

## 新連載

# 日本ケーブルラボが拓くケーブル4Kの未来

## 第11回 高度BS再放送に向けた検討状況

日本ケーブルラボ 実用化開発部長  
柴田 達雄



本連載もいよいよ大詰めとなってきた。現実のケーブルサービスに目をやると、高度BS再放送運用仕様の最終化が本年夏に迫ろうとしている。今回は4K/8Kを含む高度BS再放送に関わる課題を取り上げ、こういった解決方法が用意されているのか、放送コンテンツを「High efficiency = 高効率」で「heterogeneous environment = 異種混合環境」へ伝送する手立てを紹介する。

(図版提供:日本ケーブルラボ)

## 第1章 はじめに

高度 BS 放送は、正式には高度広帯域衛星デジタル放送と呼ばれ、放送衛星（BS）の中継器（トランスポンダ）1 台を用いて伝送できる約 100Mbps のダウンリンク信号をもって、4K/8K の超高精細度テレビジョン放送（UHD TV）を提供するサービスである。

高度 BS 放送は、試験放送が本年（2016 年）夏頃に BS17 チャンネルを用いて開始される。BS17 チャンネルは 2015 年 3 月末まで衛星セーフティネット（難視対策用）に利用され、現在空となっているものである。その後、新放送衛星（BSAT-4a）が打上げられ、運用が開始されるのを待って、2018 年に実用放送の開始が予定されている。

ケーブルテレビにとってこの高度 BS 放送を再放送することは、視聴者サービスとして重要であるほか、放送インフラとしての社会的な使命でもある。特に高度 BS 放送が対象とする 4K/8K 放送は、その高い情報速度ゆえに地上デジタル放送（ISDB-T）の

現行パラメータでの伝送は困難とされ、陸上での伝送はケーブルに限られることから世の中に果たす役割は大きい。

高度 BS 放送の技術基準は、総務省が 2014 年に情報通信審議会の答申に基づき「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」として策定し、これを受ける形で電波産業会（ARIB）が標準規格を策定した。2015 年 12 月末には、次世代放送推進フォーラム（NexTV-F）が運用規定（NEXTV TR-0004）1.0 版を策定し、公表した。これら一連の標準化作業の結果、信号多重化方式や限定受信方式（CAS）等においてこれまで採用されていない技術が導入されており、ケーブルテレビが再放送するに当たってはこれら新技術への対応が求められている。本稿ではこれら課題に対する検討状況について解説する。

## 第2章 高度 BS 再放送に関わる課題

高度 BS 放送の技術基準の骨子を、現行の BS 放送（広帯域衛星デジタル放送）との対比で表 1 に示す。表中で太字が、現行の BS 放送との主な相違点である。一部は既にケーブルの 4K 自主放送で対応済となっているが、下線を付した項目は、自主放送では利用されていない技術であり、ケーブルで再放送を行う上で新たに対応が必要な事項となる。以下、各課題の概要を述べる。

まず、信号多重化方式が BS デジタル放送での MPEG2-TS から新たな多重化方式 MMT（MPEG Media Transport）に代わることへの対応がある。MMT には異な

る経路で受信した放送および通信コンテンツを同期して表示する機能等があり、高度 BS 放送において様々な高度サービスを提供するための基礎技術が盛り込まれている。MMT への対応を含むトランスモジュレーション方式については第 3 章で述べる。

次に、スクランブル（暗号化）方式が、CAS のセキュリティを強化する目的で鍵長 128 ビットの AES と規定されたため、これを新たに導入する必要がある。鍵長 128 ビットの導入を含む CAS についての課題と対応については第 4 章で述べる。

|                   |     | 広帯域                                     | 高度広帯域                                                  |
|-------------------|-----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 使用周波数帯            |     | BS:11.7～12.2GHz CS:12.2～12.75GHz        |                                                        |
| 伝送帯域幅             |     | 34.5MHz                                 |                                                        |
| 変調方式              |     | BPSK, QPSK, TC8PSK                      | $\pi/2$ シフトBPSK, QPSK, 8PSK, <b>16APSK</b>             |
| 変調速度              |     | 28.86Mbaud                              | 33.7561Mbaud                                           |
| 情報レート例<br>(変調方式等) |     | 最大約52Mbps<br>(TC8PSK, 2/3)              | 約 <b>100Mbps</b><br>( <b>16APSK</b> , 7/9)             |
| 誤り訂正<br>方式        | 内符号 | 畳込符号化 又は TC(2/3)                        | LDPC                                                   |
|                   | 外符号 | 短縮化RS                                   | 短縮化BCH                                                 |
| スクランブル方式          |     | MULTI2                                  | * <b>AES, Camellia</b>                                 |
| 多重化方式             |     | MPEG-2 TS                               | MPEG-2 TS, * <b>MMT・TLV</b>                            |
| 映像符号化方式           |     | MPEG-2                                  | H.265   HEVC                                           |
| 音声符号化方式           |     | MPEG-2 AAC                              | MPEG-2 AAC,<br><b>MPEG-4 AAC/ALS</b>                   |
| 映像入力フォーマット        |     | 480/I, 480/P [SD]<br>720/P, 1080/I [HD] | 1080/I, 1080/P [HD]<br><b>2160/P, 4320/P [UHD]</b>     |
| 色域                |     | ITU-R BT.709                            | ITU-R BT.709,<br>IEC61966-2-4,<br><b>ITU-R BT.2020</b> |

表1 衛星デジタル放送の技術基準

(平成26年7月3日総務省令第59号にて改正)

注:技術基準ではスクランブル方式と多重化方式について2方式が併記されたが、NexTV-F運用規定では

\*印を付したAES、MMT・TLVが選択された。

## 第3章 高度 BS 再放送トランスモジュレーション方式

### 3-1 MMT 概要

現行の放送システムでは、多重化方式（メディアトランスポート方式）として MPEG で標準化された MPEG-2 TS（Transport Stream）が用いられている。MPEG2-TS では、単一の伝送路による放送を前提に、制御信号やクロックも含め各コンポーネントを一つのストリームとして扱っているが、この方式では、近年の放送と通信が併存する環境下で多様な伝送路を介し、かつテレビのみならずタブレットやスマホ等のデバイスに対して高度なサービスを提供するには限界がある。

このような混在環境下におけるメディア配信に用いられる一連の規格として 2014 年 3 月に国際標準（IS）化されたのが、ISO/

IEC 23008 MPEG-H（High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments）であり、その Part 1 が MMT である。なお、MPEG-H の Part 2 は 4K/8K の符号化に用いられる High Efficiency Video Coding（HEVC）であり、他に 3D Audio（Part 3）、Forward Error Correcting Codes for MMT（Part 10）、Composition coding for MMT（Part 11）等が規定されている。

図 1 に MMT における符号化信号の構造を MPEG2-TS と比較して示す。

図の最上位にある NAL（Network Abstraction Layer）ユニットは、H.265/HEVC エンコーダが出力する符号化信号であり、制御情報と、圧縮された映像スライス

データの2種類がある。制御情報と映像スライスデータを連結したものはアクセスユニット(AU)と呼ばれ、1枚のフレーム(Picture)に相当する。NAL/AUは従来のMPEG2-TSではElementary Stream(ES)に相当する。

次のMFU(Media Fragment Unit)は、MMTにおける最小の処理単位で、H.265映像信号の場合はNALユニットとなる。この場合のMFUはMPEG2-TSのPESに相当すると考えてよい。

MPU(Media Processing Unit)は、図2

に示すように、メタデータとMFUが連結したサンプルデータより構成され、H.265のようなフレーム間予測を用いる符号化信号を用いる場合には、GOP(Group of Picture)と同じ単位である必要がある。MPUは独立して復号が可能な符号化単位であり、提示時刻や復号時刻もMPU単位で指定可能である。

MMTPペイロードをMPU/MFUから生成する方法は2つある。1つ目は、MPUを分割する方法、2つ目はMFUからMPUを構成する処理を省略し、MFUを直接

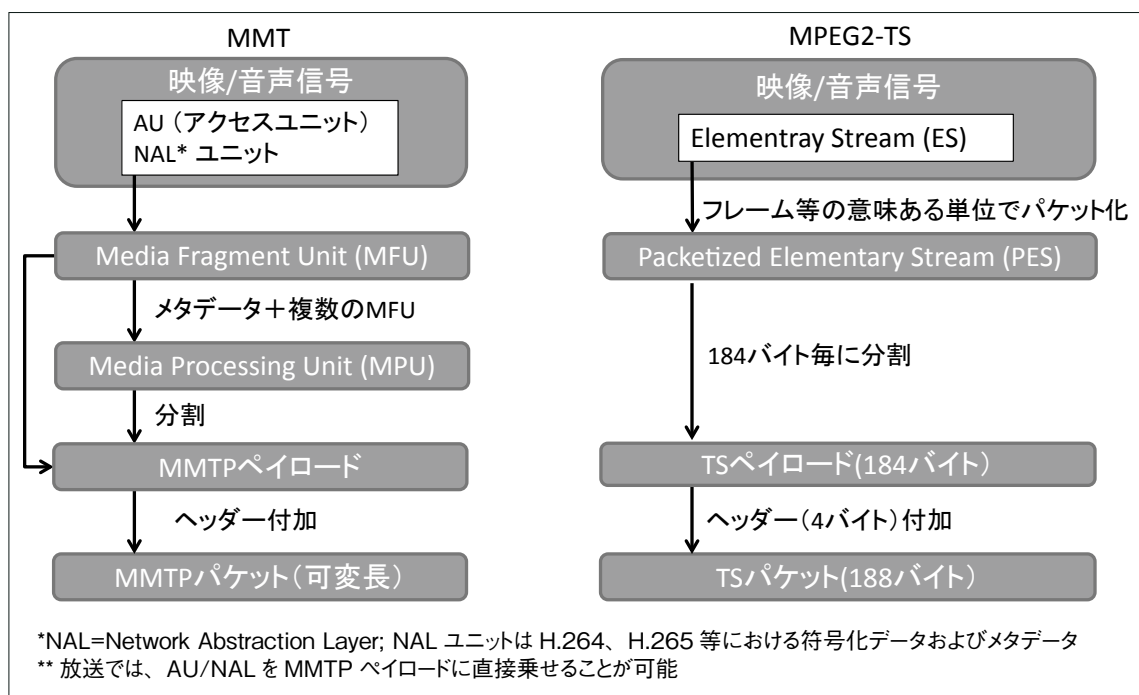


図1 MMTにおける符号化信号の構造とMPEG2-TSとの比較

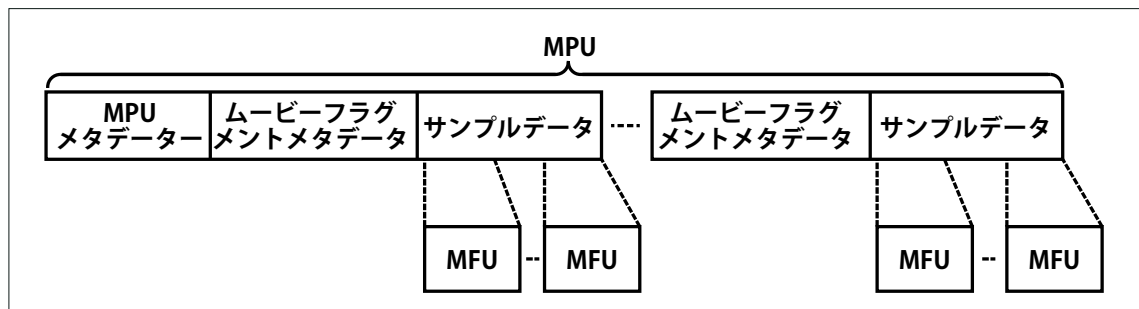


図2 MPUの一般的な構成

MMTP ペイロードとする方法であり、放送では遅延削減効果のある2つ目の方法が用いられる。この場合、MPUに含まれるべきメタデータは、制御情報として送信される。MMTP ペイロードは可変長だが、サイズにより複数のNAL ユニットの格納したり、NAL ユニットの分割して格納する。

最後に、MMTP ペイロードにヘッダを付加したものがMMTP パケットとなる。ヘッダにはペイロードタイプ、配信タイムスタンプ、パケットシーケンス等の情報が含まれる。

図3に放送でMMTを使う場合のプロトコルスタックを示す。図1で生成されたMMTP パケットはIP ヘッダを付加されてIP データフローとなり、可変長パケットに対応するTLV (Type Length Value) を用いて多重化され、放送伝送路に送出される。

制御情報は図3に示されるMMT-SIに加え、TLV-SIの2種類がある。MMT-SIは、放送番組の構成などを示す制御情報であり、MPEG2-TSのPSIに相当する。TLV-SIは、図4および図5に示されるTLV-NITとAMTより構成され、選局のための情報や放送番組とIPアドレスの対応情報を提供する。

図3の上部左側に表れているNTP (Network Time Protocol) は、ネットワーク上の機器を協定世界時 (UTC) に同期させるためのプロトコルで、MMTでは本プロトコルを用いることにより、放送と通信のように異なる伝送路経由で送られたコンポーネントを、受信側で高精度に同期して再生することが可能となる。

### 3-2 トランスモジュレーション方式

#### ①高度BS放送運用パターン

ケーブル業界が2015年12月に開始したケーブル4Kサービスでは、映像のビットレートを25Mbpsとし、音声およびSIを加えたビットレートを27Mbps程度とすることにより、64QAMでの伝送を可能としている。

一方、NexTV-Fの運用規定1.0版では、4K映像の最大ビットレート(「デフォルトマキシマムビットレート」)は35Mbpsとなっており、これに音声やSIを加えると38Mbps程度の伝送レートとなる。これに対して、高度BS放送のトランスポンダ当たりの伝送ビットレートは約100Mbpsであり(表1参照)、実用放送では、1つのトランスポンダを使って3つの

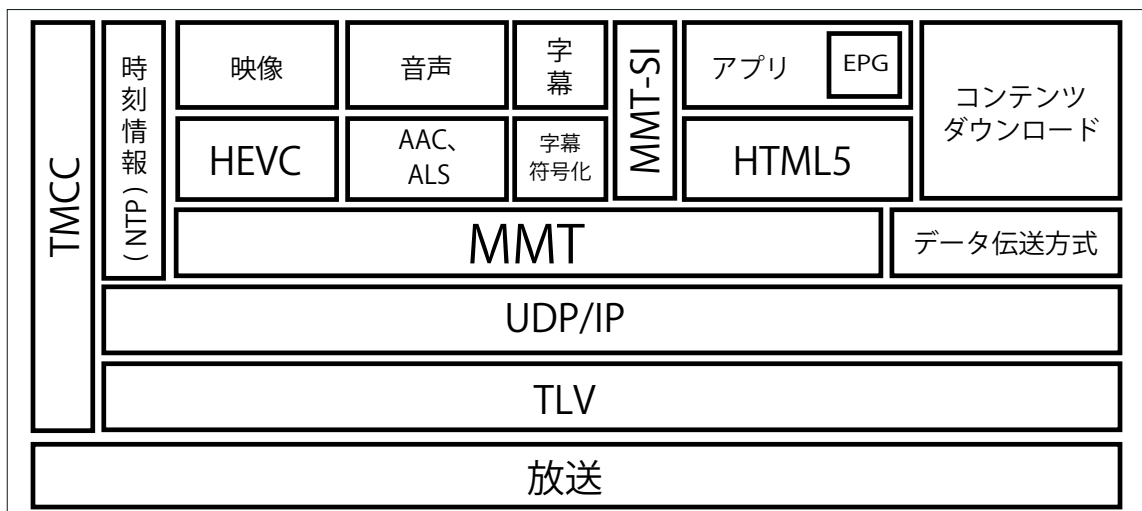


図3 MMTのプロトコルスタック(放送)

出典:ARIB STD-B60「デジタル放送におけるメディアトランスポート方式」

4K チャンネル用 TLV ストリームが運用されると想定されることから、単純に割ると1つの TLV ストリームのビットレートは 33Mbps となる。

従って、高度 BS 放送をケーブル伝送路で再エンコード等の処理なくそのまま再放送するためには、単一の 64QAM による伝送は困難で、256QAM の利用が必要となると想定される。

この場合、ケーブルヘッドエンドでは、衛

星からの 100Mbps ダウンリンク信号に含まれる 3つの 4K TLV ストリームを分離し、それぞれを単一の 256QAM で伝送する。この処理のイメージを図 4 に示す。

一方、日本のケーブルテレビ事業者で、放送用の 256QAM を運用している事例は現状では少ない。放送に利用される ITU-T J.83 Annex C 準拠の 64QAM と 256QAM の所要 C/N の差は約 8dB 程度

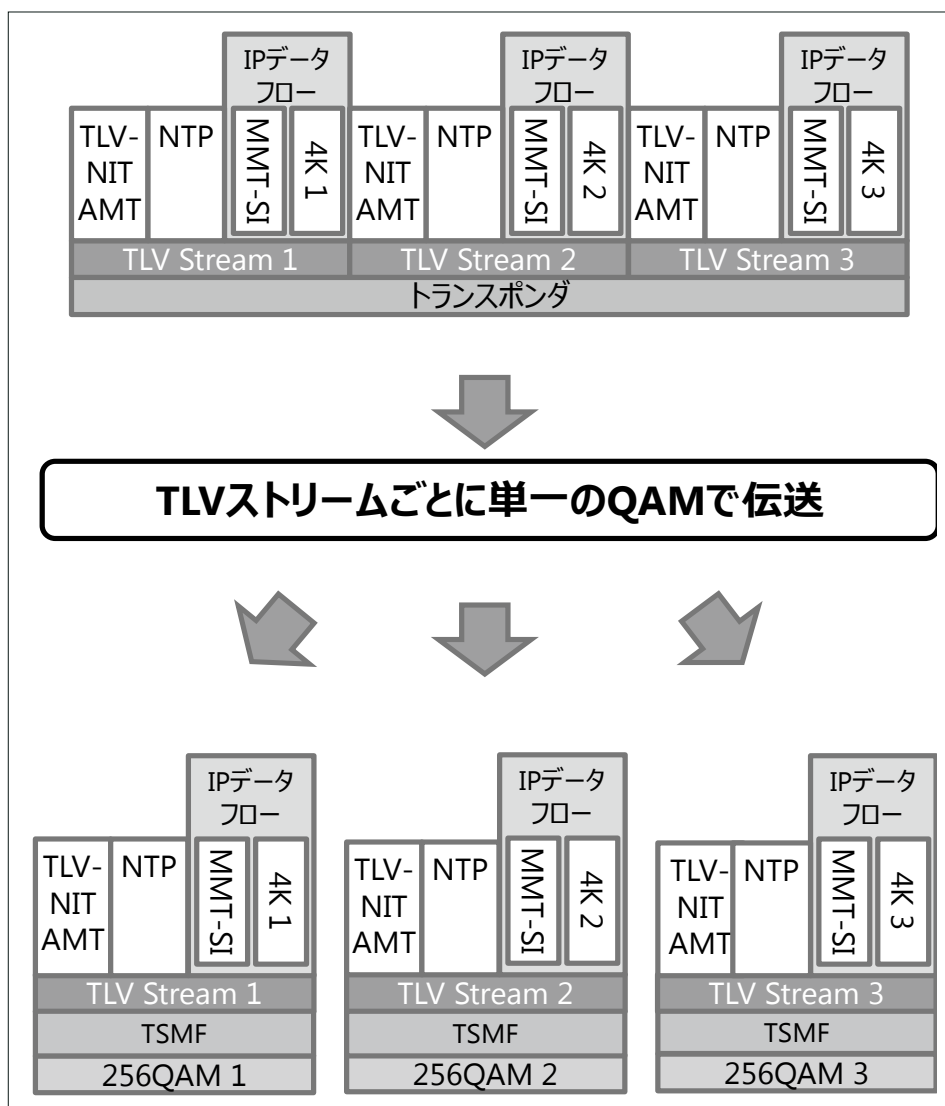


図4 4K TLVストリームを単一256QAM伝送路で再放送するイメージ図

注：TLV-NIT (TLV 用ネットワーク情報テーブル)＝変調周波数など伝送路の情報と放送番組を関連付ける情報  
AMT (Address Map Table)＝放送番組番号を識別するサービス識別子とIP パケットを関連付ける情報

あり、既存の HFC で 256QAM を運用するには送出レベル等の調整が必要となる。特に集合住宅等で減衰が大きい棟内配線を利用している場合には、調整しても 256QAM の運用が困難な場合が予想される。

このような場合、本企画の 6 月号および 11 月号で既に解説した複数搬送波伝送方式を用い、複数の 64QAM 伝送路を利用して高度 BS 4K 放送を再放送する技術もある。その場合の伝送のイメージを図 5 に示す。

## ② 拡張 TSMF による TLV の伝送

高度 BS 放送の再放送において、MMTP パケットを多重化した TLV ストリームを QAM 伝送路で伝送する場合には、「拡張」TSMF (Transport Stream Multiplexing Frame) を用いる。現行の TSMF は、MPEG2-TS (188 バイト長) を伝送するが、拡張 TSMF では、TS に加えて TLV の伝送も可能で、TLV の場合には図 6 に示すように可変長の TLV パケット

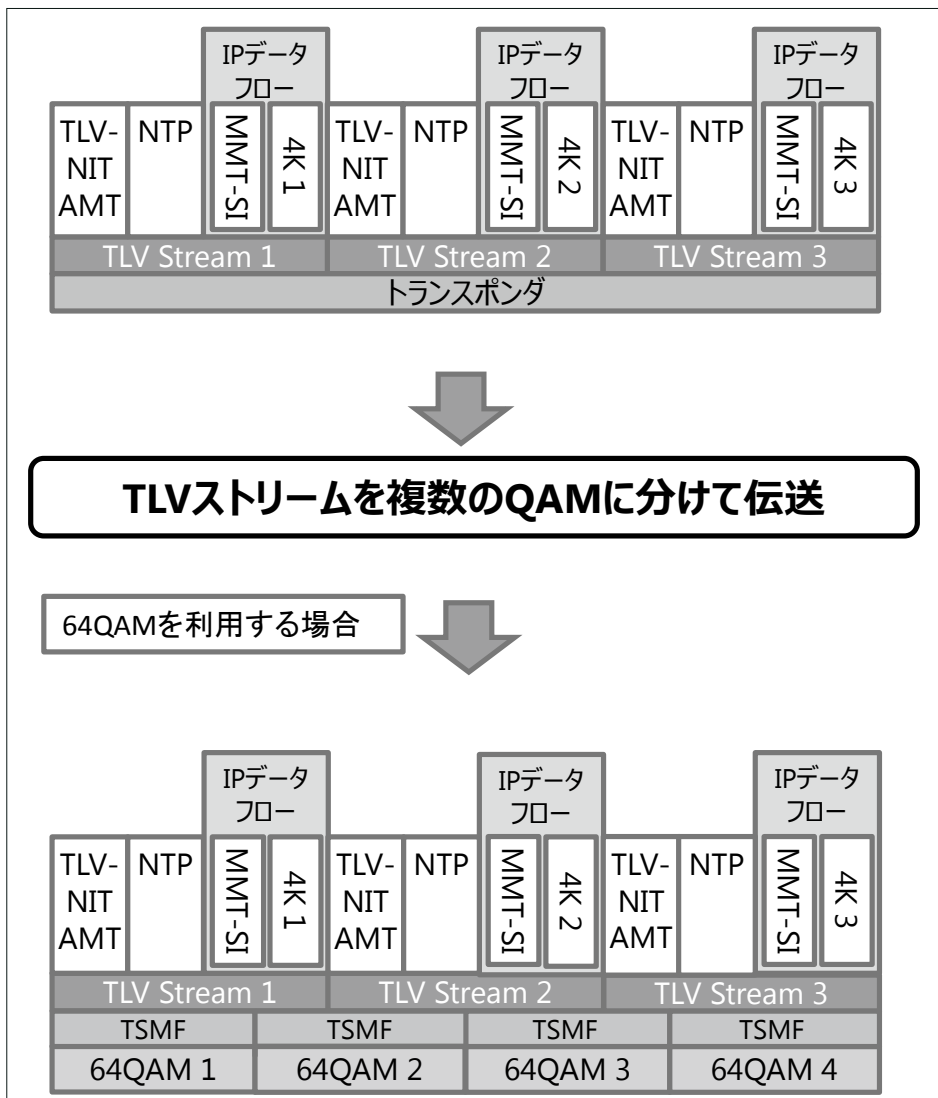


図5 複数QAMによる高度BS 4K放送の再送信イメージ



を機械的に 185 バイトに分割した上で 3 バイトの同期バイトを付加し、TS と同じ 188 バイト長とすることにより、TSMF フレームに収容する。フレームの中身が TS か TLV かは、拡張領域に新たに規定された拡張 TSMF ヘッダ中のフラグにより識別する。

なお、高度 BS 放送では、前述のように、1つのトランスポンダ上で複数の TLV ストリームを伝送する運用形態に加え、トランスポンダ上で 1つの TLV ストリームを伝送し、この中で単一もしくは複数のサービスを提供す

る運用形態がある。後者は、特に 4K と 8K が時間帯により切り替えられる、いわゆる「まだら放送」で用いられると考えられる。この場合、ケーブルヘッドエンドでは、衛星からの 100Mbps TLV ストリームに手を加えることなく複数搬送波伝送システムに信号を入力し、ケーブル STB は、複数 QAM 経由で受信される信号を束ねて 100Mbps TLV ストリームを再生成することにより、衛星からの直接受信と同様に 4K/8K 混在サービスを提供できる。

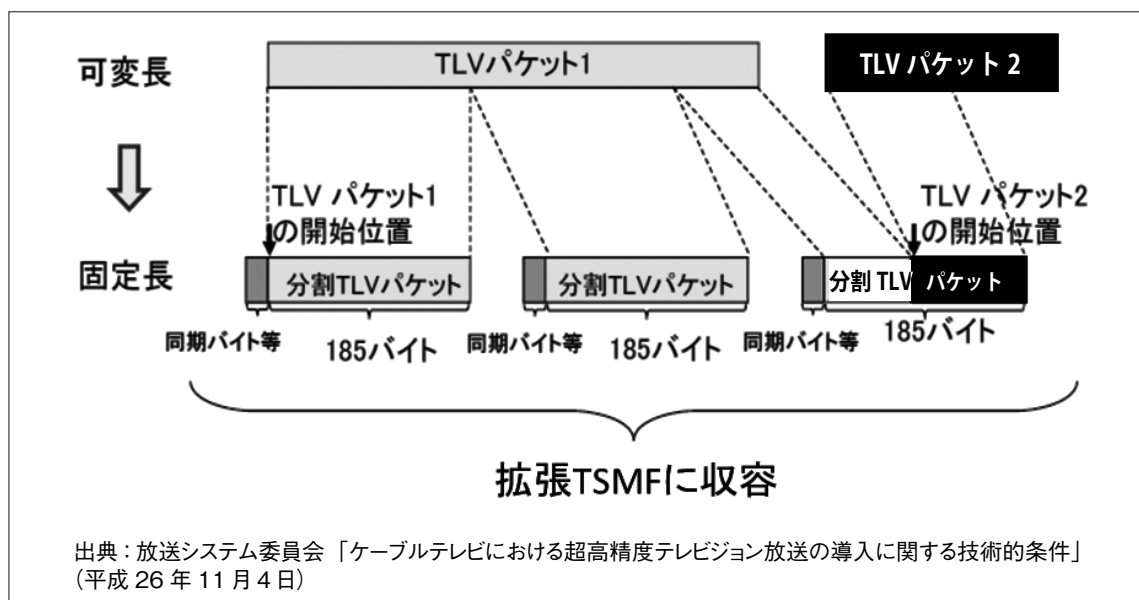


図6 拡張TSMFによるTLVの伝送

## 第 4 章 次世代 CAS

### 4-1 高度 BS 再放送用 CAS

高度 BS 放送の CAS 用スクランブル方式は、4K/8K コンテンツの伝送に見合うセキュリティ強度を確保する観点から鍵長 128 ビットの AES が採用されており（表 1 参照）、ケーブルによる再放送でも同等のスクランブル方式を利用する必要がある。一方、ケー

ブル 4K 自主放送用の CAS は、現在は従来の Multi2（鍵長 64 ビット）を用いる C-CAS 方式のままとなっており、今後、ハリウッドコンテンツ等を伝送することを想定すると、高度 BS 放送と同様に鍵長 128 ビットの暗号化方式への対応が必要となる。現在ケーブル業界で検討が進められている次世代ケーブル CAS 方式は、C-CAS+ と呼ばれ、



OMS (Open Media Security) 方式を CAS 基盤として採用することが検討されている。

ケーブルテレビで高度 BS 放送を再放送する場合の CAS 方式は、高度 BS 用の CAS (以下、新放送 CAS と呼称) をそのまま利用する方法もあるが、再放送用の STB がケーブル自主放送用 STB と共用であることから、次世代ケーブル CAS 方式との関係で、図 7 に示す 3 つの形態が想定されている。

①は全ての 4K サービスを次世代ケーブル CAS により対応する形態であり、高度 BS 放送についてはケーブル側で ReCAS を行う。  
②は全ての 4K サービスを新放送 CAS により対応する形態であり、ケーブル自主放送についても新放送 CAS で視聴制御する。

③は両方式の併用形態で、ケーブル自主放送・高度 BS 再放送をそれぞれの CAS 方式で運用することから、ReCAS の必要はなく、ケーブル局側の設備は単純化されるが、STB に両方式に対応した CAS クライアントの実装が必要となる。

方式を選択するに当たっては、①については放送事業者による ReCAS の同意を得ること、②については、新放送 CAS で自主放送の視聴制御を行う場合のコスト等の経済条件が確定することがそれぞれ前提となる。本稿執筆時点では、これらの情報は得られておらず、最終的な方式の選択には至っていない。

なお、STB は、4K に加え、従来の 2K 自主放送と 2K 再放送 (BS、地デジ) への対応も必要となることから、更に複雑な諸条件の比較検討が必要となる。

例えば、2K 再放送は現在 B-CAS カードにより対応しているが、カードスロットの実装面積やコストを考えると、今後の STB ではカードを利用しない方式が求められる。新放送 CAS は現行の 2K 放送 (BS、地デジ) にも対応するので、②、③では問題とならないが、①の場合には B-CAS カードの代わりが必要となる。現在検討されているのは、C-CAS をソフト化して SoC に実装し、2K BS 信号を C-CAS に ReCAS する方法であるが、ReCAS を各局で行う形態と、プラットフォームで行う形態があり、それぞれにかかわる設備費や伝送コスト等を精査した上で、最適な形態を選択することになる。いずれにしても現在の運用形態を変更する必要がある、これが現実的でない場合には、カードスロットを残し、B-CAS カードの利用を継続するののも一つの解となり得る。

## 4.2 新放送 CAS

高度 BS 放送の CAS 方式は、当初 ARIB STD-B61 (デジタル放送におけるアクセス制御方式 (第 2 世代) 及び CAS プログラムのダウンロード方式) に準拠するダウンロード型

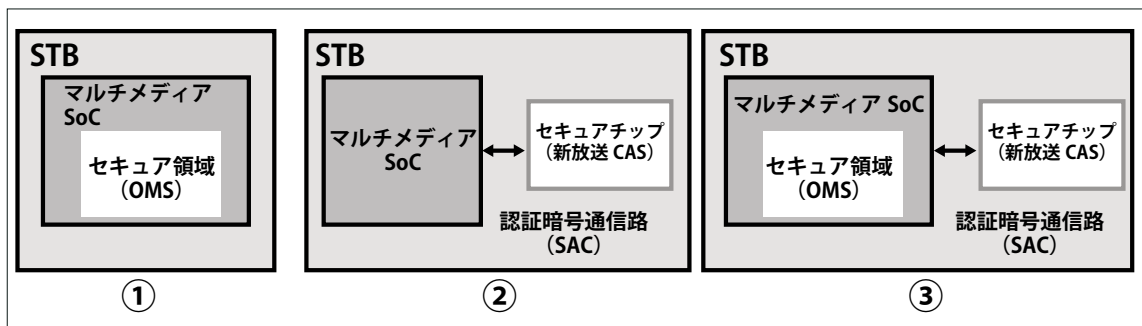


図7 ケーブル自主放送/高度BS再放送対応STBのCASシナリオ

の CAS (D-CAS) を採用する動きがあったが、現在は、現行の B-CAS カードの IC チップに相当するセキュリティチップを STB の基盤上に実装する方式（以下、新放送 CAS）の開発が進められている。

新放送 CAS システムの概念を図 8 に、諸元を表 2 に示す。

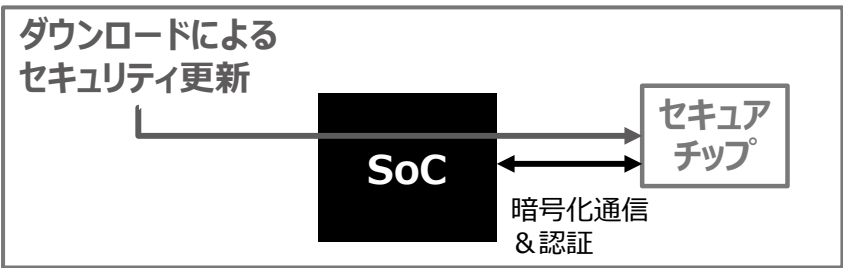


図8 新放送CASシステム概念図

| 項目       | 内 容                |
|----------|--------------------|
| スクランブル方式 | AES128（高度 BS 用）    |
|          | Multi2（2K BS・地デジ用） |
| CAS 方式   | 標準 CAS 実装          |
| ソフトウェア更新 | 可能                 |
| SoC      | 外付けチップのため、SoC 依存度低 |

表2 新放送CAS諸元

#### 4-3 次世代ケーブル CAS シス ム (C-CAS+)

次世代のケーブル独自CASシステムの基盤として、現在 OMS (Open Media Security) 方式の採用が検討されている。OMSは、元々は米国において CableCARD による CAS 切替方式のソフトウェア CAS 版として開発され、その後、ETSI 103 162 および SCTE 201 として標準化されている。

通常のソフトウェア CAS 方式では、予め CAS ベンダーを選定した上で、そのベンダー

固有のマスター鍵 (Km) を SoC に埋め込む。したがって、米国の CableCARD や日本の C-CAS のようなカード方式と異なり、一度 SoC が STB に実装されて出荷されると、それ以降は CAS ベンダーの変更ができない。これは、CAS ベンダーの固定化 (lock-in) と呼ばれ、CAS のソフトウェア化における大きな課題となっていた。

OMS 方式では、CAS ベンダー固有のマスター鍵の代わりに、マスター鍵の元となる SCK (Secret Chipset Key) を SoC に埋め込む。その後、CAS ベンダーが選定された時点で当該 CAS ベンダーの ID と SCK との間で演算を行うことにより、マスター鍵に相当する K3 が生成される。STB が出荷された後で CAS ベンダーを変更する場合には、異なるベンダー ID を入力

すれば良い。これにより CAS ベンダー固定化の懸念が解消されることに加え、複数の CAS/DRM を並列運用することも可能であることから、新規サービス等への柔軟な対応も可能となる。

OMS 上では ETSI/SCTE 標準に準拠する鍵階層 (Key Ladder: KLAD) に対応する CAS プログラムを運用する。KLAD に対応する CAS プログラム (システム) は CAS ベンダー各社が提供しており、その中から選択することになる。

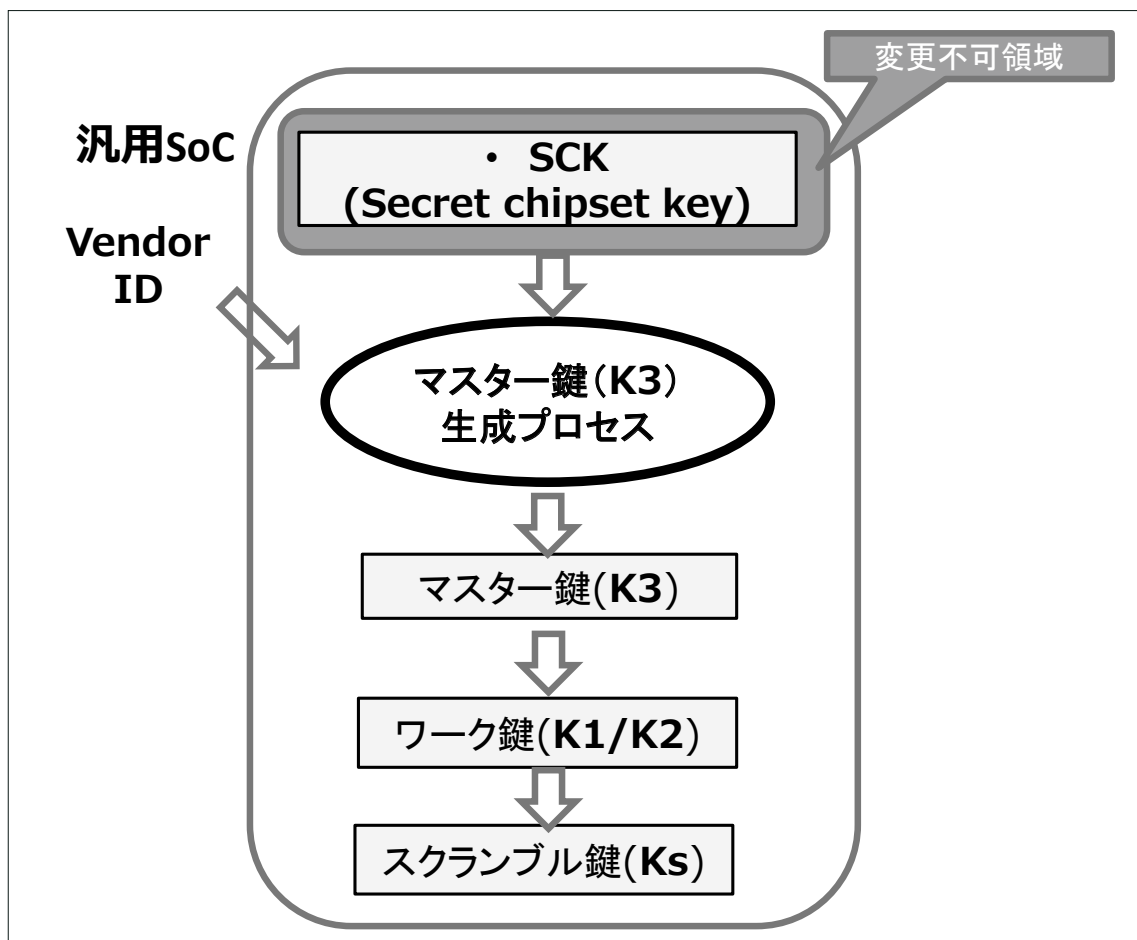


図9 OMS方式概念図

## 第5章 おわりに

高度広帯域衛星デジタル放送用受信機等の設計・製造のベースとなる NexTV-F の運用規定 1.0 版は予定どおり昨年 12 月に公表されたものの、今後、CAS や HDR (High Dynamic Range) を含む一部の規定を追加するとしている。日本ケーブルラボでは、昨年夏頃より高度 BS 再放送運用仕様の策定を進めているが、その最終化は、衛星側の運用規定が最終化されて ARIB の運用仕様 (TR) となるタイミング、すなわち本年夏頃となる見込みである。

再放送運用仕様の最終化のためには、CAS 方式の選定や運用ビットレートの確定等、放送事業者との調整を必要とする事項を確定する必要がある、日本ケーブルテレビ連盟と連携しながら作業を進めているところである。

なお、2016 年夏頃、BS17ch で高度 BS の試験放送が開始される予定となっているが、この時点ではこれまでに述べた MMT や次世代 CAS への対応が間に合わないため、ケーブルで再放送する場合には、2015

年12月に開始されたケーブル4K自主放送用のSTBを用いる予定である。このため、MMT信号は、ケーブルプラットフォームで

TSに変換し、8K映像は4Kにダウンコンバートすることも検討されている。

参考文献

- ①総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第101回):「放送システムに関する技術的条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について(平成26年3月25日)
- ②総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第105回):「ケーブルテレビシステムの技術的条件」のうち「ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件」について(平成26年12月9日)
- ③一般社団法人 電波産業会標準規格 ARIB STD-B60 1.5版「デジタル放送における MMT によるメディアトランスポート方式」(2015年12月3日)
- ④同STD-B61 1.2版「デジタル放送におけるアクセス制御方式(第2世代)及びCASプログラムのダウンロード方式」(2015年12月3日)
- ⑤同STD-B63 1.4版「高度広帯域衛星デジタル放送用受信装置(望ましい仕様)」(2015年12月3日)
- ⑥NHK放送技術研究所:“次世代放送システムの メディアトランスポート技術”、NHK技研 R&D/No.140 (2013年7月)
- ⑦NHK放送技術研究所:“MMTを用いたMPEG-2 TSのIP伝送方式の検討”、NHK技研 R&D/No.150 (2015年3月)
- ⑧一般社団法人 情報処理学会:“MPEG-H MMTとスーパーハイビジョン放送”、情報科学技術フォーラム (2014年9月)