CS デジタル放送局のしくみ

河崎 憲一郎[†]

スカイパーフェク TV! は、2 基の通信衛星(CS)を通じてテレビ 171 チャンネル、ラジオ 106 チャンネルに及ぶ放送サービス(2000 年 8 月時点)を提供している。CS デジタル放送の特徴である多チャンネルの有料放送を行うシステムについて、送出設備から受信機や顧客サポートまで全体のしくみを説明する。

キーワード：通信衛星，衛星放送，デジタル放送，有料放送

1. ま え が き

世界的に放送のデジタル化が進む中、日本では 2000 年 12 月に BS デジタル放送が開始され、今後は地上波放送のデジタル化も計画されている。日本における本格的なデジタルテレビジョン放送は、1997 年に有料放送を開始した CS デジタル放送が先駆けである。CS デジタル放送では、デジタル衛星放送技術による多チャンネルのサービスが可能で、あらゆるニーズに応える幅広いジャンルの番組や専門的なチャンネルを提供できる。

本稿では、数百チャンネルのテレビ、ラジオ、データの有料放送サービスを、数百万人の加入者に対して提供するしくみを説明する。

2. CS デジタル放送のサービス

2.1 背景

日本における本格的な衛星デジタル多チャンネル放送は、1997 年 1 月に、日本デジタル放送サービス株式会社によって JCSAT-3 衛星から開始された。その後、同社は、1998 年 5 月に、JCSAT-4 衛星による放送サービスを準備中であったジェイ・スカイ・ビー株式会社と対等合併し、サービス名称をスカイパーフェク TV! に変更した。2000 年 6 月には社名を株式会社スカイパーフェクト・コミュニケーションズに変更し、現在は、2 基の衛星を通じて、テレビ 171 チャンネル、ラジオ 106 チャンネルに及ぶ放送サービスを提供している。

2000 年 3 月には、スカイパーフェク TV! と同じく CS デジタル放送を提供していたディレク TV がサービスの終了を決定し、その後ディレク TV の加入者と一部の

チャンネルがスカイパーフェク TV! のサービスへ移行している。

2.2 事業のしくみ

CS デジタル放送では、従来のテレビ放送とは異なり、放送番組を制作・編集する委託放送事業者と、通信衛星を所有して放送波を送信する受託放送事業者が分離されている。さらに、多チャンネル放送サービスを運営するために、数百の委託放送事業者による個々の番組(チャンネル)を 1 つの商品として統合する機能が必要なこと、送出および顧客管理の各種設備の構築やサービス普及のための広告宣伝などに大規模で効率的な投資が必要なことから、プラットフォーム事業者という役割が生まれた。株式会社スカイパーフェクト・コミュニケーションズは、CS デジタル放送のプラットフォーム事業者である。

プラットフォーム事業者は、多チャンネル有料放送サービスに関するプラットフォームサービスを、委託放送事業者と受託放送事業者の双方から受託して業務を行っている。プラットフォームサービスの内訳には、①顧客管理業務(有料放送への加入問い合わせ対応と加入処理、IC カードの発行・貸与、加入者情報の管理や有料放送の契約変更・解約処理、電子番組表やプロモーションチャンネルなど、各種媒体による放送番組の情報提供、有料放送の課金請求や収納)、②放送の普及促進業務(広告宣伝や加入者獲得のための代理店網の構築・維持、受信機規格の作成・管理)、③放送番組送出業務(番組の映像・音声信号などをデジタル信号に変換し、各番組の信号を多重化、変調して衛星に送信する業務)がある。

スカイパーフェク TV! という名前は、デジタル多チャンネル衛星放送のサービス名称であるが、本稿では、同名称のサービスの提供者全体を指す言葉としても用いている。

2.3 サービスの概要

スカイパーフェク TV! のサービス規模は、2000 年 8 月時点で、SD(Standard Definition)映像による一般向けの

[†] 株式会社スカイパーフェクト・コミュニケーションズ プラットフォーム技術部

“The Overview of CS Digital Broadcasting System” by Kenichiro Kawasaki (Platform Technology Department, SKY Perfect Communications Inc., Tokyo)

テレビサービスが171チャンネル、デジタルラジオが106チャンネル、総登録者数は約226万人である。これらの放送サービスは、大部分が有料放送であり、JCSAT-3衛星からのパーフェクTV!サービス(テレビ、ラジオ)とJCSAT-4A衛星からのスカイサービス(テレビ)から成る。

通常のテレビ放送サービスの他に、安価なスカイパーフェクTV!用受信機と高度なセキュリティを確保できる送出システムを用いて、企業の社内ネットワーク用途など、限定された利用者に対し全国に映像と音声を配信する通信サービスも提供している。

また、テレビ画面に連動したデータ放送サービスも計画中(2000年8月時点)である。このサービスでは、受信機に接続するデータ放送用アダプタを用いて、番組関連の情報を取得できる。最初のサービスとしては、公営競技チャンネルでの番組に連動した情報提供を予定している。

2.4 チャンネルの概要と契約形態

チャンネルのジャンルには、映画、スポーツ、音楽、エンタテインメント、ニュース・ドキュメンタリー、趣味・実用、生活・地域情報、教育・資格、外国語放送、デジタルラジオ、成人向けエンタテインメントなどがあり、多彩なチャンネルを提供している。

視聴契約の種類としては、フラット契約、シリーズ契約、PPV契約などがある。フラット契約は、チャンネル単位で月単位の料金を払って視聴するもの、シリーズ契約は、スポーツ番組の1シーズン分や教育番組のコースなど、複数チャンネルにまたがる一連の番組を契約するものである。フラット契約では、単チャンネルでの契約の他に、複数チャンネルをまとめたパックやセットと呼ぶ契約もある。

PPV(Pay Per View, ペイパービュー)契約では、見たい番組を番組単位で購入し、視聴料金は、見た分だけの後払いとなる。映画、スポーツや格闘技などのイベント、音楽のライブ、資格・教育講座などの番組が多い。1回の購入で複数の番組を視聴できるPPVや、1日単位で購入するPPD(Pay Per Day, ペイパーデイ)のしくみもあり、映画番組などに利用されている。

3. CS デジタル放送技術

3.1 衛星回線

スカイパーフェクTV!では、JSAT株式会社の通信衛星(CS: Communication Satellite)の中で、東経128°に位置するJCSAT-3と東経124°のJCSAT-4Aを利用している。これらは、赤道上空36000kmの静止軌道上にあり、お互いに位置が近いため、1つのパラボラアンテナで受信可能である。受信アンテナの口径は、離島など一部の地域を除いて、40~45cm程度である。

CSデジタル放送で使用する衛星の中継器は、衛星からの下り回線に周波数12GHz帯の直線偏波を用い、帯域幅が27MHzのものである。なお、後述する東経110°CSでは、下り回線が円偏波で帯域幅の異なる中継器(34.5

図1 CS デジタル放送の情報の流れ

MHz)が用いられる。

3.2 放送方式

日本のCSデジタル放送の放送方式は、電気通信技術審議会の一部答申において技術的条件¹⁾が定められている。この方式は、国際的な映像や音声の圧縮方式であるMPEG(Moving Picture Experts Group)規格^{2)~4)}と欧州DVB(Digital Video Broadcasting)が定めたDVB-S規格⁵⁾を基礎としている。このため、映像と音声を圧縮符号化して伝送する際に、送出設備や受信機の部品として国際的に標準化された高性能で安価な製品を用いることができる。CSデジタル放送を行う際の技術仕様としては、社団法人電波産業会(ARIB: Association of Radio Industries and Businesses)が民間の標準規格を定めている。

スカイパーフェクTV!の送出信号の仕様や受信機規格は、CSデジタル放送の放送方式に基づき、ARIB標準規格^{6)~8)}を含み、さらにスカイパーフェクTV!の独自規格や運用条件を加えたものである。

3.3 情報の流れ

図1に、CSデジタル放送サービス全体の情報の流れを示す。ディジタル化された番組の映像・音声は、圧縮符号化して伝送するため、アナログ放送と比べて多チャンネルの放送が可能となる。番組編成情報からは、PSI(Program Specific Information)と呼ぶ選局のための制御情報やSI(Service Information)と呼ぶ電子番組表(EPG: Electronic Program Guide)を表示するための情報を作成する。加入者の契約情報からは、後述する限定受信のための情報を作成する。これらの情報は、多重化されてトランスポートストリーム(Transport Stream)と呼ぶ1本のパケット列となり、誤り訂正符号を付加した後、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)変調されて衛星回線で伝送される。受信側では、送信側と逆の処理を行い、番組の映像・音声を一般のテレビ受像機に出力する。

スカイパーフェクTV!が使用している27MHz帯域幅の中継器による衛星回線では、誤り訂正符号を除いて情報伝送に利用できるビットレートは、約29Mbpsである。この値からPSI, SIや限定受信のための情報を除くと、番組に使用できるビットレートは24Mbps程度である。映像に割り当てるビットレートの値と番組内容によって、受信後の画像の品質が決まるため、具体的な映像ビットレートはチャンネル毎に異なるが、一般に中継器当たり4から7チャンネル程度を伝送できる。

3.4 限定受信方式

有料放送を行うチャンネルでは、正規の契約者のみが視聴できるように、映像、音声、データのストリームにスクランブル処理を行って送出する。CS デジタル放送のスクランブル方式は、MULTI2方式が用いられている。MULTI2は、デジタルデータを暗号化する方式のひとつで、BS デジタル放送や地上波デジタル放送などでも採用され、日本のデジタル放送の標準スクランブル方式となっている。

契約者毎に、契約内容に応じてスクランブルの解除を制御する仕組みは、限定受信(CA: Conditional Access)システムによって行う。限定受信システムは、番組のスクランブルに用いる鍵データと契約者の鍵データを管理し、契約条件に対応した視聴制御や課金を可能とする。スカパーフェク TV!では、多チャンネルの有料放送に適した独自の限定受信システムを採用している。

フラット契約、シリーズ契約、PPV 契約など、各番組の契約条件の設定は、番組に付随して送出する ECM (Entitlement Control Message, 共通情報)と呼ばれる情報で、また各契約者の契約内容は、EMM(Entitlement Management Message, 個別情報)と呼ばれる情報で、それぞれ受信機に伝送する。受信機には、各契約者に対応する識別番号を持ったスカパーフェク TV!専用の IC カードが付属している。

IC カードには、CPU とメモリーが内蔵され、限定受信の処理ソフトウェアや契約条件が格納されている。限定受信に関する処理機能は、すべてデジタル化されて IC カードに封じ込められているため、不正視聴は困難であり、高度なセキュリティを提供できる。この IC カードは、スカパーフェク TV!から各契約者に貸与している。

IC カードにはあらかじめ EMM を通じて契約情報を書込んでおき、番組を視聴する際には、ECM による番組の視聴条件とカード内の契約情報を照合し、受信機のスクランブル解除処理を制御して、視聴の可否を決定する。PPV 番組の場合は、番組の購入結果(視聴履歴情報)を IC カードにいったん記憶し、受信機に接続した電話回線を通じて、顧客管理システムが視聴履歴情報を収集する。

4. CS デジタル放送の放送システム

4.1 システムの概要

CS デジタル放送では、多チャンネルの送出、衛星、受信機、顧客管理などの各サブシステムがまとまって、1つのシステムとして運用され、放送サービスの提供から課金、顧客サポートまでを実現している。図2に、CS デジタル放送システムの概要を示す(実際のシステムでは、常に安定したサービスを提供するため、放送サービスや顧客サービスに関する設備はすべて多重化しているが、以下の説明では予備システムを省略している)。

4.2 番組情報管理システム

番組送出を統括するシステムとして、番組情報管理システムがあり、PMS(Program Management System)や BDPS(Broadcasting Data Processing System)と呼ばれる。これらは、1つのシステムで数十から百以上のチャンネルの番組編成情報を取り扱う。番組情報管理システムは、委託放送事業者が番組編成端末から入力した番組編成情報に基づき、番組送出のためのベースバンドシステムやエンコーダシステムの制御、EPG 情報の作成、有料放送の視聴条件の設定などを行う。

4.3 ベースバンドシステム

ベースバンドシステムは、各チャンネルの番組をエンコーダシステムに供給する。委託放送事業者からの番組は、大別して映像音声回線経由で供給される場合と、ビデオテープで搬入された素材を放送センターにて再生し、送出する場合がある。ベースバンドシステム内で扱う映像音声信号は、すべてデジタル化されている。

図3に、放送センターのベースバンドシステムの一例を

図2 CS デジタル放送システム

図3 ベースバンドシステム

図4 エンコーダシステム

図5 統計多重エンコーダ

示す。委託放送事業者がチャンネルの全番組を送出する場合は、光伝送回線経由でベースバンド信号を受け取る。一方、VTRテープで番組素材を受け入れる場合は、放送センター内のビデオカートから送出する。回線とビデオカート再生の素材を併用することもできる。プロモーションやCMなど繰り返し用いられる素材は、ビデオサーバに登録し、他の素材と組合せることも可能である。

すべてのベースバンド信号は、128×128のセントラルルータを経由し、柔軟な信号切り換えを可能にしている。各チャンネルの信号は、用途に応じてラインシンクロナイザまたはマスタスイッチャを経て、エンコーダシステムに供給される。ビデオカートやビデオサーバ、ルータやスイッチャなどのベースバンド機器は、すべて番組情報管理システムから制御されており、全自動で運転される。

4.4 エンコーダシステム

図4に示すエンコーダシステムでは、まずベースバンドシステムからのデジタル映像音声信号をMPEG-2エンコーダで圧縮符号化する。エンコーダの出力は、エレメンタリストリーム(Elementary Stream)と呼ばれるパケッ

図6 エンコーダチェーン

ト化されたデータとなる。各エンコーダからのストリームは、マルチプレクサ(Multiplexer)で多重化されて1本のストリームとなる。マルチプレクサでは、映像・音声のストリームの他に、PSI、SI情報や限定受信のためのECM、EMMのストリーム、後述する受信機のダウンロードサービスのためのデータストリームなどが同時に多重化され、トランスポートストリームとなる。トランスポートストリームは、多重化されたパケット列の必要な部分をスクランブル処理し、誤り訂正符号を付加した後、搬送波をQPSK変調して衛星回線で伝送可能な信号とする。

一部のチャンネルのエンコード処理では、図5に示す統計多重(Statistical Multiplexing)と呼ばれる方式を採用している。統計多重方式では、各チャンネルの映像の内容に応じて、1中継器内の各チャンネルへのビットレートの割当てを動的に変更する。具体的には、映像入力信号から各エンコーダが必要なビットレートを見積もってマルチプレクサに集約し、マルチプレクサ内の統計多重制御機能がビットレート配分の調停を行い、実際の映像ビットレートを各エンコーダに指示する。

統計多重方式では、例えば、ある時点で静止画に近い映像のチャンネルから動きの速い映像のチャンネルにビットレートを融通することによって、全体としてビットレートを効率良く使うことができ、ビットレートを固定する場合に比べて画質を改善できる。

1中継器分のエンコーダ、マルチプレクサ、QPSK変調器などを集めたサブシステムをエンコーダチェーン(Encoder Chain)と呼んでいる。エンコーダチェーンは、放送を行う中継器の数だけ必要となり、多チャンネルのデジタル放送設備の中で大きな割合を占める。図6に実際のエンコーダチェーンの例を示す。

4.5 EPG システム

EPG システムでは、番組情報管理システムに入力された各チャンネルの編成情報を基に、7 日間の週間番組表や現在番組表のデータを作成し、SI 情報のストリームとして供給する。EPG システムでは、百以上のチャンネルの番組情報を扱いながら、各チャンネルの番組編成の緊急変更に対して、短時間で追従できる処理能力が必要となる。

CS デジタル放送では、NVOD(Near Video On Demand)と呼ぶ映画などの同一番組を複数のチャンネルから時間差を付けて繰り返し放送し、番組の開始を長時間待たずに視聴できるような番組編成を行うことがある。SI 情報の送出に当たっては、このような多チャンネル放送特有の繰り返しが多い編成を考慮したデータフォーマットを採用し、効率の良い伝送を可能としている。

4.6 鍵管理システム

鍵管理システム(SAS: Subscriber Authorization System)では、IC カードの発行や限定受信システムの運用に

図 7 マスタコントロールルーム

図 8 デジタルチューナ

必要な鍵情報の管理を行うとともに、顧客管理システムからの契約情報を暗号化して EMM を作成する。

4.7 RF システム

エンコーダチェーンからの QPSK 変調された信号は、RF システム内で周波数変換と増幅を行い、送信アンテナから衛星にアップリンクする。RF システムでは、送出監視のために衛星からダウンリンクされた信号の受信も行う。

4.8 監視システム

多チャンネルの放送サービスを安定に提供するためには、送出運行の監視システムが重要となる。一方、チャンネル数が多く、送出システムの規模も大きいため、運用監視の人員を省力化する必要もある。このため、送出運行やアラーム監視の自動化を進め、送出システムを中継器単位の分散構成とし、さらに万一事故が起きた際には、サブシステム単位の迅速な切り分けができるような構成としている。図 7 に、マスタコントロールルームの例を示す。

4.9 デジタルチューナ

図 8 に、受信機(デジタルチューナ)の構成を示す。デジタルチューナは、衛星からの電波を 2 衛星対応のアンテナで受信する。2 衛星対応アンテナは、チューナからの指示により、受信する衛星と偏波(水平/垂直)を切り換えることができる。アンテナで受信した信号は、チューナユニット内で QPSK 復調と誤り訂正処理が行われ、トランスポートストリームが復元される。トランスポートストリームは、スクランブルを解かれた後、デマルチプレクサ(Demultiplexer)にて映像や音声、EPG など各種のストリームが分離される。

映像と音声のストリームは、AV デコーダで MPEG デコードされ、アナログ信号に変換された後、テレビ受像機に出力される。AV デコーダは、EPG や操作メニューを表示するため、映像にグラフィックデータを重ねる機能も持つ。受信機全体の動作は、ユーザの操作と受信した信号に基づき、内蔵の CPU 上で動作する受信機ソフトウェアによって制御される。

スクランブルされた番組の場合、IC カードに格納された契約情報に基づいて、映像と音声のデコード前にデスクランブル処理を行う。PPV 番組を購入した場合は、IC カードに PPV 番組の視聴履歴が記録される。PPV 番組の視聴履歴は、チューナに内蔵のモデムを用いて、電話回線経由で SMS に収集する。なお、視聴履歴の収集には、フリーダイヤルを用いており、通信費はスカパーフェクト TV! が負担している。

EPG には、放送中の他チャンネルの番組を確認できる現在番組表と 1 週間先までの週間番組表があり、EPG 上から番組の説明文を読んだり、ジャンルを指定した番組検索や番組の録画予約をすることができる。また、EMM を利用した個人あてのメールを受信する機能や、全加入者向けのお知らせボードを表示する機能もある。

スカイパーフェク TV! のデジタルチューナには、全機種「センターアクセス」というシンプルな双方向機能が搭載されている。「センターアクセス」では、SI 情報の一部を用いて簡単な設問を画面に表示し、加入者の回答を視聴履歴と同様に電話回線経由で集めることができ、番組に関連したアンケートや懸賞などのサービスを提供している。

また、衛星からのダウンロードにより、受信機のソフトウェアを更新する機能も搭載しており、新機能の追加やソフトウェアのバージョンアップを行うことができる。受信機向けのダウンロードサービスは、「ハッピーアップ」と呼んでおり、例えば 2000 年 8 月の時点で、12 機種に向けて最新のソフトウェアをサービス中である。

4.10 顧客管理システム

有料放送サービスでは、各加入者との契約情報に基づいて、番組の視聴許可や課金・収納などを行う。顧客管理システム SMS (Subscriber Management System) は、契約情報など、各契約者の情報を一括して管理し、顧客サービスの基盤となっている。

カスタマーセンターでは、SMS の情報にアクセスし、加入の申込、契約の変更、解約、各種問い合わせなどの電話による顧客サービスを提供している。なお、契約内容などの変更は、電話オペレータによる対応の他に、音声認識 IVR (Interactive Voice Response) による電話の自動応答や、ホームページなどからの受付も行っている。

5. 東経 110° CS サービス

現在、東経 110° の新しい CS 衛星 (N-SAT-110) を用いた CS デジタル放送サービスが計画されている。110° CS は、BS 衛星と同一位置にあって、BS デジタル放送と同一の放送方式⁹⁾の採用が決まっており、BS デジタル放送とアンテナおよび受信機の共用化が可能なことから、受信機の普及が期待できる。スカイパーフェク TV! でも、110° CS での放送に向けて、ARIB での BS-110° CS 共用受信機規格の策定に参加し、またプラットフォームサービ

スを提供するため、システム構築の準備を進めている。

6. む す び

デジタル放送技術を用いた多チャンネルの有料放送サービスは、CS デジタル放送によって、日本でも本格的な普及期を迎えた。今後の CS デジタル放送は、110° CS 衛星を用いたサービスの開始により、新しい時代に突入するといわれており、プラットフォーム事業に対する期待も大きい。スカイパーフェク TV! は、日本のデジタル放送サービスの先駆者として、常に最新のデジタル技術を用いたサービスを提供してきたが、今後もプラットフォーム事業の充実を通じて、新しいサービスを積極的に提供していく予定である。

(2000 年 8 月 28 日受付)

〔文 献〕

- 1) 電気通信技術審議会一部答申、「諮問 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち 12.2~12.75 GHz を使用する衛星デジタル放送方式 (27 MHz 帯域幅を使用するもの) の技術的条件」(1995)
- 2) ISO/IEC 13818-1, "Information technology-Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems" (1996)
- 3) ISO/IEC 13818-2, "Information technology-Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video" (1996)
- 4) ISO/IEC 11172-3, "Information technology-Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s-Part 3: Audio" (1993)
- 5) ETS 300 421, "Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services" (1994)
- 6) ARIB STD-B 1, "CS デジタル放送用受信装置 標準規格(望ましい仕様)", 電波産業会 (1996) 1.0 版
- 7) ARIB STD-B 10, "デジタル放送に使用する番組配列情報 標準規格", 電波産業会 (1997) 1.0 版
- 8) ARIB STD-B 16, "CS デジタル放送用標準共用受信機 標準規格", 電波産業会 (1997) 1.0 版
- 9) 電気通信技術審議会一部答申: "12.2~12.75 GHz を使用する衛星デジタル放送方式 (34.5 MHz 帯域幅を使用するもの) の技術的条件" (2000)

かわきけんいちろう

河崎憲一郎 1983 年、京都大学工学部電気工学第二学科卒業。1985 年、京都大学大学院工学研究科電気工学第二専攻修士課程修了。同年、パオニア(株)入社。1996 年、ソフトバンク(株)入社。1997 年、ジェイ・スカイビー(株)入社。1998 年、日本デジタル放送サービス(株)入社。現在、(株)スカイパーフェクト・コミュニケーションズ、プラットフォーム技術部長。