

地上デジタル放送の技術動向と将来展望

Trends in and Future Prospects for Terrestrial Digital Broadcasting

桜井 優 小川 正俊

SAKURAI Masaru

OGAWA Masatoshi

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開始された。2006年には全国に展開され、2011年までには地上放送がすべてデジタル化される予定となっている。BSデジタル放送と同様の高画質ハイビジョン映像、高音質サラウンド音声、双方向データ放送のサービスが行われ、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)方式によるゴーストに強い安定な受信が実現される。また、携帯端末用の新しい放送サービスも予定されており、地上デジタル放送の開始により本格的なデジタル放送の時代を迎えることが期待されている。

Terrestrial digital broadcasting starts in the Kanto, Chukyo, and Kinki areas in December 2003. The service will spread throughout the whole of Japan by 2006, and all analog terrestrial broadcasting will be replaced by digital broadcasting by 2011. Terrestrial digital broadcasting provides high-quality HDTV, high-fidelity digital audio, and interactive data broadcasts that are the same as those in broadcast satellite (BS) digital broadcasting. Mobile reception service is also scheduled for introduction in 2005. The commencement of terrestrial digital broadcasting marks the dawn of the real digital broadcasting era.

地上デジタル放送の概要

2000年12月にBSデジタルハイビジョン放送が開始され、2002年には110度CSデジタル放送が開始された。BSデジタル放送は、2003年には400万世帯を超える視聴者が受信するに至っており、デジタルハイビジョン放送は、大型の平面ディスプレイの普及も手伝って、その価値が広く認められ始めている。

2003年12月からは、関東、中京、近畿の三大都市圏において地上デジタル放送が開始された。地上アナログ放送は現在約4,800万世帯が受信しており、地上デジタル放送は視聴者の数から見ても、デジタル放送の本命とすることができる。地上デジタル放送では、BSデジタル放送で実現された高画質ハイビジョン映像、高音質サラウンド音声、双方向データ放送などのサービスが継承される。更に、移動体や携帯端末へのモバイル放送など新しいサービスが可能となる。またOFDM方式により、ゴーストのない安定した受信がで

きるようになり、受信画質も大きく向上することが期待されている。更に、ゴーストに強い性質によって、放送システムにおける同期放送(SFN: Single Frequency Network)サービスが可能となるため、現在過密となっているUHF帯の放送局の電波を大幅に整理することもできる。

今後の計画としては、2006年に全国へ地上デジタル放送を展開し、2011年には現在のVHF帯のアナログテレビ放送を停止して、VHF帯の電波を他の目的に使用するという内容が、総務省から発表されている⁽¹⁾。これが予定どおり進めば、2011年までには、日本のテレビ放送はすべてデジタル化され、同時にテレビ受信機もアナログからデジタルへと移行することとなる。

世界的に見ると、米国、欧州各国、韓国などが、既に地上デジタル放送を開始している。日本はこの分野では必ずしも先行しているわけではないが、技術的にはもっとも完成度の高いシステムが構築されている。また、BSデジタル放送によってハイビジョンテレビ受信

機がかなり普及していることから、地上デジタル放送の立上りは、世界各国に比べても早いことが予想される。

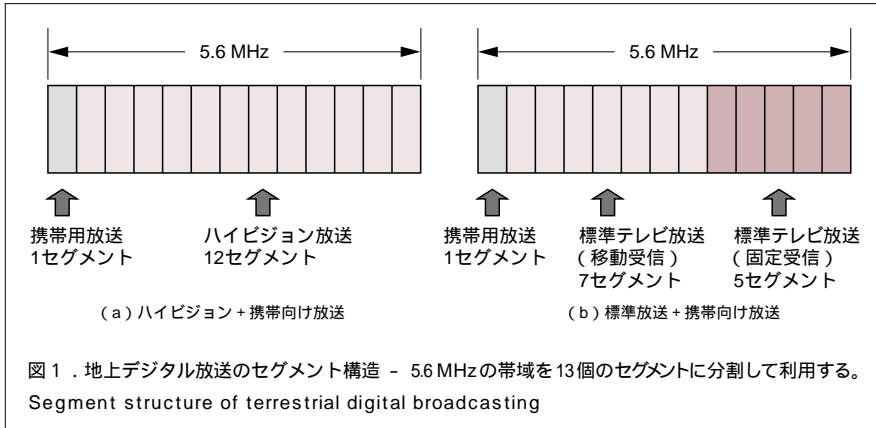
日本における地上放送の特殊な事情として、地上デジタル放送を実施しようとしているUHF帯域には、中継局も含めて約15,000局の小出力の放送局が全国に存在していることが挙げられる。そのため、これらの既存のUHF局の周波数を変更し、地上デジタル放送用の周波数帯を確保する、いわゆるアナログ周波数変換と呼ばれる作業が現在実行されつつある。デジタル放送の電波は、このアナログ周波数変換の作業が終了した区域にのみ送出することができるため、2003年12月時点での放送電波のカバーする範囲は限定された地域となっている⁽²⁾。受信が可能な世帯数の推移を表1に示す。関東地区はアナログ変換の作業のつごう上、2003年時点での受信可能世帯数は少ないが、2005年末までには1,400万世帯をカバーする計画となっており、その時点では3地域の合計で2,280万世帯(全国の視聴者世帯数の約47%)が地上デジ

表1. 三大都市圏での受信可能世帯の推移

Trend in number of reception-capable households in three major areas

(単位：世帯)

地域	2003年	2004年	2005年
関東地区	12万	690万	1,400万
中京地区	230万	310万	310万
近畿地区	280万	460万	570万



タル放送を受信できる見込みである。

地上デジタル放送の事業者としては、NHKや民間放送局などの既存のテレビ放送事業者が主体となる。放送サービスの内容としては、1週間の放送時間の50%以上をハイビジョン放送とすること、及び1日の放送時間の2/3以上をアナログ放送とのサイマル(同時)放送とすることが義務づけられている。

日本の地上デジタル放送の技術上の特長の一つとして、5.6 MHz帯域の1チャンネルを13個のセグメントに分け、そこに複数のサービスを載せられるようにしたことが挙げられる(図1)。これによって、例えば、12セグメントを固定受信用のハイビジョン放送に割り当て、1セグメントを携帯端末用のモバイル放送に割り当てるといふ、複数のサービスの運用が可能となる。携帯端末向けの1セグメント放送は、2005年ころにサービスが開始される見込みである。移動中のテレビ受信、あるいは携帯電話によるテレビ受信などが可能となり、世界に例のない地上デジタル放送による新しいサービスの一つとして注目されている。

地上デジタル放送の技術規格

デジタルテレビ放送の技術規格は、電波産業会(ARIB: Association of Radio Industries and Businesses)によって定められ、その技術規格書がARIB標準規格として発行されている。主な規格を表2に示す。映像・音声・データ放送に関しては、BSデジタル放送と地上デジタル放送は共通の仕様となっている。このことは共用のデジタル受信機を作るうえで重要なことである。

BSデジタル放送と地上デジタル放送の間で大きく異なるのは変調方式であり、前者は8相PSK(Phase Shift Keying)を用い、後者はOFDM方式を採用している(囲み記事参照)。

OFDMの運用モードを表3に示す。放送には同期放送(SFN)に適したモード3が使用される。

表2. デジタルテレビ放送方式の比較

Comparison of digital broadcasting systems

項目	BS/CS デジタル放送	地上デジタル放送
映像フォーマット	480i(飛越し走査), 480p(順次走査), 720p, 1080i	
映像符号化方式	MPEG-2	
音声符号化方式	MPEG-2 オーディオ AAC	
データ放送方式	BML(XMLベースのARIB規格)	
多重方式	MPEG-2 システム	
変調方式	8相 PSK	OFDM (QPSK, 16QAM, 64QAM)
外符号	リードソロモン符号(204, 188)	
内符号	パングチャド畳込み	
伝送ビットレート	52.17 Mbps/トランスポンダ	畳込み(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) 3.65 ~ 23.23 Mbps

AAC: Advanced Audio Coding BML: Broadcast Markup Language QPSK: Quadrature PSK
QAM: Quadrature Amplitude Modulation XML: eXtensible Markup Language

表3. OFDMの運用モード

Orthogonal frequency division multiplex (OFDM) operation mode

項目	モード1	モード2	モード3
周波数帯域 (MHz)	5.57		
キャリア間隔 (kHz)	3.968	1.984	0.992
キャリア数	1,405	2,809	5,617
キャリア変調方式	64QAM, 16QAM, QPSK, DQPSK		
有効シンボル長 (μs)	252	504	1,008
ガードインターバル	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
内符号	畳込み符号(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
外符号	リードソロモン符号(204, 188)		

DQPSK: Differential QPSK

運用パラメータの一例を表4に示す。12セグメントの放送においては16～19 Mbpsのデジタル伝送が行われる。これは、現行のBSデジタル放送における23 Mbpsの伝送レートに比べてかなり低い値である。このため、MPEG-2 (Moving Picture Experts Group-phase 2) エンコーダの画質改善の研究が進められてきており、現在では、BSデジタル放送と同等のハイビジョン画質が15 Mbpsで得られるようになっている⁽³⁾。これによって、地上デジタル放送でも十分な高画質のハイビジョン番組が提供される。

組が提供される。

地上デジタル放送の運用

地上デジタル放送の事業者運用規定は、地上デジタルテレビジョン放送標準化協議会(略称：地上P)において検討が行われ、ARIBにより地上デジタルテレビジョン放送運用規定技術資料(TR-B14)として発行されている。この技術資料は、運用概要、第1編：ダウンロード、第2編：受信機機能仕様、第3編：データ放送、第4編：PSI/SI(Program

Specific Information/Service Information)、第5編：限定受信方式、第6編：双方向通信、第7編：送出運用、第8編：コンテンツ保護、で構成される。1,000ページに及ぶ膨大な資料であることから、ここでは主な特徴の紹介にとどめる。

地上デジタル放送の運用は、変調方式以外は、基本的にBS/広帯域CS(110度CS)デジタル放送運用規定(TR-B15)とほぼ同じ仕様となっている。ただし、BS/110度CSデジタル放送が全国放送サービスであるのに比

OFDM方式

OFDM方式は、ゴースト(反射波)妨害に強いという特長がある。最初に実用化されたのは、欧州の移動体向けラジオ放送DAB(Digital Audio Broadcast)であり、その後、欧州の地上デジタルテレビ放送に使用された。ゴースト妨害に強いという特長から、無線LAN(IEEE802.11a(米国電気電子技術者協会規格802.11a)あるいはIEEE802.11g)の変調方式にも使われている。

OFDM方式では、図(a)に示すように伝送するデータを数千本の低速データに分けて、それぞれのデータに対してQPSKあるいはQAMなどのデジタル変調を行う。日本の地上デジタル放送では $N = 5,600$ 本のデータに分けられており、そのとき1本のデータに対応する搬送波(キャリア)の周波数は約1 kHzとなる。この1 kHzの搬送波をすき間なく N 本並べ、約5.6 MHz帯域のテレビ1チャンネル分のOFDM信号を形成する。受信側においては N 本の搬送波を個別に復調するのではなく、受信信号をAD(Analog to Digital)変換した後、逆FFT(Fast Fourier Transform)演算を行うことによって、 N 本のデータを再生する。

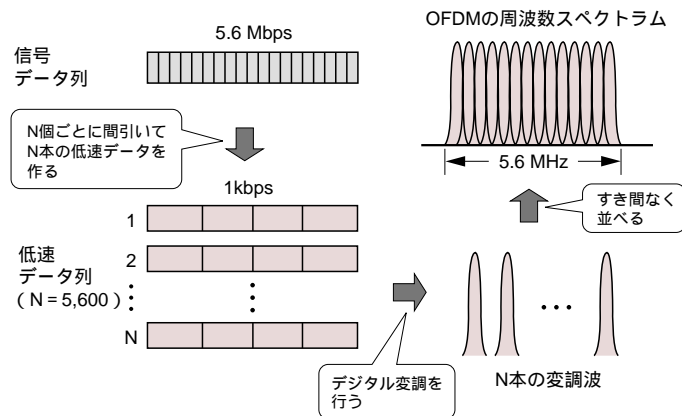
OFDM方式がゴースト障害に強い理由は、データを伝送する間隔(1 ms)が、ゴーストの遅れ時間(数十 μ s)に比べて十分に大きくなるように設定されているからである。更に、

図(b)に示すように、ガードインターバルと呼ばれる無信号区間(126 μ s)を設けることによって、ゴースト耐性をより完全なものとしている。このほか、セグメント分割が容易なので、いろいろな放送形態を採用できること、また、周波数スペクトラムが矩形(くけい)なので周波数上の利用効率が良いなどの特長を持つ。

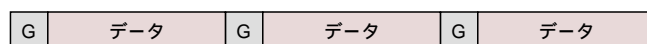
以上のようにOFDM方式は、帯域が狭くかつゴースト障害が避けることのできない地上放送には非常に適した伝送方式となっている。

いる。

なお、受信機におけるFFT演算回路のLSIによる実現は、数年前まではかなり困難であったため、地上デジタル放送を先行して進めていた米国ではOFDM方式は採用されず、8-VSB(Vestigial SideBand)方式が用いられることとなった。8-VSB方式は復調回路が簡単であるがゴースト障害に弱いため、米国の地上デジタル放送用の復調LSIには大規模なゴーストキャンセラが内蔵されている。



(a) OFDM信号の構成



G(ガードインターバル幅): 126 μ s
データ幅: 1 ms

(b) ガードインターバル

表4 . OFDM の運用パラメータ
OFDM operation parameters

項目	キャリア変調方式	畳込み符号化率	データ伝送速度
12セグメント固定受信	64QAM	7/8	19.70 Mbps
	64QAM	3/4	16.85 Mbps
1セグメント携帯受信	16QAM	1/2	562 kbps
	QPSK	2/3	374 kbps
	QPSK	1/2	281 kbps

* モード：3，ガードインターバル：126 μsec

表5 . 地上デジタル放送における識別子(受信点が東京地区の場合)
Operation ID of terrestrial digital broadcasting

地域識別	受信物理チャンネル	事業者名	リモコンID	3けたチャンネル番号	枝番
1	U27	NHK(総合)	①	011 ~	-
	U26	NHK(教育)	②	021 ~	-
	U25	日本テレビ放送網	④	041 ~	-
	U22	東京放送	⑥	061 ~	-
	U21	フジテレビジョン	⑧	081 ~	-
	U24	全国朝日放送	⑤	051 ~	-
	U23	テレビ東京	⑦	071 ~	-
23	U20	MXテレビ	⑨	091 ~	-
1	U28	放送大学	⑩	121 ~	-
24	U18	テレビ神奈川	③	031 ~	1
27	U30	千葉テレビ放送	③	031 ~	2
29	U32	テレビ埼玉	③	031 ~	3

べ、地上デジタル放送は広域及び県域に限定された地域放送サービスであることが特徴となっている。表5に受信点が東京地区の具体例を示す。東京地区においては、関東広域の地域識別：1と東京の地域識別：23の二つが受信可能な域内放送となる。

地上デジタル放送では、放送局ごとにネットワークID(Identification)が異なっている。そこで、受信機にはあらかじめ各種識別子データが記憶されており、受信機は全受信可能チャンネルをサーチし、サービスリスト(受信可能周波数テーブル)を構築して選局を行う。ダイレクト選局の際に入力する3けたチャンネル番号は、放送波から送られてくるリモコンIDにより決定され、リモコンのワンタッチボタンに域内放送局優先で自動的にアサインされる。また、他地域からの電波が受信(越境受信)可能な場合には、異なる放送事業

者のサービスで3けたチャンネル番号が重なる場合が発生するので、重複しているサービスの選択手段(枝番)が地域識別順に割り振られる。

このほか、地上デジタル放送においては、インターネット接続環境が一般に広く普及してきたことを考慮して、インターネット接続が標準として位置づけられている。これまでの双方向データ放送サービスに対応する低速モデム用プロトコルに加え、高速モデムやLAN端子などの様々な接続形態に対応したTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)系プロトコルの実装が必須とされ、放送と通信の融合を目指したブロードバンド対応がうたわれている。

デジタル放送の権利保護

放送のデジタル化に伴い、放送コン

テンツの著作権を保護する仕組みであるRMP(Rights Management and Protection)が大きな課題となっている。情報通信審議会においては、この問題を解決するために、現在のBSデジタル放送において採用されているB-CAS(BS Conditional Access Systems)と呼ばれる有料課金方式を、BSデジタル放送コンテンツの著作権保護にも用いることが答申された⁽⁴⁾。現在B-CASはWOWOWやスターチャンネルなどの有料放送事業者によって番組視聴課金の目的で使用されている。2004年4月からは、NHKや民間放送などの無料放送に対しても同様のB-CASスクランブルが施されていく予定である。その際はスクランブルを解くための鍵データを発生するB-CASカードを受信機に挿入する必要が生ずる。地上デジタル放送にも同様の仕組みが導入されており、地上デジタル受信機においても、番組視聴のためにはB-CASカードが必要となる。なお、将来的にはカードを使用しない新RMP方式も検討されている。

デジタル受信機が著作権保護に関して遵守する必要があることとしては、デジタル記録と外部出力に関する制限が挙げられる。受信番組の記録(コピー)に関しては、コピー不可、1回のみコピー可、コピー自由という三つのモードがある。このモードは、放送局によって設定され、CCI(Copy Control Information)と呼ばれるコードによって情報が放送波に重畳される。無料放送においては1回のみコピー可(コピーワンス)というモードが使用される予定である。この場合は、いったん記録したものを、再度他の記録媒体に記録(ダビング)することはできない。再記録する場合には、前の記録媒体の記録を消去するムーブと呼ばれる動作が必要となる。また、外部出力に関しては、DTCP(Digital Transmission Copy Protection)と呼ばれる不正コピーを防ぐ方式を実装する必要があり、また、インター

ネットで放送コンテンツが再送信されるような仕組みは禁止される。これらの基準はARIBの運用規定第8編(コンテンツ保護)に記述されている。この基準に準拠した受信機だけが、認定されてB-CASカードを支給されることとなる。

著作権保護が施された受信機は、デジタル記録及び外部機器とのインタフェースにおいて、ユーザーにとっては使いにくい場合が出てくる。しかし、デジタルコンテンツの著作権を保護することは、デジタル放送の発展のためには必要不可欠なものである。デジタル放送における著作権保護(RMP)は、放送局、メーカー、監督官庁が合意のうえでデジタル放送の発展のために設けられた仕組みであるので、今後ともユーザーに広く理解を求めていく必要がある。

デジタル放送の将来展望

2006年までには、主要な都市部全域で地上デジタル放送が受信可能となり、また、2007年にはBSのチャンネル数が

増加し、BSデジタル放送も更に拡充される予定となっている。デジタル放送の環境が整っていく一方で、テレビ受信機においても、液晶やプラズマディスプレイなどによる大画面のハイビジョンテレビが急速に普及しつつある。また、当初は高価だったデジタル受信回路も、集積化によって低価格化が進み、ここ数年の間には、デジタルハイビジョンテレビは広く家庭に普及していくことが予想される。更には、ネットワーク経由で映像信号が家庭のテレビに配信されるというサービスも近い将来には可能となり、情報端末としてのデジタルテレビ受信機は更に発展していくことが予想される。また、2005年ころには携帯端末向けの1セグメント放送が始まり、デジタル放送のモバイル受信が広まっていくこともおおいに期待される。

2011年の地上アナログ放送の停止に関してはいろいろな議論もあるが、そのころには、デジタルテレビ受信機が、一般の人々の間に広く普及していることはまちがいのないことと思われる。

文 献

- (1) 総務省資料 .
< <http://www.tele.soumu.go.jp/search/myuse/use0303/30m.pdf> > (参照 2003-9-12).
- (2) 総務省ホームページ .
< http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/030416_7.html > (参照 2003-9-12).
- (3) 大塚吉道.“ハイビジョン映像の高圧縮符号化技術”.平成15年度NHK技研公開予稿集,2003,p.22-27.
- (4) “BSデジタル放送用受信機等が対応可能な権利保護方式の技術的条件”.平成13年度情報通信審議会答申 諮問第2003号.



桜井 優
SAKURAI Masaru, D.Eng.

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
AV技術開発部主幹,工博。デジタル映像分野の開発に従事。映像情報メディア学会,IEEE会員。
Core Technology Center



小川 正俊
OGAWA Masatoshi

デジタルメディアネットワーク社 青梅デジタルメディア工場 AV設計第1部参事。デジタル映像機器の開発設計に従事。
Ome Operations - Digital Media Network