

# 地上ディジタル放送システムの開発

Development of Digital Terrestrial Broadcasting System for Japan

高橋 泰雄  
TAKAHASHI Yasuo

地上波放送のデジタル化は、世界的な潮流となっており、海外では英国、米国で地上波デジタル放送サービスが1998年秋にスタートした。わが国においても98年9月に地上波デジタルテレビ(TV)放送の暫定方式が策定され、10月には東京地区において大規模実験が開始され、99年4月以降には、全国各地で地上デジタル放送の実用化を目指したパイロット実験が開始される予定である。

当社は地上波デジタル放送の標準化にあたり、伝送系に主体をおいた地上デジタル放送実験装置と実験用の送信装置を開発した。

In recent years, digital terrestrial broadcasting services have become a worldwide megatrend. Commercial digital terrestrial broadcasting services commenced in the United States and United Kingdom in the autumn of 1998. In Japan, draft standards for digital terrestrial broadcasting (transmission system) were issued in September 1997 and revised in September 1998. A wide-area field test based on these draft standards has been underway since October 1998 in the Tokyo area, and pilot tests will commence in several areas from April 1999.

We have developed several types of equipment specifically for testing the transmission performance of these systems. This paper provides an outline of the digital terrestrial broadcasting system and such equipment.

## 1 まえがき

地上デジタル放送は、デジタルの特長を生かした多様なサービス、高画質放送の実現、移動体向け放送といった従来のアナログ放送では見られなかった新しい放送サービスを実現するものとして期待されている。

海外においても地上デジタル放送の開発・実用化が加速し、英国では98年9月から、米国でも11月から放送サービスが開始された。

わが国においても、97年9月に地上デジタル放送システムの骨格となる“暫定方式の原案”が電気通信技術審議会で策定され、一連の室内実験、野外実験での検証を行って、一部のパラメータを見直し、98年9月に“暫定方式”として策定された。今後東京地区での大規模(実証)実験などを経て99年春には一部答申として標準化される見込みである。

当社は、97年から地上デジタル放送の伝送方式を検証するための地上デジタル放送実験装置を、(株)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所の指導を受けて開発・製作し、上述の標準化に向けての一連の実験を支援した。また、上記大規模実験のためのデジタル放送用送信装置を開発した。

ここでは、デジタル放送開発の動向とこれらの装置の概要を中心に紹介する。

## 2 地上デジタル放送の特長

### 2.1 デジタル放送の一般的な特長

デジタル放送は従来のアナログ放送に比べて、次のような特長がある(欧州、米国の方程式は必ずしもすべてを満たしてはいない)。

- (1) 高画質・多チャンネル放送サービスの実現 地上波の場合、約20Mbpsの伝送が可能であり、高精細度TV(HDTV)1チャンネルまたは標準画質TV3チャンネルの放送が可能。
- (2) ゴーストのない鮮明な画質を実現 特に欧州およびわが国が採用しているOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)伝送方式では、数十μsにおよぶ遅延のゴーストがあっても問題はない。
- (3) 多様なサービスの実現 映像・音声・データがパケット形式で多重化できるため、多様なサービスが可能となる。
- (4) 周波数の有効利用 OFDM伝送方式では、上述のゴースト排除能力を利用し、複数の送信局が同一電波で放送する、いわゆるSFN(單一周波数ネットワーク)の形成が可能である。

### 2.2 わが国のデジタル放送方式の特長

わが国の地上デジタル放送方式は、欧州の地上デジタル放送方式として採用されているOFDM伝送方式をベ

スにさらに次に示すような特長を加味したものである。

- (1) 移動体受信が可能 上述のゴースト排除能力と、デジタル伝送における誤り制御能力を利用して、絶えず電波の強度が変化するような移動体での受信が可能。特にわが国の方は、電波強度の変動の影響を受けにくくするため、DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)変調方式と時間インタリーブを採用している(欧州は固定受信対象に方式を策定、現在以上の受信能力について実験中)。
- (2) 階層伝送方式の導入 異なるサービス、受信形態に対応するため、一つの帯域の中で複数の伝送パラメータを指定できる、いわゆる階層分割伝送方式を採用している。
- (3) 部分受信が可能 帯域の中央を独立した音声放送などの放送サービスに割り当てる部分受信方式を採用している。

表1に欧州および米国方式との比較を示す。

### 3 地上デジタル放送システムの概要

従来の地上アナログ放送システムに比べ、デジタル放

表1. 各国地上デジタル放送方式の比較

Comparison of transmission systems of Japan, EU and U.S.A.

項目	日本(ISDB-T)	欧州(DVB-T)	米国(ATSC)
伝送方式	OFDM	OFDM	8VSB
サービス例			
・HDTV	○	○	○
・標準TV多チャンネル	○	○	○
・マルチメディア放送	○	○	○
周波数有効利用(SFN)	○	○	×
移動体受信	○	△(注)	×
部分受信(ラジオなどと帯域共用)	○	×	×

(注) ドイツにて実験中

ISDB-T : Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial

DVB-T : Digital Video Broadcasting-Terrestrial

ATSC : Advanced Television System Committee

8VSB : 8 Level Vestigial Sideband Modulation

送では放送局の設備も大きく変わる。

図1に地上デジタル放送設備のアートラインを示す。

TVの映像信号、音声信号はMPEG(Motion Picture Experts Group)エンコーダ(ENC)圧縮・符号化された後、多重化装置でパケット単位で多重化され、MPEG2の規定に従ったトランスポートストリーム信号(TS)に変換される。TSは中継装置(STL)を通して送信所に送られ、デジタル放送用のOFDM信号に変換された後、送信装置で電力増幅し、放送波としてアンテナから放送される。図中\*印を付与した部分は、地上デジタル放送特有の伝送方式を検証するために開発したもので、次にその詳細内容を説明する。

#### 3.1 多重化装置および変復調装置

この装置については、(株)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所の指導を受け、暫定方式の原案の伝送方式の検証と放送サービスを想定した場合の伝送性能の評価を行う目的で開発したものである。

多重化装置および変復調装置全体の構成を図2に示す。

統合制御装置は、わが国の方の特長である“階層分割

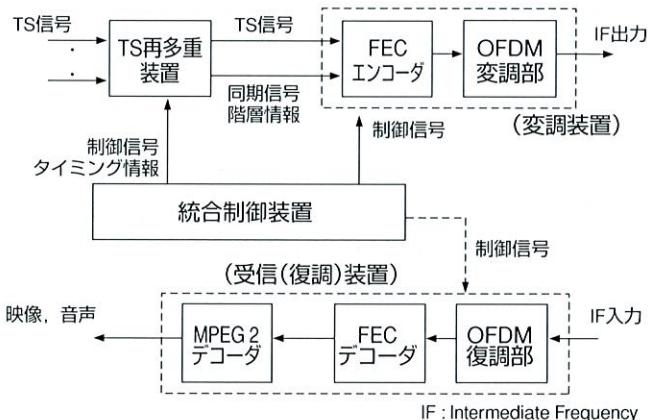


図2. 多重化・変復調装置の系統 わが国の地上デジタル放送伝送方式の試験評価用として開発した装置。上側が送信系、下側が受信系である。

Block diagram of multiplexing and modem equipment

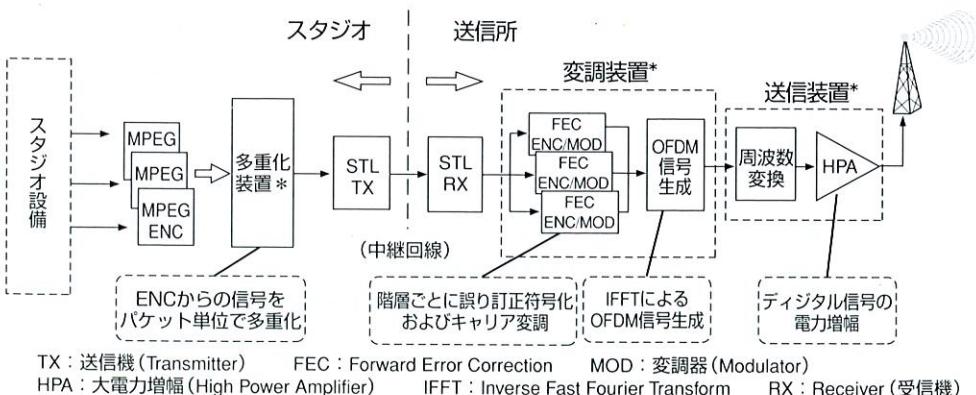


図1. 地上デジタル放送における放送システムの例(送信所変調方式) スタジオで映像・音声を符号化、多重化し、トランスポートストリームを中継回線で送信所に送り、OFDM変調する。

Example of digital terrestrial broadcasting system (modulation at studio)

伝送”を行うために、伝送階層での伝送遅延の違いを考慮してあらかじめ伝送パケット信号に伝送遅延に応じた逆遅延を行って、受信復調出力で元のパケットストリーム信号が得られるようにパケット信号の送出タイミングを制御する機能をもっている。

多重化装置は、統合制御装置の指定に従い、映像・音声エンコーダから供給されるパケット信号の送出順序の入替えと受信側での復号に必要な制御・タイミング信号の挿入を行う。

変調装置は伝送路符号化部とOFDM変調部で構成されている。伝送路符号化部は各階層の伝送パラメータに従って、多重化装置から指定されたパケット信号に誤り訂正符号を付加し、キャリア変調・インタリーブを行う。OFDM変調部はキャリア変調された信号からOFDM信号を生成する。

一方、受信装置はIF信号を受信し、OFDM復調した後、指定された階層に信号を振分け、キャリア復調・デインターリーブ、誤り訂正を行い、パケットストリーム信号を再生し、指定のTV信号をMPEGデコーダで復号する。

表2に多重化装置、変復調装置の主要機能と性能を示す。また、装置の外観を図3に示す。

変復調装置は伝送特性装置として使用するため、変調装

表2. 多重化・変復調装置の主な仕様  
Specifications of multiplexing and modem equipment

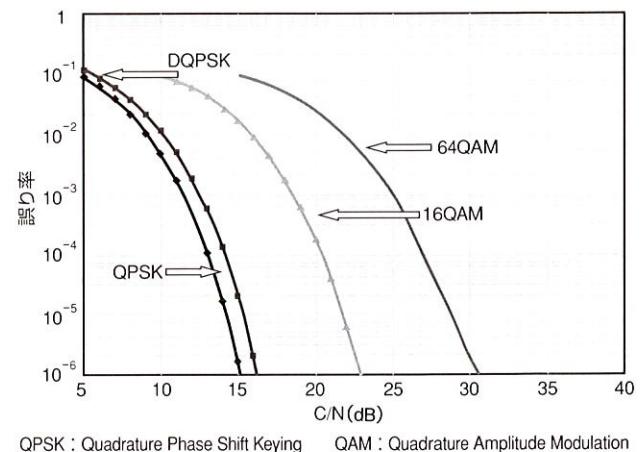
項目	主要諸元
伝送方式	直交周波数分割多重(OFDM)
伝送帯域幅	約5.6MHz
キャリア間隔	4kHz/2kHz*/1kHz
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/DQPSK
誤り訂正	連接符合(置込み符合-ビタビ復号+リードソロモン(204,188))
インタリーブ	ビット/周波数/時間インタリーブ
置込み符号化率	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
階層伝送	5.6MHz帯域を13セグメントに分割、セグメント単位で最大3*階層(変調方式、符号化率が独立に設定可)に分割可能
部分受信	中央の1セグメントを独立したサービス(部分受信)に設定可能

\*は、暫定方式で変更されたパラメータを示す



図3. 多重化・変復調装置  
2ラック構成からなり、左側が送信系、右側が受信系である。  
Multiplexing and modem equipment

置内に擬似ランダム信号発生機能を内蔵し、復調装置側にエラー測定装置を接続して伝送系の誤り率を測定できるよう製作されている。また、測定データの信憑(びょう)性を高めるため、変復調装置としての機器劣化を十分小さくするよう設計・製作した。図4に変復調装置折返しでの入力C/N(Carrier to Noise ratio)対誤り率特性の測定例を示す。装置は64QAM変調時、誤り率 $10^{-6}$ 点での劣化が0.5dB以内と良好な特性が得られている。



QPSK : Quadrature Phase Shift Keying      QAM : Quadrature Amplitude Modulation

図4. 变復調装置折返し C/N 対誤り率特性      变調方式により、所要の誤り率を得るために信号電力対雑音比が異なる。この図は变調方式による差を示したものである。

Carrier to noise ratio (C/N) vs. bit error rate (BER) characteristics obtained in modem loopback test

### 3.2 デジタル放送用電力増幅装置

多重化装置、変復調装置とともに電力増幅装置は地上デジタル放送システムのキーコンポーネントである。地上デジタル放送の電波は、OFDMと呼ばれる多数キャリアが周波数分割多重された信号であり、従来のアナログTV放送信号と異なり、実効電力に対してピーク電力比がきわめて大きいという特長がある。図5に信号波形の比較を示す。

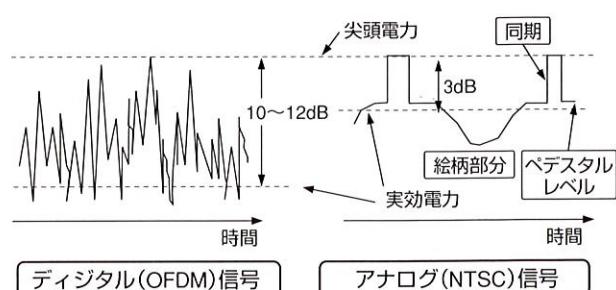


図5. アナログ放送とデジタル放送の信号波形      デジタル放送の高周波信号はピーク対実効電力比がきわめて大きく、ダイナミックレンジの大きい電力増幅器が必要である。  
Waveforms of analog and digital broadcasting signals

また、増幅器の非線形により、三次混変調歪が互いのキャリア妨害となって現れるため、直線性のよい増幅器であることが要求される。

当社は、OFDM信号の特性を解析し、増幅素子の動作点の改良と非直線補償により、地上デジタル放送に適合した大電力増幅ユニットを開発した。5ユニット合成、500W出力時の非直線歪による劣化が約0.3dB（混変調雑音換算-37dB）という良好な特性を実現した。

図6に500W送信装置の系統を、図7に外観を示す。

なお、この装置は東京地区での大規模(実証)実験のため、東京タワーに据え付けられ、98年10月から実験電波発射に使用されている。

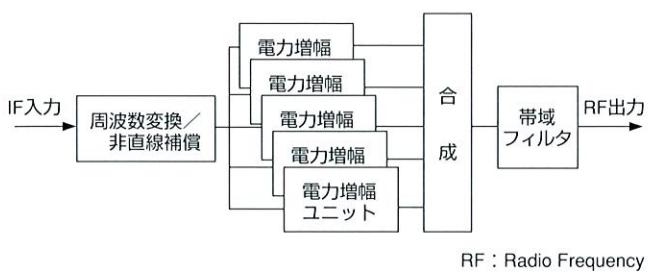


図6. 500 Wデジタル送信装置の系統　わが国初の大電力デジタル送信装置の系統。入力の非線形補償は後段の電力増幅器の歪を逆特性で補償する回路。

Block diagram of 500 W digital transmitter

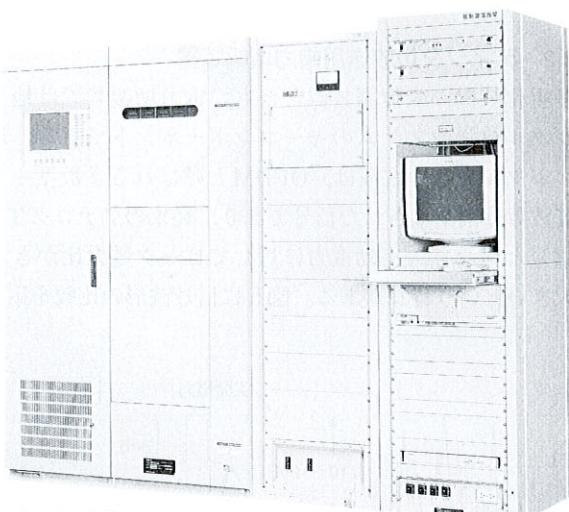


図7. 500 Wデジタル送信装置　4ラック構成で、左から2番目が電力増幅装置である。  
500 W digital transmitter

## 4 今後の展開

### 4.1 標準化に向けての開発・実験

98年10月から、暫定方式に基づいた大規模(実証)実験が

東京タワーおよび3か所の中継放送局で行われ、実用規模での伝送特性の実験・評価が進められている。

これらの実験結果を反映して、99年春には地上デジタル放送方式の一部答申が行われる見込みである。

### 4.2 地上デジタル放送サービスに関する実験

伝送方式の標準化に向けた開発・実験とともに、デジタル放送においてどのようなサービスを行うかは重要な課題である。

99年4月から東京を含め全国8地区において地上波デジタル放送パイロット実験が開始される予定であり、そのための施設整備が進められている。

パイロット実験においては、中継回線を含めた送信ネットワークの検証、デジタル放送に適合した番組制作・送出システムの開発・検証、マルチメディア実験など、実用化に向けた各種の実験が進められる予定である。

### 4.3 地上デジタル音声放送の標準化

98年11月に、地上デジタル音声放送の暫定方式が策定された。伝送方式はテレビジョン放送と同様にISDB-Tに基づいたものとなっており、音声だけでなくデータ放送の実現も可能であり、特に移動体向けマルチメディア放送の実現が期待されている。

## 5 あとがき

地上波デジタル放送は21世紀の実用化を目指して、方式の標準化、ハードウエアの開発が急ピッチで進められている。当社は、(株)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所の指導を得て、多様なサービスを可能とするISDB-T伝送方式に基づいた多重化装置・変復調装置を開発した。また、低歪電力増幅器を開発し、デジタル放送の伝送インフラの基礎を築くことができた。

今後は、スタジオシステムやマルチメディア放送システムの開発も進めていく予定である。

## 文 献

- (1) 高橋泰雄、他、"暫定方式の原案に沿った試作装置について"、映像情報メディア学会年次大会S3-2.1998
- (2) 澤田健志、他、地上デジタル放送暫定方式原案に沿った実験装置の開発、映情学技報、22, 41, 1998



高橋 泰雄 TAKAHASHI Yasuo

流通・放送・金融システム事業部 放送システム技術部参事。(株)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所第2研究室長を兼務。

地上デジタル放送システムおよび機器の開発に従事。

Distribution, Broadcasting & Banking Div.