

## ■14 群 (歴史・年表・資料) - 1 編 (電子情報通信技術史)

### 3 章 放 送

(執筆者：田中英輝) [2010 年 7 月 受領]

#### ■概要■

本章ではテレビ放送の技術史を、「番組制作」、「放送方式」、「中継・送出」、「放送受信」に分類して概観する。

「番組制作」では、映像技術、音声技術、記録技術の発展を扱う。まず映像技術では、撮像素子とそれを使ったカメラ、スプライス編集から始まる映像編集、及び近年のバーチャルスタジオ技術の発展について概説する。音声技術では、マイクロホンなどの收音技術の発展、音声編集技術などについて述べる。記録技術では主に VTR 発明以後の技術を概説する。

「放送方式」では、1800 年代のテレビの黎明期の技術から始めて、白黒放送、カラー放送、HDTV (High Definition TV) へと発展した過程を追う。また、アナログ放送からデジタル放送への移行の歴史を概説するとともに両者の差を概説する。更に、最近の技術として UHDTV (Ultra High Definition TV) や、コンピュータ技術の発展によって生まれた放送と通信の連携サービスなどについて述べる。

「中継・送出」では、素材伝送、局内送出システム、放送網の技術の発展を追う。素材伝送では 1953 年のテレビ本放送開始以後の国際中継技術と FPU (Field Pick up Unit) の発展について概説する。局内送出システムでは、昭和 40 年代に導入されたピンボードメモリを使ったシステム以後の発展を扱う。放送網ではラジオ、テレビ、それぞれの開始直後から現在までの放送機の発展と衛星を含めたアナログ放送網の完成までを振り返る。次に、地上デジタル放送網整備、さらに、12 GHz 帯放送衛星の発展の歴史に触れる。

「放送受信」ではアンテナと受信回路で構成される受信システム、及び、テレビディスプレイの歴史について述べる。受信システムでは、テレビ放送開始以後大きな問題となったゴースト対策と、衛星放送の受信技術の発展を振り返る。テレビディスプレイでは、テレビ黎明期から使われていた CRT (Cathode-Ray Tube) がハイビジョンの普及とともに FPD (Flat Panel Display) に置き換わっていった経緯とともに、技術の発展を概説する。

#### 【本章の構成】

本章では、テレビ放送の技術史を番組制作 (3-1 節)、放送方式 (3-2 節)、中継・送出 (3-3 節)、放送受信 (3-4 節) の各分野に分けて述べる。

## ■14 群 - 1 編 - 3 章

### 3-1 制作技術

(執筆者：藤田欣裕) [2010年1月 受領]

放送局のスタジオ内で撮られた映像や音声は、テレビカメラやマイクロホンによって電気信号に変換され、基幹局となる放送タワーに伝送される。放送が家庭に届けられる過程の中で、番組制作にかかわる部分は図 3・1 のように表すことができる。番組制作の過程は、およそスタジオ制作に代表されるプリプロダクションと VTR で収録された映像を編集するポストプロダクションに分けられる。それらにかかわる技術は映像、音声、記録、処理など広範囲にわたっている。以下にその概要と変遷について述べる。

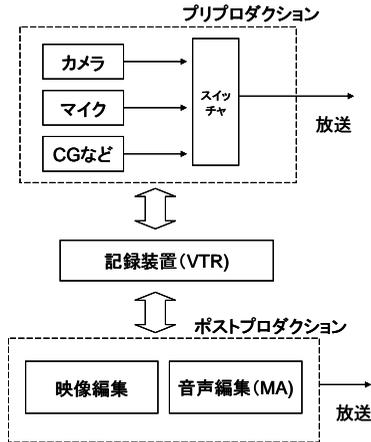


図 3・1 番組制作の過程

#### 3-1-1 映像技術の変遷

##### (1) 撮像技術

テレビの映像として光を電気に変換する最初の発明を行ったのはツボルキンであった。アイコンoscopeと呼ばれる撮像管で、感度は現在のテレビカメラの100分の1程度であった。この発明によって、実用的な全電子テレビジョンがはじめて可能となった。1946年にはRCA社がオルシコンを開発した。光電材料の改善によって、感度、解像度ともに特性が向上した。1950年にはビジコンが導入され、光によって抵抗が変化する光導電性材料が採用され、2次電子放出が少なく安定に動作する低速の電子ビームで走査する方法がとられるようになった。1960年代中期からのプランビコンを中心とする光導電形撮像管が、次第に放送用の主力撮像管となっていった。

光導電材料を中心とした改良研究により、多くの実用的な撮像管が開発された。

1972年には感度に優れるカルニコン管が、また解像度に優れるサチコン管が開発された。プランビコンの高画質を保持したうえで更なる解像度の向上を図る研究のなかで生まれたのが、サチコン管である。1975年に小型でも解像度に優れたサチコンを使用した、機動性の高

いハンディカメラが開発された。



図 3・2 新スーパーハープ撮像管



図 3・3 CCD と VTR の一体化

1985 年ハイビジョン用としてサチコンを高感度化しようとする研究のなかから生まれたのが、アバランシェ増倍という画期的な原理による HARP 光電変換膜<sup>1)</sup>である。

小型撮像管の出現により、カメラマン 1 人での取材が可能となった。そして 1976 年に、フィルムに代わって ENG (Electronic News Gathering) 取材システムが登場した。一方で 1970 年、米国ベル電話研究所のボイル (Boyle) とスミス (Smith) により電荷結合素子 (Charge Coupled Device : CCD) が発表された<sup>2)</sup>。CCD はその後の撮像技術に大きな変革を与えた。1980 年代から CCD が次第に普及し、撮像管に置き換わっていった。

標準方式では 1987 年に 40 万画素の FIT (Frame Interline Transfer) 型の CCD 素子を使用した放送用 3 板式カメラが開発された。1988 年には CCD カメラと VTR が一体化し、機動性に優れる取材システムが登場した。

表 3・1 撮像技術の主要年表

1933 年	ツボルキン撮像管でアイコノスコープを発明
1946 年	イメージオルシコン管の開発
1970 年	ボイルとスミスが CCD 撮像素子を発表
1976 年	ENG スタイルの登場
1975 年	小型サチコンハンディカメラ
1982 年	VTR 一体型カメラ
1987 年	HARP 撮像管発明
1988 年	CCD+VTR 一体型カメラ
1987 年	標準方式放送用 CCD カメラ
1992 年	放送用ハイビジョン CCD カメラ

ハイビジョン方式では 1992 年に 1 インチ 200 万画素 3 板式カメラが開発された。その後、CCD の小型化、多画素化の開発が進み、小型で高性能な CCD カメラの開発が進んでいる。

## (2) 映像編集処理技術

番組制作の過程で重要な技術として映像編集技術がある。生放送を除いて番組として完成するまで、多くの編集作業が必要である。特に電子編集技術が開発されるまで行われていたスプライス編集は、正確で熟練を必要とする作業であった。テレビ映像の切れ目に当たる、トラックと次のトラックのわずかな隙間の真中に定規を当て、かみそりで切り難し、つないでいく編集方法であった。

1960 年代には編集素材を再生する VTR と、それを編集収録する VTR の 2 台を制御して行われるスプライスレス編集 (SLE) と呼ばれるものが開発され、その後長く使用された。何も記録されていないテープに内容が記録されているテープから使いたいシーンを次々と移す方法である。1970 年にはタイムコードの標準化により電子編集はフレーム単位で正確に行えるようになった。

更に、電子編集は複数台の VTR と映像効果増幅器とスイッチャを含んだシステムへと進展した。再生 VTR1 台、収録 VTR 1 台の最もシンプルなものから、再生 VTR 2 台を制御し、2 台の再生信号を映像スイッチャに通すシステムまで開発された。編集点とタイミングを合わせ、スイッチャの動作を制御し、二つの再生映像のディゾルブやワイプなど、モニタージュ効果も可能となった。この再生 VTR 2 台方式の編集システムは AB ロール方式とも呼ばれ、電子編集システムの基本となった。

1980 年代後期から、デジタル化したデータをディスクレコーダや大容量のハードディスクに記録し、これをテレビ信号としてリアルタイムで処理をする「ノンリニア編集」が発表され始めた。1989 年の NAB (National Association of Broadcasters) ショーで本格的なノンリニア編集機が AVID 社から発表された。ノンリニア編集手法は、テープのように頭出しに時間や、カットを探すためにテープを掛け変える手間も不要である。まさに映像のモニタージュフィルム編集の手法そのものに近い。ノンリニア編集は究極の編集手法ともいえる。しかしながらリアルタイムで扱うには、コンピュータの能力、ならびに、潤沢なメモリ容量を必要とし、更に改善が必要であった。現在、編集の使い勝手などの改良も進み、完成度は確実に進展している。映像信号を記録するメディアもテープだけでなく、ハードディスクや光磁気ディスクなどへと広がりを見せている。

## (3) パーチャルスタジオ技術

パーチャルスタジオのルーツは、スタジオ制作で古くから使われている技術である。これはスタジオに設置された青色のスクリーンの前で俳優を撮影し、撮影された映像の青色部分を電子的に抜き出し、別に用意されたスタジオセット映像をはめ込む手法である。パーチャルスタジオとは、クロマキーブルーをバックにして撮影される俳優の映像と、リアルタイム CG で生成された俳優の回りの環境の映像をクロマキー合成によって映像合成し、俳優があたかも CG で合成された環境で演技しているかのような合成映像を作り出す技術をいう。1994 年の NAB (National Association of Broadcasters) ショーで、商用のパーチャルスタジオが初めて展示されて以来その名前が一般的に使われるようになった。しかし、それ以前から、

現在のバーチャルスタジオと同一のコンセプトで、電子大道具、電子セット、Virtual Set などの呼称で研究開発が進められていた。

### 3-1-2 音声技術

#### (1) 收音技術

放送の音における入り口となるマイクロホンは、歴史とともに形態は変化してきたが、空気の粗密波である音を電気信号に変える基本原理は変わっていない。ラジオ放送開始当初、欧米からの輸入に頼っていたマイクロホンは、MH 型マイクとしていち早く国産化された。戦後、高音質化（高忠実度、高 SN 比）の要求が高まるなか、日本の気候に合った耐湿性の高いコンデンサ型マイクの製造技術を確立し、CUM-1 型マイクが開発された。その後、東京五輪時の接話マイクをはじめ特定の用途に特化した小型高性能マイクロホンを次々と開発された。接話マイクロホン<sup>3)</sup> は人間の口元から一定の近接距離に置き、遠方の周囲騒音を抑圧して話者の声を明瞭に收音するものである。



図 3・4 接話マイクロホン（東京五輪）

また、次世代のマイクロホンとして期待されている方式として、シリコンマイクがある。これは、半導体生成プロセスを用いてシリコンウェーハ上にコンデンサマイクロホンを製造するものである。本方式はコンデンサマイクロホンの製造工程の簡素化、マイクロホン素子と電気回路との一体化した製造などが見込まれることから、活発な研究開発が行われている。現状、性能では従来型のコンデンサマイクロホンにはやや及ばないものの、実用化が急速に進みつつある。

#### (2) 音声編集処理技術

音声のspray編集ではテープ上のビデオトラックと音声トラックのタイミングが異なるため、映像のタイミングでsprayすると音残りや冒頭切れの課題があった。1960年代当時は、spray編集の終わったテープをスタジオにインサートしてリアルタイムで音付けするなどの難しい音声処理をしてきた。電子編集になり、映像と音声のタイミングをずらして編集することが可能となり、また、ミキサを介してレベル調整や音質調整、効果音の付加も簡単にできるようになった。

音声編集は簡単な編集を除いてビデオ編集プロセスの後に行われることが多い。これは、作業担当者や扱う機器の違いなどからビデオ編集と音声編集を同じプロセスで行うのは効率が悪くなるためである。この作業過程を米国では **Audio Sweetening** と称しているが日本では「**MA**」と呼んでいる。MA と称するのは **Multi-Audio Recorder** を使った作業であり、1970 年代中ごろには 4 ch から 8 ch の音声トラックを有する特殊な VTR、いわゆる **MA-VTR** を使っていた。その後、更に音声トラックの多いもので効率よくトラックダウンを進めるため、24 ~48 ch もの MA レコーダと VTR を同期させて作業をする方法に進展していった。

この音声編集に使われるミキサはコンピュータで制御されており、フェーダの動きを含めてメモリされて確実に操作を再現するなど、高度な音声処理が可能となった。1990 年代にはいり、デジタル化した音声信号をハードディスクに蓄積し、このデータを VTR と同期させて処理する **DAW (Digital Audio Workstation)** へと発展していく。いわゆる映像のノンリニア編集機の音声版である。

DAW の登場によって、マルチトラックでパートごとに録音するような場合、従来の「録音するときは既に録音されている自分のパートは上書きされて消える」という録音方式から、「録音しても前のデータは背面に残る」非破壊レコーディングへと変わった。試し録りを重ねたいときなど、前の録音を残しつつ、異なった試し録りができるので、自由度が格段に向上した。

表 3・2 ポストプロダクションに関する技術の主要年表

1960 年代	SLE スプライスレス編集
1970 年	SMPTE タイムコードの標準化
1970 年代	AB ロール VTR 編集
1970 中頃	MA-VTR による MA 編集
1989 年	AVID 社 世界初のノンリニア編集機 Avid-1 を発表
1990 年代	DAW (Digital Audio Workstation) による音声編集
1994 年	NAB ショーでバーチャルスタジオの展示

### 3-1-3 記録技術

1940 年代後半、テレビジョン放送の世界的な普及に伴い、放送番組の時差対策が緊急の課題となった。そのため、キネスコープ録画に代わる録画手段が要望された。しかし、音声帯域の約 1000 倍の帯域をもつビデオ信号を扱うために、全く新規なアイデアが必要であった。1956 年 4 月、シカゴで開催された NAB (全米放送機器展示会) ショーで、アメリカの Ampex 社が映像を高画質で記録することのできるビデオテープレコーダ (VTR) を発表し、多くのテレビ放送関係者に衝撃を与えた<sup>4)</sup>。これが、その後、約 20 年間、放送用記録装置の座を独占し続けた 4 ヘッド VTR の誕生である。

1959 年、東芝は回転 1 ヘッド VTR を、1960 年には日本ビクターが回転 2 ヘッド方式の VTR を開発した。後に世界の標準になる VHS の開発を始めたのは約 10 年後の 1971 年である。テープを円筒形のシリンダに鉢巻状に巻き付けた状態で走行させるヘリカル方式である。しかしながら 1 ヘッド及 2 ヘッド回転式 VTR はもっぱら工業用や民生用品としての用途が主で、放送局用として採用されることはなかった。

シリンダに接触して走行することによる再生同期信号の不安定さ（ジッタ）のため、局内同期信号にロックさせることが困難であること、及び記録トラックがテープの進行方向に対して斜めであるため編集（4ヘッドVTRはテープを切断して編集）ができないこと、テープ互換性が十分ではなかったなどが最大の原因であった。

1980年代に入るとデジタル技術の進歩により再生同期信号の補正が容易にできるようになり、1インチ2ヘッドVTRが放送用として採用されるようになってきた。また、電子式編集装置も開発され、テープを切断せずに編集することが可能になったことも、この傾向に拍車をかける一因となった。以降、2インチ4ヘッドVTRは完全に放送の世界から姿を消すことになる。低搬送波FM記録技術を基本とした、いわゆるアナログVTRの改良と並行し、当時急速に進展を見せたデジタル映像処理技術とメモリを中心としたデジタルIC技術をいち早く取り入れたデジタルVTRの開発が活発になってきた。

まず非圧縮4:2:2(8bit)コンポーネントデジタル規格がAMPEXとSONYがITU-R 601準拠として提案された。1986年、SONYは世界初のD1方式デジタルVTR、DVR-1000を発表した。標準方式において最高画質のD1は、主としてCM編集やCG合成など高画質を求められるプロダクションで採用された。AMPEXはD1VTRの3/4インチカセットで8bit/4fsc非圧縮コンポジットデジタル記録できるD2規格をSONYに提案、1998年D2方式デジタルVTRが開発された。コンポーネントデジタルに比べて信号の扱いが容易であり、画像合成ほど高画質を求めないがアナログコンポジットに限界を感じていた業界の要望に応えるように登場したD2方式は、1990年民放局の番組交換基準に認定され、広く普及した。

D1、D2テープが増えていくと保管スペースも課題となった。デジタルテープの小型・軽量化に着目した松下電器産業はD2方式の対向機種として1990年に、1/2インチで非圧縮コンポジットデジタル記録可能なD3方式のデジタルVTRを発表した。松下電器産業は更にハイビジョンデジタルVTRの規格として、D3方式と同様1/2インチのカセットでD1方式を上回る10bit4:2:2非圧縮デジタルコンポーネント記録のD5方式デジタルVTRをNHKと共同開発した。



図 3・5 D3-VTR

圧縮型のデジタルVTRはSONY及び松下電器産業から2種類のもが開発され、その後も後継機種改良が重ねられている。1993年にSONYは10bit1/2圧縮コンポーネントデジタルで、DCT（離散コサイン変換）をベースにSONYは独自の方式で圧縮記録するデジタル・ベータカムを開発した。また、松下電器産業は1/4インチ幅の民生DV規格をベースに4:1:1、8bit1/5圧縮のDVCPROを開発した。各々ハイビジョン用としてHDCAMフォーマット、DVCPROHDフォーマットが開発されている。

1980年代後半からノンリニア編集機が編集で使用されるに従い、VTRではなく番組をハードディスクに直接収録する番組サーバが使われはじめた。また記録媒体は、ハードディスクや半導体メモリ、光ディスクなど、多様化してきている。しかしながら現在、放送番組制作における主たる記録装置は依然としてVTRである。

表 3・3 記録技術の主要年表

1954年	Ampex社 回転4ヘッドVTRの発明
1959年	東芝 回転1ヘッドVTRの開発
1960年	日本ビクター 回転2ヘッドVTRの開発
1975年	ベータ方式家庭用VTR発売
1976年	VHS方式家庭用VTR発売
1986年	D-1方式 デジタルVTRの開発
1987年	D-2方式 デジタルVTRの開発
1990年	D-3方式 デジタルVTRの開発
1993年	D-5方式 デジタルVTRの開発
1993年	SONY デジタルベータカムフォーマットVTRの開発
1995年	松下 DVCPROフォーマットVTRの開発

#### ■参考文献

- 1) 谷岡, “高感度撮像管技術”, 映情学誌, vol.51, no.2, pp.144-146, 1997.
- 2) W. S. Boyle, G. E. Smith, Bell Sys. Tech. J. vol.49, no.587, 1990.
- 3) 溝口, “音圧傾度形接話マイクロホンの設計,” 日本音響学会誌, vol.20, no.4, 1964.
- 4) 林, “戦後日本の磁気記録機器産業—1950年代のテープレコーダー・VTR 産業と放送市場—経営史学, vol.34, no.1, 1996.

## ■14 群 - 1 編 - 3 章

### 3-2 放送方式

(執筆者：田中 豊) [2009年3月 受領]

テレビ放送の特徴は、2 次元の動画を「走査」という技術で1次元の信号に変換して撮像、伝送、表示することである。「走査」の概念は、1843年、イギリスのペインによって考案された。更に、1877年、動画対応に現在のテレビシステムの基本概念である直列伝送方式を提案したのが、イギリスのソーヤである。送り手側の撮像方式については、1884年にドイツのニプコーによって発明された「ニプコー円板」による走査技術を使い、1925年にイギリスのペアードが機械式撮像方式のテレビを実現した。電子式の撮像方式としては、1933年にアメリカのツボルキンが撮像管アイコノスコープを発明し、世界に衝撃を与えた。一方、受け手側の表示装置としては、1897年、ドイツのブラウンにより陰極線管（通称、ブラウン管）が発明された。電波伝搬の基本技術として、1895年、イタリアのマルコーニが無線通信実験に成功した。1926年に東北大の八木、宇多両氏によって発明されたアンテナが今日のテレビ受像機用アンテナの基本となり、テレビ放送実用化が可能となった。

日本では高柳健次郎が、1925年に全電子方式によるテレビシステムの研究を開始していた。まず、研究開発の第一段階として送信側に「ニプコー円板」と光電管、受信側にブラウン管を用いた折衷型のテレビシステムを開発し、1926年に「イ」の字の表示に成功した。次いで、アイコノスコープを使い、1936年に走査線数245本、30フレーム、インタレース走査の全電子式テレビシステムを完成させた。1937年には走査線数を441本として世界最高画質のテレビシステムを実現した。

日本のテレビシステム開発は第2次世界大戦で中断したが、戦後、電波監理委員会により1952年に6MHz/チャンネルの帯域幅で走査線数525本、30フレーム、インタレース走査の白黒方式が公布された。1953年に米国では、カラーテレビ方式として白黒テレビとの互換性を考慮した輝度信号に色信号を周波数多重するNTSC方式が標準規格として採用された。日本でも、1960年にアメリカ、キューバについてNTSC方式でカラーテレビ放送が開始された。ヨーロッパではNTSC方式の改良型で、伝送路特性に強い色信号の多重方式を採用したPAL、SECAM方式が開発された。

これらのカラーテレビ信号の伝送方式には当時として最新の高度な技術が使われたが、臨場感とか迫力といった心理効果や画像の先鋭度などの点で十分でない。NHK 技研は、1964年に、フィルムシミュレーションと実際のテレビを用いた手法で、画面の大きさ、画面の横縦比（アスペクト比）、画面のきめ細かさ（精細度）、画面を見る最適な距離（最適視距離）などについて視覚心理実験など、高精細テレビ（HDTV）の研究に着手した。

こうした研究の基に、NHKは1970年代に、最適視距離を画面高の3倍として横縦比5:3、総走査線数1125本（有効走査線数1080本）、2:1インタレース走査など、HDTVの暫定規格を決めた。NHKは当時、これを「高品位テレビ」と通称した。これは後に「ハイビジョン」と呼ばれることになった。総走査線数はNTSC方式の525本とPAL、SECAM方式の625本のいずれも変換が容易で1000本以上の数として1125本が選ばれた。横縦比は、後に全米映画テレビジョン技術者協会（SMPTE）との検討のなかで、映画との整合性を考慮して16:9に変更されることになった。

更に、衛星 1 チャンネル放送の研究が進められ、1984 年に MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) 方式が開発された。この方式は、1 枚の高品位テレビ画像の膨大なデータ量を間引いて 4 回に分けて送り、受信機のメモリで復元する方法である。静止しているところと動いているところを分離し、最適な画像処理を行うことで間引きによる大きな画質劣化が生じない。1989 年に放送衛星 BS-2 で MUSE 方式を用いた実験放送が開始された。

一方、1987 年にアメリカでは、1 チャンネル 6 MHz の帯域幅の地上アナログテレビ放送と同じチャンネルを用いた HDTV 放送標準化が FCC で決定され、方式募集が行われた。各社は、当初すべてアナログ方式であったが、その後、ゼネラルインストルメント社がデジタル方式を提案したことがきっかけとなり、結局、FCC はデジタル方式の採用を決定した。6 MHz のチャンネルでデジタル方式の HDTV 放送が可能となったのは、映像信号のデジタル圧縮技術の進歩によることが大きい。放送への映像デジタル圧縮技術の利用がクローズアップされるなかで、ISO/IEC、ITU でその標準化が進められ、1994 年に MPEG 2 方式が制定された。このような状況を受け、我が国でも、まず、衛星ハイビジョン放送をデジタル放送で行うこととなり、方式開発と標準化が行われた。2000 年 12 月に放送衛星 BSAT-1b でデジタルハイビジョン放送が始まった。更に、地上テレビ放送もデジタル放送によりハイビジョン放送を行うことになり、方式開発と標準化を経て、2003 年 12 月にはハイビジョン地上デジタル放送が始まった。

2011 年にはアナログ放送を完了し、全面的にデジタル放送に移行する予定である。

### 3-2-1 アナログ放送からデジタル放送へ

アナログ放送とデジタル放送の相違を簡潔に定義したものはない。

放送システムでは、情報伝送の観点からみると、伝送路（放送波）を効率よく用いて、より多くの番組を放送できることが望ましい。

シャノンによれば、**図 3・6** に示すように情報伝送は情報源の符号化と伝送路の符号化で実現される。アナログ放送とデジタル放送の違いは、信号処理手法としてアナログ処理かデジタル処理かということではなく、符号化方法の相違にある。

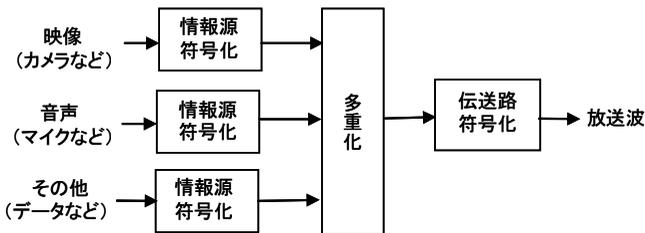


図 3・6 情報伝送の基本構成

アナログ放送では、情報源符号化部での画素間相関による冗長度の削減が十分でなく、圧縮後の信号は高多値（例えば、256 階調）信号のままである。電力スペクトル密度も低域に集中しており、入力信号の電力スペクトルが推定できる。また、伝送路符号化では、冗長度の高い信号なので、一般に、誤り訂正処理は必要ない。例えば、NTSC 信号や PAL/SECAM

信号の輝度，色信号の周波数多重は情報源符号化の一つである．MUSE 方式によるハイビジョン放送は帯域圧縮にサブサンプル手法（折り返し成分の利用）を用いているが，これも上記の意味でアナログ放送となる．

一方，デジタル放送では情報源符号化で，MPEG に見られるように，高度な冗長度削減が行われ，圧縮された信号の電力スペクトル密度が平坦となり，ノイズ的な特性となる．信号も 2 値化される．一方，高レベルの冗長度削減を行っているのので，伝送路ノイズで誤りが起きると大きな画質劣化となり，誤り訂正符号で耐伝送路特性を向上させる必要がある．

### 3-2-2 デジタル放送

デジタル放送における情報源の符号化とは信号の特性を利用し，かつ，人間の視聴覚特性にとって無駄な情報を削減することで，必要最小限の情報に変換することである．これにより，これまでのアナログ放送で用いられていた周波数帯でもデジタル化された放送番組が伝送可能となった．一方，伝送路の符号化とは誤り訂正符号とデジタル変調のことである．伝送路で生じるランダムなノイズやゴーストなどの伝送路歪に強い放送が実現し，周波数の有効利用が可能となった．

このように，デジタル放送は，既に，番組制作面でデジタル化されていたことに加え，高能率な映像・音声圧縮技術，高性能な誤り訂正技術，デジタル変調技術におうところが大変大きい，実用面では急速な LSI 技術の進展により安価な受像機が可能となったことによる．デジタル放送の利点は，安定性，高品質，各種デジタルメディアとの整合性などにみられる高機能化，伝送容量拡大による多チャンネル，高伝送レートを可能とする周波数の有効利用などがあげられる．

世界のデジタル放送の例を表 3・4 に示す．特に，日本の地上デジタル放送用の ISDB-T 方式は，変調方式に OFDM を採用し，時間インターリーブを有効に使うことで移動体放送に適したシステムとなっている．

表 3・4 世界の主なデジタル放送

	日 本	米 国	ヨーロッパ	中 国	ブラジル
地 上	ISDB-T	ATSC (8-VSB/ATSC-MH)	DVB-T	DTMB	SBTV-D-T*
地 上 (携帯)	ISDB-T (ワンセグ)	MediaFLO/ DVB-H/ATSC-MH	DVB-H	DTMB/ CMMB	
衛 星	ISDB-S	DVB-S	DVB-S/DVB-S2	DVB-S	
ケーブル	ISDB-C	ITU-T/J.83B	DVB-C	DVB-C	

\* : ISDB-T に準拠

デジタル放送では映像，音声，各種データがデジタル化されているので，パケットフォーマットを統一化することで，番組及び番組関連情報をあらゆるデジタルメディアで共通に扱うことができるようになる．これは，サービス面からこれまでのアナログ放送と大きく異なる点であり，テレビ，ラジオなどの枠を超える新しいサービス形態となる．番組制作，放送，受信まですべてデジタル技術を基盤とした新サービスを，日本では，ISDB (Integrated

Services Digital Broadcasting) と呼び、ITU-R でも研究課題として取り上げられた。

現在、MPEG 2 が圧縮符号化方式として主流であるが、より高能率な圧縮特性を有する H.264/AVC やシャノン限界に迫る高性能な LDPC 符号などの誤り訂正符号を採用したデジタル放送の標準化も行われている。

### 3-2-3 サーバ型放送

サーバ型放送は、従来のリアルタイム、一方向的な放送サービスに対し、放送、通信、記録技術に関するデジタル技術を融合し、視聴者がいつでも好みのコンテンツを高品質で安心確実に提供する放送・通信連携の蓄積型サービスである。コンテンツ権利保持者にとってもコンテンツのアクセス管理、課金管理機能が配慮されている。リアルタイム視聴についてはこれまでのデジタル放送の受信機能により実現され、その機能がサーバ型放送受信機に含まれる。

これらのサーバ型放送の機能を実現するうえで、基本となる要素技術は蓄積技術、広帯域通信技術、メタデータ管理・操作技術、コンテンツ権利保護技術である。

コンテンツの多様な視聴環境に対応するため、放送局は番組などのコンテンツとともにコンテンツに関連する情報(メタデータ)を受信機に送る。大容量の蓄積装置を備えたサーバ型放送受信機は視聴者の要望にそってメタデータを利用することで、シーン検索やダイジェスト視聴などの新たなサービスが可能となる。

コンテンツ、メタデータ、視聴中の当該コンテンツと関連する別のコンテンツを通信回線経由で取得することで、更にサービスを充実することができる。

コンテンツがデジタル化されているので、コピーなどの操作で画質劣化を起こすことがないデジタルシステムでは、蓄積、再生、コピーについてコンテンツの権利保護が重要となる。これが CAS (Conditional Access System) である。ここでは課金制御も行われる。

サーバ型放送の機能は、地上デジタル放送、衛星デジタル放送、ケーブルデジタル放送、IPTV (3-2-4 項参照)などにメディア横断的である。2006年に ARIB で規格化された。

蓄積装置内のコンテンツシーン検索やダイジェスト視聴に加え、ダウンロードサービス、VOD などの双方向性サービスが可能となり、サーバ型放送受信機は、放送、通信の融合サービスを可能とする情報総合端末となる。

### 3-2-4 IPTV

IPTV は IP (Internet Protocol) パケットで映像・音声情報などを配信する「放送」に類似したシステムのことであり、今後の発展が期待されている。

日本では、著作権保護機能や課金システムを備え、電気通信役務利用放送法に基づいて行われる必要がある。テレビ番組の一方向的な配信や VOD によるストリーミングサービス、ダウンロード型蓄積サービスなどが IPTV のサービスとしてあげられる。一般に、このようなサービスはクローズドな IP 網で行われることが多い。

IPTV と類似のサービスとして「インターネット放送」がある。これも IP パケットによる映像・音声メディアの配信であるが、インターネット上のストリーミングサーバからの著作権問題のクリアされたコンテンツのネット配信となっている。主に、パソコンによる視聴であり、オープンな IP 網で実施されている。

日本国内では、IPTV 受信機及びサービスの規格化とその普及、高度化を推進するため、標準化作業が「IPTV フォーラム」で進められている。標準化の対象は CDN スコープサービスアプローチ仕様、VOD 仕様、IP 放送仕様、地上デジタルテレビジョン放送 IP 再送信運用規定の 5 項目があがっている。

国際的なフォーラム標準の動きもある。スウェーデンの機器メーカーが中心となって組織された標準化団体「オープン IPTV フォーラム」が通信方式から受信端末まで含めた包括的な規格化を行っている。IPTV は国や地域を越えたサービスの可能性があり、放送事業者、通信事業者、家電メーカーなど多様な事業にかかわるサービスであり、フォーラムにも多数の関連事業者が参加している。

一方、IPTV のデジレの国際標準化は ITU-T で行われている。2006 年 4 月に IPTV の国際整合性促進を目的に、検討体制が発足した。

### 3-2-5 UHDTV (Ultra High Definition TV)

ハイビジョンは人間の視覚特性を配慮したシステムとして研究・開発され、規格化、実用化された。走査線数、画面のアスペクト比、画角、最適視距離など基本的な次世代テレビとしての要件については、主観評価実験により決定された。これらの値は平均的な観視条件、平均的な嗜好が前提となっており、個人差は評価されていない。例えば、臨場感にしても十分実現されているとはいえ、誰もが満足する究極のテレビシステムとして UHDTV (Ultra High Definition TV) の開発が期待されている。

「スーパーハイビジョン」は、UHDTV の一つで、NHK での通称である。究極のテレビシステムとして NHK 技研で研究・開発が開始され、2005 年に初めて公開展示された。

ハイビジョン研究の過程で、ドーム型ディスプレイに投射された画像で臨場感を評価する実験が NHK 技研で行われた。ある一定の傾き角で投影された画像（誘導画像）の提示画角を変えたとき、被験者の身体が画像に引き込まれて自然に傾く程度（誘導角）を測定し、これを臨場感の指標とした。これによれば、ハイビジョンの標準視距離での画角 30 度での誘導角は 2 度前後であり、誘導角の飽和領域に達していない。誘導角が飽和する提示画角は約 60 度以上である。この結果から UHDTV としての画角として 60～100 度が期待された。

ハイビジョンとの互換性を考慮し、走査線数、水平画素数がそれぞれ 2 倍のシステム (4K システム：4K は水平画素数 3840 での近似値) と 4 倍のシステム (8K システム：8K は水平画素数 7680 の近似値) が検討されている。これら 2 方式は、ITU (国際電気通信連合) -R において、大画面デジタル映像 (LSDI : Large Screen Digital Imagery) 規格として 2006 年に標準化されている。また、米国の映像信号の標準化を行っている SMPTE でも同内容で 2007 年に規格化が行われた。ARIB においても標準化の検討が開始された。

### 3-2-6 モバイルマルチメディア放送

今後、更に進展が期待されているのが携帯、自動車対応などの移動体向けのモバイルマルチメディア放送である。地上デジタル放送のワンセグ放送は既に本格的に普及しており、地上デジタル音声放送も実験放送が行われ、有効性が検証されている。

現在、総務省・情報通信審議会において、2011 年にアナログ放送が終了する VHF 帯での新たな放送サービスとして、次世代のモバイルマルチメディア放送の審議が行われている。

ISDB-TSB, ISDB-Tmm, MediaFLO に準拠した 3 システムが提案されている。ダウンロードサービスが特徴の一つとなっている。いずれも、情報源符号化には H.264/AVC, 伝送路符号化には OFDM を採用しているが、ISDB-TSB, ISDB-Tmm は ISDB-T に準拠しており、ワンセグ放送との互換性が考慮されている。

■参考文献

- 1) “20 世紀放送史,” 日本放送出版協会, Apr. 2001.

## ■14群 - 1編 - 3章

### 3-3 中継・送出技術

(執筆者：正源和義) [2009年12月 受領]

放送における素材伝送，送出，放送網は図3・7のようにになっている。本節では，中継番組制作における素材伝送技術，制作した番組を放送局から送出するシステム，番組を各家庭に送り届ける放送網について述べる。

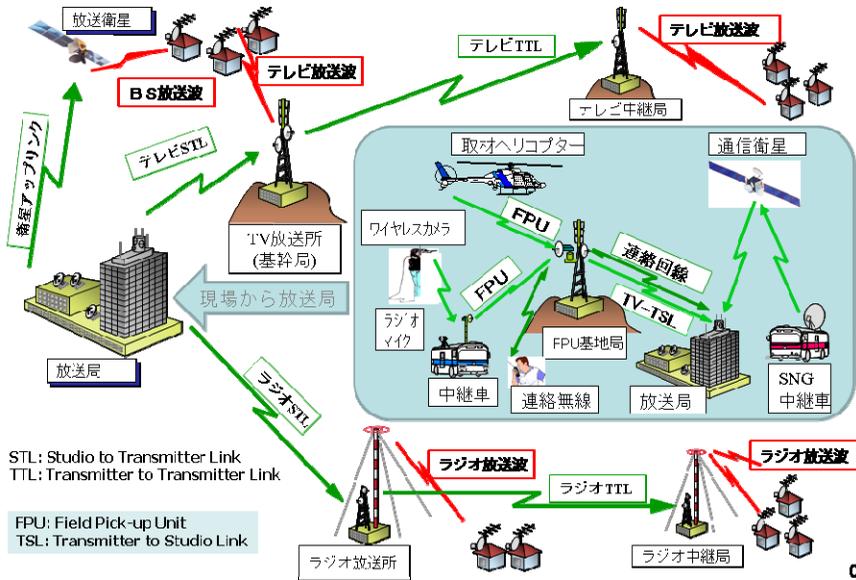


図3・7 放送における素材伝送，送出，放送網

#### 3-3-1 素材伝送

日本のテレビ本放送が開始された1953年，東京―名古屋―大阪間のマイクロ波中継回線が完成した後の次の目標は国際中継であった。当時の伝送手段は短波，あるいは海底ケーブルであり，極めて狭帯域であった。このため，テレビ信号の帯域圧縮の研究が行われた。帯域圧縮には毎秒のコマ数や走査線数を減らす方法と，テレビ信号の性質や視覚特性を利用した圧縮の2種類があった。前者の方法を使って，1960年8月，NHKはローマオリンピックの映像を，短波（帯域幅3kHz程度）を使ってフィルムのコマ撮り画面をイタリアから日本へ初めて中継した。これはRAI（イタリア放送協会）のテレビ画面を16mmフィルムに毎秒8コマで録画し，1コマを30秒で送像し，1時間で15秒の映像（走査線175本）を送ったものである<sup>1)</sup>。図3・8にローマのコマ撮り電送送信装置を示す。

衛星による国際中継は，1962年に打ち上げられた通信衛星リレー1号（周回衛星，送信4GHz，受信1.7GHz）を使い，1963年11月23日，アメリカからKDD茨城宇宙通信実験所へ，初めて太平洋横断のテレビ中継が行われた。更に，1964年8月に打ち上げられたシンコ

ム3号(静止軌道衛星)を使って東京オリンピックの映像をテレビ中継した<sup>1),2)</sup>。



図3・8 ローマのコマ撮り電送送信装置

放送局外の中継地点から放送局までの番組素材の伝送の方法には、地上回線のFPU(Field Pick Up)と衛星回線のSNG(Satellite News Gathering)あるいはCS(Communications Satellite)伝送がある。

放送開始当初のFPUはクライストロンを用いた全真空管式であったが、1964年にセミトランジスタ式の71型FPU、1968年には全固体式の72型FPU、1971年には低雑音ミキサ、リニアICなどを取り入れた73型FPU装置が開発された。更に1978年、テレビ中継番組の増加、緊急報道番組中継などの多用な要求に対応するため、小形軽量の5チャンネル1Wの77型FPU装置が開発された。77型FPUの送信周波数は6426~7125MHz、映像の最高変調周波数4.5MHz、音声搬送波6.8MHz、7.5MHz、最大周波数偏移10MHz<sub>pp</sub>で占有帯域幅は18MHz以下である<sup>3)</sup>。

FPUは通常ある地点に固定して使われるが、特殊用途として、マラソン中継(移動体からの伝送)、ヘリコプタ中継、水上移動中継などもある。伝送特性の改善、あるいは、移動体伝送に適した方式としてデジタルFPU(QAM, OFDM)が開発された<sup>4)</sup>。

SNGは衛星を使った番組素材伝送装置であり、1990年にアナログ(FM)SNGの国際勧告<sup>5)</sup>が成立した。更に、放送局のハイビジョン化、デジタル化に伴い、デジタル方式SNGが開発された<sup>6)</sup>。

### 3-3-2 局内送出システム

番組運行は、初期は手動で運行されていたが、昭和40年代に入ると、ピンボードメモリ、紙テープを利用した専用制御装置による自動化が普及した。昭和43年のNHKの「番組技術システム(TOPICS)」導入を皮切りにコンピュータによる自動化設備が各放送局に導入された<sup>7-9)</sup>。アナログ放送の送出システムでは、映像・音声ハードウェア中心のシステムであったのに対し、デジタル放送送出システムではコンピュータとネットワークを基本としたシス

テムに様変わりしてきた。NHK の BS デジタル放送の送出システムの例を **図 3・9** に示す。デジタル放送システムの特徴として、まだら編成や EPG (Electronic Program Guide) に対応させていることがあげられる<sup>10)</sup>。地上デジタル放送送出設備は、2003 年の開始に合わせて整備され、全国ネットワークに放送波 TS (Transport Stream) 伝送方式を採用していることが特徴である。NHK の場合、放送局間のコーデックによる遅延が生じるデメリットがあるものの、伝送回線のコスト削減と地方局設備のスリム化を図っている<sup>11)</sup>。

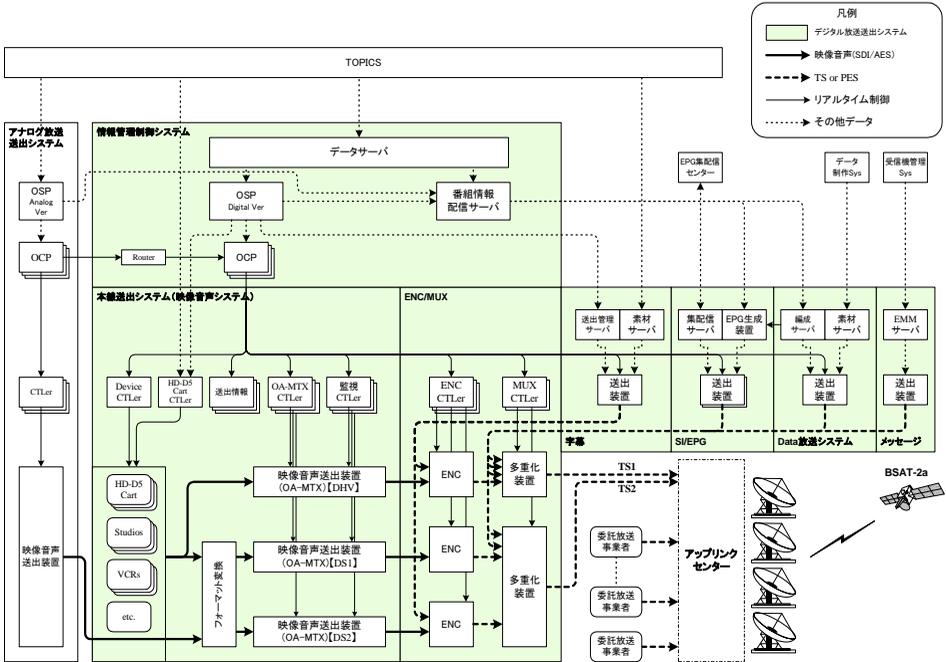


図 3・9 BS デジタル放送の送出システムの例

### 3-3-3 放送網

ラジオ放送は、関東大震災から 2 年後の 1925 年 3 月 22 日、東京・芝浦の仮放送所より第一声が流れ、7 月 12 日愛宕山から本放送が開始された。当初は終段発振変調方式であったが、真空管の改良、トランジスタ化、パワー-FET の開発、デジタル変調方式などの技術が実用化されてきた。1972 年頃から 100 W 程度のトランジスタ増幅器が使われ始め、続いて、MOS-FET と直列 PWM (パルス幅変調) を用いた 1 kW~10 kW の固体化放送機が 1977 年以降、順次整備されていった<sup>12)</sup>。更に 1989 年以降、SIT (静電誘導トランジスタ) による 20 kW、50 kW 固体増幅器が導入された<sup>13)</sup>。また、送信機の効率改善を目的に、デジタル PCM (パルス符号変調) 信号から直接、振幅変調波を得るハイブリッド変調方式の中波ラジオ送信機が開発された<sup>14)</sup>。

地上テレビ本放送は、NHK 東京テレビ (昭和 28 年 2 月 1 日、内幸町放送会館、出力 5 kW)

を筆頭に、日本テレビ放送網（昭和 28 年 8 月 28 日）、NHK 大阪・名古屋テレビ（昭和 29 年 3 月 1 日）と続いた。当初は VHF 帯の周波数を使っていたが、昭和 37 年から UHF 帯の割り当てもなされた。テレビ送信所の数は、2009 年 3 月末時点で、NHK 総合（アナログ）は 3329 局（うち VHF 局 430 局）、NHK 教育（アナログ）は 3254 局（うち VHF 429 局）であり、カバレッジは衛星補完を含めて全国となっている。

第一世代の旧型放送機は全真空管式（VHF 帯用 10 kW 出力の 8F66R など）、高電力変調、終段 VSBF（残留側波帯フィルタ）方式を採用していた。第二世代の合理化形放送機は段間 VSBF 方式の採用によりフィルタが小型化され、保守・調整が容易になった。第三世代の低電力（IF）変調方式は IF 帯での新変調方式（ダイオード平衡変調）により、低電力変調が可能となり、真空管は映像音声とも大型の 4 極管 1~2 本となった。その後、SAW（表面弾性波）フィルタの出現により、特性、安定性が改善された。第四世代（平成元年以降）は全固体化放送機となり、完全無停波切り替えが可能となったことが特長である<sup>15)</sup>。

2003 年に開始された地上デジタル放送の中継局は 2008 年 12 月末で、累計 4099 局（NHK：1444 局、民放テレビ：2665 局）の中継局（メディア）整備が完了した。2010 年までに整備する予定の地上デジタル放送中継局は表 3・5 のとおりである。図 3・10 に 2011 年時点の地上デジタルテレビ放送所の位置を示す。2010 年末時点で全世界数（約 4960 万世帯）に対する地上デジタルテレビ放送の NHK の電波カバー率は 98 % である。

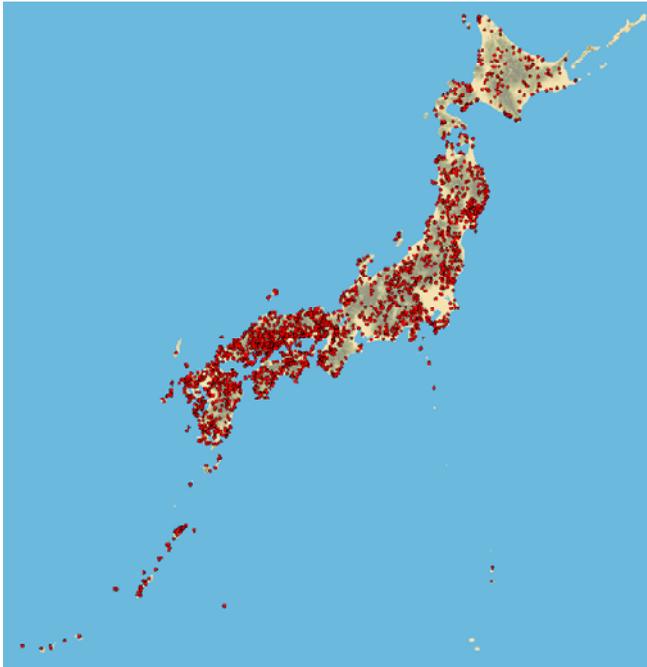


図 3・10 地上デジタル放送の放送ネットワーク  
(地上デジタルテレビ放送所位置)

表 3・5 地上デジタル放送中継局

(a) 整備中継局数

	～2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
NHK	61	156 (217)	394 (611)	833 (1,444)	1,210 (2,654)	1,762 (4,416)
民 放	80	331 (411)	728 (1,139)	1,516 (2,655)	2,069 (4,724)	2,349 (7,073)
合 計	141	487 (628)	1,122 (1,750)	2,349 (4,099)	3,279 (7,378)	4,111 (11,489)

( ) 内は累計

(b) 全世帯数に対する電波カバー率

	2005 年末	2006 年末	2007 年末	2008 年末	2009 年末	2010 年末
NHK	60 %	84 %	92 %	96 %	98 %	98 %

地上デジタル放送網構築にあたり、日本では既に 15000 ほどの放送局からアナログの電波が発射されていた。地上テレビジョン放送のデジタル化においては、このようなチャンネルが込み合っている極めて厳しい周波数事情のなかで、更にデジタルチャンネルを割り当てなければならなかった。チャンネル割り当ては、通常、潜在電界強度実測データによるが、デジタルの場合には、新たな場所への置局や送信条件が大きく異なるなど、実測が困難であるため、電波伝搬シミュレーションにより検討を行う必要があった。電界強度計算は郵政省告示 640 号に従ってシミュレータを作成した。この技術は、SFN(Single Frequency Network)カバレッジ検討にも使われた<sup>16)</sup>。

地上デジタル放送の放送波中継技術として回り込み、マルチパス、フェージング及び同一チャンネル干渉など、様々な干渉妨害で劣化する放送信号の品質を改善する補償器が開発されており、信頼性の高い放送波中継を実現するために重要な技術となっている。放送波中継は新たな周波数資源を必要とせず、設備コストが小さいという利点がある。これらの補償器は既に多くの放送波中継局で使用されている<sup>17)</sup>。

12 GHz 放送衛星の打ち上げの歴史を図 3・11 に示す。

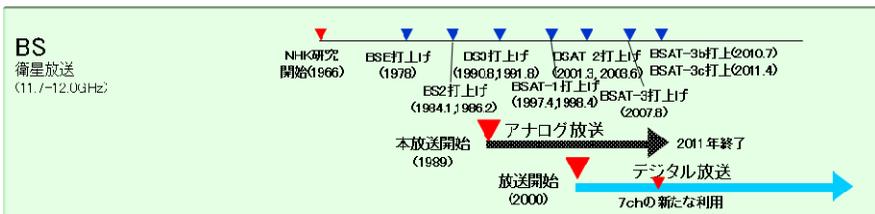


図 3・11 日本の 12 GHz 放送衛星の打ち上げの歴史

12 GHz 帯放送衛星は、BSE<sup>18)</sup>による実験を経て、BS-2<sup>19)</sup>で実用衛星放送が開始され、BS-3<sup>20)</sup>、BSAT-1<sup>21)</sup>、BSAT-2<sup>22)</sup>を経て、2007年BSAT-3が打ち上げられた。12 GHz 帯放送衛星は、当初通信衛星と比べて高出力であることが特徴であり、TWT<sup>23)</sup>、マルチプレクサ<sup>23)</sup>、アンテナ<sup>24)</sup>、<sup>25)</sup>などの中継器の研究をもとに実用化が図られてきた。サービスとしては、アナログ

からデジタル放送へ、標準テレビからハイビジョンへの進展があった。衛星搭載アンテナはマルチホーンによる成形ビームから鏡面修整反射鏡による成形ビームが主流となっている<sup>26)</sup>。

#### ■参考文献

- 1) 日本放送協会, “放送五十年史, 日本放送出版協会,” 第五章, 第八節, pp.605-606, 1977.
- 2) 宮 憲一, “衛星通信工学,” ラティス, pp.76-77, 1969.
- 3) 赤沼経議, 中西義明, “小型・軽量化のすすんだ新形 FPU 装置,” 放送技術, vol.33, no.1, pp.93-101, Jan. 1980.
- 4) ARIB STD-B11, 1997; B13, 1997; B33, 2002.
- 5) 勧告 ITU-R SNG.722, 1990.
- 6) ARIB STD-B26, 2000
- 7) テレビジョン学会編, “テレビジョン画像工学ハンドブック,” 10 章, オーム社, 1980.
- 8) 日本放送協会編, “NHK 技術ハンドブック 2 番組運行編,” 日本放送出版協会, Mar. 1970.
- 9) 日本放送協会編, “放送技術双書 7 番組運行技術,” 日本放送出版協会, Feb. 1983.
- 10) 映像情報メディア学会編, “デジタル放送局システムのしくみ,” 3 章, オーム社, 2001.
- 11) 日本放送協会技術局開発センター, “NHK の地上デジタル放送送出設備,” 放送技術, vol.58, no.1, pp.60-76, Jan. 2005.
- 12) 村山好行, 石井 真, 中 尚, 小野 功, 立野修二, 門脇正之, 島田博樹, 生岩量久, “MOS-FET を使用した 1 ユニット 10 kW 中波放送機の開発,” テレビ学誌, vol.43, no.9, pp.975-981, Aug. 1989.
- 13) 宮崎徹郎, 山口竹彦, 中 尚, 那須嘉彦, 生岩量久, “SIT を使用した大電力中波放送機の開発,” テレビ学誌, vol.45, no.4, pp.531-537, Apr. 1991.
- 14) 生岩量久, 中 尚, 宮崎徹郎, “ハイブリッド変調方式中波ラジオ送信機の開発,” テレビ学誌, vol.47, no.4, pp.523-527, Apr. 1993.
- 15) 砂川 清, 浪元二三夫, “テレビ放送機用高速合成切替器の開発,” テレビ学技報, vol.12, no.15, pp.7-12, Mar. 1988.
- 16) 中原俊二, 森山繁樹, “OFDM を用いた SFN のカバレッジについての基礎検討,” 映像学年大, 10-6, 1996.
- 17) 渋谷一彦, “地上デジタル放送の放送波中継技術,” NHK 技研 R&D, 115, pp.10-39 May. 2009.
- 18) 市川 洋, 下世古幸雄, 荒井功恵, 園田彰二, 沢辺栄一, 松前 仰, 島岡 淳, 久保勝一, “実験用中型放送衛星(BS)本体の開発,” テレビ誌, vol.36, no.10, pp.768-784, Oct. 1979.
- 19) S. Sonoda, M. Kajikawa, M. Ohtake, T. Sumi, L. Seaman, K. Folgate, “BS-2 Spacecraft Design,” Proc. Of 15th ISTS, Tokyo, pp.1421-1425, 1982.
- 20) S. Miura, T. Akanuma, H. Itagaki, K. Nakagawa, “Overview of Next Japanese Direct Broadcasting Satellite (BS-3),” 13th AIAA ICSSC, AIAA 90-0797, pp.169-175, 1990.
- 21) S. Yokoyama, M. Odawara, N. Shimano, Y. Kawaguchi, “BSAT-1, The New Successor of Japanese DBS,” AIAA ICSSC, AIAA 98-1249, pp.184-189, 1998.
- 22) 丸山 隆, 川口 豊, 宮崎 修, “放送衛星 BSAT-2 システム,” 放送技術, pp.59-64 Jul. 2001.
- 23) 山本海三, 佐々木誠, 矢沢紀彦, 森下洋治, 野本俊裕, “放送衛星 3 号の開発に反映された TWTA およびマルチプレクサーの研究,” NHK 技研 R&D, 11, pp.1-7, Nov. 1990.
- 24) 山本海三, 外山 昇, 正源和義, “放送衛星 3 号の開発に反映された搭載アンテナの研究,” NHK 技研 R&D, 11, pp.8-12, Nov. 1990.
- 25) 正源和義, “だ円コルゲートホーンの溝の深さの設計と速度分散特性,” 信学論(B-II), J74-B-II, 5, pp.309-316, May 1991.
- 26) K. Shogen, H. Nishida, N. Toyama, “Single Shaped Reflector Antennas for Broadcasting Satellites,” IEEE Trans. on Antennas & Propag., vol.40, no.2, pp.178-187, 1992.

## ■14 群 - 1 編 - 3 章

### 3-4 放送受信

(執筆者：栗田泰市郎・正源和義) [2009 年 12 月 受領]

家庭におけるテレビ放送の受信は、通常、**図 3・12** のような構成で行われる。ここではアンテナ及び受信回路を受信システムと呼ぶことにし、受信システムとテレビディスプレイの概要や変遷を以下で述べる。

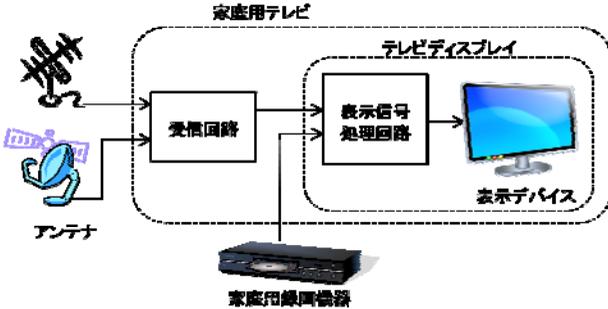


図 3・12 放送の受信

#### 3-4-1 受信システム

日本のテレビ放送は、**表 3・6** に示すように、1953 年 2 月 1 日、東京テレビ局がアナログ白黒で本放送を開始した。当時の送信機出力は 5 kW、1 日 4 時間の放送であった。テレビ放送の全国展開に伴い、VHF 帯の周波数だけでは不足し、1968 年には UHF 帯である 33~44 チャンネルが民放に割り当てられ、本格的な UHF、VHF 混在時代を迎えた。1970 年頃にはカラーテレビの生産が白黒を上回るようになり、家庭におけるカラーテレビの比率は 60% に達した。1980 年頃には、世帯当たりのテレビ台数は 1.8 台、カラーテレビ比率は 88% となったが、高層ビル、高速道路の建設などでゴースト障害が多発し、その対策が課題となった。更にマンションの急速な増加により、共同受信方式が必要になった。1981 年の共同受信加入率は 24%、ホーム共聴設置率は 24% である。ゴースト障害の受信機での対策として、平行二線形フィーダの同軸ケーブル化、ゴースト対策用アンテナ、ビデオ信号のトランスバーサルフィルタを用いた処理などがある。NHK 技研では、ゴースト障害の客観的評価量の研究を行い、基本評価 DU 比 (PDUR : Perceived DU Ratio) を提案し、その測定器<sup>1)</sup> は受信機のゴースト除去性能を表す指標に使われた。

NHK 技研では 1966 年から衛星放送の研究を開始したが、地上アナログ放送のゴーストの問題が解決できるのも衛星放送の大きな魅力の一つであった。しかし、衛星放送実現のキーとなる要素の一つは家庭での受信システムであった。特に受信アンテナの小型化のためには、12 GHz 帯の電波を中間周波数に変換するダウンコンバータの低雑音化が課題であった。1976 年当時はマイクロストリップタイプのコンバータが主流で 12 GHz 帯における  $NF$  (雑音指数) は 6~12 dB でありアンテナ径は 2 m 以上必要だったのに対し、NHK 技研が開発した立体平面回路を使用したコンバータの  $NF$  は 4.2 dB を達成し、アンテナ径は 60 cm で可能であるこ

とを示した<sup>2)</sup>。図 3・13 に立体平面回路を用いた試作した衛星放送用受信機を示す<sup>3)</sup>。

表 3・6 テレビ方式とテレビ受信システム

1926 年	八木・宇田アンテナの発明
1939 年	日本でテレビ実験放送開始 (走査線 445 本, 25 枚)
1953 年	日本でテレビ本放送開始, 米国で NTSC カラーテレビ方式制定
1960 年	日本でカラーテレビ本放送開始
1964 年	ハイビジョンの研究開発開始 (NHK 技研)
1971 年	世界の放送衛星業務用周波数分配決定
1972 年	12GHz 帯衛星放送低雑音受信機 (立体平面回路) を提案 (NHK 技研)
1976 年	衛星放送直接受信実験成功
1977 年	受信障害対策用 SHF 放送開始
1984 年	衛星試験放送を開始
1985 年	緊急警報放送開始
1989 年	衛星放送本放送開始, ハイビジョン定時実験放送開始
2000 年	日本で BS デジタル (ハイビジョン) 放送開始
2003 年	日本で地上デジタル (ハイビジョン) 放送開始
2006 年	地上デジタル放送携帯向けサービス「ワンセグ」開始
2007 年	BS アナログハイビジョン終了
2011 年	地上, BS アナログ放送終了

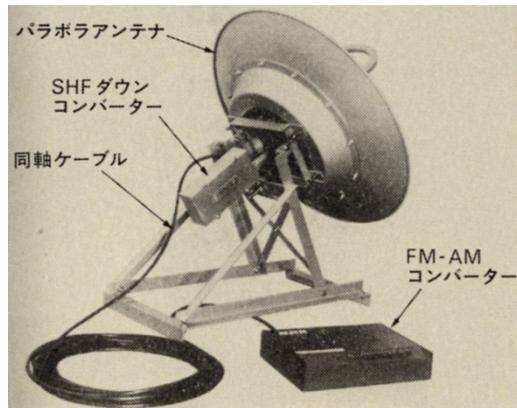


図 3・13 試作衛星放送用受信機

(1978 年, WARC-BS 基準, BS “ゆり” の受信実験に用いた試作 1 号機)

1982 年当時, FET 使用のフロントエンドは  $NF$  4 dB で高価であったが, 立体平面回路を用いた低雑音ダウンコンバータは 12 GHz 帯 300 MHz の帯域幅で  $NF$  3.5 dB 以下まで低減できた。この後, 図 3・14 に示すように<sup>3)</sup>, FET の技術開発が進み, 1984 年には  $NF$  2.5 dB, 1990 年代に入ると  $NF$  1 dB まで達成された。しかし, 立体平面回路を使った低雑音受信機の開発

は、衛星放送の実現性を後押しし、その後の高性能受信機の開発を促した歴史的なものであった。

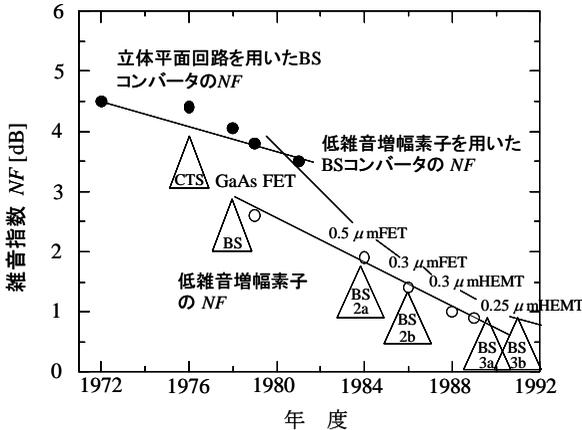


図 3-14 衛星放送用低雑音ダウンコンバータと FET の雑音指数改善の推移

2000年に衛星デジタル放送、2003年に地上デジタル放送が開始された。デジタル放送では高画質化（ハイビジョン）、高音質化（5.1ch サラウンド）、高機能化（データ放送、マルチチャンネル編成など）が可能となった。また、地上デジタル放送は車載受信機でも安定して受信できるようになった。2006年からは「ワンセグ」が始まり、テレビは固定受信機だけでなく、パソコン、携帯電話端末でも視聴できるようになった。一方で、デジタル放送はコピーしても品質が劣化しないため、大量の複製やインターネットへの配信を防止し、著作権を保護する必要がある。日本のデジタル放送では、「コピー制御」信号を付加したうえで番組に暗号をかけ、「B-CAS カード」で暗号を解く仕組みになっている。すなわち、コピー制御信号に反応する受信機だけに B-CAS カードを頒布することで、コピー制御に強制力をもたせている。ダビング 10 では、ハードディスクからリムーバブルディスクにコピー 9 回、ムーブ 1 回が可能となっている。

### 3-4-2 テレビディスプレイ

テレビディスプレイの変遷は放送用表示デバイスの変遷とかなり重複する。放送用表示デバイスについては本編 5 章 5-2 節でより詳しく述べられるが、ここではそれに簡単にふれながら、放送システム側、あるいはディスプレイのセット側からの視点でテレビディスプレイの変遷を述べる（表 3-7）。

テレビディスプレイとして、テレビ黎明期から 21 世紀初頭までの約 80 年間にわたり、CRT（Cathode-Ray Tube, ブラウン管、受像管）ディスプレイが独占的な位置を占めていた。しかし、2005 年前後より、FPD（Flat Panel Display, 平面型もしくは薄型ディスプレイ）である LCD（Liquid Crystal Display, 液晶ディスプレイ）や PDP（Plasma Display Panel, プラズマディスプレイ）が主流になっている。

表 3・7 テレビ方式とテレビディスプレイ

1925 年	Baird (英), 初のテレビ撮像・表示実験 (機械式走査)
1926 年	高柳健次郎, CRT を用いた初のテレビ実験
1950 年	カラーCRT の開発 (RCA 社)
1953 年	NTSC カラーテレビ方式制定, 翌年, 米で放送開始
1960 年	日本でカラーテレビ本放送開始
1964 年	ハイビジョンの研究開発開始 (NHK 技研)
1966 年	イリノイ大学から初の PDP 試作発表
1968 年	RCA 社が液晶による画像表示の可能性を示す公開実験
1990 年代	LCD, PDP テレビの実用化が始まる
2000 年	日本で BS デジタル (ハイビジョン) 放送開始
2003 年	日本で地上デジタル (ハイビジョン) 放送開始
2005 年	テレビの国内年間出荷台数において FPD (LCD + PDP) が CRT を上回る
2007 年	世界初の有機 EL テレビ発売

世界初のテレビ実験は 1925 年イギリスの Baird により行われ, このときはニブコー円板という機械的走査手段による原始的なカメラ・ディスプレイが用いられた。しかし, その翌年, 1926 年には高柳健次郎が CRT を初めてテレビディスプレイとして利用した<sup>4)</sup>。このとき, 高柳らは「イ」の字を撮像・表示することに成功したことは有名である。

テレビ放送としては, 1930 年代から英, 米などでモノクロのテレビ放送がスタートしたが, 第 2 次世界大戦のため広く普及するには至らなかった。その後, 1953 年に NTSC カラーテレビ方式が開発され, アメリカでは翌年, 日本では 1960 年に NTSC 放送が開始される。以後, NTSC 放送が広くまた長く普及した。そのため, 日本では 2000 年に BS デジタル放送が開始されるまで, テレビ放送はほとんどが NTSC 放送であり, テレビディスプレイといえば NTSC 用 CRT ディスプレイがほとんどを占める時代が続いた。

この CRT 独占時代を終わりに導く大きな動機となったのがハイビジョンである。ハイビジョンは, NTSC 方式では表現できない高度な映像表現を求めて方式開発が行われた。その結果, 画面の縦横比が 16 : 9 と, NTSC の 4 : 3 に比べてより横長になるとともに, 50 型以上の大画面ディスプレイが望ましいこととなった<sup>5)</sup>。また, 画素数は, NTSC の縦横各々 2 倍以上の 1920 × 1080 画素に増加した。このように, ハイビジョンでは大画面・高精細なテレビディスプレイが求められるようになり, CRT の限界が見えてきた。

CRT には外形の大きさ (特に奥行き), 重量の重さという克服しがたい課題がある。したがって, 家庭へのハイビジョンディスプレイの導入のためには, 大画面でも場所をとらない FPD の開発・実用化が望まれるようになった。また, ハイビジョンの高精細な画像を高輝度でかつ解像度劣化を伴わずに表示することは, 単一の電子ビームの走査により各画素を点順次で描画する CRT では困難である。これに対し, FPD はほとんどが製造時に画素構造を作成し, かつ線順次で画素を並列駆動する固定画素デバイスであるので, 解像度劣化のない高精細・高輝度な画像表示に原理的に有利である。

これらの要望と長年にわたる FPD デバイス技術研究の成果が実り, 1990 年代後半から LCD, PDP の実用化が徐々に進んだ。そして, CRT の市場占有率は 2002 年ころから明らかに減少

しはじめ、2004年にはCRTの国内生産が終了し、2005年にはテレビの国内年間出荷台数においてFPDがCRTを上回った<sup>9)</sup>。その後もCRTからLCD、PDPなどのFPDへの代替が急速に進んでいる。

また、表示デバイスがCRTからFPDに代わるのに伴い、ディスプレイ内の信号処理回路がアナログ主体からほぼ全面的にデジタル化された。これは、ICの低コスト化が進んだことと、FPDのような固定画素デバイスにはデジタル信号処理の方が親和性が高いことによる。これにより、FPDでは各種の高度な信号処理回路をディスプレイに内蔵することがより容易となった。

現在、LCDとPDPがテレビディスプレイとして普及しているが、市場占有率においてはLCDの優位性が明確になっている。一方、その他のFPDとして、FED(Field Emission Display, 電界放出型ディスプレイ, 冷陰極ディスプレイ)や、有機EL(Organic Electro-Luminescence)ディスプレイが今後有望なFPDとされ、開発が進められている。LCD、PDPを含めたFPDテレビの今後の展開が注目される。

#### ■参考文献

- 1) 山崎 滋, “ゴースト障害の基本評価 DU 比測定器とその性能,” テレビジョン学会誌, vol.37, no.3, p.212, 1983.
- 2) 小西良弘, “直接衛星放送を実現に導いた立体平面回路の開発,” 映情学誌, vol.59, no.8, pp.1169-1172, Aug. 2005.
- 3) 内海要三, “衛星放送受信技術,” MWE2007, WS11-1, Nov. 2007.
- 4) 高柳健次郎, “学会創立 40 周年の回顧,” 映情学誌, vol.44, no.4, pp.363-366, Apr. 1990.
- 5) 新居宏壬, 栗田泰市郎, 酒井重信, “情報メディアのディスプレイへの応用,” pp.77-85, 共立出版, 2001.
- 6) 栗田泰市郎, 宮下哲哉, 廣田昇一, 染谷 潤, 石井啓二, 小牧俊裕, 平 和樹, 和田恭典, 根尾陽一郎, 時任静士, 藤掛英夫, 陶山史朗, “情報ディスプレイ,” 映情学誌, vol.60, no.8, pp.1169-1177, Aug, 2006.