

# 第 1 章

## 放送波の波形比較とOFDMの概説

# アナログ放送と デジタル放送の違い

地デジの電波はUHFのアナログ放送と同じ周波数帯であり、アナログ放送と同じUHFアンテナで受信できますが、その変調方式は大きく異なっています。アナログ放送が単一キャリアによるAM方式であるのに対して、OFDM方式で送信されている地デジの電波は数千本のキャリアで構成されており、さまざまな特徴があります。

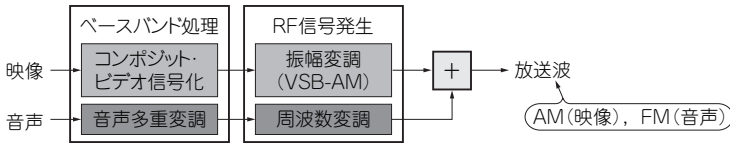
アナログ放送とデジタル放送の信号処理の違いを図1-1に示します。

本章では、地デジの電波がアナログ放送の電波とどのように違うのかを知るために、実際の放送波を観測します。

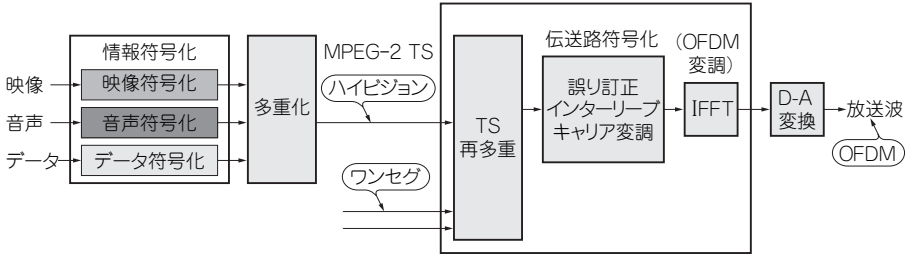
### 1-1 地上波のテレビ電波を観測してみる

図1-2は、神奈川のある地点において、実際のUHF帯テレビ放送波の周波数スペクトラムを観測した波形です。東京タワーに向けて設置した受信アンテナにスペクトラム・アナライザを接続して観測したもので、波形の横軸が電波の周波数、縦軸が電波の強さを表しています。表示されている周波数は470 MHzから570 MHzで、この中に13チャンネルから28チャンネルまでが含まれます。

ここで、14チャンネルと16チャンネルはアナログ放送、20チャンネルから28チャンネルは東京タワーから送信されている地デジの電波です。また、東京タワーからの電波ではありませんが、18チャンネルも神奈川県民放局の地デジ放送です。アナログ放送も地デジも、1チャンネル当たりの周波数帯域幅は同じ6 MHzですが、その周波数スペクトラムはまったく異なっているのが分かります。このスペクトラム波



(a) アナログ放送 (NTSC方式)

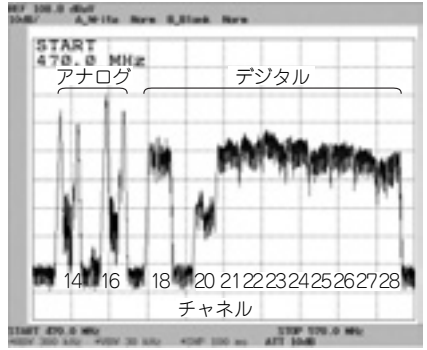


(b) 地デジ (ISDB-T方式)

図 1-1 放送の信号処理の違い

アナログ放送の放送波は、映像や音声の信号で直接変調されている。それに対して地デジでは、映像や音声を圧縮して効率よく伝送するための情報符号化と多重化、複数のプログラムを放送するための再多重化、データをデジタル変調で伝送するための伝送路符号化などを経て放送波が生成される。

図 1-2 UHF帯のテレビ放送波のようす (スタート：470 MHz、ストップ：570 MHz)  
東京タワーからの地デジ放送波のなかで、20チャンネルのレベルが極端に小さいのは東京都の県域放送で、送信出力が小さく送信アンテナの指向特性も異なるため、他のチャンネルは首都圏の広域放送である。



形の違いの意味を、もう少し詳しく見ていきます。

## 1-2 アナログ放送の波形

### ◆放送波の振幅そのものが画像の明暗を表す

アナログ放送では、画像を伝送するために、まず画像の輝度情報(明暗の情報)を

## 第2章

放送の仕様と受信機の構成, 実機の内部

## 地デジ受信機の概要

地デジの受信機は、高周波回路で構成されたRFフロントエンドと、それに続く膨大なデジタル処理が必要なため、当初はアナログ放送の受信機より高価でした。しかし、ICの高集積化と高性能化が進んだことによって、部品点数が大幅に減少してコストが下がったため、いまや価格が5千円以下のチューナも販売されています。

## 2-1 地デジの仕様と受信機の概要

## ◆地デジの標準規格

日本の地上デジタル放送(地デジ)は、ISDB-Tと呼ばれる方式であり、詳細な仕様についてはARIB(社団法人電波産業会)で標準規格として定められています。

最近では、この標準規格や関連する技術資料がARIBのサイトから無料でダウンロードすることができるようになり、放送関係の実務に携わる者でなくとも、地デジの規格書を容易に入手することができるようになりました。

規格書は、複雑な地デジの仕様を詳細に規定するためのものであり、放送機器や受信機を開発したり、放送システムを運用したりするためには欠かせません。

しかし、規格書の記述は、データの符号化や変調などについて、それぞれの技術の基本知識を有することが理解の前提となっているうえ、必要な関連資料を合わせると膨大なページ数となります。

また、実際の受信機に必要な技術について、規格書に詳しく記載されているわけではないので、受信機の動作は理解しにくくなっています。

表2-1 地デジの符号化方式と多重化方式

映像符号化	MPEG-2 ビデオ
音声符号化	MPEG-2 AAC オーディオ
データ符号化	XML ベースのマルチメディア符号化
多重化方式	MPEG-2 システム

表2-2 地デジの伝送信号パラメータ

モード	モード1	モード2	モード3
OFDM セグメント数	13		
帯域幅	5.575 MHz	5.573 MHz	5.572 MHz
キャリア間隔	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
キャリア数	1405	2809	5617
データ・キャリア数	1248	2496	4992
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
フレーム当たりのシンボル数	204		
有効シンボル長	252 $\mu$ s	504 $\mu$ s	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		
内符号(誤り訂正)	畳み込み符号(符号化率 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
外符号(誤り訂正)	短縮化リード・ソロモン(204, 188)		
情報レート	最大 23.234 Mbps		

2010年4月現在、放送はモード3、ガード・インターバルは1/8となっている。

表2-3 地デジ受信機の要求仕様

項目	規格値	注 釈
入力インピーダンス	75 $\Omega$	—
受信周波数	UHF13 ch (中心周波数 473 + 1/7 MHz) } UHF62 ch (中心周波数 767 + 1/7 MHz)	VHF1 ch ~ 12 ch と、CATV の C13 ch ~ C63 ch も受信できることが望ましいとされている
第1中間周波数	57 MHz	(実際の製品では異なる場合もある)
受信周波数同期範囲	$\pm$ 30 kHz 以上	—
受信クロック同期範囲	$\pm$ 20 ppm 以上	—
最小入力レベル	- 75 dBm 以下(目標値)	モード3、ガード・インターバル比 1/8、64 QAM、畳み込み符号化率 7/8 で、RS(リード・ソロモン)復号前のビット・エラー・レートが $2 \times 10^{-4}$ となる入力レベル
最大入力レベル	- 20 dBm 以上	

表2-1は、標準規格から抜粋した地デジの符号化方式と多重化方式、表2-2は伝送信号パラメータです。伝送信号は、規格上ではさまざまなモードやパラメータが規定されていますが、2010年4月現在、実際の放送はモード3で運用されており、ガード・インターバルは有効シンボル長の1/8となっています。

## 第3章

RF アンプ, RF フィルタ, AGC, ミキサ, 局部発振, IF フィルタで  
構成された

# RFフロントエンドのしくみ

RFフロントエンドはアナログ高周波回路であり、技術的に従来のアナログ放送の受信機の延長線上にあります。この部分は多くの高周波部品を必要とするため、低価格化、小型化のネックとなっていました。最近ではシリコン・チューナと呼ばれるICによって、チップ1個とわずかな周辺部品だけで構成できるようになってきました。

## 3-1 地デジを支えるアナログ技術

アンテナで受けたUHF帯の放送波を増幅し、信号処理に適したIF(中間周波数)に変換する高周波回路部が、RFフロントエンドです。この部分は、通常一つのケースに収めたモジュールとして受信機に実装されています。さらに、OFDM復調器(デコーダ)を内蔵したフロントエンド・モジュールもあり、これはNIM(Network Interface Module)と呼ばれることもあります。

図3-1に、地デジ受信機のRFフロントエンドの回路構成例を示します。地上波を直接受信する場合の受信周波数はUHF帯ですが、CATVにおいては、CATVチャンネルに周波数変換して送信することがあるので、一般的にVHFやCATVチャンネルにも対応しています。

RFフロントエンドは、電波の強い地域から弱い地域まで、さまざまな受信環境において安定な受信を行ううえで重要な役割を担っています。いわゆる感度の良い受信機、悪い受信機という違いも、この部分の性能の差が大きく影響しています。

デジタル放送といえども、デジタル変調波はデリケートなアナログ信号として

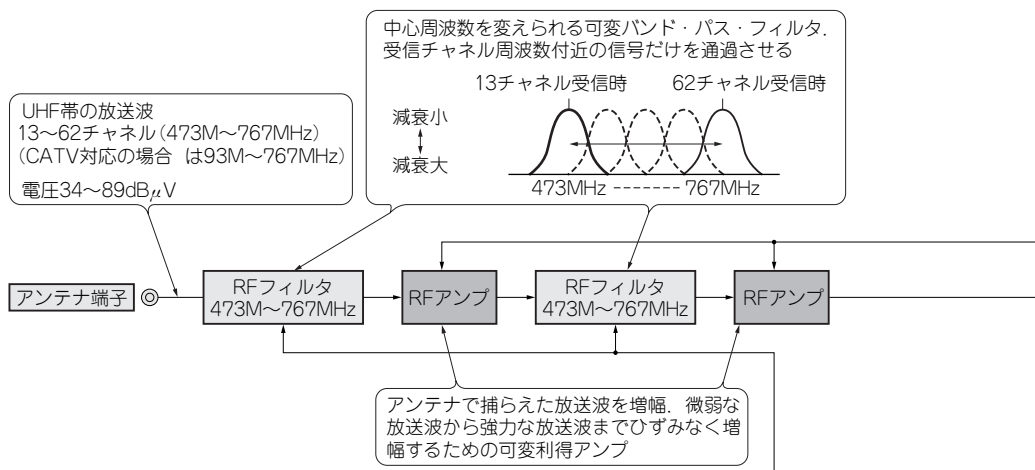


図3-1 RFフロントエンドの回路構成例

扱う必要があります。そこにはアナログ放送受信機以上に高度なアナログ技術が盛り込まれています。

## 3-2

## RFアンプ

### ◆アンテナが捕えた放送波を十分に増幅する

地デジの受信環境は、送信アンテナの至近から遠く離れた地域までさまざまです。サービス・エリア内の電界強度(電波の強さ)も受信場所によって大きな差があるうえに、電界強度の変動に対する余裕も考慮する必要があります。

ARIBの規格では、受信機のアンテナ端子における放送波の入力レベル範囲は  $-75$  dBm ~  $-20$  dBm ( $0$  dBm =  $1$  mW) と規定されていて、少なくともこの範囲で正常に受信できる性能であることが必要とされています。アンテナ端子の特性インピーダンスは  $75 \Omega$  と決められているので、この入力レベル範囲を電圧( $75 \Omega$  終端値)で表すと、約  $34$  dB $\mu$ V ( $50 \mu$ V) ~  $89$  dB  $\mu$ V ( $28$  mV) となります。

RFアンプは、アンテナで受信したUHF帯の信号が、その後が続く周波数変換回路でノイズに埋もれないようにするために、十分な電圧まで増幅します。

アンテナ端子への入力信号が  $34$  dB  $\mu$ V という微弱な条件でも受信できる性能が求められるため、RFアンプは低雑音で高利得な設計がされています。現在市販さ

## 第4章

ガード・インターバル, シンボル同期, 周波数同期, 周波数特性/  
位相誤差の補正…

# OFDM 復調技術の詳細

OFDMの復調は、変調と逆の変換、つまりFFTを行うことでキャリアごとのデータを得るわけですが、それだけでは実際の受信機は成り立ちません。シンボル同期や周波数同期など、さまざまな補正機能があって、はじめて放送波を安定に復調することができます。これらの同期や補正機能は、悪条件下での受信性能を左右する部分です。

## 4-1 OFDM 変復調の基礎知識

### ◆セグメント方式による階層伝送

ISDB-T方式の地デジは、図4-1のように、OFDM波全体のキャリアの集合が、13のセグメント(OFDMセグメント)という単位に分割されていて、一つのセグメントは432本のキャリアで構成されています。

このセグメント単位でデータ・キャリアの変調方式を変えて放送することが可能になっていて、受信機側もこれに合わせて必要なセグメントを受信します。これを階層伝送と呼び、ISDB-T方式では最大3階層の伝送が可能です。

実際の放送では現在、ワンセグ放送とハイビジョン放送の2階層の伝送が行われていて、それぞれのデータ・キャリアの変調方式はQPSKと64QAMになっています(図4-2)。

### ◆OFDMの変復調は離散フーリエ変換そのもの

第1章では、OFDM信号の成り立ちを簡単な概念図で説明しましたが、地デジ

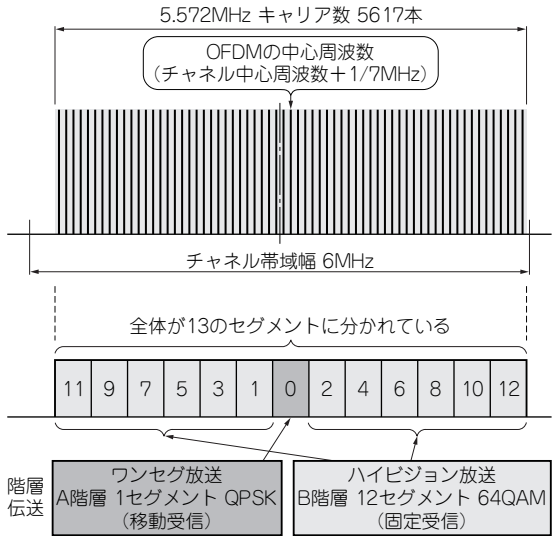
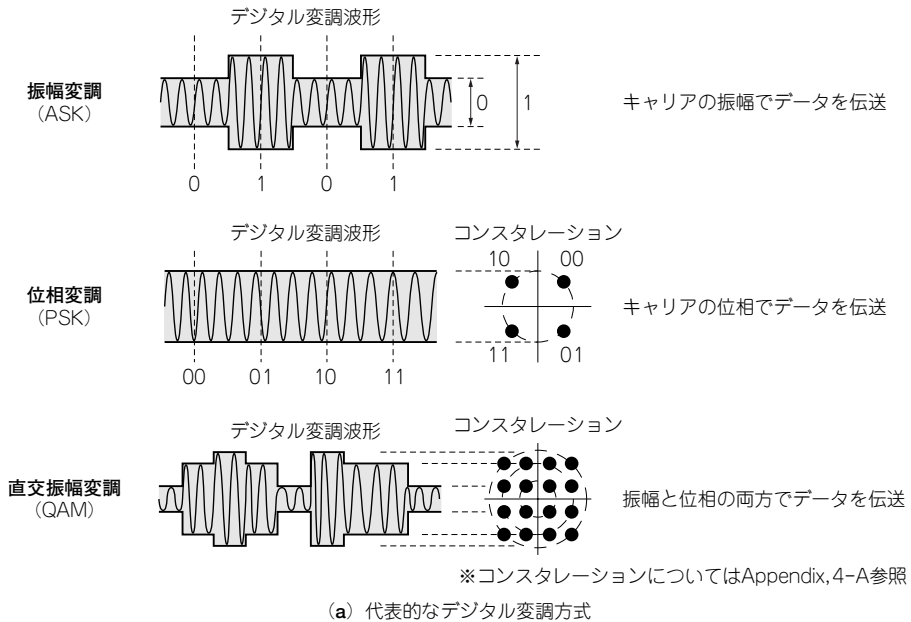


図4-1 セグメントと階層伝送

1セグメントあたりのキャリア数は432本なので、13セグメントの合計は5,616本となるはずだが、実際は5,617本となっている。これはCP(Continual Pilot)という受信同期用のパイロット・キャリアが、全体の上端(図の右端)に1本挿入されているため。



(a) 代表的なデジタル変調方式

図4-2 データ・キャリアの変調方式

ISDB-Tの規格では、データ・キャリアの変調方式として、QPSKと64QAM以外に16QAMも使用することができる。



## 第5章

誤り訂正符号化の概要と誤り訂正の効果を実験

## デインターリーブと誤り訂正

地デジでは、データを伝送する際に、畳み込み符号化とブロック符号化という2種類の誤り訂正符号化を組み合わせることで、さまざまな条件での受信性能が改善されています。また、送信時にデータの順序を入れ替えるインターリーブを行うことによって、それぞれの誤り訂正の能力を最大限に高めるようになっています。

## 5-1 誤りを訂正して送信側と同じMPEG-2 TSを復元する

OFDM復調部で得られたデータ・キャリアの復調データは、ブロック符号化と畳み込み符号化による二重の誤り訂正符号化がなされています。受信機では、それらを復号することで、送信側と同じMPEG-2 TS(Transport Stream)が得られます(MPEG-2 TSについては第7章参照)。

また、誤り訂正符号を復号する前には、階層ごとにデインターリーブ、デパンクチャ、エネルギー逆拡散などの処理が必要となります。これらの処理の流れを図5-1に示します。

本書では、デインターリーブと誤り訂正についての概要を説明します。誤り訂正符号の理論や復号法については、詳しく解説された出版物が多数ありますので、それらを参考にしてください。また、インターリーブやエネルギー拡散の詳細な仕様については、ARIBの標準規格 STD-B31『地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式』を参照してください。

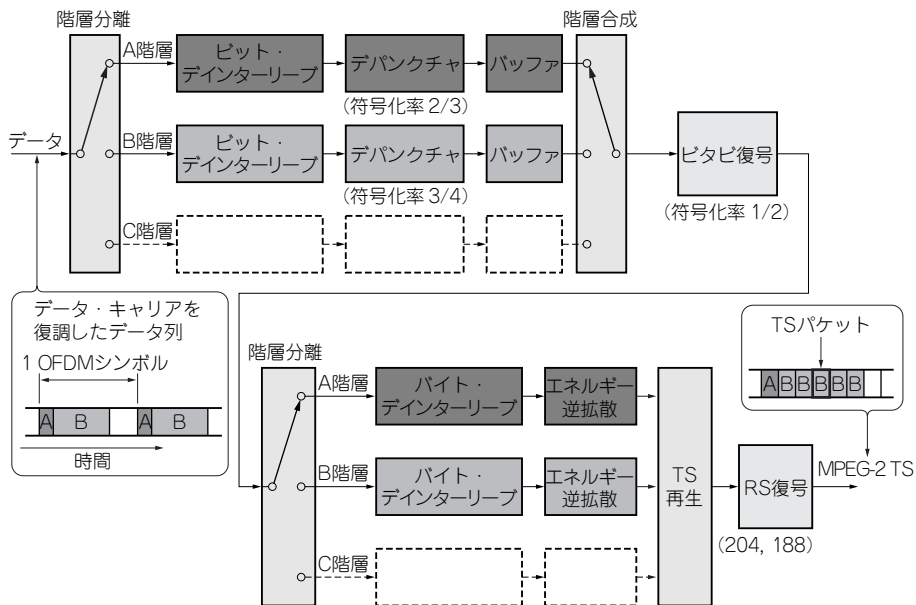


図5-1 デインターリーブと誤り訂正の流れ(実線は、2010年4月現在放送されている1セグと12セグの2階層の場合)

### ◆ビット・デインターリーブ

各データ・キャリアの変調データは、送信側でビット・インターリーブが行われています。これはQPSKやQAMのマッピングの際に、ビットごとに異なる遅延時間を与えて、キャリア変調のデータを拡散するものです。これによって、畳み込み符号の誤り訂正能力をより高めることができます。QPSKと64QAMの場合の、ビット・インターリーブの仕様を図5-2に示します。

受信側では、階層ごとの変調方式に合わせてビット・デインターリーブで元に戻します。

### ◆ピタビ復号法による畳み込み符号の復号

畳み込み符号は、最新の値だけでなく過去のビットの値も含めて連続的に畳み込んで符号化するもので、ランダム・エラー(散発的に発生するエラー)に対する訂正能力が高い符号化方式です。受信側では、前後の遷移状態から誤りを訂正します。この畳み込み符号を効率的に復号する方法がピタビ復号法です。

図5-3は、地デジの基本的な畳み込み符号化回路で、1ビットの入力情報に対し

## 第6章

地デジの受信状態の評価方法、地デジ特有の受信障害

## 地デジの受信評価と受信障害

アナログ放送は、映像の映り具合を見れば受信状態の良否が分かるといっても過言ではありません。しかし地デジの場合は、映像がきれいに映っていてもそれが安定な受信状態を意味するとは限りません。安定に受信するためには、受信状態の余裕度(受信マージン)を十分に確保することが重要です。

## 6-1 地デジの受信状態を評価する方法

## ◆受信マージン

テレビ放送の受信状態が、受信限界(正常に受信できる最低限の状態)に対してどのくらい余裕があるかという余裕度のことを、受信マージンといいます。地デジでは、この受信マージンが十分でないと、電波条件のわずかな変化で突然に映像が途絶えることがあります。

アナログ放送では、ノイズやマルチパス、信号レベルの低下などによってテレビ受信機へ入力される信号品質が低下すると、それがそのまま画質の低下となります。このことは、多くの人が経験的に理解していることであり、例えば「テレビの映りが悪くなってきたからアンテナを点検しよう」というように、信号品質の低下を感覚的に察知して改善対策を行っているわけです。

いっぽう、地デジでは、信号品質が多少低下しても映像からそれを知ることができません。ところが、信号品質が受信限界より低下すると、こんどは急激に映像再生が不可能になってしまいます。これは、デジタル放送の伝送が、強力な誤

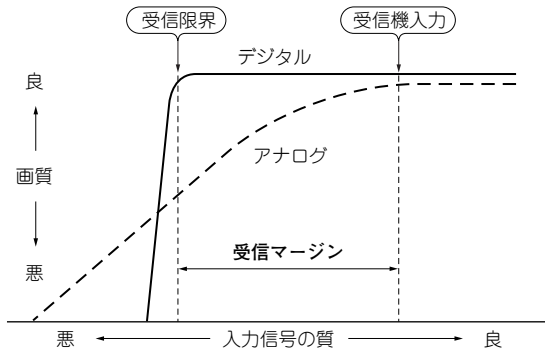


図6-1 受信マージンの概念

アナログ放送の受信では、入力信号の品質がそのまま画質に反映されるのに対して、デジタル放送の受信では、受信限界付近で画質が非常に急激に変化する。このようなデジタル放送特有の現象を、崖にたとえてクリフ・エフェクト(崖効果)という。受信マージンは、この崖までの余裕を示すものである。

り訂正と画像圧縮によって支えられているために生じる特性です。デジタル放送にはこのような特性があるため、安定な受信のためには受信マージンの確認が重要となります。図6-1は受信マージンの概念です。

#### ◆受信マージンの測定方法

受信マージンを調べるには、いくつかの方法がありますが、代表的なものを説明します。

##### (1) レベル、MER、BERを測定する方法

信号レベル、MER(モジュレーション・エラー・レシオ)およびBER(ビット・エラー・レート)を測定して、それぞれの受信限界(所要値)に対する余裕から総合的に受信マージンを判断します。受信工事の現場でもっとも一般的に行われている方法ですが、これらの測定項目に対応した測定器と、ある程度の専門知識や経験に基づいた判断が必要となります。写真6-1は、これらの測定機能を備えた受信測定器の例です。

受信マージンを判断するうえでの測定値の目安を表6-1に、受信測定器による測定結果の例を図6-2に示します(信号レベルについては第1章、MERは第4章Appendixの4-A、BERは第5章Appendixを参照)。

## 第7章

システム概要とパケット化, 多重化, MPEG-2 TS の分離方法

# MPEG-2 システム

受信機の機能ブロックは、デジタル変調の復調を行うフロントエンド部と、フロントエンド部から渡された信号から映像や音声をデコードして視聴者に提供するバックエンド部の二つに分けて考えるのが一般的です。そして、これらフロントエンド部とバックエンド部を繋いでいるMPEG-2 TSは、地デジのみならずデジタル放送全般に関係する大変重要な規格です。

## 7-1 MPEG-2 システムの概要

映像、音声、付随データなどはおのおの個別の方式で符号化されますが、これらのデータを実際のアプリケーションで利用するには、多重化を行って1本のデータ・ストリームにする必要があります。その際、多重化前の状態に分離するための情報や、デコードのためのクロック同期も必要となります。MPEG-2システムは、こうした多重化を行うための方式です。

MPEG-2システムでは、MPEG-2 PS(Program Stream)、MPEG-2 TS(Transport Stream)の2種類の方式が標準化されています。

MPEG-2 PSは、主に映像や音声を1本のプログラムに多重化するためのもので、MPEG-1システムを発展させたものという位置付けになります。蓄積系メディア向けの規格になっていて、MPEG-1システムはビデオCD、MPEG-2 PSはDVDが主な対象となります。

MPEG-2 TSは、複数のプログラムを1本のストリームに多重化することが可能

で、多チャンネル化されたストリームを作成することができます。また、データ・パケットが188バイトと比較的小さな単位なので、復調後のストリームへの同期化が高速に行えます。これらの特徴から、デジタル放送に適した方式であると言えます。

## 7-2 日本のデジタル放送の標準規格と運用規定

図7-1は、日本のデジタル放送に関する規格の構造を示したものです。DVBやATSCなど海外の方式も、RMPがなかったり、データ放送の方式が別の方式だったりという相違はありますが、おおむね同様です。

ISOの規格、ISO/IEC13818-1では、MPEG-2システムの基本部分のみが定められており、デジタル放送の方式ごとに発生する詳細な項目については、各規格化団体において補足したうえで個別に規格化されています。

日本のデジタル放送については、ARIB(社団法人電波産業会)で規格化されて公開されています。

ARIBで公開されている文書は大きく2種類に分類されています。一つはSTDとして採番されているもので、これは標準規格と呼ばれます。地デジに関する規格なら、伝送路符号化(B31)、番組配列情報(B10)、データ放送規格(B24)、アクセス制御方式(B25)といった具合に、個別に規格化がされています。

もう一つはTRとして採番されているもので、技術資料と呼ばれます。このなかの運用規定と呼ばれる資料は、デジタル放送にとってはたいへん重要な資料なので、

地デジ		BSデジタル		CATV	
ISDB-T	ARIB STD-B31	ISDB-S	ARIB STD-B20	CATV	JCTEA STD-004
MPEG-2 TS					
ISO/IEC13818-1 (MPEG-2 システム)					
PES		ISO/IEC13818-1 ARIB STD-B32		セクション	
RMP		ARIB STD-B25 (スクランブル)		ISO/IEC13818-1 ARIB STD-B32	
ビデオ		オーディオ		データ	
ISO/IEC13818-2 (MPEG-2 Video)	ISO/IEC13818-7 (MPEG-2 AAC)	データ ARIB STD-B24 (独立PES伝送方式)		ISO/IEC13818-1 ARIB STD-B10	
ARIB STD-B24 (データ・カルーセル) 伝送方式					

図7-1 日本のデジタル放送の規格体系

テレビ放送は、さまざまな規格のもとになり立っている。図中、下部に位置するものほど素材に近い規格で、一つずつ上の段の規格(フォーマット)に受け渡されて変調波となる。こうした規格の体系を表したものを、プロトコル・スタックとも呼ぶ。

## 第 8 章

映像と音声の圧縮のしくみ

# 動画圧縮と音声圧縮の概要

高品質なコンテンツの提供と情報量の削減。この二律背反する要求事項を実現することができたのも、圧縮技術が実用化されたからにほかなりません。地デジではハイビジョンの圧縮にはMPEG-2ビデオ、ワンセグ放送にはH.264という2種類の動画圧縮技術を用いています。また、音声圧縮方式には5.1チャンネル・サラウンドに対応したMPEG-2 AACという方式が採用されています。

私たちが“デジタル”を身近に感じるようになったのは、1980年初頭に製品化されたCD(コンパクト・ディスク)ではないでしょうか。それまで主流だったアナログ・レコードは、みるみるうちにCDに取って代われ、録音/再生装置もDAT(Digital Audio Tape)やMD(Mini Disc)といったデジタル機器が、テープ・レコーダに代わって主流になりました。

オーディオ分野では急速に普及したデジタル技術ですが、映像分野においては1990年代半ばまで待たねばなりません。映像をデジタル化するためには、音声とは比較にならないほど大量の情報を迅速に処理する技術が必要となります。さらに、その情報量をそのまま伝送しようとすると、高速かつ大容量な伝送手段を使用しなければなりませんし、装置の低価格化が難しくなるなど、実用化に際してさまざまな問題が生じます。こうした問題を解決するためには、効率よく情報を圧縮したり、圧縮されたデータを元の情報に復元(伸張)する技術が必須であると考えられてきました。

そして、高品質な圧縮/伸張技術が実用化されたことが、映像分野のデジタル化を大きく後押しし、1996年になってようやくDVD(Digital Versatile Disc)プレー

ヤが製品化されました。また、この年には専門多チャンネルの衛星デジタル放送(現スカパーフェクTV)も開始されています。この頃を境に、ようやく本格的なデジタル映像の時代が始まったとすることができるでしょう。

本章では、デジタル放送になくってはならない圧縮技術について、地デジで使用されるMPEG-2ビデオとMPEG-2 AAC(オーディオ)を中心に、その原理を見ていきます。

## 8-1 MPEG-2ビデオと動画圧縮の原理

### ◆動画圧縮はデジタル化に必須

映像信号をデジタル化し伝送するためには、膨大な情報量が必要となります。一例として、NTSC相当(720×480画素、30フレーム)の品質のテレビ放送をデジタル化した場合、およそ150 Mbpsのビット・レートが必要とされます。さらにHDTVになると1.5 Gbpsものビット・レートになります。ブロードバンドで特殊な専用線を使えば、1.5 Gbpsの伝送レートも可能ではありますが、6 MHzの帯域しかもたない地上波テレビ放送ではとても伝送できるものではありません。

そこで登場するのが圧縮技術です。動画像を圧縮する技術は、さまざまな機関で研究されてきました。WMV(Windows Media Video)やReal Videoなど、企業主体で開発されたものや、ISOが設置した専門家組織である、MPEG(Moving Picture Expert Group)が開発したMPEG-2ビデオなどの方式があります。MPEG-2ビデオは現在の放送分野で広く採用されています。

MPEG-2ビデオは、先に標準化されたMPEG-1ビデオの発展型といえるもので、基本的な技術を踏襲しつつ、MPEG-1ではできなかった機能を実現しています。主な違いとして、

- HDTVへの対応
- テレビジョン映像で使用されるインターレース(飛び越し走査)への対応
- 多チャンネルを実現する多重化(第7章で述べたMPEG-2 TS)

といった点があります。

MPEG-2ビデオは大変高度な技術のため、詳細に解説するとそれだけで一冊の本になってしまいます。ここではMPEG-2ビデオ圧縮規格の詳細よりも、「どうやって動画を圧縮しているのか」という、圧縮の原理にスポットをあてて説明します。本来ならば、インターレース映像への対応といった点は、テレビ放送としては外せない項目ではあるのですが、説明が複雑になるため省略しています。MPEG-2ビ



## 第9章

映像・音声の仕様と出力端子の詳細

## 映像・音声のフォーマットと出力端子

地デジ受信機は、標準画質放送からハイビジョン放送まで幅広い映像に対応し、音声もモノラルや2チャンネル・ステレオから5.1チャンネル・サラウンドまで、さまざまなフォーマットに対応しています。映像や音声の出力端子は、D端子などのアナログ方式に代わって、劣化のないデジタル伝送によるHDMI端子が主流になりつつあります。

## 9-1 地デジの映像・音声フォーマット

## ◆映像フォーマット

地デジでは、一つの放送波で一つのHD(ハイビジョン映像)番組、または最大三つまでのSD(標準映像)番組を放送することができます。ここで、HDやSDという言葉の定義はどうなっているのでしょうか。地デジの映像フォーマットは、画面を構成する画素数とスキャン方式によって、表9-1のように大きく5種類に分類することができます。垂直方向のライン数(画素数)が480であればSD、それ以上であればHDと呼んでいます。

表9-1 地デジの映像フォーマット

SD/HD	ライン数	画素数	スキャン方式
SD	480i	720 × 480	インターレース
	480p	720 × 480	プログレッシブ
HD	720p	1280 × 720	プログレッシブ
	1080i	1920 × 1080	インターレース
	1080p	1920 × 1080	プログレッシブ

ここで注意しなければいけないのは、伝送される画素数が表示される画素数と必ずしも一致しないことです。地デジのHD映像は1440×1080の画素数で伝送されており、受信機で水平方向に4/3倍することによって、1920画素としています。

映像の符号化方式であるMPEG-2ビデオは、国際標準ISO/IEC13818-2で、表9-2のようにさまざまなプロファイルとレベルを規定しています。しかし、これらすべてに対応したのでは大変高価な受信機になってしまうため、実際の放送では表9-2の網がけの部分のみが運用範囲としてARIBで定められています。

表9-2 MPEG-2ビデオのプロファイルとレベル

レベル (Level)		プロファイル (Profile)	シンプル Simple (SP)	メイン Main (MP)	SNR (SNR)	空間 Spatial (Spatial)	ハイ High (HP)	4:2:2 (4:2:2)	マルチ・ ビュー Multi-View (MVP)
レベル共通	ク ロ マ・ フォーマット	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:2 または 4:2:0	4:2:2 または 4:2:0	4:2:0
	スケーラブル・ モード	-	-	SNR	SNR または Spatial	SNR または Spatial	-	-	
	ピクチャ・ タイプ	I, P	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B
ハイ High (HL)	最大ビット・ レート(Mbps)	-	80	-	-	100	300	130	
	画面サイズ (pixel)	-	1920 × 1088	-	-	1920 × 1088	1920 × 1088	1920 × 1088	
	フレーム・ レート(fps)	-	60	-	-	60	60	60	
High-1440 (H14L)	最大ビット・ レート(Mbps)	-	60	-	60	80	-	100	
	画面サイズ (pixel)	-	1440 × 1088	-	1440 × 1088	1440 × 1088	-	1440 × 1088	
	フレーム・ レート(fps)	-	60	-	60	60	-	60	
メイン Main (ML)	最大ビット・ レート(Mbps)	15	15	15	-	20	50	25	
	画面サイズ (pixel)	720 × 576	720 × 576	720 × 576	-	720 × 576	720 × 576	720 × 576	
	フレーム・ レート(fps)	30	30	30	-	30	30	30	
ロー Low (LL)	最大ビット・ レート(Mbps)	-	4	4	-	-	-	8	
	画面サイズ (pixel)	-	352 × 288	352 × 288	-	-	-	352 × 288	
	フレーム・ レート(fps)	-	30	30	-	-	-	30	

## 第10章

ワンセグ, データ放送, 電子番組表, マルチビューTV…

# 地デジならではの 新しいサービス

地デジの恩恵は電波の効率化だけではありません。ハイビジョンやサラウンドといった基本的なサービスの高品質化だけでなく、デジタルならではの新しいサービスが可能となります。ワンセグ放送やデータ放送、電子番組表などがその代表と云うことができますが、それだけにとどまりません。

放送をデジタル化する大きな目的の一つが、ひっばくしつつある電波をより有効に利用するための必要不可欠な対策であったことは、本書の冒頭で述べたとおりです。SFNを利用した電波の効率的な利用や、伝送するデータそのものを圧縮することによって、アナログ放送と同じ6 MHzのチャンネル帯域内でありながら、ハイビジョンや5.1チャンネル・サラウンドといった高品質なコンテンツを伝送できるのは地デジの大きな特徴の一つです。しかしながら、地デジの利点はそれだけにとどまりません。

デジタル化することによって、アナログ放送時代にはできなかったサービスを実現できるようになります。ワンセグやデータ放送は、こうした新しいサービスの代表といえるものです。本章では、こうした地デジならではの多彩なサービスについて見てみます。

## 10-1

## ワンセグ放送

2006年4月、かねてから期待されていたワンセグ放送が開始されました。開始当初は受信機も数少なく、「ワンセグって何?」と問われることもしばしばでしたが、

今や、携帯電話の新製品のほとんどに搭載され、電車の中や街角でワンセグ放送を視聴している人の姿を当たり前のように見かけるようになりました。また、ワンセグによる特定用途向けの放送も利用され始めています。

### ◆ワンセグ放送の正式名称は部分受信

ワンセグ放送とは、その名のとおり地デジ放送の13セグメントのうちの1セグメントを携帯受信機として使用する方式です。最大の特徴は、新たに電波を送出することなく携帯(移動)受信専用のコンテンツを放送することが可能な点にあります。正式には、部分受信と呼ばれ、ARIB標準規格STB-B31の中で定められた変調設定の一つです。

ISDB-Tでは、13セグメントを最大三つのグループに分け、それぞれのグループに個別のキャリア変調方式を設定することが可能です。この13のセグメントのうち、中央の1セグメントについては、周波数インターリーブをそのセグメント内で行うことを可能としています。こうすることで、13のセグメントのうち中央の1セグメントだけを受信することが可能となります(図10-1)。これが部分受信と呼ばれるゆえんです。

部分受信という技術を採用した最大の目的は、受信機の低消費電力化にあります。携帯電話に代表されるワンセグ受信機は、バッテリーで駆動されることが前提であり、少しでも消費電力を抑えることが要求されます。復調の対象を1セグメントだけに絞ることで、受信機の電力消費を抑えようとしたのが部分受信です。

受信対象が1セグメントだけなら、13セグメントすべてを受信してその中から携帯用のコンテンツを抽出するより、はるかに消費電力を節約することができます。

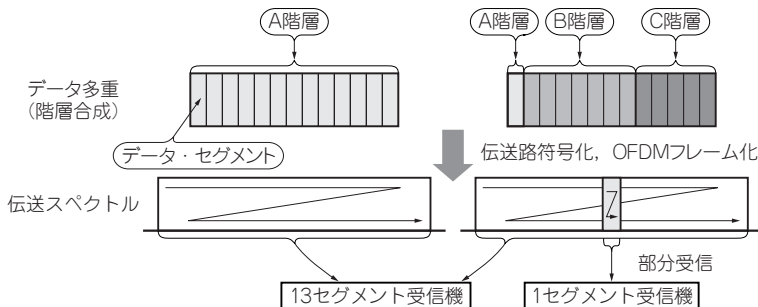


図10-1<sup>(9)</sup> 階層伝送と部分受信

ワンセグは部分受信部(図右側のA階層)のみを受信して復調する。データ多重においてもどの階層にどのデータを割り当てるかが明確にされる。

## 第11章

アナログ放送終了後の電波利用とマルチメディア放送  
デジタル放送の未来

物事の終わりは次の物事の始まりでもあります。アナログ放送で利用されてきたVHF帯域は、放送終了後には他の目的で利用されることになります。それは利用者にとって、新たな選択肢が追加されることであり、今までにないサービスを楽しむことを示唆しています。こうした流れは日本だけでなく世界中に波及し始めています。

## 11-1 アナログ放送終了後の電波利用

日本国内では、2011年7月24日にアナログ・テレビ放送は終了します。では、放送が終了した後の周波数帯は、誰がどのような目的で使用するのでしょうか。

アナログ地上波テレビ放送のデジタル化に伴う空き周波数帯の利用に関しては、50年以上に渡って親しまれてきたアナログ放送が終了するということと、VHFという比較的低い周波数帯が70 MHzも空くことから特に注目されてきました。

図11-1(a)に示すとおり、2011年までの周波数配置では、VHF-Lowのうち90～108 MHz(1～3 ch)と、VHF-Highのうち170～222 MHz(4～12 ch)が、地上テレビジョン放送用として割り当てられています。地デジが放送される帯域はUHF帯(13～52 ch)と決められているので、アナログ放送が終了すると、これらVHFの帯域が他の目的に使用できるようになります。

国内の電波利用に関しては、総務省の情報通信審議会で検討され、利用に関する方針が定められ法制化が進められます。VHF帯の空き周波数については、情報

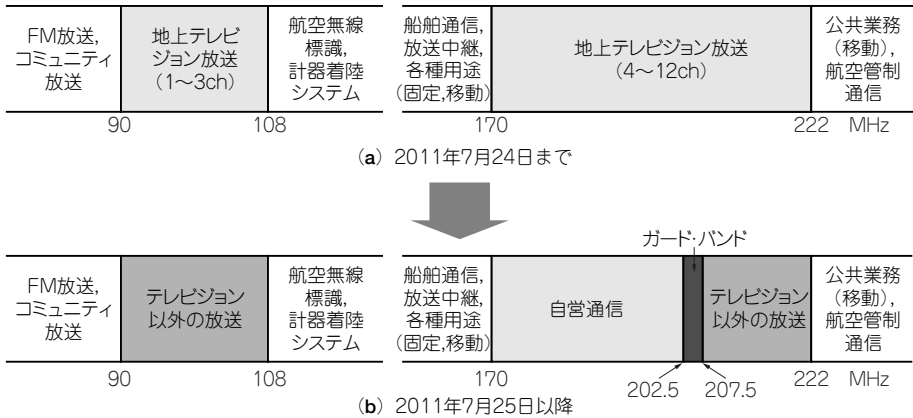


図 11-1<sup>(16)</sup> 2011 年以降の周波数配置案  
 空きチャンネルのうち、VHF-Low (90～108 MHz) と、VHF-High (207.5～222 MHz) の計 32.5 MHz が次世代の放送に使用されることになった

通信審議会答申(情報通信審議会答申「VHF/UHF 帯の電波の有効利用のための技術的条件, 平成 19 年 6 月」)において図 11-1 (b) のように,

- ① テレビ, ラジオ以外の放送 (90～108 MHz, 207.5～222 MHz)
- ② 防災などの自営通信 (170～202.5 MHz)

に割り当てるという方針が示されました。

特に①については、「移動体向けのマルチメディア放送などの放送(テレビ放送を除く)に使用することが適当である」とされたことによって、引き続き放送に使用することになりました。

これを受けて、「携帯端末向けマルチメディア放送サービス等の在り方に関する懇談会」で検討された結果を踏まえて、要求条件の策定が行われました。

この要求条件を満たす技術方式の提案を公募(パブリック・コメント)した結果から 2009 年 10 月、情報通信審議会放送システム委員会の報告書として「携帯端末向けマルチメディア放送方式に関する技術的条件」が答申されました。

以下、この報告書の内容について紹介します。

### ◆実現する携帯端末向け放送の基本的枠組み

表 11-1 は、懇談会の報告書で述べられている携帯端末向けマルチメディア放送方式に関する基本的枠組みです。

#### ▶ デジタル新型コミュニティ放送

## 第12章

ガード・インターバルの効果も確かめられる

# Excelを使ったOFDMのシミュレーション

テレビ放送がアナログ方式からデジタル方式に変わったことによって、放送波の変調波形や受信機内部の回路信号波形から動作を直接的に理解することは困難になってしまいました。しかし、デジタル変調などのデジタル信号処理は数値の演算ですから、内容によってはパソコンで比較的容易に仮想的な実験を行うことができます。

地デジの伝送で使われているOFDM(直交周波数多重)を、パソコン上でシミュレートしてみましょう。OFDMの変調と復調は、離散フーリエ変換そのものであるため、表計算ソフトウェアのExcelを使ってシミュレーションができます。

すぐに実験ができるように、あらかじめ変調データや関数などを入力したExcelファイルを作成しました。ガード・インターバル(GI)の効果を確認することもできるので、OFDMのイメージをつかむのに最適です。

## 12-1 シミュレーションでのOFDMパラメータ

実際の放送と同じ何千本ものキャリアをそのままシミュレートするのはたいへんですし、かといってキャリア本数があまり少ないと、OFDMの特徴が分かりにくくなるので、キャリア本数を48本として変調も単純なQPSKとしました。

シミュレーションのOFDMパラメータは、次のとおりです。

- キャリア本数…48本
- FFTポイント数…64ポイント
- ガード・インターバル…8ポイント

- キャリア変調方式…QPSK  
(パイロットおよび制御キャリアは考慮しない)
- 遅延波の加算…1波



図 12-1 ダウンロードしたExcelファイルを開いたところ(「マクロセキュリティ」は中レベルにする)

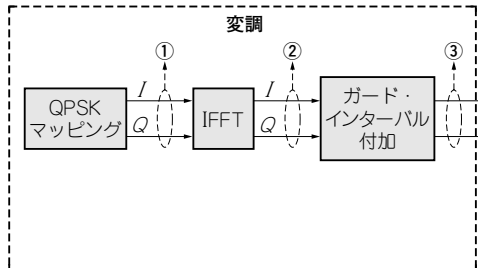


図 12-2 シミュレーションのブロック図