

地上デジタルテレビジョン放送の技術動向

Trends in Digital Terrestrial Television Broadcasting

三木 信之

MIKI Nobuyuki

2003年12月、地上デジタルテレビジョン放送(以下、地上デジタル放送と略記)が関東、中京、近畿の三大都市圏で開始された。高画質ハイビジョン放送や移動体向け放送など多様な放送サービスが予定されており、新しい時代の幕あけである。この放送は、2011年までに全国に展開され、地上アナログテレビジョン放送はすべてデジタル化される予定となっている。

東芝は、地上デジタル放送の放送ネットワークの構築に参画し、その発展に貢献している。

Digital terrestrial television broadcasting (DTTB) services started in the Kanto, Chukyo, and Kinki areas on December, 2003. DTTB has opened up a new era in broadcasting with various services including high-quality HDTV and mobile reception. DTTB services will spread throughout the whole of Japan by 2011, whereupon all analog terrestrial television broadcasting services will be replaced.

Toshiba is contributing to the development of DTTB by participating in the construction of DTTB networks.

地上デジタル放送時代の幕あけ

2000年開始のBSデジタル放送、2002年の110度CSデジタル放送に続いて、カラーテレビジョン放送以来の技術革新と言われる地上デジタル放送が、2003年12月から、関東、中京、近畿の三大都市圏で始まった。受信世帯数約4,800万世帯、受信機数約1億2,000万台とも言われる放送メディア最大の地上アナログテレビジョン放送をデジタル化していく全国的な大事業が開始された。

この放送で実現される予定のサービスは、ハイビジョンを中心とした高画質、高音質な映像音声サービス、標準画質テレビ放送の多チャンネルサービス、多様なデータ放送サービス、テレビ画像が二重映しになるゴースト障害やノイズのない高品質な映像サービス、自動車やバスなどの移動体や携帯端末に向けた映像サービスなどであり、従来のテレビジョン放送に比べてよりいっそう魅力的なサービスになっている。

国の計画では、2006年末までに全

国主要都市で放送が開始され、順次放送エリアが拡大されて2011年までに全国津々浦々で開始され、その年に現在のアナログ放送が停止される予定となっている。いよいよ、テレビジョン放送は新しい時代へ突入した。

ここでは、地上デジタル放送を支える要素技術と東芝の取組みについて述べる。

地上デジタル放送の要素技術

日本の地上デジタル放送はISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial)方式と呼ばれている。その概要を表1に示す。

この方式の第1の特長は、周波数有効利用のために、SFN(単一周波数ネットワーク)の構築が可能となるOFDM(直交周波数分割多重)変調方式が採用されていることである(囲み記事参照)。

第2の特長は、6/14 MHzの帯域幅を1セグメントとした13セグメント構造を持ち、セグメントごとに変調方式などの伝送パラメータを変更できることである。変調方式の組合せは最大3階層で

あり、中央部の1セグメントだけを受信できる部分受信を含め、セグメント数と階層の最適な組合せにより、多様なサービスが可能となっている。

第3の特長は、時間インタリーブを持ち、受信電界強度の大きい変動が発生する移動受信に対して高品質なサービスが可能となっていることである。

これらの特長を持つこの方式を実現するために、様々な要素技術が駆使されている。図1の系統を参照しながら、地上デジタルテレビジョン放送の要素技術の概要について述べる。

情報源符号化

多様なサービスが想定されているため、一つのセグメントのみを用いる部分受信階層とその他の階層では別の符号化方式が採用されている。

部分受信階層以外の階層で用いられる映像符号化方式は、表1に示すようにMPEG-2(Moving Picture Experts Group-phase2)VIDEOであり、映像フォーマットとしては、SDTV(Standard Definition Television)と定義されている480i(飛越し走査)、480p(順次走査)

表1 . ISDB-Tの概要

Outline of DTTB

項目	規格
映像フォーマット	480i , 480p , 720p , 1080i
映像符号化	MPEG-2 VIDEO
音声符号化	MPEG-2 AAC AUDIO
データ符号化	BML
多重化方式	MPEG-2 Systems
サービス情報	EPG , ARIB STD-B10 規格に基づく番組配列情報
情報レート	3.651 Mbps ~ 23.234 Mbps
外符号	リードソロモン符号(204 , 188)
階層	3階層
内符号	畳込み符号(1/2 , 2/3 , 3/4 , 5/6 , 7/8)
時間インターリーブ	0 , 約0.125 s , 約0.25 s , 約0.5 s
伝送フレーム構成	204シンボル/フレーム
モード	モード1 , 2 , 3
セグメント数	13セグメント
キャリア数	モード1 : 1,405 , モード2 : 2,809 , モード3 : 5,617
変調方式	OFDM , 1キャリアごとの変調方式(QPSK , 16QAM , 64QAM)
有効シンボル長	モード1 : 252 μs , モード2 : 504 μs , モード3 : 1,008 ms
ガードインターバル	有効シンボル長の 1/4 , 1/8 , 1/16 , 1/32
伝送帯域幅	約5.7 MHz
使用周波数帯	UHF 帯
周波数ネットワーク	SFN

EPG : 電子番組ガイド ARIB : 電波産業会

なっている。

地上デジタル放送のデータ放送では、固定受信に加えて車載テレビや携帯テレビをターゲットとした多種多様なサービスが想定されているため、運用形態により三つのプロファイルが規定されている⁽¹⁾。

固定受信のプロファイルで規定されているデータ符号化は、BML(Broadcast Markup Language)方式であり、BSデジタル放送と共通性を維持しながら多くの拡張機能が追加されている。その他のプロファイルについては継続して検討されている。

■ 多重化

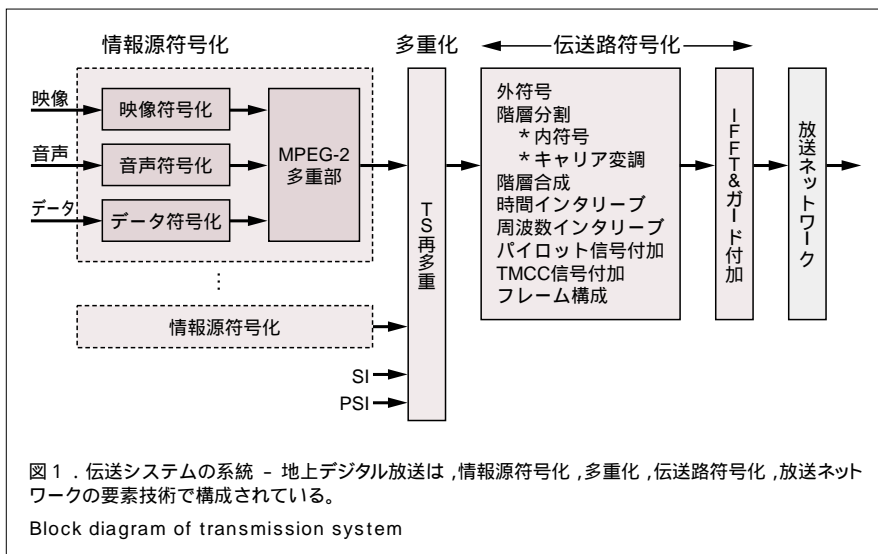
情報源符号化された映像、音声、データのストリームは、MPEG-2多重部でMPEG-2 Systemsの方式により多重化されて、伝送しやすい一つのTS (Transport Stream)に変換される。TSは、188バイトの固定長パケットが連続したTSP(TS Packet)で構成される。

MPEG-2多重部で作られたTSは、TS再多重に入力される。TS再多重部では、映像や音声のTSとともに、SI(Service Information : 番組配列情報)やPSI(Program Specific Information : 番組仕様情報)がMPEG-2 Systemsの方式により多重化される。入力された複数のTSは、188バイトのTSPに分解され、16バイトのヌルデータが付加され204バイトのTSPに変換される。この204バイトのTSPを基本にして、フレーム長に対応したN個の204バイトのTSPが多重フレームとして構成される。

■ 伝送路符号化

外符号部では、204バイトのTSPごとに短縮化リードソロモン符号(204 , 188)の符号化が行われる。

外符号で符号化された信号は、階層情報に応じて204バイト単位で分割される。この信号は、階層ごとにエネルギー



と、HDTV(High Definition Television)と定義されている720p , 1080iの運用ができるようになっている。BSデジタル放送と同じ方式であるが、伝送帯域の制限により、HDTVでの符号レートが14 Mbps程度に制限されている。部分受信階層で伝送する“簡易動画”は、データ放送のモノメディアの位置づけになっており、現在継続して検討さ

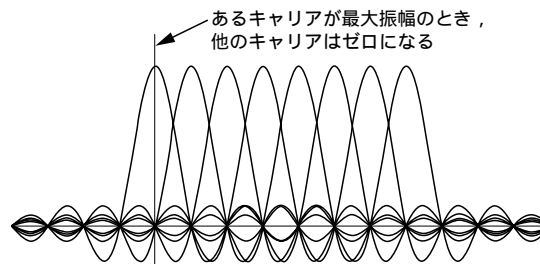
れている。音声符号化方式は、BSデジタル放送と同じ方式であり、2チャンネルステレオや5.1チャンネルサラウンドなどができるMPEG-2 AAC(Advanced Audio Coding)AUDIO方式となっている。符号サンプリングレートは、部分受信以外の階層では48 kHz又は32 kHz、部分受信階層では48 kHz又は24 kHzと

OFDM と SFN

OFDM

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)は直交周波数分割多重と呼ばれ、直交した周波数の関係にある多数キャリアに情報を分散して伝送する方式である。直交した周波数の関係とは、あるキャリアの振幅が最大の周波数では、その他のキャリアからの振幅成分がゼロとなる関係のことである。キャリア間干渉のない最小の周波数間隔の周波数分割多重が可能な方式であり、周波数利用効率が非常に高い方式である。

日本の地上デジタル放送のモード3で



直交周波数のキャリアの配列

は、約5,600本のキャリアを約1kHz間隔で配置する方式であり、シンボル期間が約1msである。シンボル期間が長いので、本質的にマルチパスに強い方式であるが、

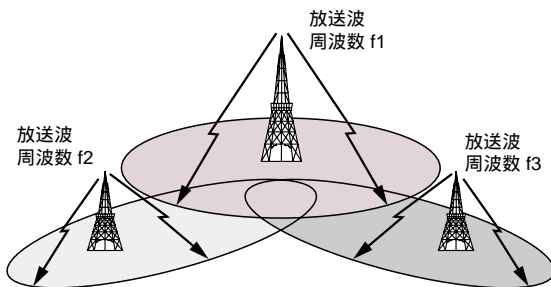
ガードインターバルを付加しているため、ガードインターバル以内のマルチパスがあってもシンボル間干渉のない理想的な受信ができる方式となっている。

SFN

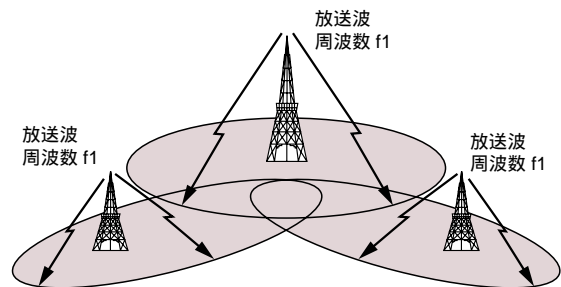
SFN(Single Frequency Network)は単一周波数ネットワークと呼ばれ、単一の周波数で放送ネットワークを構築する方法であ

る。アナログ放送では、隣接する中継局で混信が発生するために、複数の周波数で放送ネットワークが構築されている。デジタル放送では、マルチパスに強いOFDM方式

となっているので、隣接混信を気にしないで単一周波数で放送ネットワークを構築することができる。大幅な周波数の有効利用が可能となる方式となっている。



アナログ放送の放送ネットワーク - 隣接する中継局で混信が生じるため複数の周波数でネットワークが構築されている。



デジタル放送の放送ネットワーク - マルチパスの妨害に強いOFDMの採用により、単一の周波数でネットワークが構築できる。

ギー拡散、パイロットインリーブの信号処理がされ、拘束長 $k=7$ 、符号化率 $1/2$ を原符号とするパンクチュアード畳込み符号(符号化率 $1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$)で符号化される。この信号は、各階層ごとに、指定されたビットインリーブとキャリア変調が行われた後に階層合成される。

階層合成された信号は、階層ごとに、指定された長さの時間インリーブ処理が行われる。この信号は、部分受信階層のセグメントとその他の階層のセグメントに分けられ、周波数インタリー

ブが行われ、パイロット信号とTMCC(Transmission and Multiplexing Configuration Control)信号が付加され、OFDMフレームに構成される。この信号はIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)された後、ガードインターバルが付加され、一つのOFDM信号に変換される。OFDM信号の階層伝送と伝送スペクトルのイメージを図2に示す⁽²⁾。

階層ごとにキャリア変調方式、内符号の符号化率及び時間インリーブ長などのパラメータを指定することが可

能となっている。また、中央部の一つの部分受信階層のセグメントについては、周波数インリーブをそのセグメント内のみで行うようになっているため、中央のセグメントのみを受信できる部分受信機を用いてサービスの一部を受信することが可能となっている。

階層伝送により、多彩なサービスが可能となる伝送方式となっている。

放送ネットワーク

地上デジタル放送の放送波を全国津々浦々まで届けるためには、図3に

チャンネル干渉など様々な妨害に対する補償技術が必要になる。

地上デジタル放送に貢献する東芝の放送装置

ここでは、地上デジタル放送実現に貢献している当社の主要な放送装置の特長について述べる。詳細については、この特集の論文を参照していただきたい。

番組バンク

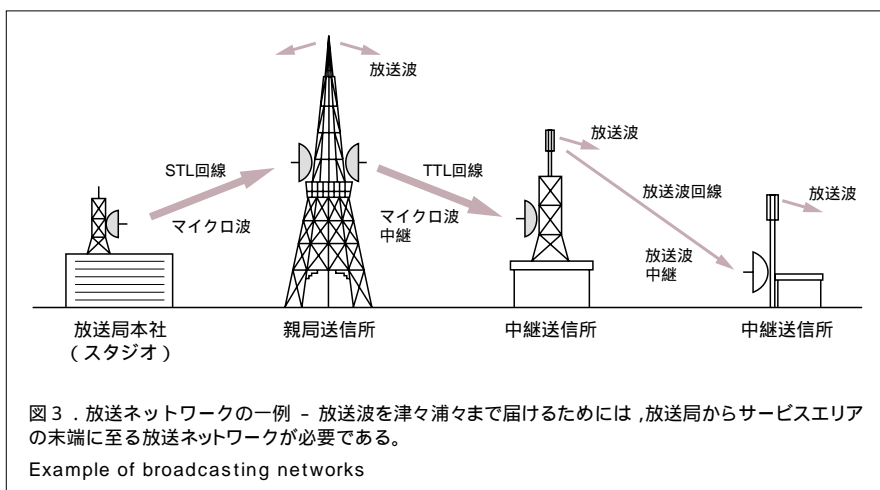
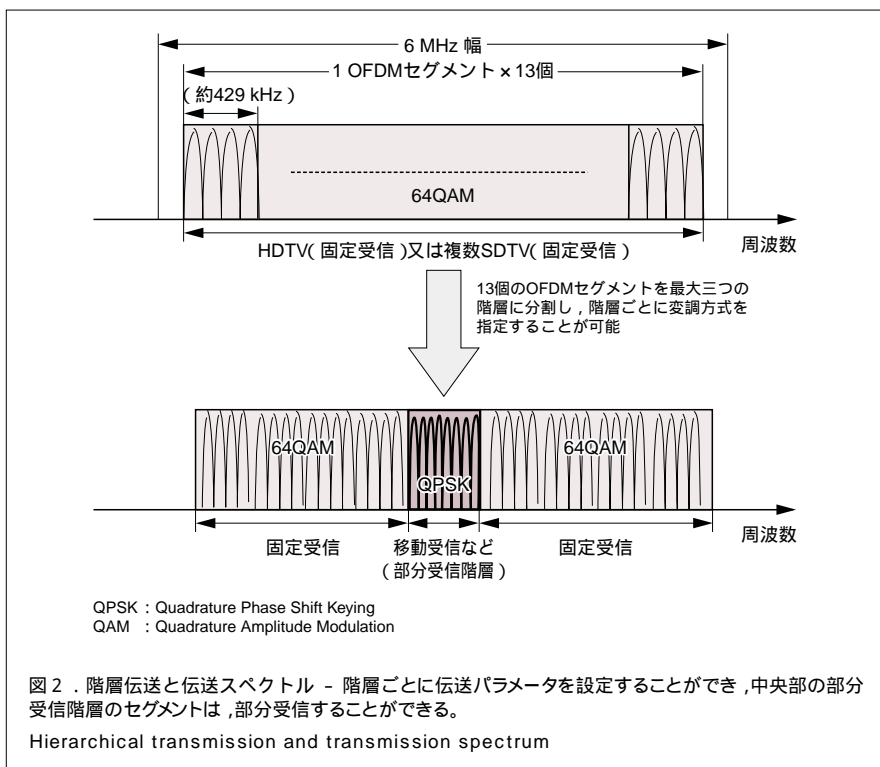
多チャンネル放送が開始され、番組バンクの必要性が高まってきている。当社番組バンクは、独自開発の番組バンクサーバ MediAvail™ で構築されており、1,2号の同時収録機能やアンシラリデータの記録再生機能などが実現されており、多チャンネル送出時の省力化が実現されている。

CMバンク

多チャンネル放送が開始されるため、ますますCM(CoMmercial)バンクの信頼性の要求が高まってきている。当社CMバンクは、フラッシュメモリによるビデオサーバVIDEOS™ で構築されており、ビデオサーバ部のメンテナンスフリー機能、1,2号同時収録機能、アンシラリデータによるCM自動確認機能などが実現されており、高信頼と省力化が実現されている。

マスタ送出設備

地上デジタル放送のマスタ送出設備では、多チャンネル化により、アナログ放送の数倍の映像信号や音声信号を扱うことになる。また、アナログ放送になかった符号化装置や多重化装置に対する制御情報に加えて、SI/PSIなどの新しい制御情報が必要となり、情報処理も数倍になる。当社のマスタ送出設備は、番組のデータベースを処理するデータサーバの運用機能強化、自動番組送出装置の高速化、伝送機器の



示すように、放送局本社から親局経由で、サービスエリアの末端の中継送信所に至る放送ネットワークを構築することが必要である。

放送局から親局送信所に信号を伝送するSTL(Studio to Transmitter Link)回線は、主にマイクロ波を使ったTS伝送方式(TSを64QAM変調して伝送する方式)が行われている。

親局送信所からは、高品質で大電力の放送波を発射する必要がある。

送信所から送信所に信号を伝送する

方法として、マイクロ波を使う方法と放送波を使う方法がある。マイクロ波を使う場合を、TTL(Transmitter to Transmitter Link)回線と呼び、OFDM変調波をそのままマイクロ波に乗せて伝送する方式(IF(Intermediate Frequency)伝送方式)が行われている。この方式では、位相雑音をキャンセルする技術が重要となる。

放送波を受信して同一周波数で再送信する中継送信所では、放送波に含まれるマルチパス、回り込み波、同一

マルチフォーマット対応と小型化, MPEGエンコーダの高性能化(HDTVで14 Mbpsと小型化, 音声エンベデットシステムの構築, アンシラリデータによる字幕やCM確認の自動運用システムの構築, CAS(Conditional Access System)を利用したRMP(Right Management and Protection)の構築, 重故障や軽故障(画質劣化)の自動監視, モニタ画面や操作画面の統一などが実現されており, 省力化, 省スペース化が実現されている。

■ STL 装置

STL装置は, 高性能・高信頼FET(電界効果トランジスタ), リニアライザ, シームレス切替えなどの採用により, 高性能, 高安定, 無瞬断, 小型化, 高信頼が実現されている。

■ 親局送信装置

親局送信装置は, 高性能FET, フィードバック型プリディストーション方式の非直線補償器, 高効率冷却技術, 無停波切替器などの採用により, 高性能, 高効率, 高安定, 小型化, 無瞬断が実現されている。送信所の環境に対応した冷却方式として, 水冷方式, プロア方式, ファン方式が選択できるようになっている。

■ TTL 装置

TTL装置は, 高性能・高信頼FET,

リニアライザ, ヒートパイプによる放熱, シームレス切替えなどの採用により, 高性能, 高安定, 無瞬断, 小型化, 高信頼が実現されている。TTL装置の納入実績はまだないが, 放送エリアの拡大に伴って, 順次導入されていくと思われる。

■ 中継放送装置

放送波を受信して同一周波数で再送信する中継放送装置では, 放送波に含まれるマルチパス, 回り込み波, 同一チャンネル干渉など様々な妨害に対する補償技術が必要になり, 実用化に向けての開発が進んでいる。納入実績はまだないが, 放送エリアの拡大に伴って, 順次導入されていくと思われる。

地上デジタル放送の発展に向けて

地上テレビジョン放送のデジタル化については, 1997年6月から“地上デジタル放送懇談会”において検討が進められ, 関東, 中京, 近畿の三大都市圏では2003年末までに放送開始し, その他地域については2006年末までに本放送を開始することを目標にするという結論が出された。その後, 1998年に大規模実証実験が行われて, 1999年に放送方式が決定された。2000年～2002年には, 全国の地上デジタル放送研究開発用共同利用施設において各

種実用化実験が行われ, そして2003年12月に関東, 中京, 近畿の三大都市圏で本放送が開始された。検討開始から約6年半の歳月が経過したことになるが, 地上テレビジョン放送のデジタル化は始まったばかりである。

2004年～2006年には, 主要都市の放送局設備や親局送信設備の整備, 2006年～2011年には全国の中継送信所設備の整備という大仕事が残っている。当社として, これからの地上デジタル放送の放送ネットワークインフラの整備に参画し, 地上デジタル放送の発展に貢献できるように, これまでに培ってきた技術に磨きをかけて, よりいっそう努力していく。

文 献

- (1) ARIB TR-B14(1.2版). 地上デジタルテレビジョン放送運用規定. 電波産業会.
- (2) 三木信之. 地上デジタルテレビジョン放送. トリケップス, 2002, 325p.



三木 信之
MIKI Nobuyuki

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場長(兼)放送システム技師長。映像情報メディア学会会員。
Social Network & Infrastructure Systems Co.