

2000年12月から開始されるBS(放送衛星)デジタル放送は、高品位な映像、音声を実現したハイビジョン放送と三つの異なった番組を同時に放送する混在した番組編成、及びデータ放送が可能となり、現在のアナログ放送方式と比べると新たな技術が必要となる。

当社では、このためのシステム全般、これらを支える要素技術、サービス内容、などについて、放送事業者及び関係メーカーとの連携により開発を進めた。併せて、東京、名古屋、大阪地区で2003年から放送開始が予定されている地上波デジタル放送についても、システム・機器の開発を進めている。

Digital satellite broadcasting services start in December 2000. Digital satellite broadcasting enables broadcasters to provide high-definition television (HDTV) service with advanced audio coding (AAC) digital surround sound or multicasting of three standard-definition television (SDTV) programs, as well as data-casting.

This paper gives an overview of the development of digital satellite broadcasting services, and also introduces digital terrestrial broadcasting which will be launched in Tokyo, Nagoya, and Osaka from 2003.

デジタル放送時代の幕あけ

この特集が発刊される2000年12月にはBSデジタル放送が開始され、家庭や街頭、街の電気店で実際の放送をご覧いただけていることと思う。放送のデジタル化は、既にCS(通信衛星)による多チャンネル放送として始まっていたが、BSデジタル放送によって、本格的なデジタル放送の時代を迎えようとしている。このBSデジタル放送は、“デジタルハイビジョン放送”、“EPG(Electronic Program Guide : 電子番組ガイド)”、“データ放送”などの特長を持つ(囲み記事参照)。更に、CAS(Conditional Access System : 限定受信システム)や双方向システムを利用した、EC(Electronic Commerce : 電子商取引)との結び付きによる“テレビコマース”が本格化することも期待され、単にテレビがデジタル化されること以上の広がりを持つようとしている。

BSデジタル放送に続き、2003年からは最大のメディアである地上波もデジタル化される予定であり、BSデジタ

ル放送は、この地上デジタルの先駆けとしても大きな意味を持っている。

このように、BSデジタル放送は21世紀に欠かすことのできない情報インフラストラクチャ(基盤)としての期待を担って開始される。

ここでは、そのデジタル放送を支える技術とはどのようなものか、特にスタジオ設備を中心に述べる。

デジタル放送の要素技術

既に放送中のアナログBS放送は、放送衛星BSAT-1の4本の中継器を利用して放送が行われている。今回開始されるBSデジタル放送の電波を届ける放送衛星BS-4後発機(BSAT-2)は、アナログBSの放送衛星と同じ東経110度の静止軌道に打ち上げられ、中継器はアナログと同様に4本であるが、そのサービス内容は、7チャンネルのデジタルハイビジョン放送を中心に、3チャンネルの標準テレビ放送、10事業者による独立音楽放送、20事業者によるデータ放送など、アナログに比べて飛躍的に多

彩になっている(表1)。

このような多彩なサービスは、今までのアナログ放送で実施してきた映像・音声の信号処理を単にデジタル処理するだけでなく、データ圧縮や符

表1 . BSデジタル放送事業者
Digital satellite broadcasters

事業者名(チャンネル)	HDTV	SDTV	ラジオ	データ
NHK BS1 (1ch)				
NHK BS2 (2ch)				
NHK (3ch)				
BS日テレ (4ch)				
BS朝日 (5ch)				
BS-i (6ch)				
BSジャパン (7ch)				
BSフジ (8ch)				
WOWOW (9ch)				
スターチャンネル (10ch)				
BSC				
ミュージックパード				
JFN衛星放送				
セントギガ				
メガポート				
ウェザーニュース				
デジタルキャストインターナショナル				
日本データ放送				
メディアサーブ				
日本メディアーク				
日本BS放送				

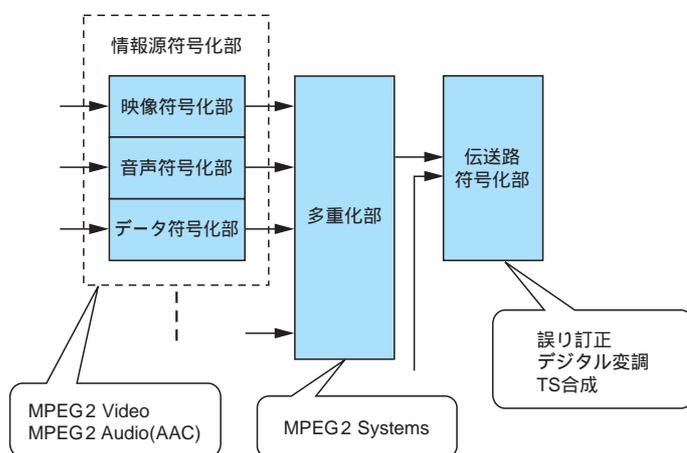


図1. デジタル放送の要素技術の構成 デジタル放送送出部を機能ブロックで表し、それぞれで用いられている要素技術を示している。
Technical components of digital television

号の誤り訂正など、あらゆるデジタル技術を駆使することによって実現されている。

ここでは、図1のように簡略化した構成により、デジタル放送の要素技術について述べる。

■ 情報源符号化

デジタル放送の特徴は、MPEG (Moving Picture Experts Group) による圧縮技術を利用している点にある。

圧縮技術を用いなければ、デジタルハイビジョンのような大きな情報量を伝送することはできない。今回、わが国のデジタル放送方式で規定されている映像フォーマットは表2のようになる。今までのアナログ放送は、画面上の全走査線が525本(その内、有効走査線：480本)である。

1080i, 720pはHDTV(High Definition TeleVision)と定義され、「デジ

タルハイビジョン放送」と呼ばれている。480p, 480iはSDTV(Standard Definition TeleVision)と定義され、480iは現行のアナログ放送と同じフォーマットであるため「標準テレビ放送」と呼ばれている。iは、インタレース(飛越し走査)で現行の標準テレビ方式と同じ走査、pは、プログレッシブ(順次走査)でコンピュータのモニタと同じ走査方式である。

これら映像信号が持つ情報量は、480iで270 Mbps, 1080iでは1.5 Gbpsである。BSデジタル放送では、中継器1本の最大伝送能力が50 Mbpsのため、そのままでは、ハイビジョンや複数番組を伝送することができない。そこでデジタル信号の特性を生かし、より多くの情報を伝送する高能率符号化方式の圧縮が用いられた。圧縮方式としては、放送品質の確保や規格の完成度の高さから、BS、地上と

もにMPEG2が採用されている。

MPEG2による画像の符号化では、画像情報に含まれる統計的冗長性、視覚的冗長性を利用して情報量を削減することにより、放送品質の画質を保ったまま、SDTVで6～8 Mbps, HDTVで20Mbps程度のレートでの配信が可能となった。

音声の符号化でも、人間の聴覚特性を利用して、聞こえない成分は伝送しないことで情報量を削減し、圧縮している。音声符号化方式については、欧州ではMPEG2 Audio BC(Backward Compatible), 米国ではドルビー^(注1) AC-3(Audio Coding 3)^(注2)を採用しているのに対し、今回のわが国のBSデジタル放送では、世界に先駆けてMPEG2 Audio AAC(Advanced Audio Coding)が採用された。MPEG2 AACは、それまでに規格化されたMPEG1及びMPEG2 BC方式と互換性はないが、約半分のビットレートで同等の音質を実現できる。また、通常の2チャンネルステレオに加えて、5.1チャンネルサラウンド(左, 右, 中央, 後方左, 後方右, 重低音)や2か国語ステレオ放送を行うこともできる。

■ 多重化

符号化された映像や音声のストリーム(ビット列), 更に、他のストリームも含めた放送として適応するために、同期信号を含め、統合した1本のストリームに多重し、そのストリームをネットワークなどの伝送路が持つ、固有の物理フォーマットやプロトコルに適合したデータ形式にする必要がある。このように、映像、音声、データを同期化して多重化するのにMPEG2 Systemsが規定されている。

MPEG2 Systemsでは、デジタル通信ネットワークや携帯電話など、多くの時分割多重方式(TDM)で用いられているパケットによる多重方式を取り入れている。パケットによる多重化

表2. 映像フォーマット
Video formats for digital broadcasts in Japan

映像フォーマット*	有効画素	走査方式	アスペクト比
480i(525I)	720 × 480	飛越し	16:9, 4:3
480p(525P)	720 × 480	順次	16:9
1080i(1125I)	1,920 × 1,080	飛越し	16:9
720p(750P)	1,280 × 720	順次	16:9

* 映像フォーマットの走査線で () 内は全走査線数を示す。

(注1)(注2) ドルビー及びAC-3は、Dolby Laboratories Corporationの商標。



図2 . TS パケット TSを構成するパケットが流れるようすを示している。各パケットは固定長で、ヘッダに内容を示す情報が記載されている。

Transport stream (TS) packet

とは、例えば、映像と音声を多重する場合、符号化された映像と音声をそれぞれ適当な長さのパケットに分割し、ヘッダと呼ばれる先頭部分に付加情報を付けて、適宜、映像、音声のパケットを切り替えて時分割伝送する方式である。ヘッダには、映像、音声などを識別する情報が付加されている（図2）。

この多重化の仕組みにより、複数の番組を一つのストリームで伝送でき、映像、音声、データなどを自在に組み合わせた柔軟性のある放送が可能となる。

新しいサービスを導入する場合などの拡張性にも優れている。また、先に述べたように、各種放送伝送路及び通信、パッケージ、コンピュータネットワークなど他メディアとの信号の共通性もあり、伝送的にも考慮されている。

MPEG 2 Systemsは、幅広いアプリケーションに対応しており、MPEG 2のストリームには2種類の方式がある。一つは、PS(プログラムストリーム)と呼ばれ、一つのプログラムを構成する。もう一つは、TS(トランスポートストリーム)と呼ばれ、複数のプログラムを構成できる。また、TSは、セルロスやビット誤りのような誤りの発生する環境における伝送に使用することを考慮されており、放送ではTSが使用される。

TSに多重されるものとして、サービスの内容である映像、音声、データ以外に、多重信号の中にある多数の番組、多種類のサービスからの選択や視聴を容易にするためPSI(Pro-

gram Specific Information : 番組特定情報)やSI(Service Information : 番組配列情報)と呼ばれる信号がある。これを利用して、受信機ではEPGとして、画面上に番組のタイトル、開始時刻、継続時間、更に番組の内容など様々な情報を任意にレイアウト表示することができる。

■ 伝送路符号化

デジタル放送の変調は、アナログ放送と同じように搬送波の振幅、周波数、位相を変化させている。アナログ波はこれらパラメータを連続で使用するが、デジタル波は離散的に使用する。

BSデジタル放送では、離散的に八つの位相をとるTC8PSK(Trellis Coding 8-Phase Shift Keying), 四つの位相のQPSK(Quadrature PSK), 二つの位相をとるBPSK(Binary PSK)が選択できる。それぞれ一つの

波で、3ビット、2ビット、1ビットを表現でき、ビット数が多いほど多くの情報を送れることになるが、その分、隣接した符号間の距離が近づきノイズに弱くなる。そのため、その特性に応じた使い方が選択できる。例えば、激しい雨により電波が減衰して遮断するのを防ぐために、画質は下がるが低ビットで、降雨減衰に強い変調方式で別途に番組を送る“階層変調”と言われる方法などが利用可能である。

伝送フレームを構成する単位として、スロットという概念を用いる。1フレームは48スロットで構成され、1スロットの伝送容量は約1.08 Mbpsである。受信側では、受信する番組に必要なスロットを抽出して、そのスロットで送られるパケットについてだけヘッダを識別したり誤り訂正できるので、効率の良い信号処理が可能となる。このスロット単位は変調方式の区分の最小単位も兼ねており、スロットごとに使用する変調方式を選択できる。放送事業者への割当てもこのスロットが単位となる。

その他、伝送路符号化では畳込み符号やリードソロモン符号など、デジタルの特長を生かした誤り訂正方式が採用されている。

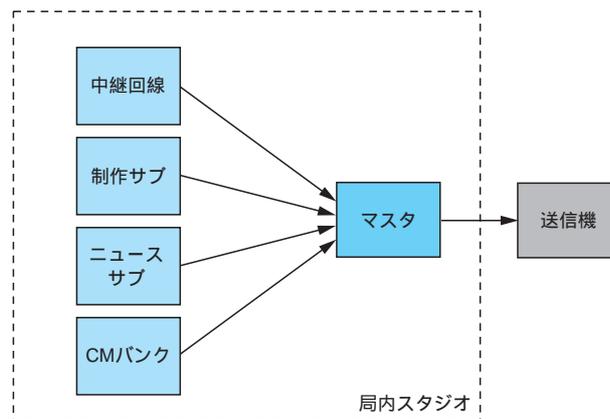


図3 . 局内システムの構成 放送局設備の概略構成を示した図で、放送局内の種々の信号がマスタに集められ、送信機へ送出される。

Configuration of broadcast equipment

■ BS デジタル放送送出システム

先に示したデジタル放送の要素技術を含めて、放送のスタジオ設備としてどのように応用されているかを述べる。

放送システムの概略を図3に示す。放送の信号は、中継先や他の局から回線などで送られてくる外部信号、局内の制作スタジオサブやニュースサブから来る信号、コマーシャル(CM)を蓄積しているCMバンクからの信号などが最終的にマスタと呼ばれる送出システムに集まる。マスタでは、番組編成に従って、送られてきた信号やVTR、静止画、CG(コンピュータグラフィックス)などを切り替え、あるいは合成しながら、順次、送信機へ送り出していく。この切替・合成制御は、コンピュータにより自動化されているが、スポーツ番組が延長されたり、ニュース速報を出したり、特番が入って番組編成が急きょ変更になることは日

常茶飯事であるため、オペレータによる端末操作や手動操作によって柔軟に対応できるよう工夫が施されている。BSデジタル放送のマスタ設備概要を図4に示す。

■ 符号化・多重化設備

デジタル放送では、MPEG2による符号化装置(ENC)と多重化を行う多重装置(MUX)が必要となる。また、BSや地上デジタル放送マスタでは番組編成に従った柔軟な対応が必要となるため、ENC及びMUXを制御するコントローラが置かれ、後述する情報・制御システムとの連携をとって動作している。

デジタル放送では、HDTV番組とSDTV番組の切り替わり目がきれいにつながって視聴できるのが技術的に注目されていた。当社のシステムでは、このシームレスな“まだら放送”の実現のため、各エンコーダに対して同期信号を分配し、MPEG2信号の

位相をそろえることで対応した。

放送送出システムは、障害や保守に備えて二重化することが通例である。このため、ENC/MUXブロックについても二重化構成としているが、この現用と予備を単純に切り替えるとTSのつなぎめでノイズが発生してしまう。このため、MUX出力のTSをシームレスに切り替えるスプライサを開発し、ノイズのない切替えを工夫した。

■ 情報・制御システム(DS, APC)

マスタの制御は、数日分の番組のデータベースを処理するDS(データサーバ)と、一日分の番組表に従い定時刻に自動配信するAPC(自動番組送出制御装置)と呼ばれるコンピュータを中心に構成される。

デジタル放送のマスタでは、アナログ放送ではなかったENC、MUX、及びSIなどの新たな情報の処理が必要となる。また、ハイビジョンと多チャンネル放送を混合して放送する“まだら

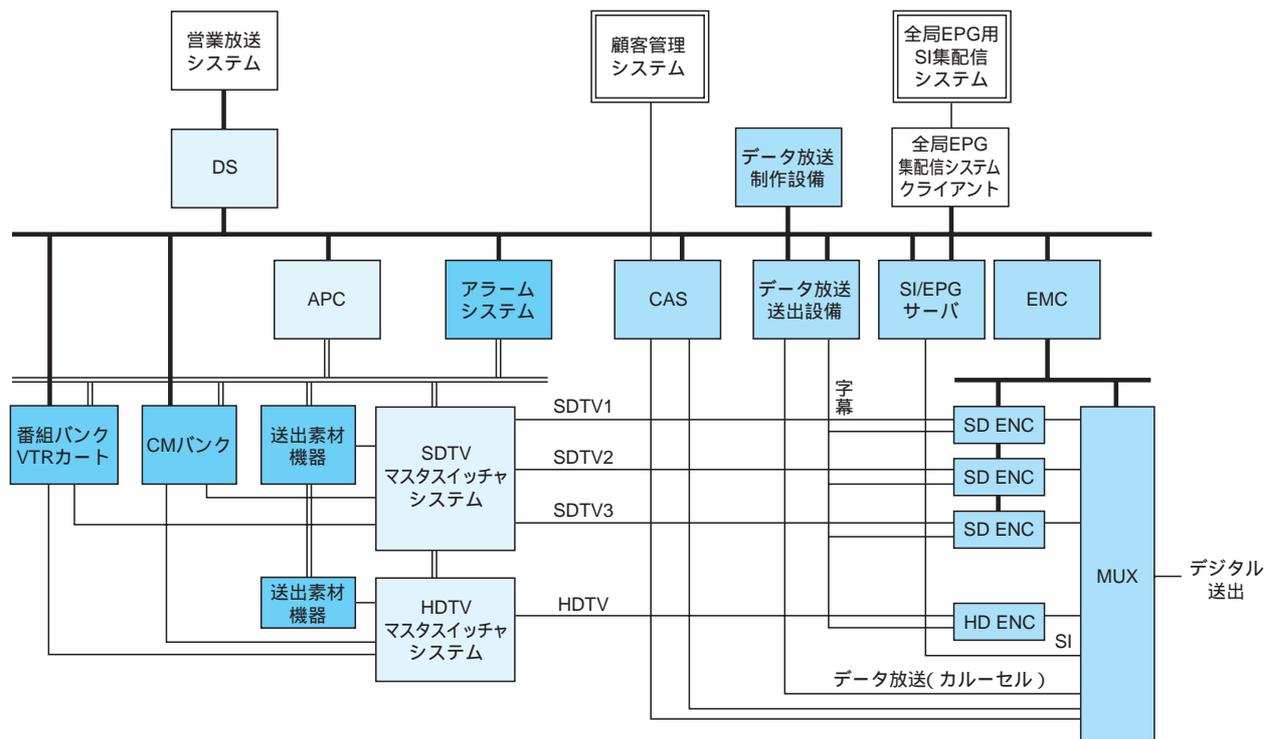


図4 . BS デジタル放送用送出マスタ設備 BSデジタル放送用送出マスタ設備の概略系統図で、図の左半分にはアナログマスタと同様なものが並び、右半分にはデジタル放送特有の機能ブロックが並び。

Block diagram of digital satellite broadcasting master control system

放送”の実現のため、アナログの数倍の処理を必要とする。これらの処理を、オペレータの負担をなるべく増やさずに実現するよう工夫が施されている。

■ SI/EPGサーバ

SI/EPGサーバは、自局分のSI情報を処理するとともに、全局EPG用SI集配信システムとのインタフェースの役割を果たしている。自局や他局の編成が急きょ変更になった場合に、

遅滞なくSIの変更送出行い、EPGによる視聴予約やVTR録画にミスが発生しないように速やかな処理が配慮された。

■ データ放送

データ放送では、従来のアナログ放送におけるIT(Inter-Text)ビジョンなどの文字多重放送や字幕送出システムによるノウハウを生かし、XML(eXtensible Markup Language)オーサリングシステム、PES(Packetized

Elementary Stream)、カラーセル送出システムを開発して、8事業者へ納入した。

■ CAS

WOWOW、スターチャンネルでは、従来のBSアナログ放送と同様に有料放送が行われる。BSデジタル放送の有料のシステムは、アナログ放送とは異なるシステムが構築された。今回のシステムは、松下電器産業(株)と当社の共同開発による設備を納入した。

BSデジタル放送でのサービス

高画質・多チャンネル放送

BSデジタル放送では、デジタルハイビジョン放送を中心とした編成が行われる。視聴者は、これまで以上に多様な放送をハイビジョンの高画質で楽しむことができる。また、ハイビジョン放送以外の時間帯では多チャンネル放送を行うこともでき、これは“まだら放送”と呼ばれている。

データ放送

BSデジタル放送の情報割当ての仕組みでは、割り当てられた情報量をどのように使うかを放送事業者が程度自由に選択することができる。このなかで、データ放送は、アナログ放送時代の文字多重などよりも多量のデータを伝送でき、新たなデータ放送としての期待が持たれている。また、マルチメディア符号化としてインターネットと親和性の高いXMLをベースに放送に必要な機能を付加したBML(Broadcast Markup Language)、B-XMLを採用している。これにより番組連動サービス、独立データサービス、ニュース、天気予報、クイズ、データ配信、ECなど多くのサービスが可能となる。

テレビのリモコンには“データ”ボタンが配置され、必要な情報をいつでも見られるサービスが提供される。スポーツ番組において選手の成績を表示したり、料理番組でレシピを表示したり、

	チャンネル191	チャンネル192	チャンネル193
6:00	SDTV番組 A	SDTV番組 B	SDTV番組 C
7:00			
8:00	HDTV番組 D	HDTV番組 D	HDTV番組 D
9:00	SDTV番組 E	SDTV番組 F	SDTV番組 G
10:00			

番組編成イメージ HDTVとSDTVを切り替えて放送する“まだら放送”の編成イメージ図を示す。

Image of program schedule for HDTV and multicast SDTV

CMで商品の詳しい情報を得られるといった新しいサービスが考えられている。

EPG(電子番組ガイド)

デジタル放送では、テレビ、音声放送が多チャンネルになるのに加え、多くのデータ放送が登場し、これまでのようなチャンネル切替えだけでは番組の選択が複雑になるため、視聴者のユーザーインタフェースを良くするために提供されるのがEPGである。

BSデジタル放送のEPGには、“全局EPG”という仕組みがある。受信機はTS信号の中のSIからEPG画面を作成して表示する。すなわち、EPG画面は、そのとき受信機が選択しているチャンネルのSI情報から作成されている。各局が自局分の情報だけをTSに多重した場合、選択した局のEPGしか

表示できないことになる。新聞や雑誌のように全局分の番組を横並びで表示するためには、各局のTSに全局分の番組情報を多重して送る必要がある。そこで、BSデジタル放送に参加している事業者は番組情報をBSの管理・運用を行う放送衛星放送システム(B-SAT)へ送信し、B-SATではこれらを一つの全局SI情報にまとめ、各事業者に配信する。各局では、この全局SI情報をTSに多重して送ることで“全局EPG”を作成している。各局で自局分の情報だけを更に詳しくした“各局EPG”を送信することもできるようになっている。各局ごとに番組詳細を載せる各局SIもあり、ジャンル選択・録画予約などの新サービスも可能となる。

地上デジタル放送

BSデジタル放送に続き、2003年には地上波でもデジタル放送が開始される予定である。

地上デジタル放送の特長は、ゴーストのないきれいな映像を見ることができる、ハイビジョン番組が可能、移動受信が可能、などが挙げられる。また、社会的にはSFN(Single Frequency Network)による周波数の有効利用が期待されている。

現在、全国10地区に“地上デジタル放送研究開発用共同利用施設”が整備され、デジタル化推進のための研究・開発が行われている。

地上デジタル放送の送出システムとしては、先に示したBSデジタル放送と同様の設備になるが、BSともっとも異なる点は、系列ネットワークという仕組みにある。

現在のアナログ地上波放送には、東京キー局を中心とした“系列ネットワーク”がある。東京キー局で制作された番組、あるいは地方発の番組を全国放送する場合、東京キー局から全国の系列局へ“ネット回線”を通じて配信される。地方の局では、このネット番組と自局の番組・CMを時間帯によって切り替えることで番組編成を構成している。

デジタル放送になってもこの形態は変わらないと思われるが、HDTVを配信すると回線の伝送量の制限から、

今の回線をそのまま使うことは難しい。すなわち、ネット回線もMPEG2 TSにより伝送するネット回線のデジタル化が必要となる。このデジタル化ネット回線には、ATM(Asynchronous Transfer Mode)の利用が有力となっている。

“ネット回線のデジタル化”によって、HDTVや複数SDTV番組の伝送は可能になるが、残された課題も多い。

現在のアナログ回線では、ネット番組と自局番組との切替えて切替タイミングを合わせるために、映像信号の空領域に切替タイミング用に“ネットキュー”という民放連で規格化された信号が重畳されている。NHKにおいても“番伝”という同様の仕組みがある。ネット回線がデジタル化された場合、MPEG2の仕組み上、この映像信号の空領域が使用できなくなるため、新たな規格が必要となる。また、規格化されたMPEG2 TSからキュー信号を抽出してタイミングよく切り替える機器が必要となり、開発に取り組んでいる。

このほか、ネット間のPSI/SI情報、字幕、連動データ放送の受渡しや管理の方法、伝送遅延対策、トランスコードなど、検討すべき課題が山積している。

これらを解決する方策を模索するなかで、アナログ放送時代とはまったく違った仕組みが現れる可能性も十分ある。

地上デジタル放送に向けて

BSデジタル放送の設備検討を始めたのは1997年の秋頃であった。当時は、BS新会社も設立されておらず、BS-R(Broadcast Satellite Platform)協議会での運用規定検討も始まっていなかった。設備構築も手探りからスタートし、試行錯誤の連続であった。その間、放送事業者の方々や他のメーカーとの打合せを繰り返し実施してきた。設備構築に携わった担当者は、新しいメディア設備を、そして、新しい放送の仕組みを作っていく充実感と一体感を持ったのではないかと思う。今後は、この経験を生かし、地上デジタル放送の実現へ向けたシステム・機器開発に貢献したい。



田中 誠実
TANAKA Makoto

情報・社会システム社 流通・放送・金融システム事業部 放送システム技術部参事。放送設備の提案、システムインテグレーションに従事。映像情報メディア学会会員。

Distributing, Broadcasting & Banking Systems Div.



田中 豊
TANAKA Yutaka

情報・社会システム社 流通・放送・金融システム事業部 放送システム技術部部長。放送設備の提案、システムインテグレーションに従事。映像情報メディア学会会員。

Distributing, Broadcasting & Banking Systems Div.