

地上波デジタルテレビ放送の取組み

The approach to digital terrestrial TV broadcasting at Fujitsu TEN

岩本 真一 *Shinichi Iwamoto*
田中 寿夫 *Toshio Tanaka*
高山 一男 *Kazuo Takayama*



要 旨

2003年12月に三大都市圏（東京・名古屋・大阪）の一部地域において地上波デジタルテレビ放送が開始された。2006年末には全国展開される計画である地上波デジタルテレビ放送について、本技術ノートでは以下の点に関して紹介する。

- ・ デジタル放送の特長
- ・ 日本でのデジタル放送の取組み
- ・ 日本方式の地上波デジタルテレビに関する簡単な技術説明
- ・ 当社の取組み(2000年～2003年)

Abstract

Digital terrestrial TV broadcasting began in December 2003 over a partial region of three metropolitan areas (Tokyo, Nagoya and Osaka).

These technical notes provide an introduction with respect to the following points, regarding digital terrestrial TV broadcasting, for which nationwide deployment is planned by the end of 2006:

- Features of digital broadcasting
- Digital broadcasting measures in Japan
- A simple technical explanation with respect to the Japanese digital terrestrial TV system
Measures at our company (2000 to 2003)

1

はじめに

2003年12月に三大都市圏（東京・名古屋・大阪）の一部地域において地上波デジタルテレビ放送が開始された。本技術ノートでは、デジタル放送の必要性、デジタル放送の概要から2003年度までの当社における取り組みを紹介する。

2

何故デジタル放送なの？

デジタル方式の放送では、以下の理由により、世界中（英国/米国/スウェーデン/韓国等）でアナログ方式からデジタル方式への切換えが進んでいる。

- ・アナログ方式と比較して使用周波数を大幅に節減でき、アナログ停波後様々な電波利用分野に再分配できる。
- ・視聴者はアナログ放送では享受できなかった多様なサービスを楽しむことができる。

3

デジタル放送とは？

従来、AM（Amplitude Modulation: 振幅変調）やFM（Frequency Modulation: 周波数変調）といった時間的に連続した信号をそのまま伝送しているアナログ放送が一般的であったが、これに対して離散的な信号に、様々な符号化及び多重化技術を用い伝送する方式がデジタル放送である。

放送のデジタル化により以下の新しいサービスが実現できる。

- ・高画質 / 高音質

より美しく、迫力のある映像（ハイビジョン）・音質（CD並）を楽しむことができ、映像が二重写しになるゴーストもなくなり高い放送品質が確保できる。

- ・複数チャンネル化

周波数効率が高いため、アナログ放送と同じ帯域幅で多くの番組を放送できる。

- ・高機能

データ放送の機能により、野球番組を見ながら選手情報あるいは他球場の詳細経過情報をチェックできる。また、欲しい時に天気予報、ニュース等の情報を取得できる。そして、双方向機能により、クイズ番組への参加、紅白歌合戦の番組中での紅白の勝ち負け投票、番組へのアンケートの回答等、今までにない新しい楽しみ方が可能となる。



デジタルになって見やすくなったなあ。前ならゴーストとか発生していたのに。音もその場にいるように臨場感あるなあ。

電子番組表を使えば新聞をみているように番組を選ぶことができるわね。



上記表示画面は、はめこみ画像です。

図-1 デジタル放送のイメージ
Fig.1 The digital broadcasting image

4

日本のデジタル放送について

日本のデジタル放送の動向についてであるが、まず衛星を用いた放送として、SKY PerfectTV！に代表される1996年開始のCS（Communications Satellite）デジタル放送、WOWOWに代表される2000年のBS（Broadcasting Satellite）デジタル放送に続いて、モバイル放送（衛星デジタルラジオ）が2004年7月の放送開始を目指して準備をすすめている。

一方、地上波デジタルテレビ放送はISDB-T（Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial）という名称で、2003年12月に三大都市圏を皮切りに順次拡大していき、2006年末には全国展開という計画が進められている。なお、2011年7月には現行のアナログ放送が停波する予定である。表1に2004年2月末現在のデジタル放送受信機出荷台数実績を示す。BS/CSの受信エリアは、ほぼ日本全国で平均600（千台）/年の出荷台数であった。一方、ISDB-Tの受信エリアは日本全国の約5%にも関わらず、約1年で607（千台）出荷し、急激にISDB-Tが普及している。（2004年2月現在）

表-1 デジタル放送受信機国内出荷実績

Table 1 Shipment of digital TV broadcast receivers in Japan

	(千台)		
	ISDB-T	BS	CS
2004年2月単月			
チューナ内蔵テレビ	67	39	
チューナ	4	4	13
合計	71	43	13
2004年2月までの累計	('03~1年)	('99~5年)	('98~6年)
チューナ内蔵テレビ	550	1995	
チューナ	57	891	3899
合計	607	2886	3899

(出典：JEITA及び衛星放送協会ホームページ)

ISDB-TはUHF (470~770MHz) の帯域を使用し、従来のアナログ放送と同じ帯域幅 (約6MHz) を13セグメントに分割して放送を行う。この13セグメントのうち13あるいは12セグメントを用いてHDTV (High Definition Television:ハイビジョンTV図2-a,b) を行い、高画質な映像を楽しむことが可能である。また、13セグメントを最大3分割することで2種類のSDTV (Standard Definition Television:標準TV図2-c) と1セグメントを用いての移動体向けの部分受信*1 (H.264とのサイマル放送*2) が可能となる。

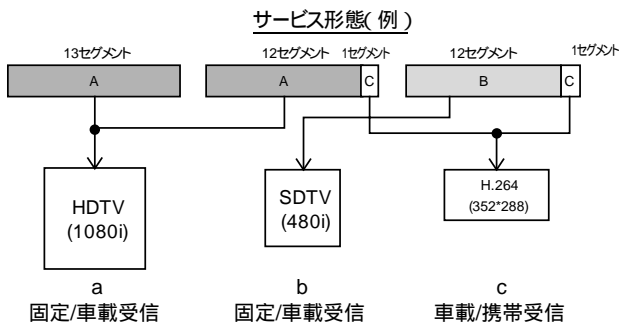


図-2 ISDB-Tの階層伝送例

Fig.2 ISDB-T hierarchy transmission example

ISDB-Tの特徴として、

- ・雑音の影響を受けにくく、妨害に強いため、高画質な映像・音声の提供が可能。
- ・従来のアナログ放送1チャンネル分と同じ帯域幅で、2~3の放送が可能。また番組毎に変調方式の選択が可能。
- ・マルチパスやフェージングに強い方式の採用により、より広範囲での移動体の受信が可能。
- ・階層伝送により変調方式の選択が可能。
- ・新聞にあるような番組表 (EPG: Electric Program Guide) を用いた番組検索、予約、選択が可能。

- ・番組の視聴中に情報を受信機に蓄積することで、いつでも欲しい時に情報を視聴することが可能。
 - ・字幕・解説放送が充実し、お年寄りや目や耳の不自由な方に優しいサービスを提供。
- といった点が挙げられる。

5 日本のデジタル放送技術について

ISDB-Tに用いられている代表的な技術として 情報源符号化技術 多重化技術 伝送路符号化技術 (変調・誤り訂正) がある。個々の技術について説明を行う。

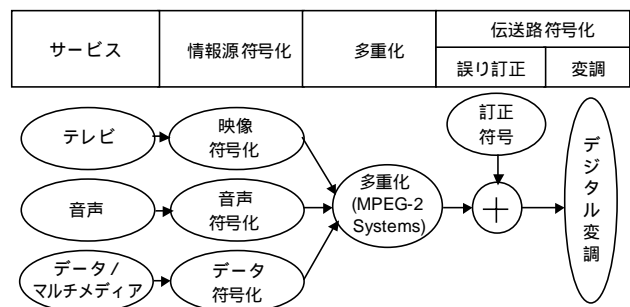


図-3 ISDB-Tに用いられている技術概要

Fig.3 Summary of technology utilized in ISDB-T

5.1 情報源符号化技術

情報源符号化とは音声や映像を符号化する技術で、MPEG (Moving Picture Experts Group) と呼ばれる高効率圧縮技術が主に用いられる。

ISDB-Tには、下表の方式を採用している。

表-2 ISDB-Tに用いられている符号化方式

Table 2 Encoding methods utilized in ISDB-T

映像	MPEG-2 Video(MP@HL/MP@ML)
音声	MPEG-2 AAC(profile: Low Complexity)

5.2 多重化技術

符号化された複数の情報源を一つのデータとして情報源を相互に連携可能とする技術で、ISDB-Tの場合、MPEG2-SYSTEMSと呼ばれる方式を採用している。このMPEG2-SYSTEMSは符号化された映像や音声及びデータ放送のデータを多重化し、それぞれの同期をとりながら再生する方式である。MPEG2-SYSTEMSにはPS (Program Stream)

(*1) 帯域中央のセグメントのみを受信すること。すべてのセグメントを受信しなくても放送の一部を楽しむことができる。

(*2) 同一番組を同時に放送すること。

とTS (Transport Stream) があり, ISDB-TにはTSが適用されている。なお, PSはDVD等に適用されている。

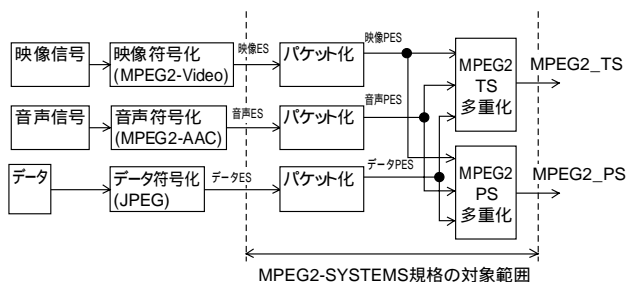


図-4 MPEG2-SYSTEMS規格の規定範囲
Fig.4 The range of MPEG2 SYSTEMS standards

5.3 伝送路符号化技術 (変調・誤り訂正)

5.3.1 デジタル変調技術

デジタル変調は, 搬送波の振幅, 周波数, 位相のいずれか, あるいは組み合わせをデジタル信号 (0あるいは1) により変化させる。

変調方式として, 次の3通りがある。

- ・ASK (Amplitude Shift Keying) : 振幅を変化
- ・FSK (Frequency Shift Keying) : 周波数を変化
- ・PSK (Phase Shift Keying) : 位相を変化

前記の方式では, 多くの情報を送ることができない (1シンボルで1bit)。多くの情報を送る伝送方式として, 以下の3通りの方式がある。

- ・QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) : 搬送波の位相を90度おきにとり, 1シンボルで2bitの情報伝送が可能。
- ・DQPSK (Differential QPSK) : QPSKが情報を直接, 搬送波の位相に対応させるのに対し, 搬送波の位相差に情報を乗せる差動位相変調方式であり受信機側で復調用の同期搬送波を必要としない方式。
- ・QAM (Quadrature Amplitude Modulation) : 位相差90度 (直交関係) にある2つの搬送波により振幅の変化を与えて加え合わせる方式。16QAMでは, 1シンボルで4bit, 64QAMでは1シンボルで6bitの情報伝送が可能。

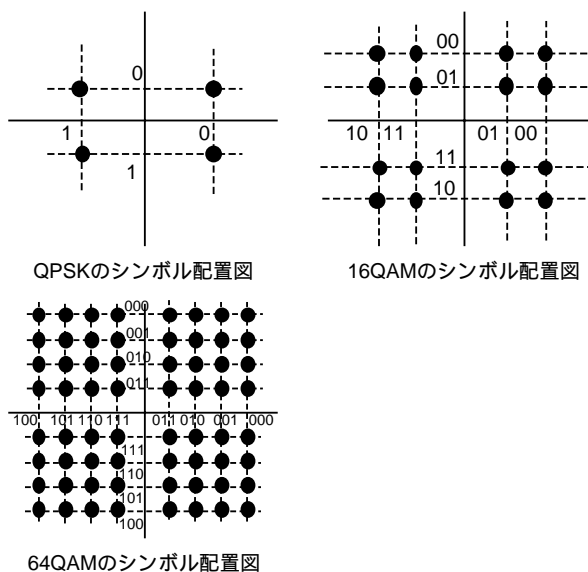


図-5 各変調によるシンボル配置
Fig.5 Symbol distribution by modulations

ISDB-Tの場合, 変調方式としてDQPSK, 16QAM, 64QAMのいずれかの方式で変調を行うが, このとき複数の搬送波を用いるマルチキャリア方式を採用している。この方式はOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) と呼ばれる方式が一般的であり, OFDMによりマルチパスやフェージングに強く移動体でも良好な受信が可能となる。

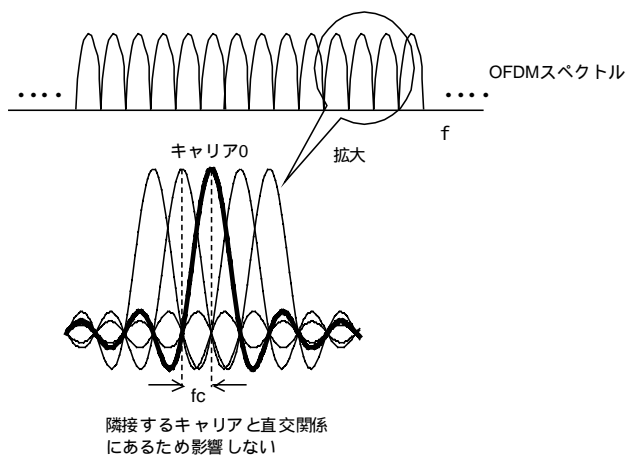


図-6 OFDMのスペクトラム
Fig.6 The OFDM Spectrum

ここで、ISDB-Tの特徴であるOFDMについて簡単に説明を行っておく。OFDMのスペクトルの一部を拡大すると(図6)複数のキャリアが重なり合ったスペクトルになっている。これはデジタル変調を施されたシンボル区間 T_s (図8)のキャリアに逆フーリエ変換を施したものを、キャリア間隔 $f_c=1/T_s$ で複数並べたものになる。キャリア0の中心周波数では、左右にあるキャリアはゼロである。このことは他のキャリアの中心周波数にいささかの影響も与えないことを示唆している(各キャリアは互いに直交関係にある)。このことから任意のキャリアはそのシンボル期間で積分することで、他のキャリアの影響を受けずに取り出すことができる。また、OFDMはシンボル期間 T_s を長くする、すなわちキャリア間隔 f_c を狭くすることで、マルチパスやフェージングへの耐性を高めている。

しかし、マルチパスの遅延が大きくなると、急激なドロップアウトが生じ(図7)、振幅変調を利用しているOFDMに影響をきたす。影響を最小限に留めるため、ガードインターバル(Guard Interval)を採用している。

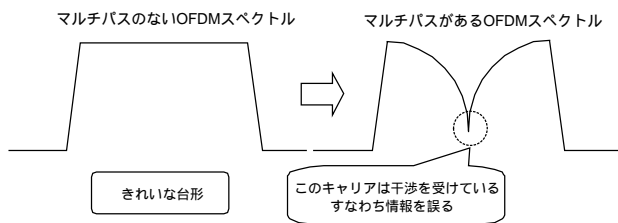


図-7 マルチパスの影響を受けたOFDMスペクトラム
Fig.7 The OFDM spectrum, under multipath interference

ガードインターバルとは、反射波の影響で位相と振幅が複雑に変化する期間を指す。ガードインターバルにより、各キャリアの周波数間隔を変えずに、シンボル長を想定されるマルチパス波の遅延時間分だけ長くし、受信部では、マルチパスによるシンボル間干渉が想定されるガードインターバル部のデータを無視し、残りのデータでOFDM復調をする。

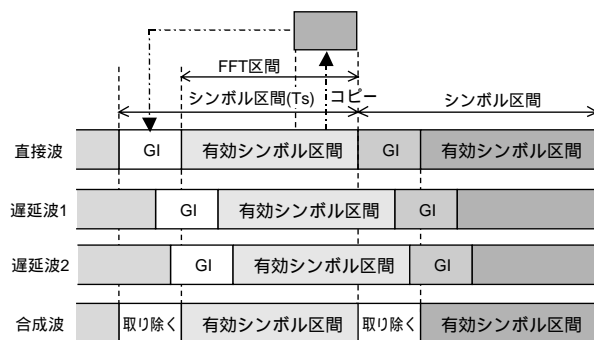


図-8 ガードインターバルの概念図
Fig.8 Guard interval conceptual diagram

このガードインターバルを設ける事によって、地上波デジタルテレビ放送はSFN (Single Frequency Network) と呼ばれる同一の周波数での中継が可能となる。従来アナログ放送では、隣接する中継局では混信が起るため同一の周波数を用いることは困難であった。しかし、OFDMを用いることによってガードインターバル区間内の遅延であれば干渉波発生しないため、放送エリアごとに周波数を変えることなく放送波の中継が可能となる。

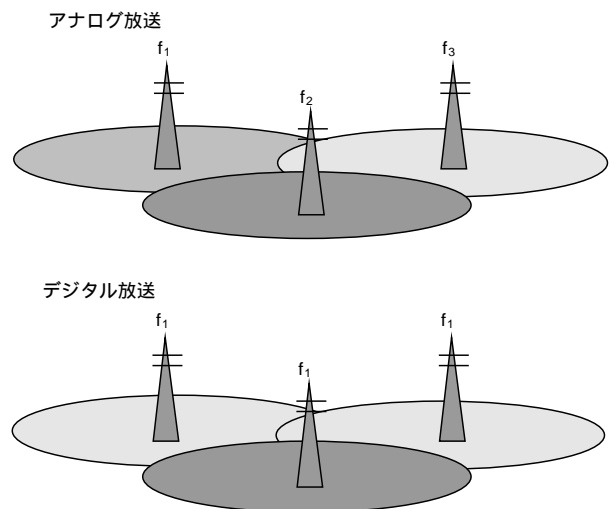


図-9 SFNの概念図
Fig.9 SFN conceptual diagram

5.3.2 誤り訂正技術

誤り訂正技術とは伝送路で生じる誤りを予め付加したコードにより誤りを訂正可能とする技術でISDB-Tの場合、次の2種類を用いている。

- ・ビタビ (Viterbi) 復号：符号系列に誤りがある場合でも正しく復号でき、ランダム誤りに対する訂正能力が高い。
- ・リード・ソロモン符号 (Reed-Solomon)：元のデータに複数のチェックビットを付加したデータブロックを訂正単位としたブロック符号で、バースト誤り(ビット誤りが集中的に発生すること)の検出と訂正を行える。

表3はISDB-Tに規定されている伝送パラメータについて、表4, 5は予想される階層伝送とテレビ放送・伝送量総計について示す。表6は表4の階層についての伝送パラメータである。

表-3 ISDB-Tの伝送パラメータ
Table 3 ISDB-T transmission parameters

Mode	Mode1*3	Mode2	Mode3
セグメント	13		
帯域幅(MHz)	5.575	5.573	5.572
キャリア間隔(kHz)	3.968	1.984	0.992
キャリア数	1405	2496	5617
キャリア変調方式	QPSK,16QAM,64QAM,DQPSK		
フレームあたりのシンボル数	204		
有効シンボル長	252μs	504μs	1.008ms
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		
フレーム長	(有効シンボル長+ガードインターバル)×204		
誤り訂正	内符号	畳み込み符号 (符号化率:1/2,2/3,3/4,5/6,7/8)	
	外符号	Reed-Solomon (204,188)	
情報レート(Mbit/s)	3.651 ~ 23.234		

表-4 予想される階層伝送とテレビ放送との関係
Table 4 The anticipated relationship between the hierarchy transmission and digital TV broadcasting

pattern	可能性	セグメント数	階層	TV放送	
				HD	SD
1		13	A		
2		13	B		
3		1(部分受信)	C		
		12	A		
4	×	2~8	B	×	
		5~11	A		
5		1(部分受信)	C		
		12	B		
6	×	1(部分受信)	C		
		1~7	B	×	
		5~11	A		

表-5 予想される階層伝送と伝送量総計との関係
Table 5 The anticipated relationship between the hierarchy transmission and total transmission quantity

pattern	総伝送量(kbps)	
	Max	Min
1	21298.42	10953.41
2	10818.21	3651.05
3	624.13	280.85
	19660.08	10110.84
4	6657.36	561.70
	18021.74	4212.85
5	624.13	280.85
	9986.04	3370.20
6	624.13	280.85
	5825.19	280.85
	18021.74	4212.85

表-6 階層毎の伝送パラメータ
Table 6 Transmission parameters for each layer

階層	Mode・ガードインターバル		変調・誤り訂正							
	Mode3		Mode2		64QAM	16QAM	QPSK			
	1/4	1/8	1/16	1/4	1/8	全符号化率	2/3	1/2	2/3	1/2
A							×	×	×	×
B						×				
C						×	×			

以上、ISDB-Tに用いられている代表的な技術について説明を行ってきた。これらの技術を利用し、デジタル放送の特長である”高画質/高音質”, ”多チャンネル化”, ”高機能”を移動体でも実現するために、当社の取り組みについて次に紹介する。

6 当社の取り組みについて

ISDB-Tに関しては、2000年に実験機(この年よりISDB-T開発に集中)を開発した。その後2001~2003年に試作機をトヨタ自動車(株)様に納入した。

当社のロードマップを図10に示す。

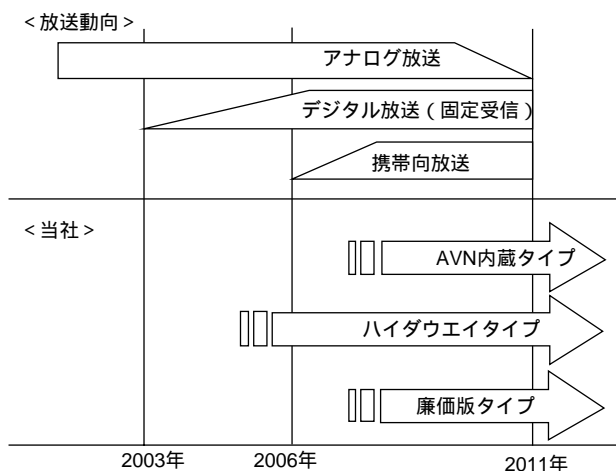


図-10 当社ロードマップ
Fig.10 Road map of our company

6.1 移動体受信機と家庭用受信機の違い

移動体向け受信機は、家庭用受信機とは要求される条件が大きく違う。

6.1.1 表示系

車載表示器は、総じて家庭用表示器よりも小さいため、車載表示器にデータ放送を表示した時には、文字が小さくて読めない問題が発生する可能性がある。

(*3) 規定としては存在するが、実運用はされない

当社では、映像処理技術を用いて拡大機能を設け、視認性の向上を図った。

また、家庭用受信機は、テレビを見ている時は、テレビ画面のみの表示が多いが（ビデオ、DVD等の外部入力との同時表示は少ない）、車の中ではナビゲーション画面、操作メニュー等他の画面との重ね合わせ表示が頻繁に行われる。

操作メニュー画面とテレビ画面との重ね合わせ例を図11に示し、当社の映像処理技術の一例について説明する。



図-11 重ね合わせ表示例
Fig.11 Superposition indication example

図11に示す画面は3枚のLayerから構成されている。Layerとは、絵を書くときに使用するキャンバスのイメージに近く、重ね合わせ画面は複数のLayerから構成されている。また、Layer毎に優先順位がついており、上位順位のLayerが前面に見え、下位順位のLayerは上位Layerに隠されて見えない。下位Layerを表示させるには、透明処理を用いて上位Layerを透けさせることで可能である。

図11に示す画面のLayerは以下の定義である。

Layer1：枠画（SW等）領域

Layer2：壁紙（背景画）領域

Layer3：動画領域（Videoデコーダからの出力）

放送局名、番組名等ユニークに変化するもの以外は全ての部品をビットマップデータとしてFlash Romに格納しておき、画面が呼び出されるたびに必要な部品をFlash Romから呼び出し、Layer1に貼り付ける。貼り付けた個所以外は、透明処理を行い優先順位が低い画面（Layer2, 3）が見えるようにする。Layer2は壁紙色で塗りつぶす。Layer3と重ねあわせる領域は矩形で抜いておく。テレビ映像は縮小処理を行いLayer3に描画する。

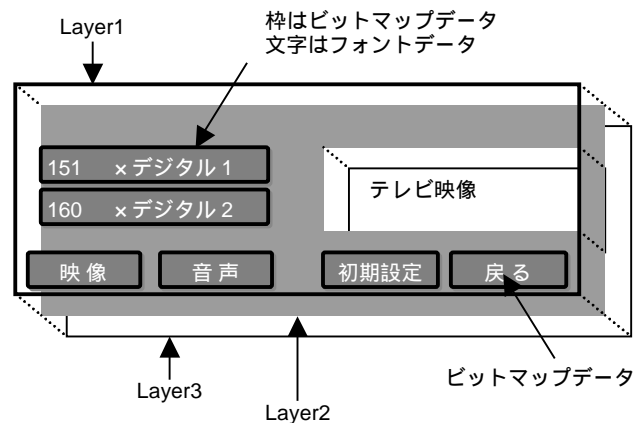


図-12 重ね合わせ技術
Fig.12 Superposition technology

6.1.2 操作系

家庭用受信機は全てリモコンで操作を行う。しかし、車の中では、リモコンの紛失、加減速・右左折によりリモコン操作が行いにくい等の理由でリモコンは敬遠されがちである。当社は表示器までの距離が短いメリットを活かした、タッチSWによるソフトリモコンを実現した。図13にソフトリモコン表示例、図14にソフトリモコンの動作例を示す。



図-13 ソフトリモコンの表示例
Fig.13 Software remote control indication example

ソフトリモコンによる操作性の向上を図るため以下の工夫を行った。

- ・データ放送の文字を隠さないよう、操作SWの表示位置の変更が可能。
- ・一度に複数のボタンを表示できないため、サイクリック表示の採用。

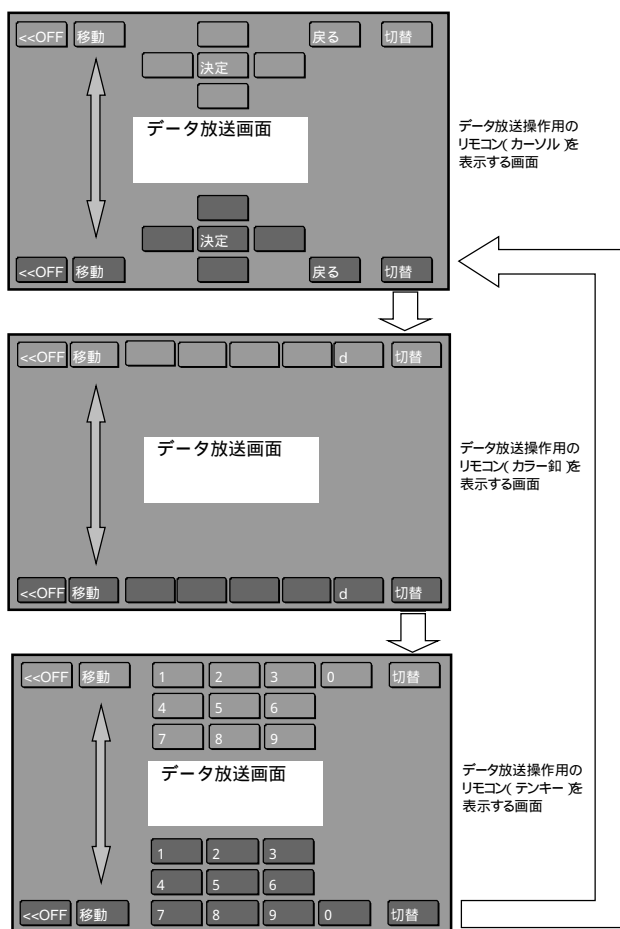


図-14 ソフトリモコン遷移例

Fig.14 Software remote control transition example

6.1.3 受信系

家庭用受信機では、電波の到来方向（直接波）に向かって指向性アンテナを設置することにより、マルチパスの影響を軽減して安定受信することができる。また、ドップラー効果により周波数がシフトすることもない。一方移動体向けは、電波の到来方向を特定できないため無指向性のアンテナを用いている。このため、直接波とマルチパスによる遅延波を受信してしまい、先に述べたようにOFDMのスペクトラムが潰れてしまう。しかも、移動により、ドップラーシフトが発生し、不安定な受信状態になる。

このような状況の元、当社では、複数のアンテナを用いたアンテナ制御技術にて受信感度を向上させている。

6.2 試作機に関して

開発した試作機の構成を図15に示す。

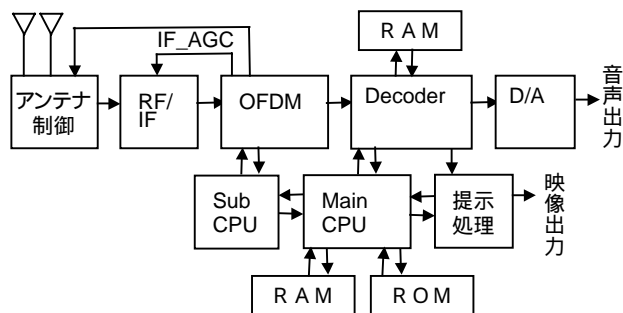


図-15 開発したISDB-T受信機構成図

Fig.15 Structural diagram for the ISDB-T receiver developed

次に、2001～2003年度に開発を行った試作機について、特長を述べる。

2001年度は受信機の基本機能の実現を行った。バックエンド部ではデコーダ周辺回路を完成させ、MPEG-2 Video/AAC出力を確認した。要旨に掲載している写真が外観図である。

2002年度は、さらなる受信性能の向上、データ放送対応、部分受信対応を目的とし、開発を推進した。

タッチSWによる操作性の向上、複数の映像出力（NTSC/RGB/D2/DigitalRGB）に対応できた。図16は2002年度開発した試作品の外観図である。



図-16 2002年度試作品外形

Fig.16 2002 prototype outline

2003年度は、三大都市圏の一部地域において本放送が開始することもあり、より製品に近い形での試作を行なった。本試作では、コストダウン・性能向上を目指した専用ASICの開発も行なった。

7

おわりに

本技術ノートでは、デジタル放送の特長、当社の今までの取組みについて簡単に紹介した。

従来のアナログ放送では、移動中ノイズが発生しない映像を視聴することはできない。一方、デジタル放送は、映像劣化する場所はあるが、移動中でもDVDと同等な映像品質である。今後の車載用表示器の大型化、高精細化を含めて視聴するのが楽しみであり、また期待できる方式である。

また、アナログ放送では、テレビを視聴するという受け身の形での用途以外考えられなかったが、デジタル放送では、テレビを視聴する以外にも情報を入手する、番組に参加するといった能動的な形での使用が考えられる。受信性能以外にも、車の中での使い勝手が商品価値に結びついてくるように思える。

今後、デジタル放送では従来にないコンテンツが創出される可能性を秘めている。デジタル放送のメリットを生かした今までにない新しい受信機を開発し、早期にNo.1の地位を築ける技術開発を進めていく。

参考文献

- ・放送技術1999年5月～2003年7月 兼六館出版
- ・ARIB STD-B31 1.4「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式」社団法人電波産業会
- ・ARIB TR-B14 1.2「地上デジタルテレビジョン放送運用規定技術資料」社団法人電波産業会
- ・MPEG テレビジョン学会 編 オーム社
- ・合原秀法他「世界のデジタル放送」富士通テン技報 Vol.20 No.1 pp41-48

商標・登録商標

下記の製品名、固有名詞は各社の登録商標です。

- ・登録商標
「SKY Perfect TV！」
...株式会社スカパーフェクト・コミュニケーションズ
「WOWOW」...株式会社WOWOW

筆者紹介



岩本 真一
(いわもと しんいち)

1993年入社。以来、車載用音声処理システムの開発を経て、車載用デジタル放送受信機開発に従事。現在、開発本部第二開発部に在籍。



田中 寿夫
(たなか としお)

1980年入社。以来、自動車関連通信機器の開発に従事。現在、開発本部第二開発部に在籍。



高山 一男
(たかやま かずお)

1976年入社。以来、車載アナログ放送受信機、デジタル放送受信機、アンテナの開発に従事。現在、事業本部第一事業部アンテナシステム技術部担当部長兼開発本部第二開発部担当部長。