせ方ができる。

・輝度と高精細度はトレードオフとなるが、ALIS方式は従来の電極を共用して実質的に画素数が倍になるので、輝度は落ちない。
（VGAレベルのPDPパネルでハイビジョン用の解像度を得る。）

・奇数フィールドと偶数フィールドで発光する部分が異なるため、パネル 寿命が1.7倍近く伸びる。

・2003年に e-ALIS（extended ALIS）を開発
（ 画素数：水平1366×垂直768,16:9
高開口率：輝度1000cd/㎡）



奇数フィールド　偶数フィールド
ALIS方式

PDPの特性

○ 色温度　9,000K～11,000K

○ エネルギー変換効率
・家庭用蛍光灯　：　27 %
・PDP蛍光ランプ　：　0.4%

○ 輝度半減期間 ：約30,000時間（約10年）

光学フィルターの役目

○ 蛍光体発光スペクトルの最適化

○ ネオン（Ne）のオレンジ色のカット

○ 赤外線によるリモコンの誤動作の防止

○ 外光による明所コントラスト防止

○ 電磁波の漏洩の防止

Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display の歴史（略史）

1968 世界初のLCD誕生（白黒）：RCA
1971 TN（Twisted Nematic）モード発表：Schadt（スイス）
1971 アクティブマトリックス駆動法開発：RCA
1973 CdSeを用いたTNモードのTFT-LCDを試作：Brody
1975 数字表示、車載用などの開発
1979 アモルファスシリコン（a-Si）の製作成功：Spear
1980代 ワープロ用に1～4行表示に採用
1081 a-Siによる世界初の5×7ドットのTFT-LCDの試作：Snell
1984 STN（Super Twisted Nematic）モード開発
1985 パソコンやワープロの製品化：日本
1986 3型カラー TFT-LCD搭載テレビの初の商品化：松下電器産業
1992 IPS（In-Plane Switching）方式による視角改善：Baur
1993 カラーa-Si TFT-LCD の大量生産開始
1995 IPS 方式の実用化 ：日立製作所

液　晶（Liquid Crystal）

○ 一般的な物質は、温度の上昇とともに固体から液体さらに気体の三つの状態に変化する。

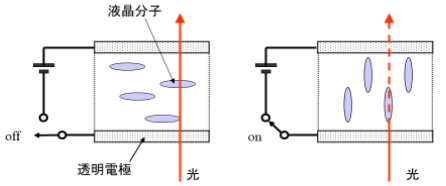
○ 液晶は、液体と固体（結晶）の間の性質を持っていることから名付けられた。

○ 液晶は液体のような流動性のある分子配列を持ちながら、固体（結晶）のような規則正しい分子配列を持つ。

○ すなわち、液体と固体の双方の性質を持つ物質である。

LCDの原理

液晶に外部電界を加えると、外部電界により液晶分子は配列方向を変える。
電界の強さで光の通過量（明るさ）を制御する。

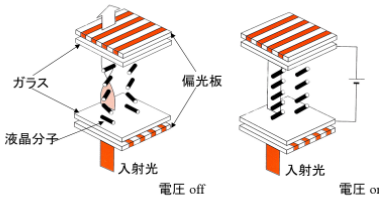


電界を加える前の液晶分子の方向（→）　　電界を加えることにより液晶分子の方向が変わる（↓）

電源offの時に光が通過するモードをノーマリーホワイトといい、反対に電源onの時に光が通過するモードをノーマリーブラックという。

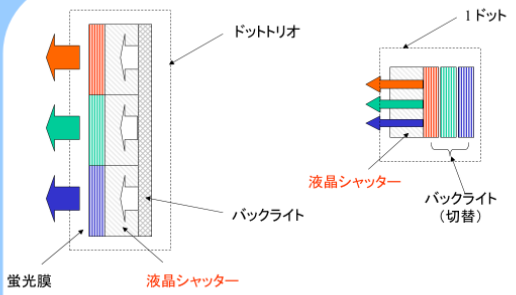
LCDの動作

○ 光の遮断と通過を確実にするために、上下の電極に偏光板を直交させて（そのままでは光を通さない組合せ）取付ける。
○ この偏光板の組合せで、光を通過させるためには、液晶内で光が90度曲がるように液晶の分子を配列する。（ TN:Twisted Nematic mode）



（ノーマリーホワイト モード）

LCDの基本構成

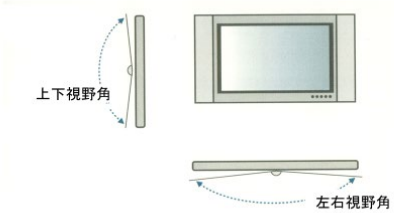


カラーフィルター方式
一般的に使用されている方法。
透過効率：33%

フィールドシーケンシャルカラー（FSC）方式
従来の3倍の解像度
透過効率：100%
応答速度：3倍必要

55

視　野　角



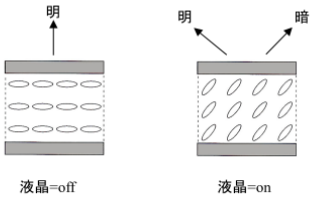
視野角は、上下・左右とも170～178度ある。

56

視野角の発生

屈折率異方性

見る方向によって、液晶分子の屈折率が異なる。
液晶分子は、棒状のため縦と横では光に対する性質が異なる。

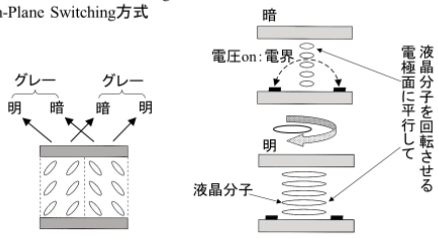


（ノーマリーホワイト　モード）

57

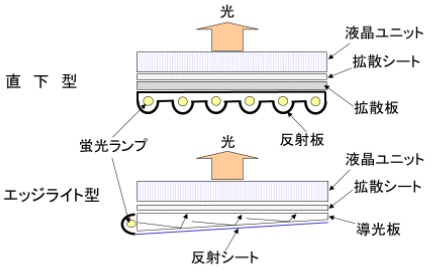
視野角の改善

各画素で、見る方向によって液晶分子が並んでいる状態をつくる。
・分配配光方式
・Multi-domain Vertical Alignment方式
・In-Plane Switching方式



58

バックライトの種類

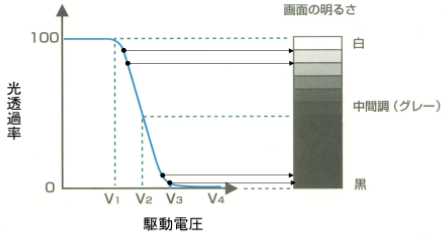


直下型は大型テレビ、エッジライト型はパソコン等に主に使われる。

59

画面の明るさ

LCDは、パネルの駆動電圧と光透過率の関係が直線的でないため、画面の暗い部分の再現が難しい。



60

応答速度

- LCDは、液晶分子の向きを電界によって変化させるため、このための時間を必要とする。この遅延時間を応答速度という。
- この遅延時間は、駆動電荷を液晶層と蓄積キャパシターに蓄えてから書き出すための時間である。
- 応答速度が長いと、動きの早い画像（野球ボールの移動、等）は尾を引いたものとなる。
- 応答速度は、1フィールド内（16.7msec）であればよい（当初の製品は20数msecであった）が、現在では 12msec（8msecもある）程度になっている。

61

有機 ElectroLuminesence

62

有機ELディスプレイの歴史

1987年　C.W.Tang（コダック社）
有機ELの基本構造（積層機能分離型）開発（論文）

1997年　パッシブ駆動方式有機ELディスプレイ量産（東北パイオニア）
（この後、各社で、携帯電話やPDA、デジタルカメラ、デジタルオーディオプレイヤなどにサブディスプレイとして搭載商品化）

2000年～　フルカラー有機ELディスプレイ（アクティブ駆動方式）を開発
2000年　5.5インチ（三洋電機、コダック社）、2001年　13インチ（ソニー）
2002年　15インチ（三洋電機）、2003年　24インチ（ソニー）
2004年　40インチ（セイコーエプソン）、2005年　40型（サムスン電子）

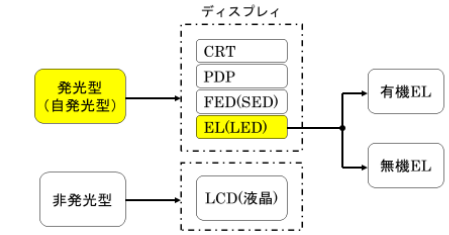
2005年　21型フルカラーフルHD有機ELディスプレイ（サムソン電子）

2007年　27型フルHD有機ELテレビ（ソニー）

2007年　11型有機ELTV発売（ソニー）

63

電子ディスプレイの分類

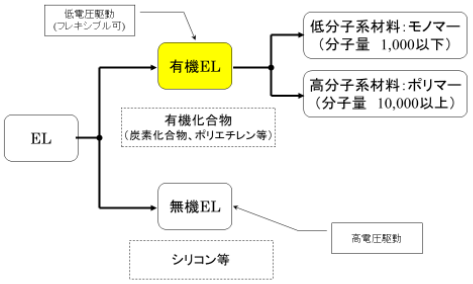


EL: electroluminescence
日本では「有機EL」と呼ぶが、欧米では「有機OLED」と呼ぶ。
・有機エレクトロルミネッセンス（organic electroluminescence）
・有機LED（Organic Light Emitting Diode、OLED）

（参考）発光ダイオード　LED:Light Emitting Diode
発光ダイオードは、PN接合の半導体を使用し、順方向に電圧を加えた時にPN接合部で電子とホールの再結合により発光（エレクトロルミネッセンス）する。

64

ELの分類



65

有機ELの発光と発光効率

○ 蛍光と燐光では、電子とホールの再結合した時の励起状態から基底状態への戻り方が異なる。
- 蛍光の場合は、励起状態から直ぐに基底状態（一重項励起状態）に戻るため、発光時間が短く10nsec程度である。　→　発光が容易
- 燐光の場合は、励起状態から基底状態に二段階で戻る（三重項励起状態）ために発光時間が数msec以上と長くなる。　→　発光が難しい

○ 発光効率
・内部量子効率　　25%限度（以前）→100%に近い（現在）
・外部量子効率　　20～30%
・したがって、使える光は、100%×20～30%=20～30%となる。

66

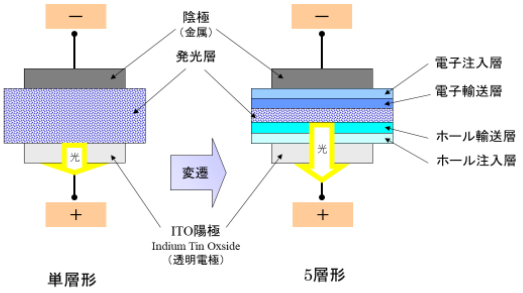
各種光源の電力効率、寿命の比較

種類	電力効率[lm/W]	寿命[時間]
白熱電球	12	2,000
蛍光灯	70～80	10,000
白色LED	20 ～ 30(60)	10,000
冷陰極蛍光ランプ	30 ～ 60	60,000
ハロゲンランプ	20	～3,000
有機EL	10 ～ 30(60)	10,000

○ 電力効率
- 有機EL（R→B→Gの順に高くなる。）
　蛍光の場合　1～15lm/W　　燐光の場合　7～70lm/W
- PDP、LCD　1～2 lm/W

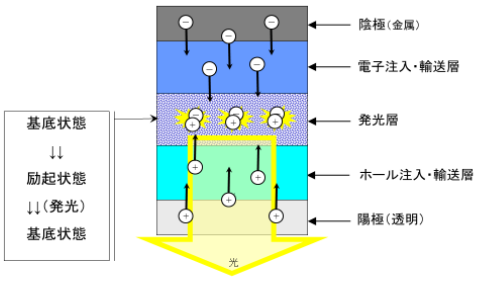
67

有機ELの仕組み



68

発光の仕組み



69

有機ELの光る仕組み

① 電極間に有機材料（発光層）を挟み、DC電圧を加える。

② 有機材料内の電子とホールがそれぞれの極に向けて移動する。
（この移動時に電子とホールが結合したものを再結合という。）

③ この再結合により、有機分子の電子状態が安定状態（基 底状態）から、エネルギー的に活性化され励起状態となる。

④ 励起状態は、不安定なため安定な基底状態に戻る。この時、エネルギーが光として放出される。

70

有機ELによる「白」の発光

○ 光の三原色では、R･G･B を混合すると「白」になる。

○ 有機ELでは、発光色の異なる色素を混合すると、励起した時のエネルギーレベルの一番低いところに移る。

・エネルギーレベル（高→低）　B → G → R
・有機ELの混合例
B ＋ G ⇒ C（×） → G（○）
G ＋ R ⇒ Ye（×） → R（○）
B ＋ G ＋ R ⇒ 白（×） → R（○）

○ 濃度を薄くするとエネルギーのやりとりを押さえる（分子間距離の6乗に反比例）ことが可能となり、「白」の発光を得ることができる。
白 ＝ B ＋ G（濃度 薄） ＋ R（濃度 薄）

73

有機ELの得失

・薄型：バックライトが不要で薄型化できる。
・低電圧・低消費電力：バックライトを使用しない。
色の着いた光を直接出せるためエネルギーの変換効率が高い。
発光に必要な電圧も数V程度と低い。
・応答速度が速い：電流を変化させれば輝度が瞬時に変化するので、非常に応答速度が早い。
・視野角が広い：視野角は180度に近い。コントラストも高い。
・高輝度：発生した光のすべてを生かすことができる。
・高解像度：三色の発光層を縦に重ねることもできるため、解像度を高くすることができる。
・色再現範囲：分子設計によって所望の色を表示可能であり、色再現範囲が広い。
・フレキシブル：折り曲げることができるディスプレイを作ることが可能。
・磁気の影響を受けない：ブラウン管とは異なり磁気の影響を受けない。

・寿命が短い：発光体の有機物に通電するため劣化する。
現時点では約2,000～10,000時間程度の寿命。
・生産コストがかかる：大型基板による生産が難しい。

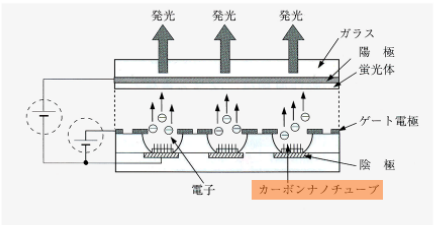
74

Field Emission Display

75

Field Emission Display の構造

電界放出型冷電子源にカーボンナノチーブ（CNT:Cabon Nano Tube）を用いたFEDの構造

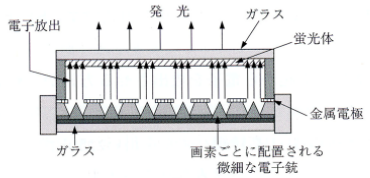


カーボンナノチーブは、炭素のみからなる数100nm～数μm、直径数μm～数10μmの中空筒状構造を持つ。導体にも半導体にもなる性質がある。

76

Field Emission Display の構造

電界放出型冷電子源と対向する透明電極との間に100V以上の直流電圧を印可して電子を放出させ、透明電極を通して蛍光体を発光させる。

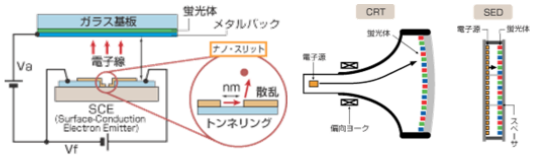


○各ドット毎に配置される微細な電子銃により、対応する蛍光体を発光させる。
○発光原理は、ブラウン管と同様である。ブラウン管の利点（広視野角、発色特性、応答特性、発光効率が高い、低消費電力、等）が全て利用できる。

77

SED （ 表面伝導型電子放出ディスプレイ）

電界放出型冷電子源に、プリンタのインクジェット方式で酸化パラジウム膜を吹き付け、これに通電してすき間（数nm）を作り、このすき間から電子を放出する。



原理図　　CRTとSEDの比較

東芝ホームページより引用

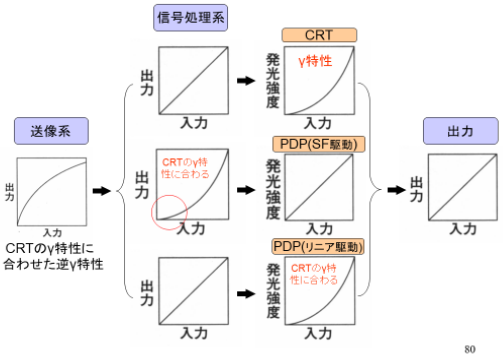
SED (Surface-Conduction Electron-emitter Display)

78

ディスプレイのまとめ

79

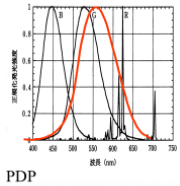
低解像度域の階調改善とγ特性



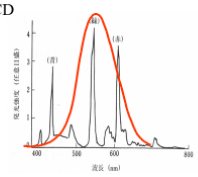
80

発光スペクトルと被視感度曲線

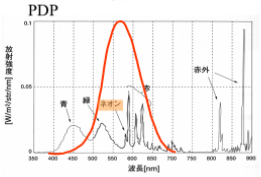
CRT



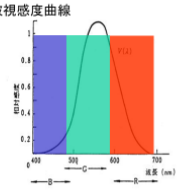
LCD



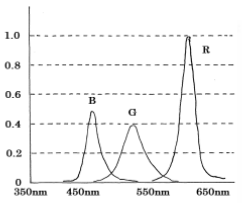
PDP



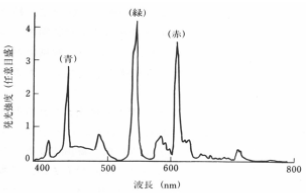
被視感度曲線



LEDバックライトのスペクトル



LEDバックライト

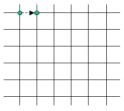


CCFLバックライト
（冷陰極管：Cold Cathode Fluorescent Lamp ）

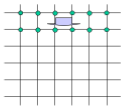
82

駆動方法

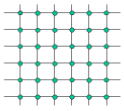
- 点順次駆動方式：電子ビームを走査する方式。（CRT）
- 線順次駆動方式：マトリクス型ディスプレイでは、1ライン分の信号をメモリーに蓄積して、1ラインを一度に発光させる方式。（LCD,OLED）
- 全並列同時駆動方式：1フィールド分の信号をメモリーに蓄積して、1フィールドを一度に発光させる方式。（PDP）



点順次駆動方式



線順次駆動方式



全並列同時駆動方式

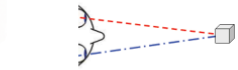
83

立体テレビ（3D）

84

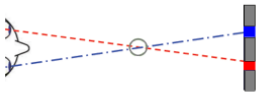
立体テレビ（3D）の原理

立体視
近くに有る物は両目が寄り眼になって注視（輻輳）、さらに左右の目がとらえる映像の差異が脳内で処理（両眼視差）されることにより奥行きの間隔を得ている。
（VIEW Vol29 No2.2010立体テレビの研究）



物体の見え方
視差（左右の眼の間隔（成人約6.5cm,子供約5cm）を脳で立体と判断する。）

立体視の方法
ディスプレイに表示した映像を下図のように見ることにより輻輳および両眼視差を得て、立体を脳で判断する。



85

3Dディスプレイ（メガネ式）

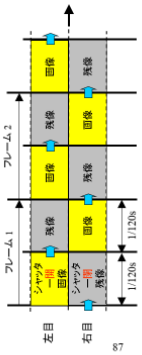
各方式の特徴

サイド・バイ・サイド方式	画面を左右に分割してそれぞれ左目用と右目用の画像を送る。水平解像度が1/2となる。
フレームシーケンシャル	フレーム毎に左右の画像が交互に映し出される。フレーム周波数を1/120秒にすることで解像度の低下はない。（アクティブ（電子シャッター）型）
チェッカー・サンプリング	隣り合う画素毎に両眼へ振り分ける。全体の画素数が1/2となる。
ライン・バイ・ライン（フィールドシーケンシャル）	走査線毎に左右両眼へ振り分ける。垂直解像度が1/2となる。
Xpol円偏光方式	ディスプレイ表面に微細偏光素子を規則正しく配列させたもので、簡易な偏光メガネで見ることができる。
アナグリフ方式（赤/青）カラーコード3D（青/アンバー）方式	一般のテレビで可能。メガネが安い。

86

3Dディスプレイ（フレームシーケンシャル）

- ○画像を左右の目用にフィールドで振り分けると解像度が1/2になってしまう。（フィールドシーケンシャル）
- ○解像度の低下を防ぐためには、飛越走査を順次走査（1/60sec）にIP変換する。
- ○左右の画像の切替を滑らかに行うために、フレーム周波数を1/60secから1/120secに変換する。
- ○フレーム毎に左右の画像が交互に映し出される。
- ○左目と右目は同時に見える時間がないと立体画像とならないので、眼の残像を利用する。
（アクティブ（電子シャッター）型）

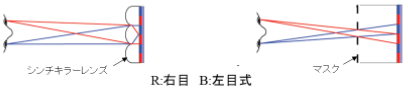


87

3Dディスプレイ（裸眼式）

各方式の特徴

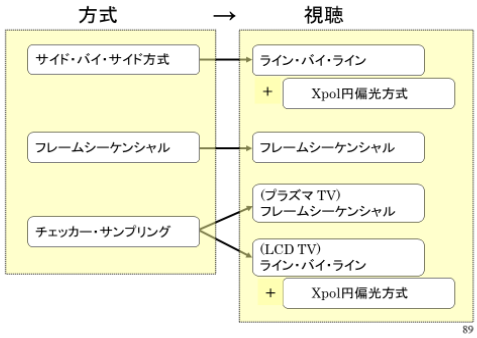
シンチキュラーレンズ方式	かまぼこ型のシンチキラーレンズを用いる。レンズによって左右の眼に異なる画像を見せる。
視差バリア方式	ディスプレイからの光の方向を制御（スイッチ液晶）し左右の目に異なる画像が見えるようにする。



シンチキラー方式　　視差バリア方式

88

3Dディスプレイの方式・視聴



89

4原色ディスプレイ

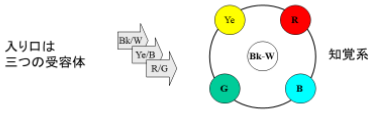
90

4原色デイスプレイ

■ 三原色説
カラーテレビの原理に使われる「三原色」は、ヤング（1801年）とヘルムホルツ（1868年）により提唱されたもので、我々の眼には特定の波長に反応する受容体が三つ（R,G,B）あり、その刺激の比率で多彩な色を感じる。

■ 四原色説
ヘリング（1872年）は、三原色説では「赤っぽい緑」や「黄色っぽい青」が説明できないために、解決策として四原色を考えた。
三つの受容体は「R と G」と「Ye と B」の心理四原色と「Bk と W」に対応する。
また、「R と G」、「Ye と B」および「Bk と W」はそれぞれで切り替わる。

（例） 受容体は三つであるが入ってきた色は、
「R と G」受容体からはRまたはGの知覚系に割り振られる。

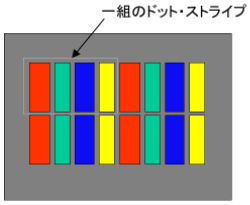


91

4原色ディスプレイ

■四原色テレビの開発（2010年4月）
シャープ㈱、実用化されている3D液晶テレビにおいては、世界初である。
ヘリングの四原色説に基づく技術である。

■これに基づいて開発されたディスプレイの各色のストライプは次のように配置されている。



92

補　足

93

参考　　テレビ画面のサイズ「○○V型」表示

○ CRTの場合は、ブラウン管の表示面の対角の外形を「○○インチ」と表示していたが、表示範囲との関係で正確では無いということで、「○○型」とCRTの対角の外形寸法で表示してきた。

○ しかし、PDPやLCDでは、表示部分の対角の長さで表すこととし、JEITA（2001）で「○○V型」と表示することで統一された。

94

参考　　走査線数750本のハイビジョンテレビ

○ ハイビジョンテレビは、1,080iと750pのテレビをいう。

○ MUSE方式ハイビジョンの有効走査線数は1,035本である。
・ これをCRTで表示する場合は、オーバースキャン（0.9）とケルファクター（0.7）を掛けると約650本となる。

○ デジタルハイビジョンの有効走査線数は1,080本であるから、
・ 同様に計算すると約680本となる。

○ 有効走査線数720pのものは、PDPやLCDはプログレッシブ走査であるから、ケルファクターを除くと約648本となる。

これらから、有効走査線数650本以上の表示能力を持つものを「ハイビジョンテレビ」と定義した。（1999,現JEITA）

95

CIE色度図上の蛍光体

蛍光体	CRT	LCD	PDP	NTSC	HDTV
赤	x=0.64 y=0.35	x=0.69 y=0.275	x=0.65 y=0.35	x=0.67 y=0.33	x=0.640 y=0.330
緑	x=0.32 y=0.61	x=0.20 y=0.70	x=0.22 y=0.68	x=0.21 y=0.71	x=0.300 Y=0.600
青	x=0.14 y=0.07	x=0.15 y=0.06	x=0.14 y=0.09	x=0.14 y=0.08	x=0.150 y=0.060

（NTSC方式は、電波法/RS170A規格を示す。）

	NTSC(C)	HDTV(D_{65})
基準白色	x=0.310,y=0.316	x=0.3127,y=0.3290

96

2006 年（平成 18） デジタル機器サポート養成講座

2007 年（平成 19） 民放連「テレビ技術研修会」

財団法人 NHK放送研修センター

ACTIVE VOL.32 平成18年3月発行

CATV NOW ケーブルテレビ局向け新設

デジタル機器サポート養成講座 2月7日~8日

家電製品のデジタル化が急速に進むなか、ケーブルテレビ局ではデジタル機器の接続や、取り扱いなどの問い合わせが多くなっています。中でもSTB（セットトップボックス）との接続が難しく、説明に苦慮しています。このような状況をふまえ、放送研修センターでは的確な顧客対応を目的に新たに「デジタル機器サポート養成講座」を立ち上げました。研修では、顧客からの幅広い問い合わせに対応できる知識の向上を図るため「家電製品アドバイザー資格」に着目し成功している横浜のYOUテレビ㈱の事例と、さらに各種VDの特徴と使い方、コピーワンスなどDVDレコーダを操作する上で必要な基礎知識を学んだ後、少人数で実際にDVDレコーダの操作方法を実習しました。参加者からは、「お客様から聞かれて分からなかったことを勉強できてよかった」「実際に機器を使うことによりお客様の目線になって体験することが出来た」との感想があり、社内に持ち帰って研修会を開くという局が多くありました。なお、ケーブルテレビ局研修は、今年度新たに、「IPネットワーク技術の基礎と応用」「CATV放送人必須セミナー」を3月に実施します。



財団法人 NHK放送研修センター

ACTIVE VOL.36 平成19年3月発行

民放連「テレビ技術研修会」1月22日~26日

今年で50回目となるこの研修に、全国の民放から30社37人が参加しました。今回までで、約2200社、延べ2700人以上の参加実績となります。

今回は、地上デジタル放送技術を分かりやすく体系的に学べるよう「映像・音声の符号化」「地上デジタル伝送路符号化」「地上デジタルと1セグ放送」を網羅したカリキュラムを組みました。その結果「地上デジタルが始まったこの時期に、デジタル技術や最新の技術動向までを学べた」など好評を得ました。

テレビ放送は、著しい技術革新により、初期のアナログモノクロ時代からデジタルハイビジョンへと進化し、開始から半世紀を越えた現在も更に発展を続けています。今後も時代に適したより効果があがる研修にしていきたいと思います。





2007年（平成19） デジタル測定基礎実習

（テレケーブル新聞）

テレケーブル新聞（2007年4月6日）

デジタル測定基礎実習

2007年3月15,16日実施

NHK−CTI

デジタル測定基礎実習

全国から26名が参加

ケーブルテレビの現場で働く人を対象にした「デジタル測定基礎実習」を、㈶NHK放送研修センター（NHK−CTI）が3月15、16日の2日間、東京都世田谷区の同センターで開いた。従来のアナログ波計測から高度化・複雑化したデジタル波の測定について、知識や操作方法などを身につけてもらうのが狙い。

カリキュラム内容

今回の研修は、直前に行われた「初めてのスペアナとデジタル測定実習」より高度な内容で中級者向け。全国から26人が参加した。カリキュラムは次の通り（カッコ内は講師名と所属）。

【1日目】デジタル信号の基礎（劔持甫氏、NHK−CTI）、▽デジタルTV信号アナライザーを使用した測定実習（川口英氏、リーダー電子㈱）

【2日目】光デジタル信号の測定（神林一郎氏、日本テクトロニクス㈱）▽デジタル障害と実例（松尾建治氏、受信サービス㈱）。

初日の「デジタル信号測定の基礎」では、デジタル放送信号の性質や原理、およびデジタル放送波測定時の注意事項を確認。午後からはいよいよ実習となった。「デジタルTV信号アナライザーの実習」では、アドバンテストのR3466を使い、デジタル放送信号のCN比、BER、妨害波を測定する方法を習得。「シグナルレベルメーターの実習」ではリーダー電子のLF986で、ケーブルテレビでのフィールドメンテナンスや共同住宅などでの測定のノウハウを学んだ。

2日目は座学。「光デジタル信号の測定」では、光ファイバー伝送の基礎と光信号のスペクトル・パワーと信号の質（アイパターン）などの測定を通して光デジタル信号の性質を確認した。

デジタル障害の実例を学ぶ

研修最後の項目は「デジタル障害と実例」。ケーブルテレビやマンションなどで経験するデジタル障害の代表的なものを取り上げ、障害発生のメカニズムと対策方法を学ぶ内容だ。



中級者向け講習には全国から26名が参加

2007 年（平成 19）　民放連主催「テレビ技術研修会」

NHK-CTI,Active 36

2008 年（平成 20）　民放連主催「テレビ技術研修会」

NHK-CTI,Active 40


財団法人 NHK放送研修センター　平成20年3月発行

ACTIVE VOL. 40

担当者から一言

民放連主催「テレビ技術研修会」

2月4日～8日

今年も札幌から南の沖縄まで民放局36社61人が参加しました。入社後２～３年の若手を対象に、テレビジョン技術に関する基礎理論の習得をめざしています。カリキュラムは、「テレビジョン概論」から「H.264／AVCとワンセグ放送」までデジタル放送技術を系統的に学び、キー局見学など活発な交流も行いました。受講生からは、「テレビ技術を幅広く学べ、大変有意義。系列を越えた同年代の技術者との交流が持て大きな収穫だった」など好評でした。放送新時代に向け、若手技術者の大いなる飛躍が期待されます。

SDI測定実習

放送波測定実習


財団法人 NHK放送研修センター

ACTIVE VOL.36 平成19年3月発行

民放連「テレビ技術研修会」1月22日～26日

今年で50回目となるこの研修に、全国の民放から30社37人が参加しました。今回までで、約2200社、延べ2700人以上の参加実績となります。

今回は、地上デジタル放送技術を分かりやすく体系的に学べるよう「映像・音声の符号化」「地上デジタル伝送路符号化」「地上デジタルと1セグ放送」を網羅したカリキュラムを組みました。その結果「地上デジタルが始まったこの時期に、デジタル技術や最新の技術動向までを学べた」など好評を得ました。

テレビ放送は、著しい技術革新により、初期のアナログモノクロ時代からデジタルハイビジョンへと進化し、開始から半世紀を越えた現在も更に発展を続けています。今後も時代に適したより効果があがる研修にしていきたいと思います。

2008 年（平成 20）　よく分かる CATV のデジタル伝送

2008 年（平成 20）　初めてのスペアナとデジタル測定

NHK-CTI,Active 42

財団法人 NHK放送研修センター　平成 20 年 8 月発行

ACTIVE VOL. 42

CATV伝送技術コース「よく分かるCATVのデジタル伝送」 7月8日～9日



この研修は、「新しくデジタルCATVの仕事にとりくむ」「基礎技術を身につけたい」技術担当者を対象に(社)日本CATV技術協会と共催で長年実施しています。デジタル放送技術の基礎、CATV特有のトラモジ方式の伝送実験、またデジタルCATVの導入と運用に役立つ基本技術をマスターすることを目的としています。受講者は新しい技術に戸惑いながらも、実習中心の研修に熱心に取り組んでいました。

「すぐ使える光CATV」研修 7月16日～17日



CATVの設計・施工・保守管理を担当している技術者を対象に、「すぐ使える光CATV」研修を7月16日～17日の2日間で行いました。

すぐに現場で使えることを目的に実習を重点に置き、光ケーブルの接続、光伝送システムの信号測定技術について参加した一人ひとりが熱心に取り組んでいました。

受講者からは「意外と扱いやすいことがわかり、早速、現場で活かしていきたい」と好評でした。



CATV伝送技術コース「初めてのスペアナとデジタル測定」 7月24日～25日

放送のデジタル化に伴い、従来のアナログ信号とは違ったスペクトラムアナライザ（スペアナ）による信号の管理が大切となっています。この研修では、CATV等の設計・施工・保守管理に携わる技術者にスペアナを飾り物にしないためにも、スペアナを自分の手足として活用出来るようなノウハウを習得することを目的としています。受講者は、新しい測定器を自分のものにするために、特に実習に熱心に取り組み、手ごたえを感じているようでした。この研修は(社)日本CATV技術協会との共催で実施しています。

2008 年（平成 20） よくわかる CATV のデジタル伝送（記事）

（月間)衛星&ケーブルテレビ）

衛星 & ケーブルテレビ 2008 年 8 月

2008 年 7 月 16, 17 日実施

トピックス

NHK−CTI ケーブルテレビ関連研修

㈳日本CATV技術協会と㈶NHK放送研修センター（NHK−CTI）は共催で、東京・世田谷区のNHK放送研修センターにおいて、「平成20年度ケーブルテレビ研修・伝送技術コース」を実施している。7月8、9日には「よく分かるCATVのデジタル伝送」、7月16、17日には「すぐ使える光CATV」を開催した。

「よく分かるCATVのデジタル伝送」



実際の測定機器を前に、説明に聞き入る受講生

— 28 —

2008 年（平成 20） 初めてのスペアナとデジタル測定実習

(月間)衛星&ケーブルテレビ)



トピックス

NHK−CTI研修

2008年2月21,22日実施

「初めてのスペアナとデジタル測定実習」

スペクトラムアナライザー（以下、スペアナ）の使い方やデジタル信号の測定方法を習得するもので、初日はまず、「スペアナの取り扱い」について㈱アドバンテストの矢上重男氏が講義をした。

矢上氏は、「スペアナとは、目に見えない電気信号を目で確認できる測定器」と説明し、各種測定器の中でのスペアナの位置づけなどを述べた。

続けて同氏は、オシロスコープとスペアナの違いなどを説明した後、最新のスペアナのBLOCK図を表示し、「最新のスペアナは、IF部分をデジタル化することにより、測定確度の向上や、機能向上がなされている。特に『ZERO SPAN』におけるデジタルデータの取得から各種デジタル変調解析などが可能になっている」と述べた。

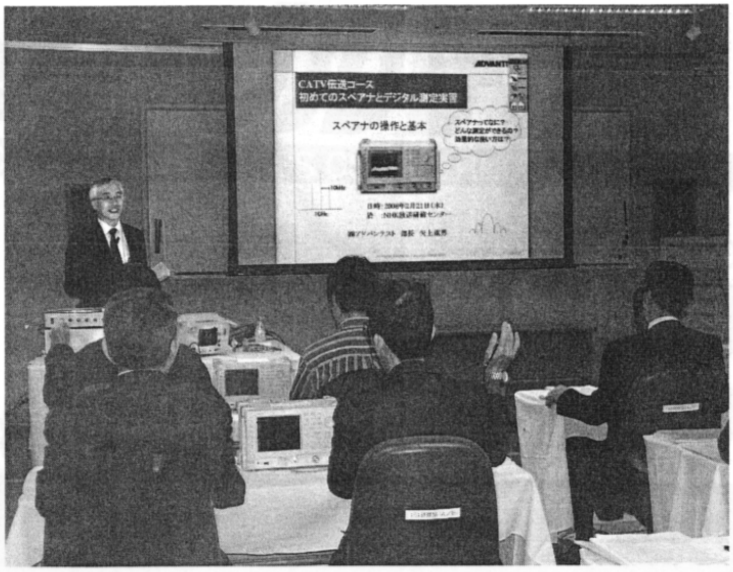
続いて、「基本測定」についてNHK−CTI研修事業部の劔持甫氏が登壇した。



矢上重男氏



劔持甫氏



スペアナにじかに触れ技術力を高めた

同氏は、スペアナの基本設定の手順について、「まず中心周波数、表示周波数幅の設定をする。次に基準レベルと縦軸目盛りの設定をして、分解能帯域幅と掃引時間の設定をする。最後に各種機能の設定をして、測定と観測に入る」と述べた。

同氏は続けて、VA比の測定やレベル差の測定など、詳細な測定手順を説明した。

2日目には、「デジタルシステムの測定」についてNHK技術局送信・視聴者技術センターの外塚英明氏が、CATV施設の信号電力やCN比の詳細測定などを講義した。

その後、「HE・伝送路の測定」というテーマでミハル通信㈱の鎌形洋行氏、牧内満氏からデジタルとアナログ混在時の調整などについて説明があった。

最後に、「障害とコンスタレーションの観測」と「流合雑音の測定」について、NHK−CTI研修事業部の劔持甫氏が講義した。(Y)

2008 年（平成 20） デジタル測定基礎実習（B5,p50-51）

（月間）衛星＆ケーブルテレビ



衛星＆ケーブルテレビ　2009年1月

トピックス

2008年11月27,28日実施

NHK−CTIケーブルテレビ関連研修

11月27日、28日の両日、㈶NHK放送研修センター（NHK−CTI）は㈳日本CATV技術協会と共催で、東京・世田谷区のNHK放送研修センターにおいて、CATV伝送技術コース「デジタル測定基礎実習」を実施した。2日間で全5つの研修が行われ、業界各社の技術担当者など20名が参加した。

デジタル測定基礎実習

デジタル信号測定の基礎


劔持甫氏

27日午前、「デジタル信号測定の基礎」研修では、㈶NHK放送研修センター特別専門委員の劔持甫氏が講師を務めた。

はじめに、アナログ放送からデジタル放送の時代を迎えるまでの歴史が示された。1925年にラジオ放送開始、1953年の白黒テレビ放送、1960年のカラーテレビ放送開始を経て、2000年にはBSデジタル放送、2003年には地上デジタル放送が開始した。これらの変遷を説明した劔持氏は、「いまの放送業界においては2011年7月24日の地上アナログ放送終了が、最も重要なキーワードである」と続けた。

統合デジタル放送において、日本ではISDB方式を採用している。同方式には、①ISDB−S（衛星用）、②ISDB−T（地上波用）、③ISDB−C（CATV用）、などの種類がある。世界を見てみると、当初ISDBは日本だけの方式だったが、ブラジルがこれを採用し、またアルゼンチンでも採用の見込みとなり、日本の方式が世界に広まりつつある。

テレビ電波には映像搬送波、色副搬送波、音声搬送波などの3種類があるが、放送局が色副搬送波を送る際は、その成分のみを送り、受信側のテレビがこれを受けて色搬送波を再度作り出す。テレビの中にあるクリスタルの発信機が、受信した成分を合成して色を再現する仕組みなどが紹介された。また劔持氏は、1つの帯域内は先の3つの電波で構成されるが、これ以外の電波があった場合、混信の疑いがあることを説明した。

放送のデジタル化には、①誤り訂正技術

②符号化技術③多重化技術―という3つの主な技術が用いられており、これらの技術がICの低廉化・高機能を実現した。劔持氏は、「技術の開発には時間を要するが、ICは一度設計すれば、大量生産が可能である」とその特性についてふれた。



研修には技術担当者など20名が参加

デジタル映像信号のデータ量は、SDTVの場合270Mbps（約6～8Mbpsに削減）、HDTVの場合1485Mbps（約20Mbpsに削減）。またハイビジョンは、標準放送より約5倍の情報量を有する。劔持氏は、「ヨーロッパなど方式が異なる国の映像を日本で放送する場合、方式変換が必要である」と述べた。

カメラが撮影する映像を100％とすると、人間が肉眼で映像を見る際に100％ものデータは不要である。したがって、人間の視覚では認識できないような余分なデータは削除される。

次に映像データの圧縮方式の1つ、MPEG2について、「可逆符号化」「不可逆符号化」の特性が紹介された。MPEG4－AVC、H.264は、それぞれISOとITU－T（国際電気通信連合電気通信標準化部門）が標準化したため別の名称を使用しているが、同じ内容を表す。

デジタル放送が開始した時には、圧縮率が高く、ワンセグなどに使用されるMPEG2の方式しかなかった。MPEG4－AVC／H.264の技術が生まれたのがデジタル放送開始から数年後だったため、現在もMPEG2が使用されている。

劔持氏は、「放送方式は一度決定してしまうと受像機、関連機器などすべてを取り換えなければならないため、新方式を採用するのに混乱を招く。したがって、全く異なるものが生まれるまで方式を変えることは難しい。新方式はワンセグ放送の開始に間に合って採用されたため、MPEG2と比較してワンセグの映像は良くなった」と話した。

続いて高能率符号化の流れ、①予測符号化（時間的冗長性の削減）、②返還符号化（DCT変換）、③量子化（資格的冗長性の削減）、④可変長符号化（統計的冗長性の削除、エントロピーの冗長性の削減）について説明が行われた。

地デジの中には遅延波を改善するための仕組み、ガードインターバルが組み込まれており、かなり長時間の遅延をカバーすることができる。また、復調期間をある程度検出して前後に動かすような機能を持つテレビも開発されている。このため、かなりひどい遅延でも直すことができるという。

次に、スペアナの仕組みとして「周波数軸と時間軸（振幅変調）」「測定信号の分解から管面表示までの概念」などの説明が行われた。

スペアナは、誤った設定などをしてしまうと修理に時間がかかるため、2週間から1カ月程度は使用できなくなってしまう。さらに劔持氏は、75Ωの入力のスペアナに50Ωの変換器を装着すると、コネクターのセンターピンが破損するため、重ねて注意するよう呼びかけた。

デジタル測定器を使用した測定実習

▷デジタル放送信号アナライザー

1日目の午後は、2つのグループに分かれ

2008 年（平成 20）初めてのスペアナとデジタル測定実習

テレケーブル新聞

ース
測定研修

修センター（NHK-CTI）CATV伝送技術コース「初日が参加した。

を理解号をそのまま流す「パススルー伝送方式」、チャンネルの周波数帯や変調方式を変える「トランスモジュレーション方式」が用いられている。現在主流なのが、地上波デジタルにはパススルー方式、BSデジタルには64QAMに変換して流すトランスモジュレーション方式である。BSの場合、パススルー方式を用いるとかなりのチャンネル数を確保しなければならないため、トランスモジュレーション方式が取られていると説明した。

外塚氏は、CN比が搬送波レベル（C）とノイズ・レベル（N）の測定によって得られた値から算出する（CN比＝C－N）ことを説明。続いてノイズレベルを変動させてCN比を求める実習が行われ、ノイズ電力（スペアナに信号を入力したときのノイズレベル）とフロアーノイズ（スペアナ入力を終端して測定）の差が17dB位あれば、フロアーノイズによる誤差が0・1dB以内となることなどが確認された。

ヘッドエンド、伝送路の測定

続いて、ミハル通信㈱広域営業部技術部部長の鎌形洋行氏、同技術部課長の牧内満氏が講師を務め、「ヘッドエンド、伝送路の測定」について研修を行い、CATV伝送システムにおけるデジタル／アナログ信号の測定を実習した。



牧内満氏



「ヘッドエンド、伝送路の測定」研修



鎌形洋行氏

初めに竹内氏がヘッドエンド装置を構成する各機器の説明を行った後、アナログTV信号を実際に測定した。その注意点として、アナログの場合「映像搬送波のピークを測定する必要がある」ことが示された。またOFDM信号アナライザーによる測定においては、SPAN、RBW、VBWなど、推奨されたスペアナの設定値を示したうえで、測定が行われた。OFDM信号アナライザーの中心周波数を変調波形の中心周波数に設定し、レベル単位はdBμV表示とする、表示された搬送波平均値レベルを測定する、などの説明が同時に行われた。

続いて鎌形氏が幹線増幅器について説明し、大手CATV会社の電波を測定する実習が行われた。CATV用のチャンネル別周波数は、地デジ（OFDM）のパススルーはUHF帯（TVバンド）、BS（トラモジ）がスーパーハイバンド、DOCSISがミッドバンドの低周波数帯域が使用されている。このCATV会社ではDOCSIS3・0を導入しているが、周波数に空きがないため現在1チャンネルしか放送していない。アナログが停波すれば、〝空き〟を使用してチャンネルを増やすことができると解説した。

ケーブルは温度によって影響を受けやすく、その伝送損失が異なってくる。夏場など温度が上昇するとケーブルロスは大きくなり、入力レベルが低下しアンプのゲインが高くなる。反対に冬場は入力レベルが上がりゲインが抑制される。鎌形氏は1度当たり約0・2%の変動があることを示した。このためケーブル減衰量の変化に応じて幹線増幅器の利得を自動制御するAGC（Automatic Gain Control）回路が設けられている。しかし入力レベルが大幅に変化した場合はAGCが有効に動作しないため、システムの設計・調整時に注意する必要があることが示された。

デジタル波と障害の観測



劒持甫氏

「デジタル波と障害の観測」実習で講師を務めたのは㈱NHK放送研修センター研修事業部特別専門委員・劒持甫氏。電波障害の種類には、パルス障害、相互変調（IM）と混変調（XM）、ビート障害などがあげられる。劒持氏は、デジタル放送におけるマルチパス障害について説明。アナログ放送で電波障害が発生した場合は画面に斜めの線が出るが、デジタル放送の場合はブロックノイズが生じ、画面症状から障害の原因が何かという推察ができない。そのためデジタル信号をアナライザーで解析して原因を調査する必要があると説明。それらの説明の後、スペクトルアナライザーを使用してCNやパルス雑音、増幅器のIM・XMなどの測定が行われた。放送における誤り訂正技術の重要性が示され、実習では誤り訂正をかけた場合、かけない場合の測定値を比較した。

引き続き、劒持氏が「流合雑音」の研修の講師も務め、流合雑音の種類として①ランダム雑音、②インパルス性雑音、③無線波、の具体例をあげ、その内容と測定方法を詳しく説明した。この他にも無数の雑音が存在し、それらが少しずつ合成されて大きな問題になると解説。流合雑音の測定には、発生時間帯、発生間隔、時期、波形など、総合的な分析が重要であることが示された。

なお、1日目の24日に行われた研修内容は以下のとおり。「スペアナの取り扱い」（各種測定器の中でのスペアナの位置づけ、注意事項等）講師：ローデシュワルツ・ジャパン㈱テクニカルセンターシニアエンジニア・原田博史氏、「基本測定」（各種キーの働き、校正、テレビ電波［デジタル波］の測定）講師：NHK－CTI研修事業部特別専門委員・劒持甫氏。

（M）

テレケーブル新聞　2008 年 8 月 8 日

初めてのスペアナデジタル測定研修

2008 年 7 月 24, 25 日実施

2009年（平成21） CATVデジタル機器サポート養成講座

テレケーブル新聞

テレケーブル〈TELE-CABLE〉 第1700号 （6）
（昭和49年10月5日 第三種郵便物認可）
2009.2

NHK-CTI

基礎と最新動向を講義

CATVデジタル機器サポート養成講座

2月5日、6日の2日間、㈶NHK放送研修センター（NHK-CTI）は、東京・世田谷区のNHK放送研修センターにおいて、ケーブルテレビ「デジタル機器サポート養成講座」を開催した。デジタル放送の基礎と最新動向などの講義のほか、ケーブルテレビ局に問い合わせの多いDVDの接続方法に関する実習も行われた。各局から顧客対応や技術的な業務にかかわる担当者らが参加した。



DVDの基礎

2日目の講座では、NHK-CTI特別専門委員の劍持甫氏が講師を務めた。午前中は主に「DVDの基礎」に関する講義、午後には実習が行われた。

DVDはDigital Versatile Diskの略で、「Versatile」は"多用途"の意。DVDが普及する以前に主流だったVHSは、現在、国内での生産をほぼ終了している。VHSに録画した番組は、VHS機器が破損すればもはや視聴できなくなってしまうため、DVDなどにダビングしておく必要がある。

録画機器の種類は、アナログがVHSレコーダー、W-VHSレコーダー、VHSプレーヤー、デジタルはD-VHSレコーダー、DVDレコーダー、HDD&DVDレコーダー、HDDレコーダー、DVDプレーヤー、BD（ブルーレイ）レコーダーに分類される。



劍持甫氏

劍持氏は、「最近はBDが主流になってきている。しかし、将来的にはおそらくBDもなくなり、低価格化、大容量化している半導体メモリーに移行していくのではないか。業務用機器なども半導体メモリーに変わりつつある」と話した。

続いて、テープ記録とDVD記録の違いについて、次のような説明が行われた。テープ録画（VHS等）の場合は、テープの最初から順番に番組を録画していく。したがって再生する場合もテープの最初から内容を確認して再生する必要がある。一方、DVD録画の場合、複数の番組を録画するとき、ディスク内の空いている場所を自動的に探査して録画する。また、頭出しの場所（チャプター）を自動的に作成するので、目的の番組を直ちに再生することができる。

DVD、BDの種類は用途別に、DVD-R、BD-R、DVD+R（録画用、PCデータ用）、DVD-RW、DVD+RW（録画用、PCデータ用／書き換え可能）、DVD-RAM、BD-RE（録画用、PCデータ用）、DVD-ROM、BD-ROM（再生専用）に分類される。DVDの記録容量は、片面一層4.7GB、片面二層DL（Double Layer）8.5GB、両面9.4GB、BDの記録容量は片面一層25GB、片面二層DL50GB。

劍持氏は、DVDの「一（マイナス）規格」、「＋（プラス）規格」について、「基本的な仕組みは同様だが、録画はそれぞれの規格に対応した機器が必要。再生は一部例外を除き、相互の機器で可能である」と説明した。

さらに、規格の説明が次のように示された。DVD-ROM（Read Only Memory）は読み出し専用のDVDで、市販のDVDソフトやコンピューター用のソフトウエアの記録に利用されている。DVD-R／DVD+R（DVD Recordable）は、一度だけ書き込み可能、また空きスペースには後から追加して記録可能で、どのDVDでも再生できる互換性を持つ。

DVD-RW／DVD+RW、DVD-RAMにはCPRMというコピー制御方式が組み込まれる。CPRMは、Content Protection for Recordable Mediaの略。CPRM対応ディスクは、著作権料が含まれているため非対応のディスクよりやや高価である。

DVDの表面は1㎜弱のダミー層で覆われ保護されている。表面に指紋が付着したりすると、レーザー光が乱反射してきれいに再生できなくなってしまう。その場合、このダミー層を研磨すれば再度読み取ることができるようになる。劍持氏は、「データは円周状に記録されているので、円の中心から外向きに放射線状に磨くのがよい」と話した。また、その他の…点として「DVDの…に油性のペンで文字…くのは避けた方がよ…ペンの油がディスク…射層に影響し、記録…きなくなる。ボール…などで力を入れて書…為も、ディスクを物…に痛める原因。DV…用のペンも市販され…る」などと説明した。

DVDの記録と再…仕組みとして、①レ…ー光で記録層を変化…てデータを記録する…記録層の変化は、「…化方式」で行う、③…化により固定された…と非結晶の記録層は…折率が異なる。これ…用してレーザー光を…し、その反射光を検…ることでデータを読…

テレケーブル新聞 2009年2月27日

CATVデジタル機器サポート養成講座

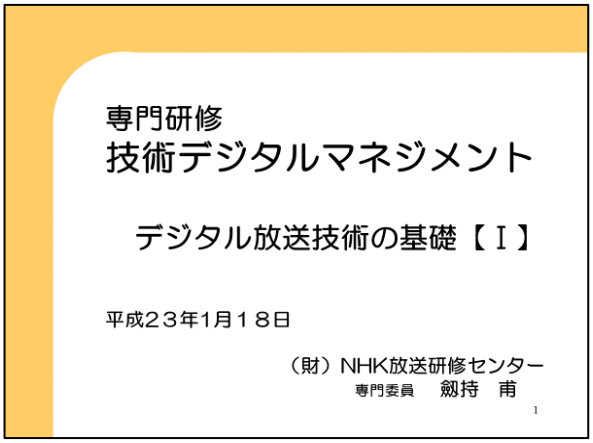
2009年2月5,6日実施

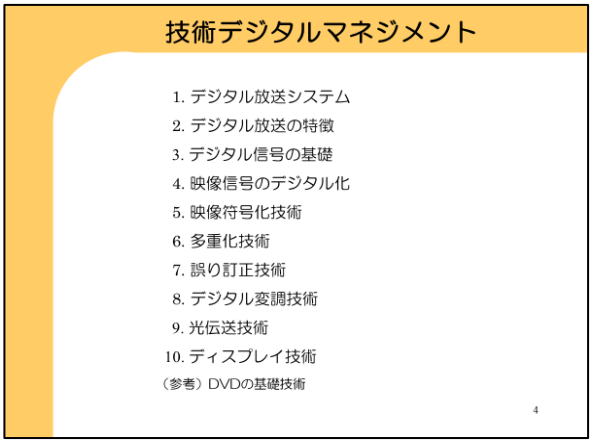
実習でレコーダー裏側の端子を確認する受講生

2009 年（平成 21）～2011 年（平成 23） 技術デジタルマネジメント（ppt.p174）

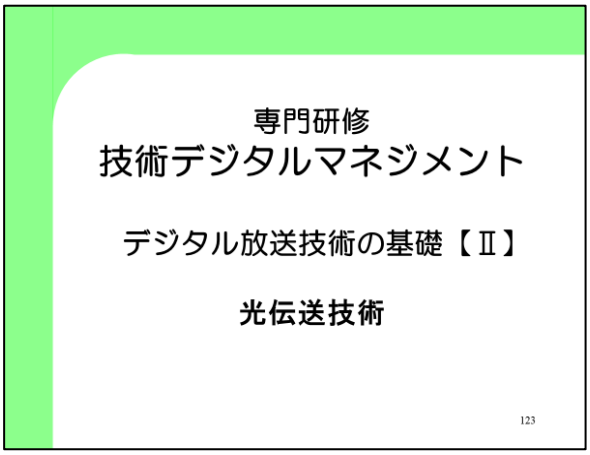
1．デジタル放送システム

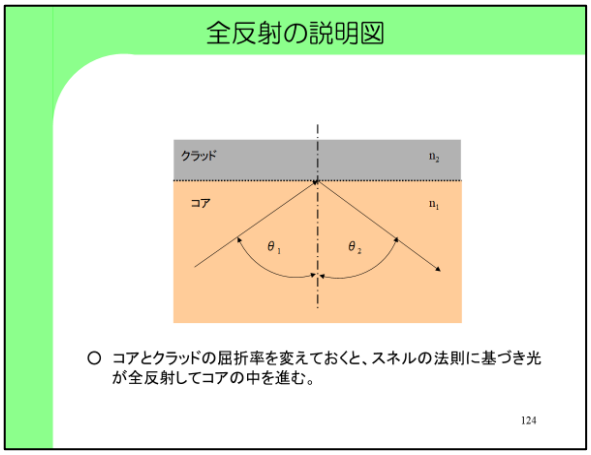
これらの内容は、受講対象が異なるために、2002 年作成の「デジタル信号の基礎」および 2005 年作成の「ディスプレイ技術」の内容を更新して使用しました。

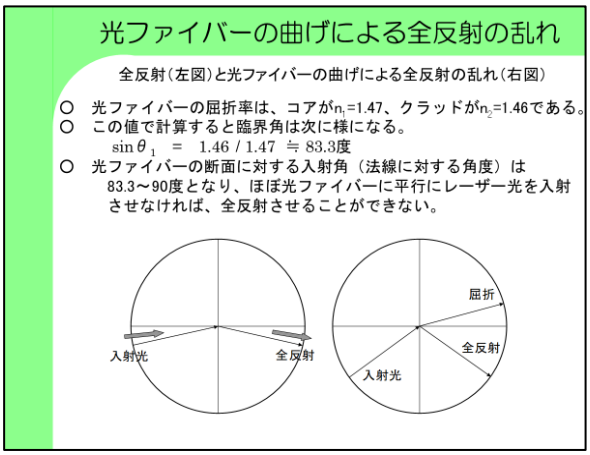


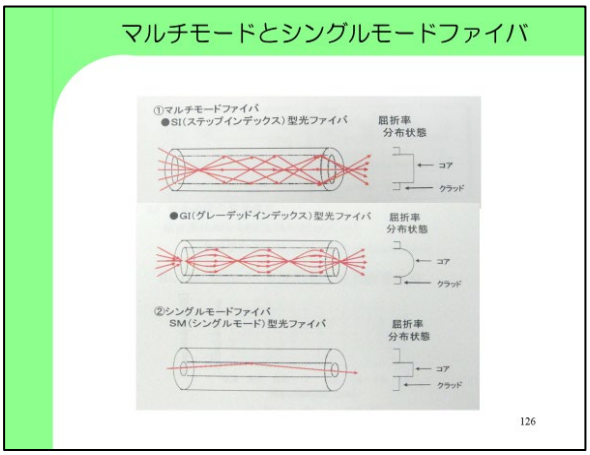


2．光伝送技術

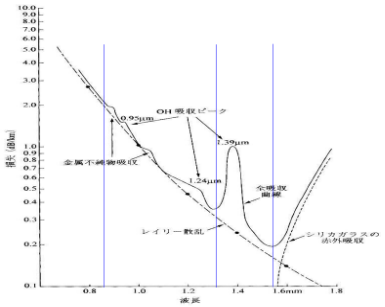






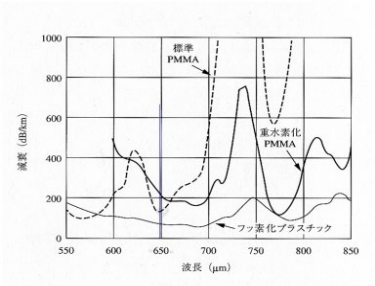


光の吸収（第１、２、３の窓）



127

プラスチックファイバーの伝送損失



128

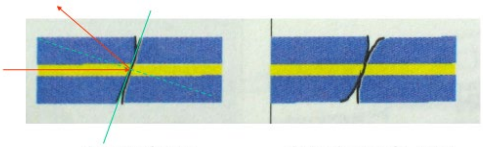
光コネクターの種類



（左：FC型と先端保護カバー　　右：SC型と先端保護カバーと心線カバー）

129

端面研磨の種類



斜め研磨：PC　　斜め球面研磨：APC

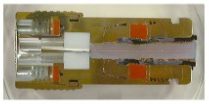
130

50Ω・75ΩのBNCコネクタ

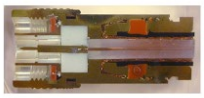
- 同軸コネクタは、最初にN形が開発（Bell Lab.　P.Neill）され、その後、C形、BNC形が改良を加えられ開発された。
- BNC（Bayonet Neill-Concelman）コネクタには50Ω形と75Ω形がある。
- BNCコネクタは、同軸ケーブルの特性インピーダンス（50Ω）に合わせた50Ω形が開発された。
- その後、低損失での信号伝送を行う場合には、特性インピーダンス75Ωの方が有利なためBNCコネクタにも75Ωものが製作されている。
- 一般的には、高周波で電力を扱う機器では50Ω系が、比較的低い周波数帯で微弱な信号を扱う機器では75Ω系が使用されている。
- なお、BNC（50Ω）コネクタに75Ω同軸ケーブルを使用した場合は200MHz以下の周波数で使用することとコメントされている。

131

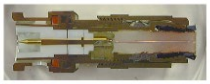
同軸コネクタの構造



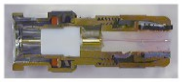
N型（50Ω）
芯線　ハンダ付け
外部導体　ねじ込み



NC型（75Ω）
芯線　ハンダ付け
外部導体　ねじ込み



BNC型（50Ω）
芯線　ハンダ付け
外部導体　ねじ込み



BNC型（75Ω）
芯線　ハンダ付け
外部導体　ねじ込み

132

高周波同軸コネクタの規格

JIS規格の同軸コネクタ

規格番号	形名（旧形名）	公称Z_0（Ω）	定格周波数
JIS C 5411	C01（N）	50	10 GHz以下
JIS C 5412	C02（BNC）	50	4 GHz以下
JIS C 5413	C03（C）	50	10 GHz以下
JIS C 5414	C04（HN）	50	3 GHz以下
JIS C 5415	C05（超小型）	50	500 MHz以下
JIS C 5419	C11（M）	非整合	200 MHz以下

JIS規格以外の同軸コネクタ

規格番号	形名	公称Z_0（Ω）	定格周波数
IEC 169-16	NC	75	2 GHz以下
RC-5233	BNC	75	2.4GHz以下
RC-5220A	C12	75	890MHz以下
RC-5223A	C15	75	2,150MHz以下

133

3.ディスプレイ技術

専門研修
技術デジタルマネジメント

デジタル放送技術の基礎【Ⅲ】

ディスプレイ技術

135

4．DVD の基礎技術

技術デジタルマネジメント

参　考

DVDの基礎技術

177

DVDの種類

（用途別による分類）

種類	用途
DVD-R,BD-R DVD+R	録画用，PCデータ用
DVD-RW DVD+RW	録画用，PCデータ用
DVD-RAM ,BD-RE	録画用，PCデータ用
DVD-ROM,BD-ROM	再生専用

178

DVD記録

（DVDの記録容量）

記録方法	記録容量
片面1層	4.7 GB
片面2層DL(Duble Layer)	8.5 GB
両　面	9.4 GB

（BDの記録容量）

記録方法	記録容量
片面1層	25 GB
片面2層DL(Duble Layer)	50 GB

179

DVDの規格

○ 「−（マイナス）」規格　DVD−R、DVD−RW
DVDフォーラム（DVD規格の制定や規格の普及促進を図る組織）で策定

○ 「+（プラス）」規格　DVD+R、DVD+RW
DVD+RWアライアンス（DVD+RWフォーマットを推進する任意団体）で策定

・ 基本的な仕組みは同様である。録画は、それぞれの規格に対応した機器が必要となる。ただし、再生は相互の機器で可能である。（再生できない機種もある。）

180

DVD記録

（光ディスクの記録形態による分類）

○ DVDは、レーザー光の照射による温度変化で記録層の媒体の性質を変化させ、デジタル信号を記録している。

記録形態	記録相の変化	ディスク
追記型	色　素	DVD±R ,DVD±RW BD-R
書換型	相変化	DVD-RAM,BD-RE

181

DVDの種類

（記録方法）



182

DVD記録

（DVDとBDの比較）

	レーザー	トラックピッチ	光スポット	記録位置（記録面からの深さ）
CD/DVD	赤色 650nm	1	1	0.6mm
BD	青紫 405nm	1/2	1/5	0.1mm

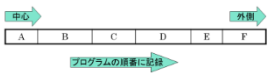
183

DVD録画

（ビデオモードとVRモード）

ビデオモード(Video mode)

○ DVDビデオは、DVDディスクの中心から外側に向かって順番に記録する。



○ DVDビデオ規格に合った記録方式で、市販DVDビデオと同一なため、互換性が高い。
○ ただし、一度記録すると後から編集できない。

184

DVD録画

（コピーワンス→ダビング10）

○ BS／地上デジタルテレビ放送に、「1回だけ録画可能」なコピー制御信号が付加された。（2004年6月5日～）
・ デジタル放送はアナログ放送と異なり、何回コピーしても　画質が劣化しないため、高画質のDVDが簡単に複製して　好ましくない。

○ このため、著作権保護を目的に、一回に限り移動を認める「コピーワンス（Copy Once）」の信号（CPRM）が付加された。
・ これにより、デジタル放送をデジタル録画した場合は、他のデジタル機器にはダビングすることはできない。（アナログ放送は従来通り、録画可能）

○ 「ダビング10」の採用：1回限りの移動では不都合が多く、複数回のコピーの要望が多いことから、10回まで可能とした。（2008年6月～）
・ コピーワンスの機器は、一部を除いてダビング10には対応しない。

187

BDとHD-DVD

	BD 松下（DMR-BW900）	BD ソニー（BDZ-X90）	HD-DVD 東芝（RD-A301）
録画方式	MPEG4 AVC4 1920×1080 （地デジ　1440×1080）	MPEG4 AVC4 1440×1080	MPEG4 AVC4 1920×1080
録画時間 （専用ディスク）	HD録画　4時間 （約13Mbps max）	HD録画　3時間10分 （15Mbps max）	HD録画　1時間49分 （17Mbps max）
現行DVDへのHD録画	42分	不可	30分
互換性	録画　→　再生・不可 再生・可　←　録画		自己・録画のみ

189

DVD録画

ダビング10番組の録画

メディア	録画モード	コピーワンス対応	ファイナライズ	コメント
DVD-RAM	VR	CPRM対応ディスク （その他は不可）	不要	
DVD-RW	VR	CPRM対応ディスク （その他は不可）	不要	販売時はVideoモードになっているので、VRモードにフォーマットして使用する。 （VRとVideoの混在フォーマットは不可） （ファイナライズ後も解除できる。）
	Video	不可	必要	
DVD-R	VR	CPRM対応ディスク （その他は不可）	必要	販売時はVideoモードになっているので、VRモードにフォーマットして使用する。 （VRとVideoの混在フォーマットは不可） （ファイナライズ後は解除できない。）
	Video	不可	必要	
DL	Video	不可	必要	

188

JP 4567912 B2 2010.10.27

(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第4567912号
(P4567912)

(45)発行日 平成22年10月27日(2010.10.27)　(24)登録日 平成22年8月13日(2010.8.13)

(51)Int.Cl.　F I
H04N 7/16 (2006.01)　H04N 7/16 Z
H04N 5/38 (2006.01)　H04N 5/38
H04N 7/173 (2006.01)　H04N 7/173 610Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2001-159158 (P2001-159158)
(22)出願日 平成13年5月28日 (2001.5.28)
(65)公開番号 特開2002-354440 (P2002-354440A)
(43)公開日 平成14年12月6日 (2002.12.6)
審査請求日 平成20年4月2日 (2008.4.2)

(73)特許権者 000113665
マスプロ電工株式会社
愛知県日進市浅田町上納８０番地
(73)特許権者 000004352
日本放送協会
東京都渋谷区神南２丁目２番１号
(74)代理人 100082500
弁理士 足立 勉
(72)発明者 飯持 甫
東京都渋谷区神南２－２－１ 日本放送協会内
(72)発明者 松田 充登
東京都渋谷区神南２－２－１ 日本放送協会内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】データ放送用ヘッドエンド装置及びＣＡＴＶシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数のコンテンツからなるデータ放送を行う放送局からの放送信号を受信し、該放送信号の中から前記コンテンツの一つを選局・復調して、テレビ表示用の画像信号を生成する受信手段と、

該受信手段にて生成された画像信号を所定チャンネルのＣＡＴＶ用伝送信号に変換する変調手段と、

を備え、該変調手段からのＣＡＴＶ用伝送信号を他チャンネルのＣＡＴＶ用伝送信号と共にＣＡＴＶシステムの伝送線上に送出するデータ放送用ヘッドエンド装置であって、

所定周期で動作し、前記受信手段が受信した前記放送局からの放送信号の中から、現在放送中のコンテンツの種別を表す種別情報及び各コンテンツを指定するのに必要な受信機操作情報を取得するデータ放送情報取得手段と、

該データ放送情報取得手段が取得した前記各コンテンツの種別情報及び受信機操作情報に基づき、前記受信手段に予め設定された特定コンテンツを選局・復調させるのに必要な制御データを生成する制御データ生成手段と、

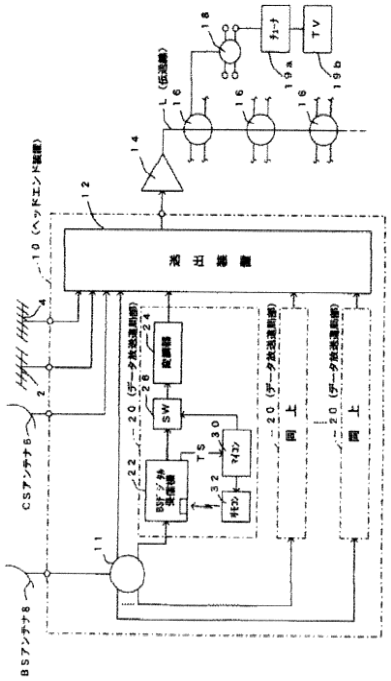
該制御データ生成手段にて生成された制御データに基づき前記受信手段を制御することにより、前記受信手段に前記特定コンテンツを選局・復調させる受信制御手段と、

を備えたことを特徴とするデータ放送用ヘッドエンド装置。

【請求項２】

前記データ放送情報取得手段が前記各コンテンツの種別情報及び受信機操作情報を取得す

【図１】



【図２】

（ａ）

リモコン操作－アイコン・情報選択　選移データ

		アクション						
		↑	↓	←	→	データ	決定	戻る
現在選択中のアイコン	テレビ					K1		
	K1		K2			テレビ	K4	
	K2	K1			K3	テレビ	K7	
	K3			K2		テレビ	情報G	
	K4		K5			テレビ	情報A	K1
	K5	K4	K6			テレビ	情報B	K1
	K6	K5				テレビ	情報C	K1
	K7				K8	テレビ	情報D	K2
	K8			K7	K9	テレビ	情報E	K2
	K9			K8		テレビ	情報F	K2
現在表示中の情報	情報A					テレビ		K4
	情報B					テレビ		K5
	情報C					テレビ		K6
	情報D					テレビ		K7
	情報E					テレビ		K8
	情報F					テレビ		K9
	情報G					テレビ		K3

（ｂ）

アイコン－情報名　対応データ

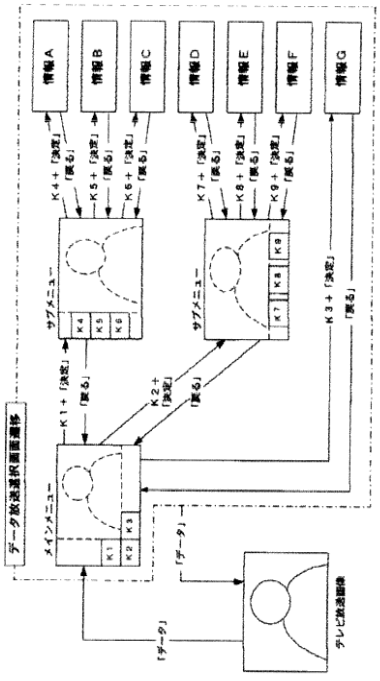
メインメニュー

アイコン	情報名
K1	ニュース
K2	気象情報
K3	スポーツ

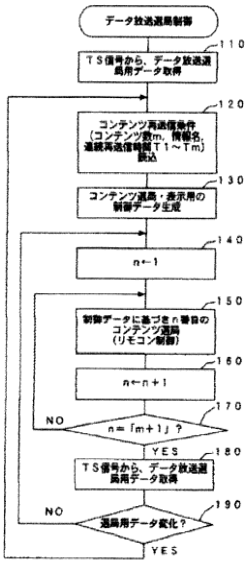
サブメニュー

アイコン	情報名
K4	政治・経済
K5	社会
K6	国際
K7	全国の天気
K8	全国の気温
K9	各地の天気

【図３】



【図４】



JP 4625203 B2 2011.2.2

(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4625203号
(P4625203)

(45)発行日　平成23年2月2日(2011.2.2)　(24)登録日　平成22年11月12日(2010.11.12)

(51)Int.Cl.			F I		
H04N	7/16	(2011.01)	H04N	7/16	A
H04N	5/00	(2011.01)	H04N	5/00	B

請求項の数 6　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2001-159159 (P2001-159159)
(22)出願日　平成13年5月28日 (2001.5.28)
(65)公開番号　特開2002-354437 (P2002-354437A)
(43)公開日　平成14年12月6日 (2002.12.6)
審査請求日　平成20年4月2日 (2008.4.2)

(73)特許権者　000113665
マスプロ電工株式会社
愛知県日進市浅田町上納８０番地
(73)特許権者　000004352
日本放送協会
東京都渋谷区神南２丁目２番１号
(74)代理人　100082500
弁理士　足立　勉
(72)発明者　飯持　甫
東京都渋谷区神南２－２－１　日本放送協会内
(72)発明者　松田　充登
東京都渋谷区神南２－２－１　日本放送協会内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】データ放送用ヘッドエンド装置及びＣＡＴＶシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数のコンテンツからなるデータ放送を行う放送局からの放送信号を受信し、該放送信号の中から前記コンテンツの一つを選局・復調して、テレビ表示用の画像信号を生成する受信手段と、

該受信手段にて生成された画像信号を所定チャンネルのＣＡＴＶ用伝送信号に変換する変調手段と、

を備え、該変調手段からのＣＡＴＶ用伝送信号を他チャンネルのＣＡＴＶ用伝送信号と共にＣＡＴＶシステムの伝送線上に送出するデータ放送用ヘッドエンド装置であって、

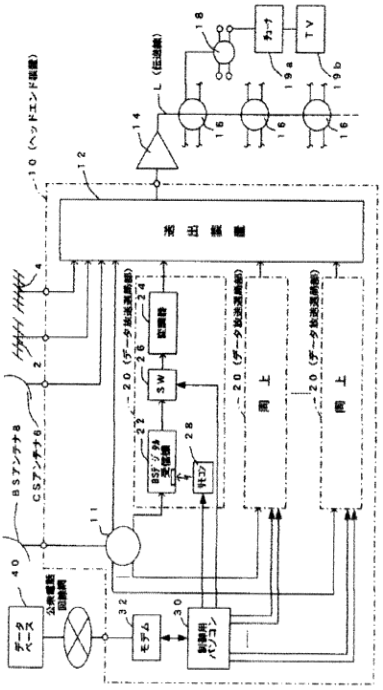
前記受信手段が放送信号を受信する放送局が現在放送しているコンテンツの種別を表す種別情報及び各コンテンツを指定するのに必要な受信機操作情報を保有する外部の放送内容提供装置に、所定の通信回線を利用して周期的にアクセスし、該放送内容提供装置から、前記受信手段が放送信号を受信する放送局が現在放送しているデータ放送中の各コンテンツの種別情報及び受信機操作情報を取得するデータ放送情報取得手段と、

該データ放送情報取得手段が取得した前記各コンテンツの種別情報及び受信機操作情報に基づき、前記受信手段に予め設定された特定コンテンツを選局・復調させるのに必要な制御データを生成する制御データ生成手段と、

該制御データ生成手段にて生成された制御データに基づき前記受信手段を制御することにより、前記受信手段に前記特定コンテンツを選局・復調させる受信制御手段と、

を備えたことを特徴とするデータ放送用ヘッドエンド装置。

【図１】



【図２】

（ａ）

リモコン操作－アイコン・情報選択　選移データ

		アクション						
		↑	↓	←	→	↑→	決定	戻る
現在選択中のアイコン	テレビ					K1		
	K1		K2			テレビ	K4	
	K2	K1			K3	テレビ	K7	
	K3			K2		テレビ	情報G	
	K4		K5			テレビ	情報A	K1
	K5	K4	K6			テレビ	情報B	K1
	K6	K5				テレビ	情報C	K1
	K7				K8	テレビ	情報D	K2
	K8			K7	K9	テレビ	情報E	K2
	K9			K8		テレビ	情報F	K2
現在表示中の情報	情報A					テレビ		K4
	情報B					テレビ		K5
	情報C					テレビ		K6
	情報D					テレビ		K7
	情報E					テレビ		K8
	情報F					テレビ		K9
	情報G					テレビ		K3

（ｂ）

アイコン－情報名　対応データ

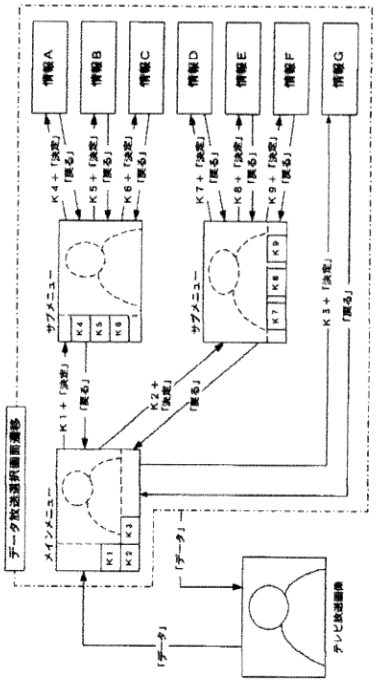
メインメニュー

アイコン	情報名
K1	ニュース
K2	気象情報
K3	スポーツ

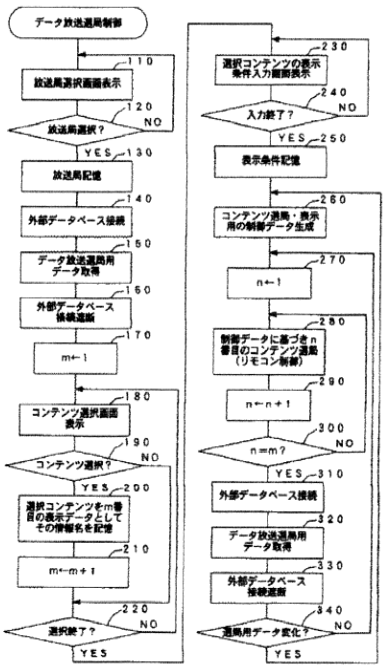
サブメニュー

アイコン	情報名
K4	政治・経済
K5	社会
K6	国際
K7	全国の天気
K8	全国の気温
K9	各地の天気

【図３】



【図４】



2010 年（平成 22） デジタル測定基礎実習

テレケーブル新聞

2010年3月26日（週刊・毎金曜日発行）　テレケーブル（TELE-CAB

CATV伝送コース

デジタル測定基礎実習を開催

NHK放送研修センター

3月11日、12日の2日間、NHK放送技術研修センター（NHK-CTI）は、東京都世田谷区のNHK放送技術研究所ビルにおいて、CATV伝送コース「デジタル測定基礎実習2日間」を開催した。ケーブルテレビ局の技術担当者など、全国から約25名が出席した。



鶴持雨氏

デジタル信号測定の基礎



午前の講義の様子

11日午前は、NHK-CTI特別専門委員の鶴持雨氏が「デジタル信号測定の基礎」について講義を行った。

初めに、日本におけるアナログからデジタルへの放送の変遷が示された。昭和28年に白黒テレビ放送が開始し、カラーテレビ放送、アナログ衛星放送の開始を経て、平成に入ってからは、ハイビジョン放送やBSデジタル放送が開始した。その後、地上デジタル放送、ワンセグ放送が開始。こうした歴史を経て、来年7月24日には地上アナログ放送が終了する。

鶴持氏は、日本で開発されたデジタル放送の方式、ISDBについて説明。ISDBには、ISDB-S（衛星放送用）、ISDB-T（地上波放送用）、ISDB-C（ケーブルテレビ用）などがある。

ISDBの特長として、据え置き型テレビにも移動型テレビにも同じ電波で放送を行うことができる、などが示された。ブラジル、ペルー、アルゼンチンほか、南米では多くの国が日本と同様のISDBの採用を決定している。

次に、放送の仕組みについての解説が行われた。鶴持氏は、「測定器自体は、マニュアルがあれば誰でも扱うことができる」としながらも、測定する環境やアンテナの設置方法、測定した数値が適正なものかなど、現場で判断する能力をつけることが重要であることを指摘した。そのため、誤り訂正や符号化技術の特性について、ある程度理解しておく必要がある。

放送のデジタル化の利点として、①高品質な映像・音声の提供（誤り訂正技術）、②多チャンネル放送の実現（符号化技術）、③多彩なアプリケーションへの対応（多重化技術）、の3つがあげられた。また、技術開発によって信号処理回路をLSIチップに集積することができるようになり、受信機の低廉化、高機能化を促進していることが示された。

続いて鶴持氏は、誤り訂正技術について説明した。伝送路にノイズ等が加わると、誤りを生じて復元ができなくなる。通信では1対1の関係であるため、伝送上の誤りが発生した場合、再送信を要求することができる。しかし、放送では再送信を要求する経路がないため、誤りを検出して訂正する必要があることが示された。

次に、デジタル変調の特徴についての説明が行われ、各変調のノイズに対する強さやデータ量の比較が行われた。BPSKがノイズに強いこと、また8PSKはノイズに弱いが、大量のデータを送ることができることなどが示された。

また、ケーブルモデムで多く用いられている64QAMは、ノイズに弱いが大量のデータを送ることができるという特徴を持つことなどがあげられた。

さらに鶴持氏は、CN比とBERの特性について説明した。内符号複合（ビタビ複合）後のBERが「2×10マイナス4乗以下」であれば、外符号（RS）複合後に擬似エラーフリーとなる。このときのCN比を「所要CN比」ということなどが示された。

デジタル測定基礎実習

2010年3月11,12日実施

テレケーブル新聞

テレケーブル〈TELE-CABLE〉　2010年12月10日（週刊・毎金曜日発行）　（4）

（平成19年10月5日 種郵便物認可）

デジタル測定の基礎と実習

CATV伝送コース研修（第1回）

NHK-CTI

基礎・実習」研修（第1回）を行った。同コースは希望者多数による2回制。今回は、全国のケーブルテレビ事業者の技術担当者など20名が受講した。

会は、11月16、17日の両日、㈱NHK放送研修センター（NHK―CTI）と㈱日本CATV技術協

実験を行う佐藤乾治氏

研修会の様子



実験を行う佐藤乾治氏

る受信可否判定の調査が急増しているという。松尾氏は、これまでの経験から、「古い住宅の場合、配線されている同軸ケーブルがデジタルに対応していないことがよくある。そのため、事前に電波が（同軸ケーブルを）通るか調査が必要だ」と前置きした。続いて同軸ケーブルの変遷が紹介され、1960年代から長年使われてきた「5C—2V」、現在、ケーブルテレビ局でも多く使われている「S—5C—FB」など、各種ケーブルを紹介。最近では、高シールドタイプのケーブルが普及していることなどの説明が行われた。ケーブルテレビ、BS、110度CSの電波は、高い周波数を利用するため、同軸ケーブルの対応周波数には注意が必要である。ここで、佐藤氏がケーブルの実物を示し、それぞれの性能について説明。「5C—2V」や「5C—FE」は、VHF～UHF受信用で、BS／CSを導入するには、「S—5C—FB」に取り替えなければならない。既存の集合住宅でCS／BSを導入する際には、事前に調査が必要となることなどが示された。次に松尾氏が、同軸ケーブルの1mあたり減衰量を実測した事例を紹介し、「ひどい場合、1mあたり1dB減衰する」と話した。調査は、調査対象となる部屋の同軸ケーブル間に、スペアナとトラッキングジェネレーターを接続して行う。使用機材はトラッキングジェネレーター付きのスペアナ、ケーブル障害位置測定器、VU・BS・CSレベル測定器、パソコン、デジカメ、試験用バックアップケーブルなど。部屋の中にテスト用ケーブルを引き込むため、低損失のケーブルが必要となる。ときには20～30mのケーブルを用いることもある。松尾氏は、「お客さま宅に入るので、短時間に調査を行わなければならない」と注意点を述べた。また、「電波を止める場合、事前周知が必要だ」と話した。同軸ケーブルの中には、折れやすい性質のものも存在する。ケーブル内部の絶縁体が柔らかいと、問題を引き起こしやすいという。ケーブルの種類や特性を習得しておくことの重要性を強調した。

次に、トラッキングジェネレーター付きのスペアナを使い、既存の同軸ケーブル伝送テストを模した実験を行い、ケーブルの減衰量を測定。ケーブルの種類によって、どのように減衰量が異なるか、測定値が示されたほか、不適切なテレビ配線工事の事例が紹介された。リフォームなどにより、室内テレビ端子が増設された際、分配器を使わずに直接ケーブルを接続され、接続不良によりテレビの映りが悪くなっている場合がある。また、地デジの障害事例が示され、デジタル電波にアナログ電波が妨害を起こした例、地デジに反射波があった場合の例、電波フリッカーによるデジタル障害、などの説明が行われた。さらに松尾氏は、新たな伝送技術として、60GHz帯のミリ波を使用したテレビ信号伝送について紹介した。マンション等の共同受信においては、屋上から60GHz帯の電波を再送信し、ベランダなどで個人受信することが可能である。築後30年以上のマンションで、ケーブルが劣化している場合などに有効と考えられる。研修では、埼玉県所沢市のマンションへの導入事例が紹介された。導入メリットとしては、「大規模改修縦系列の配線・配管作業が不要となり、改修費用の削減と工期の短縮が見込める」、「最新の無線技術を利用した共同受信システムの採用により、地上デジタル放送、BS／CSデジタル放送まで拡張導入でき、付帯設備の充実により、入居率の向上につながる」、「ビル・マンションに損害を与えず、景観に影響を与えないことから、資産価値を高める」など。最後に松尾氏は、「完全デジタル化まであと8カ月となり、仕事が増えていくと思う。測定器を使って効率的に仕事をし、厳しい競争に生き残り、さらなる発展をしていただきたい」と述べ、研修を締めくくった。



記念撮影の様子



島田雅孝氏

デジタル放送最新動向

この日、最後の研修「デジタル放送の最新動向」では、U・Wave企画代表の島田雅孝氏が講師を務めた。初めに島田氏は、来年7月に迫った地デジ移行が、国策として進められていることについて、これまでの経緯を説明した。2001年、電波法改正および放送周波数使用計画の変更により、地デジの導入（アナログ低波）の方針が決定した。総務省情報通信審議会の第5次中間答申には、「アナログ放送受信世帯がデジタルに移行するには、一定の負担がかかるものの、21世紀において日本が世界で先端IC T国家として高度な情報通信基礎を構築することにより、国民にそのメリットを享受することが必要と判断」の文言が記載されている。世界各国の状況を見ると、2006年にオランダ、2007年にフィンランド、スウエーデン、2008年にスイス、ドイツ、2009年にアメリカがデジタル化を完了。2011年にはフランス、日本、2012年にイギリス、韓国が完了を予定している。国内の地デジ移行状況について、最新の数値は（本研修の開催日時点で）未発表であるものの、島田氏は、「今年9月末に90％という目標は達成できているのではないか」と予測した。2003から今年にかけて、NHKと民放各局ではあわせて約1万1500局の基幹局、中継局を設置してきた。現在、地デジ移行に向けて一番の問題とされているのは、共同受信施設である。個人で地デジ対応受信機を購入しても、受信アンテナがなく電波を受けることができないという現状が見られる。さまざまな問題により、来年7月までに改修が完了しない可能性があることから、衛星によるセーフティーネットが実施されている。セーフティーネットは、アナログ放送終了時に地デジが受信できない地域に対し、BS17チャンネルにより、NHK、在京キー局の7番組をSDで再送信するというもの。実施期間は2010年3月からの5年間とし、BS受信設備のない受信者を対象に、視聴するために最低限必要な初期経費（アンテナ・その工事・宅内工事・BSチューナー1台）を国が支援する。今年10月、対象地域のリスト（ホワイトリスト）が公表され、現在、受信申請を受け付けている。

また、地デジ推進技術の一つとして、ギャップフィラーの設置について説明が行われた。ギャップフィラーは、山陰、ビル陰、地下街等の難視地域に適用される、小規模な構成の無線共聴施設。放送事業者の中継設備により、免許制度が緩和されており、ビルオーナー、自治体、地元組合などに無線局免許が付与される。島田氏は、今年度の主な地デジ普及支援制度として、①不動産地デジ化連絡会、②ケーブルテレビ事業者との連携、③受信障害共聴施設向け助成金制度の拡充、④既存施策（前年度以前実施）のフォローアップ、などを紹介した。デジタル移行が終われば、アナログ時代に生じていた電波障害のほとんどが解消すると考えられる。アナログ電波障害は、かなり広範囲に及ぶものであったが、デジタル障害は、電波の強さにもよるものの、小規模化する見通しだ。従って、近隣の既存のビルが障害対策を講じていれば、新たに建てられたビルは対策が不要となるなど、複雑な問題も存在するため、これら一つひとつを解決していく必要がある。デジタル推進の主な支援策は次の通り。エコポイント、受信機器購入等の支援、受信相談・受信調査、地デジ説明・相談会、戸別訪問、地デジ専用アンテナキット貸し出し、辺地共聴整備事業、集合住宅共聴施設の地デジ化経費に対する助成金、受信障害対策共聴施設の地デジ化経費に対する助成金、ビル陰障害地域の受信調査、デジサポ・法律家相談、デジタル混信対策に関する助成金、新たな難視対策に関する補助金・助成金。地デジ受信方法の一つである、ケーブルテレビに関連した施策としては、「デジアナ変換」の実施があげられる。総務省では、ケーブルテレビに協力を求め、廉価な地デジの再送信サービスの提供などを促進している。

16日の研修は、ここですべてのカリキュラムを終了。フロアを移し、講師を交えての情報交換会が行われた。なお、17日に行われた研修内容と講師は下記の通り。「デジタル測定器を使用した測定実習」アンリツ㈱計測事業グループ計測器営業本部課長・藤井誠氏、「デジタル測定器を使用した測定実習」リーダー電子㈱第2技術開発部高周波Gマネージャー川口英氏。（M）

2010 年（平成 22） デジタル測定基礎実習 2 日間、(B5,p39-40)

NHK-CTI ケーブルテレビ研修（～2011,平成 23 年)、月間衛星＆ケーブル



NHK-CTI ケーブルテレビ関連研修

―デジタル測定基礎実習―

3月11日・12日の2日間、NHK放送研修センター（NHK-CTI）は、東京都世田谷区のNHK放送技術研究所ビルにおいて、CATV伝送コース「デジタル測定基礎実習2日間」を開催した。ケーブルテレビ局の技術担当者など、全国から約25名が出席した。

デジタル信号測定の基礎


劔持甫氏

11日午前は、NHK－CTI特別専門委員の劔持甫氏が「デジタル信号測定の基礎」について講義を行った。

初めに、日本におけるアナログからデジタルへの放送の変遷が示された。昭和28年に白黒テレビ放送が開始され、カラーテレビ放送、アナログ衛星放送の開始を経て、平成に入ってからは、ハイビジョン放送やBSデジタル放送が開始された。その後、地上デジタル放送、ワンセグ放送が開始。こうした歴史を経て、来年7月24日には地上アナログ放送が終了する。

劔持氏は、日本で開発されたデジタル放送の方式、ISDBについて説明。ISDBには、ISDB－S（衛星放送用）、ISDB－T（地上波放送用）、ISDB－C（ケーブルテレビ用）などがある。

ISDBの特長として、据え置き型テレビにも移動型テレビにも同じ電波で放送を行うことができる、などが示された。ブラジル、ペルー、アルゼンチンほか、南米では多くの国が日本と同様のISDBの採用を決定している。


午前の講義の様子

次に、放送の仕組みについての解説が行われた。劔持氏は「測定器自体は、マニュアルがあれば誰でも扱うことができる」としながらも、測定する環境やアンテナの設置方法、測定した数値が適正なものかなど、現場で判断する能力をつけることが重要であることを指摘した。そのため、誤り訂正や符号化技術の特性について、ある程度理解しておく必要がある。

放送のデジタル化の利点として、①高品質な映像・音声の提供（誤り訂正技術）、②多チャンネル放送の実現（符号化技術）、③多

彩なアプリケーションへの対応（多重化技術）、の3つがあげられた。また、技術開発によって信号処理回路をLSIチップに集積することができるようになり、受信機の低廉化、高機能化を促進していることが示された。

続いて鹸持氏は、誤り訂正技術について説明した。伝送路にノイズ等が加わると、誤りを生じて復元ができなくなる。通信では1対1の関係であるため、伝送上の誤りが発生した場合、再送信を要求することができる。しかし、放送では再送信を要求する経路がないため、誤りを検出して訂正する必要があると説明した。

次に、デジタル変調の特徴についての説明が行われ、各変調のノイズに対する強さやデータ量の比較が行われた。BPSKがノイズに強いこと、また8PSKはノイズに弱いが、大量のデータを送ることができることなどを指摘した。また、ケーブルモデムで多く用いられている64QAMは、ノイズに弱いが大量のデータを送ることができるという特徴を持つことなどがあげられた。

さらに鹸持氏は、CN比とBERの特性について説明した。内符号複合（ビタビ複合）後のBERが「2×10^{-4}以下」であれば、外符号（RS）複合後に擬似エラーフリーとなる。このときのCN比を「所要CN比」ということなどを述べた。

月刊 衛星＆ケーブルテレビ　4月号

第43巻第4号（通巻492号）
平成22年4月15日発行
（月1回15日発行）

定価　1,300円（消費税込・送料別）
年間購読料　16,000円（消費税込・送料込）
ISSN 1346-5244

発行兼編集人　佐　郷　達　志
発行所　株式会社 テレケーブル新聞社
東京都新宿区市谷田町3-17双葉ビル4F
TEL 03(5261)3871(代) FAX 03(5261)3676
http://www.tele-cable.co.jp/
印刷所　協友印刷株式会社

2010 年（平成 22）初めてのスペアナとデジタル測定実習

テレケーブル新聞

初めてのスペアナとデジタル測定
2010 年 7 月 1,2 日実施

テレケーブル（TELE−C　2010年7月23日（週刊・毎金曜日発行）　（6）

NHK−CTI
CATV伝送システムコース初めてのスペアナ

7月1日、2日の両日、㈶NHK放送研修センター（NHK−CTI）と㈱日本CATV技術協会は、東京・世田谷区のNHK放送研修センターにおいてCATV伝送システムコース「初めてのスペアナとデジタル測定」研修を共催した。全国のケーブルテレビ局から参加者があり、真剣な面持ちで実習に取り組む姿が見られた。


廣智之氏

■スペアナの取り扱い

初日の午前10時からは、15分間のガイダンスが行われ、続いて最初の研修へと移った。講師を務めたローデ・シュワルツ・ジャパン㈱技術部テクニカルセンターアプリケーションエンジニアの廣智之氏は、冒頭でスペクトラムアナライザー（スペアナ）の概要について説明。約1時間の研修を行った。

世界中で「音声」「映像」「データ」のやり取りが行われている。そのときに規定通りの処理が行われているかを確認するツールがスペアナなどの測定器である。

スペアナによって、周波数変換された信号や変調信号、不要信号、不要信号をオシロスコープとスペアナで測定し、両機器の相違点を確認した。廣氏は、「すべての電気信号は、周波数と振幅の異なった正弦波（サイン波）の組み合わせによって成り立っている」と説明した。

信号の時間軸上の波形はオシロスコープによって、周波数軸上の波形はスペアナによって測定される。したがってオシロスコープでは、横軸が時間、縦軸は電圧を示し、スペアナの場合、横軸が周波数、縦軸は電力を表している。スペアナに同じ正弦波を入力し、測定画面を確認すると、中央のピークがその振幅を表していることを確認した。廣氏は、スペアナにおいて欠かせない表現として「RBW（分解能帯域幅）」「VBW（ビデオ帯域幅）」の2つをあげた。

RBWは、信号の切り取り処理のための周波数幅、VBWは、信号が見やすいよう平坦化するためのもの。スペアナを使用時には、さまざまな設定を行う必要がある。これを確実に行わなければ、測定したい信号を正確に表示することはできない。周波数スパンを設定し、スペクトラム解析する周波数の幅を変え、測定がしやすくなる使用例などが示された。


スペアナの操作を一人ひとりが体験

次に、変調をかけた信号を測定。搬送波が一番大きな信号として表示され、変調信号が2つの小さな信号として表示されることを確認した。廣氏は、スペアナにおいて欠かせない表現として「RBW（分解能帯域幅）」「VBW（ビデオ帯域幅）」の2つをあげた。

RBWは、信号の切り取り処理のための周波数幅、VBWは、信号が見やすいよう平坦化するためのもの。スペアナを使用時には、さまざまな設定を行う必要がある。これを確実に行わなければ、測定したい信号を正

スペアナで通常使用される、電力の絶対単位としてdBmがある。これは、1mWを0dBmとした電力単位。dBを使うことで、小さい信号から大きい信号まで取り扱うことができる。スペアナでノイズ信号の測定を行う際にも有効な単位である。

スペアナを使用するうえで注意を払う項目として、①信号入力の条件、②入力インピーダンス、③ヒートラン運転、④画面表示アラーム、⑤測定範囲外の信号、があげられ、詳しい解説が行われた。最大入力レベルを超えた信号を入力してしまえば、機器故障の原因となる。これを防ぐため、測定する信号について十分に理解しておかなければならない。なお冬場の作業時には、静電気で機器が壊れてしまうケースが多く、これにも注意を払うことが必要だ。

一般に使用されているインピーダンスは、大き

くわけて50Ω系、75Ω系の2種。スペアナは基本的に50Ω系でつくられているが、75Ω系が多いテレビ、ケーブルテレビ関係の信号を測定する場合、インピーダンス変換器が必要になる。

信号発生器が75Ωで、50Ωのスペアナを用いるときは、マッチングパットを使って測定する。その場合、変換ロスが発生するため、測定値が狂わないようスペアナに変換差分を入力しておく。ヒートラン運転とは、測定前に電源を入れて機器を温めておくこと。最低30分はヒートラン運転が必要だ。スペアナを温めた状態で使うことで、安定した測定結果が得られるという。

このほかに廣氏は、設定が正しく行われていない場合に表示されるアラームや、測定範囲外の信号に注意を払うよう、受講生に注意を呼びかけた。電波塔の下などは多くの電波が飛んでいるため、留意しておかなければならない。

これらの注意点をふまえ、スペアナを使いこなすテクニックとして、①コネクタ、ケーブルの種類に詳しくなる、②スペアナの信号入力レベルに敏感になる、③内蔵または附属の機能も使いこなす、④最新版ファームウエアを使用する、⑤測定器の仕様に詳しくなる、などが示された。

今回の研修では、ローデ・シュワルツ製のスペアナ「FSHシリーズ」が用いられた。廣氏は、「各メーカーがハイエンド機器からハンディタイプの機器までを展開しているが、必ずしもハイエンドを使用すればよいというものではない」とし、「用途に応じて機器を選定することも大切だ」と話した。


劔持甫氏

■デジタル測定実習

続いての研修「スペアナの基本測定」では、NHK-CTI研修事業部特別専門委員の劔持甫氏が講師を務め、講義や測定実習を行った。ここでは、本研修のために用意されたテキストのほか、劔持氏が執筆・監修した資料「良好な放送電波受信のために　スペクトラムアナライザ基本使用法（改訂6版）」が用いられた。

実際に操作を開始する前に、入力端子やTG（トラッキングジェネレータ）端子の場所、各種キーの位置や役割についての説明が行われた。基本設定の準備は、①初期化（以前の設定を全て消す）、②インピーダンスの設定（50Ωから75Ωへ）、③単位の設定（dBμ、dBm等）、の順に行う。NHK-CTIの館内共聴電波がスペアナに表示され、実習に用いられた。

スペアナの基本設定は、①中心周波数の設定、②表示周波数幅の設定、③基準レベルの設定、④縦軸目盛りの設定、⑤分解能帯域幅と掃引時間の設定、の手順で行う。測定に使用する単位は、「dBμ」と「dBm」。dBmは1mWを基準、dBμは1μVを基準としている（1μV＝0dBμ、1mW＝0dBm）。デジタル信号が普及してから、通信業界ではdBmが多く用いられている。

劔持氏は放送波の周波数配列を示し、地上デジタル放送、BS放送（デジタル／アナログ）、受信障害対策、地上デジタル音声放送が、どの帯域に割り当てられているのかを説明。その後、VHF帯域、UHF帯域、BS-IF帯域の観測など、基礎的な測定実習へと研修を進めた。BS-IFのIFとは中間周波数のこと。

劔持氏はここで、衛星に関する基礎情報について解説した。衛星は赤道の約3万6000キロ上空に打ち上げられている。パラボラアンテナで受けた12GHz帯の電波は、コンバーターで1～2GHz帯の中間周波数に変換され、引込線によって宅内に送られる。同軸ケーブルの芯線に手を触れないよう注意しなければならない。低周波の場合は大きな問題に至るケースが少ないが、ギガ単位の高周波を扱う場合、芯線を手で触れただけで2～3年後にはさびが生じ、ケーブルが破損してしまうという。

続いて、デジタル放送の概要について説明が行われた。ISDB（統合デジタル放送）とは、日本国内で開発されたデジタル放送を行うための方式。衛星放送向けのISDB-S、地上デジタル放送向けのISDB-T、ケーブルテレビ向けのISDB-Cなどに分類される。南米のほとんどの国の地デジでは、日本と同じISDB-T方式を取り入れている。

放送がデジタル化することの利点として、①高品質な映像・音声の提供（誤り訂正技術）、②多チャンネル放送の実現（符号化技術）、③多彩なアプリケーションに対応（多重化技術）、④受信機の低廉化・高機能化の促進、などがあげられた。

通信の場合は1対1のやり取りが行われ、「信号が来なければもう一度送り直す」という仕組みで成り立っているが、放送は1対複数のやり取り。1対1億（台）にもなるVTRやテレビ受信機に向けて信号が送られている。対象が膨大で送り直しができないため、途中でノイズが入るなど、誤った信号が送られてしまっては放送事故という大きな問題が発生してしまう危険がある。

そのため、放送の場合には「誤り訂正」を行う仕組みがあることが示された。劔持氏は、「デジタルの世界には0（ゼロ）と1しかない。0が誤れば1、1が誤ればゼロになるだけ。簡単に直すことはできるが、問題は1秒間に何億ビットという信号が流れてくる中で、検出しなければならないことだ」と説明した。

次に、映像符号化方式のMPEG2規格について解説が行われた。パソコンのデータを繰り返し圧縮した場合、限界を超えて圧縮しようとすればデータが壊れてしまう。テレビの場合の圧縮は「不可逆符号化」方式で、理論的な限界はないが圧縮率が高くなるにしたがい歪みが増大し、画質が低下する。なおAVC／H・264は、2003年5月にITU（国際電気通信連合）によって勧告された、動画データの圧縮符号化方式の一つで、大容量・高画質の動画まで幅広い用途に使用可能。地上デジタル放送におけるワンセグサービスの映像符号化方式にも採用されたことが紹介された。

続いて、デジタル変調技術のBPSKとQPSKの特性が示された。BPSKはノイズに強いが、処理できる情報量は少ない。一方のQPSKは、多くの情報を処理できるが、ノイズに弱いという特徴などがあげられた。

さらに劔持氏は、デジタル波の測定において、①「信号の強さ」の測定、②「信号の質」の測定、③「信号の誤り率」の測定、の3つが必要となることを説明した。「信号の強さ」は、電波（変調波）の中から搬送波を抽出して測定する。「信号の質」は、電波（変調波）と搬送波電力と雑音電力を測定し、そのCN比を求めることなどが示された。

休憩をはさみ、この日の研修は午後5時半まで行われた。終了後、講師を交えての情報交換会が行われた。

2日目の研修カリキュラムと講師は次の通り。「応用測定」および「デジタルアナライザーによる観測」NHK-CTI研修事業部特別専門委員・劔持甫氏、「CATV伝送路（幹線系）の測定」ミハル通信㈱広域営業部技術部部長・鎌形洋行氏。（M）

平成25年度

電波障害防止功労表彰式

平成25年 5 月29日（水）

ＫＫＲホテル東京

（「瑞宝」の間）

関東受信環境クリーン協議会

被表彰者実績の概要

（順不同、敬称略）

種別	受賞者名	事績の概要	備考
団体	（一般社団法人）日本アマチュア無線連盟 神奈川県支部	永年にわたり、アマチュア無線従事者向けに“電波障害防止の技術講習会”を実施し、放送受信障害の解消・改善対策の向上に大きく貢献した。 特に、テレビ放送の地デジ化に当たり、430MHz帯によるテレビ受信ブースターの混変調防止策として、430MHz帯のトラップフィルターを製作、特性を測定し受講者の技術習得を図り受信ブースターの混変調防止策として大きな貢献をした。	表彰状
個人	米井功二	永年にわたり、NHK受信相談員として受信相談業務に携わり、ブースターの発振障害やパルス雑音障害など多数の受信障害の原因調査・改善指導を行い、良好な受信環境の維持・改善に大きく寄与した。	感謝状
個人	矢野喜愛	永年にわたり、建造物によるテレビ電波障害対策に従事し、迅速かつ的確な障害予測及び調査を実施し事前対策を行うなど、地域住民から多大な感謝を受けた。 また、20年以上にわたりCATV技術協会千葉地区連絡会会長として、会員の技術力向上や自治体に対する建造物による電波障害の改善・未然防止への取り組み要請など、積極的に良好な受信環境の維持・改善に取り組んだ。	感謝状
個人	劔持甫	永年にわたり、建造物やCB無線による受信障害対策など、良好な受信環境の維持・改善に貢献した。 また、クリーン協議会においては、前身団体からの活動も含め、札幌、仙台、関東の事務局を務め、当協議会の活動に多大な貢献をした。	感謝状



（筆者　左から２番目）

＊第Ⅲ期寄付

桜工

No.84
2002

Alumni Bulletin

College
of
Science & Technology
Nihon University

目　次

巻　頭　言
　強者の美しさ　弱者の美しさ「山本　長水」……2
特　　集
　地域・職域と校友会
　　日吉 敬郎／小野 浩一／石田 規夫／近藤 清史……3
　　辻　　昭／野坂 昌史……4
　　嶋田 順一／橘　　覚／木村　稔……5
　　高橋 嘉彦／川鍋 裕矢／有岡 キヨ……6
　　佐々木 幸一／外山　信／香取 照臣……7
話題キーワード……8
　放射線障害防止法の改正　「小倉　昭弘」
　LRV　「香取　照臣」
50周年記念事業……9
　日本大学 理工学部 創立80周年
　　工科校友会 創立50周年 記念事業
一般記事
　入試・就職について……10
連載企画
　学科紹介……12
　　数学科・海洋建築工学科・航空宇宙工学科・電子情報工学科
ニュース
　日本大学短大土木の50周年を祝う会……13
　精密機械工学科創立40周年祝賀会……14
　交通40周年　「交通部会長　水間　雅昭」……14
　桜工会秋田県支部だより……15
　工科空手部70周年の集い　「監　督　橋本　義清」……15
学術講演会／表彰者一覧……16
部会だより
　土木・建築・機械……18
　電気・工化……19
　交通・精密・物理……20
　数学・海建……21
　航空・電子……22
地方・職域支部活動報告……23
クラス会だより……25
事務局だより
　事務報告・収支報告……26
平成13年度第十三回「桜工賞」受賞者……28
平成13年度入学生会費納入者名簿……28
平成13年度卒業生終身会費納入者名簿……30
平成12年度卒業生終身会費納入者名簿……31

50周年記念事業

日本大学　理工学部　創立80周年
工科校友会　創立50周年　記念事業

創立50周年記念事業実行委員会

◎標記の事業につきましては、平成11年度から3か年にわたり、次の3項を柱として推進しているものであります。

1. 後輩学生に対する校友会としての奨学金制度の創設
2. 駿河台1号館の建替えをはじめとする施設拡充資金の母校（理工学部）への寄贈
3. 工科校友会の財政基盤の強化

◎折しも我が国の社会経済は極めて厳しい情勢下にありますが、校友各位の暖かい母校愛に支えられながら、募金に関しては平成14年3月末日を以て所定の期間が終わり、並行して記念事業実行の段階に入っております。

本稿執筆の時点では未だ最終的な集計を見るに至っておりませんが、まず寄金の状況についてご報告すると次のようになります。

1）3月末日の寄金総額推定　　約　5千7百万円
2）同上のうち、校友個人からの寄金　　約　5千2百万円（約4千名）
3）部会、支部、クラス会等からの一括寄金　　約　5百万円（約50件）

全国多数の校友・関係者はもとより、工学部、生産工学部の方達からの寄金、更には故人となられた校友のご遺族から頂いた寄附もあり、深い感動と共に厚くお礼を申し上げる次第であります。

◎次にさきに申した3本の柱に対する資金の充当等について申し上げます。

1）奨学金制度について

卒業見込みがあるにかかわらず、経済的な理由で学業継続に困難を来した学生を対象に特別積立金の一部充当を含め、4千万円程度の資金を理工学部に寄託し、将来にわたりその果実を給付する制度を立案中であります。

2）施設拡充費について

既に3千万円を理工学部に寄贈いたしております。新しい駿河台1号館内に設置する基金者の銘板については、学部当局と協議しながら準備を進めております。桜工82、83、84の各号に細字で記載されたご芳名は、すべてこの銘板に刻まれ、末長く母校と春秋を同じくすることとなります。

3）工科校友会の基盤強化について

今回の募金事業は期せずして8万余名の校友と直接的なコミュニケーションを果たしたこととなり、校友多数の消息が判明し、各部会の名簿整備に大きな役割を果たしております。

これを記念事業に相応しい成果と考え、資金はすべて他の2本の柱に充当すると共に、従前から本会の保有してきた特別積立金の一部を充当して、諸経費を含めた不足分を補うこととしております。

◎以上が記念事業に関する現時点でのご報告であります。

時節柄、派手な式典等は開催できませんが、母校80周年、校友会50周年にあたり、地味ながらも有意義な事業となる事を確信し、更に努力を続けて参る所存であります。校友各位をはじめ多くの方々のご支援、ご協力に重ねて感謝の意を表すると共に、母校と共に一層のご発展あらんことを念願して止みません。　（木村）

【第Ⅲ期寄金者ご芳名】

（平成13年2月～平成14年1月現在）

土木部会
井上　正夫
岩城　浩真
宇田村光基
大西　正美
片桐　徹也
蔵田　元
地主　勝己
鈴木　正治
中野　浩
本郷紀一郎
吉澤　佑介
吉村　啓利

建築部会
青柳　茂雄
赤地　龍馬
安達　俊夫
石川　又一
石山　元雄
上杉　政勝
宇於崎勝也
大橋章知郎
岡田　章
金子敬三郎
金野美津子
上林　肇
木原　實
久野　智照
桑原　進
荘司　孝衛
関沢　勝一
手塚福三郎
長島　房男
中山　優
西山　道男
野島　卓雄
野村　欽
林　敏雄
伴仲　信義
藤野　則雄
本杉　治郎
森　勇

機械部会
井上　博文
今岡　正博
入江　康博
岩淵　富和
宇宿　徹
遠藤　眞弘
遠藤　修
大嶽　良雄
小原　洪一
加藤　寛治
川嶋　敏弘
高　昌宏
後藤　諒一
小山内　皓
菅澤　一之
鶴柄　栄
鈴木　一大
高橋征二郎
竹味　幹郎
田中　康夫
中江　勝則
夏原　幸男
滑川　宏夫
長谷川　裕
脇岡　宏
増田　克彦
松浦　由雄
丸山　泰弘
美坂　俊之
村上　勲
村上　尚志
若尾　都央
山崎　栄
山下　正一
山本　晴保
吉岡　三樹
渡辺健太郎

電気部会
石坂　隆昭
石田　博
荻沢　博
親持　甫
小堀　英雅
坂上　享
佐々木憲明
高根澤央好
田丸　健
田村　玉置
辻　勇
富尾　健彦
中川　活二
秦　正次
樋口　知以
宮坂　哲夫
安田　健一
渡部　芳博

工業化学部会
上篠　治夫
澤口　孝志
鈴木　功
鈴木　一成
田中　孝彦

精密機械部会
小林　明雄
三橋　健児
吉田　宏幸

工学部土木
土屋　博和

生産工学部
土　木
森平　直
吉川　裕

土木工学科
教　員
松島　眸

建築学科
教　員
早川　篤

物質応用化学科教員
姉尾　学
山中　健生

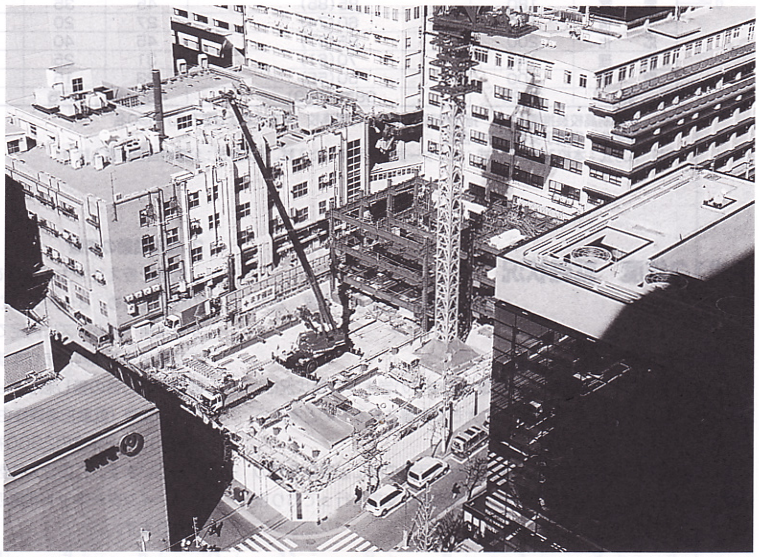
社会交通工学科教員
越　正毅

建築事務部会
栗原のり子
土木部会
電気部会
工業化学部会
海洋建築部会
電子部会

支　部
山形県支部
広島県支部

学　科
海洋建築
工学科教室

クラス会
（土木部会）　28桜社会、駿土会、S40年土木卒有志、短大土木の50周年を祝う会、寿三会
（建築部会）　YYG会
（機械部会）　機械S37年卒有志、生産加工学研究室（季研）OB会
（工業化学部会）　S39.3月卒クラス会
（交通部会）　11期（S50年卒）同期会



70余年の歴史ある旧1号館の解体工事着手から1年が経過。この間の工事は、坑・山留・掘削・地下躯体工事等、地下工事として「深く静かに」進捗してきました。いよいよ2月より、タワークレーンを中心に、地上鉄骨工事へと着手。今後は、4月に地上躯体工事を完了し、内外装工事へと、急ピッチで「慎重かつ大胆」に進めてまいります。我々工事担当者は、21世紀の理工学部の顔となるべく「新校舎」の建築に携わることの「使命感」を強く持ち、2002年12月竣工に向け、安全第一に工事を進めていく所存です。

大成・清水建設共同企業体　作業所長　北口　雄一（建築：S59.院修了）

1993 年（平成 5）放送記念日、職員表彰（年功表彰）

至：NHK ホール



第68回放送記念日

記念式典

平成5年3月22日(月)11時～

式次第

開式
式辞　会長
祝辞　郵政大臣
衆議院通信委員長
参議院通信委員長
日本民間放送連盟会長
職員表彰　会長
放送文化賞贈呈　会長
あいさつ　放送文化賞受賞者
閉式
記念演奏　NHK交響楽団
演奏曲目
「スザート組曲」
「ウィリアムテル」序曲より
「スイス軍の行進」
パイプオルガン演奏　松居直美

テレビ40年展
3月22日(月)10時～
正面玄関ロビー

NHKホール

日本放送協会

職員表彰

◉年功表彰　876名
40年／2名　30年／596名　15年／278名

◉特別表彰

編成局、放送総局、番組制作局、放送技術局
「NHKスペシャル・大モンゴル」番組担当者

東洋と西洋の枠を越えて史上初めて世界帝国を築いたモンゴル帝国の興亡の歴史を、今日の激変する国際情勢を織り込みながら、CGなどのさん新な映像手法も駆使してスケール感豊かに描き、国の内外から高い評価を得、NHKの放送番組の声価を高めた。

編成局
山本　通

放送関係システムの開発を通して蓄積した理論と技術をもって、画期的な「新選挙システム」の開発に取り組み、第16回参議院議員選挙において迅速かつ正確な開票速報を可能にし、NHK選挙報道の声価を高めた。

番組制作局、報道局、国際局、編成局
「エイズ」関連番組担当者

全世界的課題である「エイズ撲滅」に対する国民の理解を高めるため、組織的で粘り強い取材・制作を行うとともに、長期間にわたり多角的な番組を放送して、社会的に大きな反響を呼び、公共放送NHKの声価を高めた。

報道局ニュースセンター
「企業献金疑惑」社会部取材班

バブル経済の崩壊の過程で明らかになった大型経済事件の報道で、事件の核心に迫るスクープを重ねるとともに、徹底した取材に基づく事実を積み上げて、複雑な事件の構図を描きだす説得力にあふれる特集番組を制作し、NHK報道の声価を高めた。

報道局映像センター
東野　良

日中両国の登山隊が挑んだ7,000メートル級最後の未踏峰「ナムチャバルワ」の山岳取材で、卓越した登山技術と映像表現力を最大限に発揮して、初登頂に至るまでの隊員のひたむきな姿を雄大な自然とともに描き視聴者に大きな感動を与えた。



表　彰　状

劔　持　甫　殿

30年の長い間職務に精励され協会今日の隆盛
に寄与された功労はまことに顕著であります
よつて放送記念日にあたり表彰します

平成5年3月22日

日本放送協会
会長　川口幹夫

2013 年（平成 25）スペアナの基本使用法（デジタル）、（A4,p67）

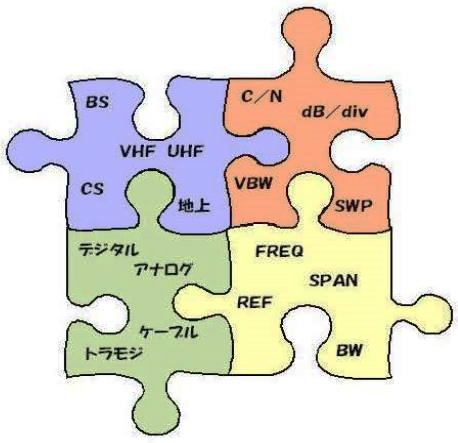
2003(H15)年 2 月（初版）～2011(H23)年までに改訂・増刷を重ね約 500 冊を発行した。このテキストは、2013(H25)年（初版）にアナログ放送終了に伴い内容を大幅に見直し、デジタル放送に特化して再編集した。

（デジタル改訂第 1 版）

良好なデジタル放送電波受信のために

スペクトラムアナライザ

基 本 使 用 法



（ Spectrum Analyzer FSH 型 ）

デジタルインストラクター.COM 編

目　　次

第１章　スペクトラムアナライザの基本操作

1.1　測定原理 ---------- （1）
1.1.1　スペクトラムアナライザ　（1）
1.1.2　時間軸での観測と周波数軸での観測　（2）
1.1.3　スペアナのしくみ　（4）
(1)　基本ブロックダイヤグラム　（4）
(2)　高周波部ブロックダイヤグラム　（4）
(3)　中間周波部　（5）
(4)　分解能帯域幅と掃引時間との関係　（5）

コラム（スペアナの主要性能）　（7）

1.2　基本操作 ---------- （8）
1.2.1　一般的な測定の手順　（8）
(1)　下限（Start）・上限（Stop）周波数の設定　（8）
(2)　中心周波数（Center Frequency）の設定　（8）
(3)　表示周波数幅（Frequency Span）の設定　（9）
(4)　基準レベル（Reference Level）の設定　（9）
(5)　縦軸目盛（dB/div）の設定　（10）
(6)　分解能帯域幅（Resolution Band Width）の設定　（10）
(7)　掃引時間（Sweep Time）の設定　（11）
1.2.2　スペアナの便利な機能　（11）
(1)　マックスホールド（Max Hold）機能　（11）
(2)　マーカー（Maker）とピークサーチ（Peak Search）機能（12）
(3)　トレース（Trace）機能　（12）

第２章　スペアナで電波を測る

2.1　VHF、UHF、FMの測定 ---------- （15）
2.1.1　VHF帯の測定　（15）
2.1.2　UHF帯の測定　（16）
2.1.3　FM帯の測定　（16）

2.2　NTSC方式放送波（標準放送）の測定 ---------- （17）
2.2.1　映像搬送波（fv）の測定　（17）
(1)　振幅変調のしくみ　（17）
(2)　映像搬送波のレベル測定　（18）
(3)　チャンネル間レベル差の測定　（18）

2.2.2 音声搬送波（fa）の測定 （19）
(1) テレビ音声搬送波の測定 （19）
(2) FM放送波の測定 （20）

2.3 地上デジタル放送波の測定 ---------- （21）
2.3.1 信号レベルの測定 （21）
2.3.2 雑音レベルの測定 （22）
2.3.2 CN比の測定 （23）

2.4 BSアナログ放送波の測定 ---------- （24）
2.4.1 BS－IF信号の測定 （24）
(1) BS－IF伝送方式 （24）
(2) BS－IF帯の観測 （24）
(3) 信号レベルの測定 （24）
2.4.2 CN比の測定 （25）
(1) 信号レベルの測定 （25）
(2) 雑音レベルの測定 （26）
(3) CNの算出 （27）

コラム（スペアナの検波モードによる測定値の違い(1)）（27）

2.5 BSデジタル放送波の測定 ---------- （28）
2.5.1 BS－IF信号の測定 （28）
(1) BSデジタル信号の観測 （28）
(2) 信号レベルの測定 （28）
2.5.2 雑音レベルとCN比の測定 （29）

コラム（スペアナの検波モードによる測定値の違い(2)）（30）

2.6 CSデジタル放送波の測定 ---------- （31）
2.6.1 CS－IF信号の測定 （31）
(1) 110度CS放送波の周波数配列 （31）
(2) 110度CS－IFの周波数配列 （31）
(3) 信号レベルの測定 （31）
2.6.2 雑音レベルとCNの測定 （31）

2.7 地上デジタル音声放送波の測定（暫定）---------- （32）
2.7.1 信号レベルの測定 （33）
2.7.2 雑音レベルとＣＮ比の測定 （33）

第３章　ケーブルテレビシステムの測定と調整 3.1 MID 帯、SHB 帯の測定 （34）
3.1.1 ミッドバンド（MID）帯の測定 （34）
3.1.2 スーパーハイバンド（SHB）帯の測定 （34）

コラム（dB（mW）から dB（μV）への変換）（35）

3.2 BS デジタル信号（トランスモジレーション方式）の測定 -------- （36）
3.2.1 トランスモジレーション方式 （36）
3.2.2 スペアナによる CN 比の測定 （36）
(1) 信号レベルの測定 （37）
(2) 雑音レベルの測定 （37）
(3) CN 比の計算 （37）

3.3 受動機器（ケーブル、分配器、分岐器、等）の測定 ---------- （39）
3.3.1 スイープジェネレータとの組み合わせ （39）
3.3.2 トラッキングゼネレータによる測定 （39）
3.3.3 基本測定 （40）
(1) 同軸ケーブル(伝送損失、周波数特性) （40）
(2) 分配器(分配損失、端子間結合損失) （41）
(3) 分岐器(挿入損失、結合損失、逆結合損失) （43）
3.3.4 ミスマッチング （45）
(1) 分配器などのミスマッチング （45）
(2) 同軸ケーブルの施工不良によるミスマッチング （46）
3.3.5 波長短縮率 （47）
(1) 波長短縮率の算出 （47）
(2) 誘電体による波長短縮率の違い （47）
(3) 波長短縮率の実際 （48）

3.4 能動機器(増幅器等)の測定 ---------- （49）
3.4.1 基本測定 （49）
(1) 増幅器の利得変化 （49）
(2) チルト（Tilt）特性 （50）
(3) 擬似線路回路網(BON) （50）
(4) イコライザ（EQ） （51）
(5) アッテネータ（ATT） （52）
(6) 自動利得調整（AGC） （53）
3.4.2 相互変調(IM)の測定 （53）
(1) 相互変調妨害 （53）

(2) IMが発生している例 (54)
(3) IM発生のメカニズム (54)
3.4.3 混変調（XM）の測定 (55)

3.5 幹線系の測定と調整 ---------- (56)
3.5.1 隣接チャンネル信号の測定 (56)
(1) 隣接チャンネル妨害 (56)
(2) VA比の測定 (56)
3.5.2 OFDM方式とNTSC方式の隣接チャンネル伝送 (57)
3.5.3 OFDM方式と64QAM方式の隣接チャンネル伝送 (57)
3.5.4 ヘッドエンド装置の測定 (58)
(1) 各チャンネルのレベルとVA比の調整 (58)
(2) ヘッドエンド出力の調整 (59)
(3) TV変調器出力（映像変調度）の調整 (60)
3.5.5 CTB妨害 (62)
3.5.6 流合雑音の観測 (63)

3.6 その他の障害 ---------- (64)
3.6.1 ブースター発振妨害 (64)

第4章 資料編
4.1 VHF帯のチャンネル番号と周波数 (67)
4.2 MID帯のチャンネル番号と周波数 (68)
4.3 SHB帯のチャンネル番号と周波数 (69)
4.4 UHF帯のチャンネル番号と周波数 (71)
4.5 UHF帯のチャンネル番号と周波数（地上デジタル対応）(73)
4.6 衛星放送（BS-IF帯）のチャンネル番号と周波数 (74)
4.7 110度CS（CS-IF帯）のチャンネル番号と周波数 (74)
4.8 CATV上り信号周波数 (85)
4.9 代表的な上限・下限の周波数値 (75)
4.10 表示周波数幅の目安値 (76)
4.11 デジタル放送スペアナ設定値 (76)

5.参考資料（FSH-3,6型スペアナ）---------- (77)
5.1 地上デジタル放送波のCN比測定 (77)
5.2 BSデジタル放送波のCN比測定 (78)
5.3 BSアナログ放送波のCN比測定 (79)

第１章　スペクトラムアナライザの基本操作

１．１　測定原理

1.1.1　スペクトラムアナライザ（Spectrum Analyzer）

スペクトラムアナライザ（以下、スペアナ）は、測定しようとする周波数帯域内に分布する信号を狭帯域フィルタで次々に抜取り、そのレベルを周波数順に配列してスペクトラムとして表示する測定器である。

図 1.1 にスペアナの基本原理を示す。図 1.1 に示すように測定対象信号を時間 t_1、t_2、t_3・・・の順に周波数 f_1、f_2、f_3・・・にある信号を帯域幅 f のフィルタで順次抜取って、図 1.1(右)のようにそのスペクトラムをスペアナの表示部に周波数順にレベル表示する。フィルタの周波数を次々に変えながら測定しようとする信号を順次抜取っていくと考える方が分かりやすいが、実際はフィルタの周波数は固定であり、掃引スーパーヘテロダイン形が用いられているため、測定しようとする信号の方が次々に一定の中間周波数に変換されて、固定フィルタで抜取られ、検波されて、スペアナ表示部に周波数順にレベル表示される。

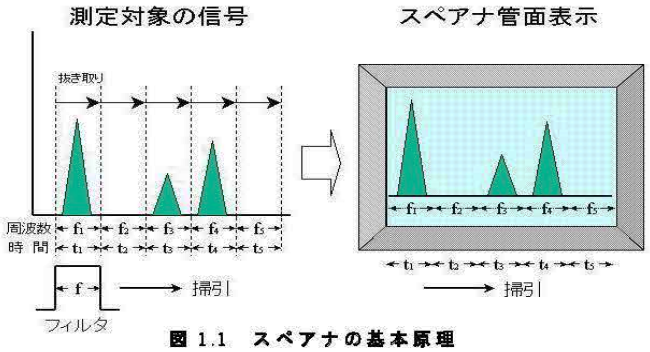
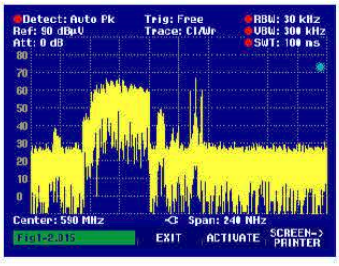


図 1.1　スペアナの基本原理

図 1.2 はテレビ放送の UHF 帯（13～52ch、470～710MHz）をスペアナで観測した例である。各チャンネルの OFDM 波形のレベルを画面上で確認することができ、また、信号以外に妨害波や歪成分などがあれば容易に見つけることができる。

スペアナを活用すれば、このような広い帯域内の全体像を一目で把握することができるので大変便利である。



（設定値）

- START 周波数：　470MHz
- STOP 周波数：　710MHz
- 基準レベル：　70dBµ
- 縦軸目盛：　10dB/div
- 分解能帯域幅：　30kHz
- 映像フィルタ：　300kHz

図 1.2　テレビ放送電波の UHF 帯観測(例)

1.1.2　時間軸での観測と周波数軸での観測

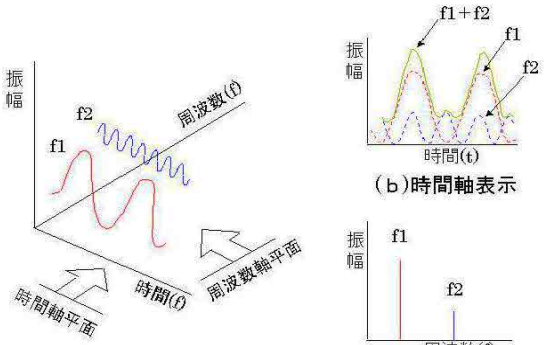
信号波形を表す方法としては、横軸を時間、縦軸を振幅とする**時間軸**と、横軸を周波数、縦軸を振幅とする**周波数軸**での表し方がある。

オシロスコープは前者、スペアナは後者による代表的な測定器である。

いま、図 1.3(a)に示すように、周波数がそれぞれf_1およびf_2の信号があるものとした時、時間軸平面から見た信号は周波数f_1およびf_2が合成された波形として図 1.3(b)のように観測される。

これはオシロスコープによる観測波形に相当する。

周波数軸平面から見た信号は、f_1とf_2が分離されて図 1.3(c)のように観測される。これはスペアナによる観測波形に相当する。

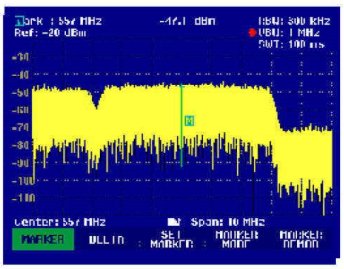


(a)時間軸と周波数軸　　(b)時間軸表示　　(c)周波数軸表示

図 1.3 時間軸・周波数軸での観測

主として、時間軸での観測は、映像信号などの波形測定に用いられており、周波数軸での観測は、電波の測定やCATV システムでのレベル測定などに用いられる。

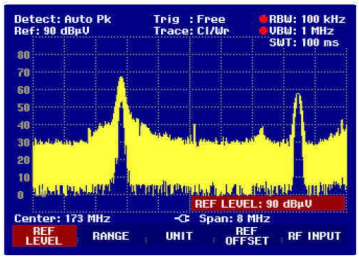
スペアナによる周波数軸での観測例として、今度は表示周波数幅を狭くして観測して見よう。地上デジタル放送では、伝送方式に直交周波数分割多重（OFDM:Orth-ogonal Frequency Division Multi-plexing）方式を使用している。OFDM 方式は、多数の搬送波（モード 1:1,405 本、モード 2:2,809 本、モード 3:5,617 本）に情報を分散させて伝送するマルチキャリア方式である。OFDM の信号波形は、このように多くの搬送波で構成されるため、その合成されたスペクトラムは図 1.4 のように矩形に近い形になる。



（設定値）
- 中心周波数： 557.142857MHz
- 表示周波数幅： 10MHz
- 基準レベル： 80dBμ
- 縦軸目盛： 10dB/div
- 分解能帯域幅： 30kHz
- 映像フィルタ： 300kHz
- 掃引時間： 100msec

図 1.4　地上デジタル放送（27ch）のスペクトラム波形（例）

図 1.5 は、アナログテレビ放送 1 チャンネル分のスペクトラム波形の例である。第 4 チャンネルの周波数帯域幅（170MHz～176MHz)の 6MHz 内に、映像搬送波 171.25MHz、音声搬送波 175.75MHz、色副搬送波（映像搬送波＋3.58MHz）の側波帯があり、帯域内には映像信号や帯域外には雑音が分布していることが観測される。



（設定値）
- 中心周波数： 605.142857MHz
- 周波数幅： 10MHz
- 基準レベル： 90dB(μV)
- 縦軸目盛： 10dB/div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz

図 1.5　アナログテレビ放送 UHF 第 35 チャンネルのスペクトラム波形(例)

1.1.3　スペアナのしくみ

(1) 基本ブロックダイヤグラム

スペアナの基本ブロックダイヤグラムを図 1.6 に示す。

入力信号は高周波部で掃引されて次々に周波数変換され中間周波信号となる。そして中間周波信号は狭帯域フィルタでスペクトラムとして抜取られた後、検波されて、表示部の縦軸に加えられ、振幅として表示される。

一方、次々と周波数変換される入力周波数に対応して、表示部の横軸（周波数）も縦軸と同期して掃引され、表示部にスペクトラムが表示される。

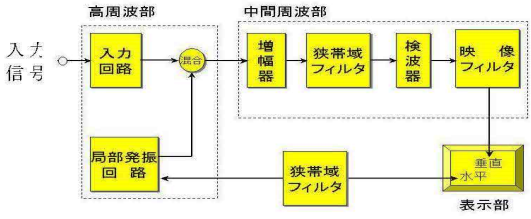


図 1.6　基本ブロックダイヤグラム

(2) 高周波部ブロックダイアグラム

図 1.7 に高周波部ブロックダイヤグラムを示す。高周波部は、入力信号を周波数変換し中間周波信号に変換する回路であり、周波数変換回路や局部発振回路などで構成されている。

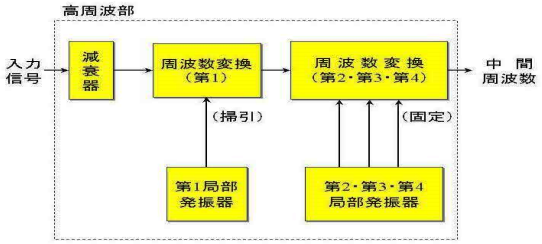


図 1.7 高周波部ブロックダイヤグラム

周波数変換回路は、入力信号（周波数 f_s）と局部発振信号（周波数 f_L）とを混合して中間周波信号（周波数 f_{IF}）を出力する。中間周波信号としては $f_{IF}=f_L-f_s$ の周波数を使用している。

スペアナでは、中間周波数が測定に影響を与えることがないように、第 1 周波数変換で入力信号周波数より高い周波数に変換して、測定周波数の帯域外としている。

例えば、入力周波数範囲が 10kHz～2GHz の場合、局部発振周波数 2.50001～4.5GHz とすると、入力周波数が 10kHz の場合は

$f_{IF}=2.50001-0.00001=2.5GHz$

入力周波数が 2GHz の場合は

$f_{IF}=4.50000-2.00000=2.5GHz$

となり、局部発振周波数を可変することによって、一定の中間周波数が得られるとともに、中間周波数が測定周波数の帯域外になり測定に影響を与えることがない。

スペアナでは、第 1 周波数変換回路の第 1 局部発振器の周波数を可変とし、第 2 から第 4 局部発振器の周波数を固定として、最終的に数 MHz 程度の周波数に設定している。

第 1 局部発振周波数は、中心周波数、表示周波数幅および掃引時間に連動しており、それぞれ希望の設定値を選択することができる。また、入力アッテネータは基準レベルに連動している。

(3) 中間周波部

図 1.8 に中間周波部のブロックダイヤグラムを示す。高周波部で数 MHz の一定周波数に変換された中間周波信号は、狭帯域フィルタにより分解能帯域幅が設定される。さらに利得調整増幅器で基準レベル、対数・リニア増幅器により縦軸目盛係数の対数・直線の増幅(LOG/LIN)が設定される。そして中間周波信号は検波器で検波された後、映像フィルタを通過して表示部にレベル表示される。

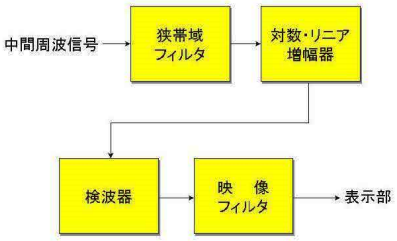


図 1.8 中間周波部のブロックダイヤグラム

(4)分解能帯域幅と掃引時間との関係

分解能帯域幅とは、観測する信号をどこまで細かく分解して観測できるかの能力を示すもので、分解能帯域幅が狭くなるにつれて実際のスペクトラムに近づく。

分解能帯域幅は固定フィルタの帯域幅（B）で設定されるが、掃引時間との関係でスペクトラムがひずみ、振幅も低下してしまうことがあるので注意する必要がある。

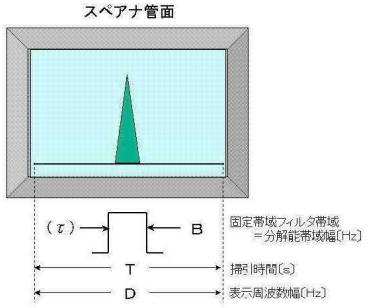


図 1.9　分解能帯域幅と掃引時間の関係

いま、図 1.9 に示すように、固定フィルタの帯域幅を B〔Hz〕、表示部の表示周波数幅を D〔Hz〕、掃引時間を T〔sec〕と設定しているものとする。

この場合、分解能帯域幅は固定フィルタの帯域幅と同じ B〔Hz〕と設定されている。

ここで、高周波部で周波数変換され掃引されている中間周波信号が分解能帯域幅 B〔Hz〕の帯域幅を掃引される時間 τ〔sec〕は、

$$\tau = (B / D)\ T \quad [sec]$$

となる。ここで得られるスペクトラムの周波数帯域幅 f は、

$$f = 1 / \tau \quad [Hz]$$

となり、この f がフィルタを完全に通過できなければスペクトラムがひずんでしまう。

例として、

分解能帯域幅 B＝100Hz
掃引時間 T＝50ms
表示周波数幅 D＝200kHz

に設定したとすると、τ＝25μsec、f＝40kHz となり、スペクトラムの帯域幅 f はフィルタの帯域幅 B の 400 倍になり、フィルタを通過できない。

そのためスペクトラムはひずみ、振幅も低下してしまう。

このような場合に、B を 100Hz のままで正しく測定するには、掃引時間を

遅くして例えばt＝20sec以上に設定するとスペクトラムの帯域幅fは100Hz以下になり、フィルタを通過できるようになるので、ひずみなく測定できる。

また、T＝50msのままで正しく測定するには、スペクトラムが通過できるまでフィルタの帯域つまり分解能帯域幅を広げればよく、例えばB＝40kHz以上に設定すればひずみなく測定できる。

なお、FSH型のスペアナは、これらを内部で自動計算しているので、極端に無理な値は設定できないようになっている。

コラム

スペアナの主要性能

スペアナの性能に関する主要項目の説明を以下に説明する。

○ **測定範囲(Frequency Range)**：測定できる周波数の範囲を示している。

○ **分解能帯域幅（Resolution Band Width）**：観測する信号をどこまで分解して細かく観測できるかの能力を示すもので、分解能の周波数が狭くなるにつれて、実際のスペクトラムに近似する。測定する信号の帯域幅やどこまで細かく分解する必要があるかを考慮する。

○ **周波数幅（Frequency Span）**：表示部横軸（周波数軸）の間隔設定値を表す。

○ **映像フィルタ（Video Filter）**：測定信号に含まれるランダムノイズ成分を除去する。

○ **基準レベル(Reference Level)**：表示部縦軸方向に被測定信号のレベルが表示されるが、このうち最上部の目盛位置のレベルを基準レベルという。

○ **単位（Unit）**：一般にテレビの受信系（ケーブルテレビなど）でレベルを表す場合はdB(μV)をdBμと略称し、電波の強さを表す場合はdB（μV／m）をdBfと略称して使用する。衛星放送やデジタル放送ではdB（mW）をdBmと略称して使用する。

○ **入力インピーダンス（Input Impedance）**：一般にテレビの受信

1.2　基本操作

1.2.1　一般的な測定の手順

スペアナによる信号測定を行うには、測定したい信号の周波数、帯域幅、振幅などに合わせ操作パネル上の各種つまみを調節する必要がある。一般的な測定手順を図 1.10 に示す。

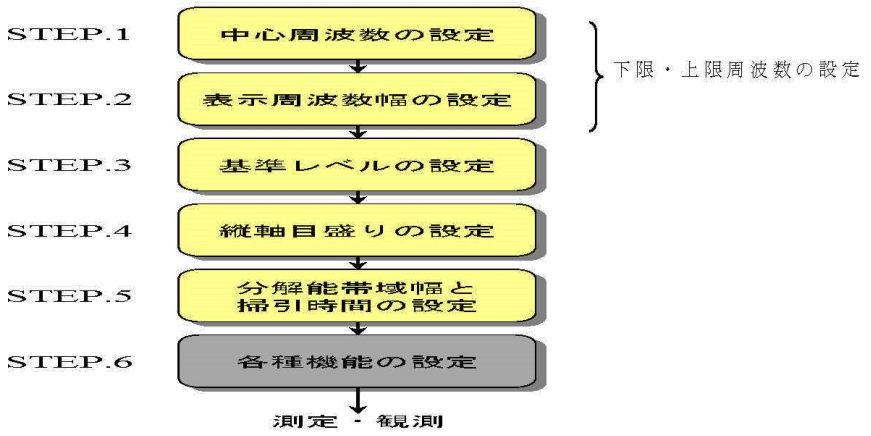


図 1.10　一般的な測定手順

(1)下限（START）・上限（STOP）周波数の設定

図 1.11 に示すように、スペアナの表示部左側に表示される信号の周波数を下限周波数、右側に表示される信号の周波数を上限周波数という。

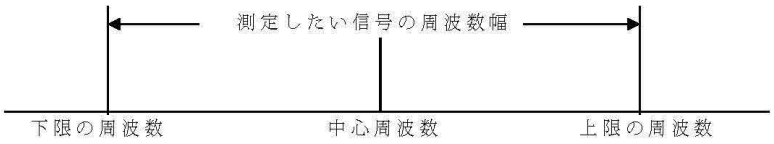


図 1.11　中心周波数と下限・上限周波数

(2)中心周波数（Center　Frequency）の設定

図 1.11 に示すように、スペアナの表示部中央に表示される信号の周波数を**中心周波数**という。写真撮影時には、まず被写体の中心部を画面の中央に合わせるように、測定したい信号波形の中心周波数をスペアナの中心周波数に合わせることを中心周波数の設定という。中心周波数は、測定したい信号の周波数幅の下限と上限の周波数から次式により求めることができる。

中心周波数＝
(下限の周波数+上限の周波数)/2

ケーブルテレビ関連で測定する代表的な中心周波数の値を第 4 章資料編「4.8 代表的な中心周波数」に示す。

具体的な設定方法は、操作パネルなどもスペアナの機種毎に異なるので、使用するスペアナの取扱説明書に従って設定するとよい。

(3)表示周波数幅(Frequency Span)の設定

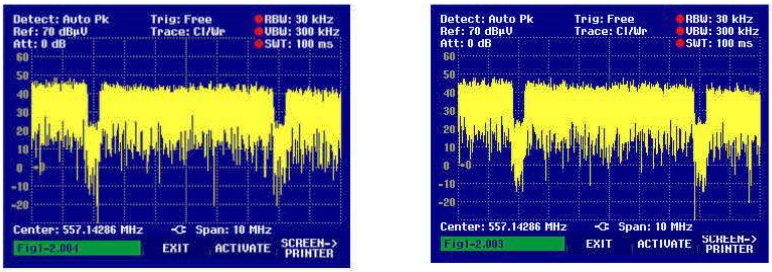
表示周波数幅とは、スペアナの表示部横軸上に表示される周波数の下限値と上限値との差をいう。表示周波数幅の値は、測定する信号の帯域幅より上下に少し広く設定する。これは一つには、一目盛り当たりの周波数を整数値として暗算で計算できるように、そして観測波形に隣接する波形（妨害波など）の様子を見て正確な測定をするのに必要となる。

この表示周波数幅と中心周波数とを調節すれば、特定の周波数区間を拡大して観測することもできる。妨害波を探す場合などで効果的である。第 4 章資料編「4.10 表示周波数幅の目安値」を各帯域毎に表示周波数範囲の目安を示す。

(4)基準レベル(Reference Level)の設定

スペアナの縦軸方向には、測定する信号レベルが表示される。この最上部の目盛位置のレベルを**基準レベル**といい、操作パネル上で設定する。信号レベルが基準レベルを超えると波形が表示部からはみ出して測定できなくなるので、信号波形のピーク値が最上部の目盛位置から 1～2 目盛程度下がった位置になるように調節する。その際、以後の測定で信号レベルの読取が容易になるように、基準レベルの値は、90dB(μV)、80dB(μV)などのように区切りのよい値に設定する。

図 1.12 に基準レベルを変えた時の波形の変化を示す。



(a) 基準レベル 40dBμ の時　　(b) 基準レベル 70dBμ の時

図 1.12 基準レベルを変えた時の波形

信号のレベルが高すぎて基準レベルの設定範囲を越える場合は、スペアナ内部の入力アッテネータ値を設定できる機種はアッテネータ値を大きくして、設定範囲内に収まるようにする。さらに、必要な場合は外部にアッテネータを付加する。

信号レベルが低すぎて波形の観測ができない場合には、スペアナ内部の入力アッテネータを 0dB（スペアナは入力回路を保護するために常にアッテネータが 10dB 入っている）にする。

さらに入力不足の場合は、外付けのプリアンプを使用する。

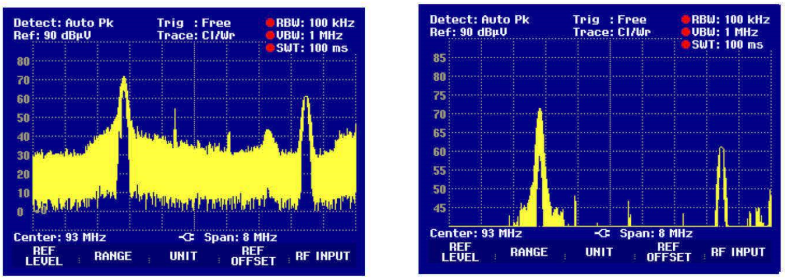
なお、入力信号レベルの大きさによって、基準レベルが自動的に設定されるスペアナもある。（例、FSH 型ハンドヘルドスペアナ）

(5)縦軸目盛(dB/div)の設定

レベルを測定する場合、表示部縦軸方向に波形を拡大して表示させることができれば、より精密な測定が可能となる。

このために縦軸目盛幅を設定する機能が設けられている。設定は、縦軸方向 1 目盛あたりのレベルを示す値〔dB／div〕を、希望する値に切り替えて行う。

例えば、図 1.13 に示すように、縦軸目盛幅 10dB／div に設定した波形表示を、5dB／div に設定を変更すると、波形は縦軸が 2 倍に拡大されて表示され、より細かなレベル測定が可能となる。



(a) 縦軸目盛幅 10dB／div　　(b) 縦軸目盛幅 5dB／div

図 1.13 縦軸目盛の値を変えた時の波形

(6)分解能帯域幅(Resolution Band Width)の設定

スペアナは、測定周波数範囲の信号を周波数順に狭帯域フィルタで次々に抜取って、そのレベルを周波数順に並べて表示部に波形として表示している。

従って図 1.14(a)に示すように、近接する 2 つの信号がある場合、その周波数間隔がフィルタの帯域幅つまり分解能帯域幅より狭い場合は 2 つの信号を分離することができず、1 つの波形として表示されてしまう。このような場合、図 1.14(b)に示すように、分解能帯域幅を切替えて 2 つの信号の周波数間隔より狭くすると、信号は分離されて表示部に表示される。このようにスペ

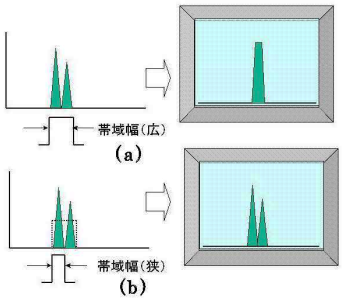


図 1.14 分解能帯域幅の切替

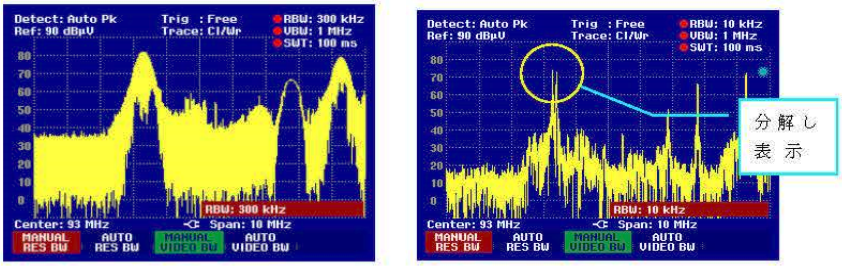
アナでは分解能帯域幅の設定ができるようになっている。

図 1.15 は妨害波が混入している時の NTSC 信号の波形である。図 1.15(a)は分解能帯域幅を 300kHz に設定しているため、妨害波は 1 つになってしまい見分けることはできないが、図 1.15(b)では分解能帯域幅を 10kHz に狭くしたため丸印のように近接した妨害波が分離されて表示される。

分解能帯域幅を切替えると波形のレベルが変わることがある。分解能帯域幅を狭くしたとき掃引時間が短かすぎると波形が完全に表示されるまでにレベルが低下するので、掃引時間を長くなるように調整する。

また、スペアナは周波数を掃引して得られるスペクトラムの波形のピークをレベルとして表示しているので、分解能帯域幅を広くすると、その帯域内を通過する信号周波数成分が多くなり、スペクトラムの波形が変わり、その結果表示されるレベルが高くなることがある。

単一周波数の搬送波の場合は、スペクトラムの広がりがないので掃引時間の設定が適正であれば帯域によるレベル変化はない。



(a) 分解能帯域幅 300kHz　　(b) 分解能帯域幅 10kHz

図 1.15 分解能帯域幅を変えたときの波形

(7) 掃引時間(Sweep Time)の設定

スペアナ表示部を左端から右端までの間を 1 回走査するのに要する時間を**掃引時間**といい、走査パネル上で時間値（sec、秒単位）を設定することができる。

例えば、中心周波数 620MHz、表示周波数幅 300MHz、分解能帯域幅 1MHz、掃引時間 50msec で UHF 帯テレビ信号波形を観測したとすると、表示周波数幅 300MHz の間を 50msec で走査するので、1MHz の間を約 0.17msec で走査する、つまり波形 1 個あたり数千分の一秒以下で測定して表示していることになる。

前述の分解能帯域幅設定時に、帯域幅を狭くしすぎると表示レベルが不正確となることがあったが、掃引時間も短くしすぎると表示レベルが不正確になる。掃引時間や分解能帯域幅を誤って設定することがないよう、一般に、スペアナには表示レベルが不正確であることを示す警告機能（UNCAL 等と赤字で表示される）が備えられている。または、異常な値は設定できないようにしてある。

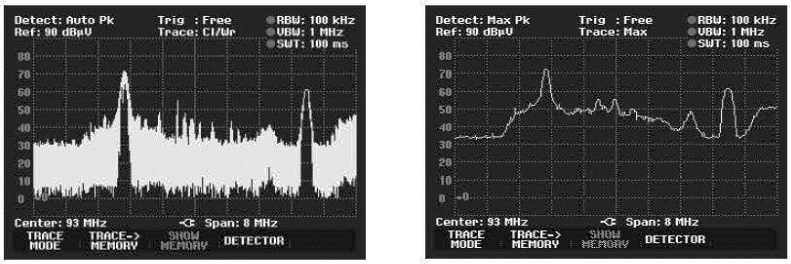
1.2.2　スペアナの便利な機能

(1)マックスホールド(Max Hold)機能

振幅が変動する波形を測定するとき、波形の最大値を表示させることができればレベル測定が容易かつ正確になる。

この機能を**マックスホールド**（最大値保持機能）といい、操作パネル上にあるキーなどで設定できる。

図 1.16 にマックスホールド機能の未使用時と使用時の波形例を示す。



(a)　未使用時　　**(b)　使用時**

図 1.16　マックスホールド機能

(2)　マーカー表示機能(Marker)とピークサーチ(Peak Serch)機能

スペアナでは通常、表示部に表示される信号波形のレベルや周波数の値を、表示部の目盛を利用して読み取ることが多いが、図 1.17 に示すように表示部上にマーカーにマーカー位置のレベルと周波数値を表示させる機能を持つ。これを**マーカー**表示機能という。

操作パネル上のキーでマーカーを設定した後、周波数調節ダイヤルでマーカーを測定したい波形位置に合わせレベルならびに周波数を読み取る。波形のレベルが変動してマーカー位置が安定しないときは、マックスホールドを使用して表示波形を安定させた上でマーカーを表示させるとよい。

ピークサーチ機能は、表示部に表示される波形のうちレベルが最大となる位置にマーカーを自動的に移動させる機能である。二つのマーカーの間の周波数差とそのレベル差を表示する**デルタマーカー**（Delta Marker）や、マーカーを次のピーク値の位置に次々に移動させる**ネクストピーク**（Next Peak）機能を持つものもある。

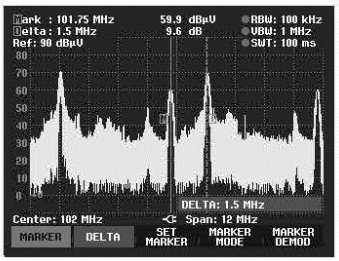


図 1.17　マーカー機能およびデルタマーカー機能

（Mark は周波数 101.75MHz レベル 59.9dB を、Delta はその位置から 1.5MHz 離れた周波数と Mark 位置レベルとの差のレベル値（9.6dB）を示す。）

(3)トレース(Trace)機能

スペアナの機種によっては、波形を静止させ、測定結果を重ねて表示させるトレース機能を持つものもある。

(a)ハンドヘルド型スペアナ（FSH 型）のトレース機能

図 1.18 のように表示波形をメモリーに記憶し、メモリーを呼び出すことにより、以降に測定した波形に重ね併せて観測する。

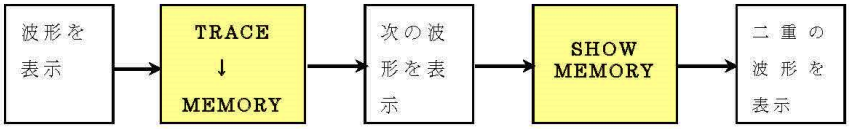


図 1.18 ハンドヘルド型スペアナ（FSH 型）のトレース機能

図 1.19 はハンドヘルドスペアナ（FSH 型）のトレース機能（SHOW MEMORY)を使用して二つの波形を同時に表示させた例を示す。

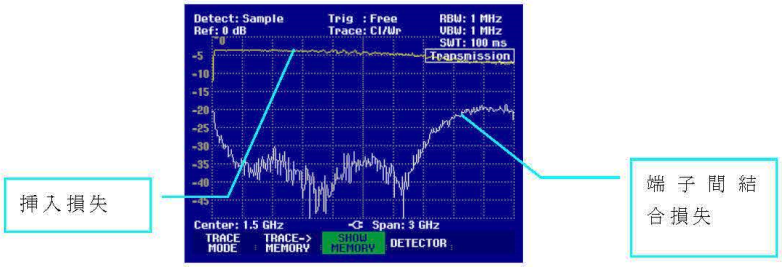


図 1.19 トレース機能の例（2 分配器（BS,CS 用）の挿入損失と端子間結合損失）

(b) 一般的なスペアナのトレース機能

Ａチャンネルと Ｂチャンネルを切り替えて表示する。

トレースの主な機能は、例えば、

○波形をメモリに格納するとともに、表示部に表示する（Write）

○波形を静止(View)させる

○波形をメモリ（B）に格納し、メモリの内容と表示部の波形（A）を重ねて表示する

などがあり、Ach と Bch は同時に表示可能である。

コ ラ ム

スペアナの検波モードによる測定値の違い（１）

○　スペアナを用いてデジタル変調信号の電力や雑音電力を測定をする場合、使用する検波モードや、平均処理の方法により測定結果が異なる。各検波モードの動作およびその測定値の違いには注意が必要である。

○　スペアナの主な検波モードは、「Posi Peak」,「Nega Peak」,「Normal」,「Sample」の４つがある。また、「rms」,「Average」の検波モードを持つスペアナもある。

第２章　スペアナで電波を測る

2.1　UHF、FM、VHF 帯の測定

2.1.1　UHF 帯の測定

(1)チャンネル番号と周波数

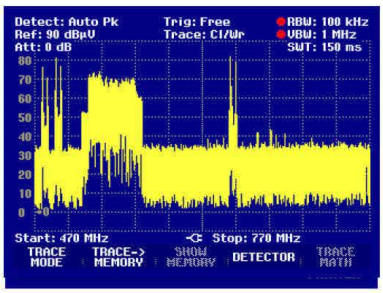
わが国では UHF 帯テレビ放送用に 52 チャンネル分の電波が割り当てられている。

チャンネル番号と周波数の関係は、**第 4 章資料編「4.1 UHF 帯のチャンネル番号と周波数」**に示すとおりである。

各チャンネルは 6MHz 間隔で区切られている。チャンネル番号と周波数は 1～52ch、470～710MHz まで連続している。

(2)スペアナによる UHF 帯の測定

スペアナによる UHF 帯の測定例を図 2.1 に示す。一般に、UHF 帯の電波をアンテナ出力で観測する場合、受信チャンネル毎に電波到来方向が異なる場合が多いので、チャンネル毎にアンテナ方向を調整する必要がある。



（設定値）
- 中心周波数：　590MHz
- 表示周波数幅：　240MHz
- 基準レベル：　90dB(μV)
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　30kHz
- 映像フィルタ：　300kHz
- 掃引時間：　100msec

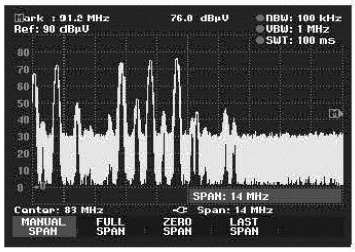
図 2.1 UHF 帯の測定例

2.1.2　FM 帯の測定

FM 放送波帯は 76MHz～90MHz であり、この間に 100kHz 間隔で放送局が割当てられている。従って、スペアナで FM 放送波帯の全域を観測するに

は、中心周波数 83MHz、表示周波数幅 14MHz、分解能帯域幅 100kHz 以下に設定する。レベル測定は、表示部に表示された波形の先端レベルを読み取ればよい。

FM 放送波帯の全域を観測した例を図 2.2 に示す。



（設定値）
- START 周波数： 76MHz
- STOP 周波数幅： 90MHz
- 基準レベル： 80dB(μV)
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 30kHz
- 映像フィルタ： 300kHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.2 FM 放送帯の測定例

2.1.3 VHF-CATV 帯の測定

(1)チャンネル番号と周波数

わが国では VHF 帯テレビ放送用に 12 チャンネル分の電波が割当られていたが、地上デジタル放送の開始により廃止された。しかし、CATV 等のケーブル内伝送にはこの分け方は残っている。

このチャンネル番号と周波数の関係は、第 4 章資料編「4.6 VHF-CATV 帯のチャンネル番号と周波数」に示すとおりである。各チャンネルは 6MHz で区切られているが、チャンネル番号 7 と 8 が 2MHz 重複していることに注意を要する。また、チャンネル番号は 1～12 まで連続しているが、1～3 チャンネルの電波と 4～12 チャンネルの電波は周波数が離れているため、チャンネル番号 1～3 を VHF-CATV ローチャンネル、4～12 を VHF-CATV ハイチャンネルと便宜上呼ぶこととする。

(2)スペアナによる VHF-CATV 帯の測定

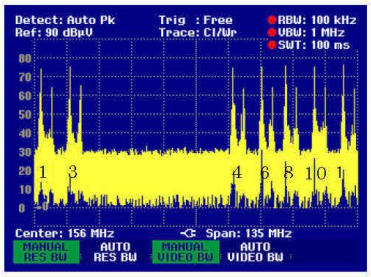
スペアナで VHF-CATV 帯のレベルを測定するには、第 4 章資料編「4.6 代表的な中心周波数値」「4.10 表示周波数幅の目安値」を参考に中心周波数および表示周波数幅を設定して、マックスホールドおよびマーカー機能を用いて波形の先端レベルを読み取ればよい。

図 2.3 に VHF-CATV 帯の測定例を示す。

個別チャンネルのレベルを測定する場合は、第 4 章資料編「4.6 VHF-CATV 帯のチャンネル番号と周波数」を参考に中心周波数、表示周波数幅(8～10MHz 程度)を設定して、同様に測定する。

受信アンテナ出力を測定する場合は、アンテナにスペアナを接続し、アンテナ方向を最大感度方向に合わせて同様に測定する。

測定したスペアナ入力端子電圧 V_t から**受信電界強度** E_f は次式で算出する。



（設定値）
- 中心周波数： 90MHz
- 表示周波数幅： 222MHz
- 基準レベル： 90dB(μV)
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.3 VHF-CATV 帯の測定例

$$E_f〔dB(\mu V／m)〕 = V_t - 20\log(\lambda／\pi) - G_a + L_f + 6$$

ただし、E_f：受信電界強度〔dB(μV／m)〕
V_t：スペアナ入力端子電圧〔dB(μV)〕　λ：波長〔m〕
G_a：受信アンテナの相対利得〔dB〕　L_f：ケーブル損失〔dB〕
＋6：終端値から開放値への換算値〔dB〕

2.2 地上デジタル放送波の測定

地上デジタル放送では、伝送方式に直交周波数分割多重（OFDM:Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式を使用している。OFDM 方式は、多数の搬送波（モード 1:1,405 本、モード 2:2,809 本、モード 3:5,617 本）に情報を分散させて伝送するマルチキャリア方式である。OFDM の信号波形は、このように多くの搬送波で構成されるため、その合成されたスペクトラムは矩形に近い形になる。

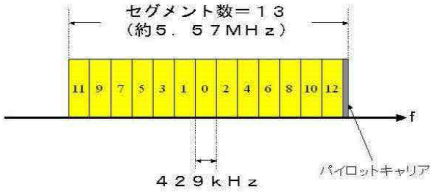


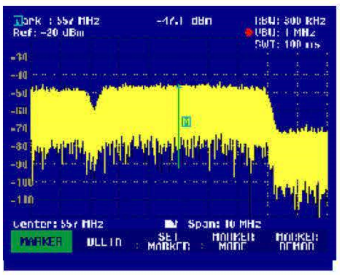
図 2.4 地上デジタル放送波のフレーム構成

図 2.4 に地上デジタル放送波の構成を、図 2.5 にスペクトラムの観測例を示す。

なお、地上デジタル放送波はアナログ放送との混信を避けるため中心周波数が

1/7MHz（=142,857Hz）

だけ高い周波数としている。

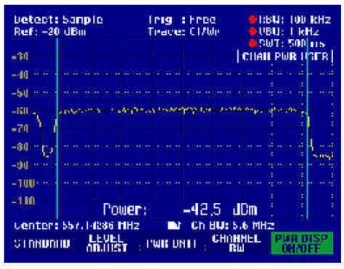


（設定値）
- 中心周波数：　557.142857MHz
- 表示周波数幅：　10MHz
- 基準レベル：　70dBμ
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　30kHz
- 映像フィルタ：　300kHz
- 掃引時間：　100ms

図 2.5　地上デジタル放送波（第 27 チャンネル）の観測例

2.2.1　信号レベル（C）の測定

地上デジタル波の信号レベルは、帯域内の電力を測定する。図 2.6 に、スペアナの**チャンネルパワー機能**を使用した地上波デジタル放送の信号レベル測定例を示す。



（設定値）
- 中心周波数:　557.142857MHz
- 表示周波数幅：　10MHz
- 基準レベル：　70dBμ
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　30kHz
- 映像フィルタ：　300kHz
- 掃引時間：　100ms
- チャンネル BW：　5.6MHz

図 2.6 地上デジタル放送波（第 27 チャンネル）の信号レベル測定(例)

＜操作方法＞

① FREQ→CENTER FREQ→（中心周波数の入力、UHF-27ch の例）
557.142857MHz
② SPAN→（周波数間隔の入力）10MHz
③ AMPT→REF LEVEL→（基準レベルの入力）70dBμ
④ BW→MANUAL RES BW→（分解能帯域幅の入力）30kHz
→MANUAL VIDEO BW →（映像フィルタの入力）300kHz
⑤ SWEEP→（掃引周波数の入力）100msec
⑥ TRACE→DETECTOR→SAMPLE
⑦ MEAS→MEASURE→PWRUNIT→dBμ
→CHANNEL POWER→CHANNEL BW　5.6MHz
⑧ TRACE MODE→AVERAGE→（信号レベル C の読みとり）　90.1dBμ

2.2.2 雑音レベル（N）の測定

雑音レベル（N）は、ノイズヘルツ機能を用いて測定し、帯域幅は 5.6MHz とする。

次に、スペアナによる地上波デジタルの雑音レベル測定例を示す。

①スペアナの設定

・映像フィルタ　　1kHz

・掃引時間　　5 sec

②マーカー測定単位をノイズヘルツモードである〔dBμV／Hz〕とし、OFDM 信号の帯域幅 5.6MHz を設定する。

③マーカー周波数は、OFDM 信号の帯域外（ガードバンド）として、信号レベル読み取りの前に、20 回程度のアベレージングをしてレベルを平均化させる。

④読み取ったマーカー値を雑音レベル（N）とする。

ノイズヘルツモードで帯域幅が入力できる場合は 5.6MHz を入力して得られた値を使用し、入力できない場合は帯域幅換算して使用する。

（=10log5,600,000=67.48dB）

図 2.7 に地上デジタルの雑音レベル測定例を示す。

＜操作方法＞

① MEAS→MEASURE→ANALYZER→TRACE
→TRACE MODE→CLEAR/WRITE

② BW→（ビデオフィルターの変更）→SWEEP→（掃引周波数の変更）
1kHz　　5sec

③ TRACE→DETECTOR→rms→MARKER→（帯域外へ移動）

③ MARKER MODE→NOISE→（雑音レベル N の読みとり）-17.2dBμ/Hz



（設定値）

・中心周波数：	457.142857MHz
・表示周波数幅：	10MHz
・基準レベル：	90dBμ
・縦軸目盛：	10dB／div
・分解能帯域幅：	100kHz
・映像フィルタ：	1kHz
・掃引時間：	5 sec

図 2.7 地上デジタル（第 27 チャンネル）の雑音レベル測定(例)

2.2.3　CN 比の測定

地上デジタル放送では、有線テレビジョン放送法施行規則で、受信者端子における CN 比は 24dB であるが、放送電波は受信機所用 CN 比を 25dB としている。

しかし、実際には、マルチパス等の条件が加わるため、これらを総合的に BER（ビットエラーレート）で規定する。

つまり、地上デジタル放送信号の再送信伝送機器の入力端子でリードソロ

モン（204、188）訂正前の BER=1×10^{-4} 以下とする。

(1)信号レベル（C）と雑音レベル（N）は、前項で説明した値を使用する。

(2)CN 比は、CN 比＝C－N－67.48〔dB〕となる。

測定例の CN 比は、図 2.6 から信号レベル（C）を、図 2.7 から雑音レベル（N）を読みとり算出する。

CN 比＝90.1－（－17.2）－67.48＝38.8〔dB〕

なお、地上デジタル放送波は、隣接チャンネル配列となるため、正確な雑音レベルを求めることが難しく、この方法で求められた CN 比は目安値として取り扱う。

このほかに、MER 値から N 値を求める方法も開発されている。

2.3 BS デジタル放送波の測定

2.3.1 BS－IF 信号の測定

(1) BS－IF 伝送方式

BS－IF 伝送方式は、BS コンバータから出力される BS－IF 信号を、そのまま伝送する方式である。

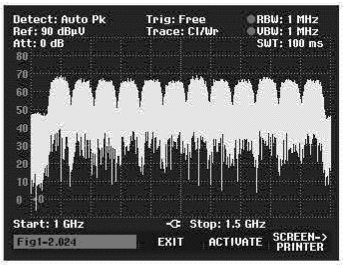
放送衛星から送信される電波は、周波数が 11.71398～12.00950GHz（通称：12GHz 帯）で測定が難しいため、一般的には、BS コンバータで第 1 中間周波数の BS－IF 帯（通称：1GHz 帯、1.03598～1.48869GHZ）に変換された信号を測定する。

(2) BS デジタル信号の観測

BS デジタル放送の電波は、放送衛星から放送されている。BS デジタル 8 波（BS－1、3、5、7、9、11、13、15）と BS 拡張チャンネル（BS－17、19、21、23）の 12 波が、BS－IF 信号に変換されて伝送される。

BS デジタル放送は位相変調（TC8PSK）で 1 チャンネル当たりの占有帯域幅は 34.5MHz であるが、スペアナで測定する場合はデジタル変調であるためナイキスト帯域幅 28.6MHz で測定する。

図 2.8 に BS12 波を受信したときの BS－IF 帯の波形を示す。



（設定値）

- START 周波数： 1GHz
- STOP 周波数： 1.5GHz
- 基準レベル： 90dBµ
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.8 BS－IF 帯の波形

2.3.2　雑音レベルと CN 比の測定

(1) 信号レベルの測定

デジタル波の信号レベルは帯域内の電力を測定する。このため、スペアナの基準レベルの単位も〔dBμV〕から〔dBmW〕に変更するのが好ましいが、長年の慣れるあるため〔dBμV〕でも良い。スペアナによる電力の測定にはトータルパワー（Total Power）とチャンネルパワー（Channel Power）による方法がある。(この機能のないスペアナでは、デジタル信号を雑音と見なしてノイズヘルツ機能を使用して測定し、帯域換算する。)

チャンネルパワー機能は、任意の表示幅で被測定スペクトラムを表示し、電力を測定する帯域幅を指定してその範囲の電力を測定する。

トータルパワー機能は、被測定スペクトラムの帯域を周波数軸一杯に表示してその電力を測定するものであるが、最近は余り用いられない。

(a)チャンネルパワー機能を使用する場合

図 2.9 にチャンネルパワー機能を用いた測定例を示す。

＜操作方法＞（FSH 型）

① FREQ→CENTER FREQ→（中心周波数の入力、BS-15 の例）
1.31800GHz

② SPAN→（周波数間隔の入力）50MHz

③ AMPT→REF LEVEL→（基準レベルの入力）90dBμ

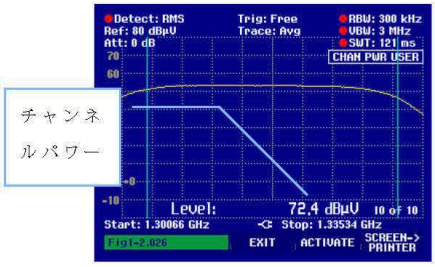
④ BW→MANUAL RES BW→（分解能帯域幅の入力）300kHz
→MANUAL VIDEO BW →（映像フィルタの入力） 3MHz

⑤ SWEEP→（掃引周波数の入力）100msec

⑥ TRACE→DETECTOR→SAMPLE

⑦ MEAS→MEASURE→CHANNEL POWER→CHANNEL BW 28.9MHz

⑧ TRACE→TRACE MODE
→AVERAGE→（信号レベル C の読みとり） 72.4dBμ



（設定値）
- 中心周波数： 1.318GHz
- 表示周波数幅： 50MHz
- 基準レベル： 80dBμ
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 300kHz
- 映像フィルタ： 3MHz
- 掃引時間： 100ms
- チャンネル BW 28.9MHz

図 2.9　BS デジタル信号レベルの測定例（チャンネルパワー機能）

(b)トータルパワー機能を使用する場合

トータルパワー機能を用いた信号レベルの測定は、（U3641 型の例）
MEAS2→POWER MEAS

→TOTAL POWER
と操作し,信号レベル（C）を読み取る。

(c)電力測定機能がない場合

この場合は、デジタル波を雑音と見なして、信号帯域内の数ポイントをノイズヘルツ機能で測定して、平均した値を信号レベル（C）とする。

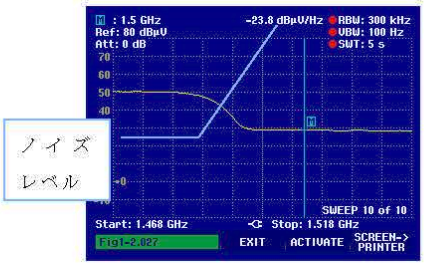
(2) 雑音レベル（N）

信号レベルの測定後、スペアナの設定値のうち表示周波数幅と映像フィルタおよび掃引時間の値を次のように変更する。

<スペアナの設定値>
- 表示周波数幅　50MHz
- 映像フィルタ　100Hz
- 掃引時間　5sec

雑音レベル（N）は、ノイズヘルツ機能を設定して、マーカーを帯域外のただし、デジタル信号の場合、隣り合うチャンネルとの間の真の雑音成分を測定することが困難であるため、測定値は目安値として取り扱う。したがって、CN 比の目安値となる。

平坦な位置に移動し、左右 2 ポイントづつ計 4 ポイントの平均値とする。
図 2.10 に BS デジタルの雑音レベルの測定例を示す。ここで 74.61dB は、1Hz 当たりの雑音レベルを BS デジタル放送の雑音帯域幅 28.9MHz に換算する値である。



（設定値）
- 中心周波数：　1.5GHz
  （ノイズ測定用に中心をずらす）
- 表示周波数幅：　50MHz
- 基準レベル：　80dBµ
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　300kHz
- 映像フィルタ：　100Hz
- 掃引時間：　5sec

図 2.10 BS デジタル信号の雑音レベル測定例

(3)CN 比の算出

CN 比は、
CN 比＝C－N－74.61〔dB〕
式で求める。

この例では、
CN 比＝72.4-（-23.8）-74.61
＝21.59〔dB〕

となる。

なお、電気通信審議会答申（平成 10 年）では、所用 CN 比=11dB（リードソロモン符号による誤り訂正前 BER=2×10^{-4}）となっている。

コ ラ ム

スペアナの検波モードによる測定値の違い（２）

○　レベル測定は、一般的にアナログ信号は「Posi Peak」、デジタル信号は「Sample」を使用する。

①**Sample**：掃引に同期したサンプルポイントにおける検波信号のレベルを表示する。

②**Posi Peak**：掃引に同期したサンプルポイントの間の最大値を表示する。

③**Nega Peak**：掃引に同期したサンプルポイントの間の最小値を表示する。

④**Normal**：サンプルポイントにおける検波波形のスロープ(傾き)を判定し、正のスロープならばサンプルポイント間の最大値を表示し、負のスロープならば最小値を表示する。振幅変動のある信号の振幅幅が表示できる。

2.4　CS デジタル放送波の測定

2.4.3　CS－IF 信号の測定

(1)110 度 CS 放送電波の周波数配列

110 度 CS 放送は、図 2.11 に示すように BS 放送波の上側の 12GHz を使用し、帯域幅 34.5MHz、中心周波数間隔 40MHz で右旋円偏波が ND2～ND24 の偶数チャンネルに 12 チャンネルが割り当てられている。（また、左旋円偏波が ND1～ND23 の奇数チャンネルに 12 チャンネルが割り当てられているが、現在は使用されていない。）

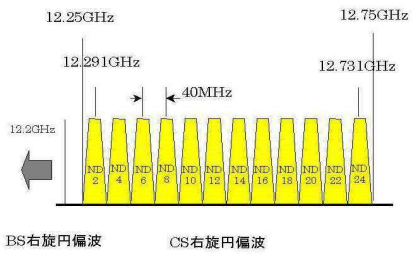


図 2.11　110 度 CS 放送電波の周波数配列

(2)110 度 CS－IF の周波数配列

周波数間隔 40MHz、帯域幅 34.5MHz となっている。
110 度 CS－IF 帯のチャンネル番号と周波数範囲の関係は第 4 章「4.6 110 度 CS（CS-IF 帯）のチャンネル番号と周波数」に示した。

。

2.4.4 雑音レベルと CN 比の測定

(1) 信号レベルの測定

2.4.1（1）の方法で信号レベル（C）を求める。BS デジタル放送波の測定の項で説明した方法と同様の方法で信号レベル（C）を測定する。

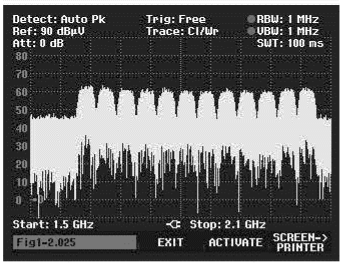
ただし、スペアナの設定は中心周波数を CS－IF のチャンネルの中心周波数に合わせる。

(2) 雑音レベルの測定

N 2.4.2(2)の方法で求める。ただし、チャンネル間に信号の隙間がない（つまり、ノイズを測定できない状態）ので、ノイズヘルツ機能を設定してマーカーを CS-IF 帯域外の平坦な位置に移動し、N の値の目安値を求める。

(3)CN 比の算出

CN 比（目安値）＝C－N－74.61〔dB〕となる。ここで、74.61〔dB〕は、1Hz あたりの雑音レベルを 110 度 CS デジタル放送の帯域幅 34.5MHz に換算する値である。なお、CS110 度デジタルも BS デジタルと同様な緒言のため、電気通信審議会答申（平成 10 年）では、所用 CN 比=11dB（リードソロモン符号による誤り訂正前 BER $=2\times10^{-4}$）となっている。



（設定値）

- START 周波数： 1.5GHz
- STOP 周波数： 2.1GHz
- 基準レベル： 90dBµ
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.11 110 度 CS－IF 帯の観測例

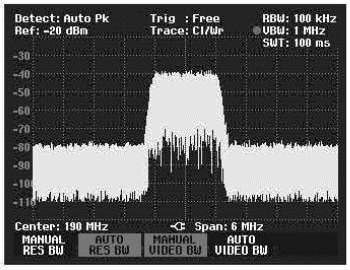
2.5 マルチメディア放送

2012(平成 24)年 4 月**マルチメディア放送**の放送開始 ISDB-Tmm 方式採用。（Terrestrial for mobilemultimedia）

207.5MHz～222MHz（14.5MHz 帯域）を使用して、全国向けマルチメディア放送を開始。

（なお、VHF_Low チャンネルは、地方ブロック向けのマルチメディア放送に使用する。）

図 2.12 にマルチメディア放送の観測例を示す。



（設定値）
- 中心周波数： 190MHz
- 表示周波数幅： 6MHz
- 基準レベル： －20dBm
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 2.12 マルチメディア放送の観測(例)

2.5.1 信号レベルの測定

信号レベルは、地上デジタル放送波と同様に帯域内の電力（チャンネル BW は 14.5MHz）を測定する。

2.5.2 雑音レベルと CN 比の測定

信号レベル（C）は前項で説明した値を使用する。雑音レベル（N）はノイズヘルツ機能を用いて測定し、帯域幅は 14.5MHz とする。

次に、スペアナによる地上波デジタルの雑音レベル測定例を示す。

①スペアナの設定は、
- ・映像フィルタ 100Hz
- ・掃引時間 5 sec

とする。

②マーカー

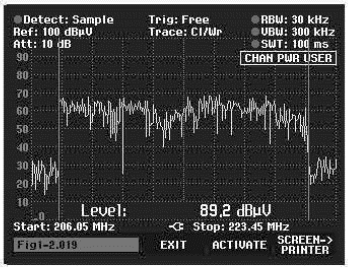
測定単位をノイズヘルツモードである〔dBμV／Hz〕とし、OFDM 信号の帯域幅 14.5MHz を設定する。

③マーカー周波数は、OFDM 信号の帯域外（ガードバンド）として、信号レベル読み取りの前に、20 回程度のアベレージングをかけレベルを平滑化させる。

④読み取ったマーカーの実測値を雑音レベル（N）とする。

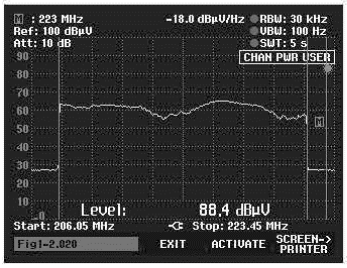
ノイズヘルツモードで帯域幅が入力できる場合は 14.5MHz を入力して得られた値を使用し、入力できない場合は帯域幅換算（71.6dB）して使用する。

CN 比は、CN 比＝C－N－71.6〔dB〕となる。



（設定値）
- スタート周波数：206.05MHz
- ストップ周波数： 223.45MHz
- 基準レベル： 100dBμ
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 30kHz
- 映像フィルタ： 300kHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.13(a) マルチメディア放送の C の測定



（設定値）
- スタート周波数：206.05MHz
- ストップ周波数： 223.45MHz
- 基準レベル： 100dBμ
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 30kHz
- 映像フィルタ： 300kHz
- 掃引時間： 100msec

図 2.13(b) マルチメディア放送の N の測定

CN 比＝89.2-(-18.0)－71.6 =35.6〔dB〕

（参考）デジタル放送スペアナ設定値（資料 4.11 関連）

	BS デジタル	地上デジタル	CATV デジタル
測定帯域幅	28.9MHz	5.6MHz	5.3MHz
表示周波数幅	50MHz	10MHz	10MHz
分解能帯域幅	300kHz	30kHz	100kHz
映像フィルタ	3MHz	300kHz	1MHz
検波モード	サンプル	サンプル	サンプル
平均化	要	要	要

第３章　ケーブルテレビシステムの測定と調整

３．１　MID 帯、SHB 帯の測定

3.1.1　ミッドバンド（MID）帯の測定

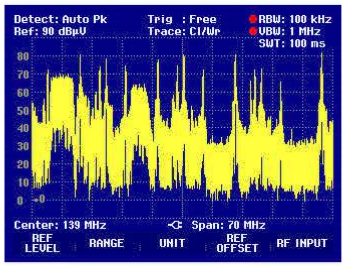
(1)チャンネル番号と周波数

ケーブルテレビシステムで使用する MID 帯は、VHF ローチャンネルとハイチャンネルとの間（108MHz～170MHz）に C13～C22 の 10 チャンネル分が割り当てられている。１チャンネル当りの帯域は VHF 帯と同様に 6MHz である。チャンネル番号と周波数の関係は、第４章「4.4 MID 帯のチャンネル番号と周波数」に示すとおりであるが、C21 と C22 チャンネルの間は、2MHz 空いている。

(2)スペアナによる MID 帯の測定

MID 帯の帯域（108～170MHz）の測定は、スペアナの START 周波数を 108MHz、STOP 周波数を 170MHz に設定する。その他は VHF 帯の測定と同様に、波形のピークをマックスホールドとマーカーを設定して測定する。

図 3.1 に MID 帯全域の観測例を示す。



（設定値）

- START 周波数：　108MHz
- STOP 周波数：　170MHz
- 基準レベル：　90dB(µV)
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　100kHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.1　MID 帯の観測(例)

3.1.2　スーパーハイバンド（SHB）帯の測定

(1)チャンネル番号と周波数

ケーブルテレビシステムで使用されている SHB（Super High Band）帯は、VHF ハイチャンネルと UHF 帯の間（222MHz～470MHz）に C23～C63 の 41 チャンネル分が割当てられており、１チャンネル当りの帯域は 6MHz である。

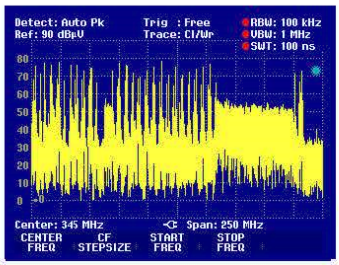
チャンネル番号と周波数の関係を、第４章資料編「4.5 SHB 帯のチャンネル番号と周波数」に示す。

(2)スペアナによる SHB 帯の測定

SHB 帯の帯域（222～470MHz）の測定は、スペアナの START 周波数を 222MHz、STOP 周波数を 470MHz に設定する。その他は VHF 帯の測定と

同様に、波形のピークをマックスホールドとマーカーを設定して測定する。

図 3.2 に SHB 帯全域の観測例を示す。



（設定値）

- START 周波数： 222MHz
- STOP 周波数： 470MHz
- 基準レベル： 90dB(µV)
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100msec

図 3.2 SHB 帯の観測(例)

コラム

dB（mW）から dB（µV）への変換

$$P[mW]\times10^{-3}=\frac{(V[\mu V]\times10^{-6})^2}{R}$$

$V^2\times10^{-12}=P\times10^{-3}\times R$

$V^2=P\times R\times10^{-3}\times10^{12}$

$=P\times75\times10^9$

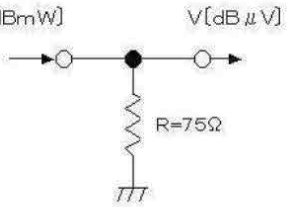
両辺の対数を求める

$10\log V^2=10\log(P\times75\times10^9)$

$20\log V=10\log P+10\log75+10\log10^9$

$=10\log P+18.75+90$

$=10\log P+108.75$



3.2　BS デジタル信号（トランスモジレーション方式）の測定

3.2.1　トランスモジュレーション方式

ケーブルテレビ局で BS デジタル放送をデジタル再送信する方式は、パススルー方式、トランスモジレーション方式、リマックス方式の 3 方式がある。

次に、代表的な方式であるトランスモジュレーション方式について説明する。

トランスモジュレーション方式では、BS デジタル放送の変調方式を、TC8PSK から 64QAM に変換して伝送する方式である。

これにより、衛星放送の 1 中継器分（34.5MHz）の占有帯域幅がアナログ放送 2ch 分（12MHz）に圧縮される。

全ての BS デジタル放送（4 中継器：138MHz）を伝送するために必要な帯域は 8ch 分（48MHz 程度）となるが、各伝送チャンネルは連続している必要はない。図 3.3 にトランスモジュレーション方式の概念図を示す。各家庭で受信するためにはケーブルテレビ用チューナ（STB：Set Top Box）を使用する。

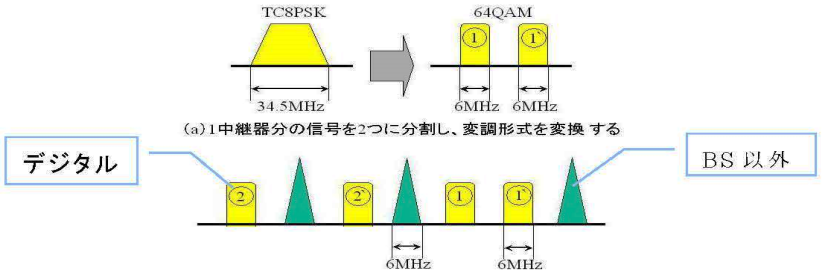
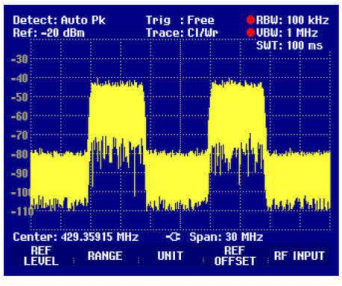


図 3.3 トランスモジュレーション方式の概念

3.2.2 スペアナによる CN 比の測定

スペアナで信号レベル（C）と雑音レベル（N）を測定して、CN 比を計算で求める。デジタル放送の再送信では、一般に CN 比が小さいので、スペアナの内部雑音レベルが信号レベルおよび雑音レベルに大きく影響する。測定にあたっては、スペアナの内部雑音レベルが測定時の雑音レベルより 10dB 以上低いことを確認する。この時、両者の差が小さい場合は、ローノイズのブースターを挿入し信号を増幅して測定する。



（設定値）

- 中心周波数：429.35915MHz
- 表示周波数幅：　30MHz
- 基準レベル：　−20dBm
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　100kHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.4 トランスモジレーション方式信号の観測(例)

(1)信号レベルの測定

トランスモジレーション方式の信号レベルは、他のデジタルと同様に帯域内の電力を測定する。

①チャンネルパワー機能による測定

スペアナを図 3.4 の値に設定し、次のように操作する。

（操作例）

MEAS→CHANNEL POWER
→CHANNEL BW（5.3MHz）
→TRACE MODE→AVERAGE

図 3.4 に、スペアナのチャンネルパワー機能を使用した信号レベル測定例を示す。

②トータルパワー機能による測定

スペアナの SPAN 以外を図 3.4 の値に設定し、帯域内の電力 C'を測定する。

（操作例）

SPAN→5.3 MHz→MEAS2→
POWER MEAS→
TOTAL POWER→30

③ノイズヘルツ（Noise/Hz）機能による測定

スペアナを設定し、マーカー測定単位は dBμV/Hz として、帯域幅を 5.3MHz に設定して信号レベルを読み取る前に 30 回程度のアベレージングをかけレベルを平準化した後、信号レベル C'（dB（μV）/5.3MHz）を読み取る。

（操作例）

MKR→NOISE/Hz→5.3MHz→
dBμV/Hz→TRACE→
AVERAGE→30

(2)雑音レベルの測定

雑音レベルは、1Hz あたりの平均値を、帯域幅換算（5.3MHz、67.24dB）した値とする。

＜スペアナの設定＞

信号レベルの測定時と同じにする。

①ケーブルテレビ伝送路の雑音レベル

ヘッドエンドの 64QAM 変調器の電源を切り、信号を断にする。

信号レベルの測定時と同様の方法で、ノイズヘルツ機能によりマーカーの値を雑音レベル N'〔dB（μV）/5.3MHz〕として読み取る。（64QAM 変調器の電源を切ることができない場合は、帯域外の雑音レベルを測定する。）

②スペアナの内部雑音レベル

スペアナの入力端子を 75Ω ダミー抵抗器で終端し、信号レベルの測定時同様の方法で、スペアナの内部雑音レベル N_0〔dB（μV）/5.3MHz〕を測定する。

(3)CN 比の計算

(1)、(2)で測定した信号レベルと雑音レベルから CN 比を計算で求める。

信号レベルの測定値 C'は、真の信号レベル C に雑音レベル N'が加わった値になっているので、真の信号レベル C を次式で算出する。

$$C = 10\log\left(10^{\frac{C'}{10}} - 10^{\frac{N'}{10}}\right) \quad 〔dB（\mu V）/5.3MHz〕$$

ただし、C′：信号レベルの測定値〔dB（μV）/5.3MHz〕
N′：雑音レベルの測定値〔dB（μV）/5.3MHz〕

雑音レベルの測定値N′は、真の雑音レベルNにスペアナの内部雑音レベルN_0が加わった値になっているので、真の雑音レベルNを次式で求める。

$$N = 10\log(10^{\frac{N'}{10}} - 10^{\frac{N_0}{10}}) \quad 〔dB（\mu V）/5.3MHz〕$$

ただし、N′：雑音レベルの測定値〔dB（μV）/5.3MHz〕
N_0：スペアナの内部雑音レベル〔dB（μV）/5.3MHz〕

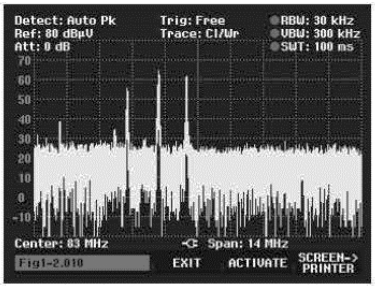
最終的にCN比を次式により求める。

CN比＝C－N　〔dB〕

3.3　FM放送波の測定

FM波の帯域幅より広く、例えば1MHzに設定すると波形は常に一定レベルで表示されるので、先端レベルを読み取ればよい。

2.1.3のように、FM放送波帯は76MHz～90MHzであり、この間に100kHz間隔で放送局が割当てられている。レベル測定は、テレビ放送の音声搬送波の場合と同様、表示部に表示された波形の先端レベルを読み取ればよい。図3.12はFM放送波（82.5MHz）を表示した例である。

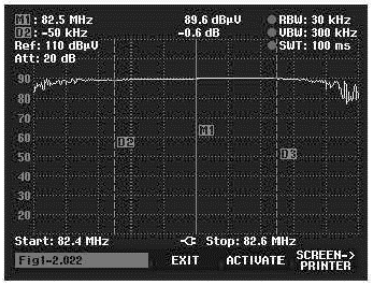


（設定値）
- START周波数：　82MHz
- STOP周波数：　83MHz
- 基準レベル：　100dBμV
- 縦軸目盛：　10dB/div
- 分解能帯域幅：　100kHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間　100ms

図3.12 FM放送波（82.5MHz）の観測

FMマルチパス歪みの測定

右図のように、中心周波数±50kHz間の振幅の差を測定する。



３．３　受動機器（ケーブル、分配器、分岐器、等）の測定

3.3.1　スイープジェネレータとの組合せ

ヘッドエンドから端末までケーブルテレビシステム全体の周波数特性や機器の周波数特性を知りたい場合、図 3.13 のようにスペアナにスイープジェネレータ（Sweep Generater、掃引信号発生器）を組み合わせると簡単に測定できる。

スイープジェネレータは、一定レベルの信号を、低い周波数から高い周波数まで連続的に掃引する装置である。

システムまたは機器の入力端子にこの信号を加え、スペアナでシステムまたは機器の出力波形を観測することにより全体の周波数特性を測定することができる。

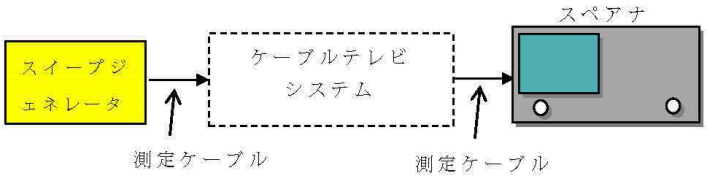


図 3.13　スイープジェネレータとスペアナの組合せによる測定方法

3.3.2　トラッキングゼネレータ（Tracking Generator）による測定

前述のようにスイープジェネレータによりケーブルテレビの分配器や増幅器の周波数特性を測定する場合に、スイープジェネレータとスペアナの同期を取って安定して測定できるようにしたトラッキングゼネレータ（以下、TG と略す）付スペアナを使用すると便利である。TG は、スペアナと組合せて用いる掃引信号発生器で、スペアナの周波数に追従した掃引信号を発生する。TG 付スペアナの操作手順を次に説明する。

①図 3.14 に示すように測定ケーブル 2 本と中継コネクタ 1 個を用意する。これらのケーブルで TG の出力端子とスペアナの入力端子を直結したり、中継コネクタを外して被測定機器を接続したりできるようにしておく。

②スペアナの初期設定後、TG を ON にする。

③TG 出力端子とスペアナ入力端子とを測定ケーブルで直結する。

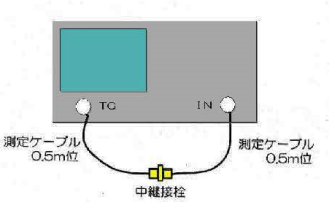


図 3.14　TG 付スペアナの設定

④スペアナのノーマライズ機能を設定して基準線（ディスプレイライン）を出す。ノーマライズにより、測定系の周波数特性の凸凹が補正されて直線化される。

⑤中継コネクタを外して測定ケーブル間に被測定機器（分配器等）を接続する。この際、被測定機器に空き端子がある場合には必ずダミー抵抗（dummy）を挿入する。

⑥周波数特性が表示されるので、マーカーを ON にする。

⑦マーカーを移動して、ディスプレイ

ラインとの差を分配器の場合は損失、増幅器の場合は利得として読み取る。

3.3.3 基本測定

(1)同軸ケーブル（伝送損失、周波数特性）

同軸ケーブルの伝送損失 α〔dB〕は、同軸ケーブルの入力信号レベル E_1 と出力信号レベル E_2 との差から、$\alpha = E_1 - E_2$〔dB〕で求められる。

同軸ケーブルの減衰量は、一般に 1km 当りの減衰量 dB／km で表され、ケーブルの長さに比例して増加する。

また、通常のケーブルテレビ施設での伝送周波数範囲における減衰量は、ほぼ周波数 f の平方根（$\sqrt{f}$）に比例して増加するので、$\sqrt{f}$ 特性と呼ばれる周波数特性を持っている。

図 3.15 に同軸ケーブルの減衰量の周波数特性例を示す。

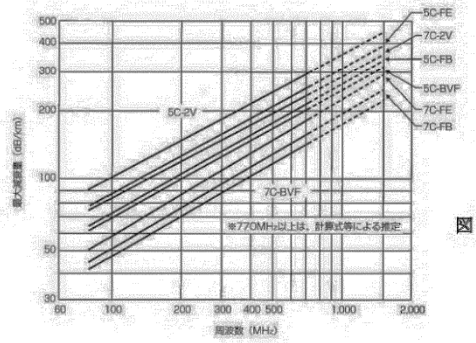


図 3.15 同軸ケーブルの減衰量の周波数特性

図 3.16(a)、(b)に同軸ケーブル（5C、100m 程度）の減衰量測定時の接続と周波数特性を測定した例を示す。

＜**スペアナ**の操作手順例＞

①TG 出力端子とスペアナ入力端子を測定ケーブルを直結する。

②TG を ON にする。（出力レベルのマニュアル入力：100dB(μV)）
（FSH3 型：TG を ON→
TRANSM CAL→CONTINUE）

③中心周波数　500MHz

④表示周波数範囲　1000MHz

⑤基準レベルは 110dB(μV)とする。
（FSH 型：自動設定）

⑥ノーマライズを設定してディスプレィラインを出す。
（FSH 型：表示部最上部が自動的に基準に設定される。）

⑦中継コネクタを外して、被測定同軸ケーブルを挿入する。

⑧マーカーを 100MHz、200MHz、300MHz…などの各点に移動すると、その周波数におけるディスプレィラインとの差（例：100MHz、－5.3dB）が表示されるので、その差の値（5.3dB）を減衰量として記録する。

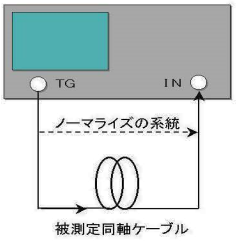
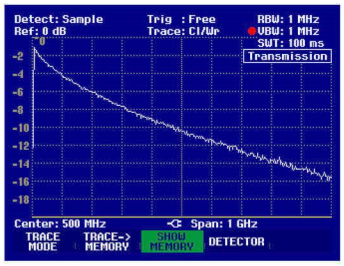


図 3.16(a)　同軸ケーブルの
減衰量測定時の接続



（設定値）
- 中心周波数：　500MHz
- 表示周波数幅：　1000MHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

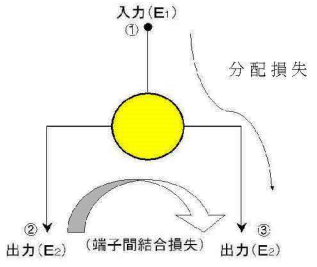
図 3.16(b)　同軸ケーブルの減衰量の周波数特性測定例

(2)　分配器（分配損失、端子間結合損失）

分配器とは、伝送信号を均等に分ける機器で、2 分配器、4 分配器などがある。図 3.17 に 2 分配器の考え方を示す。入力端子の信号レベルを E_1、出力端子の信号レベルを E_2 とすると、分配損失（D）は次式で求められる。

$$D = E_1 - E_2 \ [dB]$$

分配損失の値は、理論的には 2 分配器は 3dB、4 分配器は 6dB であるが、回路素子の損失等が加わり、実際には 2 分配器で約 4dB、4 分配器で約 8dB となる。また、端子間結合損失は、出力端子に接続されるテレビ等の機器から発生する妨害波が他の端子に混入しないようにする性能である。



①入力端子：1
②出力端子：1/2
③出力端子：1/2

図 3.17　2 分配器の考え方

図 3.18(a)、(b)、(c)に 2 分配器の分配損失と端子間結合損失を TG 付スペアナで測定した例を示す。この場合、測定端子以外の出力端子は必ずダミー抵抗を挿入する。

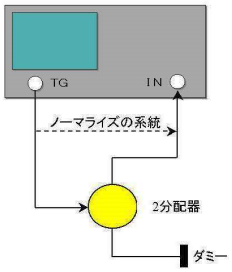
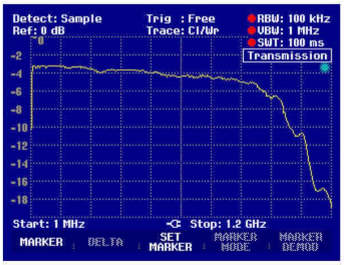


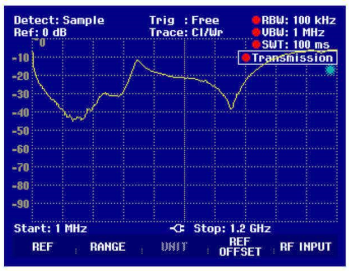
図 3.18(a)　2 分配器測定時の接続

＜スペアナの操作手順例＞
①初期設定後、TG を ON にする。
②TG 出力端子とスペアナ入力端子を測定ケーブルで直結する。
③ノーマライズしてディスプレイラインを出す。
（FSH 型：TG→ON→
TRANSM CAL→CONTINUE）
④中継コネクタを外して、分配器を挿入する。測定端子以外にはダミー抵抗器を挿入する。
⑤マーカーを ON にする。
⑥マーカーを測定周波数ポイントに移動し、基準線との差の値を分配損失として読み取る。



（設定値）
- スタート周波数：　1MHz
- ストップ周波数：1.2GHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　100kHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.18(b)　2 分配器（VHF、UHF 用）の分配損失測定例



（設定値）
- スタート周波数：　1MHz
- ストップ周波数：1.2GHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　10dB／div
- 分解能帯域幅：　100kHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.18(c)　2 分配器（VHF、UHF 用）の端子間結合損失測定例

(3)分岐器（挿入損失、結合損失、逆結合損失）

伝送されている信号の一部を分岐するための機器で、2分岐器の場合は、図 3.19 に示すように、入力端子、分岐端子 2 個、出力端子の 4 つの端子をもっている。分岐器は、例えば、一つの分岐端子には入力端子信号の 1／10 が、出力端子には 8／10 の信号が出力される。

分岐器の結合損失（C_{12}）は、入力端子信号レベルを E_1、分岐端子信号レベルを E_2 とすると、$C_{12}=E_1-E_2$〔dB〕で求められる。

分岐器の挿入損失（C_{13}）は、出力端子信号レベルを E_3 とすると、

$C_{13}=E_1-E_3$〔dB〕

で求められる。

逆結合損失（C_{23}）は、分岐端子から出力端子へ妨害信号が出て行かないためには損失が大きい方がよく、分岐端子にレベル E_2 の信号を加えたとき、出力端子にレベル E_3 の信号が現れたとすると、$C_{23}=E_2-E_3$〔dB〕で求められる。

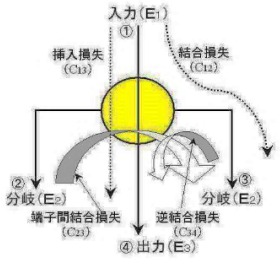


図 3.19 2 分岐器の考え方

図 3.20(a)、(b)に 1 分岐器の結合損失接続・測定例、図 3.21（a)、(b)に挿入損失接続・測定例、図 3.22（a)、(b)に逆結合損失接続・測定例を示す。この場合、測定端子以外の出力端子は必ずダミー抵抗を挿入する

＜スペアナの操作手順例＞

①初期設定後、TG を ON にする。
②TG 出力端子とスペアナ入力端子と測定ケーブルを直結する。
③ノーマライズしてディスプレイラインを出す。
（FSH 型：TG→ON
→TRANSM CAL→CONTINUE）
④中継コネクタを外して、分岐器を挿入する。測定端子以外にはダミー抵抗器を挿入する。
⑤マーカーを ON にする。
⑥マーカーを測定周波数ポイントに移動し、ディスプレイラインとの差の値を挿入損失として読み取る。

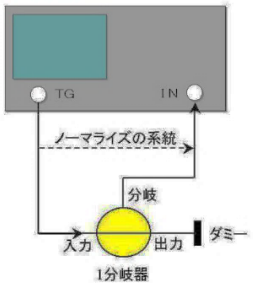
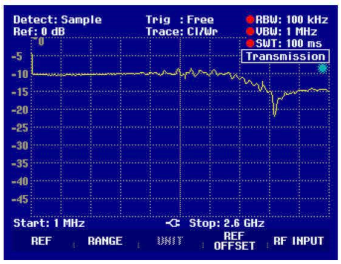


図 3.20(a)
1 分岐器結合損失測定時の接続



（設定値）
- スタート周波数： 1MHz
- ストップ周波数：2.6GHz
- 基準レベル： 0dB
- 縦軸目盛： 5dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.20(b) 1 分岐器（ＦＭ～ＵＨＦ用）の結合損失を測定した例

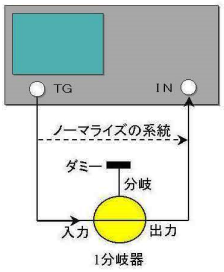


図 3.21(a) 1 分岐器挿入損失測定時の接続



（設定値）
- スタート周波数： 1MHz
- ストップ周波数： 2.6GHz
- 基準レベル： 自動設定
- 縦軸目盛： 2dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.21(b) 1 分岐器（ＦＭ～ＵＨＦ）の挿入損失を測定した例

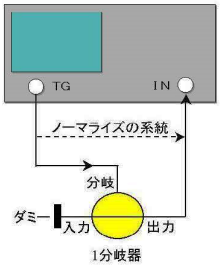
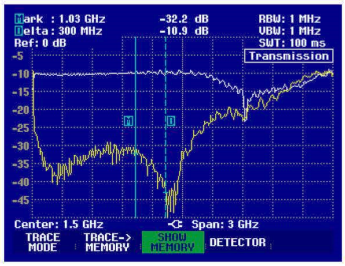


図 3.22(a) 1 分岐器逆結合損失測定時の接続



○　白線は、事前に測定し
　　メモリーした波形
○　黄線は測定中の
　　逆結合損失の波形

図 3.22(b)　分岐器（FM～UHF 用）の結合損失と逆結合損失を同時に表示させた例

3.3.4　ミスマッチング

ケーブルテレビ施設では特性インピーダンス 75Ω の同軸ケーブルを用いて、これに接続する機器の特性インピーダンスも 75Ω の特性インピーダンスの機器を使用し整合を取る。しかし、実際には同軸ケーブルの特性インピーダンスと機器の特性インピーダンスが不整合になることがあり、不整合（ミスマッチング）により反射波を生じて周波数特性が脈打つ（リップルが発生）ことがある。

(1) 分配器などのミスマッチング

図 3.23(a)、(b)は、2 分配器のダミー抵抗を外してミスマッチング状態を作り反射波を発生させて、リップルを観測した例である。現実のリップル発生時の改善には、ミスマッチ部分を見つけ出し、インピーダンス整合をとらなければならない。

このように、ミスマッチングによるリップルによって、周波数特性が大きく乱れている場合は、伝送特性に影響を与え、画質に悪い影響を与える。

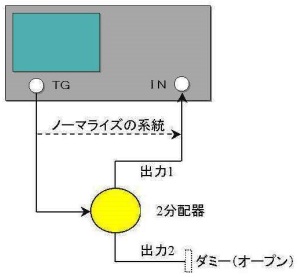
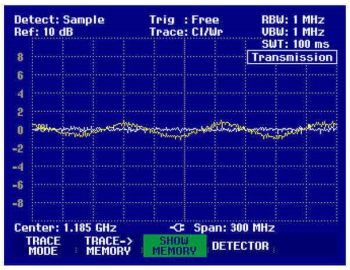


図 3.23(a) ミスマッチ測定時の接続



（　設　定　値　）	
・ 中心周波数：	1.185GHz
・ 表示周波数幅：	300MHz
・ 基準レベル：	10dB
・ 縦軸目盛：	2dB／div
・ 分解能帯域幅：	1MHz
・ 映像フィルタ：	1MHz
・ 掃引時間：	100ms

図 3.23(b)　リップルを観測した例（白線:ターミネート、黄線:ミスマッチング）

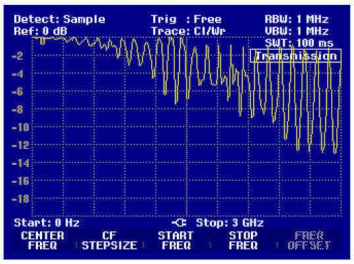
(2) 同軸ケーブルの施工不良によるミスマッチング

機器の入出力インピーダンスと同軸ケーブルの特性インピーダンスに不整合（miss matching）があると、不整合点で信号の一部が反射してしまう。

この反射波が不整合点間を往復する分だけ信号はより遅れた反射波となって到着するので、信号波に反射波が干渉して周波数特性にリップル（リップル周波数：ripple frequency）を生じる。

リップルが生じると特定の周波数のレベル差が大きくなり、周波数特性が平坦で無くなる。

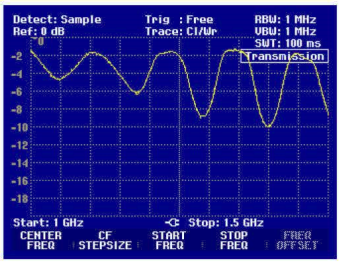
この様子を図 3.16 に示す。この例は同軸ケーブル（5C-FB）を 1m 間隔で 2 点に反射点を設けた場合のリップル周波数を、周波数軸を 0～3GHz に設定し観測したものである。



（設定値）
- スタート周波数： 0 Hz
- ストップ周波数： 3GHz
- 基準レベル： 0dB
- 縦軸目盛： 2dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.16　リップルの立った周波数特性の例

この状態で、周波数軸を BS－IF 帯の 1～1.5GHz に拡大して、リップル周波数を示したのが図 3.17 である。



（設定値）
- スタート周波数： 1.0GHz
- ストップ周波数： 1.5GHz
- 基準レベル： 0dB
- 縦軸目盛： 2dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.17　リップルの立った周波数特性の例（拡大図）

山と山、谷と谷の周期（x:リップル周期）は、位相係数（β）から次式により求められる。

$$x = \frac{\pi}{\beta} = \left(\frac{\pi}{2\pi/\lambda}\right) = \frac{\lambda}{2}$$

リップルの山から山、または谷から谷までの間隔をリップル周波数という。
リップル周波数を調べることにより、反射を生じている区間のおよその長さを算出することができる。
例えば、図 3.17 の場合は、リップル周波数はスペアナから約 125MHz であるから、

① 同軸ケーブルの波長短縮率 η =0.82 から、路長差 λ〔m〕は、
$\lambda = (c/f) \times \eta$
$=(3\times10^8 / 125\times10^6)\times0.82 \fallingdotseq 1.98$〔m〕
ただし、$c \fallingdotseq 3\times10^8$ m／s
反射を生じている区間の長さ
$(\lambda/2) = 1.98/2 \fallingdotseq 1$〔m〕
となる。

1.4 波長短縮率

(1) 波長短縮率の算出

波長短縮率は、真空中を伝わる電磁波の波長に対する伝送線路を伝わる電磁波の波長の比で表される。

$$\text{波長短縮率} = \frac{\text{伝送線路の電磁波の波長}}{\text{真空中の電磁波の波長}}$$

ここで、V_P：位相速度〔m/s〕、c：真空中の光速（2.99）〔m/s〕、μ_s：比透磁率、ε_s：比誘電率であるから、伝送線路を伝わる電磁波の位相速度（V_P）は、次式で表される。

$$V_P = \frac{c}{\sqrt{\mu_s \varepsilon_s}}$$

また、V_P は

$$V_P = f \cdot \lambda$$

であるから、良識から波長短縮率は次式で算出できる。

$$\text{波長短縮率} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_s}}$$

(2) 誘電体による波長短縮率の違い

同軸ケーブルの波長短縮率は、誘電体により、次のように算出される。
充実形ポリエチレン
（PE: Polyethylene）の場合
ε_s=2.25 であるから、約 66.7％の波長短縮率となる。
（例）50Ω 形:5D-2V,75Ω 形:5C-2V,等
発泡ポリエチレン（PEF:Foamed Polyethylene ）の場合
ε_s=1.5 であるから、約 82％の波長短縮率となる。
（例）75Ω 形:S-5C-FB,等

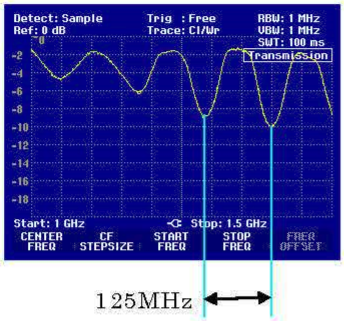
③ 高発泡ポリエチレン
（高発泡 PEF）の場合
ε_s=1.25 であるから、約 89％の波長短縮率となる。
（例）75Ω 形:S-5C-HFL,8C-5AF,等
④ テフロン®（FEP:ふっ化エチレンプロピレン樹脂）の場合
ε_s=2.0 であるから、約 70.7％の波長短縮率となる。
（例）50Ω 形:HSR-141
（SEMIRIGID,10GHz 帯）,等

(3) 波長短縮率の実際

スペアナのリップル周波数から波長短縮率を算出することができる。
図 3.18 は同軸ケーブル（5C-FB）の物理的な長さを 1m としているため、空気中であればその波長は
$f = 300/\lambda = 300/1 = 300$〔MHz〕になる。

一方、スペアナの測定結果では、リップル周波数は約 125MHz となっている。このことから、波長短縮率は 125×2/300 =0.83（83％）と算出することができる。

この被測定同軸ケーブルは、5C-FB であるから使用されている誘電体は発泡ポリエチレンである。

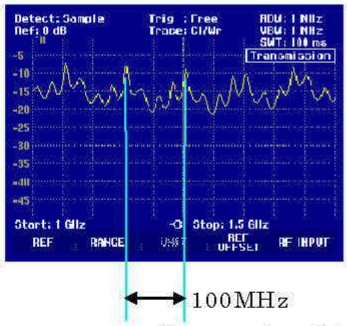


（設定値）
- スタート周波数：　1.0GHz
- ストップ周波数：　1.5GHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.18　リップル周波数の測定例（5C-FB）

また、図 3.19 は、同軸ケーブル（5C-2V）のリップル周波数測定例である。リップル周波数が約 100MHz であることから、波長短縮率は 100×2/300=0.67（67％）となる。

この被測定同軸ケーブルは、5C-2V であるから使用されている誘電体は充実形ポリエチレンである。



（設定値）
- スタート周波数：　1.0GHz
- ストップ周波数：　1.5GHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　5dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.19　リップル周波数の測定例（5C-2V）

3.4　能動機器（増幅器等）の測定

ケーブルテレビに用いられている増幅器は、ケーブルの減衰量や分岐・分配器損失等を補償するために使用される。

利得は最も基本的な性能であり、増幅器の入力信号レベルを E_i、出力信号レベルを E_o とすると、利得（G）は次式で求められる。

$$G = E_o - E_i \ [dB]$$

図 3.20 に BON、EQ、ATT を内蔵した幹線増幅器の構成を示す。

図 3.21 に BON、EQ、ATT の働きの概要を示す。

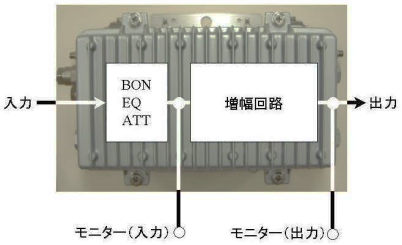


図 3.20　BON など含む幹線増幅器の構成

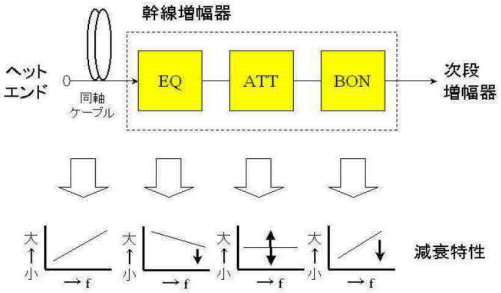


図 3.21 BON、EQ、ATT の働き

3.4.1　基本測定

(1)増幅器の利得変化

図 3.22(a)、(b)に TG 付スペアナで増幅器の利得を測定する時の接続と測定例を示す。この場合、操作手順は能動機器の測定時と同様であるが、トレース機能（参照 1.2.2(3)）を用いて、利得最小で周波数特性をメモリに格納し、利得最大での周波数特性を利得最小時の周波数特性とともに表示する。

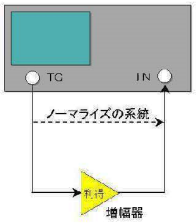
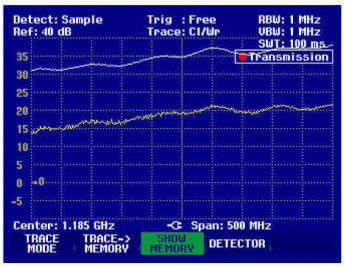


図 3.22(a) 増幅器利得測定時の接続



（設定値）

- 中心周波数：　1.185GHz
- 表示周波数幅：　500MHz
- 基準レベル：　40dB
- 縦軸目盛：　5dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.22(b) 増幅器の利得変化を測定した例

(2)チルト（Tilt）特性

同軸ケーブルの伝送損失は、周波数が高くなるほど増加する。これを補償するため、増幅器の出力を周波数が高くなるにしたがって増幅度を大きくして、全体として周波数特性を平坦（フラット）にする。この時、利得を右肩上がりの直線となる周波数特性に設定する方式をチルトという。

図 3.23(a)、(b)に TG 付きスペアナでチルト付 BS ブースターのチルト特性を測定する場合の接続と測定例を示す。

測定手順は、能動機器の測定時と同様であるが、チルトを可変してチルト特性の変化をトレース機能により観測する。

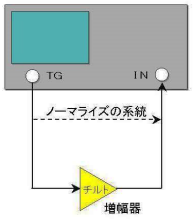
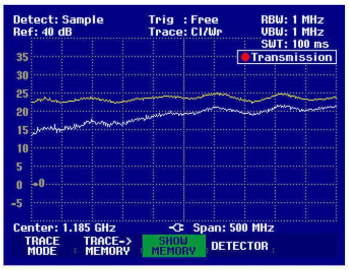


図 3.23(a) BS ブースターの
チルト特性測定時の接続



（設定値）

- 中心周波数： 1.185GHz
- 表示周波数幅： 500MHz
- 基準レベル： 40dB
- 縦軸目盛： 5dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.23(b) トレース機能を用いて BS ブースターのチルト特性を測定した例

(3)擬似線路回路網（BON:Building Out Network）

BON は、同軸ケーブルと同じ√f に比例した減衰特性を持ち、同軸ケーブルが標準状態より短い場合に、BON の値を増やすことによって幹線増幅器の入力レベルを標準の値に調整する働きをする。

図 3.24 に増幅器の BON、EQ、ATT を図 3.25 に BON の減衰特性例を、図 3.26(a)に BON の減衰特性測定時の接続を、図 3.26(b)に幹線増幅器の入力モニター端子にスペアナを接続して観察した BON の調整例を示す。これは、BON の値を数 dB 異なるものに交換して、BON 交換前後の幹線増幅器の入力信号（入力モニター端子）を比較したものである。



図 3.24 増幅器の BON

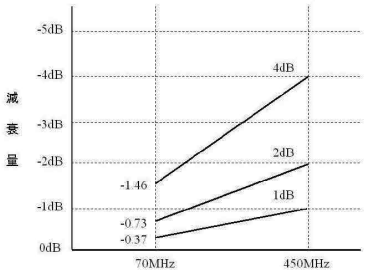


図 3.25 BON の減衰特性例
（450MHz 用）

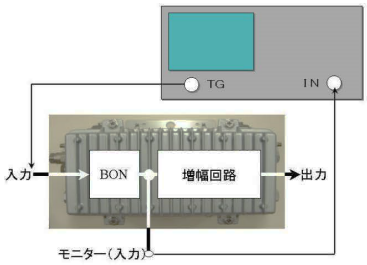
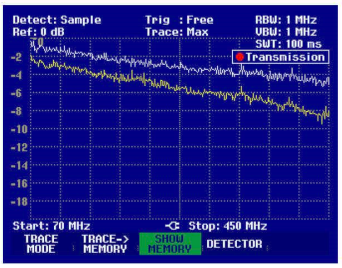


図 3.26(a) BON減衰特性測定時
の接続



（設定値）
- スタート周波数： 70MHz
- ストップ周波数： 450MHz
- 基準レベル： 0dB
- 縦軸目盛： 2dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.26(b) BON を調整した例（幹線増幅器の入力モニター端子で測定）

(4)イコライザ（EQ:Equalizer）

イコライザ(EQ)は BON とは反対の働きをするもので、同軸ケーブルの減衰特性とは反対の周波数特性を持ち、同軸ケーブルや分岐器、分配器などによる減衰特性を補償する。

図 3.27 にイコライザの減衰特性例を、図 3.28(a)に幹線増幅器とスペアナとの接続を、図 3.28(b)にイコライザの調整例を示す。

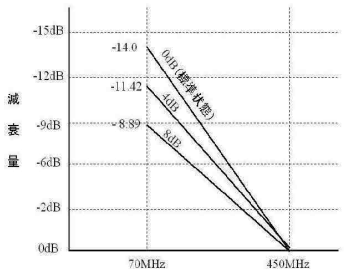


図 3.27 イコライザの減衰特性例
（450MHz 用）

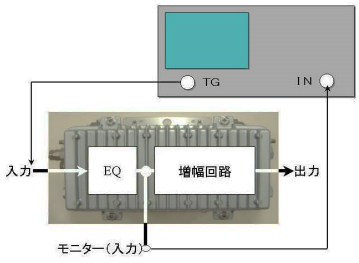


図 3.28(a)
EQ 減衰特性測定時の接続



（設定値）
- スタート周波数：70MHz
- ストップ周波数：450MHz
- 基準レベル：　－14dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.28(b) イコライザを調整した例

(5)アッテネータ（ATT:Attenuator）

アッテネータ（ATT）は信号をフラットに減衰させるもので、イコライザなどと組合せてレベル調整をしやすくするものである。図 3.29 にアッテネータの減衰特性例を示す。図 3.30(a)に、幹線増幅器とスペアナとの接続を、図 3.30(b)にアッテネータの値を数 dB 異なる値に調整した例を示す。

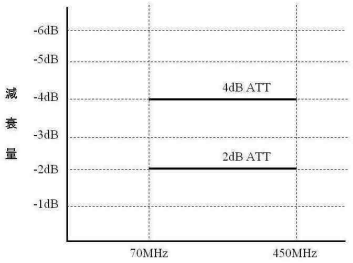


図 3.29 アッテネータの減衰特性例
（450MHz 用）

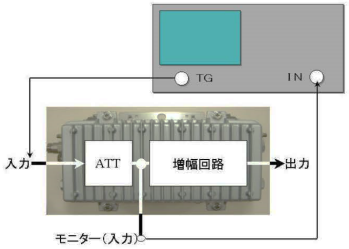
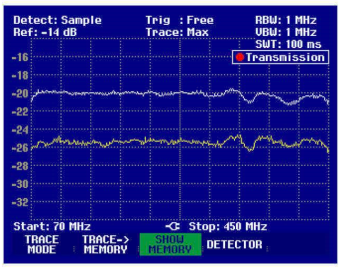


図 3.30(a)
ATT 減衰特性測定時の接続



（設定値）
- スタート周波数：　70MHz
- ストップ周波数：450MHz
- 基準レベル：　－14dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.30(b)　アッテネータを調整した例

(6)自動利得調整（AGC:Automatic Gain Control）

幹線増幅器には、ケーブルの温度変化による伝送損失の変動を補償するため、利得をケーブル減衰量の変動に応じて自動的に制御し、一定の出力レベルを得る AGC 回路が設けられている。

AGC の方式としては、図 3.31 に示すように、パイロット信号を基準電圧と比較し、定められたレベルになるように増幅器の利得を制御するパイロット方式 AGC が一般的である。

図 3.32(a)にスペアナとの接続を、図 3.32(b)に AGC が ON の場合と MGC（Manual Gain Control:手動利得調整）に切替えた場合との出力レベルの比較を観測した例を示す。

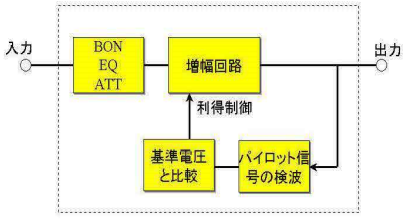


図 3.31　AGC 付増幅器の回路構成

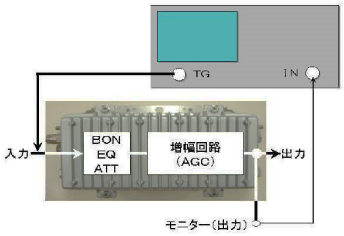
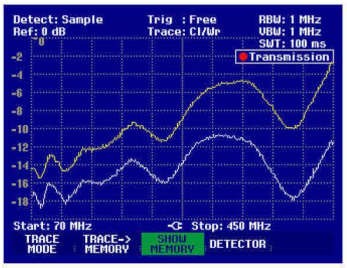


図 3.32(a)
増幅器の AGC 特性測定時の接続



（設定値）
- スタート周波数：70MHz
- ストップ周波数：450MHz
- 基準レベル：　0dB
- 縦軸目盛：　2dB／div
- 分解能帯域幅：　1MHz
- 映像フィルタ：　1MHz
- 掃引時間：　100ms

図 3.32(b) MGC を可変した例（白:最小、黄:最大）

3.4.2 相互変調（IM）の測定

(1)相互変調妨害

相互変調（Inter Modulation）は増幅器内部で発生するひずみのひとつで、２～３波の周波数の和差によって生じた周波数成分が、特定のチャンネルの帯域内やその周辺に発生し妨害を与えるものである。

帯域内に発生した妨害波は、本来の信号の中に埋もれてしまうためスペアナで観測することは困難であるが、IM は帯域内だけでなく帯域外のチャンネル近傍にも発生することが多いため、帯域外の状態を観測することにより、IM の有無を確認できる。

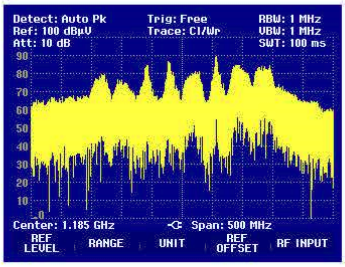
IM の発生を防ぐには、増幅器の入

出力レベルを規定範囲以内に設定し、さらに、増幅器の縦続台数を減らすことが必要である。

(2)IM が発生している例

図 3.33 は、BS ブースターが過入力になって発生した IM の例である。帯域外の本来雑音成分だけでフラットであるはずの波形位置に信号成分が観測されている。

これが IM により発生した妨害波であり、帯域内にも発生していることが推定される。



（設定値）

- 中心周波数： 1.185GHz
- 表示周波数幅： 500MHz
- 基準レベル： 100dB(μV)
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.33 IM が発生している波形例（図 2.22 参照）

(3) IM 発生メカニズム

地上デジタル波ではキャリアが 5,816 本あるため説明が複雑になるため、NTSC 信号で発生のメカニズムを説明する。

IM によって発生する 2 次ひずみ成分の実例をスペアナで観測する。いま、ケーブルテレビで VHF7 波（第 1、3、4、6、8、10、12 チャンネル）を伝送した場合について考えると、IM によって発生する 2 次ひずみ、3 次ひずみ成分の周波数は、帯域外となる成分を除くと、2a、a±b、2a－b、a＋b－c の 4 種類である。（ただし、a、b、c は各チャンネルの映像搬送周波数とする。）

このうち、a に第 3 チャンネルの映像搬送波周波数 103.25MHz を代入すると、2 次ひずみ成分 2a は 206.5MHz となり、図 3.34 に示すように第 10 チャンネルの帯域内に落ち込む。

このひずみ成分のレベルがある程度以上に大きくなると、ひずみ成分周波数 206.5MHz と第 10 チャンネルの映像搬送波周波数 205.25MHz との差 1.25MHz のビート妨害が画面に現れるようになる。

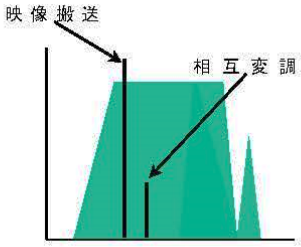


図 3.34 相互変調成分の例
（第 10 チャンネルの例）

ひずみ成分のレベルは小さいので、スペアナで観測しようとしても、信号波形の中に埋没してしまい見分けることができない。

IMを改善する方法は、増幅器の出力レベルを下げて（2次ひずみは1dB下げる毎に1dB改善される。3次ひずみは1dB下げる毎に2dB改善される）運用すればよい。利得調整だけでは定格出力レベル以下にできない時は、入力レベルが高すぎることが原因であるから、入力側にアッテネータを挿入し、適正な入力レベルに設定した後再度利得を調整する。設計に関しては、増幅器の縦続接続段数を少なくすることにより相互変調を軽減することができる。

3.4.3 混変調（XM）の測定

混変調（Cross Modulation）は、受信チャンネル画面に別のチャンネルの映像が乗り移る妨害である。そのため元の信号と分離できず放送受信時に混変調成分のレベルをスペアナで測定することは困難である。

XMは、図3.31に示すように、被妨害波が受ける振幅変化p-p値（b）と、被妨害波包絡線のピーク値(a)の比として定義される。XMの検知限、許容限を表4.2に示す。

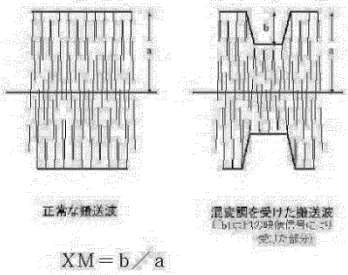


図 3.31　XMの定義

表4.2　XMの検知限、許容限

妨害種別	検知限	許容限	備考
ＸＭ	－46dB	－38dB	最悪条件の周波数による

XMを改善する方法は、増幅器の出力レベルを下げて（1dB下げる毎に2dB改善される）運用すればよい。利得調整だけでは定格出力レベル以下にできないときは、入力レベルが高すぎることが原因であるから、入力側にアッテネータを挿入し、適正な入力レベルに設定した後再度利得を調整する。設計に関しては、増幅器の縦続接続段数を少なくすることによりXMを軽減することができる。

より相互変調を軽減することができる。

3.5.3 OFDM方式とNTSC方式の隣接チャンネル伝送

OFDM方式（地上デジタルテレビジョン放送）とNTSC方式（標準テレビジョン放送）の搬送波の周波数の関係は、図3.35に示すように下側にあっては4.085MHz以上、上側にあっては7.869MHz以上とし、また、搬送波のレベルは映像信号搬送波の下側にあっては映像信号搬送波のレベルに対して－6dB以下－24dB以上、映像信号搬送波の上側にあっては映像信号

搬送波のレベルに対して－15dB 以下 ｜ －21dB 以上とする。

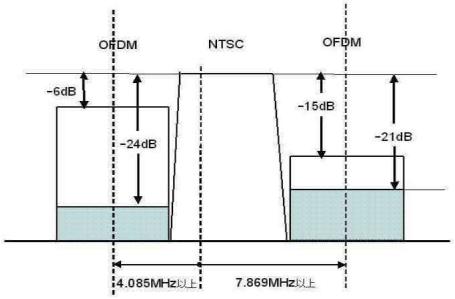


図 3.35 周波数配置と隣接伝送する場合におけるレベル差

3.5.4 OFDM 方式と 64QAM 方式の隣接チャンネル伝送

OFDM 信号の搬送波と 64QAM 信号（デジタル有線テレビジョン放送）の搬送波の周波数の関係は、図 3.36 に示すようにOFDM方式が下側にあっては5.835MHz 以上、OFDM 信号が上側にあっては 6.119MHz 以上とし、また、搬送波のレベルは OFDM 方式が 64QAM 方式の搬送波の下側にあっては＋14dB 以下－19dB 以上、OFDM 方式が 64QAM 方式の搬送波の上側にあっては＋18dB 以下－20dB 以上とする。

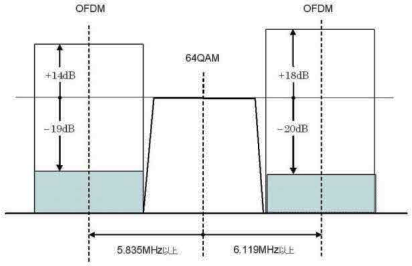


図 3.36 周波数配置と隣接伝送する場合におけるレベル差

3.5.5 流合雑音の観測

ケーブルテレビシステムの双方向システムは、同軸ケーブルを周波数分割により上り回線と下り回線に分け、通常 70MHz～770MHz(または 450MHz)の高い帯域をヘッドエンドから端末への下り回線、10MHz～50MHz までの低い帯域を端末からヘッドエンドへの上り回線として使用している。

双方向システムで特に問題となるのは、上り回線を介してセンターに集まってくる雑音成分で流合雑音（Ingres Noise,Streamed Noise）と呼ばれている。

下り回線の場合の雑音は、ヘッドエンドから線路増幅器を経由して端末までの系統に限定されるが、上り回線の場合は図 3.47 に示すように全ての加入者宅や各増幅器で発生する雑音成分が全てヘッドエンドに集中してくる。

この雑音成分はシステムの規模に比例して大きくなる。

(1) 発生原因

流合雑音は、各増幅器で発生する雑音のほか、各端末に誘起される放送波や無線の飛び込み、各家庭で使用する電気機器から発生する雑音など、あらゆるものが混入してくることが考えられ、これらに対する対策が必要である。

① ランダム性雑音
　中継増幅器の熱雑音

② インパルス性雑音
・ 電気機器,自動車からの雑音
・ 送配電線の放電から発生するパルス雑音
・ 高周波利用設備から発生する雑音

③無線電波
・ 短波放送波、アマチュア無線、CB無線など周囲電磁界の流入

(2) 測定方法とスペアナの設定

①ランダム雑音

インパルス雑音の混入を確認して、ランダム雑音のレベルと判断できる部分を測定する。

検波モード：Sample
測定モード：チャンネルパワー測定又は dBμ/√Hz 測定

②インパルス性雑音

MaxHold に設定し、対象とする雑音にマーカーを用いてレベルと周波数を測定する。

検波モード：posi peak

(3)長期間観測の必要性

流合雑音は、スペアナでその周波数帯を観測しただけでは、全体の様子を把握することはできない。スペアナとパソコン等を組み合わせて、周波数分布、時間的変化、日毎の変化、発生する周波数やレベル等のデータを長期にわたり収集し、分析する必要がある。

Maxhold 機能を用いた場合の流合雑音では、測定時間内で発生した雑音の最大ピークレベルを表示するだけなので、連続性でないインパルス性やバースト性の雑音は、発生時間帯、発生している時間数、発生間隔時間、発生している雑音波形はわからない。

時間的に変動する雑音を観測、測定するには、長時間の雑音の周波数、レベルなどの分布を記録できる、スペクトラムアナライザとパソコンを使用したスレッショルド・アベイラビリティ法を用いる。

（参考：（社）日本 CATV 技術協会流合雑音測定法,1999.11）

図 3.48 にスペアナにより流合雑音を観測した例を示す。

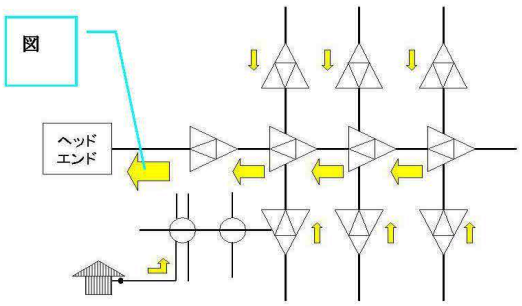
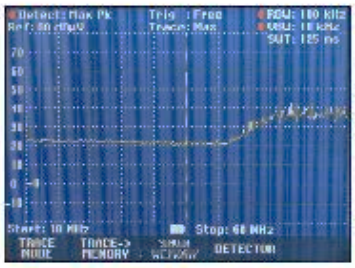


図 3.25 BON の減衰特性例



（設定値）
- スタート周波数： 70MHz
- ストップ周波数： 450MHz
- 基準レベル： 0dB
- 縦軸目盛： 2dB／div
- 分解能帯域幅： 1MHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

図 3.48 スペアナにより混合妨害を観測した例

3.6 その他の障害

3.6.1 ブースター発振妨害

弱電界地域で用いられるブースターは、施工不良や故障によって異常発振を起こし、近隣に図 3.49 に示すようなビート妨害を与えることがある。スペアナはこのブースター発振妨害源の探知に威力を発揮する。

(1) ブースター発振のしくみ

ブースターの入力と出力の間が工事不良などの原因で高周波的に結合すると出力側から入力側へ出力信号の一部が正帰還することによって発振状態となり、その発振波が受信アンテナから妨害波として放射され近隣にビート妨害を与える。



図 3.49 ブースター発振妨害例

また、妨害波は妨害源からの距離が近いほど妨害波のレベルも強くなり、妨害源の直近の場合は画面が真っ黒になることもある。

(2) 妨害の原因

受信アンテナとブースターが極端に接近していたり、ブースター入出力端子の接続が不整合になっているなど、ブースターの取付工事不良が多い。

ブースター発振妨害により放射される妨害波は、周波数とレベルが不規則に変動する単一周波数の妨害波である。この妨害波が特定のチャンネルに混入して、妨害波と映像搬送波の周波数との差の周波数のビート妨害となって画面上に現れる。

ビート周波数が低い、つまり妨害波と映像搬送波の周波数が近い場合はビート縞の間隔が広くなり、ビート周波数が高い、つまり妨害波と映像搬送波の周波数が離れている場合はビート縞の間隔が細くなる。

妨害波が色副搬送波の周波数の近くにある場合は、ビート縞に色が付くこともある。妨害波の周波数やレベルは不規則に変化するので、画面上のビ

ート縞も変化し、極端な場合は妨害するチャンネルも変わることがある。

(3) 妨害源の探知方法

次にスペアナを使用したブースター発振妨害の探知方法を説明する。

① 3.51 に示すように、スペアナに受信アンテナを接続して妨害を受けているチャンネルのスペクトラムを表示させ、受信アンテナを回転して図 3.50 の妨害波のレベルが最大となる方向を求める。このアンテナの向きを妨害源の方向として地図上にプロットすれば、妨害源の位置を推定することができる。

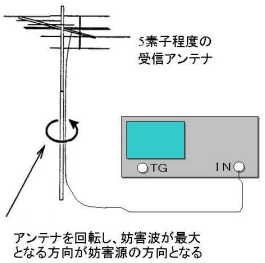
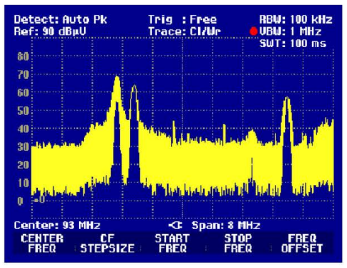


図 3.28(a)
EQ 減衰特性測定時の接続

②妨害源と推定されるブースターの電源をオフにして、最終的に特定する。



（設定値）

- 中心周波数： 93MHz
- 表示周波数幅： 8MHz
- 基準レベル： 90dB（μV）
- 縦軸目盛： 10dB／div
- 分解能帯域幅： 100kHz
- 映像フィルタ： 1MHz
- 掃引時間： 100ms

第４章　資料編

4.1 ＵＨＦ帯のチャンネル番号と周波数（地上デジタル対応）

ch	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕	ch	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕
13	470～476	473.142857	35	602～608	605.142857
14	476～482	479.142857	36	608～614	611.142857
15	482～488	485.142857	37	614～620	617.142857
16	488～494	491.142857	38	620～626	623.142857
17	494～500	497.142857	39	626～632	629.142857
18	500～506	503.142857	40	632～638	635.142857
19	506～512	509.142857	41	638～644	641.142857
20	512～518	515.142857	42	644～650	647.142857
21	518～524	521.142857	43	650～656	653.142857
22	524～530	527.142857	44	656～662	659.142857
23	530～536	533.142857	45	662～668	665.142857
24	536～542	539.142857	46	668～674	671.142857
25	542～548	545.142857	47	674～680	677.142857
26	548～554	551.142857	48	680～686	683.142857
27	554～560	557.142857	49	686～692	689.142857
28	560～566	563.142857	50	692～698	695.142857
29	566～572	569.142857	51	698～704	701.142857
30	572～578	575.142857	52	704～710	707.142857
31	578～584	581.142857			
32	584～590	587.142857			
33	590～596	593.142857			
34	596～602	599.142857			

注）地上デジタル放送では、アナログ放送との混信を防ぐために中心周波数を 1/7MHz（0.142857MHz）だけ高い方にずらしている。

4.2 110度ＣＳ（CS-IF帯）のチャンネル番号と周波数

CS（右旋円偏波）		
ch	CS-IF帯〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕
ND 2	1595.75～1630.25	1613
ND 4	1635.75～1670.25	1653
ND 6	1675.75～1710.25	1693
ND 8	1715.75～1750.25	1733
ND10	1755.75～1790.25	1773
ND12	1795.75～1830.25	1813
ND14	1835.75～1870.25	1853
ND16	1875.75～1910.25	1893
ND18	1915.75～1950.25	1933
ND20	1955.75～1990.25	1973
ND22	1995.75～2030.25	2013
ND24	2035.75～2070.25	2053

注）帯域幅　34.5MHz

4.3 衛星放送（BS-IF帯）のチャンネル番号と周波数

ch	BS-IF帯〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕
BS-1	1032.23～1066.73	1049.48
BS-3	1070.59～1105.09	1087.84
BS-5	1112.70～1139.70	1126.20
BS-7	1151.06～1178.06	1164.56
BS-9	1189.42～1216.42	1202.92
BS-11	1227.78～1254.78	1241.28
BS-13	1262.39～1296.89	1279.64
BS-15	1300.75～1335.25	1318.00
BS-17	1339.11～1373.61	1356.36
BS-19	1377.47～1411.97	1394.72
BS-21	1415.83～1450.33	1433.08
BS-23	1454.19～1488.69	1471.44

注）1.局発 10.678GHz
2.中心周波数間隔　38.36MHz
3.帯域幅　デジタル 34.5MHz

4.4 MID 帯のチャンネル番号と周波数

チャンネル番号	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕	映像搬送波〔MHz〕	音声搬送波〔MHz〕
C13	108～114	111	109.25	113.75
C14	114～120	117	115.25	119.75
C15	120～126	123	121.25	125.75
C16	126～132	129	127.25	131.75
C17	132～138	135	133.25	137.75
C18	138～144	141	139.25	143.75
C19	144～150	147	145.25	149.75
C20	150～156	153	151.25	155.75
C21	156～162	159	157.25	161.75
C22	164～170	167	165.25	169.75

（注）C21 と C22 チャンネルの間は、 2MHz 空いている

4.5 ＳＨＢ帯のチャンネル番号と周波数１

ch	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕	映像搬送波〔MHz〕	音声搬送波〔MHz〕
C23	222～228	225	223.25	227.75
C24	230～236	233	231.25	235.75
C25	236～242	239	237.25	241.75
C26	242～248	245	243.25	247.75
C27	248～254	251	249.25	253.75
C28	252～258	255	253.25	257.75
C29	258～264	261	259.25	263.75
C30	264～270	267	265.25	269.75
C31	270～276	273	271.25	275.75
C32	276～282	279	277.25	281.75
C33	282～288	285	283.25	287.75
C34	288～294	291	289.25	293.75
C35	294～300	297	295.25	299.75
C36	300～306	303	301.25	305.75
C37	306～312	309	307.25	311.75
C38	312～318	315	313.25	317.75
C39	318～324	321	319.25	323.75
C40	324～330	327	325.25	329.75
C41	330～336	333	331.25	335.75
C42	336～342	339	337.25	341.75
C43	342～348	345	343.25	347.75
C44	348～354	351	349.25	353.75
C45	354～360	357	355.25	359.75
C46	360～366	363	361.25	365.75
C47	366～372	369	367.25	371.75
C48	372～378	375	373.25	377.75
C49	378～384	381	379.25	383.75
C50	384～390	387	385.25	389.75
C51	390～396	393	391.25	395.75
C52	396～402	399	397.25	401.75
C53	402～408	405	403.25	407.75
C54	408～414	411	409.25	413.75
C55	414～420	417	415.25	419.75
C56	420～426	423	421.25	425.75
C57	426～432	429	427.25	431.75

4.5 ＳＨＢ帯のチャンネル番号と周波数２

ch	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕	映像搬送波〔MHz〕	音声搬送波〔MHz〕
C58	432～438	435	433.25	437.75
C59	438～444	441	439.25	443.75
C60	444～450	447	445.25	449.75
C61	450～456	453	451.25	455.75
C62	456～462	459	457.25	461.75
C63	462～468	465	463.25	467.75

注）C24、C25、C26、〔C27〕チャンネルは、多チャンネル伝送時に発生するおそれのある障害に対して、十分配慮された施設の場合に限る。

4.6 CATV-VHF 帯のチャンネル番号と周波数

チャンネル（番号）	周波数帯域〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕	映像搬送波〔MHz〕	音声搬送波〔MHz〕
1	90 ～ 96	93	91.25	95.75
2	96 ～102	99	97.25	101.75
3	102 ～108	105	103.25	107.75
4	170 ～176	173	171.25	175.75
5	176 ～182	179	177.25	181.75
6	182 ～188	185	183.25	187.75
7	188 ～194	191	189.25	193.75
8	192 ～198	195	193.25	197.75
9	198 ～204	201	199.25	203.75
10	204 ～210	207	205.25	209.75
11	210 ～216	213	211.25	215.75
12	216 ～222	219	217.25	221.75

○ 周波数帯域： 6MHz
○ 映像搬送波：周波数帯域の下側周波数＋1.25MHz
○ 音声搬送波：映像搬送波＋4.5MHz
○ 色副搬送波：映像搬送波＋3.579545MHz
○ 第７チャンネルと第８チャンネルは、周波数帯域が 2MHz 重複している

4.7　CATV 上り信号周波数の例

周波数帯〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕
12～18	15
18～24	21
24～30	27
30～36	33
36～42	39
42～48	45
48～54	51

○　帯域幅：6 MHz

4.8 代表的な下限・上限の周波数値

測定範囲	下限の周波数〔MHz〕	上限の周波数〔MHz〕	中心周波数〔MHz〕
VHF-Low	90	108	99
VHF-High	170	222	196
VHF 全帯域	90	222	156
ミッドバンド	108	170	139
スーパーハイバンド	222	468	345
UHF 全帯域	470	710	590
BS-IF 全帯域	1035.98	1488.69	約1262
110度CS-IF 全帯域（右旋円偏波）	1595.75	2070.25	1833

4.9 デジタル放送スペアナ設定値

	BS デジタル	地上デジタル	CATV デジタル
測定帯域	28.9MHz	5.6MHz	5.3MHz
表示周波数幅	50MHz	10MHz	10MHz
分解能帯域幅	300kHz	30kHz	100kHz
映像フィルタ	3MHz	300kHz	1MHz
検波モード	サンプル	サンプル	サンプル
平均化	要	要	要

4.10 表示周波数幅の目安値

測定範囲	中心周波数 〔MHz〕	表示周波数幅の目安値 〔MHz〕	1目盛あたりの周波数幅 〔MHz/div〕
VHF-Low	99	20	2
VHF-High	196	60	6
VHF 全帯域	156	150	15
ミッドバンド	139	70	7
スーパー ハイバンド	345	250	25
UHF全帯域	620	300	30
BS-IF 全帯域	1185	300	30
110度CS-IF 全帯域 〔右旋円偏波〕	1833.5	500	50

5．参考資料

5.1 ハンドヘルド型スペアナ（FSH 型）による
地上デジタル放送波の CN 比測定

1　信号レベル（C）を測定する。

①　FREQ→CENTER FREQ→（中心周波数の入力、UHF-27ch の例）
557.142857MHz

②　SPAN→（周波数間隔の入力）
10MHz

③　AMPT→REF LEVEL→（基準レベルの入力）
－20dBm

④　BW→MANUAL RES BW→（分解能帯域幅の入力）
30kHz
→MANUAL VIDEO BW →（映像フィルタの入力）
300kHz

⑤　SWEEP→（掃引周波数の入力）
100msec

⑥　TRACE→DETECTOR→SAMPLE

⑦　MEAS→MEASURE→CHANNEL POWER→CHANNEL BW
5.6MHz

⑧　TRACE MODE→AVERAGE→（信号レベル C の読みとり）
－42.5dBm

2　雑音レベル（N）の測定

①　MEAS→MEASURE→ANALYZER→TRACE
→TRACE MODE→CLEAR/WRITE

②　BW→（RBW の変更）→SWEEP→（掃引周波数の変更）
1kHz　　5sec

③　TRACE→DETECTOR→rms→MARKER→（帯域外へ移動）

④　MARKER MODE→NOISE→（雑音レベル N の読みとり）
－130.7dBm/Hz

3　CN 比の計算

①　信号レベル（C）と雑音レベル（N）の差に帯域幅換算する。
5.6MHz→10log(5,600,000Hz)=－67.48dB

②　信号レベルと雑音レベルの単位が異なった場合は、換算する。
「dBm→dBμV」換算は「+108.75」を dBm 値に加算する

③　C/N の算出
C/N=　C　－　N　－67.48〔dB〕
－42.5－（－130.7）－67.48＝20.7dB

5.2 ハンドヘルド型スペアナ（FSH 型）による
BS デジタル放送波の CN 比測定

1　信号レベル（C）を測定する。

①　FREQ→CENTER FREQ→（中心周波数の入力、BS-15 の例）
1.31800GHz

②　SPAN→（周波数間隔の入力）
50MHz

③　AMPT→REF LEVEL→（基準レベルの入力）
－20dBm

④　BW→MANUAL RES BW→（分解能帯域幅の入力）
300kHz
→MANUAL VIDEO BW →（映像フィルタの入力）
3MHz

⑤　SWEEP→（掃引周波数の入力）
100msec

⑥　TRACE→DETECTOR→SAMPLE

⑦　MEAS→MEASURE→CHANNEL POWER→CHANNEL BW
28.9MHz

⑧　TRACE→TRACE MODE
→AVERAGE→（信号レベル C の読みとり）
－39.1dBm

2　雑音レベル（N）の測定

①　MEAS→MEASURE→ANALYZER→TRACE
→TRACE MODE→CLEAR/WRITE

②　BW→（ビデオフィルターの変更）→SWEEP→（掃引周波数の変更）
100Hz　　5s

③　TRACE→DETECTOR→rms→MARKER→（帯域外へ移動）

④　MARKER MODE→NOISE→（雑音レベル N の読みとり）
－131.8dBm/Hz

3　CN 比の計算

①　信号レベル（C）と雑音レベル（N）の差に帯域幅換算する。
28.9MHz→10log(28.9MHz)=74.61dB

②　信号レベルと雑音レベルの単位が異なった場合は、換算する。
「dBm→dBμV」換算は「+108.75」を dBm 値に加算する

③　C/N の算出
C/N=　C　－　N　－74.61〔dB〕
－39.1－（－131.8）－74.61＝18.1dB

良好なデジタル放送電波受信のために
スペクトラムアナライザの基本使用法（改訂第１版）

2003(H15)年２月（初版）～2011(H23)年までに
改訂・増刷を重ね約 500 冊を発行した。

2013(H25)年２月（初版）
アナログ放送終了に伴い内容を大幅に見直し、デジタル放送に特化して再編集した。

執筆・編集　デジタルインストラクター．COM
代表　劔　持　　甫　©

発行　デジタルインストラクター．COM

（禁複写）

テレビジョン受信機用
真　空　管　の　歩　み

（Part.Ⅰ 真空管とその回路）

（Part.Ⅱ
真空管/ダイオードの写真）

デジタルインストラクター.COM
劒持　甫　著

Part. I　真空管とその回路



UZ-6302

テレビジョン増幅用広帯域５極管

1939（S14）年にGm=10,000μmhoの高周波増幅管を製品化した。

当時の受信管で世界一相互コンダクタンスの高い五極管であった。

Part. I　真空管とその回路（目次、本文抜粋）

目　次　（抜粋）

口　絵
まえがき
執筆方針の要点
目　次　（抜粋）……i
目　次　（詳細）……ii
第1章　テレビジョン受信機の略史……-1-
第2章　テレビジョン開発期の真空管……-3-
第3章　市販テレビジョン受信機の開発期の真空管……-9-
3.1　試作向小型テレビジョン受信機（セパレート・キャリア方式採用）……-9-
3.2　TVK-Ⅱ型,Ⅲ型,Ⅳ型受信機の開発……-10-
3.3　TVK-Ⅴ型・TVK-Ⅵ型テレビジョン受信機の開発……-12-
3.4　中間周波数……-15-
3.5　日本のカラーテレビジョン（CBS方式）の研究……-17-
第4章　市販テレビジョン受信機の真空管とその回路……-18-
4.1　テレビジョン受信機の市販……-18-
4.2　トランスレス・テレビジョン受信機……-19-
4.3　いろいろなテレビジョン受信機（キットなど）……-19-
第5章　回路別使用真空管とその特徴……-26-
5.1　白黒テレビジョン受信機の真空管回路……-26-
5.2　カラーテレビジョン受信機の真空管回路……-96-
第6章　その他の回路……-141-
6.1　UHFコンバータ……-141-
6.2　内蔵FMチューナー回路……-142-
第7章　新型真空管の登場……-143-
（本文の各種表について）……-146-
引用・参考の文献・資料　一覧……-211-
Part. I　索　引……-214-

目　次　（詳細）

口　絵
まえがき
執筆方針の要点
目　次　（抜粋）……i
目　次　（詳細）……ii
第1章　テレビジョン受信機の略史……-1-
第2章　テレビジョン開発期の真空管……-3-
2.1　ニポー円板と陰極線管……-3-
2.2　無線による伝送……-3-
2.3　東京電気のテレビジョン研究……-5-
2.4　螺旋鏡車式テレビジョン……-5-
2.5　表示にニポー円板を用たテレビジョン……-5-
2.6　テレビジョン暫定標準方式による実験放送受信機……-6-
2.7　家庭用テレビジョン受信機の試作……-6-
2.8　松下無線の試作テレビジョン……-7-
2.9　小型テレビジョン受信機の開発……-8-
2.10　日本電氣式テレビジョン受信機……-8-
（コラム）周波数の単位……-8-
第3章　市販テレビジョン受信機の開発期の真空管……-9-
3.1　試作向小型テレビジョン受信機（セパレート・キャリア方式採用）……-9-
3.2　TVK-Ⅱ型,Ⅲ型,Ⅳ型受信機の開発……-10-
3.2.1　チャンネル割当計画（第3～第6チャンネル）……-11-
3.2.2　チャンネル割当計画（第1～第6チャンネル）……-11-
3.3　TVK-Ⅴ型・TVK-Ⅵ型テレビジョン受信機の開発……-12-
3.3.1　チャンネル割当計画（第1～第11チャンネル）……-13-
3.3.2　チャンネル割当計画（第1～第12チャンネル）……-13-
3.3.3　UHF帯のチャンネル割当（3段階の割当）……-14-
3.4　中間周波数……-15-
3.4.1　中間周波数の選定……-15-
3.5　日本のカラーテレビジョン（CBS方式）の研究……-17-
（コラム）日本の電源周波数と電源同期……-17-
第4章　市販テレビジョン受信機の真空管とその回路……-18-
4.1　テレビジョン受信機の市販……-18-
4.2　トランスレス・テレビジョン受信機……-19-
4.3　いろいろなテレビジョン受信機（キツトなど）……-19-
4.3.1　「日本アマチュア・テレビジョン研究会（JATNEWS）」……-20-
4.3.2　「テレビジョン受信機部品の作り方と7～17インチ受像機の設計・組立・調整」……-21-
4.3.3　「80,000,000人のテレビ受像機の作り方」……-21-

4.3.4 「アマチュアにできるテレビジョン受信機の作り方」 - 22 -
4.3.5 「9球で作れる簡易ミゼット型 ポータブル・テレビジョン受信機」 - 22 -
4.5.6 「標準テレビ配線図の見方・考え方」 - 22 -
4.3.7 チャンネルセレクターを持たないテレビジョン受信機 - 22 -
4.3.8 120mm 静電偏向 19 球テレビジョン受信機 - 24 -
4.3.9 180mm 電磁偏向 20 球テレビジョン受信機 - 24 -
（コラム）チャンネルセレクターを持たないテレビジョン受信機 - 25 -
（コラム）コロナ防止リング付きソケット - 25 -
第 5 章 回路別使用真空管とその特徴 - 26 -
5.1 白黒テレビジョン受信機の真空管回路 - 26 -
5.1.1 高周波増幅、周波数変換（混合）、局部発振回路 - 26 -
5.1.2 周波数変換（混合）、局部発振回路 - 31 -
（コラム）ニュートロード管について - 39 -
（コラム）セパレート・キャリア方式テレビジョン受信機 - 39 -
（コラム）日本独自の真空管の命名 - 40 -
5.1.3 映像中間周波増幅回路 - 41 -
5.1.4 映像検波回路 - 44 -
5.1.5 映像増幅回路 - 47 -
5.1.6 直流分再生回路 - 49 -
5.1.7 AGC 回路 - 50 -
5.1.8 同期分離、同期増幅回路 - 56 -
5.1.9 垂直発振・出力回路 - 59 -
⑴ 垂直発振回路 - 59 -
⑵ 垂直出力回路 - 60 -
5.1.10 水平発振・出力回路 - 61 -
5.1.11 ダンパー管 - 70 -
5.1.12 高圧整流回路 - 70 -
5.1.13 ブラウン管 - 76 -
⑴ 電磁偏向、静電偏向 - 76 -
⑵ 帰線消去（ブランキング）回路 - 77 -
⑶ ブラウン管の略史 - 77 -
5.1.14 音声中間周波増幅回路 - 84 -
⑴ 音声中間周波増幅回路（一段構成） - 84 -
⑵ 音声中間周波増幅回路（二段構成） - 84 -
5.1.15 FM 検波回路 - 85 -
5.1.16 低周波増幅、音声出力回路 - 88 -
⑴ 低周波増幅（一段）・音声出力（シングル）、一系統 - 89 -
⑵ 低周波増幅（一段）・位相反転・音声出力（プッシュプル）、一系統 - 90 -
⑶ 低周波増幅（二段）・音声出力（2本、OTL）、一系統 - 90 -
⑷ 低周波増幅（一段、二系統）・音声出力（シングル）、二系統 - 91 -

⑸ 低周波増幅（一段、二系統）・音声出力（プッシュプル）、二系統 -92-
⑹ 低周波増幅（無し）・音声出力（シングル）、一系統 -93-
⑺ 低周波増幅（トランジスター）・音声出力（シングル）、一系統 -93-
5.1.17 電源整流回路 -93-
① 出力一系統 -94-
② 出力二系統 -95-
③ 電源整流回路の例 -95-
⑷B電圧用電源ダイオード -96-
5.2 カラーテレビジョン受信機の真空管回路 -96-
5.2.1 高周波増幅回路 -97-
⑴カスコード型チューナ -97-
ⓐ双3極管 -97-
ⓑフレームグリッド管 -97-
ⓒサブミニチュア管 -97-
⑵ニュートロード型チューナ -97-
ⓐ3極管 -98-
ⓑニュービスタ -99-
ⓒニュービスタとの組合せ -99-
5.2.2 周波数変換（混合）、局部発振回路 -99-
① 複合管（周波数変換5極、局部発振3極）回路 -100-
② 複合管（周波数変換3極、局部発振3極） -100-
③ 局部発振周波数の制御（ALFC回路） -100-
④ 同調指示回路 -101-
⑤ AFTダイオード -101-
5.2.3 映像中間周波増幅回路 -101-
5.2.4 映像検波回路 -103-
5.2.5 映像増幅回路 -103-
5.2.6 AGC回路 -106-
5.2.7 同期分離、同期増幅回路 -107-
5.2.8 垂直発振・出力回路 -108-
① 垂直発振回路 -108-
② 垂直出力回路 -109-
5.2.9 水平発振、水平出力回路 -109-
5.2.10 ブラウン管回路 -115-
5.2.11 カラー回路 -117-
5.2.12 音声中間周波増幅回路 -133-
① 一段増幅 -134-
② 二段増幅 -135-
5.2.13 FM検波回路 -135-
① レシオ検波 -135-

⑵ 移相検波 - 136 -
⑶ FM検波用ダイオード - 136 -
5.2.14 低周波増幅、音声出力回路 - 137 -
⑴ 低周波増幅（一段）・音声出力管（シングル） - 137 -
⑵ 低周波増幅（一、二段）・位相反転・音声出力管（プッシュプル） - 137 -
⑶ 低周波増幅・音声出力管（2本、OTL） - 137 -
⑷ 低周波増幅（一段）・音声出力管（シングル）、二系統 - 138 -
⑸ 低周波増幅（一段）・音声出力管（プッシュプル）、二系統 - 138 -
⑹ 低周波増幅（無し）・音声出力管（シングル）、一系統 - 138 -
⑺ 低周波増幅（トランジスタ）・音声出力管（シングル） - 138 -
5.2.15 電源整流回路 - 139 -
5.2.16 トランジスターの登場 - 140 -
第6章 その他の回路 - 141 -
6.1 UHFコンバータ - 141 -
(コラム) この時代にUHF帯で使用できる真空管の例を第207表に示す。 - 142 -
6.2 内蔵FMチューナー回路 - 142 -
第7章 新型真空管の登場 - 143 -
(本文の各種表について) - 146 -
第6表 UHF帯のチャンネル割当 - 146 -
第18表 高周波増幅（カスコード双3極管）の組合せ (MTV 30種類 378機種) - 147 -
第20表 高周波増幅（フレームグリッド管・双3極管）の組合せ (MTV 22種類 171機種) - 148 -
第23表 高周波増幅（シールド・グリッド単3極管）の組合せ (MTV 23種類 414機種) - 149 -
第26表 複合管（周波数変換3極、局部発振3極） (MTV 18種類 801機種) - 150 -
第39表 周波数変換管・局部発振管の組合せ (MTV 39種類 1,151機種) - 151 -
第41表 映像中間周波増幅回路（二段構成） (MTV 23種類 131機種) - 152 -
第43-1表 映像中間周波増幅回路（三段構成） (MTV 96種類 1,154機種) - 153 -
第45表 映像検波管 (MTV 21種類 563機種) - 157 -
第53表 映像増幅回路（一段構成） (MTV 35種類 1,207機種) - 158 -
第54表 映像増幅回路（二段構成） (MTV 12種類 19機種) - 159 -
第61-1表 先頭値型AGC回路 (MTV 50種類 535機種) - 160 -
第61-2表 先頭値型AGC回路 - 161 -
第62表 キード型AGC検波管 (MTV 37種類 132機種) - 162 -
第65-1表 同期分離管 (MTV 71種類 1,287機種) - 163 -
第65-2表 同期分離管 - 164 -
第66-1表 同期増幅管 (MTV 53種類 946機種) - 165 -
第66-2表 同期増幅管 - 166 -
第68表 雑音振幅制限型ノイズキャンセラ管 (MTV16種類 128機種) - 167 -
第69表 垂直発振管（ブロッキング方式） (MTV 27種類 231機種) - 168 -
第70-1表 垂直発振管（マルチバイブレータ方式） (MTV 50種類 1,008機種) - 169 -
第72-1表 垂直出力管 (MTV 69種類 1,284機種) - 171 -

第 72-2 表　垂直出力管 ..... - 172 -
第 76 表　対称型のこぎり波 AFC 管　（MTV 15 種類 83 機種） ..... - 173 -
第 77 表　非対称型のこぎり波 AFC 管　（MTV 17 種類 75 機種） ..... - 174 -
第 79 表　改良型パルス幅 AFC 管　（MTV24 種類 799 機種） ..... - 175 -
第 84 表　変形ブロッキング発振管　（MTV 24 種類 806 機種） ..... - 176 -
第 85 表　水平発振管（マルチバイブレータ発振、カソード結合）　（MTV 17 種類 367 機種） ..... - 177 -
第 91-1 表　水平出力管　（MTV 70 種類 1,301 機種） ..... - 178 -
第 91-2 表　水平出力管 ..... - 179 -
第 92 表　ダンパー管　（MTV 42 種類 1,287 機種） ..... - 180 -
第 93 表　水平出力管とダンパー管の組合せ　（MTV 51 種類 1,760 機種） ..... - 181 -
第 95 表　高圧整流管　（MTV 32 種類 1,361 機種） ..... - 182 -
第 102-1 表　音声中間周波増幅管（一段構成）　（MTV 47 種類 601 機種） ..... - 183 -
第 103-1 表　音声中間周波増幅管（二段構成）　（MTV 44 種類 326 機種） ..... - 185 -
第 112-1 表　音声回路（a）、低周波増幅管（一段）・音声出力管（シングル）（MTV 115 組 1,078 機種） ..... - 187 -
第 113 表　音声出力管にビーム管を使用した機種　（MTV 32 組 176 機種） ..... - 191 -
第 120 表　低周波増幅管（無）・位相反転（無）・音声出力（シングル）　（MTV15 種類 100 機種） ..... - 192 -
第 124-1 表　B 電圧電源用ダイオードの例 ..... - 193 -
第 124-2 表　B 電圧電源用ダイオードの例 ..... - 194 -
第 138 表　映像中間周波増幅管（三段構成）　（CTV 27 種類 275 機種） ..... - 195 -
第 140 表　映像検波ダイオードの例　（CTV 12 種類 316 機種） ..... - 196 -
第 147 表　キード AGC 管　（CTV 30 種類 278 機種） ..... - 197 -
第 149 表　同期分離・同期増幅管　（CTV 31 種類 326 機種） ..... - 198 -
第 151 表　マルチバイブレータ発振方式（垂直発振管）　（CTV 24 種類 188 機種） ..... - 199 -
第 153 表　垂直出力管　（CTV 29 種類 344 機種） ..... - 200 -
第 158 表　水平出力管　（CTV21 種類 346 機種） ..... - 201 -
第 168-1 表　帯域増幅管（BPA）二段構成　（CTV 43 種類 250 機種） ..... - 203 -
第 174 表　カラーキラー制御（増幅）管　（CTV 23 種類 292 機種） ..... - 205 -
第 175 表　カラーキラー検波管とカラーキラー制御（増幅）管の組合せ　（CTV 29 組 223 機種） ..... - 206 -
第 196 表　低周波増幅（一段）・音声出力管（シングル）　（CTV17 種類 276 機種） ..... - 207 -
第 205 表　外付け UHF コンバータの例（1968 年現在）　（36 機種） ..... - 208 -
第 209-1 表　特殊形状真空管のテレビジョン受信機使用例 ..... - 209 -
第 209-2 表　特殊形状真空管のテレビジョン受信機使用例 ..... - 210 -
引用・参考の文献・資料　一覧 ..... - 211 -
Part. I　索　引 ..... - 214 -

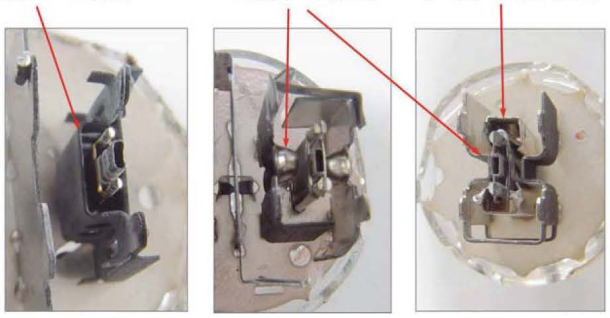
口　絵



(P12) 第12図
「6チャンネル」テレビジョン
受信機のツマミ（例）



(P25) 第19図
コロナ防止リング付き
GT管ソケットの例



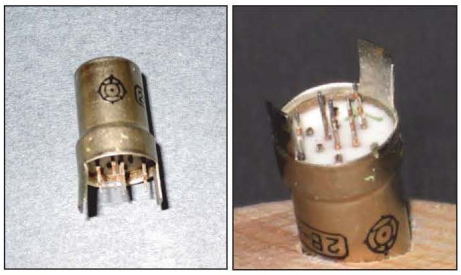
(P29)
第23図

(a)双3極管（6R-HH2）　(b)フレームグリッド双3極管（6DJ8）　(c)シールド・グリッド単3極管（6GK5）
チューナ用高周波増幅管の電極構造（a,bは1ユニットを表示）



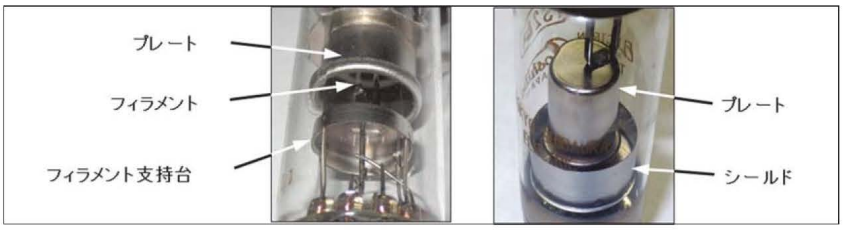
(P30)
第24図

サブミニチュア管の例　3D-HH13（Toshiba）
左：全景、中：シールド・ケースを外した中身、右：専用ソケット



(P31)
第25図

外形　　ピン配置
ニュービスタ管の例（2B-H5、日立）



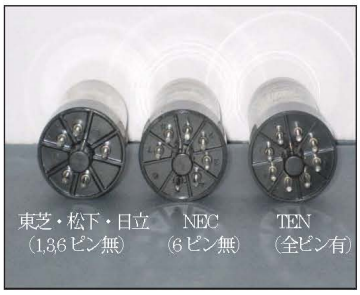
(P71) 第85図　　1X2-B　　1S2-A

X線防止用シールド板の配置

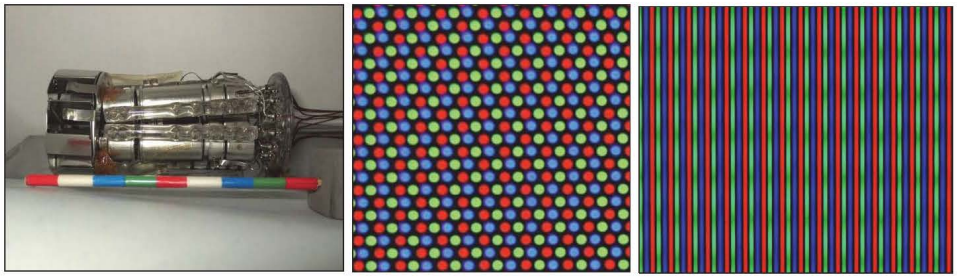
(P75)



第90図　高圧整流管（1G3-GT）のグリーンベルトの例

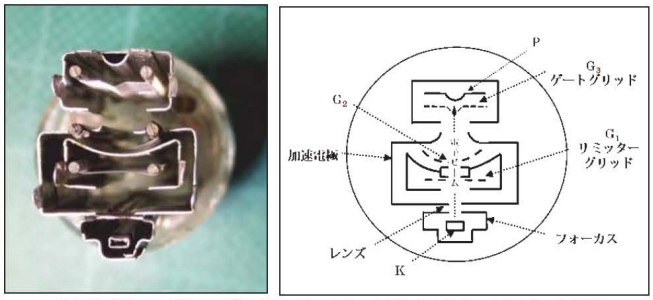


第91図　12GB3のピン配置



(P80) 第96図　デルタ配置カラーブラウン管の電子銃と蛍光面配置（21CYP22）

P82第99図　トリニトロン管のストライプ蛍光面



(P87) 第105図　　ゲーテッド・ビーム管（Toshiba,6BN6）の構造



（P128）第 150 図

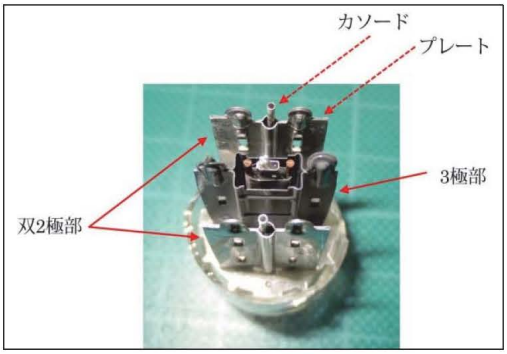
左：マグノーバル管（トリプル 3 極管　6MD8）
右：mT 管（12AZ7A）



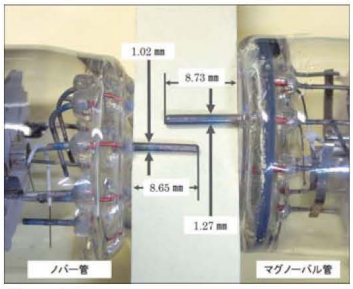
（P131 第 153 図

色副搬送波（3.579545MHz）発振用,
HC6/U 型水晶振動子（1961,昭和 36 年製）

（P136）第 157 図



6BN8 の構造（Sharp,双 2 極 3 極管）



（P143）第 162 図

マグノーバル管とノバー管のピン比較



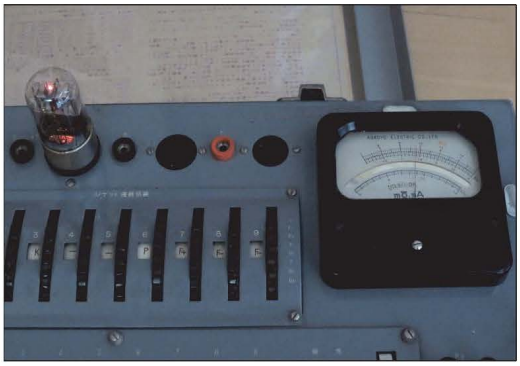
GT 管（左）と
Ultra-Short Small-Wafer Octal 8Pin 管（右）の比較

真空管試験機

真空管試験機には「Gm」を測定する機器と「エミッション」を測定する機器がある。



Gm 測定器



gm-9 形測定器（国洋電機工業株式会社）
規格（200-40,000 μmho）　1962（S37）年製

上図：測定器パネル面
右図：測定中の真空管と Gm メーター
下図左：Gm メーター（測定中）
下図中：各種ソケットのアダプタ
下図右：ピン補正器とアダプタ







真空管試験機／TUBE TESTER

Model　k-119
（共立電気計器株式会社）

1965（S40）年製

右図：測定器パネル面
下右図：測定中の真空管
下左図：エミッションメーター
（拡大）







ブラウン管テスター／復活器

Model　LCT-910
リーダー電子株式会社　1973（S48）製
右図：測定器全体
下図：メーター（拡大）





まえがき

久しぶりにNHKの番組「プロジェクトX」で放送された「執念のテレビ技術者魂30年の戦い(DVD)」のテレビジョン開発に注ぎ込まれた情熱を改めて視聴し、若輩ながら1963年（カラーテレビが普及し始めた頃）からNHKに席を置きほぼ50年間テレビの受信に関わる仕事ができたのも、テレビジョンを開発して頂いた高柳健次郎氏とプロジェクトの皆様のお陰と改めて感謝しています。

高柳健次郎氏のお陰で、今日のテレビジョンの全盛があるわけですが、開発の重要なポジションを担ったテレビジョン受信機（受像機）に関する記録、とりわけ、あれだけ膨大に生産された「真空管」の記録が断片的にしか残っていないのは、テレビジョンの普及を担当してきた筆者としては、残念でなりません。

1975（昭和50）年～1979（昭和54）年にかけて、日本国内の受信用真空管の製造終了が報じられ、テレビジョン受信機の保守用真空管も姿を消すこととなりました。また、2002（平成14）年～2004（平成16）年にかけて国内大手メーカーがブラウン管の生産を海外に移し、2006（平成18）年には、LCD（液晶ディスプレイ）やPDP（プラズマディスプレイ）の薄型テレビジョン受信機の生産額が、ブラウン管式テレビジョン受信機を上回り、一世を風靡した真空管の時代は、新しい時代へとバトンタッチされました。

デバイスは真空管からトランジスタへ、そしてICへと急速に進歩し、テレビジョンの解像度は高柳健次郎氏による最初の実験の走査線数40本から525本に方式統一され、HDTV（ハイビジョン、走査線数：水平1,920本、垂直1,080本）にと進歩し、現在は次世代テレビジョン受信機としてスーパーハイビジョン（走査線数：水平7,680本、垂直4,320本）が実用化する前の4Kテレビジョン受信機（走査線数：水平4,096本、垂直2,160本）が脚光を浴びています。さらに、2000（平成12）年からは放送方式もアナログ放送がデジタル化され、放送システムも一変しました。

テレビジョン受信機の開発過程を記録した**「静岡大学 テレビジョン技術史」**（財・浜松電子工学奨励会）や**「テレビジョン技術史」**（社・テレビジョン学会）、また各種用途の真空管については**「電子管の歴史」**（社・日本電子機械工業会・電子管史研究会 編）、発売年月が記載されたメーカー別回路図集として「**全テレビ回路図集**」（電波新聞社）、個々の真空管の規格は「**全日本真空管マニュアル**」（ラジオ技術社）が、現在は貴重な歴史を物語る文献となっています。

真空管は、放送開始の頃はナス管やST管およびGT管等が混在していましたが、次第にmT管が主体となり、さらに小型化のためサブミニチュア管、コンパクトロン管、ノバー管（マグノバー管）、9T9管等が出現し、大きく変化しています。

ブラウン管の大型化（広偏向角化）とカラー化で、これらに対応した水平・垂直出力管、ダンパー管、また高圧整流管などテレビジョン受信機特有の真空管が数多く開発され、製造されています。

本稿「テレビジョン受信機用 真空管の歩み」は、二部で構成されています。

（パートⅠ）真空管とその回路　　（パートⅡ）真空管／ダイオードの写真

内容は、全部で約 1,838 機種（白黒テレビジョン受信機 1,469 機種余、カラーテレビジョン受信機 369 機種余）、同一シャーシで型名が別になった機種を数えると約 2,292 機種余を分析結果してまとめました。

使用された真空管は 558 種類余であり、その中で最も多く使用された真空管とその機種数は、

12BY7A(1,030 機種)、**12BH7A**(974 機種)、**1X2B**(949 機種)、**6FQ7**(551 機種)、**12R-K19**(524 機種)、**6CG7**(475 機種)、**3AU6**(472 機種)、**6BN8**(431 機種)、**6AW8A**(356 機種)、**5M-HH3**(353 機種)などです。

また、発表されて 1~2 年で消えてしまう真空管の多い中で、長期間使用された真空管は、

（19 年間）**6AV6, 6AQ5**、（18 年間）**6AU6, 12AT7, 5U8, 6CG7, 1X2B**、（17 年間）**12BY7A, 16A8**、（16 年間）**6CB6, 1G3-GT, 6BX6, 3CB6, 12BH7A, 4M-P12**、以下 15 年間、14 年間と続きます。

テレビジョン放送は 60 周年を越え、人間に例えれば、還暦を迎えたことになります。

永年収集してきた「真空管」や「文献・資料」等を基に、浅学非才ながら、無事まとめられたことは感慨深いものがあります。

この資料が、テレビジョン技術を目指す方々の一助となることを願っています。

最後に、本技術史の執筆にあたり、巻末に掲載した各種文献や資料を参考に、また一部を引用させて頂きました。この場を借りて、著者の方々および出版社各位に厚くお礼申し上げます。

2017 年　　著者

追伸

パートⅡ「真空管／ダイオードの写真」に収録した「真空管の実物」および、執筆に使用した各種や文献資料の数々は、

静岡大学「高柳記念未来技術創造館」

に収蔵して頂きました。

機会がございましたら、ご覧いただければ幸いです。

「Pert-Ⅰ真空管とその回路」順　真空管　目次

番号	名称	頁
第1章　テレビジョン略史		
第2章　テレビジョン開発期の真空管		
2.1　ニポウ円盤と陰極線管		
Tube-1：	NVV-6A	-2-
Tube-2：	UV-199/UX-199	
Tube-3：	UX-240	-4-
Tube-4：	UX-201A	-5-
2.2　無線による伝送		
Tube-5：	UX-222	-7-
Tube-6：	UX-112-A	-8-
Tube-7：	UX-171-A	-9-
Tube-8：	UY-224	-10-
Tube-9：	UY-227	-11-
Tube-10：	D243	-12-
Tube-11：	RCA-58	-13-
Tube-12：	RCA-57	-14-
Tube-13：	UY-247	-15-
Tube-14：	KX-280	-16-
参考-1：	KX-280	-17-
2.3　東京電気のテレビジョン研究		
Tube-15：	UX-230	-19-
参考-2：	RCA-230	-20-
Tube-16：	UX-874	-21-
Tube-17：	UZ-58	-22-
参考-3：	UY-235	-23-
Tube-18：	UX-841	-24-
Tube-19：	Ut-2B7	-25-
Tube-20：	UZ-57	-26-
Tube-21：	UX-865	-27-
Tube-22：	UY-56	-28-
Tube-23：	UY-24B	-29-
Tube-24：	UX-245	-30-
2.4　螺旋鏡車式テレビジョン		
参考-4：	UZ-57A	-32-
参考-5：	45A	-33-
参考-6：	UX-45	-34-
Tube-25：	NT-18(DA-60)	
2.5　表示にニポウ円盤を用たテレビジョン		
Tube-26：	UN-955	-37-
Tube-27：	UN-954	-38-
2.6　テレビジョン暫定標準方式		
Tube-28：	UZ-6302	-40-
Tube-29：	UZ-6303	-41-
Tube-30：	UY-37	-42-
Tube-31：	Kt-6H6A	-43-
Tube-32：	UZ-89	-44-
Tube-33：	UY-38	-45-
Tube-34：	UY-36	-46-
Tube-35：	UZ-42	-47-
Tube-36：	UY-76	-48-
Tube-37：	UZ-6D6	-49-
Tube-38：	UZ-85	-50-
2.7　家庭用受像機の試作		
Tube-39：	UZ-6804	-52-
Tube-40：	UY-6801	-53-
Tube-41：	Ut-6A6	-54-
Tube-42：	UZ-6C6	-55-
Tube-43：	UZ-6L6A	-56-
Tube-44：	KX-142	-57-
Tube-45：	Ut-6B7	-58-
Tube-46：	KX-5Z3	-59-
Tube-47：	UZ-75	-60-
2.8　松下無線の試作テレビジョン		
Tube-48：	Ut-6L7G	-62-
Tube-49：	Ut-6F7	-63-
Tube-50：	-1V	-64-
Tube-51：	UZ-41	-65-
Tube-52：	83	-66-
2.9　小型テレビジョン受像機の開発		
2.10日本電氣式テレビジョン受信機		
Tube-53：	6H6-GT	-68-
第3章　市販テレビジョン受信機		
3.1　試作向小型受像機		
Tube-54：	6J6	-70-
Tube-55：	RH-8	-71-
Tube-56：	6SL7-GT	-72-
Tube-57：	RH-4	-73-
Tube-58：	6V6-GT	-74-
3.2　TVK-Ⅱ型受信機の開発		
Tube-59：	6AK5	-76-
Tube-60：	6AU6	-77-
Tube-61：	6AL5	-78-
Tube-62：	6AC7-GT	-79-
Tube-63：	6SN7-GT	-80-
Tube-64：	UY-807	-81-
参考-7：	807	-82-
Tube-65：	KX-80HK	-83-
Tube-66,Tube-67：	1B3-GT,DY30	
Tube-68：	6AV6	-85-
Tube-69：	6AR5	-86-
3.3　TVK-Ⅲ、Ⅳ型受信機の開発		
Tube-70：	6CB6	-88-
Tube-71：	6BQ6-GT	-89-
Tube-72：	6W4-GT	-90-
Tube-73：	5Y3-GT	-91-
3.4　TVK-Ⅴ型テレビジョン受信機の開発		
Tube-74：	12AU7	-93-
Tube-75：	12BH7	-94-
Tube-76：	1X2-A	-95-
Tube-77,Tube-78：	6BE6,12BE6	
3.5 TVK-Ⅵ型受信機の開発		
Tube-79：	6BQ7A	-98-
Tube-80：	6CL6	-99-
Tube-81：	6BN6	-100-
Tube-82：	6U4-G	-101-
3.6　日本のカラーテレビジョン		
第4章　市販テレビジョンの真空管		
4.1　テレビジョン受信機の市販		
4.2　トランスレス・テレビジョン受信機		
Tube-83：	EF80/6BX6	
Tube-84：	ECC81/12AT7	
Tube-85：	EAA91/6AL5	
Tube-86：	ECL80/6AB8	
Tube-87：	ECC82/12AU7	
Tube-88：	21A6/PL81	-109-
Tube-89：	PY81/17Z3	-110-
4.3　いろいろなテレビジョン		
4.3.1「日本アマチュア・テレビジョン		
4.3.2　テレビジョン部品の作り方		
4.3.3　80,000,000人のテレビ受像機		
4.3.4　アマチュアにできるテレビジョン		
4.3.5　9球で作れる簡易ミゼット型		
4.3.6　標準テレビ配線図の見方		
4.3.7　チャンネルセレクターを持たない		
Tube-90：	6SJ7-GT	-112-
Tube-91,Tube-92：	6BA6,12BA6	
Tube-93：	6BD6	-114-
Tube-94：	6Z-P1	-115-
Tube-95：	KX-80	-116-
Tube-96：	KX-12F	-117-
4.3.8　120mm静電偏向19球テレビジョン		
Tube-97：	6N7-GT	-119-
Tube-98：	6F6-GT	-120-
Tube-99：	2X2	-121-
Tube-100：	6AG7-GT	-122-
Tube-101：	6SK7-GT	-123-
Tube-102：	6SC7-GT	-124-
Tube-103：	6SH7-GT	-125-
Tube-104：	6V6-GT/G	-126-
Tube-105：	SSE-120G	-127-
Tube-106：	BG-75A	-128-
Tube-107：	BV-75A	-129-
Tube-108：	SSE-75G	-130-
4.3.9　180mm電磁偏向20球テレビジョン		
Tube-109：	6X5-GT	-132-
第5章　回路別使用真空管とその特徴		
5.1　白黒テレビジョンの真空管		
5.1.1　高周波増幅、周波数変換（混合）		
(1)　初期のチューナ管		
(2)　初めての市販受信機のチューナ管		
Tube-110：	EF80	-134-
Tube-111：	6BX6	-135-
Tube-112：	3CB6	-136-
(3)　カスコード型チューナー管		
(a)　双3極管		
Tube-113：	12AT7	-138-
Tube-114：	6BZ7	-139-
Tube-115：	6BQ7	-140-
Tube-116：	6BK7	-141-
Tube-117：	7AN7	-142-
Tube-118：	ECC84	-143-
Tube-119：	PCC84	-144-
Tube-120：	4BQ7A	-145-
Tube-121：	4BC8	-146-
Tube-122：	4R-HH2	-147-
Tube-123：	6R-HH2	-148-
(b)　フレームグリッド管		
Tube-124：	PCC88	-150-
Tube-125：	7DJ8	-151-
Tube-126：	6R-HH1	-152-
Tube-127：	4R-HH8	-153-
Tube-128：	6DJ8	-154-
Tube-129：	6R-HH8	-155-
Tube-130：	4R-HH6	-156-
©　サブミニチュア管		
Tube-131：	6D-HH13	-158-
Tube-132：	3D-HH13	-159-
(4)　ニュートロード型チューナー管		
(a)　シールド・グリッド単3極管		
Tube-133：	2GK5	-161-
Tube-134,Tube-135：	6GK5,2D-H6	
Tube-136：	4GK5	-163-
Tube-137：	2HM5/2HA5	
Tube-138：	3GK5	-165-
Tube-139：	3HA5	-166-
Tube-140：	2HA5	-167-
(b)　ニュービスタ管		
Tube-141：	2B-H5	-169-

番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁
5.1.2 周波数変換（混合）、局部発振管			Tube-179：	6EH7/EF183		Tube-219：	10EB8/10GN8		Tube-252：	6SN7-GTB	- 295 -
(1) 周波数変換管			Tube-180：	4EH7/LF183		Tube-220：	15DQ8	- 256 -	Tube-253：	16A8	- 296 -
(2) 局部発振管			Tube-181：	4EH7	- 212 -	Tube-221：	8EB8/8GN8		(3-2) 同期増幅管（含、位相反転管）		
(3) 周波数変換回路と局部発振回路			Tube-182：	4EJ7/LF184		Tube-222：	10LZ8	- 258 -	Tube-254：	6R-HR1	- 298 -
(a) 複合管（周波数変換5極、局部発振）			Tube-183：	4EJ7	- 214 -	Tube-223：	10JY8	- 259 -	Tube-255：	9AU7	- 299 -
Tube-142：	6U8	- 171 -	Tube-184：	4JD6	- 215 -	Tube-224：	8LS6	- 260 -	Tube-256：	12JZ8	- 300 -
Tube-143：	9A8	- 172 -	Tube-185：	4JC6	- 216 -	Tube-225：	11LY6	- 261 -	(4-1) ノイズキャンセラ管		
Tube-144：	5U8	- 173 -	Tube-186：	4DK6	- 217 -	(2) 2段構成			(4-2) 雑音振幅制限管ノイズキャンセラ		
Tube-145：	9A8/PCF80		Tube-187：	4CB6	- 218 -	Tube-226：	6AQ5	- 263 -	5.1.9 垂直発振・出力管		
Tube-146：	6CG8	- 175 -	Tube-188：	3EH7	- 219 -	(3) 3段構成			(1) 垂直発振管		
Tube-147：	6CG8A	- 176 -	Tube-189：	3EJ7	- 220 -	5.1.6 直流分再生管			(a) ブロッキング発振管		
Tube-148：	5CG8	- 177 -	Tube-190：	4BZ6	- 221 -	5.1.7 AGC管			Tube-257：	6J5-GT	- 303 -
Tube-149：	7HG8	- 178 -	(2) 3段構成_1			(1) 平均値			Tube-258：	6CS7	- 304 -
Tube-150：	7HG8/PCF86		Tube-191：	6AG5	- 223 -	(2) 先頭値			Tube-259：	18GV8	- 305 -
Tube-151：	7GS7	- 180 -	Tube-192 ,Tube-193：	3AU6,3AU6A		Tube-227：	3AV6	- 265 -	Tube-260：	18GV8/PCL85	
Tube-152：	9CG8A	- 181 -	Tube-194：	6BZ6	- 225 -	(3) キード型AGC管			参考-9：	PCL85	- 307 -
Tube-153：	4GS7	- 182 -	Tube-195：	5AN8	- 226 -	Tube-228：	4AU6	- 267 -	Tube-261：	10DE7	- 308 -
Tube-154：	5GS7	- 183 -	(2) 3段構成_2			Tube-229：	5GH8	- 268 -	Tube-262：	10EW7	- 309 -
Tube-155：	4GX7	- 184 -	Tube-196：	6AN8	- 228 -	Tube-230：	5GH8A	- 269 -	Tube-263：	6EW7	- 310 -
Tube-156：	4LJ8	- 185 -	Tube-197：	6DK6	- 229 -	Tube-231：	8A8	- 270 -	Tube-264 ,- 265：	9R-AL1, 10R-AL2	
Tube-157：	5GJ7	- 186 -	Tube-198：	4GM6	- 230 -	Tube-232：	6CL8A	- 271 -	(b) マルチバイブレータ発振管		
Tube-158：	5LJ8	- 187 -	Tube-199：	3M-V7	- 231 -	Tube-233：	9JW8	- 272 -	Tube-266：	8R-LP1	- 313 -
Tube-159：	8GJ7	- 188 -	Tube-200：	3M-R24	- 232 -	Tube-234：	5CL8A	- 273 -	Tube-267：	6DE7	- 314 -
(b) 複合管（周波数変換3極局部発振）			(2) 3段構成_3			Tube-235：	6FV8A	- 274 -	Tube-268：	10EM7	- 315 -
Tube-160：	ECC81	- 190 -	Tube-201：	6EA8	- 234 -	Tube-236：	8B8	- 275 -	Tube-269：	LCL85	- 316 -
Tube-161：	5J6	- 191 -	Tube-202：	6CB6A	- 235 -	Tube-237：	6LX8	- 276 -	Tube-270：	15FM7	- 317 -
Tube-162：	6M-HH3	- 192 -	Tube-203：	3JD6	- 236 -	Tube-238：	6LN8	- 277 -	Tube-271：	17JZ8	- 318 -
Tube-163：	5M-HH3	- 193 -	Tube-204：	6JV8	- 237 -	Tube-239：	6GH8A	- 278 -	Tube-272：	10GV8/LCL85	
Tube-164：	9AQ8	- 194 -	(3) 4段構成			(4) AGC回路の組合せ管			Tube-273：	10GV8	- 319 -
Tube-165：	9AQ8/PCC85		5.1.4 映像検波管			(5) 被制御回路管			Tube-274,- 275：	13JZ8/12JZ8,13JZ8A	
Tube-166：	6D-HH12	- 196 -	映像検波ダイオード			5.1.8 同期分離・同期増幅管			Tube-276：	11MS8	- 321 -
Tube-167：	3D-HH12	- 197 -	Tube-205：	6AT6	- 241 -	(1) 同期事前増幅管			(c)発振方式不明の垂直発振管		
(4) 局部発振周波数の制御(AFT回路)			Tube-206：	12BH7A	- 242 -	Tube-240：	ECF80	- 280 -	Tube-277：	6BL7-GT	- 323 -
(5) 局部発振周波数の安定度			Tube-207：	3AL5	- 243 -	(2)-1 同期分離管_1			(2) 垂直出力管_1		
(6)同調指示管			Tube-208：	6AT7	- 244 -	Tube-241：	6C4	- 282 -	Tube-278：	6K6-GT	- 326 -
Tube-168 ,- 169：	6E5-M、6M-DE1		Tube-209：	7AU7	- 245 -	Tube-242：	6SN7-GTA	- 283 -	Tube-279：	5AQ5	- 327 -
Tube-170：	6M-E5	- 200 -	Tube-210：	6AW8	- 246 -	Tube-243：	ECL80	- 284 -	Tube-280：	9R-A6	- 328 -
5.1.3 映像中間周波増幅管			Tube-211：	6AW8A	- 247 -	Tube-244：	12SN7-GT	- 285 -	Tube-281：	6R-P15	- 329 -
(1) 2段構成			5.1.5 映像増幅管			Tube-245：	6AB8	- 286 -	Tube-282：	6R-B11	- 330 -
Tube-171：	3BZ6	- 202 -	(1) 1段構成			Tube-246：	6CG7	- 287 -	Tube-283：	5CZ5	- 331 -
Tube-172：	3DK6	- 203 -	Tube-212,- 213：	12BY7,12BY7A		Tube-247：	3BE6	- 288 -	Tube-284：	8EM5	- 332 -
Tube-173：	5EA8/5U8	- 204 -	Tube-214：	12BY7A/EL180		(2)-2 同期分離管_2			Tube-285：	6CZ5	- 333 -
Tube-174：	5EA8	- 205 -	Tube-215：	8EB8	- 250 -	Tube-248：	6BN8	- 290 -	Tube-286：	15CW5	- 334 -
Tube-175：	6GM6	- 206 -	Tube-216：	8GN8	- 251 -	Tube-249：	16A8/PCL82		Tube-287：	15CW5/PL84	
Tube-176：	6EJ7	- 207 -	Tube-217：	11Y9/LFL200		Tube-250：	6FQ7	- 292 -	Tube-288：	8R-B11	- 336 -
Tube-177：	6EJ7/EF184		参考-8：	11Y9	- 253 -	Tube-251：	17A8	- 293 -	Tube-289：	6R-A6	- 337 -
Tube-178：	6EH7	- 209 -	Tube-218：	8JV8	- 254 -	(3-1) 同期増幅管（含、位相反転管）			Tube-290：	6R-A9	- 338 -

番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁
Tube-291：	6EM5	-339-	Tube-320：	6G-B3A	-378-	Tube-363：	12G-K17	-425-	5.1.15 FM検波管		
Tube-292：	8CW5	-340-	Tube-321：	6CD6-G	-379-	Tube-364：	6AU4-GTA	-426-	(1) フォスター・シーレー検波管		
Tube-293：	10CW5	-341-	Tube-322：	6CB5A	-380-	Tube-365：	6G-K17	-427-	(2) レシオ検波管		
Tube-294：	12B4-A	-342-	Tube-323：	6CM5	-381-	Tube-366：	30AE3/PY88		(a) 平衡型レシオ検波（変形）管		
5.1.10 水平発振・出力管			Tube-324：	12DQ6	-382-	Tube-367：	30AE3	-429-	(b) 不平衡型レシオ検波管		
(1) AFC管			Tube-325：	25E5/PL36		Tube-368：	12AX4-GTA		Tube-404：	5R-DDH1	-471-
(a) のこぎり波AFC管（対称型）			Tube-326,-327	12G-B3A,12G-B3B		Tube-369：	6R-K19	-431-	Tube-405：	6T8	-472-
(b) のこぎり波AFC管（非対称型）			Tube-328：	6G-B7	-385-	Tube-370：	12R-K19	-432-	(3) 移相検波管		
Tube-295：	8B10	-344-	Tube-329：	12B-B14	-386-	Tube-371：	12AF3	-433-	(a)-1 ゲーテッド・ビーム検波管		
Tube-296：	8FQ7	-345-	Tube-330：	6B-B14	-387-	Tube-372：	34R3	-434-	Tube-406：	3BN6	-474-
(c) ダイオードAFC			Tube-331：	27GB5/PL500		Tube-373：	20AQ3/LY88		(a)-2 ゲーテッド・ビーム管の代用		
(d) パルス幅AFC管			Tube-332：	27GB5	-389-	Tube-374：	17BR3	-436-	(b) ロックド・オシレーター検波管		
(e) パルス幅AFC管（改良型）			Tube-333,4	16GY5,16GY5/16C-B27		Tube-375：	17Z3	-437-	Tube-407：	3DT6	-476-
Tube-297：	8A8/PCF80	-347-	Tube-335：	12DQ6-B	-391-	Tube-376：	12BT3	-438-	Tube-408：	3DT6A	-477-
(f) AFC電圧の直流増幅管			Tube-336：	17B-B14	-392-	Tube-377：	12BY3	-439-	Tube-409：	4DT6A	-478-
(2) 水平発振管			Tube-337：	50JY6	-393-	Tube-378：	LY88/20AQ3		Tube-410：	6DT6	-479-
(a) ブロッキング発振管（同期信号			Tube-338：	LL521	-394-	Tube-379：	17BE3	-441-	Tube-411：	9C-PR1	-480-
(b) ブロッキング発振管（5極管発振）			Tube-339：	17G-B3	-395-	Tube-380：	12BR3/12R-K19		5.1.16 低周波増幅、音声出力管		
(c) 水平発振・出力兼用ブロッキング			Tube-340：	17C-B24	-396-	5.1.12 高圧整流管			(a)-1 低周波増幅管（一段）		
参考-10 :2	25BQ6-GTB/25CU6		Tube-341：	38HE7	-397-	Tube-381：	1X2B	-444-	(a)-2 低周波増幅管（一段）		
(d) 変形ブロッキング発振管			Tube-342：	18GB5	-398-	Tube-382：	1G3-GT	-445-	(a)-3 低周波増幅管（一段）		
(e) マルチバイブレータ発振			Tube-343：	12H-B25	-399-	Tube-383：	1X2	-446-	Tube-412：	6SQ7-GT	-484-
Tube-298：	6LN8/LCF80		Tube-344：	21KQ6/LL521		Tube-384：	1S2	-447-	Tube-413：	6W6-GT	-485-
Tube-299：	8CG7/8FQ7	-354-	Tube-345,346：	29KQ6/PL521,PL521		Tube-385：	1D-K1	-448-	Tube-414,Tube-415：	4M-P12,6M-P12	
(f) 正弦波発振器による水平発振管			Tube-347：	29KQ6	-402-	Tube-386：	5642	-449-	Tube-416：	6BQ5	-487-
(g) 単球の水平発振管			Tube-348：	16C-B28	-403-	Tube-387：	DY86	-450-	Tube-417：	6BM8	-488-
Tube-300：	6G-B6	-356-	Tube-349：	16GY5/16C-B27/16C-B28		Tube-388：	1S2A	-451-	Tube-418：	12AV6	-489-
Tube-301：	12BQ6-GTB		Tube-350：	21JZ6	-405-	Tube-389：	1D-K25	-452-	Tube-419：	32A3	-490-
Tube-302：	21A6	-358-	Tube-351：	33GY7	-406-	Tube-390：	1D-K29	-453-	Tube-420：	8BQ5	-491-
Tube-303：	12G-B3	-359-	Tube-352：	33HE7	-407-	Tube-391：	1S-K2(1A2)	-454-	Tube-421：	6M-P17	-492-
(3) 水平出力管			参考-11：	6BQ6-GA/6CU6		Tube-392：	1AD2	-455-	Tube-422：	6M-P20	-493-
Tube-304：	6BG6-G	-362-	参考-12：	6GB6-G	-409-	Tube-393,-394：	1D-K27,1D-K37		Tube-423：	7M-P18	-494-
Tube-305：	6BQ6-GTB		参考-13：	6L6	-410-	Tube-395：	1R-K31	-457-	Tube-424：	15M-P19	-495-
Tube-306：	PL81	-364-	参考-14：	6L6-G	-411-	Tube-396：	1K3-GT	-458-	Tube-425：	6M-P18	-496-
Tube-307：	25BQ6-GT	-365-	参考-15：	6CD6-GA	-412-	Tube-397：	1K3/1G3-GT		Tube-426：	3M-P26	-497-
Tube-308：	12BQ6-GTB/12CU6		5.1.11 ダンパー管			Tube-398：	1G3/1K3-GT		Tube-427,-428：	4AB8/LCL80,LCL80	
Tube-309：	12CU6	-367-	ダンパーダイオード			Tube-399：	1BC2	-461-	Tube-429：	6AQ5A	-499-
Tube-310：	6BQ6-GA	-368-	Tube-353：	5V4-G	-415-	Tube-400：	1BK2	-462-	Tube-430：	8R-HP2	-500-
Tube-311：	6BQ6-GTA	-369-	Tube-354：	KX-80BK	-416-	5.1.13 ブラウン管			Tube-431：	4AV6	-501-
Tube-312：	6BQ6-G	-370-	Tube-355：	PY81	-417-	Tube-401：	14RP4A	-463-	Tube-432,-433：	5M-P29,5M-P30	
Tube-313：	6CU6	-371-	Tube-356：	25AX4-GT	-418-	(2) 帰線消去（ブランキング）			Tube-434：	4M-P26	-503-
Tube-314：	25E5	-372-	Tube-357：	6AX4-GT	-419-	5.1.14 音声中間周波増幅管			Tube-435：	7M-P16A	-504-
Tube-315：	6BQ6-GTB/6CU6		Tube-358：	6AX4-GTA	-420-	(1) 音声中間周波増幅管（一段構成）			Tube-436：	8R-HP4	-505-
Tube-316：	12DQ6A	-374-	Tube-359：	6AX4-GT(H)		(2)-1 音声中間周波増幅管（二段構成）_1			Tube-437：	11BM8	-506-
Tube-317：	12BQ6-GT	-375-	Tube-360：	12AX4-GT	-422-	(2)-2 音声中間周波増幅管（二段増幅）_2			Tube-438：	12FX5(60FX5)	
Tube-318：	6DQ6A	-376-	Tube-361：	12D4	-423-	Tube-402：	6AU6A	-468-	(b) 低周波増幅(一段)・位相反転		
Tube-319：	12G-B7	-377-	Tube-362：	6AX4-GTB	-424-	Tube-403：	6GH8	-469-	Tube-439：	12BD6	-509-

番号	名称	頁
Tube-440:	**30A5**	- 510 -
(c) 低周波増幅（二段）・音声出力管		
(d) 低周波増幅（一段、2系統）		
(e) 低周波増幅（一段、2系統）		
Tube-441:	**12AX7**	- 512 -
Tube-442:	**6AQ8**	- 513 -
Tube-443:	**30M-P27**	- 514 -
(f) 低周波増幅（無し）・音声出力管		
Tube-444:	**8M-P12**	- 516 -
Tube-445:	**6BK5**	- 517 -
(g) 低周波増幅（トランジスター）		
Tube-446:	**12CU5**	- 519 -
5.1.17 電源整流管		
(1) 電源整流管（出力一系統）		
Tube-447:	**PY82**	- 523 -
Tube-448:	**GZ34 (旧型)**	- 524 -
Tube-449:	**5AR4/GZ34 (旧型)**	
参考-16：	**5AR4/GZ34 (新型)**	
Tube-450:	**5AR4 (旧型)**	- 527 -
参考-17：	**5AR4 (新型)**	- 528 -
Tube-451:	**19Y3/PY82**	- 529 -
Tube-452:	**5G-K18**	- 530 -
Tube-453:	**5U4-GB**	- 531 -
(2) 電源整流管（出力二系統）		
Tube-454:	**5GK4-GT**	- 533 -
Tube-455:	**5R-K16**	- 534 -
Tube-456:	**5G-K22**	- 535 -
5.2 カラーテレビジョン受信機		
5.2.1 高周波増幅管		
(1)カスコード型チューナ		
(a) 双3極管		
(b) フレームグリッド管		
(c) サブミニチュア管		
(2)ニュートロード型チューナ		
(a) 3極管		
Tube-457:	**6HA5**	- 537 -
(b) ニュービスタ		
(c) ニュービスタとの組合せ		
5.2.2 周波数変換（混合）,局部発振管		
(1)複合管（周波数変換5極、局部発振）		
Tube-458:	**6G8**	- 539 -
(2)複合管（周波数変換3極、局部発振）		
(3) 局部発振周波数の制御（ALFC回路）管		
(4) 同調指示管		
(5) AFTダイオード		
Tube-459:	**6R-E13**	- 541 -
5.2.3 映像中間周波増幅管		

番号	名称	頁
(1) 二段構成 無し		
(2) 三段構成		
Tube-460:	**6JH6**	- 543 -
Tube-461:	**3JH6**	- 544 -
Tube-462:	**4EW6**	- 545 -
Tube-463:	**8BM11**	- 546 -
Tube-464:	**3KT6**	- 547 -
(3)四段構成		
5.2.4 映像検波管		
5.2.5 映像増幅管		
(1) 二段構成		
Tube-465:	**6DX8**	- 550 -
Tube-466:	**8AW8A**	- 551 -
Tube-467:	**8KR8**	- 552 -
Tube-468:	**6LM8**	- 553 -
Tube-469:	**10KR8**	- 554 -
Tube-470:	**6JY8**	- 555 -
Tube-471:	**5R-HR3**	- 556 -
Tube-472:	**12GN7A**	- 557 -
Tube-473:	**6LF8**	- 558 -
(2) 三段構成		
Tube-474:	**10GK6**	- 560 -
(3) 三段構成（トランジスタとの併用）		
(4) 五段構成（トランジスタとの併用）		
5.2.6 AGC管		
(1) 先頭値型AGC		
キード型AGC		
Tube-475:	**6GY6**	- 563 -
Tube-476:	**6JX8(ECH84)**	
Tube-477:	**6HZ6**	- 565 -
Tube-478:	**9GH8A**	- 566 -
Tube-479:	**8KA8**	- 567 -
Tube-480:	**6KA8**	- 568 -
5.2.7 同期分離管、同期増幅管		
Tube-481:	**6AJ8**	- 570 -
5.2.8 垂直発振・出力管		
(1) 垂直発振管		
(a)ブロッキング発振管		
Tube-482:	**6EM7(6EA7)**	
Tube-483:	**12FQ7**	- 573 -
Tube-484:	**10GF7**	- 574 -
Tube-485:	**21LU8**	- 575 -
(b)マルチバイブレータ発振管		
Tube-486:	**10GF7A**	- 577 -
Tube-487:	**6GF7A**	- 578 -
Tube-488:	**15KY8A**	- 579 -
Tube-489:	**16LU8**	- 580 -

番号	名称	頁
Tube-490:	**17JZ8A**	- 581 -
(2) 垂直出力管		
Tube-491:	**6CW5**	- 583 -
5.2.9 水平発振・水平出力管		
(1) AFC管		
(a)のこぎり波AFC（対称型）		
(b)のこぎり波AFC（非対称型）		
(c)のこぎり波AFC（ダイオード）		
(d)パルス幅AFC		
(e)改良型パルス幅AFC		
(2) 水平発振管		
(a) ブロッキング発振管		
(b) 変形ブロッキング発振管		
Tube-492:	**12R-LL5**	- 586 -
(3) 水平出力管		
Tube-493:	**6FV5**	- 588 -
Tube-494:	**6DQ5**	- 589 -
Tube-495:	**35FV5**	- 590 -
Tube-496:	**26DQ5**	- 591 -
Tube-497:	**16G-B16**	- 592 -
Tube-498:	**6JS6A**	- 593 -
Tube-499:	**2SJS6A**	- 594 -
Tube-500:	**31JS6A**	- 595 -
Tube-501:	**29LE6**	- 596 -
Tube-502:	**30KD6**	- 597 -
Tube-503:	**40KD6**	- 598 -
Tube-504:	**21KQ6**	- 599 -
Tube-505:	**6KD6**	- 600 -
Tube-506:	**40KG6A**	- 601 -
Tube-507:	**21JS6A**	- 602 -
参考-18：	**40KG6A/PL509**	
(4) ダンパー管		
Tube-508:	**6AL3**	- 605 -
Tube-509:	**19AU4-GTA**	- 606 -
Tube-510:	**6DW4**	- 607 -
Tube-511:	**6AY3**	- 608 -
Tube-512:	**6DW4A**	- 609 -
Tube-513:	**12DW4A**	- 610 -
Tube-514:	**6DW4B**	- 611 -
Tube-515:	**17DW4A**	- 612 -
Tube-516:	**12CK4S**	- 613 -
Tube-517:	**42EC4**	- 614 -
Tube-518:	**19CG3**	- 615 -
Tube-519:	**20AQ3**	- 616 -
Tube-520:	**6CG3**	- 617 -
Tube-521:	**25CG3**	- 618 -
(5) 高圧整流管		

番号	名称	頁
Tube-522,Tube-523:	**3A3,3A3F**	
Tube-524:	**3AT2**	- 621 -
Tube-525:	**3CV3**	- 622 -
Tube-526:	**3AW2**	- 623 -
Tube-527:	**3A3A**	- 624 -
Tube-528:	**3BS2A**	- 625 -
Tube-529,Tube-530:	**3CN3A,3CN3**	
Tube-531:	**3CU3**	- 627 -
(6) フォーカス整流管		
Tube-532:	**1V2**	- 629 -
(7) 高圧安定管（シャントレギュレータ管）		
Tube-533:	**6BK4**	- 631 -
Tube-534:	**6BK4A**	- 632 -
Tube-535,-536:	**6G-H4,6G-H7**	
Tube-537:	**6BK4B**	- 634 -
5.2.10 ブラウン管		
(1) 直流分再生管		
(2) 帰線消去（ブランカー）管		
Tube-538:	**6GU7**	- 636 -
Tube-539:	**8GU7**	- 637 -
カラーブラウン管		
Tube-540:	**21CYP22A**	- 638 -
Tube-541: 3ビーム・デルタ配置		
Tube-542: 3ビーム・インライン配置		
Tube-543:	**3S0AB22**トリニトロン管	
5.2.11 カラー管		
(1) 帯域増幅管		
(a) 一段構成		
Tube-544:	**6BL8/ECF80**	
Tube-545:	**6EW6**	- 644 -
(b) 二段構成		
Tube-546:	**6U8A**	- 646 -
(2) カラーキラー管		
(a) カラーキラー用検波管		
Tube-547,Tube-548:	**6JU8A,6JU8**	
(b) 色復調用位相検波器の信号で制御		
(c) 色副搬送波（APC方式）発振信号		
(d) 色副搬送波（バースト注入ロック）		
(e) 色副搬送波（バースト注入ロック）		
(f)カラーキラー制御（増幅）管のまとめ		
Tube-549,Tube-550:	**12AZ7,12AZ7A**	
(3) 色復調回路		
(a) R-Y・B-Y復調、マトリクス管		
① 10LE8を用いたR-Y・B-Y復調器		
② 10LE8を用いたR-Y・B-Y復調器		
③ 5極管を用いたR-Y・B-Y復調器		
Tube-551:	**10LE8**	- 653 -

番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁	番号	名称	頁
Tube-552:	**5HZ6**	-654-	第7章　新型真空管の登場			Tube-604:	**22JF6**	-699-	Tube-650:	**6BD11**	-718-
(b) 3軸復調、マトリクス管			主に米国で使用されたコンパクトロン管			Tube-605:	**22JG6A**	-699-	Tube-651:	**6BE8/6BZ8**	-718-
① 3極管（含、複合管3極部）を用いた3軸復調			7.1 9T9管			Tube-606:	**22JR6**	-700-	Tube-652:	**6BF11**	-719-
② 5極管を用いた3軸復調			Tube-561:	**6FD7**	-684-	Tube-607:	**22JU6**	-700-	Tube-653:	**6BH11**	-719-
③ 復調器にはダイオード、色差増幅			Tube-562:	**6GC5**	-684-	Tube-608:	**22KM6**	-700-	Tube-654:	**6BJ8**	-719-
Tube-553:	**6R-P22**	-656-	Tube-563:	**6HZ8**	-684-	Tube-609:	**22KV6A**	-701-	Tube-655:	**6BN11**	-720-
Tube-554:	**7247**	-657-	Tube-564:	**6JT8**	-685-	Tube-610:	**24JE6A/24LQ6**		Tube-656:	**6BV11**	-720-
(c) XZ復調、マトリクス管			Tube-565:	**6KU8**	-685-	Tube-611:	**25DK3**	-701-	Tube-657:	**6BW11**	-720-
① 3極管（含、複合管3極部）			Tube-566:	**6LB8**	-685-	Tube-612:	**31LZ6**	-702-	Tube-658:	**6C10**	-721-
Tube-555:	**6MD8**	-659-	Tube-567:	**10KU8**	-686-	Tube-613:	**34DK3**	-702-	Tube-659:	**6CE8/6CD8**	-721-
② 5極管を用いたXZ軸復調			Tube-568:	**10LB8**	-686-	Tube-614:	**25CK3**	-702-	Tube-660:	**6D10**	-721-
(5) 色同期回路			Tube-569:	**13FD7**	-686-	Tube-615:	**6LR8**	-703-	Tube-661:	**6DQ8**	-722-
(a) APC方式			7.2 ノバー（Nover）、マグノーバル			Tube-616:	**6DN3**	-703-	Tube-662:	**6DT8**	-722-
(b) リンギンク方式			Tube-570:	**6BA8**	-688-	Tube-617:	**17CK3**	-703-	Tube-663:	**6EH4A**	-722-
(c) バースト注入ロック方式			Tube-571:	**6BH8A**	-688-	Tube-618:	**12MD8**	-704-	Tube-664:	**6EJ4**	-723-
5.2.12 音声中間周波増幅管			Tube-572:	**6BS8A**	-688-	Tube-619:	**19DK3**	-704-	Tube-665:	**6FJ7**	-723-
(1) 一段増幅			Tube-573:	**6CL3/6CK3**		Tube-620:	**21LR8**	-704-	Tube-666:	**6FM7**	-723-
(2) 二段増幅			Tube-574:	**6CM3**	-689-	Tube-621:	**6KY8A**	-705-	Tube-667:	**6FY7**	-724-
5.2.13 FM検波管			Tube-575:	**6DK3**	-689-	Tube-622:	**13GF7**	-705-	Tube-668:	**6GE5**	-724-
(1) レシオ検波管			Tube-576:	**6DL3**	-690-	Tube-623:	**13GF7A**	-705-	Tube-669:	**6GF5**	-724-
(2) 移相検波管			Tube-577:	**6DU3/6DQ3A**		Tube-624:	**25B-B14**	-706-	Tube-670:	**6GV5**	-725-
5.2.14 低周波増幅、音声出力管			Tube-578:	**6GJ5A**	-690-	Tube-625:	**25HX5**	-706-	Tube-671:	**6GY5**	-725-
(1) 低周波増幅（一段）・音声出力管（シングル）			Tube-579:	**6GT5**	-691-	7.3 コンパクトロン（Compactron）			Tube-672:	**6HB5**	-725-
(2) 低周波増幅（一,二段）位相反転			Tube-580:	**6JD5**	-691-	Tube-626:	**1AD2A**	-710-	Tube-673:	**6JB5/6HE5**	-726-
(3) 低周波増幅（二段）音声出力			Tube-581:	**6JE6A**	-691-	Tube-627:	**1AY2A**	-710-	Tube-674:	**6HF5**	-726-
(4) 低周波増幅（一段、二系統）			Tube-582:	**6JF6**	-692-	Tube-628:	**1BY2A**	-711-	Tube-675:	**6HS5**	-726-
(5) 低周波増幅（一段、二系統）			Tube-583:	**6JR6**	-692-	Tube-629:	**2AH2**	-711-	Tube-676:	**6HV5**	-727-
(6) 低周波増幅（無し）・音声出力管			Tube-584:	**6JS6C**	-692-	Tube-630:	**2AS2**	-711-	Tube-677:	**6J10/6Z10**	-727-
(7) 低周波増幅（トランジスター）			Tube-585:	**6JT6A**	-693-	Tube-631:	**2BU2**	-712-	Tube-678:	**6J11**	-727-
5.2.15 電源整流管			Tube-586:	**6LQ6**	-693-	Tube-632:	**3BM2**	-712-	Tube-679:	**6JB6A**	-728-
5.2.16 トランジスターの登場			Tube-587:	**12AY3**	-693-	Tube-633:	**3BN2**	-712-	Tube-680:	**6JC5/6JB5/6HE5**	
第6章　その他の回路の真空管			Tube-588:	**12BS3A/12DW4A**		Tube-634:	**3BT2**	-713-	Tube-681:	**6JH5**	-728-
6.1 UHFコンバータ			Tube-589:	**12CL3**	-694-	Tube-635:	**3BW2**	-713-	Tube-682:	**6JK5**	-729-
Tube-556:	**2DZ4**	-669-	Tube-590:	**12GT5**	-694-	Tube-636:	**3BW2**	-713-	Tube-683:	**6JZ6**	-729-
Tube-557,Tube-558:	**6DV4,2N-H12**		Tube-591:	**12JB6**	-695-	Tube-637:	**6AC10**	-714-	Tube-684:	**6JZ8**	-729-
Tube-559:	**6DZ4**	-671-	Tube-592:	**12JF5**	-695-	Tube-638:	**6AD10**	-714-	Tube-685:	**6K11/6Q11**	-730-
参考－19:	**6AJ4**	-672-	Tube-593:	**12JT6A**	-695-	Tube-639:	**6AF11**	-714-	Tube-686:	**6KM6**	-730-
参考－20:	**6AM4**	-673-	Tube-594:	**17AY3**	-696-	Tube-640:	**6AG9**	-715-	Tube-687:	**6LB6**	-730-
参考－21:	**6AN4**	-674-	Tube-595:	**17BS3A/17BW4A**		Tube-641:	**6AH9**	-715-	Tube-688:	**6LF6**	-731-
参考－22:	**7077**	-675-	Tube-596:	**17BW3**	-696-	Tube-642:	**6AK10**	-715-	Tube-689:	**6LU8**	-731-
参考－23:	**EC86**	-676-	Tube-597:	**17GJ5**	-697-	Tube-643:	**6AL11**	-716-	Tube-690:	**6M11**	-731-
参考－24:	**6CM4**	-677-	Tube-598:	**17GT5**	-697-	Tube-644:	**6AR11**	-716-	Tube-691:	**6MF8**	-732-
参考－25:	**5876**	-678-	Tube-599:	**17JB6**	-697-	Tube-645:	**6AV11**	-716-	Tube-692:	**6MJ8**	-732-
参考－26:	**6AF4-A**	-679-	Tube-600:	**17JF6**	-698-	Tube-646:	**6AX3**	-717-	Tube-693:	**6MN8**	-732-
参考－27:	**6ML3**	-680-	Tube-601:	**17KV6A**	-698-	Tube-647:	**6AY11**	-717-	Tube-694:	**6T10**	-733-
6.2 内蔵FMチューナ管			Tube-602:	**22BH3**	-698-	Tube-648:	**6B10**	-717-	Tube-695:	**8AC9**	-733-
Tube-560:	**17AB9**	-682-	Tube-603:	**22BH3A**	-699-	Tube-649:	**6BA11**	-718-	Tube-696:	**8AC10**	-733-

番号	名称	頁
Tube-697：	**8AL9**	-734-
Tube-698：	**8AR11**	-734-
Tube-699：	**8BA11**	-734-
Tube-700：	**8BQ11**	-735-
Tube-701：	**9AH9**	-735-
Tube-702：	**9AK10**	-735-
Tube-703：	**9BJ11**	-736-
Tube-704：	**10AL11**	-736-
Tube-705：	**10JA5**	-736-
Tube-706：	**10Z10**	-737-
Tube-707：	**17BF11**	-737-
Tube-708：	**11BQ11**	-737-
Tube-709：	**11BT11**	-738-
Tube-710：	**11CH11**	-738-
Tube-711：	**11FY7**	-738-
Tube-712：	**12AE10**	-739-
Tube-713：	**12AL11**	-739-
Tube-714：	**12AX3**	-739-
Tube-715：	**12BF11**	-740-
Tube-716：	**12BV11**	-740-
Tube-717：	**12GE5**	-740-
Tube-718：	**12T10**	-741-
Tube-719：	**13V10**	-741-
Tube-720：	**13Z10/13J10**	
Tube-721：	**14BL11**	-742-
Tube-722：	**14BR11**	-742-
Tube-723：	**15AF11**	-742-
Tube-724：	**15BD11**	-743-
Tube-725：	**15FY7**	-743-
Tube-726：	**16AK9**	-743-
Tube-727：	**16BQ11**	-744-
Tube-728：	**16BX11**	-744-
Tube-729：	**17AX3**	-744-
Tube-731：	**17GE5**	-745-
Tube-732：	**17JM6**	-745-
Tube-733：	**17JN6**	-746-
Tube-734：	**17JT6A**	-746-
Tube-735：	**17X10/17AB10**	
Tube-736：	**19DQ3**	-747-
Tube-737：	**21HB5A**	-747-
Tube-738：	**21HJ5**	-747-
Tube-739：	**21JV6**	-748-
Tube-740：	**21LG6A**	-748-
Tube-741：	**22BW3**	-748-
Tube-742：	**23Z9**	-749-
Tube-743：	**24JZ8**	-749-
Tube-744：	**25JZ8**	-749-
Tube-745：	**26LX6**	-750-
Tube-746：	**30MB6**	-750-
Tube-747：	**31AL10**	-750-
Tube-748：	**31JS6C**	-751-
Tube-749：	**31LR8**	-751-
Tube-750：	**32HQ7**	-751-
Tube-751：	**33GT7**	-752-
Tube-752：	**34CE3/34CD3**	
Tube-753：	**35LR6**	-752-
Tube-754：	**36KD6**	-753-
Tube-755：	**38HK7**	-753-
Tube-730：	**42KN6**	-745-
7.4 Ultra-Short Small-Wafer Octal		
Tube-756：	**3CN3A**	-755-
Tube-757：	**3DJ3**	-755-
Tube-758：	**3CA3**	-755-
Tube-759：	**3CU3B**	-756-
Tube-760：	**3DC3**	-756-
Tube-761：	**3DH3**	-756-
第8章　ダイオード		
Diode-1-1：	**1N60**	-757-
Diode-1-2：	**1N60**	-757-
Diode-1-3：	**1N60**	-757-
Diode-2：	**1S48**	-757-
Diode-3-1：	**1N34A**	-758-
Diode-3-2：	**1N34A**	-758-
Diode-3-3：	**1N34A**	-758-
Diode-4：	**OA70**	-758-
Diode-5：	**1NA9**	-759-
Diode-6：	**1N60A**	-759-
Diode-7：	**SD60**	-759-
Diode-8-1：	**SD46**	-759-
Diode-8-2：	**SD46**	-760-
Diode-9：	**OA91**	-760-
Diode-10：	**OA90**	-760-
Diode-11：	**1N34**	-760-
Diode-12：	**1S1555**	-761-
Diode-13：	**1T22**	-761-
Diode-14：	**1S92**	-761-
Diode-15：	**SD-1**	-761-
Diode-16：	**HS9/1**	-762-
Diode-17：	**1T23**	-762-
Diode-18：	**SR-1**	-762-
Diode-19：	**1S124**	-762-
Diode-20：	**1S110**	-763-
Diode-21：	**1S315**	-763-
Diode-22：	**DS-1M**	-763-
Diode-23：	**FR-1**	-763-
Diode-24：	**1N3195**	-764-
Diode-25：	**1S314**	-764-
Diode-26：	**DS-1K**	-764-
Diode-27：	**OA85**	-764-
Diode-28：	**1S34**	-765-
Diode-29：	**OA81**	-765-
Diode-30：	**1N35**	-765-
Diode-31：	**1N4148**	-765-
Diode-32：	**OA214**	-766-
Diode-33：	**SA-2B**	-766-

真空管　番号順の目次

名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁
1AD2	Tube-392	- 455 -	3BW2	Tube-636	- 718 -	4R-HH6	Tube-130	- 156 -	6AM4	参考－20	- 673 -
1AD2A	Tube-626	- 710 -	3BZ6	Tube-171	- 202 -	4R-HH8	Tube-127	- 153 -	6AN4	参考－21	- 674 -
1AY2A	Tube-627	- 710 -	3CA8	Tube-758	- 755 -	5AN8	Tube-195	- 226 -	6AN8	Tube-196	- 228 -
1B3-GT	Tube-66	-84-	3CB6	Tube-112	- 136 -	5AQ5	Tube-279	- 327 -	6AQ5	Tube-226	- 263 -
1BC2	Tube-399	- 461 -	3CN3A	Tube-529	-626-	5AR4（旧型）		- 527 -	6AQ5A	Tube-429	- 499 -
1BK2	Tube-400	- 462 -	3CN3A	Tube-756	-758-	5AR4（新型）		- 528 -	6AQ8	Tube-442	- 513 -
1BY2A	Tube-628	- 711 -	3CN3	Tube-530	-626-	5AR4/GZ34（旧型）		-525-	6AR11	Tube-644	- 716 -
1D-K1	Tube-385	- 448 -	3CU3	Tube-531	- 627 -	5AR4/GZ34（新型）		-526-	6AR5	Tube-69	- 86 -
1D-K25	Tube-389	- 452 -	3CU3B	Tube-759	- 756 -	5CG8	Tube-148	- 177 -	6AT6	Tube-205	- 241 -
1D-K27	Tube-393	-456-	3CV3	Tube-525	- 622 -	5CL8A	Tube-234	- 273 -	6AT7	Tube-208	- 244 -
1D-K29	Tube-390	- 453 -	3DC3	Tube-760	- 756 -	5CZ5	Tube-283	- 331 -	6AU4-GTA		- 426 -
1D-K37	Tube-394	-456-	3DH3	Tube-761	- 756 -	5EA8	Tube-174	- 205 -	6AU6	Tube-60	- 77 -
1G3/1K3-GT		- 460 -	3D-HH12	Tube-167	- 197 -	5EA8/5U8		- 204 -	6AU6A	Tube-402	- 468 -
1G3-GT	Tube-382	- 445 -	3D-HH13	Tube-132	- 159 -	5GH8	Tube-229	- 268 -	6AV11	Tube-645	- 716 -
1K3/1G3-GT		- 459 -	3DJ3	Tube-757	- 755 -	5GH8A	Tube-230	- 269 -	6AV6	Tube-68	- 85 -
1K3-GT	Tube-396	- 458 -	3DK6	Tube-172	- 203 -	5GJ7	Tube-157	- 186 -	6AW8	Tube-210	- 246 -
1R-K31	Tube-395	- 457 -	3DT6	Tube-407	- 476 -	5G-K18	Tube-452	- 530 -	6AW8A	Tube-211	- 247 -
1S2	Tube-384	- 447 -	3DT6A	Tube-408	- 477 -	5G-K22	Tube-456	- 535 -	6AX3	Tube-646	- 717 -
1S2A	Tube-388	- 451 -	3EH7	Tube-188	- 219 -	5GK4-GT	Tube-454	- 533 -	6AX4-GT	Tube-357	- 419 -
1S-K2(1A2)		- 454 -	3EJ7	Tube-189	- 220 -	5GS7	Tube-154	- 183 -	6AX4-GT(H)		-421-
-1V	Tube-50	- 64 -	3GK5	Tube-138	- 165 -	5HZ6	Tube-552	- 654 -	6AX4-GTA		- 420 -
1V2	Tube-532	- 629 -	3HA5	Tube-139	- 166 -	5J6	Tube-161	- 191 -	6AX4-GTB		- 424 -
1X2	Tube-383	- 446 -	3JD6	Tube-203	- 236 -	5LJ8	Tube-158	- 187 -	6AY11	Tube-647	- 717 -
1X2-A	Tube-76	- 95 -	3JH6	Tube-461	- 545 -	5M-HH3	Tube-163	- 193 -	6AY3	Tube-511	- 608 -
1X2B	Tube-381	- 444 -	3KT6	Tube-464	- 547 -	5M-P29	Tube-432	-502-	6B10	Tube-648	- 717 -
2AH2	Tube-629	- 711 -	3M-P26	Tube-426	- 497 -	5M-P30	Tube-433	-502-	6BA11	Tube-649	- 718 -
2AS2	Tube-630	- 711 -	3M-R24	Tube-200	- 232 -	5R-DDH1	Tube-404	- 471 -	6BA3	Tube-570	- 688 -
2B-H5	Tube-141	- 169 -	3M-V7	Tube-199	- 231 -	5R-HR1	Tube-254	- 298 -	6BA6	Tube-91	- 113 -
2BU2	Tube-630	- 712 -	4AB8/LCL80		-498-	5R-HR3	Tube-471	- 556 -	6B-B14	Tube-330	- 387 -
2D-H6	Tube-135	-162-	4AU6	Tube-228	- 267 -	5R-K16	Tube-455	- 534 -	6BD11	Tube-650	- 718 -
2DZ4	Tube-556	- 669 -	4AV6	Tube-431	- 501 -	5U4-G	Tube-82	- 101 -	6BD6	Tube-98	- 114 -
2GK5	Tube-133	- 161 -	4BC8	Tube-121	- 146 -	5U4-GB	Tube-453	- 531 -	6BE3/6BZ3		- 718 -
2HA5	Tube-140	- 167 -	4BQ7A	Tube-120	- 145 -	5U8	Tube-144	- 173 -	6BE6	Tube-77	- 96 -
2HM5/2HA5		-164-	4BZ6	Tube-190	- 221 -	5V4-G	Tube-353	- 415 -	6BF11	Tube-652	- 719 -
2N-H12	Tube-558	-670-	4CB6	Tube-187	- 218 -	5Y3-GT	Tube-73	- 91 -	6BG6-G	Tube-304	- 362 -
2X2	Tube-99	- 121 -	4DK6	Tube-186	- 217 -	6AB8	Tube-245	- 286 -	6BH11	Tube-653	- 719 -
3A3	Tube-522	-620-	4DT6A	Tube-409	- 478 -	6AC10	Tube-636	- 714 -	6BH3A	Tube-571	- 688 -
3A3A	Tube-527	- 624 -	4EH7	Tube-181	- 212 -	6AC7-GT	Tube-62	- 79 -	6BJ3	Tube-653	- 719 -
3A3F	Tube-523	-620-	4EH7/LF183		-211-	6AD10	Tube-638	- 714 -	6BK4	Tube-538	- 631 -
3AL5	Tube-207	- 243 -	4EJ7	Tube-183	- 214 -	6AF11	Tube-639	- 714 -	6BK4A	Tube-584	- 632 -
3AT2	Tube-524	- 621 -	4EJ7/LF184		-213-	6AF4-A	参考－26	- 679 -	6BK4B	Tube-587	- 634 -
3AU6	Tube-192	-214-	4EW6	Tube-462	- 545 -	6AG5	Tube-191	- 223 -	6BK5	Tube-445	- 517 -
3AU6A	Tube-193	-214-	4GK5	Tube-136	- 163 -	6AG7-GT	Tube-100	- 122 -	6BK7	Tube-116	- 141 -
3AV6	Tube-227	- 265 -	4GM6	Tube-198	- 230 -	6AG9	Tube-640	- 715 -	6BL7-GT	Tube-277	- 323 -
3AW2	Tube-526	- 623 -	4GS7	Tube-153	- 182 -	6AH9	Tube-641	- 715 -	6BL8/ECF80		-643-
3BE6	Tube-247	- 288 -	4GX7	Tube-155	- 184 -	6AJ4	参考－19	- 672 -	6BM8	Tube-417	- 488 -
3BM2	Tube-632	- 712 -	4JC6	Tube-185	- 216 -	6AJ8	Tube-481	- 570 -	6BN11	Tube-655	- 720 -
3BN2	Tube-633	- 712 -	4JD6	Tube-184	- 215 -	6AK10	Tube-642	- 715 -	6BN6	Tube-81	- 100 -
3BN6	Tube-406	- 474 -	4LJ8	Tube-156	- 185 -	6AK5	Tube-59	- 76 -	6BN8	Tube-248	- 290 -
3BS2A	Tube-528	- 625 -	4M-P12	Tube-414	-486-	6AL11	Tube-643	- 716 -	6BQ5	Tube-416	- 487 -
3BT2	Tube-634	- 713 -	4M-P26	Tube-434	- 503 -	6AL3	Tube-508	- 605 -	6BQ6-G	Tube-312	- 370 -
3BW2	Tube-635	- 713 -	4R-HH2	Tube-122	- 147 -	6AL5	Tube-61	- 78 -	6BQ6-GA	Tube-310	- 368 -

名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁
6BQ6-GA/6CU6		-408-	6DW4A	Tube-512	- 609 -	6HZ6	Tube-477	- 565 -	6M-HH3	Tube-162	- 192 -
6BQ6-GT	Tube-71	- 89 -	6DW4B	Tube-514	- 611 -	6HZ8	Tube-563	- 684 -	6MJ8	Tube-692	- 732 -
6BQ6-GTA		- 869 -	6DX8	Tube-465	- 550 -	6J10/6Z10		- 727 -	6ML8	参考－27	- 680 -
6BQ6-GTB		- 863 -	6DZ4	Tube-559	- 671 -	6J11	Tube-678	- 727 -	6MN8	Tube-693	- 732 -
6BQ6-GTB/6CU6		-873-	6E5-M	Tube-168	-199-	6J5-GT	Tube-257	- 308 -	6M-P12	Tube-415	-486-
6BQ7	Tube-115	- 140 -	6EA8	Tube-201	- 234 -	6J6	Tube-54	- 70 -	6M-P17	Tube-421	- 492 -
6BQ7A	Tube-79	- 98 -	6EH4A	Tube-663	- 722 -	6JB5/6HE5		- 726 -	6M-P18	Tube-425	- 496 -
6BS8A	Tube-572	- 688 -	6EH7	Tube-178	- 209 -	6JB6A	Tube-679	- 728 -	6M-P20	Tube-422	- 493 -
6BV11	Tube-656	- 720 -	6EH7/EF183		-210-	6JC5/6JB5/6HE5		- 728 -	6N7-GT	Tube-97	- 119 -
6BW11	Tube-657	- 720 -	6EJ4	Tube-664	- 723 -	6JD5	Tube-580	- 691 -	6R-A6	Tube-289	- 337 -
6BX6	Tube-111	- 135 -	6EJ7	Tube-176	- 207 -	6JE6A	Tube-581	- 691 -	6R-A9	Tube-290	- 338 -
6BZ6	Tube-194	- 225 -	6EJ7/EF184		-208-	6JF6	Tube-582	- 692 -	6R-B11	Tube-282	- 330 -
6BZ7	Tube-114	- 139 -	6EM5	Tube-291	- 339 -	6JH5	Tube-681	- 728 -	6R-E13	Tube-459	- 541 -
6C10	Tube-658	- 721 -	6EM7(6EA7)		-572-	6JH6	Tube-460	- 543 -	6R-HH1	Tube-126	- 152 -
6C4	Tube-241	- 282 -	6EW6	Tube-544	- 644 -	6JK5	Tube-682	- 729 -	6R-HH2	Tube-123	- 148 -
6CB5A	Tube-322	- 380 -	6EW7	Tube-263	- 310 -	6JR6	Tube-583	- 692 -	6R-HH8	Tube-129	- 155 -
6CB6	Tube-70	- 88 -	6F6-GT	Tube-98	- 120 -	6JS6A	Tube-498	- 593 -	6R-K19	Tube-869	- 431 -
6CB6A	Tube-202	- 235 -	6FD7	Tube-561	- 684 -	6JS6C	Tube-584	- 692 -	6R-P15	Tube-281	- 329 -
6CD6-G	Tube-321	- 379 -	6FJ7	Tube-665	- 723 -	6JT6A	Tube-585	- 693 -	6R-P22	Tube-553	- 656 -
6CD6-GA	参考-15	- 412 -	6FM7	Tube-666	- 723 -	6JT8	Tube-564	- 685 -	6SC7-GT	Tube-102	- 124 -
6CE8/6CD8		- 721 -	6FQ7	Tube-250	- 292 -	6JU8	Tube-548	-648-	6SH7-GT	Tube-103	- 125 -
6CG8	Tube-520	- 617 -	6FV5	Tube-493	- 588 -	6JU8A	Tube-547	-649-	6SJ7-GT	Tube-90	- 112 -
6CG7	Tube-246	- 287 -	6FV8A	Tube-235	- 274 -	6JV8	Tube-204	- 237 -	6SK7-GT	Tube-101	- 123 -
6CG8	Tube-146	- 175 -	6FY7	Tube-667	- 724 -	6JX8(ECH84)		-564-	6SL7-GT	Tube-56	- 72 -
6CG8A	Tube-147	- 176 -	6G-B8A	Tube-320	- 378 -	6JY8	Tube-470	- 555 -	6SN7-GT	Tube-63	- 80 -
6CL8/6CK8		-688-	6G-B6	Tube-300	- 356 -	6JZ6	Tube-683	- 729 -	6SN7-GTA		- 283 -
6CL6	Tube-80	- 99 -	6GB6-G	参考-12	- 409 -	6JZ8	Tube-684	- 729 -	6SN7-GTB		- 295 -
6CL8A	Tube-232	- 271 -	6G-B7	Tube-328	- 385 -	6K11/6Q11		- 730 -	6SQ7-GT	Tube-412	- 484 -
6CM8	Tube-574	- 689 -	6GC5	Tube-562	- 684 -	6K6-GT	Tube-278	- 326 -	6T10	Tube-693	- 733 -
6CM4	参考－24	- 677 -	6GE5	Tube-668	- 724 -	6KA8	Tube-480	- 568 -	6T8	Tube-405	- 472 -
6CM5	Tube-323	- 381 -	6GF5	Tube-669	- 724 -	6KD6	Tube-505	- 600 -	6U8	Tube-142	- 171 -
6CS7	Tube-258	- 304 -	6GF7A	Tube-487	- 578 -	6KM6	Tube-686	- 730 -	6U8A	Tube-546	- 646 -
6CU6	Tube-313	- 371 -	6G-H4	Tube-585	-693-	6KU8	Tube-565	- 685 -	6V6-GT	Tube-58	- 74 -
6CW5	Tube-491	- 583 -	6G-H7	Tube-586	-693-	6KY8A	Tube-621	- 705 -	6V6-GT/G		- 126 -
6CZ5	Tube-285	- 333 -	6GH8	Tube-403	- 469 -	6L6	参考-13	- 410 -	6W4-GT	Tube-72	- 90 -
6D10	Tube-660	- 721 -	6GH8A	Tube-239	- 278 -	6L6-G	参考-14	- 411 -	6W6-GT	Tube-413	- 485 -
6DE7	Tube-267	- 314 -	6GJ5A	Tube-578	- 690 -	6LB6	Tube-687	- 730 -	6X5-GT	Tube-109	- 132 -
6D-HH12	Tube-166	- 196 -	6G-K17	Tube-365	- 427 -	6LB8	Tube-566	- 685 -	6Z-P1	Tube-94	- 115 -
6D-HH13	Tube-131	- 158 -	6GK5	Tube-134	-162-	6LF6	Tube-688	- 731 -	7AN7	Tube-117	- 142 -
6DJ8	Tube-128	- 154 -	6GM6	Tube-175	- 206 -	6LF8	Tube-473	- 558 -	7AU7	Tube-209	- 245 -
6DK8	Tube-575	- 689 -	6GS7	Tube-458	- 539 -	6LM8	Tube-468	- 553 -	7DJ8	Tube-125	- 151 -
6DK6	Tube-197	- 229 -	6GT5	Tube-579	- 691 -	6LN8	Tube-238	- 277 -	7GS7	Tube-151	- 180 -
6DL8	Tube-576	- 690 -	6GU7	Tube-588	- 696 -	6LN8/LCF80		-358-	7HG8	Tube-149	- 178 -
6DN8	Tube-616	- 703 -	6GV5	Tube-670	- 725 -	6LQ6	Tube-586	- 698 -	7HG8/PCF86		-179-
6DQ8	Tube-661	- 722 -	6GY5	Tube-671	- 725 -	6LR8	Tube-615	- 703 -	7M-P18	Tube-423	- 494 -
6DQ5	Tube-494	- 589 -	6GY6	Tube-475	- 563 -	6LU8	Tube-689	- 731 -	7M-P18A	Tube-435	- 504 -
6DQ6A	Tube-318	- 376 -	6H6-GT	Tube-53	- 68 -	6LX8	Tube-237	- 276 -	8A8	Tube-231	- 270 -
6DT8	Tube-662	- 722 -	6HA5	Tube-457	- 537 -	6M11	Tube-690	- 731 -	8A8/PCF80		- 347 -
6DT6	Tube-410	- 479 -	6HB5	Tube-672	- 725 -	6MD8	Tube-555	- 659 -	8AC10	Tube-696	- 733 -
6DU8/6DQ8A		- 690 -	6HF5	Tube-674	- 726 -	6M-DE1	Tube-169	-199-	8AC9	Tube-695	- 733 -
6DV4	Tube-557	-670-	6HS5	Tube-675	- 726 -	6M-E5	Tube-170	- 200 -	8AL9	Tube-697	- 734 -
6DW4	Tube-510	- 607 -	6HV5	Tube-676	- 727 -	6MF8	Tube-691	- 732 -	8AR11	Tube-698	- 734 -

名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁	名称	番号	頁
8AW8A	Tube-466	-551-	10KR8	Tube-469	-554-	12D4	Tube-361	-423-	16GY5/16C-B27		-390-
8B10	Tube-295	-344-	10KU8	Tube-567	-686-	12DQ6	Tube-324	-382-	16GY5/16C-B27/16C-B28		-404-
8B8	Tube-236	-275-	10LB8	Tube-568	-686-	12DQ6A	Tube-316	-374-	16LU8	Tube-489	-580-
8BA11	Tube-699	-734-	10LE8	Tube-551	-653-	12DQ6-B	Tube-335	-391-	17A8	Tube-251	-293-
8BM11	Tube-463	-546-	10LZ8	Tube-222	-258	12DW4A	Tube-513	-610-	17AB9	Tube-560	-682-
8BQ11	Tube-700	-735-	10R-AL2	Tube-265	-311-	12FQ7	Tube-483	-573-	17AX8	Tube-729	-744-
8BQ5	Tube-420	-491-	10Z10	Tube-706	-737-	12FX5(60FX5)		-507-	17AY8	Tube-594	-696-
8CG7/8FQ7		-354-	11BM8	Tube-437	-506-	12G-B8	Tube-308	-359-	17B-B14	Tube-336	-392-
8CW5	Tube-292	-340-	11BQ11	Tube-708	-737-	12G-B8A	Tube-326	-384-	17BE3	Tube-379	-441-
8EB8	Tube-215	-250-	11BT11	Tube-709	-738-	12G-B8B	Tube-327	-384-	17BF11	Tube-707	-737-
8EB8/8GN8		-257-	11CH11	Tube-710	-738-	12G-B7	Tube-319	-377-	17BR8	Tube-874	-436-
8EM5	Tube-284	-332-	11FY7	Tube-711	-738-	12GE5	Tube-717	-740-	17BS8A/17BW4A		-696-
8FQ7	Tube-296	-345-	11LY6	Tube-225	-261-	12G-K17	Tube-363	-425-	17BW8	Tube-596	-696-
8GJ7	Tube-159	-188-	11MS8	Tube-276	-321-	12GN7A	Tube-472	-557-	17C-B24	Tube-340	-396-
8GN8	Tube-216	-251-	11Y9	参考-8	-253-	12GT5	Tube-590	-694-	17CK8	Tube-617	-703-
8GU7	Tube-539	-637-	11Y9/LFL200		-252-	12H-B25	Tube-343	-399-	17DW4A	Tube-515	-612-
8JV8	Tube-218	-254-	12AE10	Tube-712	-739-	12JB6	Tube-591	-695-	17G-B8	Tube-339	-395-
8KA8	Tube-479	-567-	12AF8	Tube-871	-433-	12JF5	Tube-592	-695-	17GE5	Tube-731	-745-
8KR8	Tube-467	-552-	12AL11	Tube-713	-739-	12JT6A	Tube-593	-695-	17GJ5	Tube-597	-697-
8LS6	Tube-224	-260-	12AT7	Tube-113	-138-	12JZ8	Tube-256	-300-	17GT5	Tube-598	-697-
8M-P12	Tube-444	-516-	12AU7	Tube-74	-93-	12MD8	Tube-618	-704-	17JB6	Tube-599	-697-
8R-B11	Tube-288	-336-	12AV6	Tube-418	-489-	12R-K19	Tube-370	-432-	17JF6	Tube-600	-698-
8R-HP2	Tube-430	-500-	12AX8	Tube-714	-739-	12R-LL5	Tube-492	-586-	17JM6	Tube-732	-745-
8R-HP4	Tube-436	-505-	12AX4-GT		-422-	12SN7-GT		-285-	17JN6	Tube-733	-746-
8R-LP1	Tube-266	-313-	12AX4-GTA		-430-	12T10	Tube-718	-741-	17JT6A	Tube-734	-746-
9A8	Tube-143	-172-	12AX7	Tube-441	-512-	13FD7	Tube-569	-686-	17JZ8	Tube-271	-318-
9A8/PCF80		-174-	12AY8	Tube-587	-698-	13GF7	Tube-622	-705-	17JZ8A	Tube-490	-581-
9AH9	Tube-701	-735-	12AZ7	Tube-549	-651-	13GF7A	Tube-623	-705-	17KV6A	Tube-601	-698-
9AK10	Tube-702	-735-	12AZ7A	Tube-550	-651-	13JZ8/12JZ8		-319-	17X10/17AB10		-746-
9AQ8	Tube-164	-194-	12B4-A	Tube-294	-342-	13JZ8A	Tube-275	-319-	17Z8	Tube-875	-437-
9AQ8/PCC85		-195-	12BA6	Tube-92	-113-	13V10	Tube-719	-741-	18GB5	Tube-342	-398-
9AU7	Tube-255	-299-	12B-B14	Tube-329	-386-	13Z10/13J10		-741-	18GV8	Tube-259	-305-
9BJ11	Tube-703	-736-	12BD6	Tube-439	-509-	14BL11	Tube-721	-742-	18GV8/PCL85		-306-
9CG8A	Tube-152	-181-	12BE6	Tube-78	-96-	14BR11	Tube-722	-742-	19AU4-GTA		-606-
9C-PR1	Tube-411	-480-	12BF11	Tube-715	-740-	14RP4A	Tube-401	-463-	19CG8	Tube-518	-615-
9GH8A	Tube-478	-566-	12BH7	Tube-75	-94-	15AF11	Tube-723	-742-	19DK8	Tube-618	-704-
9JW8	Tube-233	-272-	12BH7A	Tube-206	-242-	15BD11	Tube-724	-743-	19DQ8	Tube-736	-747-
9R-A6	Tube-280	-328-	12BQ6-GT		-375-	15CW5	Tube-286	-334-	19Y8/PY82		-529-
9R-AL1	Tube-264	-311-	12BQ6-GTB		-357-	15CW5/PL84		-315-	20AQ8	Tube-519	-616-
10AL11	Tube-704	-736-	12BQ6-GTB/12CU6		-366-	15DQ8	Tube-220	-256-	20AQ8/LY88		-435-
10CW5	Tube-293	-341-	12BR3/12R-K19		-442-	15FM7	Tube-270	-317-	21A6	Tube-302	-358-
10DE7	Tube-261	-308-	12BS3A/12DW4A		-694-	15FY7	Tube-725	-743-	21A6/PL81		-109-
10EB8/10GN8		-255-	12BT3	Tube-876	-438-	15KY8A	Tube-488	-579-	21CYP22A 電子銃		-638-
10EM7	Tube-268	-315-	12BV11	Tube-716	-740-	15M-P19	Tube-424	-495-	21HB5A	Tube-737	-747-
10EW7	Tube-262	-309-	12BY8	Tube-877	-439-	16A8	Tube-258	-296-	21HJ5	Tube-738	-747-
10GF7	Tube-484	-574-	12BY7	Tube-212	-248-	16A8/PCL82		-291-	21JS6A	Tube-507	-602-
10GF7A	Tube-486	-577-	12BY7A	Tube-213	-248-	16AK9	Tube-726	-743-	21JV6	Tube-739	-748-
10GK6	Tube-474	-560-	12BY7A/EL180		-249-	16BQ11	Tube-727	-744-	21JZ6	Tube-350	-405-
10GV8	Tube-273	-319-	12CK4S	Tube-516	-618-	16BX11	Tube-728	-744-	21KQ6	Tube-504	-599-
10GV8/LCL85		-311-	12CL8	Tube-589	-694-	16C-B28	Tube-348	-403-	21KQ6/LL521		-400-
10JA5	Tube-705	-736-	12CU5	Tube-446	-519-	16G-B16	Tube-497	-592-	21LG6A	Tube-740	-748-
10JY8	Tube-223	-259-	12CU6	Tube-309	-367-	16GY5	Tube-333	-390-	21LR8	Tube-620	-704-

名称	番号	頁
21LU8	Tube-485 :	- 575 -
22BH3	Tube-602 :	- 698 -
22BH3A	Tube-603 :	- 699 -
22BW3	Tube-741 :	- 748 -
22JF6	Tube-604 :	- 699 -
22JG6A	Tube-605 :	- 699 -
22JR6	Tube-606 :	- 700 -
22JU6	Tube-607 :	- 700 -
22KM6	Tube-608 :	- 700 -
22KV6A	Tube-609 :	- 701 -
23JS6A	Tube-499 :	- 594 -
23Z9	Tube-742 :	- 749 -
24JE6A/24LQ6		- 701 -
24JZ8	Tube-743 :	- 749 -
25AX4-GT		- 418 -
25B-B14	Tube-624 :	- 706 -
25BQ6-GT		- 365 -
25BQ6-GTB/25CU6		-350-
25CG3	Tube-521 :	- 619 -
25CK3	Tube-614 :	- 702 -
25DK3	Tube-611 :	- 701 -
25E5	Tube-314 :	- 372 -
25E5/PL36		-383-
25HX5	Tube-625 :	- 706 -
25JZ3	Tube-744 :	- 749 -
26DQ5	Tube-496 :	- 591 -
26LX6	Tube-745 :	- 750 -
27GB5	Tube-332 :	- 389 -
27GB5/PL500		-388-
29KQ6	Tube-347 :	- 402 -
29KQ6/PL521		-401-
29LE6	Tube-501 :	- 596 -
30A5	Tube-440 :	- 510 -
30AE3	Tube-367 :	- 429 -
30AE3/PY88		-428-
30KD6	Tube-502 :	- 597 -
30MB6	Tube-746 :	- 750 -
30M-P27	Tube-443 :	- 514 -
31AL10	Tube-747 :	- 750 -
31JS6A	Tube-500 :	- 595 -
31JS6C	Tube-748 :	- 751 -
31LR8	Tube-749 :	- 751 -
31LZ6	Tube-612 :	- 702 -
32A8	Tube-419 :	- 490 -
32HQ7	Tube-750 :	- 751 -
330AB22トリニトロン管		-641-
33GT7	Tube-751 :	- 752 -
33GY7	Tube-351 :	- 406 -
33HE7	Tube-352 :	- 407 -
34CE3/34CD3		- 752 -
34DK3	Tube-613 :	- 702 -
34R3	Tube-372 :	- 434 -

名称	番号	頁
35FV5	Tube-495 :	- 590 -
35LR6	Tube-753 :	- 752 -
36KD6	Tube-754 :	- 753 -
38HE7	Tube-341 :	- 397 -
38HK7	Tube-755 :	- 753 -
40KD6	Tube-503 :	- 598 -
40KG6A	Tube-506 :	- 601 -
40KG6A/PL509		-603-
42EC4	Tube-517 :	- 614 -
42KN6	Tube-730 :	- 745 -
45A	参考- 5 :	- 33 -
50JY6	Tube-337 :	- 393 -
BG-75A	Tube-106 :	- 128 -
BV-75A	Tube-107 :	- 129 -
D243	Tube-10 :	- 12 -
DY30	Tube-67 :	-84-
DY86	Tube-387 :	- 450 -
EAA91/6AL5		- 106 -
EC86	参考－23 :	- 676 -
ECC81	Tube-160 :	- 190 -
ECC81/12AT7		- 105 -
ECC82/12AU7		- 108 -
ECC84	Tube-118 :	- 143 -
ECF80	Tube-240 :	- 280 -
ECL80	Tube-243 :	- 284 -
ECL80/6AB8		- 107 -
EF80	Tube-110 :	- 134 -
EF80/6BX6		- 104 -
GZ34 (旧型)		- 524 -
Kt-6H6A	Tube-31 :	- 43 -
KX-12F	Tube-96 :	- 117 -
KX-142	Tube-44 :	- 57 -
KX-280	Tube-14 :	- 16 -
KX-280	参考- 1 :	- 17 -
KX-5Z3	Tube-46 :	- 59 -
KX-80	Tube-95 :	- 116 -
KX-80BK	Tube-354 :	- 416 -
KX-80HK	Tube-65 :	- 83 -
LCL80	Tube-428 :	-498-
LCL85	Tube-269 :	- 316 -
LL521	Tube-338 :	- 394 -
LY88/20AQ3		-440-
NT-18(DA-60)		-35-
NVV-6A	Tube-1 :	-2-
PCC84	Tube-119 :	- 144 -
PCC88	Tube-124 :	- 150 -
PCL85	参考- 9 :	- 307 -
PL521	Tube-346 :	-401-
PL81	Tube-306 :	- 364 -
PY81	Tube-355 :	- 417 -
PY81/17Z3		- 110 -
PY82	Tube-447 :	- 523 -

名称	番号	頁
RCA-230	参考- 2 :	- 20 -
RCA-57	Tube-12 :	- 14 -
RCA-58	Tube-11 :	- 13 -
RH-4	Tube-57 :	- 78 -
RH-8	Tube-55 :	- 71 -
SSE-120G		- 127 -
SSE-75G	Tube-108 :	- 130 -
UN-954	Tube-27 :	- 38 -
UN-955	Tube-26 :	- 37 -
Ut-2B7	Tube-19 :	- 25 -
Ut-6A6	Tube-41 :	- 54 -
Ut-6B7	Tube-45 :	- 58 -
Ut-6F7	Tube-49 :	- 63 -
Ut-6L7G	Tube-48 :	- 62 -
UV-199/UX-199		-3-
UX-112-A	Tube-6 :	- 8 -
UX-171-A	Tube-7 :	- 9 -
UX-201A	Tube-4 :	- 5 -
UX-222	Tube-5 :	- 7 -
UX-230	Tube-15 :	- 19 -
UX-240	Tube-3 :	- 4 -
UX-245	Tube-24 :	- 30 -
UX-45	参考- 6 :	- 34 -
UX-841	Tube-18 :	- 24 -
UX-865	Tube-21 :	- 27 -
UX-874	Tube-16 :	- 21 -
UY-224	Tube-8 :	- 10 -
UY-227	Tube-9 :	- 11 -
UY-235	参考- 3 :	- 23 -
UY-247	Tube-13 :	- 15 -
UY-24B	Tube-23 :	- 29 -
UY-36	Tube-34 :	- 46 -
UY-37	Tube-30 :	- 42 -
UY-38	Tube-33 :	- 45 -
UY-56	Tube-22 :	- 28 -
UY-6301	Tube-40 :	- 53 -
UY-76	Tube-36 :	- 48 -
UY-807	Tube-64 :	- 81 -
UZ-41	Tube-51 :	- 65 -
UZ-42	Tube-35 :	- 47 -
UZ-57	Tube-20 :	- 26 -
UZ-57A	参考- 4 :	- 32 -
UZ-58	Tube-17 :	- 22 -
UZ-6302	Tube-28 :	- 40 -
UZ-6303	Tube-29 :	- 41 -
UZ-6304	Tube-39 :	- 52 -
UZ-6C6	Tube-42 :	- 55 -
UZ-6D6	Tube-37 :	- 49 -
UZ-6L6A	Tube-43 :	- 56 -
UZ-75	Tube-47 :	- 60 -
UZ-85	Tube-38 :	- 50 -
UZ-89	Tube-32 :	- 44 -

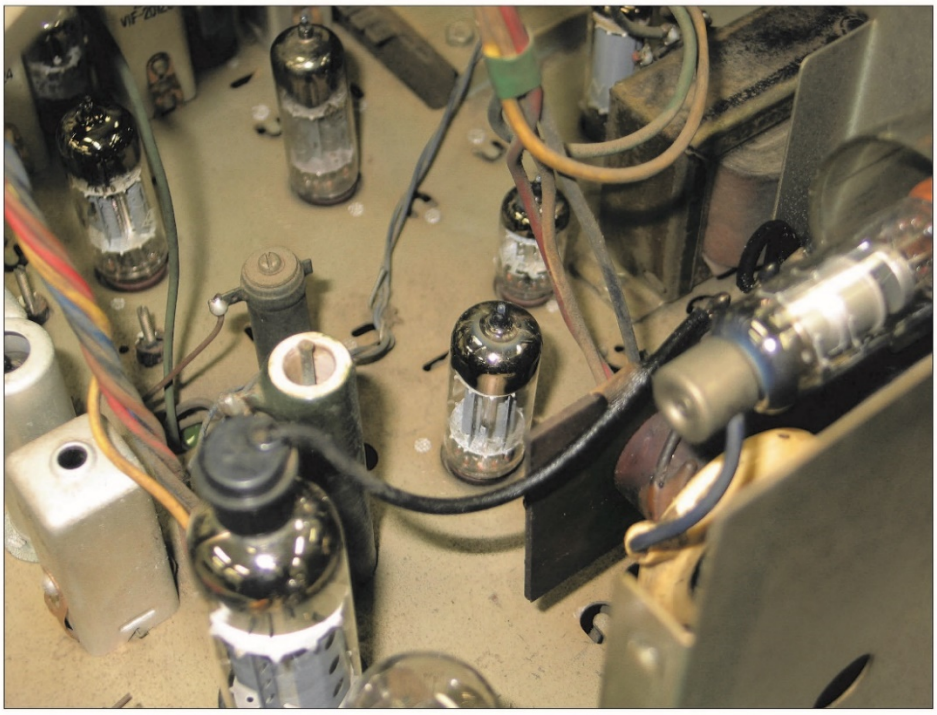
名称	番号	頁
83	Tube-52 :	- 66 -
807	参考- 7 :	- 82 -
5642	Tube-386 :	- 449 -
5876	参考－25 :	- 678 -
7077	参考－22 :	- 675 -
7247	Tube-554 :	- 657 -

ダイオード

名称	番号	頁
1N34	Diode-11 :	- 760 -
1N34A	Diode-3-1 :	- 758 -
1N34A	Diode-3-2 :	- 758 -
1N34A	Diode-3-3 :	- 758 -
1N35	Diode-30 :	- 765 -
1N60	Diode-1-1 :	- 757 -
1N60	Diode-1-2 :	- 757 -
1N60	Diode-1-3 :	- 757 -
1N60A	Diode-6 :	- 759 -
1N3195	Diode-24 :	- 764 -
1N4148	Diode-31 :	- 765 -
1NA9	Diode-5 :	- 759 -
1S110	Diode-20 :	- 763 -
1S124	Diode-19 :	- 762 -
1S34	Diode-28 :	- 765 -
1S48	Diode-2 :	- 757 -
1S92	Diode-14 :	- 761 -
1S314	Diode-25 :	- 764 -
1S315	Diode-21 :	- 763 -
1S1555	Diode-12 :	- 761 -
1T22	Diode-13 :	- 761 -
1T23	Diode-17 :	- 762 -
DS-1K	Diode-26 :	- 764 -
DS-1M	Diode-22 :	- 763 -
FR-1	Diode-23 :	- 763 -
HS9/1	Diode-16 :	- 762 -
OA214	Diode-32 :	- 766 -
OA70	Diode-4 :	- 758 -
OA81	Diode-29 :	- 765 -
OA85	Diode-27 :	- 764 -
OA90	Diode-10 :	- 760 -
OA91	Diode-9 :	- 760 -
SA-2B	Diode-33 :	- 766 -
SD-1	Diode-15 :	- 761 -
SD46	Diode-8-1 :	- 759 -
SD46	Diode-8-2 :	- 760 -
SD60	Diode-7 :	- 759 -
SR-1	Diode-18 :	- 762 -

Part. Ⅱ

真空管/ダイオードの写真



1960（昭和 35）年頃のテレビ内部

第１章　テレビジョン略史

第２章　テレビジョン開発期の真空管

2.1　ニポウ円盤と陰極線管

使用年	型　名	Tube-番号	使用回路
1928（S3）年	**NVV-6A**	***-1***	高速度同期装置
1928（S3）年	**UV-199/UX-199**	***-2***	高速度同期 （真空管短絡回路）
1928（S3）年	**UX-240**	***-3***	映像電流増幅器 低周波増幅(初段)
1928（S3）年	**UX-201A**	***-4***	映像電流増幅器

Tube- 1：　　*NVV-6A*



サンプル・メーカー	日本真空管製作所（NVV）	外形番号	T管
使用時期	1928（S3）年	初期使用機種	初期に実験されたテレビジョン （高柳健次郎）
使用回路	高速度同期装置	Ef〔V〕× If〔mA〕	電池3.5～4×200 （フィラメント）

特徴：検波・増幅用 3 極管、電極構造は RCA の **UV/UX-199** 相当、蓄電池で使用した。

経緯：この真空管は 1925(大正 14）年に日本真空管製作所で日本独自に開発・市販された。全面にゲッター蒸着のため点火状態の確認は出来ない。初期型はベースがメタルであるため、サンプルは後期型と推定される。（ラジオ年鑑、広告・発売一周年、1926）



方向ピン



ソケット底面

Tube-2:　*UV-199/UX-199*



サンプル・メーカー	東京電気（Cymotron）	外形番号	T管(直径2.5糎、全長8.9糎)
使用時期	1928（S3）年	初期使用機種	初期に実験されたテレビジョン （高柳健次郎）
使用回路	高速度同期 （眞空管短絡回路）	Ef〔V〕×If〔mA〕	電池3.3×60（フィラメント）

特徴：検波・増幅用 3 極管、トリエーテッド・タングステン・フィラメント使用、プレート電圧 20～100V、μ=6.5、これより前を「蓄電池球」、以降を「乾電池球」と呼ぶ。

経緯：**199**は**UV-199**を省略して記述したものと推定され、大正13年末期より**UV-201A**とともに東京電気で試作研究が開始され、大正14年3月東京放送局が芝浦で仮放送を開始するに伴い前年に製品化されている。**UV-199**は、後に米国では**UX-199**と改称され日本でもこの名称で生産された。また、**99**と再び改称されている。（梅田メモ,大正5年～昭和5年の受信管の記録、東京電気）、（標準ラヂオ大辞典,社.日本ラヂオ協会,1935）

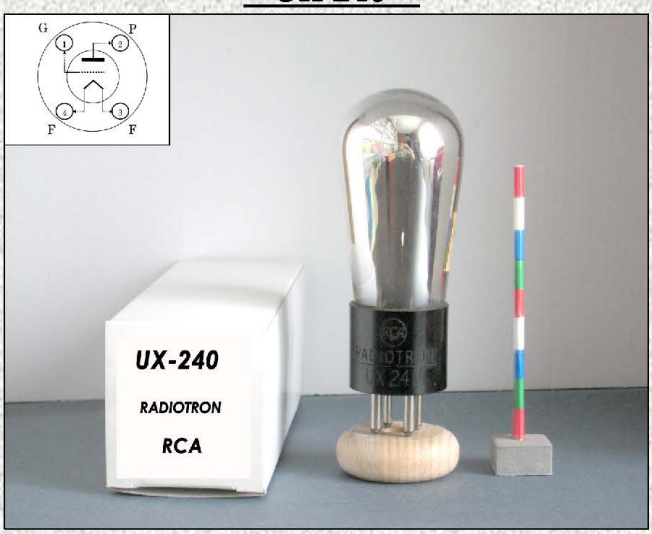


CYMOTRON UX-199



CYMOTRON MODEL-199（初期型）

Tube- 3：　　*UX-240*



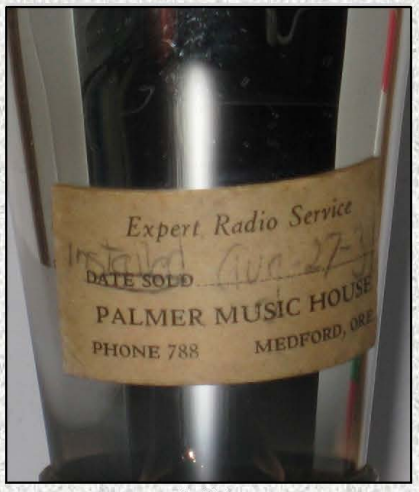
サンプル・メーカー	RCA（RADIOTRON）	外形番号	ナス管
使用時期	1928（S3）年	初期使用機種	初期に実験されたテレビジョン（高柳健次郎）
使用回路	映像電流増幅器 低周波増幅(初段)	Ef〔V〕× If〔mA〕	電池5.0×250（フィラメント）

特徴：増幅用、プレート電圧=180V,プレート電流=0.6mA, μ=30,Gm=400 μmho

経緯：全面にゲッター蒸着のため点火状態の確認は出来ない。（標準ラヂオ大辞典,社.日本ラヂオ協会,1935）

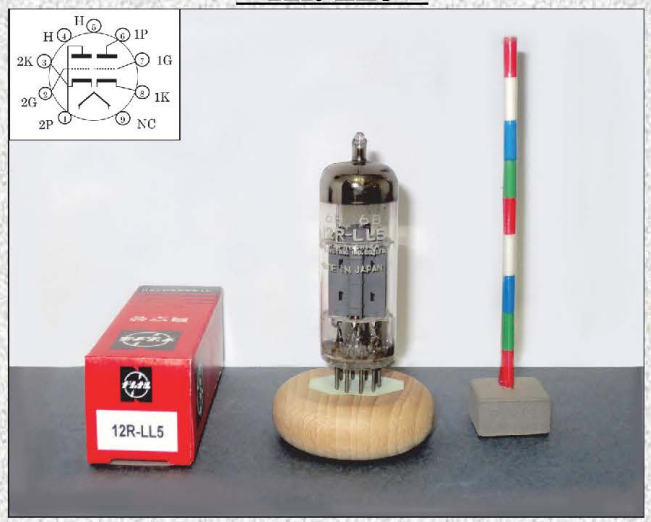


方向ピン



一部拡大

Tube- 492:　　*12R-LL5*



サンプル・メーカー	松下電器産業（National）	外形番号	mT
使用時期	1966(S41)	初期使用機種	松下電器産業(TK-900D)
使用回路	CTV:水平発振,AFC	Ef〔V〕× If〔mA〕	12.6×300

特徴：**6FQ7**の300mA版として**12R-LL5**が製作された。**12FQ7**の前身

経緯：**12R-LL5**は**12FQ7**として正式に登録されると、以後**12FQ7**が製造された。
NECが開発した。昭和41年4月発売のTK-900D（カラーテレビ、松下電器産業）にのみ使用されている。（箱はオリジナルでは無い）　規格等を記した文献は見当たらない。
出典　Koji HAYASHI、日本の古いラジオ、
http://www.geocities.jp/radiomann/HomePageVT/TV_GPTT.html#12FQ7



一部拡大



通電状態

参考にした真空管規格表等

全日本真空管マニュアル,第1版,1958	ナショナル真空管ハンドブック,1958
全日本真空管マニュアル,1959	ナショナル真空管ハンドブック,1960
全日本真空管マニュアル,1964	ナショナル真空管ハンドブック,1962
全日本真空管マニュアル,1965	ナショナル真空管ハンドブック,1964
全日本真空管マニュアル,1966以前	ナショナル真空管ハンドブック,1966
全日本真空管マニュアル,1967	ナショナル真空管規格表,1957
全日本真空管マニュアル,1967追加分	ナショナルワールドシリーズ 真空管データブック,1955
全日本真空管マニュアル,1968追加分	ナショナル真空管ブラウン管 ハンドブック,1966
全日本真空管マニュアル,1969	NECニュース,(第 8号),1952
全日本真空管マニュアル,1969追加分	NECニュース,(第13号),1952
全日本真空管マニュアル,1974	NECニュース,(第17号),1952
全日本真空管マニュアル,1974追加分	NECニュース,(第22号),1953
全日本真空管マニュアル,1983	NECニュース,(第23号),1953
全日本真空管マニュアル,1984	NECニュース,(第24号),1953
マツダ真空管ハンドブック,1953	NECニュース,(第27号),1953
マツダ真空管ハンドブック,1955	NECニュース,(第29号),1953
マツダ真空管ハンドブック,1958	NECニュース,(第30号),1953
マツダ真空管ハンドブック,1960	NECニュース,(No.91),1958
東芝電子管ハンドブック,Vol.1,1960	Hitachi Electron Tube Hand Book,1963
東芝電子管ハンドブック,1961	日立電子管ハンドブック,1957
東芝電子管ハンドブック,1962	三菱電子管ハンドブック,1967
東芝電子管ハンドブック,1969	RCA Electric Compornents DATA,1967
東芝電子管ハンドブック・受信管TV用ブラウン管編,1969	RCA Electric Compornents DATA,1969
ラジオ受信用マツダ真空管（販売店用）,1935(S10)頃	RCA Receiving Tube Manual,1946
TOSHIBA VACUUM TUBE HANDBOOK,Vol.1,1960	RCA Receiving Tube Manual,1950
東芝ブラウン管規格一覧表,1961	RCA Receiving Tube Manual,1975
東芝真空管/ブラウン管規格一覧表,1961	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1936
東芝真空管ニュース,No.6,1967.11-12	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1940
東芝真空管ニュース,No. 8,1968	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1941
東芝真空管ニュース,No.12,1968	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1942
東芝真空管ニュース,No.17,1969	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1944
東芝真空管ニュース,No.19,1970.1-2	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1950
受信用東芝電子管/テレビ用東芝ブラウン管規格一覧表,1961	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1952
ナショナルカラーブレテン,No.7,1955	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1953
ナショナルカラーブレテン,No.8,1955	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1954
ナショナルカラーブレテン,No.9,1955	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1955
ナショナルカラーブレテン⑥,1955年4号	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1956
ナショナルカラーブレテン⑦,1955年5号	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1957
ナショナル真空管・トランジスタハンドブック,1958	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1958
ナショナル真空管・トランジスタハンドブック,1960	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1959
ナショナル真空管・トランジスタハンドブック,1962	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1960
ナショナル真空管・トランジスタハンドブック,1964	RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1961

RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1962	GE Electronic TUBES,1956
RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1963	GE Essenrial Characteristics,1973
RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1964	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1954
RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1965	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1955
RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1967	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1956
RCA TUBE HANDBOOK,HB-3,1970	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1957
TUNG-SOL ELECTRON TUBE CHARACTERISTICS MANUAL,1950	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1958
TUNG-SOL,ELECTRIC,1962	PHILIPS Electronic Tube HANDBOOK,1959
TUNG-SOL,1961	PHILIPS Tentertive data,1961
TUNG-SOL,1963	PHILIPS RADIO,「PHILIPS PENTODE」カタログ,発行年 不詳
TUNG-SOL,1964	フィリップス ラヂオ用眞空管 説明書、昭和10年8月、 フイリツプス エージエンシー チエルベルジ株式会社
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1941	SYLVANIA ELECTRIC PRODUCTS,1952
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1943	SYLVANIA ELECTRIC PRODUCTS,1957
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1944	SYLVANIA engineering data service,1952
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1950	SYLVANIA engineering data service,1953
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1954	SYLVANIA engineering data service,1955
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1955	SYLVANIA ELECTRIC TUBES,1959
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1956	SYLVANIA ELECTRONIC TUBES,1960
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1958	SYLVANIA ELECTRONIC TUBE,1961
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1959	SYLVANIA RECIEVING TUBES TECNICAL MANUAL,2000
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1960	BRIMAR RECIEVING VLVE APPLICATION REPORT VAD/513.3,1950
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1961	VEB WERK FERNMELD EWSEN,1956
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1963	Mullard VALVES AND TELEVISION PICTURE TUBES,1954
TUNG-SOL TENTATIVE DATA,1964	テレビジョン学会雑誌,第7巻第10号,1953年11月
TUNG-SOL ELECTRON TUBE ,1963	テレビジョン学会誌,1963,VOL17,NO12
GENARAL ELECTRIC PRODUCT INFORMATION,1966	ラジオ科学別冊附録「ラジオ科学ハンドブック」,1953,ラジオ科學社
GENARAL ELECTRIC PRODUCT INFORMATION,1968	アマチュアにできるテレビジョン受像機の作り方,No.3,1951
GE PRODUCT INFORMATION,1963	ラジオ科学別冊附録「ラジオ科学ハンドブック」,1953,ラジオ科學社
GE PRODUCT INFORMATION,1967	無線新語大辞典,1951,S26
GE PRODUCT INFORMATION,1971	ラジオ年鑑、広告・発売一周年,1926
GENARAL ELECTRIC,1953	梅田メモ,大正5年～昭和5年の受信管の記録,東京電気
GENERAL ELECTRIC,1964	標準ラヂオ大辞典,社.日本ラヂオ協会,1935
GENARAL ELECTRIC,1955	ラジオ・テレビ技術資料,電波科学新年号附録,1956
GENARAL ELECTRIC,1956	受信用真空管一覧,愛知縣立工業専門学校教官,市岡太郎,1947(S22)
GENARAL ELECTRIC,1957	岡部豊比古,真空管研究の思い出,電子通信学会誌,1978.10
GENARAL ELECTRIC,1958	全世界真空管マニュアル,無線と実験付録,S31
GENARAL ELECTRIC,1959	島山鶴雄,放送技術叢書「放送機」（附録）,昭和24年11月
GENARAL ELECTRIC,1960	NHK受信技術資料,No.4,1966
GENARAL ELECTRIC,1961	インターネット関係
GENERAL ELECTRIC,1962	Koji HAYASHI,"ANTIQUE JAPANESE RADIO/ 日本の古いラジオ"、1988.4,
GENARAL ELECTRIC,1963	（http://www.geocities.jp/radiomann/AJR.html）
GENARAL ELECTRIC,1964	Radiomuseum
GENERAL ELECTRIC,1965	（http://www.radiomuseum.org/）

あとがき

筆者は、子供のころから鉱石ラジオや真空管式ラジオを組み立て、アマチュア無線の送信機・受信機を真空管で製作し、また、職を得た後はカラーテレビジョン放送が開始されて間もない事もあって、白黒テレビジョン受信機やカラーテレビジョン受信機の技術を学び、普及活動とともに関連業界の技術指導や現場での修理に励んだことが思い出されます。

執筆を終わり、改めて読み直して見ると多種多様の真空管が作られ使われたものだと感心させられます。これらは、それぞれの時代の最先端技術と努力で生み出されたもので、当時の技術者の方々の苦労が伺われます。今後、ますます技術が進歩し予測も付きませんが、真空管やその回路技術が有って現在があることは確かです。

筆者は、テレビジョンなどの放送受信の仕事を永年やってきたので、見てきた事や経験してきた事を記録し、将来、後輩やテレビジョン受信機や真空管に興味を持たれた方々が、レガシーとして参照できるような冊子とDVDの形にすることとしました。（インターネットでの発信は、ホームページを永久に維持しなければなりません。）

パートⅠ（真空管とその回路）およびパートⅡ（真空管/ダイオードの写真）を通して掲載した真空管は、実物をコレクションし写真を撮影（全体像、一部拡大、通電状態、出来るだけ元箱付き）しました。（素人写真なので、写真にバラツキがありますが、ご容赦願いたい。）

コレクションした真空管は、テレビジョン用を始めとして無線用などその数は5,000本を超え、自宅での収蔵に困難を極めていました。

この中からテレビジョン用の真空管762本+ダイオード38個（メーカーが異なる真空管を含めて約1,000本）を、関連文献・資料とともにできるだけ散逸しない方法で保存して頂ければということで、高柳先生ゆかりの**静岡大学「高柳記念未来技術創造館」**にご収蔵いただきました。

本資料と共に、電子工学の分野を目指す方々のお役に立てれば、望外の幸せです。

著 者

著者紹介

劔持 甫（けんもちはじめ）

1944年 埼玉県川越市出身、ラジオや無線通信に興味を持つ
1963年 日本放送協会（NHK）に奉職し、テレビ・ラジオの受信技術の指導・普及を担当する。
　趣味はアマチュア無線（JA1JBN）で送信機・受信機を真空管で自作、この頃から真空管の暖かみに親近感を抱いた。また、パソコンの初期、マイコン（my computer）と呼ばれた頃から計測インターフェイスやプログラム開発等に取組み、黎明期のパソコン雑誌に多数投稿（真空管を管理するためのデータベースを構築）
2001年（財）NHK放送研修センターに転籍、BSデジタル・地上デジタル放送技術や測定技術のコーディネート及び研修講師を担当
2010年デジタルインストラクター.COMを設立、主に放送受信技術のコンサルタント業務を実施

1963年 県立大宮工業高校卒（県立第１期）
1968年 日本大学理工学部電気工学科卒
　卒業論文「カラーテレビ用ブラウン管における垂直周辺コンバーゼンス補正回路」

第一級陸上無線技術士、第三種電気主任技術者、第一級CATV技術者など

テレビジョン受信機用 真空管の歩み
（非売品）

2017年10月28日　初版 第1刷発行

発行　デジタルインストラクター.COM
著者・編集　劔 持　甫
印刷・製本　三協印刷株式会社

無断複製禁止

©*Hajime Kenmochi* 2017 Printed in Japan
ISBN 978-4-9909805-0-4

2018 年（平成 30） 静岡大学への寄贈（真空管一式）

（寄贈品）テレビ用に用いられた眞空管の一覧表

収納庫 番号	収納 内容	種類	本数
テレビ用眞空管収納庫、No.01(1/2)・No.02(2/2)	01:02:開発期	69	172
テレビ用眞空管収納庫、No.03	03:市販開発期	27	150
	15:電源整流管	14	33
テレビ用眞空管収納庫、No.04	04:市販テレビの眞空管 ～トランスレス、キットなど～	11	39
テレビ用眞空管収納庫、No.05	05:高周波増幅、周波数変換、局部発振管	78	265
	06:映像中間周波増幅管	48	188
テレビ用眞空管収納庫、No.06	07:映像検波管	7	34
	08:映像増幅管	23	84
	09:同期分離・増幅管、AGC管	30	101
	12:水平発振管・AFC管	12	40
テレビ用眞空管収納庫、No.07	10:垂直発振管	18	41
	11:垂直出力管	40	105
	18:ブラウン管電子銃	3	3
テレビ用眞空管収納庫、No.07-2	18-2:ブラウン管（トリニトロン）	1	1
テレビ用眞空管収納庫、No.08(1/2)・No.09(2/2)	13:14:水平出力管	66	157
テレビ用眞空管収納庫、No.10	15-1:高圧整流管	37	115
	15-2:フォーカス管	1	4
	16:シャントレギュレータ管	4	16
テレビ用眞空管収納庫、No.11	17:ダンパー管	51	150
テレビ用眞空管収納庫、No.12	19-1:FM検波管	10	34
	19-2:音声中間周波管	9	23
	20-1:低周波増幅管	10	31
	21:音声出力管	21	60
	22:色回路管	13	41
	23:内蔵FMチューナ	1	2
テレビ用眞空管収納庫、No.13	24-1:米国TV用眞空管（例）	79	89
テレビ用眞空管収納庫、No.14	24-2:米国TV用眞空管（例）(1/2)	97	108
	24-2:米国TV用眞空管（例）(2/2)	54	59
	合計＝	834	2145

＊なお、本数については実物と若干の相違が有るかも知れません。

By Hajime Kenmochi,2015


Fits
Basic Color Coordinate Case Series
テレビ用眞空管
収納庫 No.01
01:開発期(1/2)
(1928,S3頃～1941,S16頃)


Cymotron
UX-865


Fits
Basic Color Coordinate Case Series
テレビ用眞空管
収納庫 No.02
01:開発期(2/2)
(1928,S3頃～1941,S16頃)

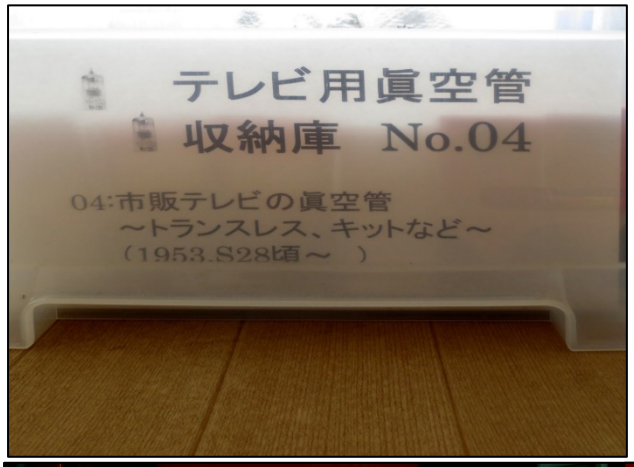

UNITED


テレビ用眞空管
収納庫 No.03
03:市販開発期
(1952,S27頃～1955,S30頃)
15:電源整流管
(1952,S27頃～1962,S37頃)

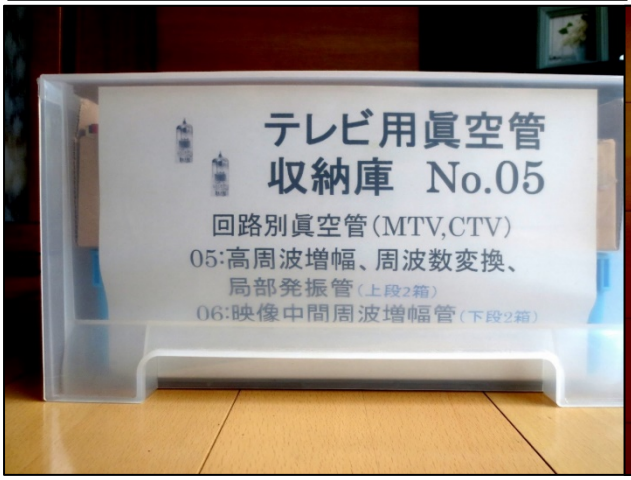

Toshiba
RCA


Toshiba
RCA


Toshiba
Röhre
眞空管


テレビ用眞空管
収納庫 No.04
04:市販テレビの眞空管
～トランスレス、キットなど～
（1953.S28頃～ ）




テレビ用眞空管
収納庫 No.05
回路別眞空管（MTV,CTV）
05:高周波増幅、周波数変換、
局部発振管（上段2箱）
06:映像中間周波増幅管（下段2箱）








テレビ用眞空管
収納庫 No.06
回路別眞空管（MTV,CTV）
07:映像検波管（下段後）
08:映像増幅管（下段前）
09:同期分離・増幅・AGC管（上段後）
12:水平発振管（上段前）








テレビ用眞空管
収納庫 No.07
回路別眞空管(MTV,CTV)
10:垂直発振管(下段)
11:垂直出力管(上段後, 下段前)
18:ブラウン管電子銃(上段前)


水平配置・電子銃(19)


デルタ配置・電子銃(22)
デルタ配置・電子銃(19)
水平配置・電子銃(19)


デルタ配置・電子銃(22)
デルタ配置・電子銃(19)
水平配置・電子銃(19)


上
テレビ用眞空管
収納庫 No.07-2
回路別眞空管(MTV,CTV)
18-2:ブラウン管
(トリニトロン管330AB22)

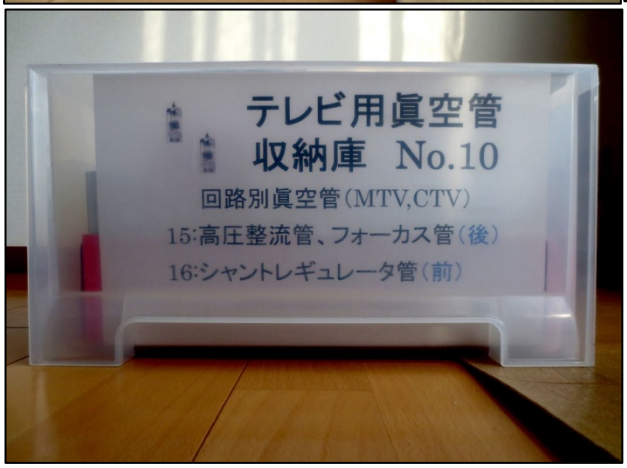



テレビ用眞空管
収納庫 No.08
回路別眞空管(MTV,CTV)
13:水平出力管(1/2)




テレビ用眞空管
収納庫 No.09
回路別眞空管(MTV,CTV)
14:水平出力管(2/2)




テレビ用眞空管
収納庫 No.10
回路別眞空管(MTV,CTV)
15:高圧整流管、フォーカス管(後)
16:シャントレギュレータ管(前)




Fits
テレビ用眞空管
収納庫 No.11
回路別眞空管(MTV,CTV)
17:ダンパー管




テレビ用真空管
収納庫 No.12
回路別真空管(MTV,CTV)
19:FM検波,音声中間周波管(下段後)
20:低周波増幅管(下段前)
21:音声出力管(上段後)
22:色復調管(上段前)







テレビ用眞空管収納庫、No.01(1/2)・No.02(2/2)

01:02:開発期

名称	形状	在庫
5Z3	ST	4
6A6	ST	1
6AL5	mT	1
6H6－GT	GT	3
6H6－GT／G	GT	1
6SL7－GT	GT	5
6SN7－GT	GT	10
41	ST	1
42	ST	2
56	ST	2
57	ST	1
DA60	特殊	1
Kt－6H6A	UZ	2
KX－112－B	ナス	1
KX－142	ST	4
KX－280	ナス	2
KX－280－B	ナス	1
Model 199	特殊	2
NVV UX－6A	T	1
RCA－58	ST	2
RCA－83	ST	1
RH－4	GT	2
RH－8	GT	2
SX－222	ナス	1
TB－674－A／UY－76	ST	1
Type 201A	ナス	2
UN－954	エーコン	3
UN－955	エーコン	7
Ut－2B7	ST	2
Ut－6B7	ST	2
UV－199	T	3
UX－112-A	ナス	2
UX－171－A	ナス	1
UX－199	特殊	1
UX－201A	ナス	2
UX－222	ナス	2
UX－230	T	2
UX－240	ナス	1
UX－245	ナス	1
UX－45	ST	2
UX－45A	ST	1
UX－841	ナス	2
UX－865	ナス	2
UX－874	ナス	1
UY－224	ナス	1
UY－227	ナス	2
UY－235	ナス	2
UY－247	ナス	1
UY－247－B	ナス	1
UY－24B	ST	3

名称	形状	在庫
UY－36	ST	3
UY－37	ST	3
UY－38	ST	2
UY－56	ST	3
UY－6301	ST(UY)	2
UY－76	ST	4
UZ－41	ST	2
UZ－42	ST	6
UZ－57	ST	3
UZ－57A	ST	3
UZ－58	ST	2
UZ－6302	ST	1
UZ－6303	ST	1
UZ－6304	ST	2
UZ－6C6	ST	16
UZ－6D6	ST	9
UZ－6L6A	ST	2
UZ－85	ST	3
UZ－89	ST	2

小計＝ 172

種類＝ 69

テレビ用眞空管収納庫、No.03

03:市販開発期

名称	形状	在庫
1B3−GT	GT	8
1X2A	mT	4
1X2A／1X2B	mT	2
5U4−G	G(T50)	3
5Y3−GT	GT	2
6AC7−GT	GT	3
6AK5	mT	6
6AL5	mT	5
6AR5	mT	8
6AU6	mT	11
6AV6	mT	10
6BE6	mT	7
6BN6	mT	6
6BQ6−GT	GT	3
6BQ7A	mT	6
6CB6	mT	17
6CL6	mT	12
6J6	mT	8
6J6A	mT	1
6J6WA	mT	1
6V6−GT	GT	4
6V6−GT／G	GT(Octal)	2
6W4−GT	GT	4
12BH7	mT	4
21A6	mT	5
80HK	ST	2
UY−807	ST	6
	小計＝	150
	種類＝	27

15:電源整流管

名称	形状	在庫
5AR4(旧型)	GT(Octal)	1
5AR4(新型)	GT	2
5AR4／GZ34(旧型)	GT(Octal)	1
5G−K18	GT	4
5G−K22	GT	3
5G−K4	GT	2
5GK4−GT	GT(Octal)	2
5R−K16	mT	4
5U4−GB	G(T50)	5
19Y3	mT	2
5AR4／GZ34(新型)	GT(Octal)	2
GZ34	GT(Octal)	2
KX−5Z3	ST	1
PY82	mT	2
	小計＝	33
	種類＝	14

テレビ用眞空管収納庫、No.04

04:市販テレビの眞空管～トランスレス、キットなど～

名称	形状	在庫
6BA6	mT	9
6BD6	mT	3
6SJ7－GT	GT	3
6ZP1	ST	4
80	ST	3
KX－12F	ST	11
KX－80	ST	2
BG－75A	ブラウン管	1
BG－75A／SSE－75－G	ブラウン管	1
BV－75A	ブラウン管	1
SSE－120－G	ブラウン管	1
	小計＝	39
	種類＝	11

テレビ用眞空管収納庫、No.05

05:高周波増幅、周波数変換、局部発振管　06:次ページ

名称	形状	在庫
2B−H5	ニュービスタ	4
2DZ4	mT	1
2GK5	mT	7
2HA5	mT	4
2HM5／2HA5	mT	4
3CB6	mT	7
3D−HH12	SmT	3
3D−HH13	SmT	5
3GK5	mT	2
3HA5	mT	3
3HM5／3HA5	mT	4
4BC8	mT	4
4BQ7A	mT	6
4GJ7	mT	1
4GK5	mT	4
4GS7	mT	4
4GX7	mT	2
4LJ8	mT	2
4R−HH2	mT	7
4R−HH6	mT	3
4R−HH8	mT	3
5CG8	mT	4
5GJ7	mT	2
5GS7	mT	3
5J6	mT	5
5LJ8	mT	3
5M−HH3	mT	6
6AF4A	mT	2
6AJ4	mT	1
6AK5	mT	6
6AM4	mT(9pin)	1
6AN4	mT(7pin)	1
6BK7A	mT	2
6BK7B	mT	2
6BQ7	mT	1
6BQ7A	mT	6
6BX6	mT	12
6BZ7	mT	2
6CG8	mT	3
6CG8A	mT	5
6CM4	mT	1
6D−HH12	Smt	2
6D−HH13	Smt	3
6DJ8	mT	4
6DV4	ニュービスタ	1
6DZ4	mT	2
6E5−M	mT	2
6GK5	mT	3
6GS7	mT	3
6HA5	mT	3

名称	形状	在庫
6J6	mT	8
6M−E5	mT	3
6M−HH3	mT	5
6ML3	mT(7pin)	2
6R−E13	mT	2
6R−HH1	mT	2
6R−HH2	mT	5
6R−HH8／6KN8	mT	4
7AN7	mT	3
7DJ8	mT	7
7GS7	mT	3
7HG8	mT	4
7HG8	mT	3
8GJ7	mT	2
9AQ8	mT	4
9CG8A	mT	1
12AT7	mT	9
12AT7	mT	4
17AB9	10ピンMT	5
5876	ペンシル管	2
7077	スタックトロン	3
EC86	mT	2
ECC81	mT	2
ECC84	mT	2
EF80	mT	2
PCC84	mT	1
PCC88	mT	2
PCF80	mT	2

小計＝　265

種類＝　78

テレビ用眞空管収納庫、No.05

05:前ページ　06:映像中間周波増幅管

名称	形状	在庫
3AU6	mT	5
3BZ6	mT	2
3DK6	mT	5
3EH7	mT	3
3EJ7	mT	4
3JD6	mT	2
3JH6	mT	3
3KT6	mT	2
3MR24	mT	3
3MV7	mT	5
4BZ6	mT	3
4CB6	mT	3
4DK6	mT	3
4EH7	mT	5
4EJ7	mT	5
4EW6	mT	5
4GM6	mT	3
4JC6	mT	2
4JD6	mT	3
5AN8	mT	3
5EA8	mT	5
5U8	mT	3
6AG5	mT	3
6AN8	mT	2
6AN8A	mT	3
6AU6	mT	11
6AU6(LA)	mT	2
6AU6WA	mT	3
6AU6WB	mT	2
6AW8	mT	2
6AW8A	mT	4
6BA6	mT	9
6BX6	mT	12
6BZ6	mT	4
6CB6A	mT	2
6DK6	mT	5
6DX8	mT	3
6EA8	mT	4
6EH7	mT	5
6EJ7	mT	7
6GM6	mT	3
6JH6	mT	3
6JV8	mT	2
6U8	mT	5
8BM11	Compactron	3
9A8	mT	3
12BY7A	mT	4
15DQ8	mT	5
	小計＝	188
	種類＝	48

テレビ用眞空管収納庫、No.06

07:映像検波管

名称	形状	在庫
3AL5	mT	3
6AL5	mT	5
6AT6	mT	2
6AT7	mT	4
7AU7	mT	5
12AU7	mT	7
12BH7A	mT	8
	小計＝	34
	種類＝	7

08:映像増幅管

名称	形状	在庫
5R－HR3	mT	3
6AG7－GT	GT	2
6AQ5	mT	6
6AR5	mT	8
6CB6	mT	4
6CL6	mT	12
6JY8	mT	3
6LF8	mT	3
6LM8	mT	3
6SN7－GT	GT	10
8AW8A	mT	2
8EB8	mT	2
8GN8／8EB8	mT	3
8JV8	mT	3
8KR8	mT	2
8LS6	mT	1
10EB8／10GN8	mT	1
10GK6	mT	2
10JY8	mT	2
10KR8	mT	3
10LZ8	mT	2
11LY6	mT	1
12GN7A	mT	6
	小計＝	84
	種類＝	23

09:同期分離・増幅管、AGC管

名称	形状	在庫
3AV6	mT	2
3BE6	mT	2
5GH8	mT	3
5GH8A	mT	4
6AB8	mT	3
6AJ8	mT	3
6BE6	mT	7
6BN8	mT	7
6C4	mT	5
6CG7	mT	3
6FQ7	mT	5
6GH8A	mT	3
6GN8	mT	3
6JX8／ECH84	mT	3
6KA8	mT	4
6SK7－GT	GT	5
6SN7－GTA	GT	3
8A8	mT	3
8B8	mT	2
8KA8	mT	1
9AU7	mT	2
9JW8	mT	2
11Y9	10ピンMT	3
12SN7－GT	GT(Octal)	3
15DQ8	mT	5
16A8	mT	5
17A8	mT	2
ECF80	mT	2
ECL80	mT	5
PCL82	mT	1
	小計＝	101
	種類＝	30

12:水平発振管・AFC管

名称	形状	在庫
6G-B6	GT	8
6LN8/LCF80	mT	3
8A8/PCF80	mT	1
8B10	Compactron	3
8CG7/8FQ7	mT	2
8FQ7	mT	4
12BQ6-GTB	GT	1
12G-B3	GT	5
12R-LL5	mT	1
21A6	mT	5
25BQ6-GTB/25CU6	GT	4
ECC82	mT	3
	小計＝	40
	種類＝	12

テレビ用眞空管収納庫、No.07-1

10:垂直発振管

名称	形状	在庫
6BL7−GT	GT	1
6CS7	mT	5
6DE7	mT	3
6EW7	9T9	2
6J5−GT	GT	2
8R−LP1	mT	2
9R−AL1	mT	3
10DE7	mT	3
10EW7	9T9	3
10GV8／LCL85	mT	2
11MS8	mT	3
13JZ8／13JZ8A	Compactron	2
15FM7	Compactron	3
17JZ8	Compactron	2
18GV8	mT	2
18GV8／PCL85	mT	1
LCL85	mT	1
PCL85	mT	1

小計＝ 41
種類＝ 18

18:ブラウン管電子銃

名称	形状	在庫
デルタ配置	22インチ	1
デルタ配置	19インチ	1
インライン配置	19インチ	1

小計＝ 3
種類＝ 3

11:垂直出力管

名称	形状	在庫
5AQ5	mT	6
5CZ5	mT	2
6AQ5A	mT	3
6BQ6−GT	GT	3
6CW5	mT	4
6CZ5	mT	2
6EM5	mT	4
6EM7／6EA7	GT(Octal)	2
6F6−GT	GT	3
6GF7	ノバー(T29)	2
6GF7A	ノバー(T29)	3
6K6−GT	GT	2
6LN8	mT	5
6R−A6	mT	2
6R−A9	mT	2
6R−B11	mT	3
6R−P15	mT	2
6SN7−GTA	GT	3
6SN7−GTB	GT	4
8BQ5	mT	2
8CW5	mT	2
8EM5	mT	2
8FQ7	mT	4
8R−B11	mT	1
9GH8A	mT	2
9R−A6	mT	2
10CW5	mT	3
10EM7	GT	1
10EW7	9T9	2
10GF7	ノバー(T29)	2
10GF7A	ノバー(T29)	3
12B4A	mT	3
12FQ7	mT	3
12JZ8	Compactron	2
13JZ8(12JZ8)	Compactron	1
15CW5	mT	5
15KY8A	ノバー	2
16LU8	Compactron	1
21LU8	Compactron	2
PL84	mT	3

小計＝ 105
種類＝ 40

テレビ用眞空管収納庫、No.07-2

18-2:ブラウン管(トリニトロン)

名称	形状	在庫
330AB22	13インチ	1
	小計＝	1
	種類＝	1

名称	形状	在庫

テレビ用眞空管収納庫、No.08(1/2)・No.09(2/2)

13:14:水平出力管

名称	形状	在庫
6B−B14	マグノーバル	2
6BG6−G	G	2
6BG6−GA	G	1
6BQ6−G	G	1
6BQ6−GA	GT(Octal)	1
6BQ6−GA／6CU6	GT(Octal)	2
6BQ6−GTA	GT	1
6BQ6−GTB	GT(Octal)	3
6BQ6−GTB／6CU6	GT	6
6CB5A	GT(Octal)	1
6CD6G	G	2
6CD6−GA	GT	2
6CM5	GT	2
6CU6	GT(Octal)	1
6DQ5	GT(Octal)	2
6DQ6A	GT(Octal)	3
6DQ6B	GT	4
6FV5	GT(Octal)	1
6G−B3A	GT	6
6G−B7	GT(Octal)	2
6JS6A	Compactron	3
6KD6	Compactron	2
6L6	GT(メタル)	2
6L6−G	G	2
6N7−GT	GT(メタル)	1
12B−B14	マグノーバル	3
12BQ6−GTB	GT(Octal)	1
12BQ6−GTB／12CU6	GT(Octal)	3
12CU6	GT	1
12DQ6	GT(Octal)	1
12DQ6A	GT(Octal)	2
12DQ6B	GT	3
12G−B3	GT	5
12G−B3B	GT(Octal)	1
12G−B7	GT	4
12H−B25	マグノーバル	1
16C−B28	Compactron	3
16G−B16	GT(Octal)	1
16GY5	Compactron	2
17C−B24	Compactron	1
17G−B3	GT(Octal)	2
18G-B5	マグノーバル	5
21JS6A	Compactron	5
21JZ6	Compactron	1
21KQ6	マグノーバル	3
23JS6A	Compactron	3
25BQ6−GT	GT(Octal)	2
25BQ6−GTB	GT(Octal)	4
25E5	GT	7
26DQ5	GT(Octal)	2

名称	形状	在庫
27GB5	マグノーバル	4
29KQ6	マグノーバル	3
29LE6	ノバー	2
30KD6	Compactron	3
31JS6A	Compactron	2
33GY7	Compactron	4
33HE7	Compactron	1
35FV5	GT	2
38HE7	Compactron	2
40KD6	Compactron	1
40KG6A	マグノーバル	3
50JY6	GT(Octal)	2
12BQ6−GT	GT(Octal)	1
LL521	ノバー	1
PL36／25E5	GT	1
PL81	mT	4
	小計＝	157
	種類＝	66

テレビ用眞空管収納庫、No.10

15-1:高圧整流管

名称	形状	在庫
1AD2	Compactron	2
5642	Smt	2
1B3−GT	GT	8
1BC2	mT	6
1BC2A(参考)	mT	1
1BK2	mT	1
1D−K1	Smt	4
1D−K25	SmT	1
1D−K27	SmT	1
1D−K29	SmT	3
1G3−GT	GT	12
(参考) 1G3-GT／1B3-GT	GT(Octal)	2
1G3-GT／1K3-GT	GT(Octal)	2
(参考) 1G3-GTA／1B3-GT	GT(Octal)	1
1K3／1G3−GT	GT(Octal)	2
(参考)1K3／1J3	GT(Octal)	2
1R−K31	mT	1
1S2	mT	2
1S2A	mT	4
1SK2(1A2) (Sony 4-203型TV組込)	Smt	5
1X2	mT	1
(参考)1X2A／1X2B	mT	2
1X2B	mT	13
(参考)1X2C	mT	2
2X2	ST	1
3A3	GT	5
3A3A	GT	3
(参考) 3A3C	GT(Octal)	2
3AT2	Compactron	10
3AT2B	Compactron	2
3AW2	Compactron	1
(参考)3AW2A	ノバー	1
3BS2A	Compactron	2
3CN3A		1
3CU3	GT(Octal)	2
3CV3	GT(Octal)	3
DY86	mT	2

小計＝ 115
種類＝ 37

15-2:フォーカス管

名称	形状	在庫
1V2	mT	4

小計＝ 4
種類＝ 1

16:シャントレギュレータ管

名称	形状	在庫
6BK4	GT	6
6BK4A	GT	5
6BK4B	GT(Octal)	3
6GH4	GT	2

小計＝ 16
種類＝ 4

Sony TV 4-302型

トランジスター式であるが、高圧整流管のみ「1SK2(1A2)」を使用している。
サブミニアチュア管5本で5倍圧整流回路を構成して3倍圧(8kV)を得ている。



テレビ用眞空管収納庫、No.11

17:ダンパー管

名称	形状	在庫
5U4−GB	G(T50)	5
5V4G	G	3
6AL3	mT	5
6AU4−GTA	GT	2
6AX4−GT	GT	10
6AX4−GT(H)	GT	2
6AX4−GTA	GT	2
6AX4−GTB	GT	2
6AY3	ノバー	2
6AY3B	ノバー	1
6BQ6−GTB／6CU6	GT	6
6CG3	Compactron	5
6DW4	ノバー	2
6DW4A	ノバー	2
6DW4B	ノバー	2
6G−H4	GT	2
6G−K17	GT	6
6R−K19	mT	4
6W4−GT	GT	4
6X5−GT	GT	4
12AF3	mT	1
12AX4−GT	GT(Octal)	1
12AX4−GTA	GT	5
12BR3／12RK19	mT	4
12BT3	Compactron	2
12BY3	mT	2
12D4-GT	GT	1
12DW4A	ノバー	3
12G−K17	GT	5
12R−K19	mT	7
17BE3／17BZ3	Compactron	3
17BR3	mT	1
17DW4A	ノバー	2
17Z3	mT	4
19AU4−GTA	GT(Octal)	3
19CG3	Compactron	2
20AQ3	mT	3
20AQ3／LY88	mT	1
25AX4−GT	GT	2
25CG3	Compactron	3
30AE3	mT	4
34R3	mT	2
42EC4	ノバー	5
42EC4A／PY500A	ノバー	1
80HK	ST	2
KX−80BK	ST	2
JAN−CHS−5V4G	GT(Octal)	1
JAN−CRC−5V4G	G(T45)	2
JRC−2X2A	ST	1
KX−80HK	ST	1
PY81	mT	3

小計＝ 150

種類＝ 51

テレビ用眞空管収納庫、No.12

19-1:FM検波管

名称	形状	在庫
3BN6	mT	4
3DT6	mT	3
3DT6A	mT	1
4DT6A	mT	1
5R−DDH1	mT	3
6DT6	mT	6
6HZ6	mT	5
6T8	mT	7
6T8A	mT	3
9C−PR1	Compactron	1
	小計＝	34
	種類＝	10

19-2:音声中間周波管

名称	形状	在庫
5CL8A	mT	2
5R−HR1	mT	2
6AU6A	mT	2
6CL8A	mT	2
6DK6	mT	5
6FV8A	mT	2
6GH8	mT	3
6SH7−GT	GT(Octal)	2
6U8A	mT	3
	小計＝	23
	種類＝	9

20-1:低周波増幅管

名称	形状	在庫
4AV6	mT	2
6AQ8	mT	5
6SQ7−GT	GT	2
8R−HP2	mT	2
8R−HP4	mT	2
11BM8	mT	2
12AV6	mT	4
12AX7	mT	8
12BD6	mT	2
32A8	mT	2
	小計＝	31
	種類＝	10

21:音声出力管

名称	形状	在庫
3M−P26	mT	2
4M−P12	mT	6
4M−P26	mT	1
5M−P29	mT	1
6AQ5A	mT	3
6BK5	mT	6
6BM8	mT	6
6BQ5	mT	6
6M−P17	mT	2
6M−P18	mT	2
6M−P20	mT	2
6W6−GT	GT	2
7M−P18	mT	2
7M−P18A	mT	2
8BQ5	mT	2
8M−P12	mT	2
12CU5	mT	3
15M−P19	mT	1
30A5	mT	3
30M−P27	mT	4
60FX5	mT	2
	小計＝	60
	種類＝	21

22:色回路管

名称	形状	在庫
5HZ6	mT	2
6BL8	mT	5
6EW6	mT	3
6GU7	mT	2
6GY6	mT	4
6JU8A	mT	5
6MD8	ノバー	3
6R−P22	mT	3
8GU7	mT	1
10LE8	Compactron	4
12AZ7	mT	2
12AZ7A	mT	2
7247	mT	5
	小計＝	41
	種類＝	13

23:内蔵FMチューナ

名称	形状	在庫
12BA6	mT	2
	小計＝	2
	種類＝	1

テレビ用眞空管収納庫、No.13

24-1：米国TV用眞空管（例）

名称	形状	在庫
6CE3	Compactron	1
6DQ3	Compactron	1
6DQ3	Compactron	1
6DT3	Compactron	1
6EH4A	Duodecar	1
6EJ4	Compactron	1
6GE5	Duodecar	1
6GF5	Compactron	2
6GV5	Compactron	1
6HF5	Compactron	1
6JD5	Compactron	1
6JH5	Compactron	1
6JK5	Compactron	1
6JN6	Duodecar	1
6LB6	Compactron	1
8CB11	Compactron	1
12GE5	Compactron	1
12JF5	Compactron	1
17AX3	Compactron	1
17CK3	Compactron	1
17GE5	Duodecar	2
17JM6	Compactron	1
17JN6	Compactron	1
19DE3	Duodecar	2
19DQ3	Compactron	2
21HB5A	Compactron	1
21HJ5	Duodecar	1
22BW3	Compactron	1
30MB6	Duodecar	1
33GT7	Duodecar	1
33GY7A	Compactron	1
38HK7	Duodecar	1
42KN6	Compactron	1
6HS5	Compactron(T12)	2
6HV5	Duodecar	1
6HV5A	Compactron(T12)	1
6GY5	Compactron(T38)	1
22JR6	Duodecar	1
3DH3	GT	1
5DJ4	GT	1
6AV5GA	GT	2
6EN4	GT	1
6LJ6A	GT	1
6LW6	GT	1
12GC6	GT	1
25CD6	GT	1
25CD6－GB／GA	GT	2
26HU5	GT	1

名称	形状	在庫
6BS3A	ノバー	1
6CL3／6CK3	ノバー	1
6DL3	ノバー	1
6GJ5	ノバー	1
6GT5	ノバー	1
6GT5A	ノバー	1
6JF6	ノバー	1
6JR6	ノバー	1
12JB6	ノバー	2
12JT6	ノバー	1
12JT6A	ノバー	1
17AY3	ノバー	1
17AY3A／17BS3A	ノバー	1
17BS3A	ノバー	2
17BW3	ノバー	1
17GJ5	ノバー	1
17GJ5A	ノバー	1
17JB6	ノバー	1
17KV6A	ノバー	1
22BH3	ノバー	1
22BH3A	ノバー	1
22JF6	ノバー	1
22JF6	ノバー	2
22JG6A	ノバー	1
22JU6	ノバー	1
22KM6	ノバー	2
22KV6A	ノバー	1
24JE6A／24LQ6	ノバー	1
25DK3	ノバー	1
31LZ6	ノバー	0
25B－B14	マグノーバル	1

小計＝ 89

種類＝ 79

テレビ用眞空管収納庫、No.14

24-2：米国TV用眞空管（例） (2/2)

名称	形状	在庫
21JV6	Compactron	1
21LG6A	Compactron	1
23Z9	Compactron	1
24JZ8	Compactron	1
25CK3	Compactron	1
25JZ8	Compactron	1
26LX6	Compactron	1
31AL10	Compactron	1
31JS6C	Compactron	1
32HQ7	Duodecar	1
34CE3	Compactron	1
35LR6	Compactron	1
35LR6	Duodecar	1
36KD6	Compactron	1
36KD6	Compactron	1
1K3A／1J3	GT	1
2CN3A	GT	1
3DG4	GT	4
6W4－GTA	GT	1
10EG7	GT	1
17DM4A	GT	1
3CA3	ウルトラショートGT	1
3DC3	ウルトラショートGT	1
3DH3	ウルトラショートGT	1
3CN3B	ウルトラショートGT	1
3CU3A	ウルトラショートGT	1
3DJ3	ウルトラショートGT	1
6BH3A	ノバー	1
6BW11	ノバー	1
6CM3	ノバー	1
6DK3	ノバー	1
6KM6	ノバー	1
6KY8A	ノバー	2
6LQ6	ノバー	2
12AY3	ノバー	1
12AY3A	ノバー	1
12BS3A	ノバー	1
12CL3	ノバー	1
12GT5	ノバー	1
12MD8	ノバー	1
13GF7	ノバー	1
13GF7A	ノバー	1
17DS3A／17DW4A	ノバー	1
17GT5	ノバー	1
17GT5A	ノバー	1
17JB6A	ノバー	1
17JF6	ノバー	1
17JT6A	ノバー	1

名称	形状	在庫
17LD8	ノバー	1
19DK3	ノバー	1
21LR8	ノバー	1
25HX5	ノバー	1
34DK3	ノバー	1
12AE10	マグノーバル	1
	小計＝	59
	種類＝	54

注）CompactronとDuodecarは同じ12ピンの眞空管、RCAはDuodecarを使用

2018 年（平成 30） 静岡大学への寄贈（真空管関係書籍）

写真（抜粋）は、寄贈したテレビ関係技術書、回路図集、真空管規格集、メーカー資料など計 1,358 点の目録です。それぞれの表紙、主な内容（一部）および奥付を写真と一覧表で記録しました。

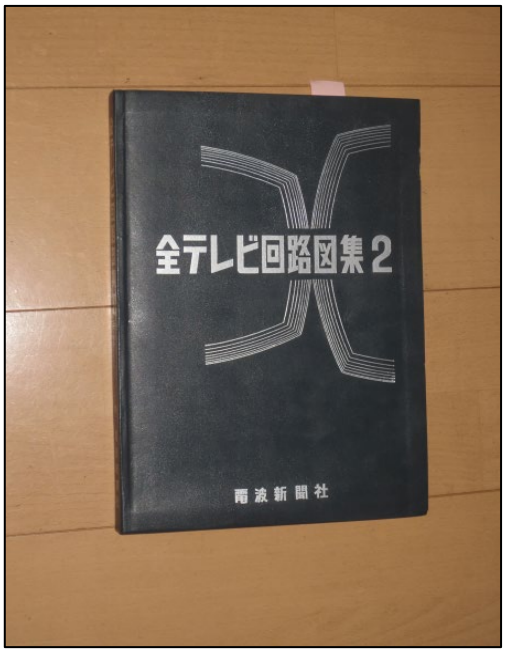


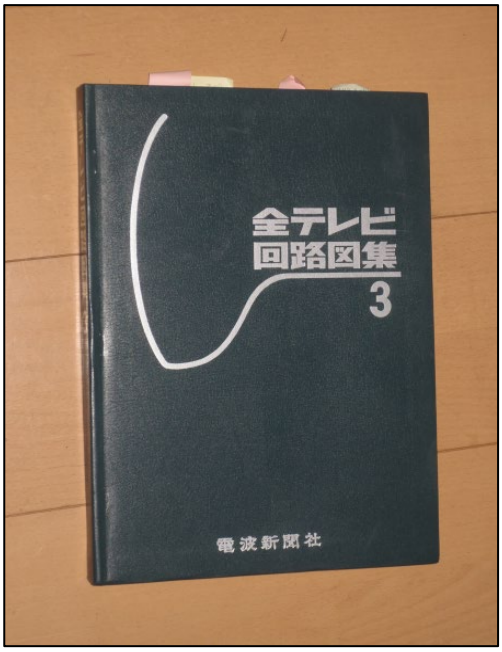
執筆には、発売年代や使用真空管および回路などの特定に“全テレビ回路図集「第 1 集～第 6 集」（電波新聞社）”をベースに発売年と回路図等の執筆を行ないました。

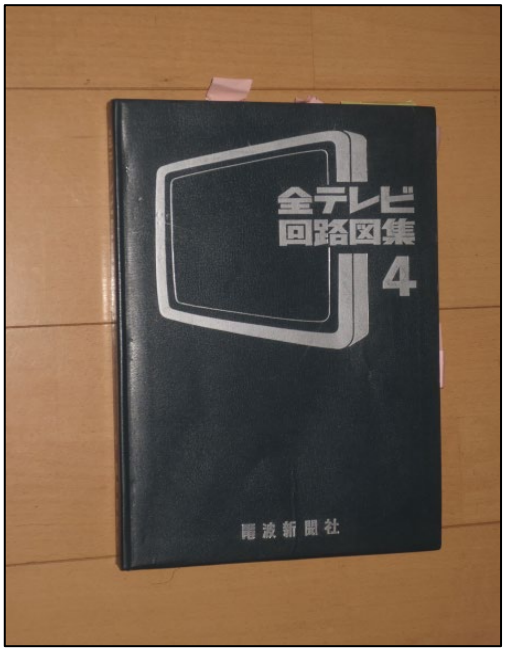
この回路図集は、刊行された書籍の中で「メーカー名、機種名、同型機種名」が収録され、中でも最も重要なのは「それぞれの発売年月」が唯一記録されています。

以下のページに全テレビ回路図集「第 1 集～第 6 集」の写真を示します。

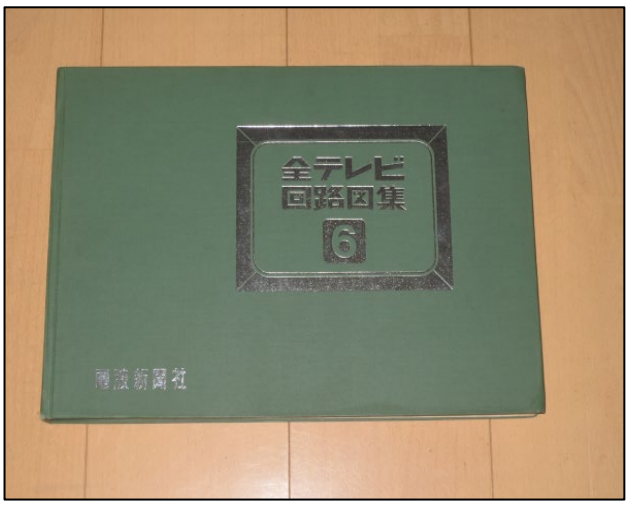

全テレビ
回路図集
電波新聞社


全テレビ回路図集2
電波新聞社


全テレビ
回路図集
3
電波新聞社


全テレビ
回路図集
4
電波新聞社


全テレビ
回路図集
5
電波新聞社


全テレビ
回路図集
6
電波新聞社

追補：放送用の電波測定器

放送電波の測定は、1929 年（昭和 4）に中波の電界強度を島山鶴雄氏が、1934 年（昭和 9）にテレビジョンの電界強度を高柳健次郎氏が、初めて測定しています。

放送用の電波測定器には、電界強度測定器（電界強度計、レベルチェッカ、等）や雑音強度測定器（妨害波強度測定器、等）およびスペクトラムアナライザが有ります。

しかし、これら測定器は、放送電波測定の分野では必須の機器であるにも関わらず、機器の原理や種類等に触れられた資料が少ないのが現状です。

少ない資料の中でも、テレビ受信向上委員会で発行されたテキストの巻末広告には、それぞれの時代のメディアに対応した測定器が掲載されいる貴重な資料です。また、NHK 受信技術資料にも掲載されています。

これらの資料および各社のカタログやホームページ等を引用や参考に第　表を取りまとめました。（各社に御礼応仕上げます。）

これらの測定器では、それぞれの入力端子に加えられた信号の強さ（端子電圧）を測定しています。

1．電波の発生

電波は、マクスウェルにより、「アンペールの法則」から電場の時間変化と電流が磁場を生み出し、磁場は「電磁誘導の法則」から磁場の時間変化が電場を生み出し、そして、電場は「ガウスの法則」から電荷があると電場ができることを導き出しました。これがマクスウェルの電磁方程式です。

これを実験により証明したのが H.R.Hertz で 1888 年でした。周波数の単位は従来「サイクル毎秒、c/s、cps」が用使用されてきましたが、1960 年の国際度量衡総会で「ヘルツ、Hz」が決められ、日本では 1972（昭和 47）年から使用されることとなりました。

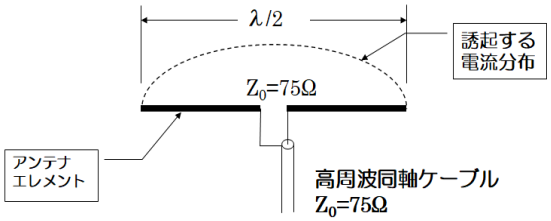
2．測定方法

このようにして、電場・磁場で生成された電波は、空中に設置した単位長（1m）の導体に誘起する電流の大きさを測定器で測定します。

電波は電界と磁界で構成されるので、中波放送では枠型空中線で、VHF 帯等のテレビ放送等ではダイポールアンテナで測定します。（中波放送の受信には、磁界アンテナも市販されています。）

ここでは、テレビジョンの電波を測定する方法を説明します。

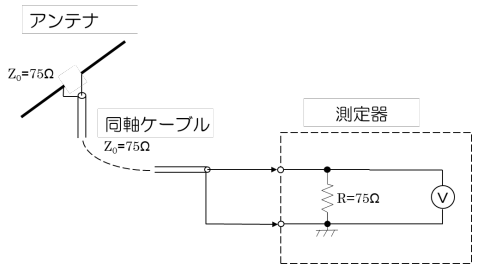
測定アンテナの基準となるのは、1/2λのダイポールアンテナ（第 x 図）は、導体の中心に給電線を接続し、導体に誘起した電流を取り出します。このダイポールアンテナの給電点のインピーダンスは公称 75Ω（≒73.13+j42.55Ω）で、テレビの受信系での標準インピーダンス（Zo）になっています。



第　図　ダイポールアンテナ

3．電界強度測定器

電界強度とは、測定用アンテナ・同軸ケーブル・アンテナ地上高等の条件を満足した時に測定した値ですが、使用する測定器は入力端子に加えられた信号の強さ（端子電圧）を測定しています。すなわ

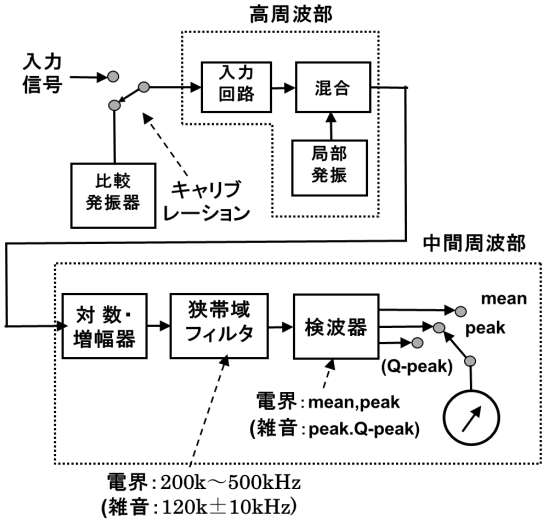


第　図　端子電圧の測定

ち、電界強度測定の条件が揃っていない場合は、単に端子電圧を測定しているので、電界強度測定器ではなく端子電圧測定器（簡易な物はレベルチェッカ）なのです。（第 x 図）

電界強度は、入力端子は開放端、検波は平均値での測定が指定されています。電界強度測定器の初期の頃には、この基準に準拠した測定器が開発され使用されていました。

第　図は電界（雑音）強度測定器の構成を示したものです。



第　図　電界（雑音）強度測定器の構成

両社とも構成はほぼ同じですが、雑音強度測定器は雑音の性質から中間周波段のフィルタの帯域幅が狭帯域に、検波器が準先頭値が図れるようになっています。

電界強度測定器は放送局の放送エリアを決める精度の高い測定を要求されるため、測定器の内部にレベルを較正する較正信号発生器（比較発振器、キャリブレータ等）を持っていて、測定周波数毎に較正して測定誤差を±0.5dB 以内に保っています。その他の電界強度計等は、校正信号発振器を内蔵していないので、測定誤差が約±3dB 程度となっています。

この測定器は、測定した端子電圧に測定周波数毎に補正（λ/π）して電界強度値（μV/m=dBμ/m）とします。この補正が煩雑になるので、この補正値をレベル測定目盛りダイヤルの基準位置を変える事で対応できるように工夫してあります。

界強度は次式により端子電圧から算出されます。

アナログ放送電波は AM 変調ですから、受信した

$$E_f\,〔dB\mu V/m〕 = V\,〔dB\mu V〕 + \frac{\lambda}{\pi}\,〔dB〕 + ケーブル損失〔dB〕 + 6\,〔dB〕$$

（E_f：電界強度、V：端子電圧、$\frac{\lambda}{\pi}$：実効長、6：先頭値）

電波を 200kHz～500kHz 程度の狭帯域フィルタを通して搬送波を検波し、1μV=0dB を基準にデシベル値で表示します。検波器は、主に包絡線検波を使用し、平均値（mean）、先頭値（peak）、準先頭値（QP:quasi-peak）で表示します。

1972 年（昭和 47）に有線テレビジョン放送法が制定され、端子電圧の測定には終端（terminate）で同期先頭値（peak）を使用する事になり、以後、この基準に沿った測定器が使用されるようになりました。したがって、この測定器を使用して電界強度を測定しますが、両者には次の関係があり、換算することができます。

第 5 表　開放・平均と終端・先頭の換算値

	（電界強度）		（有テレ）	換算値
端子電圧	開放	→	終端	－6 dB
検波	平均	→	先頭	＋6 dB

1985 年頃まで電界強度計が市販されていますが、1996 年頃から「レベルチェッカ」と言う簡易型が市販されるようになってきます。時代と共に、都市部においても共同受信が普及し、また宅内での分配数の増加等により、電界強度計よりも単に端子電圧を計る小型で携帯に便利なレベルチェッカになって行きました。

4．雑音電界強度測定器

この測定器も、電界強度測定器と同様に端子電圧を測定しますが、小型電気機器などのインパルス性雑音等の大きな先頭値と連続性を正確に測定するために、帯域幅（120±10kHz）やダイナミックレンジ、および検波回路の充放電時定数などが、国際規格 CISPR（1975 昭和 50 年、国内規格から移行）に準拠して規定されています。

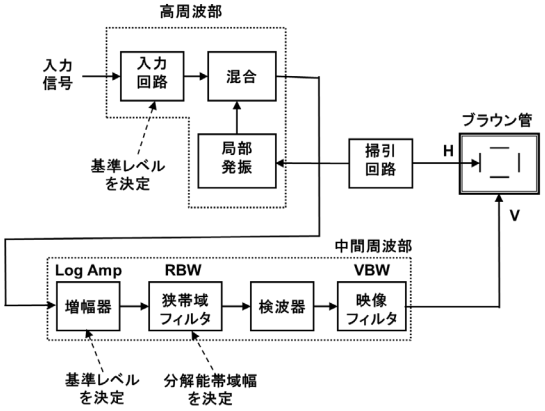
ここで、採用されている準先頭値（QP:quasi-peak）は、主観的な妨害程度に比較的近く評価できる値として導入されています。

5．スペクトラムアナライザ

1964 年（昭和 39）に世界初の掃引型スペクトラム・アナライザ（8551A/851A）がヒューレット・パッカード社（HP 社）により開発されました。

筆者が入局したのが 1963 年ですから、その次の年に開発されたスペクトラムアナライザは、当然、現場には有りませんので電波測定は電界強度測定器でした。（1979 年（昭和 54）頃に、国産の放送電波が測定できる仕様のスペクトラムアナライザが市販されています。）

スペクトラムアナライザが普及してくると、電波を可視化し、チャンネル配列や帯域内の信号の分布



第　図　掃引型スペクトラムアナライザの構成

など、非常に魅力的な測定器でした。第　図は掃引型スペクトラムアナライザの構成を示したものです。

この測定器は、基本的に電界強度測定器と同様ですが、高周波部の局部発振器の周波数変化に合わせて表示装置（液晶、ブラウン管、等）の水平軸を変化させ、その周波数毎に入力信号をプロット（描く）するものです。

したがって、表示装置には横軸は周波数、縦軸は信号の振幅を表示することができます。

スペクトラムアナライザを使用しての測定方法は次のようになります。

（1）アナログ放送の信号レベルの測定は、端子電圧測定器のフィルタに相当する RBW（Resolution Band Width）を 100kHz に設定し、振幅変調により変動する波形のピーク値を最大値保持（MAX HOLD）機能で保持し、その先頭値を測定します。

（2）デジタル放送波の信号レベル（C）は、帯域内電力の平均値を測定します。

- BS デジタル放送の場合は、RBW を 300kHz に設定し、帯域幅 28.9MHz 内の電力値を測定します。
- 地上デジタル放送の場合は、RBW を 30kHz に設定し、帯域幅 5.6MHz 内の電力を測定します。

スペクトラムアナライザに関する書籍は少なく、筆者の知る限りでは、次の二冊です。（両書とも著者は横河・ヒューレットパッカード㈱）

- 「スペクトラムアナライザー理論と応用」（日刊工業新聞社）、1979 年発行
- 「スペクトラムアナライザのすべて」㈱ラジオ技術社、1981 年発行

6．測定器の入力インピーダンスと同軸ケーブル

同軸ケーブルは、内径（d）と外形（D）の比が 3.59 の構造の時、理論的に最も減衰が少なくなります。ここで、D/d=3.59、ε=2.25（ポリエチレン層 ）の場合 Z_0=51.07〔Ω〕となり、この値が一般的に、特性イン

ピーダンス「50Ω」と呼ばれています。

伝送ケーブル（同軸ケーブル等）の減衰量が最も少ないことから送信系では一般的に 50Ωが標準として使用されます。

電界強度測定器の測定端子インピーダンスには、50Ωの場合と 75Ωの場合の機器があります。一般的には 50Ωが多いのですが、放送受信専用の機器では 75Ωになっています。このため、50Ωの測定器で受信レベル等を測定する場合は 75Ω→50Ωのインピーダンス変換器を使用します。

このインピーダンス変換器を使用する場合は、測定する周波数帯域と変換損失に注意する必要が有ります。変換損失は、直列抵抗型→π結合型→トランス結合型の順に変換損失が少なくなりますが、周波数帯域幅が狭くなる傾向にあります。

7．同軸コネクタの種類

同軸コネクタは、最初に N 形が開発（Bell Lab. P.Neill）され、その後、C 形、BNC 形が改良を加えられ開発されました。

BNC（Bayonet Neill-Concelman）コネクタには 50Ω形と 75Ω形があります。BNC コネクタは、同軸ケーブルの特性インピーダンス（50Ω）に合わせた 50Ω形が開発された。その後、低損失での信号伝送を行う場合には、特性インピーダンス 75Ω75Ωものが製作されています。

同軸コネクタには、JIS 規格（日本工業規格）と業界規格で制定されたものがあります。

第 x　表　JIS 規格の同軸コネクタ

第 x 表　JIS 規格以外の同軸コネクタ

JIS: Japanese Industrial Standards

（日本工業規格）

IEC: International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）

RC,JEITA 規格: Japan Electronics and Information Technology Industries Association（（社）電子情報技術産業協会）

なお、F 型接栓が開発されてからは受信機器類および測定器にも採用されました。C12 型と C15 型ともに特性インピーダンスは 75Ωですが、BS・CS 放送が開始される前の測定器では VHF,UHF 用の C12 型が採用されていますので注意が必要です。

なお、F 型接栓が日本に紹介された時には、筆者は直ぐに F 型接栓の中継接栓の必要性を感じ、日本で初めて「F 型接栓の中継接栓（通称 F コネ）」を試作しました。

8．電界強度測定器の分類

1．測定帯域による分類

電界強度測定器は大きく、測定帯域により

規格番号	形名（旧形名）	公称Z_0〔Ω〕	定格周波数
JIS C 5411	C01（N）	50	10 GHz以下
JIS C 5412	C02（BNC）	50	4 GHz以下
JIS C 5413	C03（C）	50	10 GHz以下
JIS C 5414	C04（HN）	50	3 GHz以下
JIS C 5415	C05（超小型）	50	500 MHz以下
JIS C 5419	C11（M）	非整合	200 MHz以下

分類されます。メディアの発展と共に測定

規格番号	形名	公称Z_0〔Ω〕	定格周波数
IEC 169-16	NC	75	2 GHz以下
RC-5233	BNC	75	2.4GHz以下
RC-5220A	F(C12)	75	890MHz以下
RC-5223A	F(C15)	75	2,159MHz以下

帯域が広がり、多帯域の兼用型になっています。

・中波帯、VHF 帯、UHF 帯
・VHF/UHF 帯、CATV（MID,SHB）
・BS-IF 帯、CS-IF 帯
・VHF/UHF/CATV 帯
　VHF/UHF/BS-IF 帯
　VHF/UHF/CATV/BS-IF 帯
　VHF/UHF/CATV/BS-IF/CS-IF 帯

.2．測定確度による分類

・校正（キャリブレーション）機能付き（測定確度±0.5dB 以上）
・校正（キャリブレーション）機能無し（測定確度±3dB 程度）

3．測定項目による分類

・電界強度（電波の強さ）
・端子電圧

（テレビ入力端子での信号の強さ）
・CN 比（信号の質）
・CN 比、BER、
MER（デジタル信号の誤り率）
・コンスタレーション

４．電波の変調方式による分類
・AM（中波、テレビ映像）
・FM（FM 放送、テレビ音声、BS アナログ）
・UHF（FM）（BS-IF 信号を UHF 帯に変換し伝送）
・BS(MUSE 方式)
・TC8PSK（BS デジタル）
・OFDM（地上デジタル）
・CATV64QAM（トランスモジュレーション方式、BS の伝送）

５．周波数セレクト方法による分類
・周波数連続可変型（中波、VHF、UHF、BS-IF）
・チャンネル固定型（VHF、UHF、BS-IF）

６．測定値表示方法による分類
・アナログメーター式
・デジタル表示式

９．電界強度測定器等の関連資料

電界強度測定器等の規格や発売時期および外観写真等を記録した文献等は散発的に見受けられますが、系統的に整理された文献等は見られませんので、ここで時系列的に整理しました。

ここに掲載した各種の資料は、放送受信の普及を目的した「受信向上委員会」発行テキストに掲載された広告や、各メーカーの資料および NHK 放送研修センター収蔵の機器を掲載しました。

入手できなかった資料も多々あると思われますが、ご了承お願いいたします。

測定器の市販時期や規格および外観図などは、以下の資料を参考にさせて頂きました。

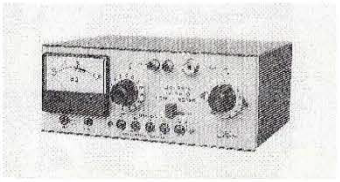
年	掲載形名、メーカー	出典	備考
1929(昭和4)	中波電界強度測定器、国産第一号(NHK、島山鶴雄)	「放送機の神様　島山鶴雄の生涯」、2009、島山鶴雄 伝記編集委員会	
1934(昭和9)	初めてのテレビジョン電界強度測定(濱松高等工業，高柳健次郎)	静岡大学 テレビジョン技術史，1987 浜松電子工学奨励会	
1951(昭和26)	中波電界強度測定器：NHK技研試作	受信機資料、1951年8月	
1952(昭和27)	NHK-Ⅳ型	受信機資料、1952年7月	
1953(昭和28)	妨害波測定器規格 波第402電界強度測定器(携帯用）、波第404電界強度測定器(可搬型）、波第406・406A・407電界強度測定器(長中波用）、波第413超短波電界強度測定器(可搬型）、波第420電界強度測定器(携帯用）、長波電界強度測定器(可搬型）、障害波強度測定器(可搬型）、波第409電界強度測定器(可搬型）、波第410雑音電界強度測定器(可搬型）、波第465電界強度測定器(可搬型）、NHK-Ⅳ型(MF帯）(可搬型）、NHK-Ⅴ型(MF、HF帯）、NHK技術研究所試作(VHF帯）、長中短波携帯用雑音強度測定器	昭和27年度 電波技術審議会答申 (諮問第3号中間報告書)	
1954(昭和29)	超短波障害波強度測定器：Model NMA-5	受信機資料、1954年7月	輸入
1958(昭和33)	テレビジョンの簡易電界強度計：A型・B型	受信機資料、1958年9月	
1961(昭和36)	NHK6型雑音電界強度計	受信機資料、1961年2月	
1966(昭和41)	共同受信用簡易レベルチェッカー：A型、B型	島田、NHK第20回全国技術報告会	
1975(昭和50)	電界強度測定器：E型	受信技術資料、1976年1月	
1973(昭和48)	UV・TV電界強度測定器：TLC-63F、無電テレビ工業(株)	受信システムハンドブック、 テレビ受信向上委員会	広告
1979(昭和54)	TV-FM電界強度測定器：TLC-64F、無電テレビ工業(株)	受信改善マニュアル、 テレビ受信向上委員会	広告
1983(昭和58)	衛星放送用BS-IFレベルメータ:KFI-604、協立電子工業(株)	衛星放送受信の手引き、 テレビ受信向上委員会	広告
1989(平成元)	BS-IFテスタ:KTV-610B、BS-IFレベルメータ:KFI-604、BS-IF CN比チェッカ:KTV-640、協立電子工業(株)	衛星放送受信ハンドブック、 テレビ受信向上委員会	広告
1991(平成3)	BS-IF MUSE/NTSC CN測定器：KTV-672、CS-IF CN比チェッカ：KTV-645、BS-IF CN測定器：KTV-636/641、協立電子工業(株)	ハイビジョン受信ガイドブック、 テレビ受信向上委員会	広告
1993(平成5)	C/N&レベルメータ:KTV-625、BS/CS-IFレベルメータ:KTV-620、全チャンネルレベルメータ:KTV-605、BS-IF MUSE/NTSC CN比測定器 :KTV-672、BS-IF CN比測定器:KTV-636/641、協立電子工業(株)	改訂版・衛星放送受信ハンドブック、 テレビ受信向上委員会	広告
1995(平成7)	RFフィールド・アナライザ： U4341/4341N、(株）アドバンテスト	テレビ受信ノウハウ集、 テレビ受信向上委員会	広告
1996(平成8)	TVシグナルレベルメーター:LF941、1GHzシグナルレベルメー　ター:953、TV/SATシグナルレベルメーター:952、リーダー電子(株)	ハイビジョン時代の放送受信・Q&A、 テレビ受信向上委員会	広告
1998(平成10)	SATシグナルレベルメーター:LF942A、TV/SATシグナルレベルメーター:LF952、リーダー電子(株)	デジタル時代の放送受信技術・入門編、 テレビ受信向上委員会	広告
2001(平成13)	BS・CSチェッカー:HT-8　東芝テクノネットワーク(株)	デジタル放送技術、 テレビ受信向上委員会	広告
2004(平成16)	シグナルレベルメーター:LF985リーダー電子(株) 電界強度測定器：KTV-2000A、デジタルBS/CSチェッカ：KTV-616、協立電子工業(株)	デジタル時代の放送受信技術、 テレビ受信向上委員会	広告

1925 年(大正 14) ～2020 年(令和 2) 放送用電波測定器一覧(発売順)

なお、ここに掲載した測定器は、入手できた資料の物を掲載したので、漏れているものも多数有ると考えられます。

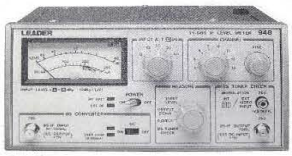
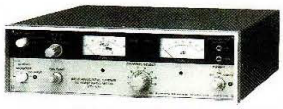
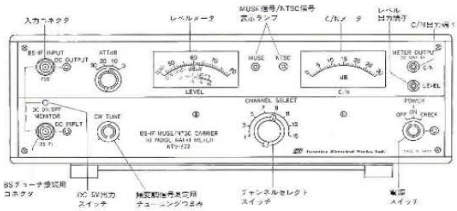
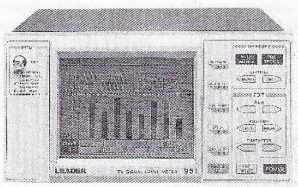
#NAME?		NHK メーカー	測定項目など	写真など
1925年	ラジオ放送開始 中波			
1929年		中波電界強度測定 自作測定器 (島山鶴雄)	中波帯	中田、「「放送機の神様島山鶴雄の生涯」」,2009,島山鶴雄伝記編集委員会
1934年	初めての テレビ電界強度測定 (高柳健次郎)			1934年浜松市内で伝送実験、電界強度測定を行い等感度曲線を求めた。(静岡大学「テレビジョン技術史」, 1987,浜松電子工学奨励会)
1950年		超短波 電界強度測定器 ARM-6074形 (安立電気)		
1951年		中波 初めてのポータブル型開発 K-42(協立電機研究所)	中波帯	中波 電界強度測定器 技研で試作
1952年	三大地区テレビジョン放送用チャンネル割当計画」 (郵政省) VHF第3～6チャンネル割当			
1952年		中波 電界強度測定器 NHK-Ⅳ型 全国配備 中波 電界強度測定器 K-43 (協立電機研究所)	中波帯	
1953年	テレビ放送開始			
		NHK-Ⅳ型(MF帯) NHK-Ⅴ型(MF、HF帯) 電界強度測定器(VHF帯) 技研で試作	中波帯,短波帯 VHF帯	
1954年		中短波 雑音電界強度測定器 K-485 (協立電機研究所)	中波帯,短波帯	アメリカより超短波障害波強度測定器 (Model NMA-5)輸入
1956年	「テレビジョン放送用周波数の割当計画基本方針」 (郵政省) 第1～第6チャンネルの6チャンネル制			
1957年	FM 実験放送開始			
	VHF 第1～12チャンネル 割当			
1958年		VHF簡易電界強度計 開発(A型、B型)	VHF帯	

1959年		VHF電界強度測定器 ARM-5705 （安立電気）	VHF帯	
1960年	カラーテレビ 放送開始			
1961年	UHF帯　割当			
1961年		NHK6型雑音電界強度計		
1962年	UHF NHK日立実験局			
		UHF周波数変換器 ARM-5901B （安立電気）	UHF帯 （VHF電界強度測定器　ARM-5705と組合せ使用）	
1963年	FM 実用化試験局	雑音電界強度測定器 K-480 （協立電機研究所）	トランジスター化	
		VHF TVフィールドメータ LFC950 （リーダー電子）	VHF-TV 12波（映像のみ） 較正用比較発振器内臓 （LFC-940は比較発振器無し） M型接栓 電池式	
		FM/VHF 電界強度計 （C型）	FM,VHF(1-12ch) 150MHz （改良型はE型） peak/mean 無し パイロット信号	
1966年	NHK開発	共同受信用 簡易レベルチェッカー 開発（A型、B型）	A:VHF、B:UHF peak/mean 無し パイロット信号　無し	

1966年		中波 電界強度計 M-262C （安立電気）	500kHz-30MHz	
1966年		中波 電界強度計 M-262E （安立電気）	500kHz-30MHz	
1967年		超短波雑音電界強度測定器 KNM-501 （協立電機研究所）	VHF帯	
		UHF 電界強度測定器 ML51A （安立電気）	650～790MHz	
1968年		V-Uフィールドチェッカー LFC942A （リーダー電子）	VHF,UHF(13-62ch) 全トランジスター化 M型接栓	
		長中短波 雑音電界強度測定器 KNM-402 （協立電機研究所）	長波、中波、短波帯	
1970年		妨害波強度測定器 KLM-402C （協立電子工業）	0.15-30MHz CISPR規格	
1971年	NHK開発	UHF TVレベルチェッカ ML-512A （安立電気）	UHF専用、簡易型 peak/mean 無し パイロット信号　無し	
1972年	NHKと共同開発	TVゴーストチェッカ サービス用電界強度計 LGC－961 （リーダー電子）	建造物障害 VHF,UHF(13-62ch) 管面に画像を表示して、水平・垂直同期信号を重ね表示し、マーカースケールで計測する。	

1973年		FM/VHF/UHF TV FIELD INTENSITY METER KTV-602 （協立電子工業）	MF,V-L,V-H,UHF ダイヤル式チューニング	
		妨害波強度測定器 KLM-502C （協立電子工業）	25-500MHz CISPR規格	
1973		TV-VHF-UHF電界強度計 LFC-944A （リーダー電子）	TV 1-12ch UHF 13-62ch 映像搬送波のみ 75Ω平均・開放値、端子電圧	
1973年		FM/VHF/UHF 電界強度測定器 E型 （協立電子工業所）	FM/VHF/UHF （C型の改良型）	
1974年		TV電界強度計 KTV-603 （協立電子工業）	FM/VHF/UHF ポータブル型	110MHz～168MHz測定 peak/mean パイロット信号
1975年		中波 電界強度計 M-321C （安立電気）		
1976年		VHF TVレベルメータ KTV-502 （協立電子工業）	VHF専用、簡易型 peak/mean 無し パイロット信号　無し	
		TV-VHF/UHF ゴーストチェッカー LGC-962AJ （リーダー電子）	VHF,UHF(13-62ch) 管面に画像を表示して、水平同期信号(1/2Hまで可能)を重ね表示し、マーカースケールで計測する。 平均値／先頭値測定	

1979年頃		スペクトラムアナライザ TR-4132 （タケダ理研工業）	100kHz-1000MHz 拡張用コンバータ有 TR14303	
1982年		TV-DBSレベルメーター LFC947 （リーダー電子）	BS-IF 11-15ch のBS-IFを測定 測定レベル：45dBμ～	
1983年	BS試験放送開始 HDTV（MUSE）			
1984年		BS-IFレベルメータ KFI-604 （協立電子工業）	UHF-TV 13-62ch UHF(FM) BS-IF 1～15ch	
1984年		スペクトラムアナライザー MSA-4901 （目黒電波測器）	1MHz-300MHz （アナログ式）	
1985年頃		TV電界強度計 KFI-5603 （協立電子工業）	デジタル操作機能、 プリンター内蔵	
1988年		BS(11ch)BS-IFテスタ KTV-610B （協立電子工業）	BS-11chでレベルをチェック	
		FM-TV レベルチェッカーNLC-162F （日本アンテナ）	UHF VHF FM	

1988年		TV-DBSレベルメーター LFC948 （リーダー電子）	BS-IF 1-15ch BSチューナチェック信号内臓	
1989年	HDTV（MUSE） 実験放送開始			
		スペクトラムアナライザー R3161/R3361 （アドバンテスト）	FM,VHF,UHF BS-IF CN比 9kHz-2.6/3.6GHz RW:30Hz-1MHz TGModel有	
1989年		BSチェッカー HT-3D （東芝）	BS-11,15ch BSアンテナの方向角及び仰角の 調整	
1991年	HDTV(MUSE) 試験放送開始			
		BS-IF MUSE/NTSC測定器 KTV-672 （協立電子工業）	BS-IF(1-15ch) MUSE/NTSC アナログBS信号、ハイビジョン （MUSE方式）の CN比測定	
				
1991年		TVシグナルレベルメータ LFC951 （リーダー電子）	受信周波数：46-870MHz VHF/UHF/CATV用 表示に液晶バーグラフ使用 （8チャンネル同時表示） 先頭値検波	
1992年	CS放送開始 （アナログ）			

1992年		TVレベルメータ KTV-605 （池上電子工業）	FM VHF,UHF BS-IF(1-15ch奇数) CS-IF(J1-J15ch奇数 S1-S11ch奇数, J6 J8,S10ch)	
		TVシグナルレベルメータ LFC852 （リーダー電子）	VHF/UHF/CATV/ BS/CS 46MHz-870MHz 950MHz-2050MHz レベル／CN比 MAX HOLD機能付	
1993年		RFフィールドアナライザ U4941 （アドバンテスト）	9kHz-2.2GHz RBW 1kHz-3MHz 初めての電池駆動	
1993年		BSレベルチェッカー LC2 （マスプロ電工）	BS1-15ch	
1994年	HDTV(MUSE) 実用化試験放送開始			
		TV電界強度計 KTV-603Ⅱ/604Ⅱ （池上電子工業）	VHF MID,UHF 70～770MHz 尖頭値/平均値 簡易校正用発振器 KSG-50(別売)	
1995年		BS-IF CN比測定器 KTV-636/KTV-641 （池上電子工業） KTV-641は記録計出力付	BS-IF 1-15ch （帯域幅 27MHz） （アナログ）	
1995年		CS-IF CN比測定器 KTV-645 （池上電子工業）	CS-IF 950MHz-1900MHz （帯域幅 30MHz） （アナログ）	

1995年		〃	CS-IF 950MHz-1800MHz （アナログ）	
		妨害波強度測定器 KLM-S603 （協立電子工業）	20MHz-1000MHz	
1996年	CS放送開始 （デジタル）			
1997年		スペクトラムアナライザー MS2650 （アンリツ）	9kHz-3GHz CN比 チャンネルパワー	
1997年	NHKと共同開発	地上デジタル,アナログ放送用 電界強度測定器 KTV-2000/2000A （愛称：デジボーイ） （協立電子工業）	・アナログ： FM,VHF,UHF, CATV,上り,パイロット ・デジタル： UHF 13-62ch(OFDM)	
1999年		TVシグナルレベルメータ LF941 （リーダー電子）	受信周波数：46-870MHz デジタル：地上波,BS,CS,CATV ・レベル測定： アナログ（映像・音声） デジタル（16-256QAM, OFDM,8VSB）	
2000年	BSデジタル 放送開始			
		シグナルレベルメータ LF982 （リーダー電子） 2001年 LF953 受信周波数： 5-870MHz,950-2,150MHz	受信周波数： 46-870MHz,950-2,150MHz デジタル：地上波,BS,CS,CATV ・レベル測定： アナログ（映像・音声） デジタル（16-256QAM, OFDM,8VSB） ・CN比測定	

2000年		妨害波強度測定器 KLM-2601 （協立電子工業）	9kHz-1.5GHz	
		スペクトラムアナライザー U3641/U3641N （アドバンテスト）	9kHz-3GHz RBW:1KHz～3MHz TGModel有	
2002年		ハンドヘルド・ スペクトラム・アナライザ FSH3/6 （ローデシュワルツ）	VHF,MID,UHF,BS-IF （チャンネルパワー測定） 100kHz-3/6GHz RBW:100Hz/100kHz-1MHz TGModel有	
2003年	地上デジタル 放送開始(13Seg.)			
		デジタル放送 信号アナライザ MS8901A （アンリツ）	ISDB-T 9kHz-3GHz TGModel有	
		ハンドヘルド・ スペクトラム・アナライザ (Sectrum Master) MS2711D （アンリツ）	VHF,MID,UHF,BS-IF 100kHz-3GHz TGModel有 RBW:100Hz-1MHz カラーLCD	
		デジタルレベルチェッカー LCN2 （マスプロ電工）	CATV・VU・BS・CS 70MHz-90MHz 90MHz-770MHz 950MHz-2600MHz アナログ・デジタルレベル	
2004年		**デジタルTV シグナルアナライザー** R3466N （アドバンテスト）	ISDB-T,CATV(64QAM), ISDB-S,CS(QPSK),NTSC 9kHz-2.2/3.3GHz RBW:100Hz-1MHz TGModel有	

9

2004年		シグナルレベルメーター LF50 （リーダー電子）	地上波・CATV 10-870MHz, 90-770MHz ISDB-T,BER BS・CS 950-2,150MHz CN比,BER	
2005年		スペクトラムアナライザー U3751 （アドバンテスト）	9kHz-8GHz RBW:100Hz-1MHz TGModel有	
		デジタル信号アナライザー MS8911A （アンリツ）	ISDB-T,CATV(64QAM), ISDB-S,CS(QPSK),NTSC 100kHz-7.1GHz TGModel有	
2006年	地上デジタル 放送開始(1Seg.)			
2006年頃		シグナルレベルメーター LF986 （リーダー電子）	ISDB-T,CATV, ISDB-S,CS,NTSC 5-870MHz:レベル測定 90-770MHz：ISDB-T 50-870MHz：ISDB-C 950-2,150MHz：ISDB-S ISDB-T BER,MER,換算CN比,コンスタレーション，遅延プロファイル BS・CS BER,MER,CN比,コンスタレーション	
2007年	HDTV(MUSE) 終了			
2007年頃		TV アナライザー ETL （ローデシュワルツ）	500kHz-3GHz TGModel有 コンスタレーション MERCN比チャンネルパワー	
2009年頃		ハンドヘルド・ TV アナライザー ETH （ローデシュワルツ）	ISDB-T/DVB-T,H 100kHz-3.6/8GHz	

2010年		デジタルレベルチェッカー LCT3 （マスプロ電工）	UHF(13-62ch) 地上デジタル(レベル,MER,BER) BS(1-23ch) 110CS(2-24ch)	
		デジタルレベルチェッカー LCV2 （マスプロ電工）	ISDB-T BSデジタル(レベル,BER,C/N) スカパー(レベル,BER,C/N) CATVデジタル(ISDB-T,64QAM,TC8PSK) TV(アナログ)	
2011年	地上TV （アナログ放送終了）			
		レベルチェッカー LC50W （DXアンテナ）	地上デジタル(13-51ch,簡易MER,簡易BER) BSデジタル(1-23ch,簡易C/N,簡易BER) 110CSデジタル(2-24ch,簡易C/N,簡易BER) LTE	
2017年		スペクトラムアナライザー E4405B (Agilent)	10kHz-313.2GHz RBW:10Hz-5MHz	
2018年	4K、8K放送開始			
2019年		シグナルレベルメータ 4K/8K対応 LF965 （リーダー電子）	905MHz-3300MHz FM放送、BS・CS(右旋・左旋) ISDB-T,ISDB-C,ISDB-S (4K,8Kレベル、C/N、BER、MER、コンスタレーション)、スカパープレミアムHD/4K	

※この表の写真は、NHK-CTI、横河電機および電気通信大学の機器を、それぞれの規格は各社のカタログから引用させていただきました。

2005年(平成17)～2006年（平成18）放送用電波測定器一覧（光測定器）

NHK-CTI 整備		形名 メーカー	測定項目など	写真など
2005年	光パワーの測定	光テストセット Optical Test Set MT9801B アンリツ㈱	光源　MU951001A 1,310nm/1,550nm 受信部MU931421A 750～1,700nm +10～-110dBm	
2005年	伝送路のメンテナンス	光パルス試験機 （アクセスマスター） MT9081D アンリツ㈱	波長　1310/1550nm ダイナミックレンジ 36.5 dB (1.55 μm) 被測定ファイバ 10/125 μmシ ングルモードファイバ	
	光信号のスペクトラム や分散の測定	光スペクトラムアナライザ Q8383 アドバンテスト㈱	350nm～1,750nm 入力感度　-85～+10dBm	
2006年	CATV等での光ケーブル 伝送時のデジタル(パル ス)波形(アイパターン) 等を測定	光オシロスコープ Conunications Signal Analyzer CA57404B テクトロニクス㈱	CH数　4ch 周波数帯域　4GHz 最高サンプリング　20GS/s	

あとがき

思いつくままに、あれもこれもと書き加えて、結果的に思い出より資料の方が多くなってしまいました。

それぞれのページを振返って見ると、筆者の人生の殆どは、新しい放送メディアの普及と雑音等受信環境の維持改善のために、技術の習得、業界指導や NHK 放送研修センター（含、人事本部中央研修所）での講師など、ずっと勉強の連続でした。

衛星放送では、BS-AM ヘッドエンド装置を開発し、BS 放送の受信者数を大幅に増加（1993 年の約 5 万世帯から 2001 年約 130 万世帯）し、受信障害では、10 年以上続いた福島県いわき市周辺のスポラディク E 層混信対策を主導し、約 5.5 万世帯を改善することができました。等々、その時々の事が走馬灯のように思い出されます。

また、テレビ受信機に詳しくなったので、学生時代から細々と続けていたアマチュア無線と相まって、コレクションした真空管を基に「テレビジョン受信機用真空管の歩み」の単行本を出版することができました。この単行本は、出来上がってみれば、カラー写真約 2,300 枚（総ページ数約 800 頁）のほぼ写真集となってしまいました。
この単行本は、筆者がテレビジョン受信機に生涯を関わった証として、国会図書館に収蔵して頂きました。

筆者のほぼ一代記の時代を振り返ってみると、筆者が関わった放送の分野以外にも、社会全体の動きが劇的に変化した時代でもありました。ラジオ、白黒テレビ、カラーテレビ、衛星放送、デジタル放送等の放送メディアの激変と言っても過言ではない時代に、放送電波の受信の分野で少なからず貢献できたのではないかと自負しています。

中でも NHK 在職中に始まったデジタル放送の初期に関わり、その後、NHK 放送研修センターに転籍してからはそのデジタル放送のセミナーや研修会などのコーディネートや講師として継続して関われたことは幸いでした。さらに、NHK 放送研修センター定年後も長年の経験を生かして、デジタル放送で解決が困難になった電波障害の改善にコンサルタントとして活動できた事は、望外の幸せです。

これからは、インターネットや携帯電話との関わり等、新たな受信障害も発生してくるでしょう。後輩の方々の活躍を期待しています。

最後に、ご指導ご鞭撻頂いた諸先輩や同僚並びに関係業界の方々に、ここに厚くお礼申し上げ、筆をおくことに致します。

2021（令和 3）年 10 月 28 日
～喜寿を迎えた日に～

著者紹介

劍 持　甫（けんもち はじめ）

1944年 埼玉県川越市出身、ラジオや無線通信に興味を持つ
1963年 日本放送協会（*NHK*）に就職し、テレビ・ラジオの受信技術の指導・普及を担当する。
趣味はアマチュア無線（JA1JBN）で送信機・受信機を眞空管で自作、この頃から眞空管の暖かみに親近感を抱いた。真空管に興味を持ち収集を始める。2017年に「テレビジョン受信機用真空管の歩み」を発行する。
パソコンの初期、マイコン（my computer）と呼ばれた頃から計測インターフェイスやプログラム開発等に取組み、真空管を管理するためのデータベースを構築
2001年（財）NHK放送研修センターに転籍、BSデジタル・地上デジタル放送技術や測定技術のコーディネート及び研修講師を担当
2010年デジタルインストラクター.COMを設立、主に放送受信技術のコンサルタント業務を実施

1963年 県立大宮工業高校電気科卒業（県立第 1 期）
1968年 日本大学理工学部電気工学科卒業
卒業論文「カラーテレビ用ブラウン管における垂直周辺コンバーゼンス補正回路」

第一級陸上無線技術士、第三種電気主任技術者、第一級CATV技術者 など

従然がなるままに
「放送電波の受信」
ほぼ一代記
（非売品）

2021 年 10 月 28 日　初版第 1 刷発行
執筆・編集　劍　持　　甫
発　行　デジタルインストラクター.COM
製本所　三協印刷株式会社
無断転載禁止

(C) Hajime Kenmochi 2021 Printed in Japan

ISBN 978-4-9909805-1-1


9 784990 980511


9784990980511