BS デジタル放送用設備

正会員 奥西宏基[†], 正会員 本間康文^{††}, 正会員 加藤久和^{†††}

2000年12月1日、BS デジタル放送が始される。放送デジタル化がいよいよ本格的にスタートする。そんな折、ここでは BS デジタル放送に関わる、スタジオ設備(番組制作設備)、送出設備および衛星アップリンク設備について、各々その設計から運用までの実務に携わっている方々に解説をいただいた。

(編集幹事 斉藤利夫)

キーワード: BS デジタル放送, HDTV, スタジオ設備, マルチフォーマット, データ放送設備, 送出設備, 擬似同期方式, DVB-ASI アップリンク, MPEG, 伝送路符号化

1. スタジオ設備

1.1 映像制作設備

BS デジタル放送では 1080 i, 720 p, 480 p, 480 i と複数の映像フォーマットの放送が可能である。このため、BS デジタル放送に対応したスタジオ設備としては、HDTV を主フォーマットとし、SDTV の制作も可能なマルチフォーマットのサポートが要求される。スイッチャ等の映像機器もすべてのフォーマットに対応できるものが製品化されている。その一方で、HDTV 専用機の小型化、多機能化、低価格化も進み、HDTV 専用設備でスタジオ設備を構築し、SDTV フォーマットにはダウンコンバータで対応するケースも多く見られる。地上波アナログ放送との共用設備の場合は、同一番組を HDTV と NTSC の 2 つのフォーマットで制作するニーズもあるため、信号フォーマットだけでなくアスペクト比の違いに対応できる設備が必要となる¹⁾²⁾。

また、映画やアニメ産業を中心にフィルムや CG に親和性の高い 1080/24 p のフォーマットでの制作も注目を集めている³⁾。

(1) カメラ

HDTV カメラはマルチフォーマットに対応したものがほとんどで、CCU でダウンコンバートされた信号が SDTV 用途に出力されている。初期にあった重量や発熱の問題も改善が進み、価格的にも低廉化してきたので、NTSC スタジオにも将来の HDTV 化を考慮し導入されるケースが多い。

カメラマン用のビューファ送り返し信号もマルチフォーマットに対応しており、HDTV および SDTV 信号を CCU 内部で切り替えてカラーで送り返すことが可能であ

る。また、小形軽量の HDTV 用カラー LCD ビューファも製品化されている。

HDTV 用レンズに関しては、広角から望遠まで多機能化および軽量化されてきており、デジタルコマンドでズームやフォーカスをプリセットできるものもある。

ハンディカメラを使用したクレーンでは 3 軸方向に自由に回転できるものが歌番組などでニーズが多いが、HDTV カメラでは光ファイバを使用するため回転角度に制限があり、今後の開発が望まれる。

(2) スイッチャ

スイッチャは複数のフォーマットにスイッチャブルで対応できるものが製品化されている。また、HDTV/SDTV サイマル番組を高画質で制作するために、HDTV と SDTV のスイッチャ本体を個別に持ち、動作をリンクさせるデュアルスイッチャ構成の設備も見られるようになってきた。デュアルスイッチャ構成では、各機器からの HDTV, SDTV 信号をそれぞれのスイッチャに入力することになる。

スイッチャはリファレンス信号に対し、ほぼ 1 H (水平走査期間) 程度の遅れで出力信号を出す必要があるため、処理速度の問題で各 ME 列の内部リエンタリなどが制限されるケースもあったが、現在ではほぼ解消されている。エフェクト機能も 3 D 効果など、SDTV 機器と同等の機能を有し、4 ch エフェクトが可能な機種もある。

スイッチャで問題となるのがアスペクト比の違いである。HDTV 専用スイッチャでもダウンコンバートで 4:3 の NTSC 放送などに対応するためには、4:3 の画角にワイプや DVE の始点/終点が必要であり、ワイプ波形も 4:3 の BOX 等が必要になる。

(3) VTR

VTR は特に HD カムコーダの分野で小形軽量化、低消費電力化、低価格化が進んでいる。スタジオ設備として、ENG の再生 VTR は必須であり、HDCAM および DVC-PRO HD が製品化されている。一方、スタジオ収録 VTR については HDCAM や圧縮率が低い HD D5 が使用され

[†] 株式会社テレビ東京

^{††} 株式会社東京放送

^{†††} NHK 技術局

“BS Digital Transmmiting Facilities” by Hiroki Okunishi (TV Tokyo, Tokyo), Yasufumi Honma (Tokyo Broadcasting Systems Inc., Tokyo) and Hisakazu Katoh (NHK Engineering Development Center, Tokyo)

るケースが多い。

VTR もマルチフォーマット化が進んでいる。本体内にアップコンバータとダウンコンバータを持つことで、再生では HDTV もしくは SDTV で収録されたテープを両方のフォーマットで同時再生可能とし、収録では HDTV および SDTV 信号を任意のフォーマットで収録できる機能を持つものもある。また、NTSC で蓄積されたリソースを利用するために、従来のテープフォーマットに対し再生互換を持つ機種も製品化されている。

(4) CG テロップ

HDTV 解像度の CG テロップ装置も、PC の高速化にともない比較的安価に製品化されている。SDTV では 3D アニメーション効果など多彩な送出効果が可能であったが、HDTV 解像度ではまだリアルタイムエフェクトに制限がある。高度な 3D アニメーション効果が必要な場合は、事前にディスクレコーダ等にレンダリング出力して使用する必要があり、リアルタイム処理の高速化が望まれる。

番組制作に使用するテロップの枚数は数十枚から数百枚にわたり、テロップシステムとしては制作セクションと各スタジオを LAN でむすんだものとなる。この場合、LAN 回線の伝送容量がボトルネックとなる場合があり、HD テロップは容量が大きく考慮が必要である。文字のみで構成されたテロップの場合は、文字のストローク情報を持つだけであるので大きなストレスはないが、静止画などを使用する場合は圧縮技術を使用することになる。圧縮を使用する場合は、画質および解凍/レンダリング時間と LAN での転送時間を勘案した設計が必要である。

(5) ノンリニア機器

HDTV フォーマットのノンリニア機器では、非圧縮のディスクレコーダから HDCAM や HD D5 の圧縮フォーマットを使用するものまで製品化が進んでおり、複数の入出力を持つものもある。

ノンリニア機器はスポーツ中継等のスロー再生や、ワイドショー等の生放送での ENG 再生に使用される。特に、CM キューカットなどで CG アニメーションを使用する場合も FILL と KEY の 2 系統を調相して再生する。

VTR と同じ圧縮フォーマットを使用するノンリニア機器では、SDTI インタフェースを用いベースバンド信号に戻すことなく、圧縮フォーマットのままで既存の D1 回線を使用し転送が可能である。高速転送のオプションとしてギガビットイーサネットやファイバチャネル等の高速 LAN 回線を使用しファイル転送する機能を持つものもある。また、非圧縮のディスクレコーダと同様に、圧縮タイプでも収録された動画の任意のフレームを LAN 経由で読み書きできる機能を持つものもあり、CG と連動して使用する場合は、部分差し替えや動画への加工が簡単に行える。

(6) 映像システム

スタジオ設備をマルチフォーマット化する場合、アップコンバータやダウンコンバータ等のフォーマット変換器が多数必要となるが、画質には最大限の配慮が必要である。また、フォーマット変換により映像が遅延するため、音声とのリップシンクをとるための音声ディレイが必要になる場合もある。

マルチフォーマットに対応した分配設備では、SDI ルータもマルチフォーマット化されており、1 台のルータで各入出力ポートを任意の信号フォーマットにアサインし、HDTV と SDTV 信号を同時に扱えるものが製品化されている。

モニタに関してもマルチフォーマット化が実現しており、オプションボードを使用することで各種のフォーマットに対応できる。ただし、HDTV と SDTV ではカラリメトリが異なる。特に、日本では NTSC の基準白色として 9300 K で運用してきたが HDTV では 6500 K となる。HDTV/SDTV 共用番組の場合は制作環境に合わせた運用が必要となる⁹⁾。

480i では 4:3 と 16:9 の両方のアスペクト比が可能である。480i で 16:9 番組を制作する場合、HDTV で制作しダウンコンバートで対応する場合が増えると考えられる。BS デジタル放送では 16:9 映像を左右に圧縮した形式で放送することが可能であるが、地上波アナログ放送用には 4:3 画面にレターボックスとして制作するケースがある。後者の場合は番組制作自体のアスペクト比は 16:9 であるが、レターボックスにダウンコンバートされた後の信号は 4:3 でモニタすることとなり、SDTV モニタ設備は両方のアスペクト比に対応する必要がある。レターボックス形式で番組制作する場合、上下の黒部分を少なくした 13:9 や 14:9 のセミレターボックスで放送された事例もあり、ダウンコンバータも各種のアスペクト比に対応した製品がある。

1.2 音声制作設備

BS デジタル放送ではマルチチャネルステレオ放送が可能であり、視聴者の新しいニーズが期待される 5+1 サラウンド制作にどのように対処していくかが音声制作設備のキーワードとなる。

BS デジタル放送は CD なみの品質が確保されており、そのクオリティを満足する音声調整卓、周辺機器が必要となる。また、マルチスピーカで微細な位相空間をコントロールすることから、再現性の優れたスピーカと適切な音響空間が必要となる。ITU-R 勧告 BS.775-1 で推奨されているスピーカ配置が基本となるが、多くのファクタをすべて満足しなければならないことから、設計に当たっては、これまで以上の配慮が必要となる。

また、すべての視聴者がサラウンドシステムで視聴しているわけではないことから、ステレオ放送が開始された当時、ステレオとモノの両立性が求められたのと同様に、サ

ラウンドとステレオの両立性を常に確認する必要がある。このためには所定のダウンミックス係数を備えたデコーダ出力をモニタする必要がある。

マルチチャネル素材をどのようなメディアで運用するかも課題となっている。現状ではVTRとタイムコードで同期したマルチレコーダを使用するケースが多いが、送出までの運用面から考えると、8ch音声トラックを持つVTRなどの動向が注目される。

1.3 データ放送設備

BSデジタル放送の目玉のひとつとしてデータ放送が上げられ、スタジオ設備としても連動データ放送番組への対応が望まれる。番組制作時にデータ放送コンテンツを映像と連動してモニタできる機器はほとんどない状態である。生放送などではマスタの多重器出力をスタジオに送り返しTS入力可能な受信機でモニタすることになる。

また、生放送ではアンタイムでデータ放送コンテンツを切り替える機能が必要となり、スタジオとデータ放送送出設備の間にアンタイムのイベントメッセージを送出できるインタフェースが必要となる。

データ放送を利用した連動番組として、双方向機能を利用しリアルタイムに視聴者からの情報を集計表示するような番組も検討されているが、データの集計方法や表示方法など課題も多い。

1.4 局内伝送設備

HDTVとSDTV信号をマルチフォーマットで分配できる局内伝送設備としては、光波長多重装置がある。HD-SDI信号は5C-FB同軸ケーブルでは100m程度しか伝送できず、光ファイバを使用する場合が多い。光波長多重方式を用いた一例として、1本の回線に32波を多重しHDTVでは1波で1chを伝送するが、D1信号の場合は1波に7chを多重できるものがある⁵⁾。(奥 西)

2. BS デジタル送出設備と多重端局

2.1 送出設備

BSデジタル放送の送出設備は、平成10年2月の電気通信技術審議会答申に沿って、ハイビジョン(以下HDTVと呼ぶ)中心の放送サービスと一部現行テレビ(以下SDTVと呼ぶ)複数チャネル放送サービスを基本に設計がスタートし、その後独立音声およびデータ放送サービスに必要な設備を加えたシステムとして構築が進められている。ここでは、BSデジタル放送の送出設備を委託放送事業者のひとつであるビーエスアイ(以下BS-iと呼ぶ)設備を例にして解説する。

(1) 送出システムの設計コンセプト

具体的には、以下の項目を考慮して設計している。

- ① 24時間放送サービス：終日放送を想定した設備構築のために完全2重化設備としている。さらに、それぞれのメディア(データ放送や独立音声放送)が独立に終日放送可能なように考慮している。

- ② 地上とのサイマル放送：TBS地上放送とのBS-iとのサイマル放送を考慮するために、スタジオ設備には、BS専用独立したCMトリガボタン等を設けてサイマル放送を可能にしている。

- ③ 柔軟な特別番組編成：報道特番のような特別編成番組については、HDTV放送中に特番編成に入り、SDTV放送時間帯にレギュラ番組に戻る場合、また逆にSDTV放送中に特番に入り、HDTV時間帯に戻る場合もスムーズにレギュラ番組編成の復帰できるように考慮している。

- ④ 他事業者への対応：BS-iのストリームに入るデータ放送事業者に対して、データコンテンツだけでなく音声BGM機能も提供し、契約に相当する帯域管理が可能な多重化機能を実現している。

- ⑤ 受信機の動作確認：民生用IRDを機能確認が可能なように送出設備を伝送路符号化および変調後にBS-IF折り返しして、民生用IRDを接続できる装置を追加設備した。これにより、衛星を経由しなくとも放送フォーマット変更による受信機動作の確認を可能にしている。

(2) 送出システムの概要(図1)

BS-iの送出システムは、EDPS(Electronic Data Processing System)システム、DS(Data Server)システム、本線送出システム、多重システム、SI/EPG(Service Information/Electronic Program Guide)送出システム、データ放送送出システム、BSラジオシステムから構成される。図2は、送出システムの運用を司るマスタールームのオペレーション卓の概観である。以下、これらのシステムの機能概要を示す。

- ① EDPSシステム：地上放送用の汎用EDPSパッケージシステムを基本に、BSデジタル用にカスタマイズすることで構築した。具体的には、地上放送運行で用いている送出系列(ローカル列、ネット列など)の概念をHDTV番組列、SDTV1番組列、SDTV2番組列、SDTV3番組列に適用し、さらに、番組特定情報(PSI)、番組配列情報(SI)を埋め込み放送運行データとして構成している。
- ② DSシステム：DS(データサーバ)とは、1週間分の放送データをEDPSから転送し格納している。EDPSからは、放送運行データ、帯域列データ、編成情報データが転送される。このDSから階段編成や特番編成などの番組変更を行う。
- ③ 本線送出システム：まだら編成(SDTV3番組またはHDTV番組の混合編成のこと)を実現するために、1系統分のHDTV本線系映像・音声送出システムと3系統分のSDTV本線系映像・音声送出システムを現用・予備の2重化構成で構築している。また、HDTVとSDTV設備の間は、ダウンコンバータ(DC)とアップコンバータ(UC)で結び、それぞれの素

図 1 BS デジタル放送用送出設備

図 2 BS マスターの全景 (BS-i)

材の使いまわしを可能にしている。さらに、HDTV 放送時の音声 5.1 ch (音声としては 6 ch) 対応も考慮している。

- ④ 多重化システム：このシステムは、BS デジタル放送の要となる系統設備である。映像 HDTV/SDTV エンコーダ、音声 AAC エンコーダ、多重化装置 (MUX)、多重器制御 (MCS) から構成される。MUX は、24 スロット分 TS を多重化する。この TS は、エンコーダ (映像、音声、字幕など) 出力、SI/EPG システム、データ放送、BS ラジオ、独立データ放送事業者 (メディアーク) から構成されている。このほかに階層制御、緊急警報信号 (EWS) 制御、放送休止の制御なども MUX で行われる。
- ⑤ SI/EPG 送出システム：DS からは映像音声番組と番組補完データ放送の SI 情報を受け取り、データ放送システムからは独立データ放送の SI 情報を受け取

り、BS ラジオからはラジオ SI 情報を受け取り、BS-i の SI 情報を完成させる。この SI 情報は、アップリンク局にある集配信センターに伝送され、全局 SI として各局に戻され、この全局 SI データに更に DS からの編成情報データから抽出された各局 SI データを付加して、MUX へ入力される。

- ⑥ データ放送送出システム：このシステムは、データ放送制作システムで制作したコンテンツを送出用データベースに格納し、送出タイミングにより送出装置でコンパイル化され TS 化され、MUX に入力される。データ放送の送出形態としては、映像・音声番組に連動する番組補完データ放送 (クイズ番組を想定)、映像・音声 CM に連動する CM 補完データ放送 (商品カタログなどを想定) を想定している。また、映像・音声に直接関連しない独立データ放送番組については、24 時間常時送出できる設備を構築した。

- ⑦ BS ラジオ放送システム：独立音声放送システムとして、音声放送とデータ放送を組合せた独自編成の2番組を送出できる設備を構築した。

2.2 同期化方式

BS 委託放送事業者の MUX で束ねられた TS 信号は、基本 TMCC 情報(免許に割り当てられたスロット数分の TMCC 情報)を付加し、通信事業者回線を経由してアップリンクセンターへ伝送され、アップリンクセンターでは、複数の委託放送事業者の TS 信号を1トラボン(48 スロット)に合成する。この際、各委託放送事業者とアップリンク局のクロック同期が崩れると、TS 合成装置の入力バッファのオーバフローまたはアンダフローが発生し、受信画像のフリーズや音声のミュートなどが発生する。このため、アップリンクセンターでは、複数の委託放送事業者の TS 信号を同期化する必要がある。TS 信号の同期化方式については、表1に示すように、完全同期方式、擬似同期方式があり、ARIB 標準規格⁶⁾として規格が定められている。擬似同期方式は、MPEG-TS 信号に含まれている数%のヌル TSP(Transport Stream Packet)を挿入または削除することにより同期変換を行う^{7)~9)}ものであり、数々の検証作業を経て、BS アップリンク協議会 BS 設計部会で完全同期方式とともにアップリンクセンターへの伝送方式として承認された。図3にその系統図を示す(REMUX へのクロック入力はアップリンククロックの意

表 1 同期化方式

同期化方式	方式の特徴
完全同期方式	<ul style="list-style-type: none"> ・アップリンクセンターのクロックを委託放送局の MUX に戻し、そのクロックに従い、TS 信号を送出する方式。 ・BS 伝送方式策定時に基本としていた方式。 ・ネットワークは、クロックの伝送のために双方向回線の必要があった。
擬似同期方式	<ul style="list-style-type: none"> ・アップリンクセンターに同期変換装置(委託設備)を設置し、クロックの同期化を行う方式。 ・階層伝送などの TMCC 切り替え時に運用制限がある。(1 スーパーフレーム期間ヌル TSP 挿入) ・ネットワークは片方向回線。

図 3 擬似同期化装置の構成

表 2 ネットワーク I/F

ネットワーク	I/F	備 考
(1) SDH 専用 (双方向回線)	DVB-ASI または DVB-SPI	<ul style="list-style-type: none"> ・SDH フレームに I/F できる汎用 I/F 機器がない。 ・回線料金が安い。
(2) D1 映像伝送 (DVB-ASI へ改修) (片方向回線)	DVB-ASI	<ul style="list-style-type: none"> ・汎用 I/F 機器が複数メーカーから調達できる。 ・PCR ジッタの増加はない。 ・回線料金が安い。 ・契約約款の変更申請が必要。
(3) ATM 伝送 (双方向回線)	DVB-ASI	<ul style="list-style-type: none"> ・汎用 I/F 機器が複数メーカーから調達できる。 ・PCR ジッタが増加する。

味)。

2.3 多重端局とネットワーク

アップリンクセンターは DVB-ASI を I/F とする基本方針を定めた。このため、伝送信号も DVB-ASI として 188 バイトのペイロードに加えて、16 バイトの RS 検査バイト部の 8 バイトを TMCC 情報に割り当て伝送することとなった。この結果から、通信事業者のネットワーク回線に対する要求条件は以下になった。

- ① DVB-ASI が I/F できること。
- ② 204 バイトタイプが保存され伝送できること。
- ③ 映像回線に準じた伝送が可能なこと。

これらの要求条件を満たすネットワーク回線として、表2に示すような3種類の回線について検討を行った結果、「D1 映像伝送の改修方式」を採用する委託放送事業者が多数を占めた。この方式は、汎用 I/F 機器が複数メーカーから調達でき、PCR(Program Clock Reference)ジッタの増加がなく、片方向回線のため安い回線料金が期待できるなどの優位性を認めた結果であるが、ATM 伝送を採用している委託放送事業者もある。(本 間)

3. 衛星アップリンク設備

3.1 アップリンク設備の概要

BS デジタル放送アップリンク設備は、BS デジタル放送に参加するすべての委託放送事業者が制作した番組を MPEG-TS 信号の形式で受け、これを中継器毎に合成処理を施して合成 TS 信号とし、その信号を変調して衛星に向けてアップリンクするまでの機能を担当するもので、これまでの衛星アップリンク設備とは異なる独自の機能を有し、放送実施の要となる部分である。この設備の技術仕様は、BS デジタル放送に関する郵政省令、郵政省告示、電波産業会の標準規格⁶⁾によって規定される内容に従っている。

アップリンク設備は、BS デジタル放送に参加する全委託事業者からなる BS アップリンク運営協議会にて承認された設計仕様に基づき、全民放分を負託された(株)衛星放送システム(以下 B-SAT 社)と NHK が共同で建設した。

図4 アップリンク設備の構成

本放送開始後の設備運用はB-SAT社が全委託事業者に代わって実施する。

アップリンクセンターは、東京渋谷のNHK放送センター内の「アップリンクセンター主局」と、埼玉県葛蒲町のNHK久喜ラジオ放送所敷地内の「アップリンクセンター副局」から構成される。両局はBSデジタル放送に割り当てられた、BS-1ch、BS-3ch、BS-13ch、BS-15chの4つすべてのキャリアのアップリンクを行う設備を有する。

3.2 設備構成

アップリンク設備のシステム構成を図4に示す。アップリンク設備は「伝送路符号化設備」「高周波設備」「アンテナ設備」「統合監視設備」の各サブシステムから構成される。また、これら基本設備以外に、副局に合成TS信号を送送する専用回線用端局、アップリンク設備の状態監視情報を各委託放送事業者へ配信する簡易監視装置などがある。

各委託放送事業者からのTS信号は、主局に各委託事業者が設置した回線端局で受けられ、伝送路符号化設備でTS合成と伝送路符号化を行い、次に高周波設備で変調、周波数変換、電力増幅され、アンテナから衛星に向かってアップリンクされる。また、TS合成処理後の信号は専用回線を介して副局へ伝送し、主局と同様な伝送路符号化以降の処理を行うことで、主局と同等の信号を副局からもアップリンクできる。これにより、アップリンク電波に降雨減衰が発生した場合、サイトダイバシティ運用により主局副局間を切り替えて回線を確保する。副局は通常無人であり、主局から遠隔監視・制御される。

また、各サブシステムや監視制御ネットワークは信頼性向上のため主局副局共に、アンテナとTWTAを除いて完

全2重化した設備構成となっている。特に伝送路符号化設備は、入力選択から出力まで所定の条件を満たす入力信号が得られれば、任意の系をシームレスに選択することが可能である。

アップリンク設備は、サブシステム毎に監視制御装置を有している。各サブシステムの監視制御情報は、統合監視装置にて集約され、主局の運用室において少ない運用要員にて効率的に設備の制御監視および放送波の監視が行われる。

3.3 伝送路符号化設備

伝送路符号化設備¹⁰⁾は、委託放送事業者から送られてきたMPEG-TS信号を変調機に送るまでの信号処理機能を持つ。ここには、TS信号を合成してBSデジタル放送の伝送フォーマットに構成し伝送路符号化処理を行うTS合成装置と、BSデジタル放送すべての信号処理の基本となるクロック生成装置が設けられる。

(1) TS合成装置

TS合成装置の構成を図5に示す。委託放送事業者のTS信号は、専用デジタル回線を介し主局機器室に設置された端局装置に出力される。TS信号はインタフェース装置によってアップリンク局のクロックに周波数同期したTSとして受け渡される。この同期化は、2章に述べたように、アップリンク局のクロック情報を各委託放送事業者に伝送して同期を取る完全同期方式と、アップリンク局側で最終的にTSの同期化を行う擬似同期方式がある。インタフェース条件はDVB-ASI信号形式を持つシリアルTS信号であり、188バイトのMPEG-TS形式に各TSのフレーム構成や伝送方式を示すためのTMCC基本情報を付加した204バイトのパケット形式を持つ。

TS合成装置はTS毎に入力バッファを持ち、各TSの

図 5 TS 合成装置の構成

位相の合わせ込みを行う。入力検査回路では、TS パケットの欠落が発生したときに TS 断と判断し、冗長系のバッファへの自動切り替えを行う。また両系の TS とも不具合になった場合には、ヌルパケットを出力する。バッファに蓄えられた TS は、障害がなければ運用規定¹¹⁾に従って他の TS とのタイミングを合わせてフレーム合成処理される。この時、不具合時のヌルパケット化以外に TS の内容には全く手を加えない。さらに TS 合成装置では、入力された各 TS に付随する TMCC 基本情報を基に、その変調波に多重する TMCC 信号を生成する。フレーム合成された信号と TMCC は所定のタイミングで切り替えられ、合成 TS 信号となる。主局ではこの信号が直接伝送路符号化装置部に入力される。

伝送路符号化部では、BS デジタル放送の伝送方式⁶⁾に従ったエネルギー拡散、インタリーブ、誤り訂正符号化などが行われる。伝送路符号化装置の出力は、いずれの変調方式においても 8 PSK の 8 種類の位相を示す 3 bit のマッピングデータとしてシンボルレートである 28.86 Mbaud で出力され、高周波設備の PSK 変調機に送られる。

なお、伝送路符号化装置の入力には、サイトダイバシティ運用時に衛星に到達する信号の遅延量が主局/副局共にほぼ同一になるように、タイミング調整機能が盛り込まれている。

副局へは合成 TS が専用デジタル回線を用いて送られる。この回線には伝送速度 155 Mbps の STM-1 回線を 2 回線利用している。1 回線には 57.72 Mbps の合成 TS 信号 2 キャリヤ分と監視・制御信号を多重している。副局に設置される伝送路符号化設備は、伝送路符号化部のみを持ち、変調機以降は主局と同等の設備構成となる。

(2) クロック生成

BS デジタル放送において、異なる TS を 1 つのキャリアにまとめるため、すべての TS はアップリンク設備で生成する変調波のシンボル周期を規準とするクロックに同期していなければならない。このシンボル周期を決める信号は、アップリンク設備の基準クロック発生器によって生成される。このクロックは BS デジタル放送のすべての信号処理の規準となることから、高精度、高安定な特性が必要である。このため、アップリンク設備のクロック生成装置は、高精度のルビジウム発信器を基準クロックとして、すべての信号処理の基本となる 57.72 MHz のクロックの生成および送信キャリアの基準として用いている。

3.4 高周波設備

高周波設備¹²⁾の機器構成を図 6 に示す。送信系は、140 MHz の中間周波数帯を用いた PSK 変調機、サイトダイバシティ時に信号のオンオフを行うための IF スイッチ、衛星中継器の周波数特性を補償するイコライザを内蔵し 140 MHz の IF 信号を各チャンネルに適した 17 GHz 帯に変換するアップコンバータ、電力増幅器 (HPA) の TWTA の並列運転を行うための入力分配・位相調整回路、パスセレクタ、HPA、出力合成回路から構成される。

PSK 変調機は、BS デジタル放送で利用される 8 PSK, QPSK, BPSK の各位相変調を行う。変調機内では、3 bit マッピングデータが I/Q データに変換され、アパーチャ補正を含むデジタルロールオフフィルタで波形成形後に中間周波数で直交変調される。系切り替え時の受信機への影響が少なくなるように、すべての変調機のキャリアは基準クロックに同期している。

電力増幅器 (HPA) には、TWTA 並列合成方式を採用した。入力信号は 2 分配された後、位相調整され、飽和出

図 6 高周波設備の構成

図 7 主局送信アンテナの外観

(左から BS-13 ch, BS-3 ch, BS-1 ch 用, BS-15 ch はここより離れて配置されている)

力 400 W の 2 台の TWTA に入力される。PSK 変調波の帯域外リグロウスを低減するため、前置増幅器により TWTA の入力レベルを調整して線形増幅領域で動作させるバックオフ運用を行い、合成出力は送信規定点で 450 W を得ている。

受信系は、低雑音増幅器(LNA)、17 G/12 G トランスレータ、ダウンコンバータ、セレクトスイッチから構成され、17 GHz 帯送信信号折り返し、12 GHz 帯ダウンリンク、140 MHz 帯中間周波数の各部のモニタが可能である。

3.5 アンテナ設備

アンテナ設備¹²⁾は、1 送信キャリアに対して 1 アンテナ設備の構成とし、主局および副局に、それぞれ 4 基の同じ設計のアンテナ設備が設置される。特に主局のアンテナ設置場所の制約により、なるべく小形で高能率のアンテナが必要とされたため、アンテナ設備近傍に送信機を接近させて配置することができ、給電線損失は 1 dB 以下となるビーム集束給電オフセットカセグレン形を採用した。これにより、アンテナ径が 5.5 m と小形でありながらアンテナ利得は 57 dBi を実現している。図 7 にアンテナ外観を示す。

3.6 統合監視設備

主局運用室では、BS デジタル放送の 4 キャリヤ分の放送を効率良く総合的に監視運用するため、監視制御卓、統合サーバおよびモニタウォールディスプレイなどから構成される統合監視設備を設置している。

統合監視装置の機能は、各サブシステムの状態監視、系統切り替え等による障害への復旧処置、気象情報や衛星テレメトリ情報監視に基づくサイトダイバシティ運用、放送電波のスペクトラム監視、各放送の映像・音声・データのモニタ、簡易監視装置等による委託放送事業者への状態情報配信などである。

なお、アップリンクに起因する放送品質低下に関する受信者からの問い合わせは委託放送事業者が受けることから、委託放送事業者がこれらに迅速かつ的確に対応できるように、アップリンク設備の最新状況の情報を委託放送事業者に配信する。これには、統合監視装置に蓄えられる運用情報を、ISDN 回線を介して各委託事業者へ設置したパソコン端末上に web 表示する方法を用いた。これを簡易監視装置と呼んでいる。

3.7 放送衛星

BS デジタル放送では、B-SAT 社が運用する放送衛星

表 3 放送衛星 BSAT-2a, 2b の概要¹³⁾

軌道位置	東経 110° 静止衛星軌道
送信系統数	4(WARC-BS で日本に割り当てられた 8 チャンネルから選択可能)
食運用	可能
設計寿命	10 年以上
バス形式	バイアスモメンタム三軸安定型衛星(スターバス)
重量	打ち上げ時: 約 1.3 t, 軌道上初期: 約 720 kg

BSAT-2a および BSAT-2b(予備機)を用いる。この衛星の概要は表 3 に示す通りである。

4. む す び

アップリンクセンターは、11 月下旬に衛星を用いて、サイトダイバシティ運用など、最後の調整作業を行った。そして 12 月 1 日からは、予定通り 24 時間体制で本放送の運用に入っている。また、各委託放送事業者も 12 月 1 日午前 11 時に、そろって放送をスタートすることができた。今後も、デジタル HDTV 放送やデータ放送など、あらたな基幹メディアとして、BS デジタル放送の普及を期待して止まない。

(加 藤)

〔文 献〕

- 1) テレビ朝日: “テレビ朝日アーク放送センタースタジオ設備更新”, 放送技術 (Feb. 1999)
- 2) 笠羽ほか: “天王洲スタジオの放送設備”, 放送技術 (Jan. 2000)
- 3) 三上泰彦: “1080/24 P 制作システムとマルチレゾリューション・テレビネ”, 放送技術 (Nov. 1999)

- 4) 電波産業会: “1125/60 方式 HDTV スタジオ規格における測色パラメータ運用ガイドライン (ARIB TR-B 9)”
- 5) 松下ほか: “テレビ東京の回線室設備”, 放送技術 (Jan. 2000)
- 6) BS デジタル放送の送信・運用条件標準規格”, 電波産業会 ARIB STD-B 20 1.1 版
- 7) 本間ほか: “BS デジタル放送用 MUX 装置及び BS 伝送信号合成装置の試作”, 映像学技報, 22, 52, BCS '98-40 (Sep. 1998)
- 8) 宮澤ほか: “ビットクロックシンクロナイザーの試作 (圧縮 FS の試作)”, 映像学技報, 21, 79, BFO '97-80 (Nov. 1997)
- 9) 宮澤ほか: “メディア信号のリアルタイム伝送時の同期に関する一考察”, 1997 年映像学年次大 (1997)
- 10) 大川, 阿部, 加藤, 副島: “BS デジタルアップリンクセンターの伝送路符号化システム”, 2000 年映像情報学年次大, 1-8 (2000)
- 11) “BS デジタル放送運用規定 技術資料第七編”, 電波産業会 ARIB TR-B 15
- 12) 豊田, 村崎, 平林, 加藤, 副島: “BS デジタルアップリンクセンターの概要”, 2000 年映像情報学年次大, 1-7 (2000)
- 13) “BS デジタル放送と NHK”, 衛星通信 Bulletin, No. 168 (July 1999)

おくにし ひろき
奥西 宏基 1982 年, 慶応義塾大学電気工学科卒業。同年, テレビ東京入社。製作技術局製作技術部を経て, 1996 年より技術開発室に勤務。放送設備の設計開発に従事。正会員。

ほんま やすふみ
本間 康文 1979 年, 東北大学工学部通信工学科卒業。同年, (株)東京放送に入社, 送出設備の維持, 用管理業務に従事。現在, 技術局デジタル設備計画部において, BS デジタル放送設備の設計業務に従事。正会員。

かとう ひさかず
加藤 久和 1982 年, 東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年, NHK 入局。甲府放送局を経て, 1985 年より放送技術研究所にて, 衛星放送システムの研究, BS デジタル放送の伝送方式の開発および規格化, 衛星放送のチャンネルプラン化活動に従事。1998 年より NHK 技術局にて, BS デジタル放送設備整備を担当し現在に至る。工学博士。正会員。

テレビジョン学会(映像情報メディア学会)実用書シリーズ

新版 CCTVシステム設計の手引

本会編・コロナ社刊

丹羽邦彦 監修, 本橋昭二・木田満洲男 共著

本書は, 1980 年に刊行され好評を博した「CCTVシステム設計の手引」の改訂版である。前版刊行以降 15 年間の関連技術の急速な進歩をふまえ, システム各部の内容を全面的に書き改めたほか, 最近設置された実施例を多数掲載した。ニーズに応じたシステム構成のあり方から, 施工・運用・保守にいたるまで簡潔明瞭に要点が記述されており, 実用性の高い参考書である。

A5判 252 頁。定価(本体 3,000 円 [税別])

衛星放送受信の手引き

本会編・コロナ社刊

金原 晃・渡邊 浩 共著

衛星放送は送受信技術の進歩によって受信が容易になり, 魅力的な番組編成と相まって年々普及が進んでいる。またデジタル多チャンネル放送も開始され, 第2の変革が始まろうとしている。本書は本シリーズの一巻として, 新たな衛星放送の時代に活躍する技術者が十分活躍できるよう解説するとともに, 衛星放送の発展経緯やハイビジョン, データ放送, デジタル放送など将来展望についても興味深く紹介している。伝送放送としてはアナログ方式を中心に記述したが, 随所にデジタルに関する事項を盛り込み, 受信機器の選択, 設置においてシステム設計ができるよう具体的な数値を網羅して詳述した。

A5判 164 頁。定価(本体 2,200 円 [税別])