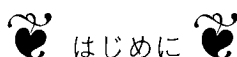


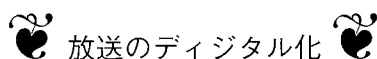
放送のデジタル化と情報処理

早稲田大学 安田 靖彦



はじめに

インターネットの急速な発展、携帯電話を中心とする移動体通信の爆発的な普及、ISDNの着実な展開とその高速化、そしてデジタル放送の登場等、21世紀を目前にして、情報・通信・放送は今や大きく変貌を遂げ、本格的なマルチメディア時代が到来しつつある。このマルチメディアの中核的な情報表現形式は映像であるが、テレビジョン放送はアナログ時代から長年にわたって映像を取り扱ってきた上に、大衆への普及度の大きさ、コンテンツの膨大な蓄積とその作成ノウハウの熟練等から、そのデジタル化がマルチメディアの今後に与える影響はきわめて大きいと考えられる。放送と情報処理の両分野はこれまでも相互に技術やシステムを利用しあってきたが、放送のデジタル化を契機に両者は互いに注文を付ける関係へと一挙に密接化してきている。



放送のデジタル化

情報通信のマルチメディア化を可能とした最重要な技術的背景は、いうまでもなくデジタル信号処理技術である。

最近ようやくテレビジョン放送のデジタル化が実用に供されるようになったが、情報通信の分野におけるデジタル化は昨今に始まったわけではなく、ここ数十年一貫して続いている。アナログの手段で達成できる性能はすべてデジタル的手法で達成することが可能であるが、その逆は真ではない。したがって、集積回路技術、さらにはこれらを用いた信号処理技術がこれまで通り進歩する限り、情報通信システムは早晚すべてデジタル化されることは疑いない。問題はデジタルがアナログにとって替わる時期をどう判断するかということであった。

コンピュータは初めからデジタル技術で構成されていたし、通信におけるデジタル化は1960年代中頃、短距離搬送回線へのPCM24方式導入に端を発し、続いて長距離搬送回線のデジタル化やデジタル交換機の導入を経て、現在ISDN網の構築が進められ、加入者回線のデジタル化が進行中である。

一方、テレビジョン放送の分野は通信網と異って伝送の階梯がなく、局からいきなり数千万に及ぶ視聴者へ電波を届けるのであるから、視聴者に直接影響を与える新方式の導入には勢い慎重にならざるを得ないという事情があった。

放送はラジオ、白黒テレビを経てカラーテレビへと、技術の進歩によって新しい媒体が出現するごとに大きな発展を遂げてきた。これらはいずれもアナログの放送電波を用いたものであった。これに対して、現在、デジタル電波を用いたテレビジョン放送という新しい媒体が登場したのである。

放送の分野でもスタジオ機器や局内伝送、あるいは受像機の内部等には、これまでもデジタル技術が広範に採り入れられている。しかし、視聴者と放送局との間の情報伝送方式、すなわち放送電波はアナログ方式であった。放送システムを劇場に例えれば、これまでのデジタル処理技術の導入はもっぱら観客に見えない舞台裏にとどまっておき、舞台そのものは依然として旧式なアナログ舞台のままであった。これに対して、放送電波のデジタル化の狙いは、いわば舞台そのものを新しいデジタル舞台に替えようとするものである。

このように、放送にパラダイムの一大変革をもたらす可能性を秘めたデジタルテレビジョン放送実現の背景にはいくつかのキーテクノロジーの進歩がある。まず、ISO/IECやITU等の国際標準化機関で最近相次いで標準化された映像や音声の高効率符号化技術（特にMPEG2）がある。映像信号は単位時間当たり、膨大な情報量を発生する。たとえばNTSCの標準テレビジョンでは180Mb/sに達するが、MPEG2はこれを3～8Mb/sまで圧縮する。しかしこれだけでは不十分であり、高効率伝送技術（8相トレリスPSK、64値QAMおよび誤り訂正符号化）の実用化もまた大きな要素である。前者においては圧縮率が情報源である映像の性質に依存して変動するのに対し、後者は情報源とは無関係に伝送容量そのものを増やす技術である。図-1はこれらの技術の情報伝送に与える効果を道路交通と対比して示したものである。

ところで、アルゴリズムとしては従来技術の組合せにすぎないこれらの広義の情報処理技術を、実現可能な形で装置化することを可能にしたのは、いうまでもなく大規模集積回路技術の進歩によるところが大きい。

こうして図-2に示すように、これまで技術的にも業種

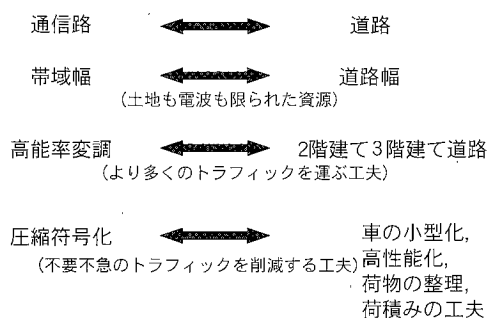


図-1 デジタル情報伝送と道路交通との対比

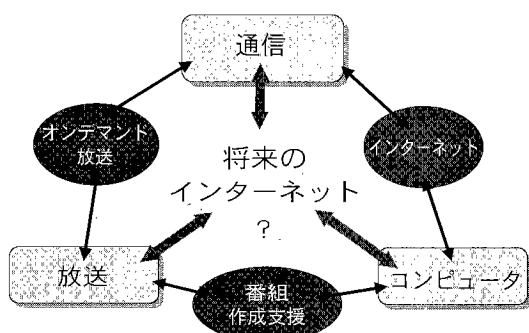


図-2 通信、放送、コンピュータの融合

的にも別個に発展してきた通信、放送、コンピュータが広義のデジタル情報処理技術を媒介にして相互に融合し、マルチメディアの将来形を形成していくものと予想される。

🍎 デジタル放送 🍎

我が国は世界に先駆けて高精細テレビジョンの一種であるアナログ方式のハイビジョン放送を開発し、試験放送という位置づけではあるものの、長年月にわたって定期放送を行っている唯一の国である。これは高く評価すべき事実である。そして官民一体となってハイビジョンの世界標準化を目標に掲げて努力した。しかし、この間にデジタル技術が急速に発展し、欧米特に米国や英国はデジタル放送の開発・実用化を急ぎ、衛星デジタル放送や地上波デジタル放送のサービスを開始した。我が国はこうした経緯から国としてのデジタル放送への取組みは、欧米に多少の遅れをとることになったが、5、6年前から方向転換しデジタル放送導入へ向けて急速に体制の整備を行っている。

(1) 電気通信技術審議会における審議状況

デジタル放送の技術的な条件は電気通信技術審議会が審議が進められ、表-1に示すように衛星（CS）デジタルテレビジョン放送、有線（CATV）デジタル放

- ◆CSデジタルテレビジョン放送の技術的条件
(12.2～12.75GHz帯、帯域幅27MHz)
1995年7月24日答申
- ◆有線デジタルテレビジョン放送の技術的条件
1996年5月27日答申
- ◆BSデジタルテレビジョン放送の技術的条件
(11.7～12.2GHz帯)
1998年2月9日答申
- ◆2.6GHz帯衛星デジタル音声放送の暫定方式
1998年6月29日報告
- ◆地上波デジタルテレビジョン放送の暫定方式
1998年9月28日報告
- ◆地上波デジタル音声放送の暫定方式
1998年11月30日報告

表-1 我が国におけるデジタル放送方式
(電技審における審議状況)

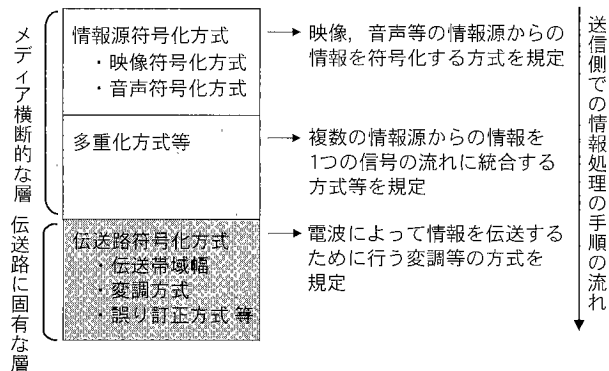


図-3 デジタルテレビジョン放送の基本構造

送、放送衛星（BS）デジタルテレビジョン放送、2.6GHz帯衛星デジタル音声放送、地上波デジタルテレビジョン放送、および地上波デジタル音声放送等の各種媒体を用いるデジタル放送の我が国における標準方式が順次策定されてきた。

電技審における審議は図-3に示すように、まず放送方式を階層化し、伝送メディアによらず共通的に定められる階層と、メディアごとに定めなければならない階層とに分け、各階層を規格化していく方法が採られた。すなわち、映像や音声等の情報源符号化に関してはMPEG2のビデオやオーディオの規定に準拠し、映像、音声、データ等の多重化方式はMPEG2のシステムに関する規定を採用している。一方、伝送路符号化方式は衛星伝送路、有線ケーブル、あるいは地上波無線伝送路ごとに、使用周波数、伝送帯域幅、可能なCNRおよびマルチパスの影響等が異なるので、最適化を図ると必然的にメディアごとに固有な方式が採用される結果となった。

(2) 映像フォーマット

テレビジョン放送方式で最初に問題となる映像フォーマットに関しては、表-2に示すように複数のフォーマット

ア) 実証実験済みの映像入力フォーマット

	走査線数/有効走査線数	有効画素数 (縦×横)	アスペクト比	走査方式	フレーム周波数	フィールド周波数
1080i	1125/1080	1920×1080	16:9	飛び越し	30/1.001Hz	60/1.001Hz
480p	525/483	720×483	16:9	順次	60/1.001Hz	—
480i	525/483	720×483	16:9または4:3	飛び越し	30/1.001Hz	60/1.001Hz

イ) 実証実験を必要とする映像入力フォーマット

	走査線数/有効走査線数	有効画素数 (縦×横)	アスペクト比	走査方式	フレーム周波数	フィールド周波数
720p	750/720	1280×720	16:9	順次	60/1.001Hz	—

ウ) 技術的実現性の確認を必要とする映像入力フォーマット

	走査線数/有効走査線数	有効画素数 (縦×横)	アスペクト比	走査方式	フレーム周波数	フィールド周波数
1080p	1125/1080	1920×1080	16:9	順次	60/1.001Hz	—

表-2 映像フォーマット

主な方式・技術的条件等		地上デジタルテレビジョン放送	BSデジタル放送	CSデジタル放送
情報源符号化方式	映像符号化方式	MPEG2 Video	MPEG2 Video	MPEG2 Video
	映像フォーマット	表-2に示す通り	左に同じ	左に同じ
	音声符号化方式	MPEG2 Audio (AAC)	MPEG2 Audio (AAC)	MPEG2 Audio (BC)
限定受信方式		MULTI 2		
多重化方式		MPEG2 Systems (TMCC)	MPEG2 Systems (TMCC)	MPEG2 Systems
伝送路符号化方式	変調方式	階層ごとにDQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAMを適用 (TMCC信号についてはDBPSK)	TC8PSK, QPSK, BPSKの切替え可能 (TMCC信号についてはBPSK)	QPSK
	誤り訂正方式	内符号: 畳込み符号	TC8PSKの場合…トレリス符号化変調 その他の変調方式の場合…畳込み符号	内符号: 畳込み符号
		外符号: 短縮化リード・ソロモン (204, 188)		
周波数条件	伝送帯域幅	約5.6MHz	約34.5MHz	約27MHz
	情報レート	約23Mb/s	約51Mb/s	約34Mb/s
搬送波		マルチキャリア	シングルキャリア	シングルキャリア

表-3 地上/BS/CSデジタルTV放送の方式比較

トが採用された。ここで有効走査線の後に付されたiおよびpの記号はそれぞれインタレースおよびプログレッシブの略で、飛び越し走査および順次走査を意味する。有効走査線1080iはアナログのハイビジョン相当の高精細映像に対応し、480iは現行の標準テレビジョン相当のデジタル映像フォーマットであり、また480pは標準テレビジョン相当の分解能で順次走査を用いるものである。以上3つの映像フォーマットについてはいずれも実証実験が済んでいる。次に、720pはコンピュータ業界からの強い要請で採用された順次走査の映像フォーマットであり、実証実験を行う必要があるとの位置づけがなされた。最後に、1080pについては、高精細であると同時に、フレーム繰り返し周波数が約60Hzと高いこともあって、技術的な実現可能性を確認する必要との位置づけのもとに採択された。

(3) 各種媒体での放送方式

表-3はこれまでに技術的条件がほぼ固まったメディアの中で、地上波、BSおよびCSデジタルテレビジョン放送の方式を比較したものである。情報源符号化方式、

有料放送で必要となる限定受信方式、あるいは多重化方式は各メディアにはほぼ共通な規格が採用されている。ただ、音声符号化方式としてきわめて効率のよいAAC方式は、CS放送の規格を定めた1995年当時には、まだMPEG2の規格として正式に採用されていなかったため、効率の落ちるBC方式を用いている。

一方、伝送路符号化方式としては、CS放送では4値のQPSK変調と内符号に畳込み符号をまた外符号にリード・ソロモン符号を用いた接続符号化方式との組合せ方式を採用している。衛星のトランスポンダーの帯域幅27MHzの場合、CS放送では最高34Mb/sの伝送速度が得られ、標準テレビジョンで3～6チャンネル、または高精細テレビジョン1チャンネルと数チャンネルの標準テレビジョンを伝送できる。また、BS放送では衛星の送信電力がCSより大きいことから、より効率の高い8相トレリス符号化変調を用いることができる。さらに、トランスポンダーの帯域幅が34.5MHzと広く、最高51Mb/sの伝送速度が得られ、高精細テレビジョン2チャンネルを伝送することが可能である。

- ◆ 高画質性
- ◆ 高能率性：伝送／蓄積
- ◆ 画質の安定性：複製による画質劣化なし
- ◆ 処理・加工の容易性
- ◆ 集積回路をはじめとする各種ハードウェアとの親和性
- ◆ 高機能性
- ◆ コンピュータ／デジタル通信と親和性
- ◆ 各種メディアの融合の可能性

表-4 映像のデジタル化の意義

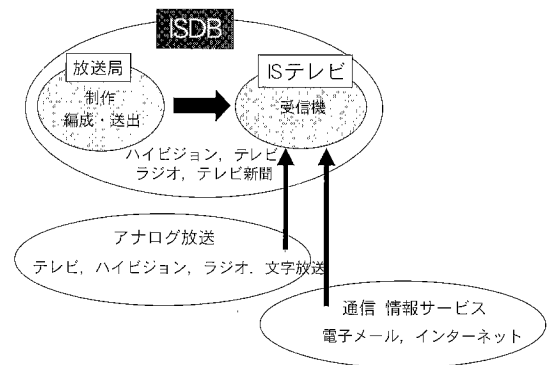


図-4 ISDBの概念

CSおよびBSがいずれもシングルキャリア方式であるのに対して、マルチパスによる干渉が起こりやすい地上波デジタルテレビジョン放送では、OFDM（直交周波数分割多重）という特殊なマルチキャリア方式が採用されている。この方式は高速なデジタルテレビジョン信号を、1kHzないし4kHz間隔で立てた約5600本ないし1400本という多数のキャリアに分散して並列伝送する。この結果、各キャリア上の信号は低速度伝送となってシンボル周期が長くなるので、マルチパス等同一周波数信号による干渉の影響を小さくできるのである。原理的にはかなり前から知られていたが、最近の集積回路の進歩によって実現可能になった。地上波デジタルテレビジョン放送は、移行期には現行のテレビジョン放送に割り当てられているVHF帯ならびにUHF帯の周波数帯域でアナログ放送と共存させつつ順次導入していく必要がある。このためチャンネル間隔はアナログ放送と同一の6MHzとしているが、最高64値のQAM（直交振幅変調）という高能率変調をマルチキャリアの各搬送波に適用することにより、最高23Mb/sの情報伝送速度が得られる。この値は高精細テレビジョン1チャンネルを伝送するに足るものである。この地上波デジタル放送で用いられるOFDM方式は、ヨーロッパが先に採用を決めた方式であるが、我が国の方式は欧州のそれと異なって、6MHzのチャンネル間隔を14等分してセグメント化し、そのうちの13セグメントを情報伝送に使用するものであり、帯域幅400kHzのセグメントごとに変調方式や誤り制御方式を適宜選択できるようにしている。これを階層伝送と称し、セグメントごとに伝送速度と耐干渉・誤り特性とのトレードオフを自由に設定することにより、固定受信と移動受信との双方へ必要に応じて対応可能な方式としている。また、現行のアナログ方式の場合、互いに隣接する放送区域では干渉の問題で、同一のチャンネルは使用できない。これに対して、OFDMを用いたデジタル放送では同一チャンネルの使用が可能であり、多数の放送区域を1つのチャンネルで中継していくことができる。これをSFN（Single Frequency Network）中継といい、国全体として周波数の大幅な有効利用が図れる。

🍷 デジタル放送とマルチメディア 🍷

ここで改めてテレビジョン放送の中核的なメディアである映像のデジタル化の意義をまとめてみると、表-4に示すようになる。各項目の中で、高画質性、高能率性、画質の安定性等の特長はアナログ方式の延長線上での高性能化であり、もちろんそのこと自体有意義なことではある。しかし、より重要な項目は高機能性、処理・加工の容易性、コンピュータ／デジタル通信との親和性、あるいは各種メディアの融合の可能性等、アナログ方式の延長線上を超えた可能性を拓く項目にある。こうしたデジタル放送の可能性を具現化するシステムが以下に示すようにサービスを開始したり、構想されている。

(1) デジタル多チャンネル衛星放送

我が国でもすでに通信衛星を用いた多チャンネルデジタル放送が、スカイパーフェクTVやディレクTV等の新しい放送事業者によって開始されている。これらの放送は専用の受信機か、セットトップボックスと称するアダプタをつけた既存の受信機で受信できる。契約情報等が放送波の中に設定されたデータチャンネルで個別の受信者に対してダウンロードされる。また、ペイパービュー番組の視聴をセットトップボックスに接続した電話回線を通じてリクエストできるようになっており、一種の双方向テレビの初歩的形態が実現している。

(2) ISDB（統合デジタル放送）

通信におけるISDNの国際標準化作業が始まった頃、放送の分野でも映像、音声、データ等各種の表現形態の情報を1つのデジタル伝送路で総合的に取り扱うISDBのコンセプトがNHK技術研究所等から提唱された。その後の環境条件の変化に対応して、図-4に示すように、最近ではISDBをラジオ、テレビ、高精細テレビの他、テレビ新聞等の新しいサービスを可能にする21世紀の放送形態と位置づけ、このISDB放送を受信する受信機をISTV（図-5）と呼んでいる。ISDBでは放送中、放送予定の番組名等のインデックス情報を送信し、ISTVで内蔵サーバに録画した関連番組を好きな時間に視聴したり、好みに応じて出演者や取材地域の詳細情報

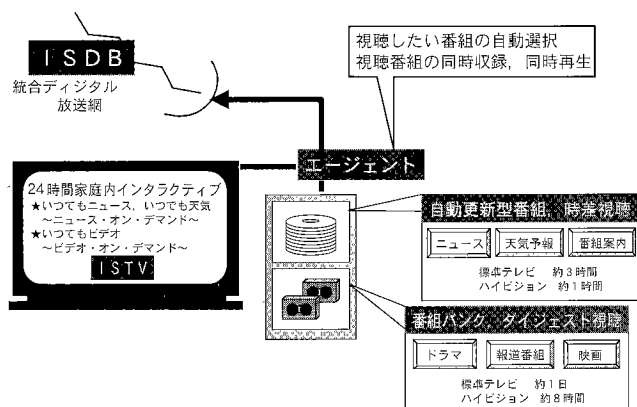


図-5 ISTVの機能

を呼び出すなどの新しい視聴方法が可能になる。また、電話回線やインターネット等の通信手段を併用し、番組の感想や再放送等のリクエストを放送局へ発信したり、番組で採り上げられた商品や景勝地等に関する詳細情報を入手するなどの双方向・インタラクティブな視聴も行えるようになる。また、番組ソフトの制作、編成、送出もコンピュータ処理によって自動化、省力化が図られる。

(3) PCとデジタルテレビ

近年、パーソナルコンピュータ（PC）の進歩と普及は目覚ましいものがある。年々情報処理速度や記憶容量が大幅に向上すると同時に、年間出荷台数で、カラーテレビジョン受像機に匹敵している。これらのPCの多くはネットワークに接続され、映像を含む情報の送受がワールドワイドに一般の人々の間まで、日常化しようとする趨勢にある。こうした情勢の中で、インターネットの中にデジタルテレビを取り込み、検索結果をテレビジョンの大容量回線を活用して、高速に獲得することを狙いとしたWebTV等の試みが出現している。

このようにデジタル映像を媒介としてテレビジョンとコンピュータとが融合する結果、図-6に示すように実映像とCG映像との織りなす新しい映像の世界が創造されよう。そして従来にないサービスが次々に開発され、ビジネス、教養・娯楽、文化創造の新しいツールとして成長し、マルチメディア時代の主役となることが期待される。

🍎 マルチメディアとコンテンツ 🍎

デジタル放送は演劇そのものではなくその舞台にすぎない。そこで上演される出し物すなわちコンテンツこそが大切であるとの意見がある。確かにその通りではある。しかし、ラジオやテレビで新しい放送が開始された時を振り返ると、必ずしも事前にそれ用のソフトが整備されていた訳ではない。優れた媒体が出現すれば、ソフ

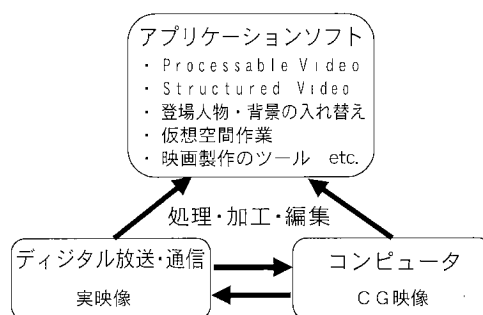


図-6 実映像とCG映像との融合が生み出す新しい映像の世界

トはその後から自然についてくるという面もある。放送界、映画界、新聞雑誌、各種の博物館・美術館等のアーカイブには、日頃目にする事のない膨大な情報が蓄積されている。さらに、世界中で日々莫大な情報が生成されている。これらを活用することが必要であろう。この場合、著作権等の知的財産権を時代に合わせて整備することが重要である。また、マルチメディア自体が新しい文化創造の強力なツールとなって、現時点では想像のおよばない新奇なコンテンツが創出されるのではないだろうか。

🍎 むすび 🍎

先に述べたように、デジタル放送の映像フォーマット策定には放送・家電業界とコンピュータ業界とのせめぎ合いの中で、結局720pのフォーマットも追加採択された。このように放送のデジタル化が契機となって、放送と情報処理との関係は好むと好まざるとにかかわらず密接になっていく。この関係は通信・放送・コンピュータの融合というより大きな枠組みの中に位置づけられ、この中からマルチメディアの将来形が創出されるものと思われる。しかし、その過程において各業界の思惑は必ずしも同一ではない。むしろ異なる複数のルートを開拓していくのが、マルチメディアの健全な発展のために有益であろう。

本稿は放送と情報処理シリーズの初回にあたり、全体状況を展望する責務があったが、放送のデジタル化を中心に解説した。次回以降の各論では、インターネットと放送との関連、番組に活用される情報技術などが紹介される予定であるので、期待されたい。

参考文献

- 1) 郵政省電気通信技術審議会デジタル放送システム委員会資料。
- 2) NHK STRL Multimedia Lab Report (Jan. 1998).
- 3) 竹島慎一郎: テレビはインターネットの夢を見るか、アスキー出版刊 (Feb. 1997).

(平成11年2月9日受付)