

情報通信審議会 情報通信技術分科会  
放送システム委員会  
報 告



# 目 次

I	審議事項	1
II	委員会構成	1
III	審議経過	1
IV	審議概要	2
V	審議結果	2
	別表（委員会構成）	3
	別紙（審議概要）	7
	はじめに	9
1.	衛星デジタル放送の高度化に関する要求条件	10
1.1	要求条件	10
1.2	要求条件との整合性	15
2.	技術的条件	23
2.1	周波数使用条件	23
2.1.1	伝送帯域幅とシンボルレート	23
2.1.2	搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値	23
2.1.3	干渉許容値	23
2.1.4	不要発射	24
2.2	伝送路符号化方式	25
2.2.1	伝送路符号化方式検討の基本的考え方	25
2.2.2	採用する伝送路符号化方式の概要	25
2.2.3	伝送路符号化部の基本構成	27
2.2.4	多重信号のフレーム構成	27
2.2.5	変調信号のフレーム構成	31
2.2.6	誤り訂正方式	34
2.2.7	TMCC 誤り訂正方式	37
2.2.8	エネルギー拡散方式	37
2.2.9	インターリーブ	39
2.2.10	変調方式	42
2.2.11	伝送シンボルレートと許容偏差	46
2.2.12	ロールオフ率	49
2.2.13	パイロット信号	51
2.2.14	TMCC 信号	51

(付録) LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル	60
2.3 多重化方式	79
2.3.1 多重化方式選定の基本的な考え方	79
2.3.2 リアルタイム型放送サービスのための多重化方式	79
2.3.3 蓄積型放送サービスのための新多重化方式	82
2.4 限定受信方式	101
2.5 情報源符号化方式	102
2.5.1 映像符号化方式	102
2.5.2 音声符号化方式	113
2.5.3 データ符号化方式	116
3. 回線設計例	117
4. 将来想定される高度なサービスイメージ例	130
5. 今後の課題	132
5.1 多重化方式	132
5.2 限定受信方式	132
5.3 音声符号化方式	132
5.4 データ符号化方式	133

## I 審議事項

放送システム委員会は、情報通信審議会諮問第 2023 号「放送システムに関する技術的条件」のうち、「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」についての審議を行い係る答申案を取りまとめた。

## II 委員会構成

別表のとおり。

## III 審議経過

### 1. 放送システム委員会での審議

本件に関する放送システム委員会の審議経過は、次のとおりである。

第 5 回（平成 19 年 3 月 13 日）

衛星放送システム作業班の設置並びに同作業班の運営方針、検討課題及び検討スケジュールについて審議を行った。

第 7 回（平成 19 年 7 月 5 日）

衛星デジタル放送高度化のための要求条件について審議を行った。

第 9 回（平成 19 年 10 月 19 日）

高度衛星デジタル放送方式検討の中間報告（案）について審議を行った。

第 11 回（平成 20 年 1 月 25 日）

高度衛星デジタル放送方式の暫定方式案に関する中間報告（案）について審議を行った。

第 12 回（平成 20 年 6 月 23 日）

報告書（案）について審議を行った。

第 13 回（平成 20 年 7 月 25 日）

放送システム委員会報告及び答申（案）の取りまとめを行った。

### 2. 衛星放送システム作業班での審議

「放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」に関する調査について、委員会が調査するために必要とする情報を収集し、技術的条件についての調査を促進させるために衛星放送システム作業班が設置された。

衛星放送システム作業班の審議経過は、次のとおりである。

第 1 回（平成 19 年 3 月 27 日）

作業班における検討事項、検討スケジュールについて審議を行った。

第2回（平成19年5月22日）

高度BSデジタル放送及び高度広帯域CSデジタル放送の要求条件(案)について審議を行った。

第3回（平成19年10月3日）

高度衛星デジタル放送方式検討の中間報告（案）について審議を行った。

第4回（平成20年1月18日）

高度衛星デジタル放送方式の暫定方式案に関する中間報告（案）について審議を行った。

第5回（平成20年6月20日）

報告書(案)について審議を行った。

#### IV 審議概要

別紙のとおり。

#### V 審議結果

「放送システムに関する技術的条件」のうち「高度衛星デジタル放送方式に関する技術的条件」について、答申（案）を取りまとめた。

**情報通信審議会 情報通信技術分科会  
放送システム委員会 構成員**

(敬称略、専門委員は五十音順)

氏名		主要現職
主査	伊東 晋	東京理科大学 理工学部 教授
主査代理	都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
専門委員	相澤 彰子	国立情報学研究所 情報学資源研究センター 教授
〃	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃	伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 教授
〃	小川 博世	独立行政法人情報通信研究機構 研究推進部門 統括
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 理工学部 教授
〃	小林 哲	矢崎総業株式会社 技術研究所 技監 (前 社団法人電波産業会 常務理事)
〃	佐藤 明雄	東京工科大学 コンピュータサイエンス学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃	野田 勉	日本ケーブルラボ 部会担当部長
〃	山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授



**情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会  
衛星放送システム作業班 構成員**

（敬称略、構成員は五十音順）

氏 名		主 要 現 職
主任	甲藤 二郎	早稲田大学 理工学部 コンピュータ・ネットワーク工学科 教授
構成員	浅井 光太郎	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 マルチメディアシステム技術部長
〃	石下 英男	(株)BS 朝日 執行役員 技術局長 ((社)日本民間放送連盟)
〃	石橋 聡	日本電信電話(株) NTTサイバースペース研究所長
〃	伊藤 隆	(株)富士通研究所 画像・バイオメトリクス研究センター主席研究員
〃	加藤 孝男	(株)東芝 府中事業所 伝送機器部 部長
〃	加藤 久和	日本放送協会 技術局 計画部 統括担当部長
〃	河崎 憲一郎	(株)スカイパーフェクト・コミュニケーションズ 技術・開発本部 副本部長
〃	木田 由紀夫	(株)スター・チャンネル 渉外部長((社)衛星放送協会)
〃	桑本 英樹	(株)日立製作所 コンシューマエレクトロニクス研究所 ブロードバンドシステム研究センター ブロードバンドアプリケーション研究部 部長
〃	坂下 博彦	松下電器産業(株) デジタル放送事業推進室 参事
〃	笹沼 満	宇宙通信(株) 事業カンパニー ネットワーク技術本部長
〃	正源 和義	日本放送協会 放送技術研究所 (システム) 部長

〃	中島 康之	KDDI(株) コンテンツ・メディア本部 メディア開発部長
〃	野村 敏男	シャープ(株) 研究開発本部 先端映像技術研究所 第3研究室長
〃	服部 嘉人	(株)放送衛星システム 技師長
〃	濱田 一郎	ソニー(株) テレビ事業本部 システム技術部門 技術2部 担当部長
〃	藤田 欣裕	(社)電波産業会 デジタル放送システム開発部会 委員長
〃	丸山 素弘	日本ケーブルラボ 担当課長
〃	吉川 渉	日本電気(株) 放送・制御事業本部 放送映像事業部 第三技術部長
〃	吉村 直子 (～H19.12)	(独)情報通信研究機構 総合企画部 評価室 プランニングマネージャー
〃	大川 貢 (H20.1～)	(独)情報通信研究機構 新世代ワイヤレス研究センター 宇宙通信ネットワークグループ 主任研究員

# 審議概要



## はじめに

我が国における衛星を利用したデジタル放送は、平成8年に通信衛星を利用したCSデジタル放送がサービス開始された後、平成12年12月には現行のBSデジタル放送がスタートし、現在相当広範な普及となっているほか、CSデジタル放送も広帯域伝送方式や高度狭帯域伝送方式が導入されるなど、着実な発展を遂げてきた。

このうち、現行のBSデジタル放送に係る放送方式については、平成10年2月に当時の電気通信技術審議会から諮問第74号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「11.7GHzを超え12.2GHz以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」として答申され、また、同放送と同じ伝送帯域幅を有し、放送方式として基本的に同様のものを採用したCSデジタル放送の広帯域伝送方式は、平成12年2月に「12.2GHzを超え12.75GHz以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式（34.5MHz帯域幅を使用するもの）の技術的条件」として答申されたものである。

昨今、2011年に終了予定のアナログ放送用3チャンネル及び我が国に追加割り当てられている4チャンネルの活用方策が議論される中で、衛星デジタル放送の方式に関しては、衛星放送の取り巻く環境変化を踏まえ、より効率的に伝送が可能となる最新技術を最大限活用することが必要とされ、その高度化に関する技術的条件を新たに取りまとめることについて一昨年9月に本審議会に諮問されたところである。

そこで、情報通信技術分科会放送システム委員会では、これまで現行放送との親和性や国際標準等を考慮しつつ審議を行い、2011年の時点で実現かつサービス導入可能な技術について整理するとともに、2011年以降の将来の放送サービスの実現に向けて技術的課題への取組を要する技術の方向性を示すものとして、今般、「衛星デジタル放送方式の高度化に関する技術的条件」に関する委員会報告を取りまとめた。

## 1. 衛星デジタル放送の高度化に関する要求条件

### 1.1 要求条件

現行のBSデジタル放送を高度化するにあたっての基本的な考え方は下記のとおりである。これら基本的な考え方を元に、高度衛星デジタル放送方式の要求条件について表 1-1 のとおり取りまとめを行った。

- ・現行BSデジタル放送の技術的条件を踏まえることとし、技術的に同一のものとするのが 適当な場合については、その内容を準用すること。
- ・将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用するとともに、拡張性を有する方式とすること。
- ・HDTV 放送以上の高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
- ・他のデジタル放送メディアとの整合性を確保するとともに、今後の通信やコンピュータとの融合による新たなサービスにも対応できること。

表 1-1 高度衛星デジタル放送方式に関する要求条件

1 システム

項目		要求条件
インターオペラビリティ		<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星放送、地上放送、CATV、蓄積メディアなど様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。</li> <li>既存のシステムに妨害を与えないこと。</li> </ul>
サービス	高機能化／多様化	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行のデジタル HDTV を基本とした高画質サービスを可能とすること。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも提供可能であること。</li> <li>多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。</li> <li>インターネットなどの通信系を利用したサービス（現行の双方向データ放送サービスも含む）や蓄積系のサービスについても考慮すること。</li> <li>高齢者、障害者など様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。</li> </ul>
	拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式などについて拡張性を有すること。</li> </ul>
	アクセシビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>種々の放送系のサービスに視聴者が容易にアクセスできること。</li> <li>さらに、放送と通信系や蓄積系のサービスが連携するマルチメディアサービスへのアクセスが容易であること。</li> <li>チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。</li> <li>年齢による視聴制限（パレンタルレート）設定のような、視聴者からのアクセス制御を可能とすること。</li> <li>緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及びメッセージの放送について考慮されていること。</li> </ul>
実時間性		<ul style="list-style-type: none"> <li>高い実時間性を要求される場合を考慮し、送出から受信機出力までの遅延時間をできるだけ短くすること。</li> <li>視聴者に違和感を与えない程度の映音の遅延差であること。</li> </ul>
システム制御		<ul style="list-style-type: none"> <li>降雨時や故障時のアップリンクや衛星の切り替えなどを自由に行えること。</li> <li>放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を行うことができた、それに合わせて多様な受信機制御が可能な方式とすること。</li> <li>送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数などを任意に選択、変更できること。</li> </ul>
著作権保護		<ul style="list-style-type: none"> <li>放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。</li> </ul>
個人情報保護		<ul style="list-style-type: none"> <li>双方向サービスや限定受信の関連情報サブシステムなどにおける、受信者の個人情報について考慮すること。</li> </ul>
国際展開		<ul style="list-style-type: none"> <li>諸外国も容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。</li> </ul>

2 放送品質

画質	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行のデジタル HDTV と同等又はそれ以上の画質が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも可能であること。</li> <li>情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。</li> <li>サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。</li> </ul>
音質	<ul style="list-style-type: none"> <li>多チャンネル音声など高臨場感音声サービスを可能とすること。</li> <li>現行 BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送と同等又はそれ以上の音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスに対応した、より高品質な音声サービスも考慮すること。</li> <li>・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。</li> </ul>
低 C/N 時の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低 C/N 時の劣化ができるだけ少ないこと。</li> </ul>
伝送障害の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨減衰などによる伝送障害時の放送遮断の時間率が小さいこと。</li> <li>・降雨減衰などによる受信の一時断からの復帰が早いこと。</li> <li>・降雨減衰時における画質・音質・データのバランスを考慮すること。</li> <li>・受信不能時に雑音などがそのまま提示されないこと。</li> </ul>
システム切替時の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨減衰時のサイトダイバーシティ運用などにおけるシステムの切替え時において、受信システムの障害となる情報の不連続ができるだけ生じないこと。</li> </ul>

### 3 技術方式

映像入力フォーマット 及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行のデジタル HDTV を考慮した方式であること。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも考慮すること。</li> <li>・国際標準と整合した方式を用いること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> <li>・現行設備や受信機への負担などを考慮して選定される種々の映像入力フォーマットに適用できること。</li> </ul>	
音声入力フォーマット 及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際標準と整合した方式を用いること。</li> <li>・低ビットレートかつ高音質な符号化方式であること。</li> <li>・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> <li>・現行設備や受信機への負担などを考慮して選定される種々の音声入力フォーマットに適用できること。</li> </ul>	
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	
多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重方式であること。</li> <li>・他のサービスとのインターオペラビリティを考慮すること。</li> <li>・CATV による放送波の再送信のような、他の放送ネットワークへの乗り移りの容易性を考慮すること。</li> <li>・各委託放送事業者の送出信号の独立性が確保できること。</li> </ul>	
限定受信 方式	スクランブル サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放送用として十分な秘匿性を有すること。</li> <li>・不正受信に対して十分な耐性を有すること。</li> <li>・非契約者に対する表示方法を考慮すること。</li> </ul>
	関連情報 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有すること。</li> <li>・種々のサービス形態に対応するため、関連情報処理、課金・収納方式などに自由度があり、弾力的な運用が可能であること。</li> <li>・各委託放送事業者の運用の独立性が確保できること。</li> <li>・新規サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。</li> <li>・関連情報は可能な限り共通の形式によること。</li> </ul>



伝送路符号化方式	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> <li>WRC で決められた 12GHz 帯 BS チャンネルを対象とすること。(高度 BS デジタル放送)</li> <li>12.2~12.75GHz を対象とすること。(高度広帯域 CS デジタル放送)</li> </ul>
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>他のサービスに干渉妨害を与えずかつ他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。</li> </ul>
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>WRC のチャンネルプランに従うこと。(高度 BS デジタル放送)</li> <li>通信、放送の両サービスに対して与干渉、被干渉の電波監理に係る条件を満足すること。(高度広帯域 CS デジタル放送)</li> </ul>
	変調系	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数有効利用、及び多様なサービス、特に現行のデジタル HDTV やこれを超える高画質な放送サービスなどを伝送できるように、できるだけ高い伝送容量を確保できる変調方式であること。</li> <li>できるだけ低い C/N 時でも安定に受信できる方式であること。</li> <li>帯域利用効率が高く、中継器の非線形特性に強い方式を採用すること。</li> <li>復調用 LSI 開発が可能であること。</li> <li>既存の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の受信アンテナ特性(小口径アンテナを含む)を考慮すること。</li> </ul>
	誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星伝送路の雑音特性に有効であること。</li> <li>採用する変調方式との整合性が良いこと。</li> <li>符号化効率が良いこと。</li> <li>サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の利用効率の低下を最小限にとどめること。</li> <li>誤り訂正用 LSI 開発が可能であること。</li> </ul>
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害などを考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。</li> </ul>
	伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>最悪月においても安定的な伝送品質を確保するため、所要のビット誤り率を確保できること。</li> </ul>
	サービス時間率	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス時間率についてはできる限り高い値を確保すること。</li> </ul>

#### 4 受信機

操作性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作が簡単であること。</li> <li>・受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。</li> <li>・高齢者、障害者などに配慮した操作性を有すること。</li> <li>・所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。</li> </ul>
処理系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能を持つこと。</li> </ul>
蓄積系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要に応じてコンテンツ蓄積系の構成が選択できること。</li> <li>・記録メディアの性能向上に伴うコンテンツ蓄積系の拡張、変更が容易であること。</li> </ul>
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像、音声出力については、既存の受像機における表示について考慮すること。また、適切な著作権保護を実現する機能を有すること。</li> <li>・限定受信システムのインターフェース機能を考慮すること。</li> <li>・高速データ転送が可能であること。</li> <li>・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。</li> </ul>
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。</li> </ul>
仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信機が満たすべき条件が開示されていること。</li> </ul>

1.2 要求条件との整合性

表 1-1 の高度衛星デジタル放送方式に関する要求条件の各項目に対して、検討した方式との整合性を表 1-2 に示す。

表 1-2 要求条件との整合性比較

項目	要求条件	整合性
1 システム インターオペラビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星放送、地上放送、CATV、蓄積メディアなど様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リアルタイム型放送サービスの多重化方式として、現行の衛星デジタル放送、地上デジタル放送等において採用されている ITU-T H. 222.0 ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems) を採用することにより信号の互換性を考慮した。また、蓄積型放送サービスの多重化方式として IP パケットなどの可変長パケットの伝送が可能な TLV (Type Length Value) 多重化方式を採用し、通信ネットワークを用いたサービスとの整合性を考慮した。</li> <li>伝送パラメータの選択にあたっては、既存の衛星デジタル放送への干渉妨害を与えないように考慮した。</li> </ul>
サービス 高機能化/ 多様化	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行のデジタル HDTV を基本とした高画質サービスを可能とすること。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも提供可能であること。</li> <li>多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。</li> <li>インターネットなどの通信系を利用したサービス（現行の双方向データ放送サービスも含む）や蓄積系のサービスについても考慮すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>できる限り高い情報レートで伝送可能な変調方式、シンボルレート及び誤り訂正方式を選択するとともに、圧縮効率の高い映像符号化方式を採用した。</li> <li>リアルタイム型及び蓄積型の両放送サービスを可能とし、HDTV サービスに加えて超高精細・高臨場感な映像・音声サービスや高機能なデータ放送サービスに対応した。</li> <li>IP パケットなどの可変長パケットの伝送が可能で TLV 多重化方式を採用し、通信ネットワークを用いたサービスとの整合性を考慮した。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者、障害者など様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。</li> <li>・サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式などについて拡張性を有すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝送容量の拡張により、様々な映像、音声、データサービスに加え、高齢者や障害者向けのサービスも同時に提供可能である。</li> <li>・ MPEG-2 Systems の採用により、既存のデジタル放送と同様の拡張性を確保するとともに、TLV 多重化方式の採用により、IP パケットなど種々の可変長パケットの伝送を可能とした。また TMCC 信号によりサービスの要求条件に応じて変調方式などを選択・変更可能とした。</li> </ul>
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・種々の放送系のサービスに視聴者が容易にアクセスできること。</li> <li>・さらに、放送と通信系や蓄積系のサービスが連携するマルチメディアサービスへのアクセスが容易であること。</li> <li>・チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来と同様のアクセス性を実現可能である。</li> <li>・ TLV 多重化方式の採用により、IP 系のサービスの親和性を考慮した。</li> <li>・従来と同等のチャンネル切り替え時間を実現可能である。</li> </ul>
アクセシビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年齢による視聴制限（パレンタルレート）設定のような、視聴者からのアクセス制御を可能とすること。</li> <li>・緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及びメッセージの放送について考慮されていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MPEG-2 Systems に基づく PSI と民間規格 SI により、従来通りのアクセス制御が可能である。</li> <li>・ MPEG-2 Systems による制御に加え、TMCC 信号を用いての受信機起動制御信号の伝送も可能とした。</li> </ul>
実時間性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い実時間性を要求される場合を考慮し、送出から受信機出力までの遅延時間をできるだけ短くすること。</li> <li>・視聴者に違和感を与えない程度の映音の遅延差であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・情報源符号化方式の限度内で符号化・復号化の遅延時間の短縮を図る。伝送路符号化部については実機で低遅延であることを確認した。</li> <li>・ MPEG-2 Systems に基づく制御により、従来通り映音遅延差を十分小さくできる。</li> </ul>
システム制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨時や故障時のアップリンクや衛星の切り替えを自由に行えること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ TMCC 信号により、アップリンクや衛星の切り替えなどをあらかじめ受信機へ告知可能である。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて多様な受信機制御が可能で伝送方式とすること。</li> <li>送出する映像、音声、データの容量やチャネル数などを任意に選択、変更できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TMCC 信号により送出側の設定に従って受信機を制御可能な方式とすることで、放送事業者による伝送方式の選択や組合せの変更が可能で伝送方式とした。</li> <li>チャネル数やビットレートの配分を柔軟に設定可能である。</li> </ul>
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能を実現可能である。</li> </ul>
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>双方向サービスや限定受信の関連情報サブシステムなどにおける、受信者の個人情報について考慮すること。</li> <li>諸外国も容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能を実現可能である。</li> <li>各国の放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を柔軟に行うことが可能な方式とした。</li> </ul>
国際展開		

## 2 放送品質

	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行のデジタル HDTV と同等又はそれ以上の画質が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも可能であること。</li> <li>情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行の 1920x1080/60/I に加え、1920x1080/60/P や 3840x2160/60/P を基本フォーマットとし、7680x4320/60/P については実験用とした。</li> <li>現行方式との互換性を確保しつつ、広い色域を表現可能な方式を採用した。</li> <li>種々のテスト画像を用いた主観評価実験により、これら映像フォーマット毎のビットレートを画質の関係を確認した。ビットレートを適切に選定することにより、画質劣化の時間率を小さくできる。</li> <li>伝送容量の範囲内で、サービスに応じて映像ビットレートを変更可能である。</li> </ul>
画質	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多チャンネル音声など高臨場感音声サービスを可能とすること。</li> <li>・現行 BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送と同等又はそれ以上の音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。</li> <li>・現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスに対応した、より高品質な音声サービスも考慮すること。</li> <li>・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最大 22.2 チャンネルのマルチチャンネル音声サービスが可能である。</li> <li>・現行の音声符号化方式による高音質サービスに加え、非圧縮・ロスレス高音質サービスにも対応した。</li> <li>・伝送容量の範囲内で、サービスに応じて音声ビットレートを変更可能である。</li> </ul>
低 C/N 時の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低 C/N 時の劣化ができるだけ少ないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同期バースト信号により低 C/N でも安定な同期特性を確保するとともに、TMCC 信号により低 C/N でも安定なサービスが可能で可能な伝送方式を選択可能とした。</li> </ul>
伝送障害の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨減衰などによる伝送障害時の放送遮断の時間率が小さいこと。</li> <li>・降雨減衰などによる受信の一時断からの復帰が早いこと。</li> <li>・降雨減衰時における画質・音質・データのバランスを考慮すること。</li> <li>・受信不能時に雑音などがそのまま提示されないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TMCC 信号による伝送方式の制御により、サービスの降雨遮断特性を変更可能にした。</li> <li>・同期及び TMCC 信号の検出は、主信号よりも低い C/N で受信可能となっているため、主信号受信可能 C/N に復帰した際には、即座に受信再開可能である。</li> <li>・ビット誤り率と C/N の関係が急峻であるため、映像・音声・データは降雨減衰に対して現行の衛星デジタル放送と同等の耐性を有する。</li> <li>・受信機の仕様検討において考慮されることを想定した。</li> </ul>
システム切替時の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨減衰時のサイトダイバーシティ運用などにおけるシステムの切替え時において、受信システムの障害となる情報の不連続が生じないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TMCC 信号により、アププリングや衛星の切り替えなどをあらかじめ受信機へ告知可能である。</li> </ul>
3 技術方式 映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行のデジタル HDTV を考慮した方式であること。さらに、現行のデジタル HDTV を超える高画質サービスも考慮すること。</li> <li>・国際標準と整合した方式を用いること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行の 1920x1080/60/I に加え、1920x1080/60/P や 3840x2160/60/P を基本フォーマットとし、7680x4320/60/P については実験用とした。これらフォーマットは、ITU-R 勧告に規定されている。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行設備や受信機への負担などを考慮して選定される種々の映像入力フォーマットに適用できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ITU-R 勧告及び IEC 規格に基づき、現行方式との互換性を確保しつつ色域を拡大可能な広色域方式を採用した。</li> <li>• ITU-T H. 264   ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 AVC) (以下「H. 264」という。) は MPEG-2 Video に比べて圧縮効率に優れた国際標準方式である。</li> <li>• 最上位プロファイルとして採用した High 4:2:2 は、従来の 4:2:0/8-bit に加え、4:2:2/10-bit にまで対応している。</li> </ul>	
音声入力フォーマット 及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国際標準と整合した方式を用いること。</li> <li>• 低ビットレートかつ高音質な符号化方式であること。</li> <li>• 多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。</li> <li>• 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> <li>• 現行設備や受信機への負担などを考慮して選定される種々の音声入力フォーマットに適用できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行のデジタル放送で採用されている高能率音声符号化方式 ISO/IEC 13818-7 (MPEG-2 AAC) を引き続き採用するとともに、新たな高音質サービスへの対応として、圧縮効率の高いロスレス音声符号化方式 ISO/IEC 14496-3 MPEG-4 ALS 方式を検討した。</li> <li>• 従来の音声入力フォーマットに加え、最大 22.2 チャンネルのマルチチャンネル音声フォーマットに対応可能である。</li> </ul>	
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARIB-J の拡張方式を採用することで、拡張性の高いコンテンツ制作及び受信端末の実現が可能である。</li> </ul>	
多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重方式であること。</li> <li>• 他のサービスとのインターオペラビリティを考慮すること。</li> <li>• CATV による放送波の再送信のようない、他の放送ネットワークへの乗り移りの容易性を考慮すること。</li> <li>• 各委託放送事業者の送出信号の独立性が確保できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG-2 Systems 及び TLV により多様なサービスの柔軟な編成を可能とし、他のサービスや放送ネットワークとの接続性も確保した。</li> <li>• 委託放送事業者毎に独立のストリームを伝送可能であり、再送信も容易である。</li> </ul>	
限定受信方式	スクラブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 放送用として十分な秘匿性を有すること。</li> <li>• 不正受信に対して十分な耐性を有すること。</li> <li>• 非契約者に対する表示方法を考慮すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能・性能を実現可能である。</li> </ul>

	<p>関連情報 サブシステム</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有すること。</li> <li>・ 種々のサービス形態に対応するため、関連情報処理、課金・収納方式などに自由度があり、弾力的な運用が可能であること。</li> <li>・ 各委託放送事業者の運用の独立性が確保できること。</li> <li>・ 新規サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。</li> <li>・ 関連情報は可能な限り共通の形式によること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能・性能を実現可能である。</li> </ul>
	<p>使用周波数</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ WRC で決められた 12GHz 帯 BS チャンネルを対象とすること。(高度 BS デジタル放送)</li> <li>・ 12.2～12.75GHz を対象とすること。(高度広帯域 CS デジタル放送)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対応可能とした。</li> </ul>
	<p>伝送帯域幅</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 他のサービスに干渉妨害を与えずかつ他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確認した。</li> </ul>
	<p>伝送路と干渉の要求条件</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ WRC のチャンネルプランに従うこと。(高度 BS デジタル放送)</li> <li>・ 通信、放送の両サービスに対して与干渉、被干渉の電波監理に係る条件を満足すること。(高度広帯域 CS デジタル放送)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確認した。</li> </ul>
<p>伝送路符 号化方式</p>	<p>変調系</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 周波数有効利用、及び多様なサービス、特に現行のデジタル HDTV やこれを超える高画質な放送サービスなどを伝送できるように、できるだけ高い伝送容量を確保できる変調方式であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 8PSK 変調方式の採用により高い伝送容量を確保した。また、16APSK 及び 32APSK 等によりさらなる伝送容量の拡大を可能とした。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ できるだけ低い C/N 時でも安定に受信できる方式であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同期バースト信号による安定な同期特性を確保するとともに、低 C/N でも受信可能な <math>\pi/2</math> シフト BPSK や QPSK に切り替え可能とした。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 帯域利用効率が高く、中継器の非線形特性に強い方式を採用すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中継器の非線形特性に強い PSK 変調を採用した。また、パイロット信号の導入により 16APSK 及び 32APSK の誤り率特性の劣化を軽減した。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 復調用 LSI 開発が可能であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 復調用 LSI の開発は可能である。</li> </ul>	



	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の受信アンテナ特性（小口径アンテナを含む）を考慮すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開口径 45cm 程度のアンテナで、現行の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送と同程度のサービス時間率を確保しつつ約 30%の大容量化を可能とした（8PSK 3/4 の場合）。</li> </ul>
誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星伝送路の雑音特性に有効であること。</li> <li>採用する変調方式との整合性が良いこと。</li> <li>符号化効率が良いこと。</li> <li>サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の利用効率の低下を最小限にとどめること。</li> <li>誤り訂正用 LSI 開発が可能であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LDPC 符号と BCH 符号の接続符号は、衛星伝送路の雑音特性において、優れた誤り訂正能力を有する。</li> <li>強力な誤り訂正能力により高い符号化効率を有する。</li> <li>複数の符号化率が選択・変更可能な方式とした。</li> <li>本方式と同程度の符号長を持つ LDPC 符号の LSI は実用化されている。</li> </ul>
伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数有効利用、隣接チャネルへの妨害などを考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強力な誤り訂正符号により高い符号化率を実現するとともに、ロールオフ率を 0.1 とすることで、高いシンボルレートの採用が可能となり、高い伝送ビットレートを確保した。</li> </ul>
伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>最悪月においても安定的な伝送品質を確保するため、所要のビット誤り率を確保できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LDPC 符号と BCH 符号の接続により、最悪月においても高いサービス時間率が確保できる。</li> </ul>
サービス時間率	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス時間率についてはできるだけ高い値を確保すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TMCC 信号により複数の事業者が独立して、ビットレートと限界 C/N（サービス時間率）のトレードオフの選択が可能である。</li> </ul>

4 受信機

<p>操作性</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作が簡単であること。</li> <li>・受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。</li> <li>・高齢者、障害者などに配慮した操作性を有すること。</li> <li>・所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。</li> <li>・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能を持つこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。</li> </ul>
<p>処理系</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能を持つこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。</li> </ul>
<p>蓄積系</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要に応じてコンテンツ蓄積系の構成が選択できること。</li> <li>・記録メディアの性能向上に伴うコンテンツ蓄積系の拡張、変更が容易であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。</li> </ul>
<p>インターフェース</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像、音声出力については、既存の受信機における表示について考慮すること。また、適切な著作権保護を実現する機能を有すること。</li> <li>・限定受信システムのインターフェース機能を考慮すること。</li> <li>・高速データ転送が可能であること。</li> <li>・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。</li> </ul>
<p>拡張性</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。</li> </ul>
<p>仕様</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信機が満たすべき条件が開示されていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間規格において考慮されることを想定した。</li> </ul>

## 2. 技術的条件

### 2.1 周波数条件

#### 2.1.1 伝送帯域幅とシンボルレート

伝送帯域幅は、現行の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送と同じ 34.5MHz とする。また、シンボルレートは 32.5941Mbaud とする。

(理由)

現行の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送(以下、現行の衛星デジタル放送)と同じ帯域幅の中継器の利用を想定し、占有帯域幅は現行と同じ 34.5MHz とした。また、衛星中継器通過後の占有帯域幅が現行の衛星デジタル放送と同程度であること、及びスロットあたりの情報ビットレートが整数となることを満足するシンボルレートとして 32.5941Mbaud とした。このシンボルレートにおいて、擬似衛星中継器による室内伝送実験及び放送衛星を用いた衛星伝送実験において、占有帯域幅が 34.5MHz 以内であることを確認した。

#### 2.1.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値

搬送波の位置は伝送帯域幅の中央とし、また、搬送周波数の許容偏差は無線設備規則第 5 条に準拠する。

(理由)

十分にエネルギー拡散されたデジタル変調波は搬送周波数の上下に対し対称なスペクトル分布を持つため、搬送周波数の位置は伝送帯域幅の中央となる。また、搬送周波数の許容偏差については、無線設備規則で 10.5GHz を超え 81GHz 以下の宇宙局、地球局では 100ppm と規定されている。実用無線局の周波数偏差は 100ppm よりも厳しい条件で稼動中であり、特に無線設備規則上の許容値を変更する必要はない。

#### 2.1.3 干渉許容値

希望波の搬送波電力と、帯域内に落ち込む干渉電力と熱雑音の総和である等価雑音電力との比が所要 C/N を満たすことを条件とする。

(理由)

2011 年以降、通信、放送に関わらず、衛星に収容される搬送波はデジタル変調波となっている状況が想定され、干渉についてはデジタル波からデジタル波への干渉を考慮することが適当となるが、衛星デジタル放送に係る既存の答申※で妥当性が確認されている。

※ 平成 7 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「12.2GHz を超え 12.75GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」平成 7 年 7 月 24 日及び平

成 9 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「11.7GHz を超え 12.2GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」平成 10 年 2 月 9 日 等

#### 2.1.4 不要発射

不要発射の強度の許容値は無線設備規則第 7 条に準拠する。

(理由)

衛星に収容される各種搬送波の不要発射の強度は、通信、放送何れの運用においても、無線設備規則第 7 条の規定に従い、互いに有害な干渉を与えないように運用されており、現行無線設備規則の変更は必要ない。

## 2.2 伝送路符号化方式

### 2.2.1 伝送路符号化方式検討の基本的な考え方

伝送路符号化方式については、高度 BS デジタル放送及び高度広帯域 CS デジタル放送(以下、高度衛星デジタル放送)の要求条件に示されている「現行のデジタル HDTV やこれを超える高画質な放送サービスなどを伝送できるように、できるだけ高い伝送容量を確保できる方式であること」及び「インターネットなどの通信系を利用したサービス(現行の双方向データ放送サービスも含む)や蓄積系のサービスについても考慮すること」を基本とし、現行の衛星デジタル放送の状況を考慮して検討した。

### 2.2.2 採用する伝送路符号化方式の概要

採用する伝送路符号化方式の概要を表 2.2-1 にまとめる。誤り訂正符号については、強力な誤り訂正能力をもつ LDPC 符号を採用することとした。変調方式については、表 2.2-2 に示すように BPSK を非線形伝送路による占有帯域幅の拡大を低減するよう改善した  $\pi/2$  シフト BPSK、現行の衛星デジタル放送でも採用されている QPSK、8PSK に加え、より高能率な 16APSK 及び 32APSK を利用可能な方式とした。特に APSK については、衛星中継器の TWTA の非線形特性による劣化が生じやすいため、非線形の影響があっても最適な LDPC 復号を可能とするパイロット信号を導入した。ロールオフ率については、0.1 という急峻なフィルタ特性を採用することにより高いシンボルレートの採用を可能とした。伝送制御信号(TMCC 信号)については、現行の衛星デジタル放送方式における同信号の機能に加え、IP パケットなど可変長パケットを伝送するための制御信号も追加した。なお、TMCC 信号の拡張情報を利用することで大容量のデータを複数の衛星中継器を用いて伝送するバルク伝送も実現可能である。

表 2.2-1 伝送路符号化方式の概要

項目		内容
変調方式		$\pi/2$ シフトBPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK <sup>※1</sup> , 32APSK <sup>※1</sup>
誤り訂正方式	内符号	LDPC(符号長44880)
	符号化率	1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (81/120), 3/4 (89/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8 (105/120), 9/10 (109/120) (公称値(真値))
	外符号	BCH ( 65535, 65343, t=12 )短縮符号
伝送制御信号	変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK
	内符号	LDPC(31680, 9614) : LDPC(44880, 22814)の短縮符号
	外符号	BCH(9614, 9422) : BCH(65535, 65343)の短縮符号
	制御単位	スロット単位の伝送制御
	制御情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変調方式及び符号化率の制御 (この機能による階層化伝送も可能)</li> <li>・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, 可変長パケット)</li> <li>・緊急警報放送起動制御</li> <li>・複数独立TS識別制御</li> <li>・バルク伝送<sup>※2</sup></li> <li>・サイトダイバーシティ情報</li> <li>・衛星中継器動作点設定情報</li> </ul>
フレーム構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・120スロット/フレーム</li> <li>・MPEG-2 TS長の整数倍のスロット長</li> </ul>	
シンボルレート	32.5941 Mbaud	
ロールオフ率	0.1	
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同期補強バーストをTMCCと兼用することでTMCC容量を現行の384ビットから9422ビットへ拡大</li> <li>・パイロット信号により、衛星非線形特性による受信性能劣化を改善</li> </ul>	

※1 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

※2 実験用映像フォーマット (2.5.1.2.1(3)参照) の伝送実験用

表 2.2-2 対応する変調方式

符号化率	変調方式				
	$\pi/2$ シフト BPSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
1/3	○	○	○	△	△
2/5	○	○	○	△	△
1/2	○	○	○	△	△
3/5	○	○	○	△	△
2/3	○	○	○	△	△
3/4	○	○	○	△	△
4/5	○	○	△	△	△
5/6	○	○	△	△	△
7/8	○	○	△	△	△
9/10	○	○	△	△	△

△ 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

### 2.2.3 伝送路符号化部の基本構成

図 2.2-1 に示す構成を基本とする。主信号として MPEG-2 TS、及び TLV 形式のストリーム (TS1, TS2, …, TSn, TLV1, TLV2, …, TSm)、及び各ストリームを伝送する際の伝送パラメータ (TMCC1, TMCC2, …, TMCCk) を入力し、この伝送パラメータをもとに TMCC 信号を生成する。また、TMCC 信号をもとにフレームを構成し、主信号及び TMCC 信号はフレーム単位で処理する。フレームを構成した後、主信号については、外符号符号化、エネルギー拡散、内符号符号化を行い、変調方式が 8PSK、16APSK、32APSK の場合にはビットインターリーブを施す。TMCC 信号についてもほぼ同様に、外符号符号化、エネルギー拡散、内符号符号化を行う。これらの信号に加え、同期信号(フレーム同期、パケット同期)及びエネルギー拡散を施したパイロット信号をそれぞれに割り当てられた変調方式で変調し、時分割多重して変調波を生成する。

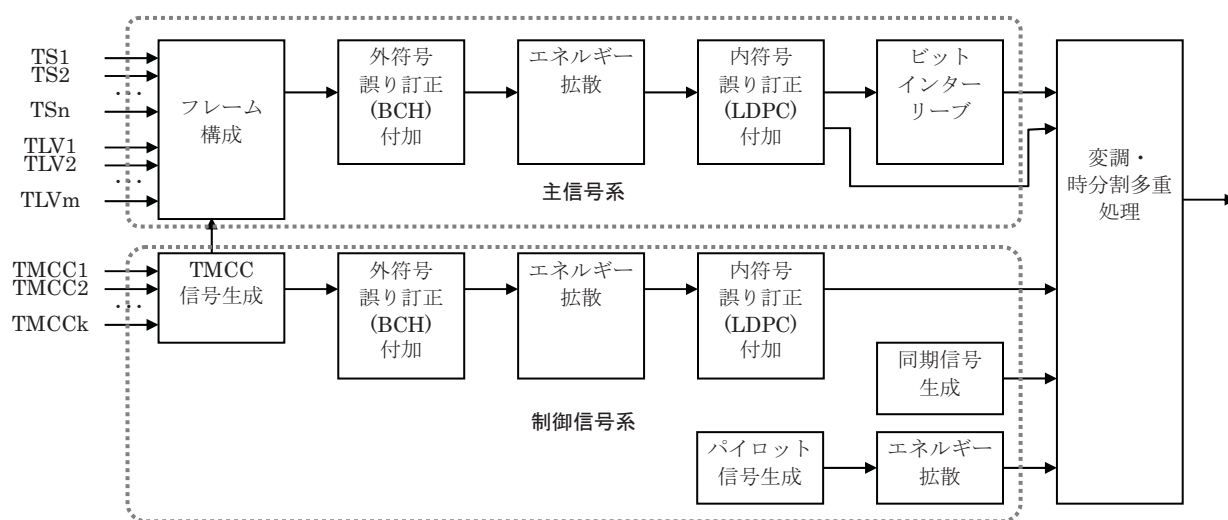


図 2.2-1 伝送路符号化基本構成（信号処理）

(理由)

主信号と伝送制御信号を時分割多重して伝送することで、変調方式や誤り訂正符号化率の柔軟な選択や変更が可能な構成とした。

### 2.2.4 多重信号のフレーム構成

#### (1) 主信号のフレーム構成

主信号のフレーム構成を図 2.2-2 に示す。主信号の多重フレームは、120 のスロットで構成し、各スロットはヘッダ、データ、BCH パリティ、スタンプビット、LDPC パリティで構成する。

データには、MPEG-2 TS 又は TLV 形式のパケットを配置するが、MPEG-2 TS の場合にはパケット先頭の同期バイト (0x47) を除く 187 バイトを各スロットのデータ領域の先頭から順次配置する。

BCH パリティはヘッダとデータについて計算し、データの後に配置する。BCH パリティの後に、6 ビットのスタンプビット (0x3F) を配置し、ヘッダ、データ、BCH パリティ、スタンプビットに対してエネルギー拡散を施したのち LDPC パリティを計算し、スタンプビットの後に配置する。各符

号化率に対するスロットのビット配分を表 2.2-3 に、また、スロットの割り当て規則を表 2.2-4 に示す。スロットへの変調方式の割り当ては 5 スロット単位とし、複数の変調方式・符号化率で伝送する場合のスロットへの変調方式・符号化率の割り当てについては、TMCC 信号により、スロット番号 1 から昇順に、

- (a) 多値数の大きい変調方式
- (b) (a)が同じなら、符号化率の高いもの

から順にスロットへの割付を行う。

TMCC 信号により 1 フレーム内で併用できる変調方式と符号化率の組み合わせは最大 8 とする。無効（ダミー）スロットが必要な変調方式をスロットに割り当てる場合、有効スロットを割当てスロット内の最初に配置する。スロット割り当ての例を図 2.2-3 に示す。

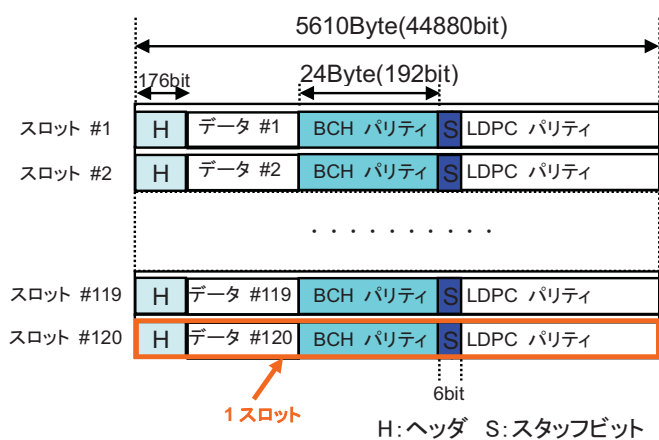


図 2.2-2 主信号のフレーム構成



表 2.2-3 各符号化率のロット構成

1 / 3	44880	176	14960 (10)	192	6	29546	0.333	0.342 (41/120)	0.976	1/3=33.33%
2 / 5	44880	176	17952 (12)	192	6	26554	0.400	0.408 (49/120)	0.980	2/5=40%
1 / 2	44880	176	22440 (15)	192	6	22066	0.500	0.508 (61/120)	0.984	1/2=50%
3 / 5	44880	176	26928 (18)	192	6	17578	0.600	0.608 (73/120)	0.986	3/5=60%
2 / 3	44880	176	29920 (20)	192	6	14586	0.667	0.675 (81/120)	0.988	2/3=66.67%
3 / 4	44880	176	32912 (22)	192	6	11594	0.733	0.742 (89/120)	0.989	3/4=75%
4 / 5	44880	176	35904 (24)	192	6	8602	0.800	0.808 (97/120)	0.990	4/5=80%
5 / 6	44880	176	37400 (25)	192	6	7106	0.833	0.842 (101/120)	0.990	5/6=83.33%
7 / 8	44880	176	38896 (26)	192	6	5610	0.867	0.875 (105/120)	0.990	7/8=87.5%
9 / 10	44880	176	40392 (27)	192	6	4114	0.900	0.908 (109/120)	0.991	9/10=90%

※1 データ長/(データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタップビット)・・・(a)

※2 (データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタップビット)/(データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタップビット+LDPC パリティ)・・・(b)

※3 (a)×(b)

表 2.2-4 スロット割り当て規則

変調	周波数 効率 [bps/Hz]	規格化 効率	割当単位 [slot]	データ	
				データ [slot]	ダミー [slot]
32APSK	5	1	5	5	0
16APSK	4	4/5	5	4	1
8PSK	3	3/5	5	3	2
QPSK	2	2/5	5	2	3
$\pi/2$ シフト BPSK	1	1/5	5	1	4

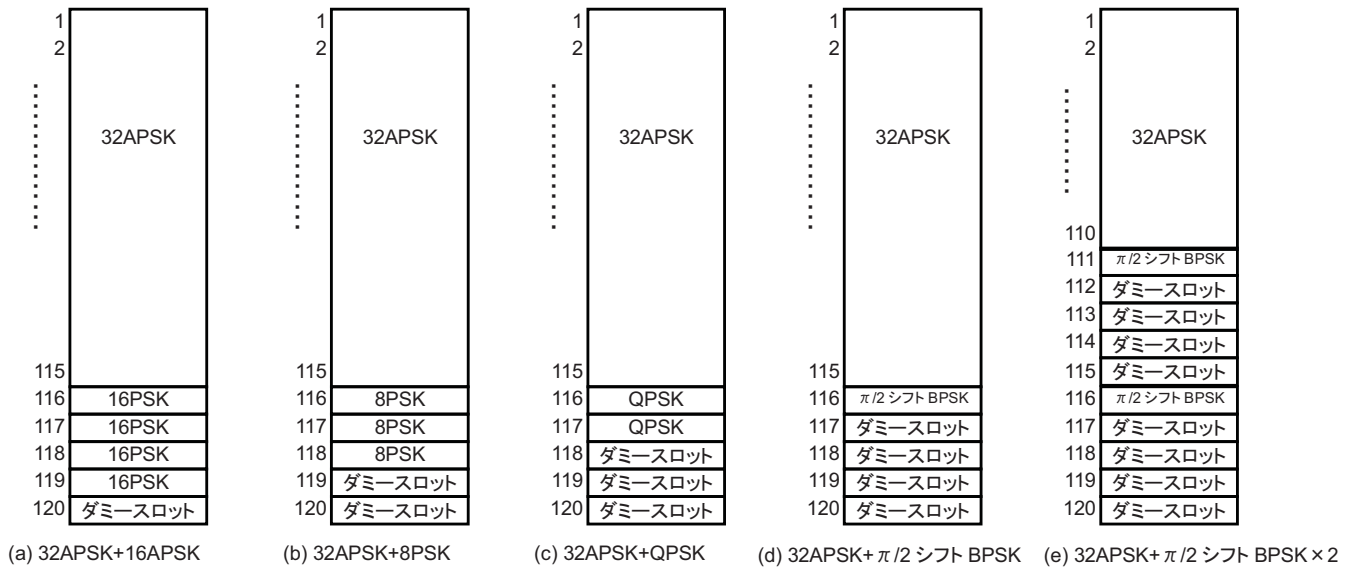


図 2.2-3 スロット割り当ての例

(2) 制御信号のフレーム構成

制御信号のフレーム構成を図 2.2-4 に示す。制御信号の多重フレームは、同期信号 2880 ビット、パイロット信号 3840~19200 ビット、TMCC 信号 31680 ビットで構成する。

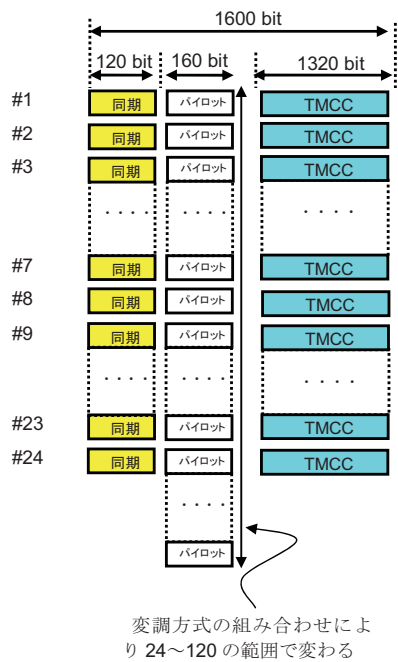


図 2.2-4 制御信号のフレーム構成

(理由)

MPEG-2 TS 及び TLV 形式の packets ストリームの複数混在伝送、及びストリーム毎に独立の変調方式の適用を可能とするため、図 2.2-2 に示すフレーム内の各スロットのストリームの種別と変調方式の情報を TMCC 信号で伝送し、この情報に従い複数ストリームをフレーム単位で送受信の信号処理を行う。フレームを構成するスロット数については、現行の衛星デジタル放送においてはフレームあたり 48 スロットとなっており、1 スロットあたりのビットレートは約 1Mbps である。高度衛星デジタル放送方式における最大効率の変調方式は 32APSK (9/10) であり、現行の衛星デジタル放送の TC8PSK (2/3) の約 2.5 倍の伝送容量を持つことから、スロットあたりの伝送容量が同等となるように、スロット数を現行の 2.5 倍の 120 とした。

フレームを構成するスロットの長さについては、MPEG-2 TS パケットを効率的に伝送できるように選んだ。MPEG-2 TS のパケットは固定長であり、その先頭バイトに配置される同期バイトは既知である。また、フレーム及びスロットの固定の位置からパケットの配列が順次行われることから、伝送路符号化部ではパケット同期は不要である。そこで、この同期バイトはフレーム構成の際に一旦削除し、受信後に再び付加することで伝送効率を改善した。このため、MPEG-2 TS パケットの先頭の同期バイトを除いた 187 バイト長のデータを稠密に配置して伝送できるよう、スロット長を 187 バイトの整数倍に選んだ。さらに、1 スロット分のデータが、 $\pi/2$  シフト BPSK (1 ビット/シンボル)、QPSK (2 ビット/シンボル)、8PSK (3 ビット/シンボル)、16APSK (4 ビット/シンボル)、32APSK (5 ビット/シンボル) のいずれの場合にも過不足なく信号点上にマッピングされるように符号長 1~5 全ての最小公倍数 60 を素因数にもつスロット長とした。これらの条件よりスロット長を 44880 ビットとした。

表 2.2-4 に示すダミースロットの挿入規則については、現行の衛星デジタル放送方式と同様に、変調方式の組み合わせに関わらず、フレームのビットレートを固定でき、回路構成を容易にすることを目的としている。

主信号については、TMCC 信号により 5 スロット単位で変調方式及び符号化率を指定する。この割り当て単位を 5 スロットとしているのは、フレーム構成変更に伴う処理を簡素化するためである。

複数の変調方式・符号化率を併用して伝送する場合のスロットへの割り当て順序については、大きなバックオフが設定される(小さい電力で時分割多重される)変調方式・符号化率の順とすることで、変調信号の急激な振幅変化の起こるポイントを減らし、同期の安定化を図ることを目的としている。

### 2.2.5 変調信号のフレーム構成

フレーム構成された多重信号から変調信号を生成するためのブロック図を図 2.2-5 に、また変調信号のフレーム構成を図 2.2-6 示す。

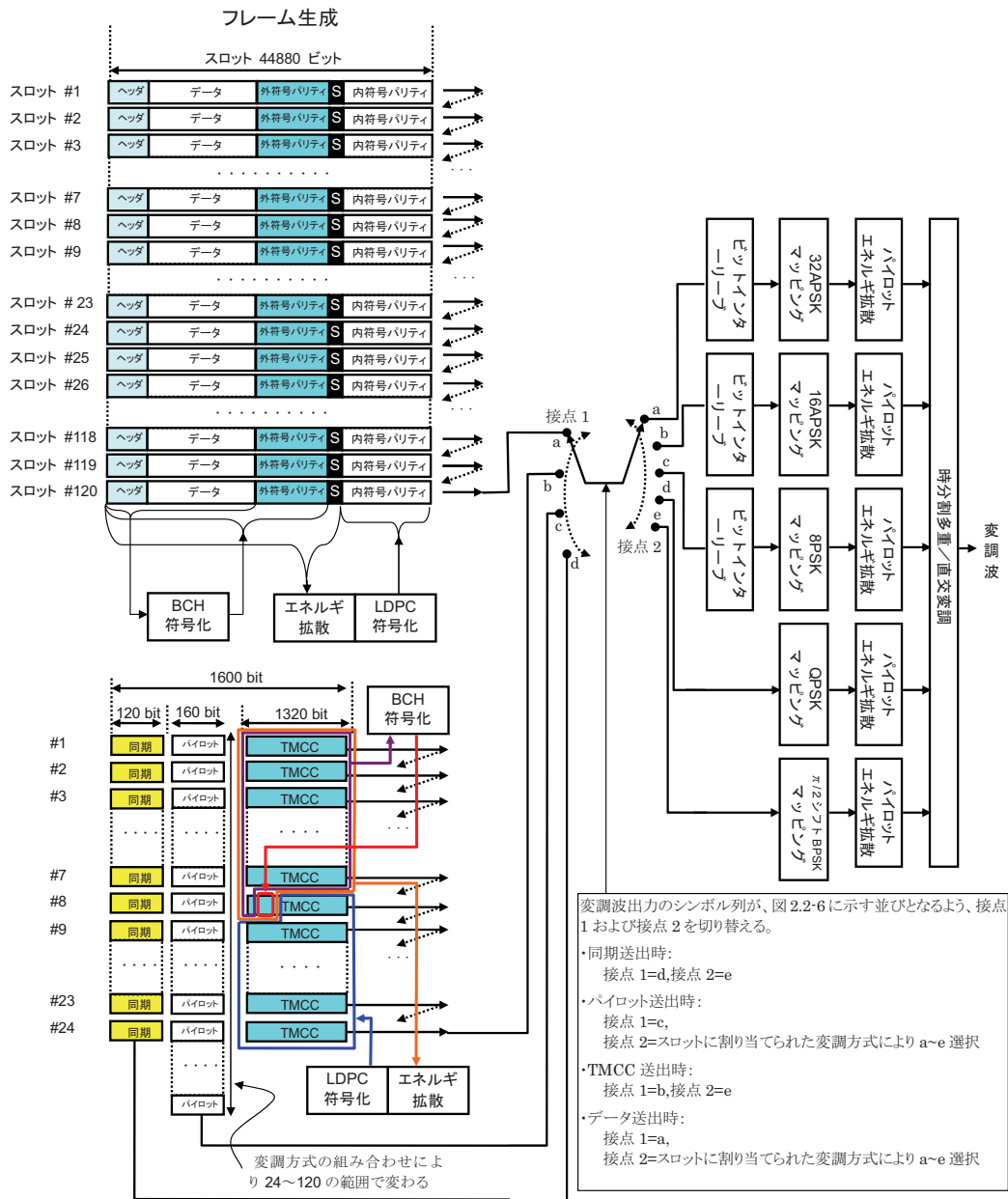


図 2.2-5 変調信号の生成

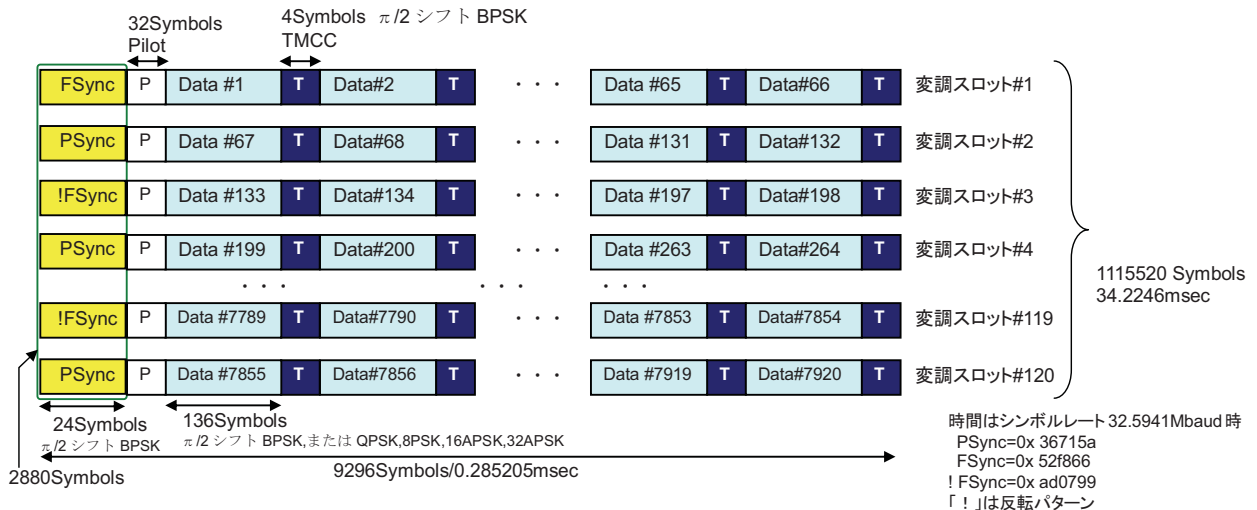


図 2.2-6 変調信号のフレーム構成

(理由)

主信号及び制御信号に対し生成した図 2.2-2 及び図 2.2-4 のフレーム構成のデータをもとに、所定の順序に配列された図 2.2-6 の時分割多重変調信号を生成するよう図 2.2-5 の機能ブロックを構成した。

複数変調方式の時分割多重伝送については、現行の衛星デジタル放送方式でも採用されており、送受信における変調・復調回路や誤り訂正符号の符号化・復号回路を時分割にパラメータ設定することで共用できるなどのメリットがある。

TMCC 信号については、 $\pi/2$  シフト BPSK 変調により、4 シンボルずつ分散させて、1 フレーム内で  $\pi/2$  シフト BPSK 変調信号を多重するため、TMCC 信号を同期補強信号としても利用可能となる。現行の衛星デジタル放送のように同期補強信号を別途入れる必要がなく、伝送効率の改善と TMCC 信号の容量拡大を図った。

同期信号については、1 フレーム内で以下の順序で 24 ビットのフレーム同期とパケット同期が等間隔で交互に 60 回ずつ  $\pi/2$  シフト BPSK 変調で間欠的に伝送する。

- フレーム同期 1 (FSync=0x52F866)
- パケット同期 1 (PSync=0x36715A)
- フレーム同期 2 (!FSync=0xAD0799)
- パケット同期 2 (PSync=0x36715A)
- フレーム同期 3 (!FSync=0xAD0799)
- パケット同期 3 (PSync=0x36715A)
- ...
- フレーム同期 60 (!FSync=0xAD0799)
- パケット同期 60 (PSync=0x36715A)

但し、「!FSync」は「FSync」の各ビットの「1」と「0」を反転したビットパターンを示す。

従って、1 フレームに含まれる同期信号は 24 ビット  $\times$  (60 回 + 60 回) = 2880 ビットである。実証実験における同期限界測定では、約 -3dB の低受信 C/N の下でも同期捕捉が確認でき、十分な性能が示された。

パイロット信号については、1フレーム内で32シンボルの信号点を等間隔で120回、スロットに指定した変調方式で伝送する。最小多値数の $\pi/2$ シフトBPSKの場合、1シンボルが1ビットの情報に対応することから、32シンボル $\times$ 1ビット/シンボル $\times$ 120回=3840ビットとなる。一方、最大多値数の32APSKの場合、1シンボルが5ビットの情報に対応することから、32シンボル $\times$ 5ビット/シンボル $\times$ 120回=19200ビットとなる。したがって、パイロット信号は、スロットに割り当てる変調方式の組み合わせにより、3840ビット~19200ビットの間で変化する。擬似衛星中継器による実証実験では、32APSK(符号化率4/5)の受信においてパイロット信号を使った受信の場合、使わなかった場合に比べて約1.4dB 所要C/Nの低減効果を確認した。

## 2.2.6 誤り訂正方式

### (1) 外符号符号化方式

訂正能力  $t=12$  の BCH(65535, 65343)の短縮符号とし、短縮化前の BCH 符号化生成多項式は、表 2.2-5 の全ての多項式の積で表されるものとする。

表 2.2-5 BCH 符号の多項式リスト

$g_1(x)$	$1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$
$g_2(x)$	$1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8 + x^9 + x^{11} + x^{12} + x^{16}$
$g_3(x)$	$1 + x^2 + x^3 + x^7 + x^9 + x^{10} + x^{11} + x^{13} + x^{16}$
$g_4(x)$	$1 + x + x^3 + x^6 + x^7 + x^{11} + x^{12} + x^{13} + x^{16}$
$g_5(x)$	$1 + x + x^2 + x^3 + x^5 + x^7 + x^8 + x^9 + x^{11} + x^{13} + x^{16}$
$g_6(x)$	$1 + x + x^6 + x^7 + x^9 + x^{10} + x^{12} + x^{13} + x^{16}$
$g_7(x)$	$1 + x + x^2 + x^6 + x^9 + x^{10} + x^{11} + x^{15} + x^{16}$
$g_8(x)$	$1 + x + x^3 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{12} + x^{15} + x^{16}$
$g_9(x)$	$1 + x + x^4 + x^6 + x^8 + x^{10} + x^{11} + x^{12} + x^{13} + x^{15} + x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1 + x + x^2 + x^4 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10} + x^{11} + x^{15} + x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10} + x^{13} + x^{14} + x^{15} + x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1 + x + x^2 + x^3 + x^5 + x^6 + x^7 + x^{10} + x^{11} + x^{15} + x^{16}$

以下の演算により、情報系列  $m = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0)$  の符号語

$$c = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0)$$

上へのBCH 符号化を行う。

- メッセージ多項式  $m(x) = m_{k_{bch}-1}x^{k_{bch}-1} + m_{k_{bch}-2}x^{k_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$  に  $x^{n_{bch}-k_{bch}}$  を乗算
- $x^{n_{bch}-k_{bch}}m(x)$  を被除数とし、生成多項式  $g(x)$  を除数とする除算
- $d(x) = d_{n_{bch}-k_{bch}-1}x^{n_{bch}-k_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$  を剰余とする
- $c(x) = x^{n_{bch}-k_{bch}}m(x) + d(x)$  を符号語多項式とする

### (2) 内符号符号化方式

符号長44880ビットのLDPC符号とし、符号化率は、表2.2-6の10種類とする。

表2.2-6 内符号の符号化率

符号化率（公称値）	真値
1/3	41/120
2/5	49/120
1/2	61/120
3/5	73/120
2/3	81/120
3/4	89/120
4/5	97/120
5/6	101/120
7/8	105/120
9/10	109/120

ただし、同表の真値が実際の符号化率であり、公称値は真値を簡単な分数で近似したものである。

内符号の誤り訂正情報付加の手順を以下に示す。なお、説明中  $n_{ldpc}$  をLDPC符号長、 $k_{ldpc}$  をLDPC符号長からパリティを除いた長さとする。

- ・全パリティビットをゼロに設定  $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{n_{ldpc}-k_{ldpc}-1} = 0$
- ・最初の情報ビット  $i_0$  に、対応するパリティビットを付録の付表 1 から付表 10の該当する表の1行目から参照し、積算する。符号化率2/3（該当付表 5）の例を次に示す。

$$p_{4958} = p_{4958} \oplus i_0$$

$$p_{6639} = p_{6639} \oplus i_0$$

$$p_{6721} = p_{6721} \oplus i_0$$

$$p_{8238} = p_{8238} \oplus i_0$$

$$p_{9540} = p_{9540} \oplus i_0$$

$$p_{9550} = p_{9550} \oplus i_0$$

$$p_{10491} = p_{10491} \oplus i_0$$

$$p_{11742} = p_{11742} \oplus i_0$$

$$p_{11641} = p_{11641} \oplus i_0$$

$$p_{12092} = p_{12092} \oplus i_0$$

$$p_{13056} = p_{13056} \oplus i_0$$

$$p_{13460} = p_{13460} \oplus i_0$$

- ・373 までの情報ビット  $i_m, m=1,2,\dots,373$  は、 $i_m$  に、これに対応するパリティビット  $\{x+(m \bmod 374) \times q\} \bmod (n_{ldpc} - k_{ldpc})$  を積算する。ここで、 $x$  は  $i_0$  に対応したパリティビット、 $q$  は表2.2-7 に示す符号化率により決まる定数である

例として符号化率2/3 で  $q=39$  となるときの情報ビット  $i_1$  について次に示す。

$$p_{4997} = p_{4997} \oplus i_1$$

$$p_{6678} = p_{6678} \oplus i_1$$

$$p_{6760} = p_{6760} \oplus i_1$$

$$\begin{aligned}
p_{8277} &= p_{8277} \oplus i_1 \\
p_{9579} &= p_{9579} \oplus i_1 \\
p_{9589} &= p_{9589} \oplus i_1 \\
p_{10530} &= p_{10530} \oplus i_1 \\
p_{11781} &= p_{11781} \oplus i_1 \\
p_{11680} &= p_{11680} \oplus i_1 \\
p_{12131} &= p_{12131} \oplus i_1 \\
p_{13095} &= p_{13095} \oplus i_1 \\
p_{13499} &= p_{13499} \oplus i_1
\end{aligned}$$

- 375 番目以降の情報ビット  $i_{374} \sim i_{747}$  に対応するパリティビット積算は付表 1 から付表 10 の各表の2 行目を使用する。
- 374 個の新たな情報ビット毎に、同様に付表 1から付表 10の各表から新たな行をパリティビット積算に使用する。

全ての情報ビットに対して積算を終えたら、最後のパリティビットは次のとおり算出する。

- $i=1$  から開始し、次の演算を順次実行する。

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad i = 1, \dots, n_{ldpc} - k_{ldpc} - 1$$

- $p_i$  の最終結果は  $p_i$  のパリティビットに等しい。  $i = 1, \dots, n_{ldpc} - k_{ldpc} - 1$

表 2.2-7 q 値

符号化率	q
1/3	79
2/5	71
1/2	59
3/5	47
2/3	39
3/4	31
4/5	23
5/6	19
7/8	15
9/10	11

(理由)

LDPC 符号の符号長は、符号化・復号処理をスロット単位で行えるよう、スロット長と同じ 44880 ビットとした。

列重みは LDGM 部分の 1, 2 以外、3 又は 4 を基本とし、一部を 10 前後とする非正則行列とし、cycle-4 を完全除去し、cycle-6 以上を最小化することで、急峻なウォーターフォール特性を確保しつつ、エラーフロアを所要のレベル以下 (BER=10<sup>-7</sup> 以下) に抑圧している。

LDPC 符号復号後のエラーフロアについては、一符号語あたり 12 ビットの訂正能力を持つ外符号 (BCH 符号) により実用のビット誤り率以下まで訂正可能である。



## 2.2.7 TMCC 用誤り訂正方式

外符号については、主信号用と同じものを使用する。内符号については、主信号用LDPC(1/2)を短縮化して利用する(図2.2-7参照)。LDPC符号のデータとして、NULLデータ(1870ビット、オールゼロ)、TMCCデータ(9422ビット)、BCHパリティ(192ビット)、及びNULLデータ(11330ビット、オールゼロ)に対し、符号化率1/2のLDPCパリティ(22066ビット)を付加し、NULLデータを削除したものをTMCCシンボルとして伝送する。受信側では、NULLデータ部分については理想的に0が伝送された場合のシンボルを挿入した後、符号化率1/2のLDPC符号復号を行う。

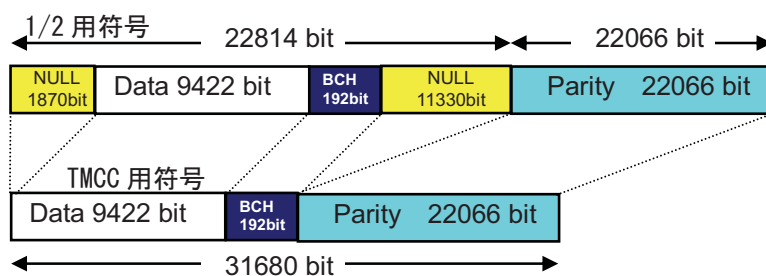


図 2.2-7 TMCC 符号化

(理由)

TMCC 情報の符号化には、主信号用の LDPC 符号をマザーコードとした短縮化符号を採用した。これにより、複数変調方式及び符号化率が混在した主信号と LDPC 符号復号器を共用し時分割で処理を行うことができる。

短縮化にあたっては、特に訂正能力の低い部分を 2 箇所抽出し、短縮化用のヌルデータを割り当てることで、符号性能の向上を図った。

## 2.2.8 エネルギー拡散方式

### (1) 主信号用

スロットのエネルギー拡散においては、スロットの構成要素のうち、ヘッダ、データ、BCH パリティ、及びスタップビットに対して行い、LDPC パリティ部分及びダミーロットについては、エネルギー拡散は行わない。エネルギー拡散の周期は 1 フレームとする。エネルギー拡散回路は図 2.2-8 に示すように 25 次 PRBS と拡散対象との MOD2 加算により行う。エネルギー拡散を行わない区間については、エネルギー拡散回路のシフトレジスタを停止させる。

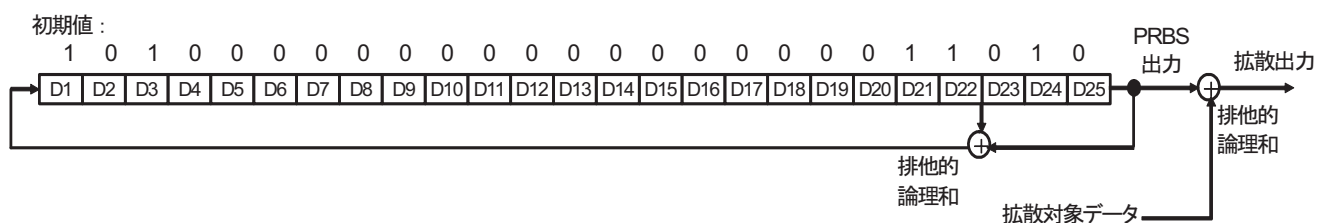


図 2.2-8 エネルギー拡散 (スロットデータ用)

## (2) TMCC 信号用

TMCC のエネルギー拡散においては、図 2.2-9 の 15 次 PRBS 発生器によるエネルギー拡散を行う。エネルギー拡散の周期は 1 フレームとする。エネルギー拡散回路は図 2.2-9 に示すように 15 次 PRBS と拡散対象との MOD2 加算により行う。TMCC データ及び BCH パリティ部分について拡散を行い、それ以外の区間については、エネルギー拡散回路のシフトレジスタを停止させる。

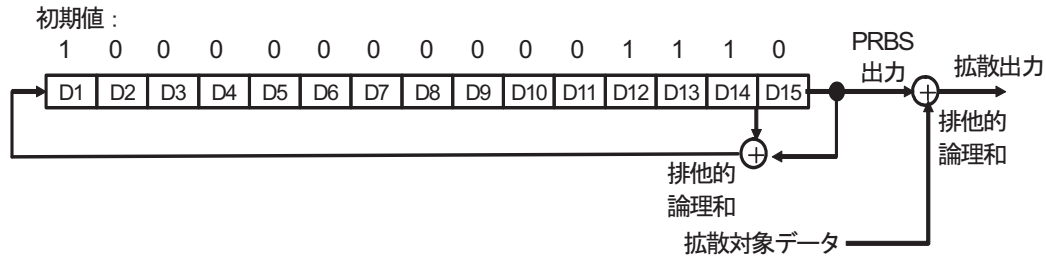


図 2.2-9 エネルギー拡散 (TMCC 用)

## (3) パイロット信号用

パイロット信号のエネルギー拡散においては、図 2.2-10 の 15 次 PRBS 発生器によるエネルギー拡散を行う。エネルギー拡散の周期は 1 フレームとする。エネルギー拡散回路は図 2.2-10 に示すように 15 次 PRBS の 0/1 に応じて、I-Q 直交座標上の信号点座標を 0 度/180 度回転させることにより行う。パイロットシンボル部分について拡散を行い、それ以外の区間については、エネルギー拡散回路のシフトレジスタを停止させる。

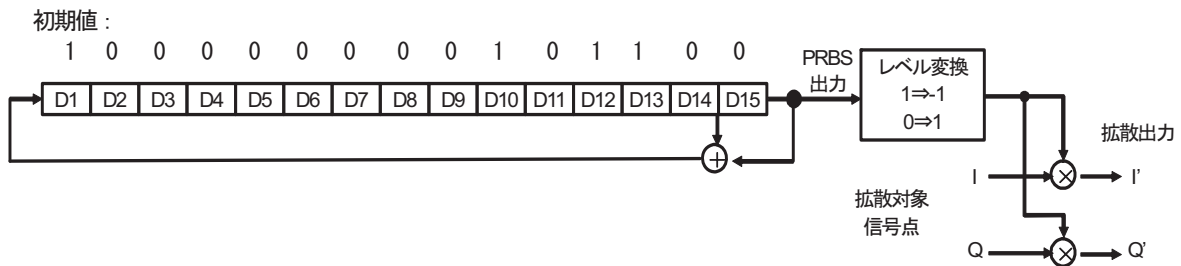


図 2.2-10 エネルギー拡散 (パイロットシンボル用)

## (理由)

主信号については、例えば、ヌルパケットが連続して伝送される場合など、「1」又は「0」が連続して伝送する場合がある。この場合、特定周波数に線スペクトルを発生し、電力束密度が規定値を超える可能性があり、また、受信機の同期再生系にも悪影響を与える。そこで、PRBS 発生器 (PN 符号発生器) により発生させた擬似ランダムパターンとの排他的論理和をとることで、ビット列のランダム化によるエネルギー拡散を行う。拡散符号長としては、1 フレーム分の LDPC パリティを除くデータ長 (4891920 ビット) 以上とする必要があるため、23 次以上の拡散符号を使用する必要があるため、ここでは 25 次の拡散符号を採用した。

TMCC 信号についても、拡張領域など、「1」又は「0」が連続する場合が想定される。TMCC のデータ長は 31680 ビットであるため、15 次以上の拡散符号が必要となるため、ここでは 15 次の拡散符号を採用した。

パイロット信号については、固定パターンの繰り返しとなるため、やはり、線スペクトルの発生要因となる。パイロット信号の 1 フレームあたりの総シンボル数は 3840 シンボルであるため、

12次以上の拡散符号が必要であり、ここではTMCC用と同じPRBS発生器を初期値を変えて利用することとした。

### 2.2.9 インターリーブ

LDPC符号化部からの出力はブロックインターリーバによりビットインターリーブする。表2.2-8に各変調方式のビットインターリーブの大きさを、また図2.2-11～図2.2-16に構成図を示す。データはインターリーバに列方向に上から下へ書き込み、行方向に左(MSB)から右(LSB)へ読み出す順方向読み出しと、右(LSB)から左(MSB)へ読み出す逆方向読み出しがある。いずれを使用するかは、表2.2-9のように符号化率によって異なる。

表 2.2-8 ビットインターリーブ

変調	行	列
8PSK	14960	3
16APSK	11220	4
32APSK	8976	5

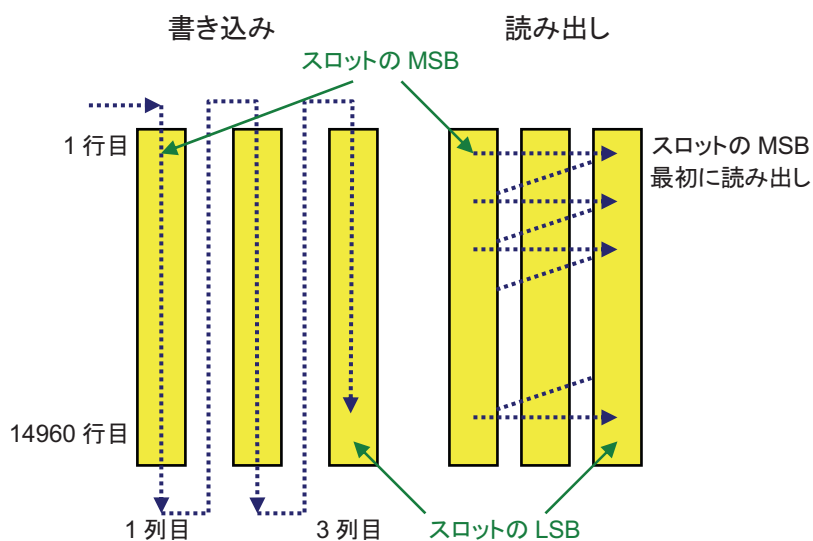


図2.2-11 ビットインターリーブ 8PSK (順方向読み出し)

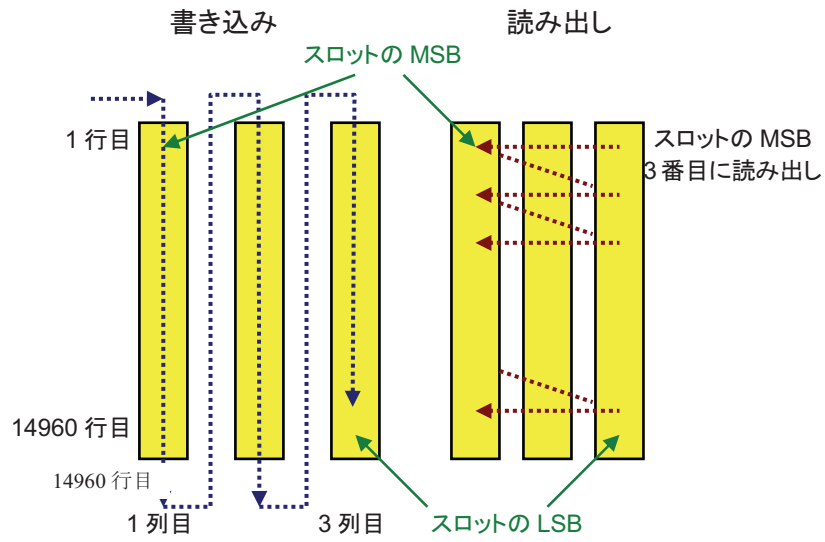


図2. 2-12 ビットインターリーブ 8PSK (逆方向読み出し)

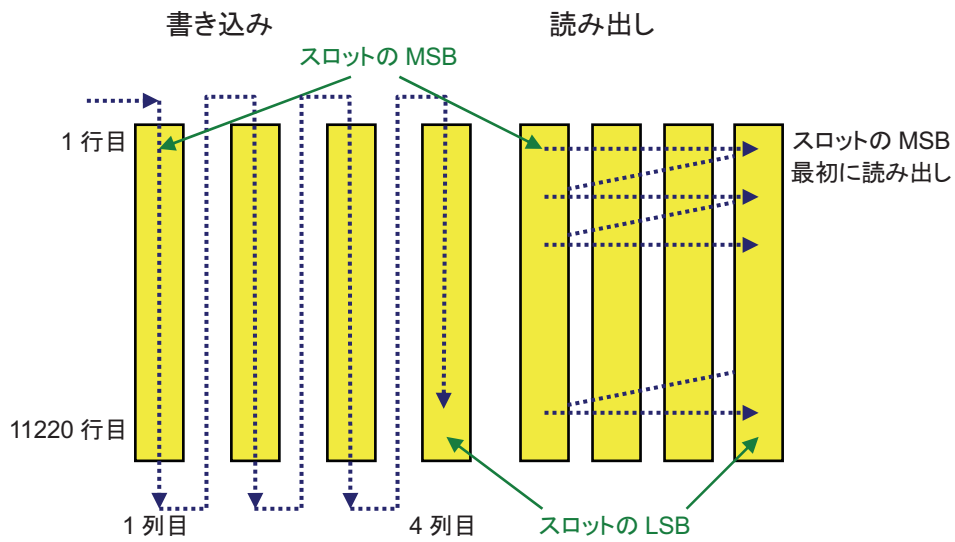


図2. 2-13 ビットインターリーブ 16APSK (順方向読み出し)

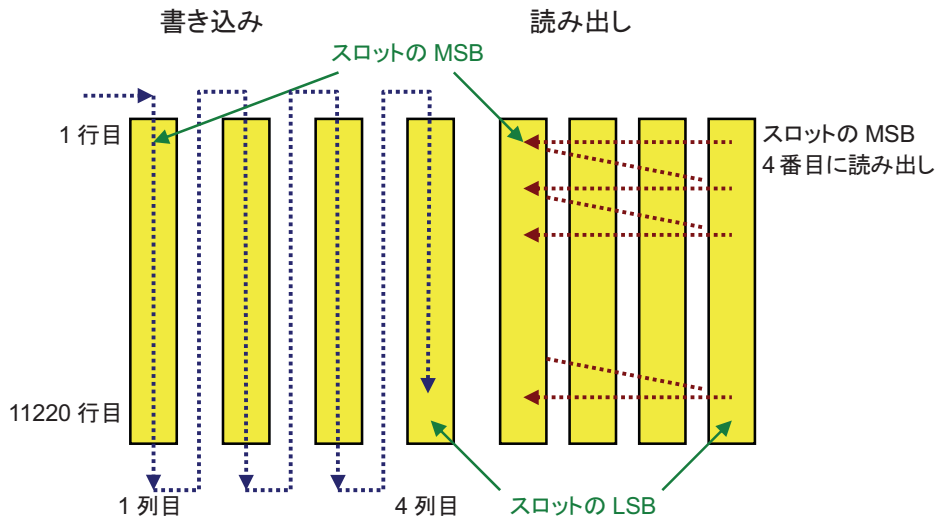


図2.2-14 ビットインターリーブ 16APSK (逆方向読み出し)  
書き込み

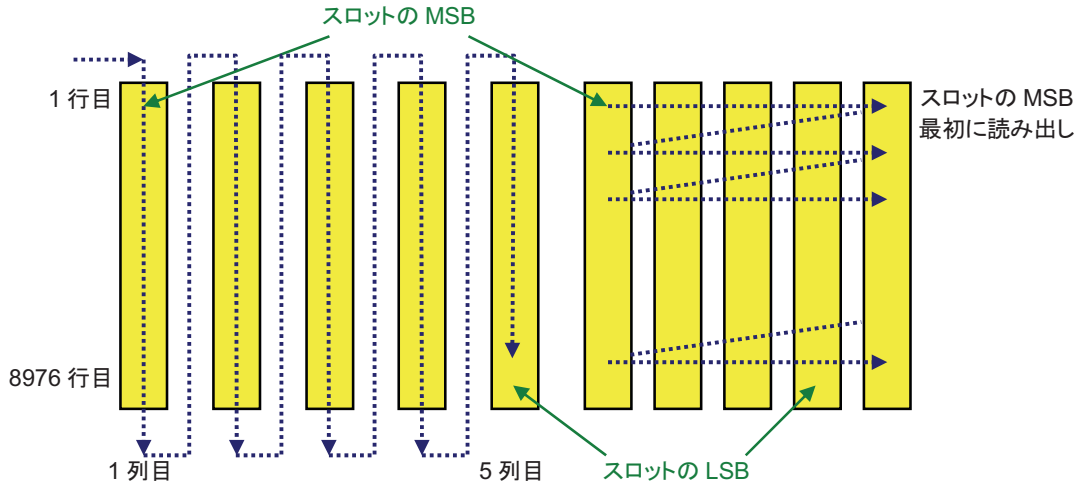


図2.2-15 ビットインターリーブ 32APSK (順方向読み出し)

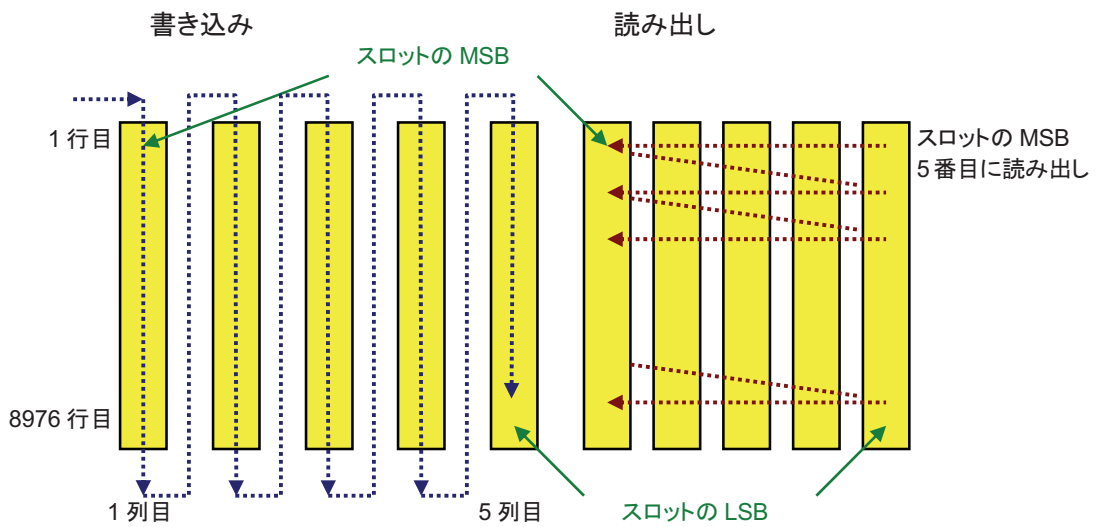


図2.2-16 ビットインターリーブ 32APSK (逆方向読み出し)

表 2.2-9 インターリーブ読み出し

変調	符号化率			
	2/5以下	1/2	3/5	2/3以上
8PSK	逆	順	順	順
16APSK	逆	順	順	順
32APSK	逆	順	順	順

(理由)

LDPC 符号は、符号語内で訂正能力が不均一に分布して部分的に訂正能力に差があり、一般的にはパリティに近い側で訂正能力が低くなる傾向にある。

一方、8PSK 変調以上の多値変調についても、シンボルを構成する複数のビット(8PSK の場合 3 ビット)間で、C/N-BER 特性に性能差が存在し、誤りの発生しやすいビットとそうでないビットが混在している。採用している信号点配置においては、シンボルを構成するビットのうち LSB 側でビット誤りが発生しにくい傾向にある。

こうした LDPC 符号と変調方式の性質を踏まえ、順方向のインターリーブとして、訂正能力の高い LDPC 符号の MSB 側が、各変調方式のシンボルを構成するビットのうち誤り率の高い MSB 側に供給されるようにインターリーブを構成している。

ただし、一部の低符号化率の LDPC 符号については、訂正能力の分布が逆転しているものが存在するため、この場合には逆方向インターリーブを採用した。

#### 2.2.10 変調方式

変調方式については、基本方式を表 2.2-10 に示す。また、周辺技術の進展により適用可能となるものを表 2.2-11 に示す。表 2.2-12 に、変調方式と符号化率の組合せの基本方式を○印で示し、周辺技術の進展により適用が可能となるものを△印で示す。各変調方式の信号点配置は、図 2.2-17 のとおりである。

表 2.2-10 変調方式(基本方式)

変調方式	用途
$\pi/2$ シフト BPSK	フレーム同期 パケット同期 TMCC 信号 主信号 (パイロット信号含む)
QPSK	主信号 (パイロット信号含む)
8PSK 符号化率 3/4 以下	

表 2.2-11 変調方式(今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式)

変調方式	用途
8PSK 符号化率 4/5 以上	主信号 (パイロット信号含む)
16APSK	
32APSK	

表 2.2-12 変調方式

符号化率	変調方式				
	$\pi/2$ シフト BPSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
1/3	○	○	○	△	△
2/5	○	○	○	△	△
1/2	○	○	○	△	△
3/5	○	○	○	△	△
2/3	○	○	○	△	△
3/4	○	○	○	△	△
4/5	○	○	△	△	△
5/6	○	○	△	△	△
7/8	○	○	△	△	△
9/10	○	○	△	△	△

△ 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

なお、 $\pi/2$ シフト BPSK については、フレーム先頭(第 1 シンボル)を含む奇数番目のシンボルにおいては、シンボル 0 のとき 1 象限、1 のとき 3 象限の信号点を取り、第 2 シンボル以降の偶数番目のシンボルについては、反時計回りに 90 度の位相回転を与えた信号点位置で変調する。

16APSK 及び 32APSK については、最適性能を得るため、符号化率により、表 2.2-13 及び表 2.2-14 に示す半径比  $\gamma$  ( $=R_2/R_1$ ) 及び  $\gamma_1$  ( $=R_2/R_1$ ),  $\gamma_2$  ( $=R_3/R_1$ ) をとる。また、(a)~(c)では半径 1 とし、電力を 1 に規格化しているが、(d)及び(e)については電力を 1 に規格化する場合、 $4R_1^2+12R_2^2=16$  及び  $4R_1^2+12R_2^2+16R_3^2=32$  とする。

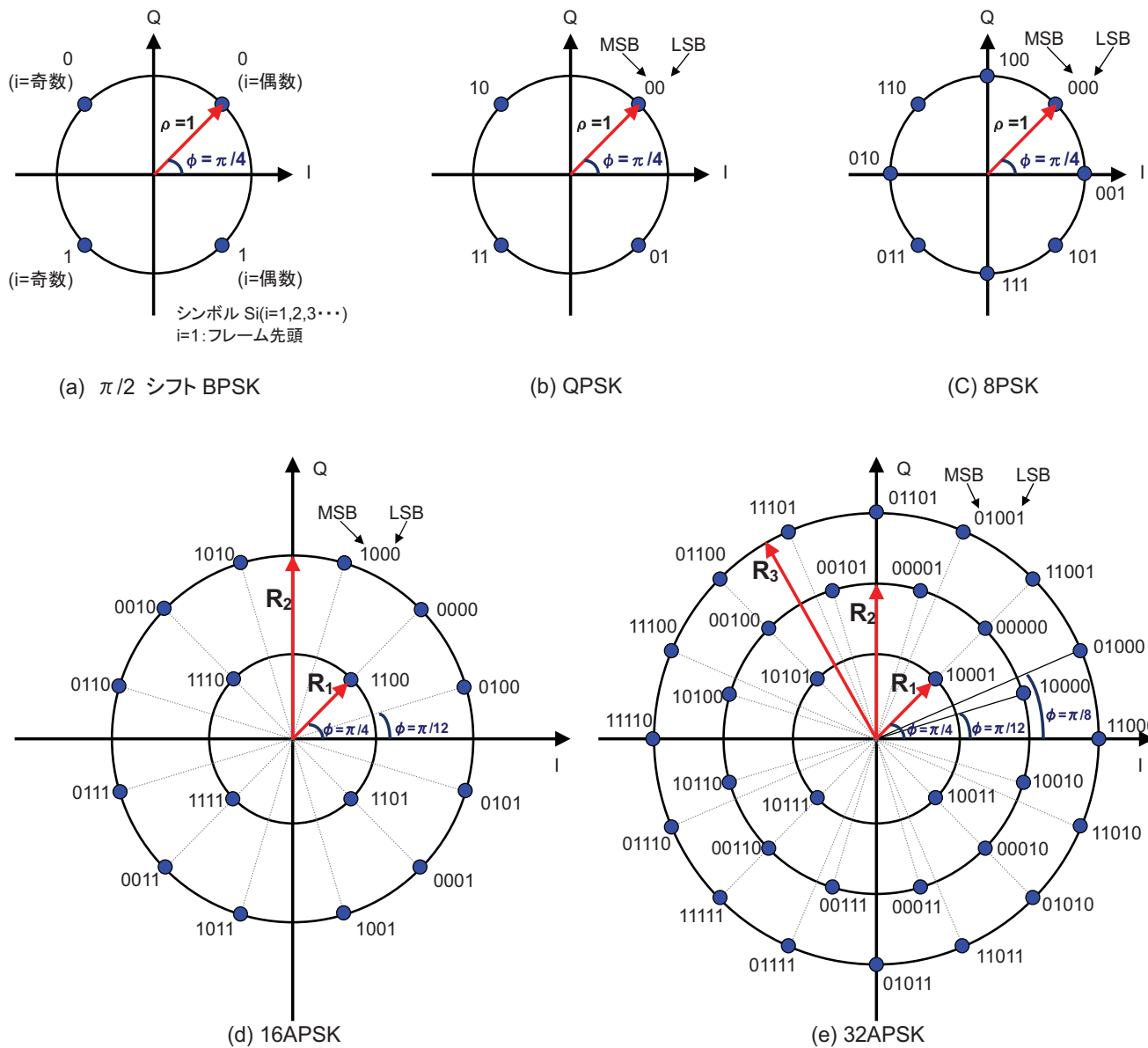


図 2.2-17 各変調方式の信号点配置



表 2. 2-13 16APSK の半径比

符号化率	半径比 $\gamma$
1/3	3.09
2/5	2.97
1/2	3.93
3/5	2.87
2/3	2.92
3/4	2.97
4/5	2.73
5/6	2.67
7/8	2.76
9/10	2.69

表 2. 2-14 32APSK の半径比

符号化率	半径比 $\gamma 1$	半径比 $\gamma 2$
1/3	3.09	6.53
2/5	2.97	7.17
1/2	3.93	8.03
3/5	2.87	5.61
2/3	2.92	5.68
3/4	2.97	5.57
4/5	2.73	5.05
5/6	2.67	4.80
7/8	2.76	4.82
9/10	2.69	4.66

(理由)

伝送路符号化方式に関する要求条件のうち、低 C/N 動作特性、周波数利用効率、衛星中継器の非線形動作に適合する衛星放送用変調方式として、PSK (BPSK, QPSK, 8PSK) 変調方式がある。これらは、現行の衛星デジタル放送の放送方式でも採用されており、実績のある安定な変調方式であることから、本方式でも採用することとした。ただし、BPSK については、非線形伝送路通過後の帯域拡大が QPSK 及び 8PSK よりも大きく周波数利用効率が若干低下するため、ゼロクロスが原理的に生じず非線形伝送路通過後の帯域拡大が QPSK 及び 8PSK よりも小さい  $\pi/2$  シフト BPSK を採用した。

以上の変調方式に加え、より高ビットレートの伝送が可能な APSK (16APSK 及び 32APSK) も利用可能とした。これらの変調方式は、複数の同心円上に等間隔に信号点を配置しており、同心円の半径比の最適値が符号化率ごとに異なる。表 2. 2-13 及び表 2. 2-14 に示す半径比は、計算機シミュレーションにより、一定の雑音を加えた状態で、半径比を変化させ、ビット誤り率が最小となる半径比を探索して求めたものである。このシミュレーションにおいては、使用する衛星が特定できないため、衛星中継器の特性は考慮せず、線形伝送路を想定した。従来、半径比の最適化は理想符号を用いてなされているが、ここでは実際に用いる LDPC 符号と組み合わせた状態での最適化を図っており、実際に使用する条件において性能を上げる設計方法を採用した。

なお、8PSK のうち符号化率 4/5 以上のもの、及び 16APSK、32APSK については、45cm の受信アンテナではサービス時間率が現行衛星デジタル放送よりも低くなる。今後、放送衛星搭載の中継

器出力の増大、アンテナの放射パターンの均一化などの放送衛星技術の進展により、サービス時間率の改善が期待できるため、今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式に分類した。

#### 2.2.11 伝送シンボルレートと許容偏差

34.5MHz 衛星中継器を利用する場合の伝送シンボルレートを 32.5941Mbaud とする。

許容偏差は±20ppm とする。

(理由)

許容偏差については、迅速な同期確保のため現実的な範囲で送信機側の許容偏差を厳しくし、±20ppm とした。

伝送シンボルレートは周波数有効利用の観点から衛星の運用条件、電波監理上の条件及び他衛星への干渉条件により妥当な範囲で高いシンボルレートにすることが望ましい。そこで、擬似中継器を使った室内伝送実験の結果に加えて、以下の運用上の諸条件を考慮して、シンボルレートを決定した。

- (a) 干渉あり
- (b) ODU あり
- (c) 占有帯域幅 34.5MHz 以内 かつ 現行の衛星デジタル放送の占有帯域幅以内
- (d) 想定受信アンテナ径 45cm (8PSK 3/4)、1.2m (32APSK 4/5)
- (e) 最悪月サービス時間率 99.7% (8PSK 3/4)、99.5% (32APSK 4/5)

##### (1) 擬似中継器による室内伝送実験

実験においては、ロールオフ率  $\alpha$  を 0.1、0.15、0.2、0.25 とした場合の、占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレートを計算機シミュレーションにより求め、これを超えないシンボルレート数点について、所要 C/N を測定した。ここでは、 $10^{10}$  ビット観測してエラーが発生しない最小 C/N を所要 C/N とした。表 2.2-15 に占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレートを示す。

表 2.2-15 占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレート

ロールオフ率 $\alpha$	最大シンボルレート
0.1	33.6 Mbaud
0.15	32.7 Mbaud
0.2	31.9 Mbaud
0.25	31.2 Mbaud

測定は、以下の条件において行なった。

- (1) 干渉なし・ODU なし
- (2) 干渉あり・ODU なし
- (3) 干渉あり・ODU あり

8PSK 3/4 及び 32APSK 4/5 の実験結果を図 2.2-18 及び図 2.2-19 に示す。なお、8PSK 3/4 の場合の所要 C/No の値は 85.30dBHz 以下(受信アンテナ 45cm、最悪月サービス時間率 99.7%以上)、

32APSK 4/5 の場合の所要 C/No の値は 96.83dBHz 以下(受信アンテナ 1.2m、最悪月サービス時間率 99.5%以上)とし、ODU を挿入した状態で、パイロット信号を使用した受信を行うものとした。測定値は C/No に換算して示した。同図において、プロットを線で結んだものは、同一シンボルレート的高度衛星デジタル放送の 8PSK を干渉波として多重し、さらに ODU を通した状態で所要 C/N を測定したものである。また、干渉波を現行の衛星デジタル放送方式 (28.86Mbaud、 $\alpha=0.35$ ) の 8PSK とした場合も同図に示す。

図 2.2-18 より、高度衛星デジタル放送方式及び現行の衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合の所要 C/No はほぼ同じ値であった。8PSK については、表 2.2-15 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

図 2.2-19 より、高度衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合の所要 C/No は、現行の衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合に比べて 0.1dB 程度劣化した。32APSK についても、表 2.2-15 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

なお、32APSK については、(3)の条件で 33Mbaud、ロールオフ率 0.1、パイロットを使った受信機能を OFF とした場合の結果も図 2.2-19 に併記した(凡例の PILOT OFF 参照)。パイロット ON にした場合は、約 1.4dB の性能改善が見られた。

併せて、ロールオフ率  $\alpha=0.1$  及び  $\alpha=0.2$  について、1.5MHz 離調からの同期限界 C/N を求める実験も行った。結果を以下に示す。シンボルレートは 33Mbaud とした。

○  $\alpha=0.1$  キャプチャ C/N=-2.6dB、ロック C/N=-2.8dB

○  $\alpha=0.2$  キャプチャ C/N=-3.7dB、ロック C/N=-3.9dB

これらの結果より、ロールオフ率によって 1.1dB の差が見られたものの、いずれも充分低い C/N まで良好に同期可能であった。

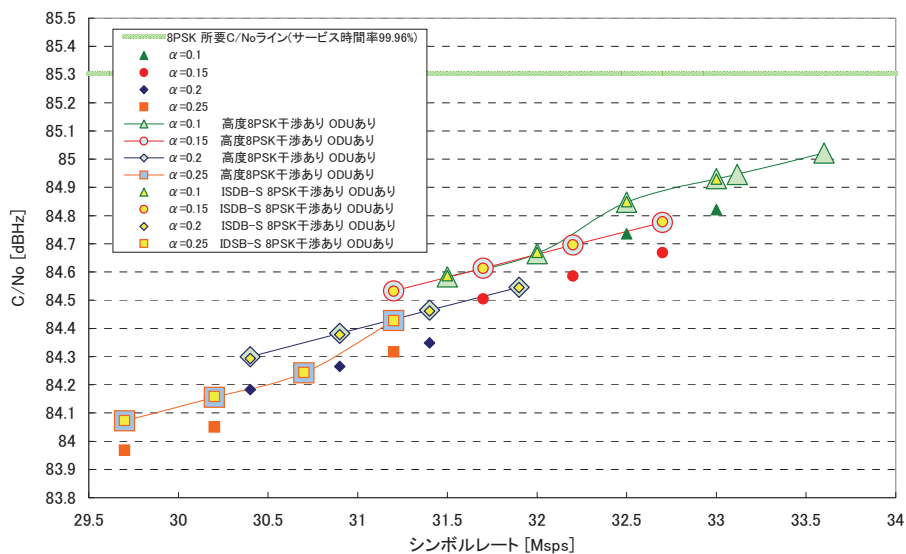


図 2.2-18 擬似中継器実験結果(8PSK)

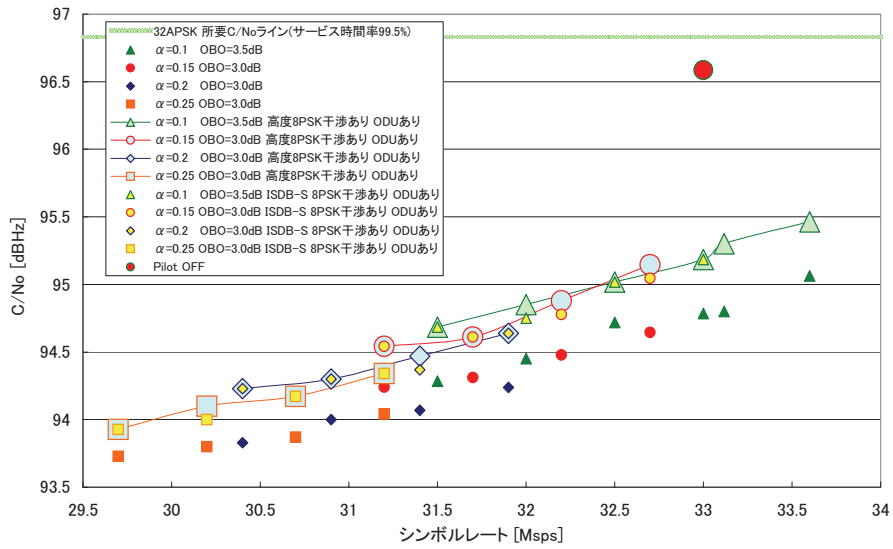


図 2.2-19 擬似中継器実験結果 (32APSK)

## (2) シンボルレートの決定

擬似中継器実験においては、8PSK3/4、32APSK ともに表 2.2-15 に示す最大シンボルレート以下において、設定した C/No 値を満足した。したがって、最も高いビットレートが確保できるロールオフ率 0.1、シンボルレート 33.6Mbaud という条件も選択肢となるが、現行の衛星デジタル放送の占有帯域幅 (33.77MHz, シミュレーション値) も考慮し、ロールオフ率 0.1 において、BS デジタル放送の占有帯域幅 33.77MHz となるシンボルレート (32.68Mbaud, シミュレーション値) 以下とした。

また、シンボルレートの検討にあたっては、以下の条件も考慮する。

- (a) スロットあたりのビットレートが整数となること
- (b) シンボルレート [Mbps] の小数点以下が 4 桁以内となること

(a)、(b) は放送事業者のビットレート管理のしやすさを考慮した条件である。

まず、条件 (a) について検討する。シンボルレート  $S_r$  時のスロットあたりのビットレートは、符号化率 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 7/8, 9/10 に対して以下の式で求められる。

$$\begin{aligned}
 & S_r \times 5 / 120 \times (10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) / 5810 \times 188 \\
 &= (10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) \times 188 \times 5 \times S_r / 120 / 5810 \\
 &= (10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) \times S_r \times 47 / 34860
 \end{aligned}$$

上式より、34860 の倍数でシンボルレートを選択すれば、スロットあたりのビットレートは、47bps の整数倍のビットレートとなり条件 (a) を満足する。

条件 (b) のシンボルレート [Mbaud] の小数点以下が 4 桁以内となるためには、34860 に 5 の倍数を乗じたものとする必要がある。従って、 $34860 \times 5$  の倍数で、 $32.68 \times 10^6$  を超えない最大シンボルレートは、以下となる。

$$34860 \times 935 = 32.5941 \text{ Mbaud (スロットあたりのビットレートは 10bps の整数倍)}$$

以上の結果より、

ロールオフ率 0.1

シンボルレート 32.5941 Mbaud

とするのが望ましいと考えられる。このシンボルレートの場合の情報ビットレート（188 バイトの MPEG-2 TS のレート）を表 2.2-16 に示す。

表 2.2-16 情報ビットレート

変調方式	8PSK 3/4	16APSK 3/4	32APSK 4/5
情報ビットレート	69.60888 Mbps	92.81184 Mbps	126.56160 Mbps

注 120slot 全てを同一変調方式とした場合の値

### 2.2.12 ロールオフ率

搬送波の帯域制限を行うフィルタ特性は、総務省令第7号第8条4号別表第6号に定めるレイズドコサイン特性とし、そのロールオフ率を 0.1 とする。送信側と受信側でのロールオフ特性の割り当ては、ルート配分とする。なお、送信側で  $X/\text{SIN}(X)$  ( $f_N$  で示す) のアパーチャ補正を行う。

ナイキスト周波数  $f_N$  は、16.29705MHz（占有周波数帯域幅 34.5MHz）とする。

また、変調器出力の周波数スペクトラムの相対減衰量、及び変調器出力フィルタの群遅延特性の許容値は、図 2.2-20、及び図 2.2-21（詳細値は表 2.2-17）に示す範囲とする。

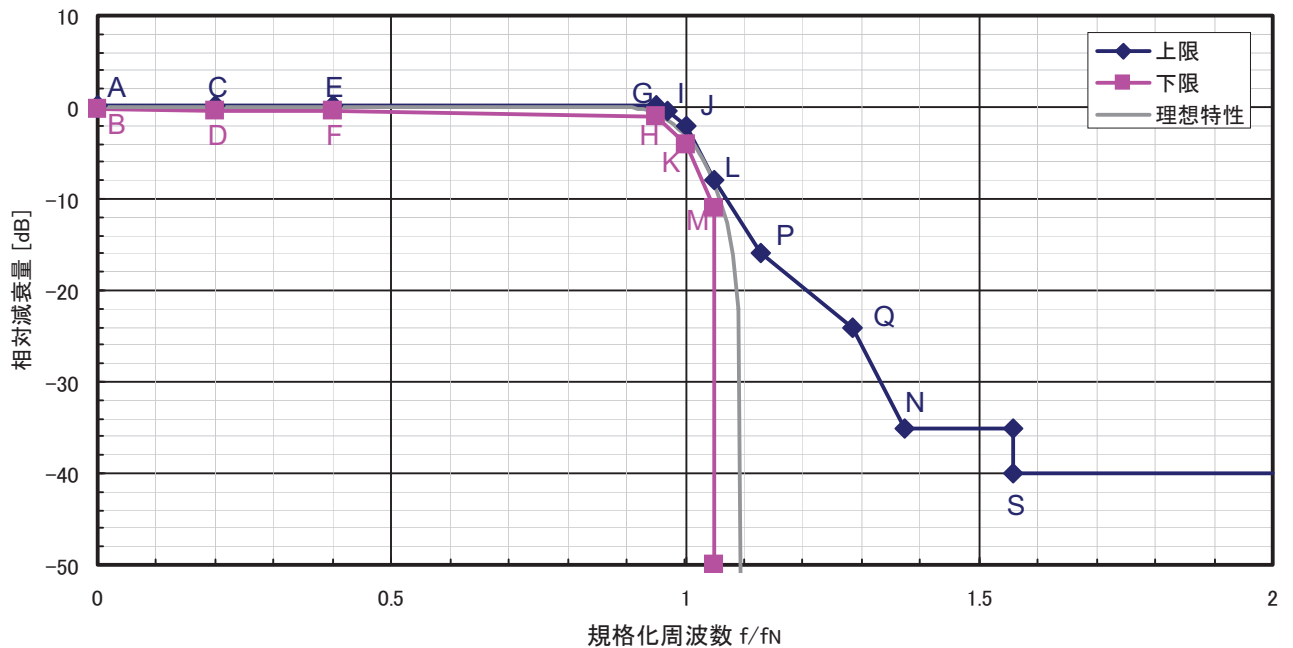


図 2.2-20 変調器出力のスペクトラム相対減衰量許容値

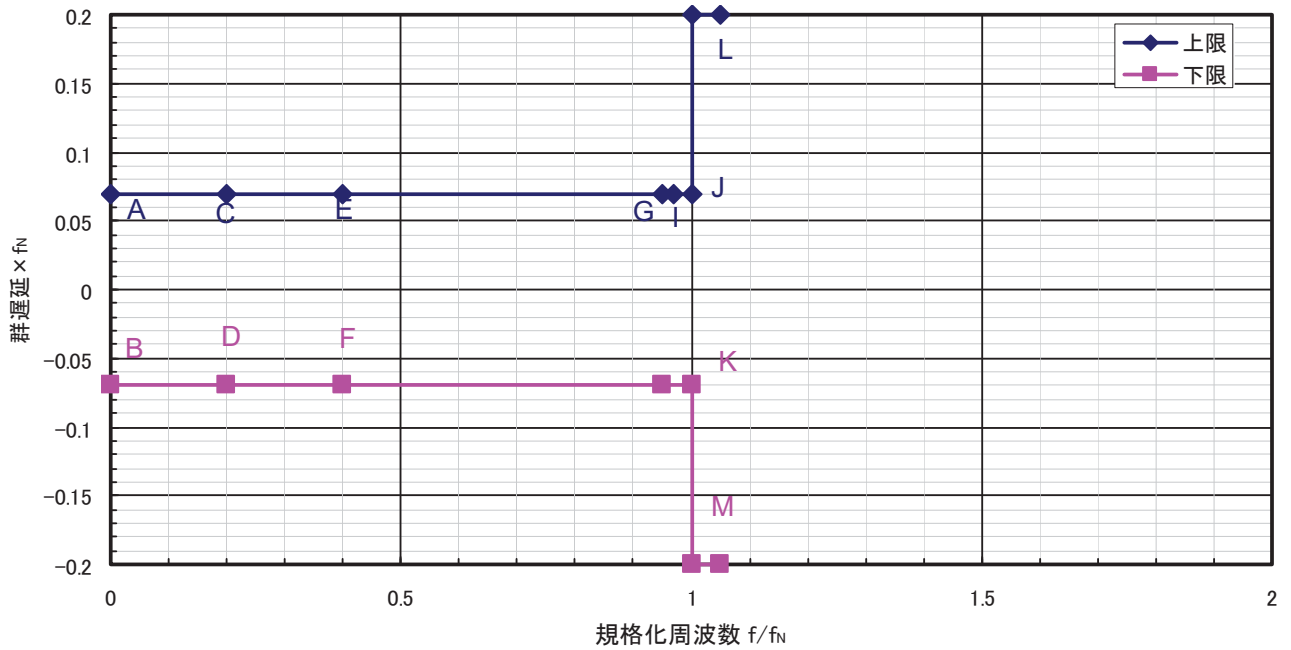


図 2.2-21 変調器出力フィルタの群遅延許容値

表 2.2-17 変調器出力のスペクトラム相対減衰量と出力フィルタ群遅延の許容値

点	周波数	相対減衰量 [dB]	群遅延	規定の種類
A	0.0 fN	0.25	+0.07 / fN	上限
B	0.0 fN	-0.25	-0.07 / fN	下限
C	0.2 fN	0.25	+0.07 / fN	上限
D	0.2 fN	-0.40	-0.07 / fN	下限
E	0.4 fN	0.25	+0.07 / fN	上限
F	0.4 fN	-0.40	-0.07 / fN	下限
G	0.95 fN	0.15	+0.07 / fN	上限
H	0.95 fN	-1.10	-0.07 / fN	下限
I	0.97 fN	-0.50	+0.07 / fN	上限
J	1.0 fN	-2.00	+0.07 / fN	上限
K	1.0 fN	-4.00	-0.07 / fN	下限
L	1.05 fN	-8.00	-	上限
M	1.05 fN	-11.00	-	下限
N	1.38 fN	-35.00	-	上限
P	1.13 fN	-16.00	-	上限
Q	1.28 fN	-24.00	-	上限
S	1.56 fN	-40.00	-	上限

(理由)

ロールオフ率については前小節で述べた理由により決定した。

スペクトルマスクの形状については、図 2.2-20 及び図 2.2-21 の点 A～点 M については、小さいロールオフ率を採用した規格である高度狭帯域 CS デジタル放送の理想スペクトル形状(ロールオフ率 0.2)の各周波数に対応する減衰量を求め、ロールオフ率 0.1 の理想スペクトル形状において、これと同じ減衰量に対応する周波数をこれらの点に適用した。

点 N、P、Q、S については、高度狭帯域 CS デジタル放送のスペクトルマスクの各点における周波数に、帯域幅の比 1.1/1.2 を乗じた値を採用した。

### 2.2.13 パイロット信号

パイロット信号は、TMCC により当該変調スロットに指定された変調方式の信号点を順次伝送する。例えば、32APSK の場合、シンボル 00000、00001、00010、00011、・・・11111 の順にその信号点を伝送する。16APSK の場合、0000、0001、0010、0011、・・・1111 の順に信号点を 2 回伝送する。8PSK の場合、000、001、010、011、・・・111 の順に信号点を 4 回伝送する。QPSK の場合、00、01、10、11 の順に信号点を 8 回伝送する。 $\pi/2$  シフト BPSK の場合、0、1 の順に信号点を 16 回伝送する。

(理由)

16APSK や 32APSK の利用に際し、衛星中継器の進行波管増幅器の非線形特性が伝送特性劣化をもたらすことを考慮し、非線形特性の影響を受けた後の信号点配置を受信機に伝送する手段として、パイロット信号を導入した。受信機側で各変調方式の各信号点について、繰り返し伝送されるパイロット信号をベクトル平均することにより、非線形特性の影響を受けた後の信号点配置を取得することができ、この信号点配置をもとに内符号復号を行うことで性能改善を図った。擬似中継器実証実験では、32APSK(符号化率 4/5)において、所要 C/N を 1.4dB 低減する効果を確認している。

複数変調の併用時には、特に多値変調の最外周円上の信号点に同期位相が引き込まれやすく、バックオフ量の異なる変調方式については、同期位相が理想点からずれる傾向にある。このため、8PSK 以下の変調方式を含む全ての変調方式毎の信号点を伝送することで、受信特性の改善を図った。さらに、全変調方式について統一的な処理とすることでハードウェアの簡素化が可能である。

### 2.2.14 TMCC 信号

TMCC 信号は、各スロットに対する伝送ストリームの割り当てや伝送方式との関係など、伝送制御に関する情報を伝送する。TMCC 信号の伝送に利用できる領域は 1 フレームあたり 9422 ビットである。伝送方式等の切り替えが行われる場合には、TMCC 信号は実際の切り替えタイミングに対して 2 フレーム先行して切り替え後の情報を伝送する。

なお、TMCC 信号の最小更新間隔は 1 フレームとする。また受信機においては、これらの制御情報を確実に受信するため、TMCC 信号の情報を常時監視する。

TMCC 信号の制御情報の構成を図 2.2-22 に示す。

変更指示	伝送モード／ スロット情報	ストリーム種別／ 相対ストリーム 情報	パケット形式／ 相対ストリーム 情報	ポインタ／ スロット 情報	相対ストリーム／ スロット 情報	相対ストリーム／ 伝送ストリーム番号 対応表情報	送受信 制御情報	拡張情報
8ビット	192ビット	128ビット	896ビット	3840ビット	480ビット	256ビット	8ビット	3614ビット

図 2.2-22 TMCC 信号の制御情報の構成

(理由)

高度衛星デジタル放送方式では、一つの変調波内で複数の MPEG-2 TS 及び TLV 形式のパケットストリームを伝送可能とし、さらに委託放送事業者毎に変調方式を切り替える運用を可能とするため、120 スロットからなる伝送フレームを有する構成としている。これらは MPEG-2 Systems の範疇外の情報であり、各スロットの伝送モードやストリーム種別との関係を明確化するための制御情報を伝送する必要がある。

伝送モードやストリームの編成に関しては、委託放送事業者の運用により任意のタイミングで変更される可能性があり、また、送受信制御も任意のタイミングで行われるため、受信機においては電源投入時やチャンネル変更時のみならず、すべてのフレームで伝送されている TMCC 信号を監視することを前提とする。

なお、TMCC 信号の各パラメータのリザーブ値については、サービス要求に応じて、将来追加・変更される可能性がある。

(1) 変更指示

変更指示は、TMCC 信号の情報内容に変更が生じる度に 1 ずつ加算される信号とし、その値が「11111111」の次は「00000000」に戻る。

(理由)

TMCC 情報の変更と伝送誤りを明確に区別するために、変更指示のビットを設けることにした。

(2) 伝送モード／スロット情報

伝送モード／スロット情報は、主信号に使用する変調方式、内符号符号化率、及び衛星出力バックオフ値を示す。

伝送モード／スロット情報の構成を図 2.2-23 に、またフィールドの値を、表 2.2-18～表 2.2-20 に示す。

伝送モード 1 の変調方式	伝送モード 1 の符号化率	伝送モード 1 への割り当て スロット数	伝送モード 1 の衛星出力 バックオフ	...	伝送モード 8 の変調方式	伝送モード 8 の符号化率	伝送モード 8 への割り当て スロット数	伝送モード 8 の衛星出力 バックオフ
4ビット	4ビット	8ビット	8ビット		4ビット	4ビット	8ビット	8ビット

図 2.2-23 伝送モード／スロット情報の構成



表 2.2-18 伝送モードの変調方式

値	変調方式
0000	リザーブ
0001	$\pi/2$ シフト BPSK
0010	QPSK
0011	8PSK
0100	16APSK
0101	32APSK
0110~1110	リザーブ
1111	割り当て方式なし

表 2.2-19 伝送モードの符号化率

値	符号化率
0000	リザーブ
0001	1/3
0010	2/5
0011	1/2
0100	3/5
0101	2/3
0110	3/4
0111	4/5
1000	5/6
1001	7/8
1010	9/10
1011~1110	リザーブ
1111	割り当て方式なし

表 2.2-20 伝送モードの衛星出力バックオフ

値	衛星出力バックオフ
00000000	0.0 dB
00000001	0.1 dB
00000010	0.2 dB
00000011	0.3 dB
00000100	0.4 dB
00000101	0.5 dB
00000110	0.6 dB
00000111	0.7 dB
....	....
11111000	24.8 dB
11111001	24.9 dB
11111010	25.0 dB
11111011	25.1 dB
11111100	25.2 dB
11111101	25.3 dB
11111110	25.4 dB
11111111	25.5 dB

衛星出力バックオフ値に書き込む値は、衛星中継器の無変調飽和出力に対する、当該伝送モード変調波出力の比のデシベル絶対値に 10 を乗じ、2 進数表示した値とする。

伝送フレーム内での変調方式、符号化率の順（信号点数の多い変調方式、同一変調方式内では大きな符号化率の順）に伝送モード 1～8 を割り当てる。また、使用する変調方式が 8 に満たない場合は、残りの変調方式の値を「1111」、符号化率の値を「1111」、割り当てスロット数を「00000000」、バックオフを「00000000」とする。

割り当てスロット数は、その直前のフィールドで示された変調方式と符号化率に割り当てられるダミースロットを含んだスロット数を示す。各伝送モードへ割り当てるスロット数は 5 の倍数とし、伝送モード割り当てスロット数の合計を 120(1 伝送フレームのスロット数)とする。

(理由)

事業者の要求に応じた変調方式と符号化率の組み合わせを選択、変更できるように、変調方式と符号化率は独立して指定できるようにした。ただし、製造工程におけるチェック工程削減のため、実際運用の選択肢とする組み合わせの運用制限などについては、運用規定の策定時に議論が必要である。

衛星出力バックオフ量については、パイロット信号の導入により受信機における非線形伝送路通過後の信号点配置を取得できる仕組みとなっているため基本的には不要であるが、初期同期を高速・安定に行う際の補助情報として導入した。

### (3) ストリーム種別／相対ストリーム情報

ストリーム種別／相対ストリーム情報は、相対ストリーム／スロット情報（(6)参照）の項目で示す各スロットに割り当てる相対ストリーム番号毎に、パケットストリームの種別を示す。

ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成を図 2.2-24 に、また、ストリーム種別の値を表 2.2-21 に示す。

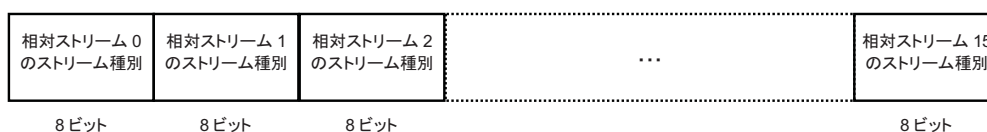


図 2.2-24 ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成

表 2.2-21 ストリーム種別

値	ストリーム種別
00000000	リザーブ
00000001	MPEG-2 TS
00000010	TLV
00000011 ～11111110	リザーブ
11111111	割り当て種別なし

(理由)

本情報の導入により、MPEG-2 TS や TLV 形式など複数種類のパケットストリームの伝送を行う際、受信機においてパケット種別を受信機で識別してパケット同期やパケットの無効化を可能とした。

#### (4) パケット形式／相対ストリーム情報

パケット形式／相対ストリーム情報は、相対ストリーム／スロット情報（(6)参照）で各スロットに割り当てる相対ストリーム番号毎に、パケットの形式を示す。パケット形式／相対ストリーム情報の構成を図 2.2-25 に示す。

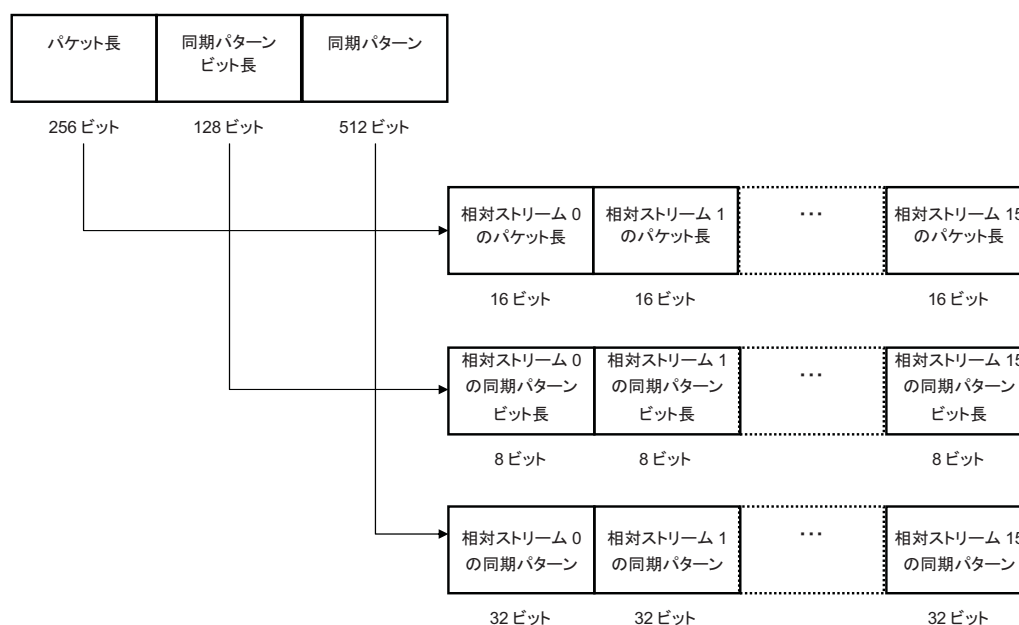


図 2.2-25 パケット形式／相対ストリーム情報の構成

パケット長には、相対ストリーム 0 から相対ストリーム 15 のそれぞれについて、パケットのバイト長を記載する。

同期パターンビット長には、相対ストリーム 0 から相対ストリーム 15 のそれぞれについて、パケットの先頭に付加される同期パターンのビット長を記載する。

同期パターンには、相対ストリーム 0 から相対ストリーム 15 のそれぞれについて、パケットの先頭に付加される同期パターンを記載する。

同期パターンビット長が 32 ビット未満の場合、フィールドの先頭から伝送パケットの同期パターンを書き込み、余剰ビットは「0」で埋める。

(理由)

降雨減衰などにより受信できないパケットが存在した場合、そのパケットをそのままそれ以降の処理に渡してしまうと、不具合が発生する可能性がある。たとえば、同一ストリーム内で複数の伝送モードを併用する階層変調を行う場合、受信不能な階層のパケットの識別子が、ビット誤り

により受信可能な階層のパケットの識別子に化けることがあり、受信可能な階層の受信に障害を与えることになる。これを避けるために、受信できなかったパケットについてはパケットの無効化を行う。パケットの無効化をヌルパケットへの置換により行う場合、送信側で置換すべきパケット形式を指定できるよう、相対ストリームごとに、パケット長及び同期パターンについての情報を指定できるようにした。これにより、受信側で受信不能パケットが発生した場合に、データ部分のヌル化に加え、パケット先頭部分に同期符号やヘッダ情報を上書きして出力するなどの処理が可能となり、より柔軟なパケット無効化処理が可能となる。

#### (5) ポインタ／スロット情報

ポインタ／スロット情報は、スロットごとに包含される最初のパケットの先頭位置と最後のパケットの末尾の位置を示す。ポインタ／スロット情報の構成を図 2.2-26 に示す。トップポインタは、スロット中の最初のパケットの先頭バイトの位置を、ヘッダを除いたスロット先頭からのバイト数で示す。ただし、0xFFFF は先頭バイトの不在を示す。

ラストポインタは、スロット中の最後の配置完了パケットの最終バイトのヘッダを除いたスロット先頭からのバイト数に 1 を加えた値を示す。ただし、0xFFFF は最終バイトの不在を示す。

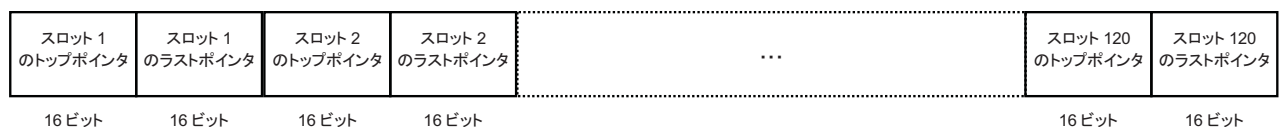


図 2.2-26 ポインタ／スロット情報の構成

#### (理由)

IP パケットなど可変長パケットを伝送する場合は TLV 形式のパケットストリームを伝送するが、TLV 形式のパケットストリームでは同期用の符号は伝送されない。パケット同期を取るためには、パケットの切れ目を識別するポインタ情報が必要である。そのため、スロット内に最初に現れるパケット先頭バイトの位置を示すトップポインタと、スロット内に最後に現れるパケット末尾バイトの位置を示すラストポインタを導入した。これらにより、パケット同期を取ることが可能となるほか、受信エラーにより受信できなかったパケットをヌルパケットに置換するなどパケットの無効化が正確にできるようにした。

#### (6) 相対ストリーム／スロット情報

相対ストリーム／スロット情報は、スロット 1 から順に各スロットで伝送する相対ストリーム番号を示す。

一つの変調波内では最大 16 のストリームを伝送可能とし、4 ビットで相対ストリーム番号を示す。また、ダミースロットにも同じ番号を割り当てる。図 2.2-27 に相対ストリーム／スロット情報の構成を示す。

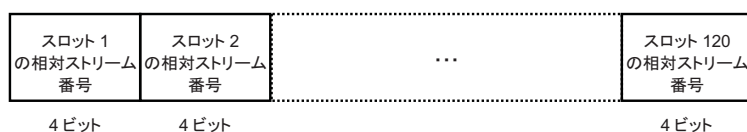


図 2.2-27 相対ストリーム／スロット情報の構成

(理由)

一つの変調波で伝送する最大ストリーム数については、現行の衛星デジタル放送方式が 8 であること、及び、高度衛星デジタル放送方式では伝送容量の拡大が図られており、1 中継器を占有する事業者数の増加が見込まれることから 16 とした。

一つの変調波内で複数のパケットストリームを使用可能とするため、各ストリームが伝送フレーム内のどのスロットに配置されているかを明示する必要がある。MPEG-2 Systems では 16 ビットの TS\_ID(transport stream\_id)が使用されているが、最大 16 のストリームを識別するために当該 ID をそのまま伝送するのは伝送容量の観点から効率が悪い。そこで、4 ビットで相対ストリーム番号を識別することとした。

#### (7) 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表

相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表は、相対ストリーム／スロット情報で使用される相対ストリーム番号と、MPEG-2 TS の場合には MPEG-2 Systems の TS\_ID、TLV 形式の場合には TLV ストリーム ID との対応関係を示す。TS\_ID 及び TLV ストリーム ID をまとめて伝送ストリーム ID と呼ぶ。相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表の構成を図 2.2-28 に示す。

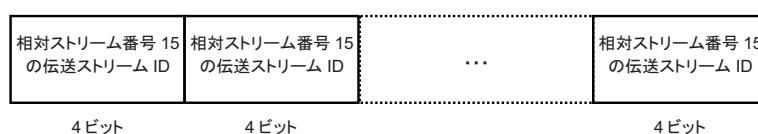


図 2.2-28 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表の構成

(理由)

TMCC 信号では、スロットとストリームの関係を示すために相対的なストリーム番号を使用しているため、変復調部と伝送ストリームとのインターフェースでは、相対ストリーム番号と伝送ストリーム (MPEG-2 TS や TLV 形式) の対応付けの必要がある。ここでは、MPEG-2 TS の TS\_ID 及び TLV 形式のパケットストリームの TLV ストリーム ID を伝送ストリーム ID と呼んでいる。

相対ストリーム番号と伝送ストリーム ID の対応付けは多重化部側に持たせることも可能であるが、TMCC 信号と PSI 変更タイミングの不整合が生じる可能性があり、委託放送事業者の良好な運用性を確保するために相対ストリーム番号の使用は変復調部内で完結させることとしている。

#### (8) 送受信制御情報

送受信制御情報は、緊急警報放送における受信機起動制御のための信号や、アップリンク局切

り替えのための制御信号を伝送する。送受信制御情報の構成を図 2.2-29 に示す。

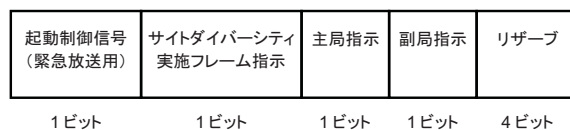


図 2.2-29 送受信制御情報の構成

起動制御信号は、受信機の起動制御が行われている場合に「1」、起動制御が行われていない場合に「0」とする。

サイトダイバーシティ実施フレーム指示は、サイトダイバーシティを行う数フレーム前に「1」とし、サイトダイバーシティ終了後数フレーム後に「0」とする。

主局指示は、主局からアップリンクする信号の場合には「1」、それ以外は「0」とする。

副局指示は、副局からアップリンクする信号の場合には「1」、それ以外は「0」とする。

なお、サイトダイバーシティによって主局指示及び副局指示が変更されても、変更指示はインクリメントしない。

(理由)

起動制御信号は、緊急警報放送受信のための受信機の待機電力を削減するために設けた信号である。緊急警報信号自体は、MPEG-2 TS の PSI 部分に多重するため、受信機が緊急警報信号を受信するためには TS 復号部まで通電されている必要がある。TMCC 信号で起動制御信号を伝送することにより、受信機は、復調部さえ常時通電されていれば起動制御信号の受信後に後段の処理回路を起動するような構成が可能となり、受信機待ち受け時の省電力化が図れる。

アップリンク制御信号は、降雨減衰時などにおけるアップリンク局切り替えの際に受託放送事業者に不可欠な信号であり、また、最も低階層の部分で伝送する必要があるため、TMCC 信号で伝送する。ビット割り当てについては、現行の衛星デジタル放送と同様とした。

(9) 拡張情報

拡張情報は、将来の TMCC 信号拡張のために使用するフィールドである。拡張情報の構成を図 2.2-30 に示す。TMCC 信号拡張の際には、拡張識別を予め規定した「0000000000000000」以外の値とし、その後ろに続くフィールドが有効であることを示す。拡張識別の値を表 2.2-22 に示す。なお、拡張識別が「0000000000000000」の場合には、拡張フィールドは「1」でスタッフィングする。

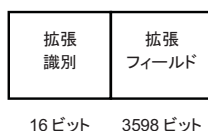


図 2.2-30 拡張情報の構成

表 2.2-22 拡張識別

値	ストリーム種別
0000000000000000	割り当てなし
0000000000000001 ～1111111111111111	リザーブ

(理由)

将来の拡張用として、十分な要領を確保した。

付録（LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル）

本方式で採用するLDPC符号の検査行列を定義する符号テーブルを付表 1～付表 10に示す。

付表 1 符号化率1/3の符号テーブル

625	1750	2125	3750	15250	18750	19250	27375	29000
4375	6750	7125	7500	13125	16250	19375	28875	29250
1500	6125	6533	13500	23500	25500	26000	27625	28750
6500	7625	9625	14875	16875	18000	18500	27500	27750
250	4204	6000	12500	17125	21204	21875	22079	23750
125	9125	11250	11875	12000	14000	14125	15875	24125
4875	9875	11000	11125	13000	16500	19000	25125	26375
2941	8500	12362	15125	16375	18250	20250	21375	24000
0	750	19875	21625	21750	22125	23250	27329	28375
875	2750	3125	8625	18875	20000	23375	26125	26829
500	5533	18375	18625	20125	20375	24625	25250	27875
1250	10000	10658	17000	17750	19500	19625	25875	29375
2250	3000	4000	5250	9375	11750	14750	24875	29500
5000	5750	12375	16625	17579	18125	21250	22625	26625
2500	3783	4625	9250	10875	15500	17625	22375	28500
1125	5500	9737	13329	13750	13875	16829	22750	24375
375	6875	10454	11375	12875	13375	14250	19750	23125
3375	4750	8375	10125	14500	17875	22500	24829	25829
1625	3500	5625	6783	8987	12250	21158	23625	24250
1000	12750	16204						
3875	15000	16000						
14625	15375	21500						
7875	11625	24500						
1875	2875	9000						
8875	20500	28625						
14375	17375	27125						
8000	20875	26500						
11500	20750	22329						
4329	7250	12625						
7750	13704	25000						
3329	5875	23875						
7000	17250	28250						
5125	7375	22875						
8125	26875	29125						
25625	26250	28000						
1375	15750	19125						
4500	10625	15625						
2079	9750	10250						
2375	6250	28125						
20625	23000	27000						
8250	10750	25375						



付表 2 符号化率2/5の符号テーブル

1165	4327	5257	6652	8977	14185	16417	17440	21346	22183	22741	25810
2002	2653	3769	7467	10930	19672	19951	23392	23671	24787	25159	26368
5908	7768	12489	13441	13999	15487	16324	16882	17161	17254	18370	18835
1072	1422	1723	3304	4513	5815	6187	8605	12024	13720	15673	19300
3025	4699	9349	9677	10279	12210	15766	17905	20974	21160	21532	22418
2910	6280	6931	8539	10186	10651	14907	18326	19021	22834	23485	25908
700	4048	5443	8047	12675	14721	17768	19858	22462	22648	24229	26160
4026	4792	6001	6838	9163	11023	13255	13534	18818	20695	24393	24601
235	2095	7210	15022	19486	20416	20952	21718	21953	23206	25903	26182
1515	2188	4141	5071	6537	11608	11674	11767	19464	19765	21067	25531
1909	5629	8233	10886	14535	16816	17347	18698	20509	22555	23113	26461
4420	9721	16975	20230								
6094	12325	25717	26275								
7024	9907	16789	22090								
1537	3862	14092	24880								
6559	7117	11116	24415								
12303	18649	21625	24043								
935	6373	9442	17068								
886	8419	15930	17719								
8884	14371	16138	18928								
2445	8698	18277	22369								
421	5421	15952	23857								
3211	5793	7861	21253								
7653	11581	12511	25066								
328	8791	24136	24579								
11209	14557	15301	20673								
1258	3397	10465	24973								
142	2932	5164	20044								
6745	10093	16045	16231								
3260	4234	14814	16510								
7374	16696	19207	25252								
10443	10837	21439	25438								
1630	9699	11860	23950								
2538	8512	17998	20859								
2560	9327	9814	23578								
12954	13047	18091	21997								
10000	13233	20323	23020								
14278	15208	15580	18742								
12697	13069	19579	24694								
607	3676	4978	17604								
12046	12790	13813	22927								
1050	2423	11302	15394								
3583	7959	8211	9141								
4606	11488	15115	23299								
3490	7489	17812	19114								
5536	13627	15000	25996								
1887	2746	4885	21904								
514	13419	13906	20279								
8025	10558	23764	25700								

付表 3 符号化率1/2の符号テーブル

935	1458	2280	7022	7261	10304	13046	14232	14442	19132
1219	2960	12710	16907	17635	18558	18607	20783	21275	21527
1713	3083	3992	8208	11182	14002	15040	19443	19860	21268
4595	8550	8796	9519	11520	15723	16495	17628	19287	20007
1324	5883	6312	6626	8651	11192	11796	12394	15476	16860
2150	3938	5484	5966	6871	10755	13112	15299	20144	21625
2503	3253	3414	4829	5574	6401	8181	10063	13159	17765
2408	4033	4160	5921	6539	7938	9001	15716	16189	16411
422	3861	7506	11878	11939	15138	15617	17293	18581	19050
4003	6185	7743	8979	11367	11605	14867	16383	18641	18700
8862	8986	12553	13230	13908	13986	16632	18386	20073	20655
325	2041	2891	5428	9469	9497	11906	16679	16693	20615
1483	2177	5196	7977	9040	9168	9712	9869	15086	18396
717	2863	2884	3614	6766	8413	12640	13271	14420	21818
1742	2267	5713	6214	16642	16847	18468	20656	21540	21830
2175	5642	6972	7614	9616	9955	10631	12293	12916	18984
12742	19462	20458							
11100	11954	19267							
1120	3218	7998							
6212	15705	19295							
8774	11612	12712							
9661	17108	21492							
6296	6815	8590							
767	1804	3167							
2793	10075	15390							
4493	6855	21361							
7432	7927	16108							
879	9629	11718							
12879	16882	19590							
4982	19254	20006							
7798	14941	15386							
13088	14120	19159							
5082	9270	12298							
1372	8658	20254							
4719	19278	21161							
3106	3773	5181							
3892	11004	19423							
17566	18234	22002							
10589	11280	18876							
6845	9704	18378							
17541	19105	19788							
7463	17311	21787							
11607	19830	21371							
4359	12892	19222							
2419	12692	14590							
440	10303	14235							
4683	7984	14856							
3228	14298	15614							
3549	16686	17386							
1733	7291	20212							
1502	12471	17171							
10919	16678	18344							
1559	19353	21032							
15999	20879	21230							
5138	16012	17488							
507	18359	19398							
2745	4062	11305							

付表 3 符号化率1/2の符号テーブル (つづき)

4976	4994	11744
3390	16158	20308
2524	9477	17992
3977	13357	16270

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル

357	954	7119	7201	7951	8660	8833	10902	13537	15019	16162	17393	17414
415	1005	2768	4478	6376	6992	10421	11744	13008	13294	16054	16103	17398
33	1278	5158	7309	7692	7725	10635	12376	12386	14426	14624	15432	17361
1005	2169	2215	3348	3667	4112	6118	8391	9296	9353	14480	16954	17519
789	1675	1751	6153	6377	13166	13887	13905	14217	14507	14753	15707	15896
355	1880	2959	3279	3328	6405	7962	9391	11195	11415	13999	14370	17134
1487	2810	3059	3354	3515	4282	8082	14613	15099	15268	16682	17303	17559
1140	2561	2662	2668	3505	4851	5341	6138	10407	12194	13150	13223	13239
3068	3856	4550	8151	8244	9602	9752	11365	11636	11768	12134	13566	17105
1435	1664	2304	3212	4974	8135	11314	11588	11667	12195	15385	15715	16714
1741	1947	2773	4045	4340	8244	9170	9583	12382	13645	13768	14027	16709
4247	5364	12994										
24	1585	9160										
5678	9509	12795										
1584	2932	7313										
5311	6685	16318										
1053	9398	14842										
9448	12744	13810										
3040	3679	7686										
9816	11028	13609										
352	3396	7645										
293	6003	12642										
6840	11000	13886										
3030	6910	11489										
4601	16312	16351										
5633	5708	9483										
6931	12266	15863										
4080	11013	16587										
6077	6901	8660										
11160	12563	16833										
12610	13589	17255										
597	6780	12541										
3572	5296	16178										
2772	10557	16953										
8315	9497	12811										
9076	10590	17513										
9464	11633	12939										
117	11613	11782										
4008	7056	12120										
2156	6956	9614										
11255	11681	14684										
374	5204	5316										
5750	10140	10754										
3246	15326	16788										
4839	13725	14859										
3760	13834	16089										
2988	3455	12733										
5093	8924	16859										
3592	3621	16569										
6053	7951	8316										
7331	13216	17181										
8094	11141	16500										
1956	3488	10371										
2852	5454	8847										
3016	3177	10250										
2990	12736	13293										
8599	10333	12826										
11154	13241	16994										

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル (つづき)

6472	14558	15541
309	3770	15650
3890	6732	12686
1791	5409	16925
10464	14384	14699
1282	10278	15135
5851	9569	10063
9527	13932	17090
4192	6788	17248
2322	2357	9161
1381	7313	16246
196	3561	7252
5881	10640	14399
1451	14495	17425
2911	8369	9439

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル

4958	6639	6721	8238	9540	9550	10491	11742	11641	12092	13056	13460
1135	1453	1545	1594	2703	3390	4538	4466	6018	11272	11598	12726
4975	4835	7828	9796	9878	11211	11805	11887	12215	12732	13357	14181
477	1914	3849	5397	5569	7818	7910	10083	10247	11108	13025	13558
918	2825	3050	3130	3347	9325	11410	11549	12972	13560	14292	14183
1996	6166	6176	6922	7396	8318	8722	8976	9837	10272	11541	12611
899	1746	2968	3374	5260	5393	6379	7054	8048	9534	10696	14550
1166	4372	5364	5573	10123	10104	10586	10967	10971	10780	13320	14450
653	1703	1713	3800	4999	7275	7457	8366	8515	9175	9770	14341
897	1176	1100	1689	2011	1912	2195	3827	4942	5395	6179	8525
883	1697	2535	2785	7982	8505	8794	9803	10643	10411	12033	13592
4688	4907	6004	6338	6537	9299	11769	12841	13341	13843	13650	14362
5526	6516	10983									
11959	13659	13523									
2947	5532	8679									
8687	12867	13486									
5450	6719	10727									
1432	3767	12129									
735	4095	11557									
9755	10288	13978									
694	5899	6270									
5696	6393	10124									
4384	4710	7582									
7500	11231	12010									
5694	9259	11477									
5983	6762	8156									
2004	8197	11969									
1881	4872	8853									
7242	9017	9751									
241	2168	8361									
7254	7375	10401									
3236	3726	5446									
4979	5151	5778									
4093	5858	6926									
3714	13072	14265									
2537	6752	9503									
3599	10153	10534									
2406	6141	14388									
2334	12379	12664									
2086	9319	14140									
895	11639	13814									
405	4456	13349									
3601	8072	11104									
7908	11344	12523									
362	8113	10934									
2330	3931	9632									
1266	3150	3564									
2494	4013	7900									
1186	9395	9216									
1553	7090	7377									
4085	6389	8894									
8730	9591	12502									
6434	7131	13691									
7172	7295	10575									
1184	9936	14358									
5284	8884	10438									
407	5149	14548									
5079	7049	13527									

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル (つづき)

3685	7642	7992
2209	2453	3177
2978	4341	8029
846	3478	12943
2332	10276	13322
1871	8802	13277
2580	4292	10329
3277	7785	14210
6832	12949	13117
1994	4257	4425
2158	4782	13568
530	11096	11723
3183	12564	14152
403	6842	9509
9895	14161	14474
487	3318	11590
2517	6266	14306
3031	3769	11928
3029	3154	11846
6268	14052	14585
3933	5327	11826
6514	12785	13158
7888	11414	12662

付表 6 符号化率3/4の符号テーブル

1372	1492	2242	2362	3502	3622	6472	7912	8362	10252
3775	4732	6682	7942	9712	10162	10501	10343	10852	11184
1086	2482	2812	2932	5550	5602	6807	6862	8433	10042
1282	2844	5543	6147	7492	8122	8842	10282	10582	11573
682	986	2274	5780	5872	6595	7712	7674	7972	10828
1552	3000	5218	5182	5423	5635	7528	8756	9742	10553
473	2431	4224	4952	4762	6542	7413	8905	9446	11242
1262	1582	1793	3865	4590	4852	7854	8032	10137	11433
1109	1225	2302	3382	4232	6352	7312	8637	9757	10134
1922	4882	4972	5307	5610	7913	9204	10372	10860	11582
1111	2123	3833	4711	6238	6353	7102	8260	8872	11512
563	2003	3988	3748	3832	6515	7105	8550	10588	10617
689	1102	1735	2724	3023	4135	5309	7026	8334	9532
1384	1882	3594	4385	5784	9832	10752	11064	11274	11393
1316	1373	2040	4287	5483	6239	8878	9745	10855	11454
5243	7344	7493							
1710	3597	11007							
3472	6323	10974							
1649	3082	5812							
6444	9481	9809							
1134	3352	9502							
4553	8782	10972							
4462	7073	8814							
4781	10023	9989							
2303	5754	6262							
3055	5513	7162							
3053	8337	9952							
4012	4853	7015							
3685	4583	10709							
4588	5184	5242							
3952	4288	7884							
3112	5303	11152							
803	5999	9144							
688	1734	3202							
2363	9412	9862							
3052	7223	7794							
8453	9954	11572							
562	5093	9172							
4709	5693	10095							
5752	8573	11004							
2244	4403	8452							
4258	9442	9534							
3263	5157	10919							
7553	8932	11488							
1402	3683	4644							
3353	6684	8062							
2093	8002	10164							
2820	7432	7824							
5363	6804	9232							
3203	7734	10167							
8518	9085	9052							
2723	2995	9802							
3328	9112	10614							
3474	5046	8583							
653	7137	7434							
1294	6059	11484							
1224	1343	1912							
2184	4253	8512							
1764	6474	8367							
4915	6237	7914							



付表 6 符号化率3/4の符号テーブル (つづき)

1073	10494	11182
2453	2997	3292
4468	6954	10497
5964	6273	7252
3773	8572	8664
2008	2097	2064
4858	4942	8939
623	4764	8392
2760	6983	10192
982	2573	2694
1732	3743	9024
6712	9332	11223
1252	11363	11544
4312	6365	8662
3303	6925	11135
2753	6811	7225
4314	10823	11062
3448	3924	9562
5453	7704	9622
742	6628	7174
867	833	5632
6481	6717	11373
2452	7583	9324
2640	7222	8902
6173	9352	10889
1222	1522	7582
5758	6234	11452
2100	7020	10822
2633	4792	8214

付表 7 符号化率4/5の符号テーブル

1215	1303	1606	1628	1804	2200	2244	5522	8475	8514
1364	2122	3569	4163	4554	4906	5418	4109	7150	8250
1043	1220	2916	4604	4827	6094	6492	6996	7527	8275
1134	2530	4052	3072	6060	5711	6170	6210	6938	8409
1321	1672	2073	2426	3481	4480	7678	7421	7835	8519
1598	1611	2200	2024	4938	5106	5216	6434	7750	8011
1932	1677	2800	3345	5811	6161	7132	7326	7713	7524
1855	1084	5315	5399	5846	6047	6497	7567	8414	7907
1262	3747	4097	5788	5733	6109	6832	6976	8437	8489
902	2082	1986	2479	2926	3666	4527	6857	8145	8522
1067	2848	4332	4822	4603	4759	5250	6182	6296	7900
2465	4449	4402							
3939	5505	8147							
4444	5346	7062							
2046	3235	4116							
2427	4335	5033							
2118	4322	7480							
819	1277	8343							
3834	5128	6248							
1877	2377	2513							
2179	5632	8492							
3332	7656	7925							
930	2332	6424							
804	6056	7350							
2757	6645	7174							
3547	5232	6940							
2229	5493	7943							
2008	2794	2884							
2135	3158	3874							
1149	2883	8010							
4423	4445	8379							
688	3036	4011							
3272	3882	5414							
890	1722	3239							
4453	5638	7806							
2730	4847	5588							
1240	3058	7788							
4533	6798	6954							
3037	6715	7866							
871	3640	6426							
2797	8097	8421							
1830	3549	3762							
3786	3938	4229							
3702	4752	7722							
748	1023	7568							
2150	2136	2913							
3307	8301	8580							
1543	5172	6956							
684	6249	7876							
6030	7041	7634							
2048	2597	5109							
2795	4555	6842							
3306	4050	5214							
3631	4957	8272							
2514	4889	8541							
2784	6759	8234							
3940	5084	8382							
6297	6634	6580							

付表 7 符号化率4/5の符号テーブル (つづき)

1129	8300	8470
2420	3349	7239
1480	6475	6804
841	2028	6436
3301	5766	6116
552	5045	7539
3279	4539	7422
2333	6820	8118
2268	6870	8316
4026	5921	8013
731	1212	6167
3438	5509	6688
1282	5594	8123
1903	3791	7551
893	1440	1501
1914	4340	6628
2647	2994	5018
2786	3245	8016
1614	3743	5258
1018	5065	6293
4291	6937	7640
3636	6077	7992
1265	1586	5765
3830	4599	6716
1122	7508	8213
1567	3213	6471
4978	5544	5874
2993	4405	5786
1826	4885	5681
4664	5907	6338
2621	3542	6491
2178	6143	6974
4105	7267	7282
1232	1431	5808
947	6103	7182
3752	5173	6060
2816	3635	6073
1343	4226	7744
3241	7047	7546

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル

836	3140	3644	3968	4238	5858	5930	6470	6542	6866
1183	2385	3689	3248	3680	4112	4616	4868	5210	6344
494	1179	2908	3158	3715	5432	5426	5617	6998	6600
1325	2485	3466	5228	4605	5244	6102	6286	5107	6955
880	2704	3752	4204	4493	5403	6368	6308	5265	6950
538	1209	1201	1330	2205	2887	2931	3016	3613	6036
1699	2414	2441	1307	3886	4716	5761	6712	6817	5491
1299	1143	1974	2683	3880	4554	4851	5714	5811	6896
913	2626	4797	2922	3181	4324	5023	5936	6717	2455
2620	2983	3267	3036	4460	5026	5366	6428	6442	6644
2115	3862	3472	4369	4889	6431	6995	6743	7086	6093
3375	5631	7082							
972	1348	5296							
1001	1365	1684							
1396	4861	4841							
5103	5607	6092							
1089	2876	5303							
2731	4742	5733							
1214	1594	5145							
2046	4078	5566							
3252	6375	6528							
2138	2942	6892							
983	3759	5216							
1402	1888	4552							
4033	6110	6794							
2510	4725	6459							
1188	3936	6868							
430	900	3284							
651	6083	6115							
2973	4458	4475							
2592	3141	5737							
2194	5620	6060							
3785	4332	4562							
1652	4412	4736							
778	2943	7104							
695	2619	6133							
2104	3650	6099							
1680	6920	6970							
1526	2109	3268							
732	1075	3914							
2958	3393	5055							
1858	6297	6926							
3673	3667	6852							
3445	5500	6503							
787	3071	6512							
477	712	2852							
914	2121	2898							
2187	3251	3769							
391	4383	6766							
1338	1713	5858							
1182	1905	2622							
459	685	2150							
2048	4077	4976							
389	2360	2858							
482	3852	5918							
1666	4881	6507							
1304	2709	5788							
578	5561	6276							

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル (つづき)

1938	2456	4323
929	1559	5859
1941	3070	3266
2710	3820	4452
4295	5300	5717
841	1845	4461
2087	3257	5057
3199	4322	4796
3992	4258	4639
3547	3786	5040
1099	3646	5320
1199	1593	2116
1835	6078	6693
1360	4214	5686
1655	2661	5662
3478	5227	5993
3201	4482	5066
659	1701	6062
4720	5070	6264
2408	4415	6264
2259	5124	7054
5558	5810	5863
3205	4959	6353
1305	3467	6132
639	4348	5894
567	3050	4065
1082	2497	4129
2006	5420	5247
1358	1600	3883
1060	1136	2716
1620	2407	6841
1899	6146	6386
1492	1792	4762
606	1648	4064
679	2534	7084
4403	6195	6601
3704	4840	5560
612	2406	2755
523	5545	6783
2296	3774	6996
1413	4713	7033
2386	3119	5283
3291	4930	6981

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル

93	1986	2504	2631	2810	2877	3763	4354	4824
76	385	1193	1434	3481	3979	4379	4436	4587
160	350	911	964	1180	1428	2212	3465	4738
130	389	620	865	1966	1999	2315	3714	4392
139	2226	2900	2932	3167	3550	4630	5155	5271
163	519	902	1789	2809	3731	3759	5270	5287
390	2117	2436	2877	3378	3731	4882	5205	5463
2131	3304	3681	4382	4462	4594	4808	4929	4985
592	676	3162	3391	3817	4392	4847	5492	5513
640	1392	1583	1742	2649	3827	3918	4029	4319
479	669	1097	1380	2222	2538	2809	3727	3750
1214	1592	2559	3574	3966	4108	4284	4646	4930
205	641	1947	2048	2066	2589	3277	3999	4869
424	662	1243	1414	1873	1943	2212	3271	3493
993	1122	1453	2626	3469	3568	3981	4930	5392
892	928	3979						
90	2273	4406						
1890	2999	3206						
2411	4980	5104						
712	3958	4361						
497	1159	3611						
3145	4022	4896						
1120	2568	3522						
132	888	980						
934	1275	2660						
2797	3622	5588						
2797	4621	5312						
4070	4922	5171						
851	2474	3190						
57	2355	2527						
3254	3519	5061						
484	1948	4085						
405	1895	5547						
4288	4338	5337						
1695	4773	5356						
810	2881	5523						
1077	2731	3000						
796	3631	5170						
1028	1679	3049						
1138	3176	3866						
2928	3499	4448						
1079	1322	4875						
1651	2305	3871						
3223	3792	5541						
833	2418	5504						
1918	3292	5534						
2953	4430	5553						
1487	4715	4964						
2396	2686	3438						
4201	4519	5427						
179	1193	3181						
848	987	2822						
1136	2399	4467						
2909	3650	4553						
129	1325	5190						
3046	5252	5403						
4120	4290	4687						
150	3304	5605						

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル (つづき)

16	4685	5478
2910	3667	4453
2471	2565	4228
1694	4247	4900
2116	4092	4412
3003	4733	5351
1377	1432	5404
1024	3100	3224
681	2154	5526
1844	1985	4974
330	2520	3746
2573	3454	5496
2088	4939	5384
1072	3111	3171
3672	3858	5543
2211	5080	5325
673	1822	2238
2003	2825	4007
2880	3302	4719
2080	2877	5362
402	756	2132
2318	2523	5597
241	1344	5488
3164	3215	5465
24	1943	2458
1704	5151	5608
1071	2514	3944
645	2392	3526
1484	1586	5052
3551	4029	5016
891	2493	5049
1686	3183	5438
3366	3538	3698
2033	3490	3792
1366	5137	5476
635	2040	5395
1678	1694	4675
268	849	1655
1400	2723	5093
363	1781	5053
1925	2804	2956
505	1267	2720
1880	2601	4547
2258	3386	5337
2094	5123	5159
1881	2988	3881
201	690	1016

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル

220	484	3688	3808
880	1335	2704	4106
544	556	2092	2416
1504	1660	2152	
1336	3700	3891	
1564	2320	4024	
1168	2644	4060	
1958	2056	3712	
938	2992	3004	
3100	3459	4047	
1045	1576	3050	
278	1826	2235	
1000	1984	3255	
1178	3662	3724	
172	2907	3532	
160	2380	3064	
628	1116	1790	
579	2212	3328	
302	435	1264	
1479	1792	3796	
1300	3591	3901	
820	1143	3856	
724	1093	2968	
1106	3099	3604	
255	2164	2656	
951	1684	3472	
592	2027	2308	
2473	2487	3887	
1024	1288	2269	
736	1851	3172	
1166	2436	2547	
374	1312	2848	
854	1924	3304	
456	1108	1372	
950	2091	2799	
915	1708	1970	
304	1059	3804	
292	2030	2620	
841	1240	1827	
1492	2376	3160	
546	976	1813	
2127	2786	3972	
604	2871	3652	
471	2822	3040	
290	640	3544	
2282	2824	3784	
1204	3500	4055	
699	1743	3364	
527	1599	2978	
1250	3748	4074	
316	373	2692	
3220	3324	3490	



925	3431	3736
1934	2007	3904
734	1971	2584
2055	3279	3964
1551	1672	4108
1596	2488	2560

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル (つづき)

1518	3614	3916
2607	3013	4012
663	2942	3940
1659	3267	3730
1740	2559	2752
496	1539	1800
2437	2798	4094
817	1420	3649
1480	1863	2200
2031	2187	2884
274	2716	3049
1491	2960	3232
1899	2523	3316
844	1655	2428
2339	2474	3919
388	2869	3952
999	2139	3508
1180	2115	2668
2379	3520	3589
564	2728	3903
616	1153	3196
697	759	3388
975	1864	3347
711	1418	2307
405	827	1712
1466	3107	3396
2691	3480	3992
952	2173	2605
519	543	1744
1146	1931	2812
1702	2919	3411
687	1593	1634
3384	3460	3528
856	2232	3170
195	411	1443
2522	3190	3988
1406	2377	2464
387	3202	3976
1320	2248	2795
243	2087	2367
448	1227	3698
1478	2999	3208
2546	2619	2632
196	1107	2272
2943	3178	3855
1252	1742	3551
364	591	3076
807	1404	1900
1192	3239	3579
890	2068	3650
793	1850	4048

## 2.3 多重化方式

### 2.3.1 多重化方式選定の基本的な考え方

多重化方式の選定にあたっては、高度衛星デジタル放送の要求条件に示されている「多様なサービスの柔軟な編成、多重化が可能な多重方式であること」及び「他のサービスとのインターオペラビリティを考慮すること」を基本とし、わが国の衛星デジタル放送及び地上デジタル放送の状況、国際動向、技術動向等を考慮して検討した。

### 2.3.2 リアルタイム型放送サービスのための多重化方式

リアルタイム型放送サービスのための多重化方式は、ITU-T H. 222. 0|ISO/IEC 138181-1 (MPEG-2 Systems)の規定に基づくこととし、平成 15 年総務省令第 26 号（一部改正：平成 19 年総務省令第 25 号）第 1 章第 3 条及び平成 15 年総務省告示第 37 号（一部改正：平成 16 年総務省告示第 726 号及び平成 19 年総務省告示第 133 号）に示される PES パケット、セクション形式、TS パケット及び伝送制御信号と識別子の構成に従う。

（理由）

受信機が受信信号を復調後、直ちにコンテンツを出力するリアルタイム型放送サービスでは、送受信機間で同期を確保した上で受信したストリームを復号・表示する必要がある。そのため、固定長の短パケットで伝送し、かつクロック同期の仕組みを備える MPEG-2 Systems を用いることが適している。

また、多重化方式はメディア横断的に使用することが求められており、既に放送が行われている衛星デジタル放送、地上デジタル放送等において、MPEG-2 Systems が採用されている。映像、音声及びデータから成るリアルタイム型放送サービスにおける多重化方式の要求条件は、既存のデジタル放送の場合と基本的に変わらない。これらとの相互運用性も考慮すると、MPEG-2 Systems の規定に基づくことが適当である。

#### 2.3.2.1 伝送制御信号及び識別子の追加規定

##### 2.3.2.1.1 衛星分配システム記述子

NIT(Network Information Table)に配置して衛星伝送路の物理的特性を示す衛星分配システム記述子（平成 15 年総務省告示第 37 号第 3 頁別表第 12 号別記第 5）の変調方式及び FEC（内符号）の識別領域を、表 2.3-1、表 2.3-2 に示すように追加して規定する。

表 2.3-1 衛星の変調方式

変調方式 ビット 43210	記述
00000	未定義
00001	QPSK
01000	ISDB-S 方式 (TMCC 信号参照)
01001	2.6GHz 帯衛星デジタル音声放送方式 (パイロットチャンネル参照)
01010	高度狭帯域 CS デジタル放送方式 (フィジカルレイヤヘッダ及びベースバンドヘッダ参照)
<u>01011</u>	<u>高度衛星デジタル放送方式</u> <u>(TMCC 信号参照)</u>
00010-00111 <u>01100-11111</u>	将来使用のためリザーブ

表 2.3-2 FEC (内符号)

FEC (内符号) ビット 3210	記述
0000	未定義
0001	符号化率 1 / 2
0010	符号化率 2 / 3
0011	符号化率 3 / 4
0100	符号化率 5 / 6
0101	符号化率 7 / 8
1000	ISDB-S 方式 (TMCC 信号参照)
1001	2.6GHz 帯衛星デジタル音声放送方式 (パイロットチャンネル参照)
1010	高度狭帯域 CS デジタル放送方式 (フィジカルレイヤヘッダ参照)
<u>1011</u>	<u>高度衛星デジタル放送方式</u> <u>(TMCC 信号参照)</u>
1111	内符号なし
0110-0111 <u>1100-1110</u>	将来使用のためリザーブ

(理由)

新たに採用する高度衛星デジタル放送方式の伝送路符号化方式に対応するため、衛星分配システム記述子の記述内容を追加する必要がある。変調方式及び内符号レートは TMCC 信号に示されているのでこれを参照することとし、衛星分配システム記述子の中でこれらの情報を重複して送信する冗長性を排除する。そのため、高度衛星デジタル放送方式の TMCC 信号を参照することのみを追加記述する。

2.3.2.1.2 システム管理記述子

PMT(Program Map Table)又はNITに配置して放送と非放送の識別、放送の場合はその標準方式を識別するために使用されるシステム管理記述子(平成15年総務省告示第37号第3頁別表第12号別記第7)の、放送の標準方式の種別と割当てを、表2.3-3に示すように追加して規定する。

表 2.3-3 放送の標準方式の種別

値	割当て
‘000000’	未定義
‘000001’	標準方式第6章第2節に規定するデジタル放送 (12.2~12.75GHzの周波数において27MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)
‘000010’	標準方式第5章に規定するデジタル放送 (11.7~12.2GHzの周波数において34.5MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)
‘000011’	標準方式第3章に規定するデジタル放送 (地上デジタルテレビジョン放送として規定する標準方式)
‘000100’	標準方式第6章第3節に規定するデジタル放送 (12.2~12.75GHzの周波数帯において34.5MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)
‘000101’	標準方式第2章に規定するデジタル放送 (地上デジタル音声放送として規定する標準方式)
‘000110’	標準方式第4章に規定するデジタル放送 (2630MHzを超え2655MHz以下の周波数の電波を使用する放送衛星局及び放送局の行う超短波放送)
‘000111’	標準方式第6章第4節に規定するデジタル放送 (12.2~12.75GHzの周波数において27MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)
<u>‘001000’</u>	<u>高度衛星デジタル放送方式 (11.7~12.2GHzの周波数において34.5MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)</u>
<u>‘001001’</u>	<u>高度衛星デジタル放送方式 (12.2~12.75GHzの周波数帯において34.5MHz帯域幅を使用する衛星デジタル放送として規定する標準方式)</u>
‘001010’ – ‘111111’	未定義

(理由)

新たに採用する高度衛星デジタル放送方式に対応し、既存の標準方式と識別するため、放送の標準方式の種別を追加する必要がある。

### 2.3.2.2 その他

高度衛星デジタル放送の映像符号化方式及び音声符号化方式の策定に伴い、民間標準化機関において追加規定が必要となる識別子等を表 2.3-4 に示す。

表 2.3-4 追加規定が必要な識別子等

記述子等	識別子等	追加割り当てが必要な内容
コンポーネント記述子	コンポーネント内容 コンポーネント種別	1080/60/I を超える解像度の映像 フォーマット
		5.1ch を超える音声モード
音声コンポーネント記述子	コンポーネント内容 コンポーネント種別	5.1ch を超える音声モード
	ストリーム形式種別 音質表示	リニア PCM
データ符号化方式記述子 データコンテンツ記述子	データ符号化方式識別	ARIB-アプリケーション実行エン ジン方式
		ARIB-アプリケーション情報テー ブル方式
—	テーブル識別	拡張アプリケーション情報テー ブル
—	記述子タグ	アプリケーションモード記述子

### 2.3.3 蓄積型放送サービスのための新多重化方式

#### 2.3.3.1 方式選定にあたっての考え方

##### 2.3.3.1.1 想定するアプリケーション

コンテンツの受信と同時に視聴されることを前提としたリアルタイム型放送サービスに対して、コンテンツの受信と同時に視聴できず、蓄積後に初めて視聴・複製ができることを前提としたサービスを蓄積型放送サービスとして想定する。蓄積型放送サービスでは、コンテンツの送信時間・時刻とコンテンツの再生時間・時刻とに相関性を与える必要はないことから、伝送ビットレートよりも高いビットレートで符号化した高品質コンテンツの時間をかけての提供や、コンテンツを再生時間より短時間で提供するサービスが可能となる。また、蓄積型放送サービスでは、コンテンツ全体の蓄積が完了してから再生開始する形態だけでなく蓄積の途中から再生を開始するプログレッシブダウンロードの形態も可能である。

受信機は大容量の記録デバイスを搭載し、メタデータを用いたチャプタ視聴、ユーザプロファイルに基づくパーソナライズされた番組視聴などが可能となる。

通信ネットワーク経由のオンデマンド視聴の場合、視聴者個々のニーズに応じた番組を提供できるという利点があるが、リクエストが多い場合はアクセスの集中によるネットワークの輻輳や送出

能力を上回る送出負荷が発生しサービス低下を招く。これを回避するにはコンテンツの容量やリクエスト数に応じて大規模にインフラ整備を行う必要があり配信コストが増大する。一方、大容量の放送伝送経路の一斉配信は、このようなアクセス集中の問題が発生しないことから視聴者ニーズが高い番組や高品質番組の配信に効果的である。

#### 2.3.3.1.2 蓄積型放送サービスのための新多重化方式の要求条件

蓄積型放送サービスの伝送方式としては、サーバー型放送におけるファイル型コンテンツの伝送方式として採用されている DSM-CC 仕様に基づくデータカールセル方式がある。大容量コンテンツの蓄積型放送サービスのための新たな多重化方式には、有限な資源である電波を用いる放送サービスであること及び通信ネットワークを用いた蓄積型のサービスが検討されていることを考慮し、以下の条件が求められる。

- (1) 映像・音声など、さまざまなフォーマットのファイルを伝送可能なこと。
- (2) 伝送オーバーヘッドを可能な限り削減し、ファイルの伝送容量を可能な限り確保すること。
- (3) 高ビットレートの伝送では高速な受信処理が要求されるため、簡便な処理により受信できること。
- (4) 通信ネットワークを用いたサービスとの整合性が考慮されていること。

#### 2.3.3.2 TLV (Type Length Value)多重化方式

蓄積型放送サービスのための新多重化方式は、図 2.3-1 及び表 2.3-5 に示す可変長で長パケットでの伝送が可能な TLV (Type Length Value) 多重化方式に基づくこととする。

TLV は、packet\_type フィールドによりデータの種別を示し、length フィールドによりデータの長さを示すことで、任意の可変長データを格納可能である。本 TLV 多重化方式では、パケット種別として、4 種類のデータタイプを割り当てて IP(Internet Protocol)パケットの伝送を可能としている。

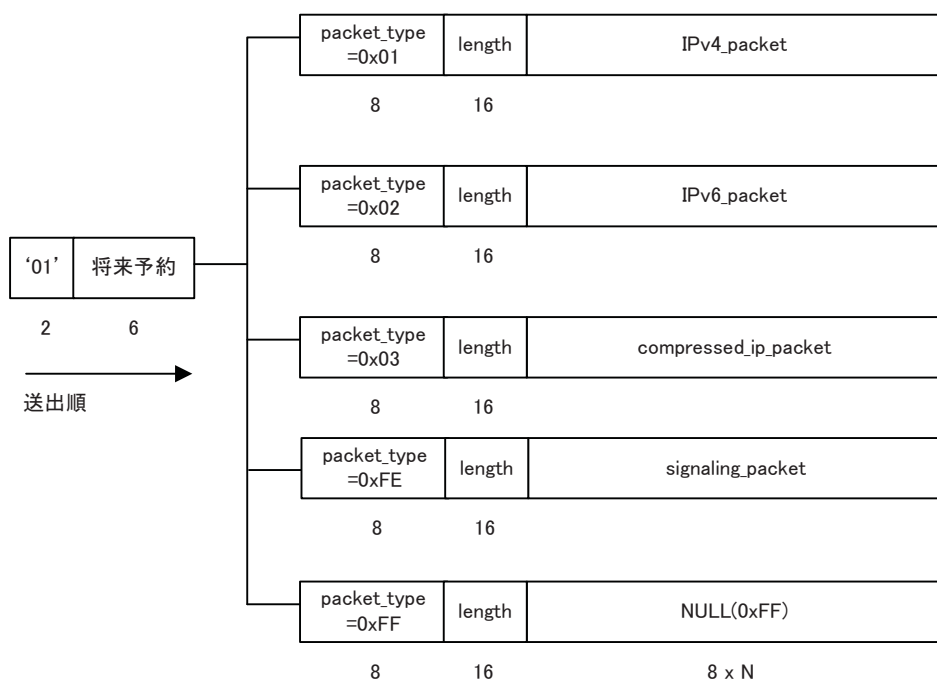


図 2.3-1 TLV の構成

表 2.3-5 TLV の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
TLV {		
'01'	2	bslbf
reserved_future_use	6	bslbf
packet_type	8	bslbf
length	16	uimsbf
if (packet_type==0x01)		
IPv4_packet( )		
else if (packet_type==0x02)		
IPv6_packet( )		
else if (packet_type==0x03)		
compressed_ip_packet( )		
else if (packet_type==0xFE)		
signaling_packet( )		
else if (packet_type==0xFF) {		
for(i=0;i<N;i++) {		
NULL	8	bslbf
}		
}		
}		



## TLV の意味

- reserved\_future\_use (将来予約) : 将来の拡張のための領域。別途定義されない限り、本領域の全てのビットは '1' にセットしなければならない。
- packet\_type (パケット種別) : TLV に格納する可変長パケットの種別を示し、表 2.3-6 に従って符号化される。

表 2.3-6 パケット種別

packet_type の値	パケット種別の意味
0x00	reserved
0x01	IPv4 パケット
0x02	IPv6 パケット
0x03	ヘッダ圧縮 IP パケット
0x04 - 0xFD	reserved
0xFE	伝送制御信号パケット
0xFF	ヌルパケット

- length (データ長) : 16bit のフィールドで、本データ長フィールドの直後から TLV の最後までバイト数を示す。
- IPv4\_packet ( ) (IPv4 パケット) : 参考資料 3 の 1 参照。
- IPv6\_packet ( ) (IPv6 パケット) : 参考資料 3 の 2 参照。
- compressed\_ip\_packet ( ) (ヘッダ圧縮した IP パケット) : 2.3.3.3 参照。
- signaling\_packet ( ) (伝送制御信号パケット) : 2.3.3.4 参照。
- NULL (ヌル) : データ長に示される長さの 0xFF のバイト列とする。

### (理由)

コンテンツを受信機に蓄積し受信完了後にストリームを復号・表示する蓄積型放送サービスでは、符号化した映像、音声、データを含むさまざまなフォーマットのファイルを効率的に伝送する必要がある。

TLV は任意の可変長形式の情報を伝送可能という拡張性を備えている。可変長で長パケットでの伝送が可能であるため、伝送オーバーヘッドを削減でき、伝送容量を効率よく使用できる。また、簡便な処理による受信が可能であり、高速な受信処理が必要な高ビットレートの伝送にも適している。

可変長パケットの形式として IP パケットを用いることにより、通信系コンテンツ配信との親和性や、受信機のホームネットワーク内での親和性の確保を図った。これにより、ホームネットワーク内でのコンテンツのさまざまな利用の促進が期待される。IP パケットは、テキスト情報や大容量のバイナリ情報、そして映像や音声の伝送にも広く用いられており、IP パケットを伝送可能な多重化方式とすることで、さまざまなフォーマットの情報の伝送に対応した。IP パケットとしては、現在普及している IPv4 パケット及び今後普及が見込まれる IPv6 パケットの伝送に対応した。

IP パケットを伝送可能とすることで、ヘッダ拡張した IP パケットなど任意の IP パケットの伝送に対応する拡張性・発展性を担保している。しかしながら、衛星伝送路上では必ずしも必要ではない IP ヘッダ情報が伝送オーバーヘッドの増加を招く可能性がある。そこで、ファイルの伝送時に主に用いられるパケット形式である IP / UDP ヘッダを備える IP パケットについては、それらのヘッダを圧縮し、ヘッダ圧縮した IP パケットを伝送することで伝送オーバーヘッドの増加を抑制した。

TLV は、衛星伝送路の伝送路符号化の単位である固定長のスロットに伝送順に多重化される（参考資料 4）。TLV のスロットへの多重の例を図 2.3-2 に示す。

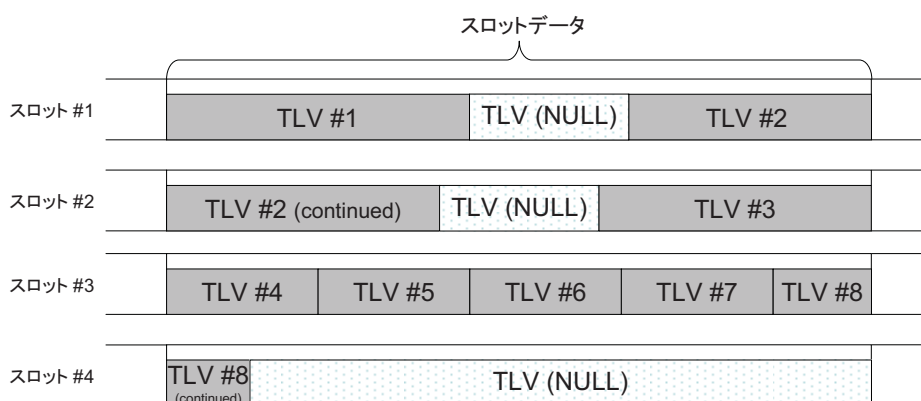


図 2.3-2 TLV のスロットへの多重例

TLV の長さがスロット長よりも長い場合、当該 TLV は後続のスロットにまたがって多重される。また、伝送する情報が存在しない場合には何らかの情報で伝送スロットを埋める必要があるが、パケット種別として NULL パケットを用意することによりこれに対応した。送信クロックとは非同期に入力される IP パケットを格納した TLV と共に、可変長の NULL パケットを格納した TLV を伝送することにより、IP パケットの伝送遅延の揺らぎを抑えた伝送が可能である。

### 2.3.3.3 IP パケットのヘッダ圧縮方式

TLV に多重する IP パケットのヘッダを圧縮する場合、図 2.3-3 及び表 2.3-7 に示す IP ヘッダ圧縮方式に基づくこととする。

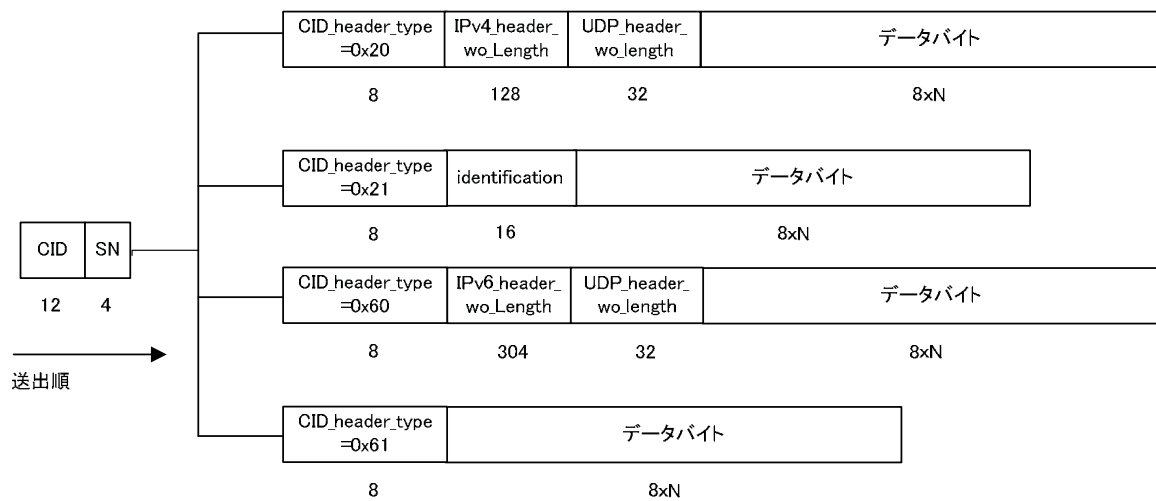


図 2.3-3 ヘッダ圧縮した IP パケットの構成

表 2.3-7 ヘッダ圧縮した IP パケットの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
<code>compressed_ip_packet( ) {</code>		
CID	12	uimsbf
SN	4	uimsbf
CID_header_type	8	uimsbf
if (CID_header_type==0x20) {		
IPv4_header_wo_length( )		
UDP_header_wo_length( )		
for(i=0;i<N;i++){		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
else if (CID_header_type==0x21) {		
Identification	16	bslbf
for(i=0;i<N;i++){		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
else if(CID_header_type==0x60) {		
IPv6_header_wo_length( )		
UDP_header_wo_length( )		
for(i=0;i<N;i++){		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
else if(CID_header_type==0x61) {		
for(i=0;i<N;i++){		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
}		

`compressed_ip_packet` の意味

- CID : Context IDentification (コンテキスト識別) : ヘッダ圧縮をおこなったフローを特定する ID。フローとは、IP ヘッダ及び UDP ヘッダの「IPv4 ヘッダでは protocol フィールド、IPv6 ヘッダでは next\_header フィールドにより示されるプロトコル種別、source\_address、destination\_address、source\_port、destination\_port」の 5 つのフィールドの値がユニークな組み合わせを持つ IP パケットの集合とする。
- SN : Sequence Number (シーケンス番号) : 同一 CID を持つヘッダ圧縮パケットの順序を示す。
- CID\_header\_type (CID ヘッダ種別) : 圧縮 IP パケットに付加されるヘッダ情報のタイプを示し、表 2.3-8 に従って符号化される。

表 2.3-8 CID ヘッダ種別

CID_header_type の値	意味
0x20	IPv4/UDP ヘッダを持つ IP パケット圧縮時のフルヘッダ
0x21	IPv4/UDP ヘッダを持つ IP パケット圧縮時の圧縮ヘッダ
0x60	IPv6/UDP ヘッダを持つ IP パケット圧縮時のフルヘッダ
0x61	IPv6/UDP ヘッダを持つ IP パケット圧縮時の圧縮ヘッダ
上記以外	reserved

- identification : IPv4Header( ) の identification を格納する。
- IPv4\_header\_wo\_length( ) : IPv4 ヘッダから total\_length、header\_checksum、option\_or\_padding のフィールドを除いたものであり、図 2.3-4 及び表 2.3-9 に示す通り。

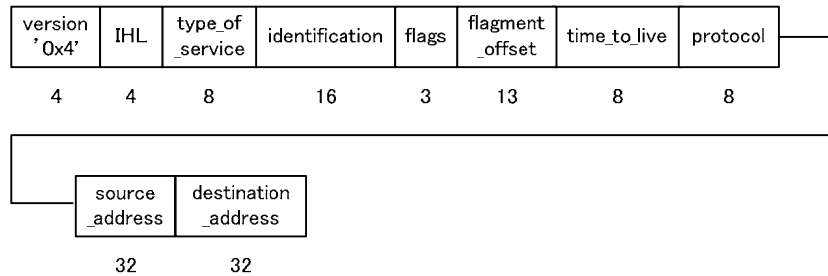


図 2.3-4 IPv4\_header\_wo\_length( ) の構成

表 2.3-9 IPv4\_header\_wo\_length( ) の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
IPv4_header_wo_length( ) {		
version	4	uimbsf
IHL	4	uimbsf
type_of_service	8	bslbf
identification	16	bslbf
flags	3	bslbf
fragment_offset	13	uimbsf
time_to_live	8	uimbsf
protocol	8	bslbf
source_address	32	bslbf
destination_address	32	bslbf
}		

- IPv6\_header\_wo\_length( ) : IPv6 ヘッダから payload\_length フィールドを除いたものであり、図 2.3-5 及び表 2.3-10 に示す通り。

version '0x6'	traffic_class	flow_label	next_header	hop_limit	source_address	destination_address
4	8	20	8	8	128	128

図 2.3-5 IPv6\_header\_wo\_length( )の構成

表 2.3-10 IPv6\_header\_wo\_length( )の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
IPv6_header_wo_length( ) {		
version	4	uimsbf
traffic_class	8	bslbf
flow_label	20	bslbf
next_header	8	bslbf
hop_limit	8	uimsbf
source_address	128	bslbf
destination_address	128	bslbf
}		

- UDP\_header\_wo\_length( ) : UDP ヘッダから length 及び checksum のフィールドを除いたものであり、図 2.3-6 及び表 2.3-11 に示す通り。

source_port	destination_port
16	16

図 2.3-6 UDP\_header\_wo\_length( )の構成

表 2.3-11 UDP\_header\_wo\_length( )の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
UDP_header_wo_length( ) {		
source_port	16	uimsbf
destination_port	16	uimsbf
}		

(理由)

IP パケット化されたコンテンツを TLV に多重する場合、ほぼ同一内容のヘッダを持つパケットが連続するため、IP パケットのヘッダを圧縮することによって伝送オーバーヘッドを削減する。

全てのパケットのヘッダ情報を全て伝送する代わりに、コンテキスト ID (CID) 及びヘッダ情報の全てを含むパケット (フルヘッダのパケット) を間欠的に伝送し、他のパケットでは CID 及びヘッダ情報の一部のみを含む圧縮ヘッダに付け替えて伝送する。受信側では、CID を参照してヘッダ

情報を復元する。

[compressed\_ip\_packet( )における SN (シーケンス番号) フィールドの考え方]

CID が別のフロー情報を示すものに変更されたとき、伝送路誤り等によりその変更情報を含んだ TLV が廃棄された場合には、受信側ではその CID に対しても、保持している古いフロー情報に基づいて処理してしまう危険性がある。送信時とは異なるヘッダ情報に付け変わった IP パケットが受信機から出力される危険性を排除するため、同一 CID でロスを検出可能な仕組みとして SN フィールドを設ける。

TLV の廃棄は伝送スロット単位でおこなわれるため、少なくとも 1 伝送スロット分の TLV が廃棄された場合のロスを検出できる必要がある。SN フィールドにより、1 伝送スロットに格納される TLV の最大個数を数えられる必要がある。

ギガビットイーサネットの MAC フレームの最小サイズが 512 バイトであり、512 バイトより小さい場合は不要なデータを付加して最小サイズを確保することがあることを考慮すると、大多数のパケットは MAC フレームサイズが 512 バイト以上となるサイズで伝送することが望ましい。この場合、伝送時の TLV のサイズは 453 バイト以上となる。伝送スロットの大きさは最大 5049 バイトであることから、 $5049 \div 453 = 11.145 \dots$  (個) を 1 伝送スロットに格納される TLV の最大個数とする。 $2^3 < 11 < 2^4$  であるため、SN フィールドを 4 ビットとした。

なお、TLV の最小サイズについて、必ずしもイーサネットの例を踏襲する必要はない。受信機で処理可能な TLV の最大個数からその最小サイズを検討する必要がある。また、衛星伝送路の性質上、複数の伝送スロットが連続して廃棄されることも想定され、SN フィールドに何ビットを割り当てたとしても SN フィールドだけでは完全なロス検出ができないことも考えられる。

### 2.3.3.4 伝送制御信号の伝送

伝送制御信号の伝送は、図 2.3-7 及び表 2.3-12 に示すセクション形式の拡張形式の伝送制御信号パケットによるものとする。

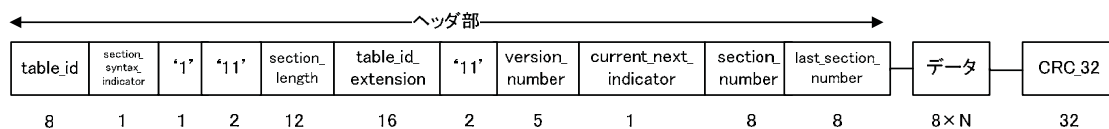


図 2.3-7 伝送制御信号パケットの構成

表 2.3-12 伝送制御信号パケットの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
signaling_packet() {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
'1'	1	bslbf
'11'	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
table_id_extension	16	uimsbf
'11'	2	bslbf
version_number	5	umisbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
for(i=0; i<N; i++) {		
signaling_data_byte	8	bslbf
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

signaling\_packet( )の意味

- table\_id(テーブル識別) : テーブルの識別のために使用する。テーブル識別の割り当てを表 2.3-13 に示す。

表 2.3-13 テーブル識別の割り当て

table_id	テーブル
0x40	TLV-NIT (TLV-Network Information Table) (自ネットワーク)
0x41	TLV-NIT (TLV-Network Information Table) (他ネットワーク)
0xFE	table_id_extension に示すテーブル
上記以外	reserved

- section\_syntax\_indicator (セクションシンタクス指示) : セクション形式の通常形式と拡張形式の種別を識別するための領域とし、通常形式の場合は' 0'、拡張形式の場合は' 1' とする。
- section\_length (セクション長) : セクション長領域より後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。ただし、この値は 4093 を超えてはならない。
- table\_id\_extension (テーブル識別拡張) : テーブル識別の拡張を行う領域とする。テーブル識別が 0xFE である場合、表 2.3-14 に示す割り当てに従いテーブルの識別のために使用する。

表 2.3-14 テーブル識別拡張の割り当て

table_id_extension	テーブル
0x0000	AMT (Address Map Table)
上記以外	reserved



- version\_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current\_next\_indicator (カレントネクスト指示) : テーブルが現在使用可能である場合は '1' とし、テーブルが現在使用不可であり次に有効となることを示す場合は '0' とする。
- section\_number (セクション番号) : テーブルを構成するセクション番号を書き込む領域とする。
- last\_section\_number (最終セクション番号) : テーブルを構成する最後のセクション番号を書き込む領域とする。
- signaling\_data\_byte (伝送制御信号データ) : 伝送制御信号データの伝送のために使用する。
- CRC\_32 (CRC) : ITU-T 勧告 H222.0 に従い CRC を書き込む領域とする。

### 2.3.3.5 伝送制御信号の構成

TLV 多重化方式における伝送制御は、次の伝送制御信号により行うものとする。

- (1) 変調周波数その他伝送路の情報とサービスを関連付ける情報を伝送する TLV-ネットワーク情報テーブル(TLV-NIT)。
- (2) IP パケットのマルチキャストグループとサービスとを関連付けるアドレスマップテーブル (AMT)。

#### 2.3.3.5.1 TLV-ネットワーク情報テーブル(TLV-NIT) (TLV-Network Information Table)

TLV-NIT は、図 2.3-8 及び表 2.3-15 に示す構成とする。TLV-NIT は、同一のテーブル識別及び同一のネットワーク識別とバージョン番号を持つセクションの集まりをサブテーブルとする。

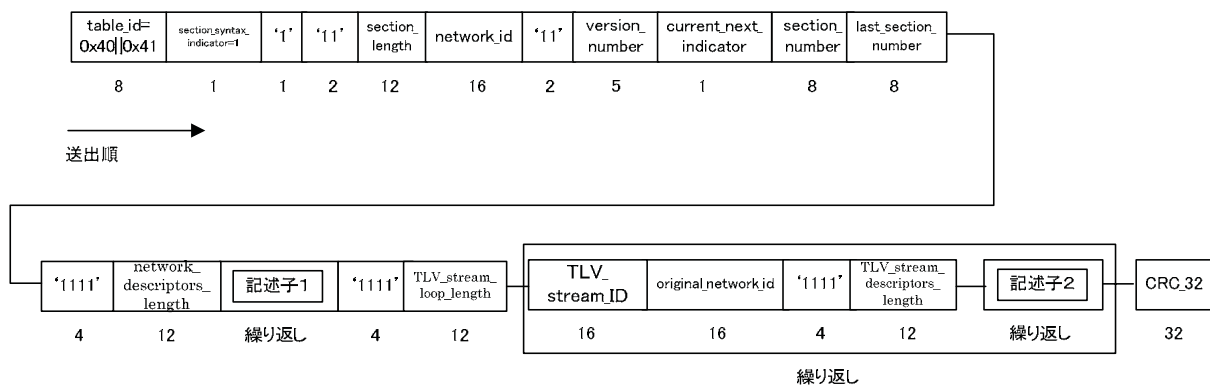


図 2.3-8 TLV-NIT の構成

表 2.3-15 TLV-NIT の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
TLV_network_information_table( ) {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
'1'	1	bslbf
'11'	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
network_id	16	uimsbf
'11'	2	bslbf
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
reserved_future_use	4	bslbf
network_descriptors_length	12	bslbf
for(i=0;i<N;i++){		
descriptor( )		
}		
reserved_future_use	4	bslbf
TLV_stream_loop_length	12	uimsbf
for(i=0;i<N;i++){		
TLV_stream_id	16	uimsbf
original_network_id	16	uimsbf
reserved_future_use	4	bslbf
TLV_stream_descriptors_length	12	uimsbf
for(j=0;j<N;j++){		
descriptor( )		
}		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

TLV\_network\_information\_table( )の意味

- table\_id (テーブル識別) : 表 2.3-13 による。
- section\_syntax\_indicator (セクションシンタクス指示) : 拡張形式を示す'1'とする。
- section\_length (セクション長) : 先頭の2ビットは常に'00'とする。これはセクション長フィールドの直後からCRCを含むセクションの最後までバイト数を規定する。全セクションの長さが1024バイトを超えないようにするため、セクション長は1021を超えてはならない。
- network\_id (ネットワーク識別) : TLV-NITが示す分配システムを他の分配システムと区別して識別するラベルの役割をする。

- version\_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current\_next\_indicator (カレントネクスト指示) : ' 1 ' の場合はそのテーブルが現在有効であることを示す。' 0 ' の場合は、送られているテーブルはまだ適用されず、次に有効となる予定のテーブルであることを示す。
- section\_number (セクション番号) : セクションの番号を表す。サブテーブル中の最初のセクションのセクション番号は 0x00 である。セクション番号は、同一のテーブル識別とネットワーク識別を持つセクションの追加ごとに 1 加算される。
- last\_section\_number (最終セクション番号) : そのセクションが属するサブテーブルの最後のセクション(すなわち、最大のセクション番号を持つセクション)の番号を規定する。
- network\_descriptors\_length (ネットワーク記述子長) : 最初の 2 ビットは ' 00 ' で、残りの 10 ビットを次に続く記述子の全バイト数を書き込む領域とする。
- TLV\_stream\_loop\_length (TLV ストリームループ長) : 最初の 2 ビットは ' 00 ' で、残りの 10 ビットを、CRC\_32 の最初のバイトの直前に終わる TLV ストリームループの全バイト数を書き込む領域とする。
- TLV\_stream\_id (TLV ストリーム識別) : 当該 TLV ストリームの識別番号を示す。
- original\_network\_id (オリジナルネットワーク識別) : 当該 TLV ストリームの元のネットワークの識別番号を示す。
- TLV\_stream\_descriptors\_length (TLV ストリーム記述子長) : この領域直後の当該 TLV ストリームの全記述子のバイト長を示す。ただし、最初の 2 ビットは、' 00 ' とする。
- CRC\_32 (CRC) : ITU-T 勧告 H222.0 に従い CRC を書き込む領域とする。

TLV-NIT は、MPEG-2 TS で用いられる NIT のうち、表 2.3-16 に示す 3 つのフィールドを TLV 用に変更したものである。TLV ストリームの識別に用いる TLV\_stream\_id は、トランスポートストリームの識別に用いる TS\_ID (transport\_stream\_id) に相当するものである。

表 2.3-16 NIT と TLV-NIT の対応

NIT のフィールド	TLV-NIT のフィールド
transport_stream_loop_length	TLV_stream_loop_length
transport_stream_id	TLV_stream_id
transport_stream_descriptors_length	TLV_stream_descriptors_length

TLV-NIT に配置する記述子は、以下の(1)～(3)とする。

- (1) 衛星分配システム記述子 : 衛星伝送路の物理的な条件を示す。リアルタイム型放送サービスの多重化方式で NIT に配置する記述子と同一の構成とする。
- (2) システム管理記述子 : 放送と非放送の識別、放送の場合はその方式を識別するために使用され

る。リアルタイム型放送サービスの多重化方式で PMT あるいは NIT に配置する記述子と同一の構成とする。

- (3) サービスリスト記述子：サービス識別とサービス形式種別によるサービスの一覧を提供する。リアルタイム型放送サービスの多重化方式で、NIT、BAT あるいは BIT に配置する記述子と同一の構成とする。

### 2.3.3.5.2 アドレスマップテーブル (AMT) (Address Map Table)

AMT は、そのネットワークにおいて伝送される各サービスを構成する、IP パケットのマルチキャストグループの一覧を提供する。AMT は、図 2.3-9 及び表 2.3-17 に示す構成とする。

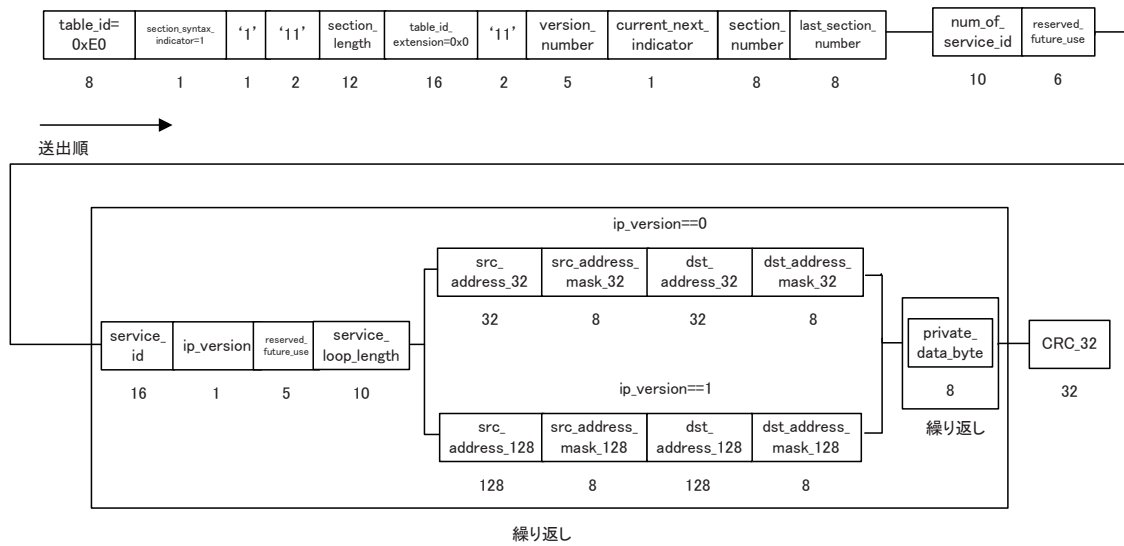


図 2.3-9 AMT の構成

表 2.3-17 AMT の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
address_map_table() {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
‘1’	1	bslbf
‘11’	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
Table_id_extension	16	uimsbf
‘11’	2	bslbf
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
num_of_service_id	10	uimsbf
reserved_future_use	6	bslbf
for (i=0; i<num_of_service_id ; i++) {		
service_id	16	uimsbf
ip_version	1	bslbf
reserved_future_use	5	bslbf
service_loop_length	10	uimsbf
if (ip_version== ‘0’ ) { /*IPv4*/		
src_address_32	32	bslbf
src_address_mask_32	8	uimsbf
dst_address_32	32	bslbf
dst_address_mask_32	8	uimsbf
}		
else if (ip_version== ‘1’ ) { /*IPv6*/		
src_address_128	128	bslbf
src_address_mask_128	8	uimsbf
dst_address_128	128	bslbf
dst_address_mask_128	8	uimsbf
}		
for (j=0; i<N; j++) {		
private_data_byte	8	bslbf
}		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

アドレスマップテーブルの意味

- table\_id (テーブル識別) : テーブル識別拡張の値によりテーブルを識別することを示す 0xFE とする。(表 2.3-13 参照)
- section\_syntax\_indicator (セクションシンタクス指示) : 拡張形式を示す ‘1’ とする。
- section\_length (セクション長) : セクション長フィールドの直後から CRC\_32 を含む最後まででの

セクションのバイト数を規定する。

- table\_id\_extension (テーブル識別拡張) : AMT (Address Map Table)を示す 0x0000 とする (表 2.3-14 参照)。
- version\_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current\_next\_indicator (カレントネクスト指示) : ' 1 ' の場合はそのテーブルが現在有効であることを示す。' 0 ' の場合は、送られているテーブルはまだ適用されず、次に有効となる予定のテーブルであることを示す。
- section\_number (セクション番号) : セクションの番号を表す。最初のセクションのセクション番号は 0x00 である。セクション番号は同一のテーブル識別とテーブル識別拡張を持つセクションの追加ごとに 1 加算される。
- last\_section\_number (最終セクション番号) : そのセクションが属するテーブルの最後のセクション(すなわち、最大のセクション番号を持つセクション)の番号を規定する。
- num\_of\_service\_id (サービス識別数) : このアドレスマップテーブルに記述される service\_id の数を示す。
- service\_id (サービス識別) : サービスを識別するためのラベルの役割をする。サービスリスト記述子に記述されるサービス識別と同一の役割を持つ。
- ip\_version (IP バージョン) : リストに記述する IP パケットのバージョンを示し、表 2.3-18 に従って符号化される。

表 2.3-18 IP バージョン

ip_version	IP パケットのバージョン
0	IPv4 を示す
1	IPv6 を示す

- service\_loop\_length (サービスループ長) : このフィールドの直後から、次のサービス識別フィールドの直前までのバイト長を示す。
- src\_address\_32 (送信元 IPv4 アドレス) : サービスを構成する IPv4 パケットの送信元 IP アドレスを記述する。
- src\_address\_mask\_32 (送信元 IPv4 アドレスマスク) : 送信元 IPv4 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭(MSB)からのビット数を指定する。32 より大きな値を取らない。
- dst\_address\_32 (宛て先 IPv4 アドレス) : サービスを構成する IPv4 パケットの宛て先 IP アドレスを記述する。
- dst\_address\_mask\_32 (宛て先 IPv4 アドレスマスク) : 宛て先 IPv4 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭(MSB)からのビット数を指定する。32 より大きな値を取らない。なお、サービスを構成するマルチキャストグループは、送信元 IPv4 アドレスマスクにより有効と識別さ

れる送信元 IPv4 アドレス、及び宛て先 IPv4 アドレスマスクにより有効と識別される宛て先 IPv4 アドレスの両方のアドレスに合致するマルチキャストグループとする。

- src\_address\_128 (送信元 IPv6 アドレス) : サービスを構成する IPv6 パケットの送信元 IP アドレスを記述する。
- src\_address\_mask\_128 (送信元 IPv6 アドレスマスク) : 送信元 IPv6 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭 (MSB) からのビット数を指定する。128 より大きな値を取らない。
- dst\_address\_128 (宛て先 IPv6 アドレス) : サービスを構成する IPv6 パケットの宛て先 IP アドレスを記述する。
- dst\_address\_mask\_128 (宛て先 IPv6 アドレスマスク) : 宛て先 IPv6 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭 (MSB) からのビット数を指定する。128 より大きな値を取らない。なお、サービスを構成するマルチキャストグループは、送信元 IPv6 アドレスマスクにより有効と識別される送信元 IPv6 アドレス、及び宛て先 IPv6 アドレスマスクにより有効と識別される宛て先 IPv6 アドレスの両方のアドレスに合致するマルチキャストグループとする。
- private\_data\_byte : 個別に定義されたデータを格納する。

(AMT の構成の考え方)

TLV の伝送制御信号を構成するテーブルの識別は、MPEG-2 TS の伝送制御信号を構成するテーブル識別の値を踏襲した表 2.3-13 に示すテーブル識別割当とし、AMT はテーブル識別拡張を用いて識別され、AMT にサブテーブルは存在しない。AMT は、IP パケットを TLV 多重化方式で伝送する場合のみ必要となる制御情報であり、MPEG-2 Systems の場合には必要とされない。

TLV は、IP パケット以外にもさまざまな形式の変長パケットの多重が可能であることから、AMT 以外の制御情報も伝送可能とする拡張性を備えておく必要がある。AMT 以外の制御情報を伝送する場合、これらをテーブル識別拡張を用いて識別することにより、テーブル識別に多数の値を確保することなく TLV のみで必要となる制御情報を識別することを可能としている。

TLV 多重化方式で伝送される IP パケットをアプリケーションが受信する仕組みとして、通信と放送の packets を可能な限り区別なく受け取れるよう AMT の構成を設計した。マルチキャストの仕組みとして、グループアドレスだけを指定する ASM (Any Source Multicast) に加え、ソースアドレスとグループアドレスをペアで指定する SSM (Source Specific Multicast) が通信で用いられていることを考慮し、放送でも両方式に対応することとした。SSM に対応しないこととすれば、送信元 IP アドレスと送信元 IP アドレスマスクを AMT の構成から削除できるが、AMT の情報量、送信頻度、テーブル作成の手間を考慮しても、ASM と SSM の両方式に対応することによるデメリットはほとんどないと考えられる。

連続するアドレスを効率的に記述するためにアドレスマスクを設けた。アドレスマスクを使うことで、図 2.3-10 に示すように、複数のグループアドレスのリストを 1 行のリストで記述可能となる。さらに、IPv4 では mask=32、IPv6 では mask=128 とすれば、マスクを使用しないことと等価になる。

また、src\_address\_mask=0 とすることで送信元を設定しないことと等価の設定も可能になる。

サービス A	234.0.1.0	サービス A	234.0.1.0, mask=24
サービス A	……	サービス B	234.0.2.0, mask=24
(この間、254 行)			
サービス A	234.0.1.255		
サービス B	234.0.2.0		
サービス B	……		
(この間、254 行)			
サービス B	234.0.2.255		

(a) マスクを用いない場合

(b) マスクを用いる場合

図 2.3-10 マスクによるグループアドレスの効率的な記述例

#### 2.3.3.6 サービス形式種別の追加規定

新たに採用する多重化方式を用いた蓄積型放送サービスを識別する必要がある。このため、サービスリスト記述子 (2.3.3.5.1 参照) のサービス形式種別(service\_type)の識別領域に、「TLV を用いた蓄積型放送サービス」を識別するための値を追加して規定する必要がある。(注: service\_type は、総務省告示ではサービス形式識別子と表現されている。)



## 2.4 限定受信方式

限定受信方式については、現行の BS デジタル放送方式<sup>※1</sup>や広帯域 CS デジタル放送方式<sup>※2</sup>に係る答申に準拠するものとする。

※1 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「11.7GHz を超え 12.2GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」（平成 10 年 2 月 9 日）

※2 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「12.2～12.75GHz を使用する衛星デジタル放送方式（34.5MHz 帯域幅を使用するもの）の技術的条件」（平成 12 年 2 月 28 日）

（理由）

これら答申における限定受信方式を引き続き採用することとした。

## 2.5 情報源符号化方式

### 2.5.1 映像符号化方式

#### 2.5.1.1 映像入力フォーマット及び符号化方式選定の基本的な考え方

映像入力フォーマット及び符号化方式の選定にあたっては、要求条件に示されている「現行のデジタルHDTVを基本とした高画質サービスを可能とすること」及び「現行のデジタルHDTVを超える高画質サービスにも対応すること」を基本とし、わが国の衛星デジタル放送及び地上デジタル放送の状況、国際動向、技術動向等を考慮して検討した。

##### 2.5.1.1.1 映像入力フォーマット

検討対象とした映像フォーマットを表2.5.1-1、表2.5.1-2、表2.5.1-3に示す。

表2.5.1-1 検討対象とした映像入力フォーマット（時空間フォーマット）

フォーマット	有効走査線数	ライン当たり有効サンプル数	画面アスペクト比	走査方式	フレーム周波数(Hz)	フィールド周波数(Hz)
720×480/60/I	480	720	4:3 or 16:9	飛越	30/1.001	60/1.001
720×480/60/P	480	720	16:9	順次	60/1.001	—
1280×720/60/P	720	1280	16:9	順次	60/1.001	—
1920×1080/60/I	1080	1920	16:9	飛越	30/1.001	60/1.001
1920×1080/60/P	1080	1920	16:9	順次	60/1.001	—
3840×2160/60/P	2160	3840	16:9	順次	60/1.001	—
7680×4320/60/P	4320	7680	16:9	順次	60/1.001	—

表2.5.1-2 検討対象とした映像入力フォーマット（信号方式）

信号形式	YCbCr, XYZ
輝度・色差信号形式	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4
量子化ビット数	8, 10, 12

表2.5.1-3 検討対象とした映像入力フォーマット（カラリメトリ）

現行色域方式	Rec. ITU-R BT. 1361 の従来色域システム(Rec. ITU-R BT. 709)
広色域方式	Rec. ITU-R BT. 1361 の拡張色域システムの一部修正案及び IEC 61966-2-4

### 2.5.1.1.2 映像符号化方式

ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 を、映像符号化方式として検討した。

H.264 のプロファイル及びレベルの選定にあたっては、H.264 コーデックの技術動向を調査・予測すると共に、検証実験を踏まえて検討した。検討対象としたプロファイル及びレベルを表 2.5.1-4、表 2.5.1-5 に示す。

表 2.5.1-4 検討対象とした H.264 のプロファイル

プロファイル	対応する輝度・色差信号形式	対応する量子化ビット数
Main	4:2:0	8
High	4:2:0	8
High 10	4:2:0	8 - 10
High 4:2:2	4:2:2, 4:2:0	8 - 10
High 4:4:4 predictive	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0	8 - 14

表 2.5.1-5 検討対象とした H.264 のレベル

レベル	対応する映像フォーマット
3	720×480/60/I
3.1	720×480/60/P
3.2	1280×720/60/P
4	1920×1080/60/I
4.2	1920×1080/60/P
TBD*	3840×2160/60/P
TBD*	7680×4320/60/P

※ ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 において規定されていない。

### 2.5.1.1.3 その他

映像入力フォーマット及びその符号化方式以外に、高臨場感放送を目的とした新たな試みとして、番組視聴時の照明条件を番組の情景に応じて制御する方式が提案された。番組に付随した照明制御メタデータを伝送することによって、シーンと連動した照明制御を実現し、これによって臨場感の向上を図ろうとするものである。本提案は、高臨場感放送のための一要素技術として興味深いが、将来の高臨場感放送システムに向けて、映像、音響、そして照明条件に留まらない視聴環境を連携させた研究開発課題とすることが適当と判断した。

## 2.5.1.2 映像入力フォーマット

### 2.5.1.2.1 映像の時空間フォーマット

#### (1) 基本映像フォーマット

基本映像フォーマットを表 2.5.1-6 に示す。

表 2.5.1-6 基本映像フォーマット

フォーマット	有効走査線数	ライン当たり有効サンプル数	画面アスペクト比	走査方式	フレーム周波数 (Hz)	フィールド周波数 (Hz)
1920×1080/60/I	1080	1920	16:9	飛越	30/1.001	60/1.001
1920×1080/60/P	1080	1920	16:9	順次	60/1.001	—
3840×2160/60/P (注)	2160	3840	16:9	順次	60/1.001	—

注 今後のコンテンツ制作機器や受信機器などサービス提供上の環境が整うことにより適用が可能となる映像入力フォーマット

#### (理由)

1920×1080/60/I は、デジタル HDTV を中心とする衛星デジタル放送及び地上デジタル放送において、高精細度テレビジョン方式として専ら用いられており、高度衛星デジタル放送においても、引き続き使用することが適当である。

1920×1080/60/P は、現行衛星デジタル放送の技術的条件の策定に際しては、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とされた。現在は、本フォーマットによる制作機器や表示装置が実用化されるに至っている。平面ディスプレイでは順次走査表示が一般的となっているが、順次走査信号を放送することにより、ディスプレイでの飛越—順次走査変換の不完全性を排除できると共に、垂直解像度の改善が期待される。

3840×2160/60/P は、HDTV を超える高精細度を有し、放送の高度化に相応しいフォーマットと考えられる。本フォーマットについては、コンテンツ制作機器や受信機器などが実用化に向けて開発されつつある段階にあり、今後のサービス提供上の環境が整うことにより HDTV を超える高画質・高臨場感な映像サービスが期待される。

1280×720/60/P は、現行デジタル放送の高精細度テレビジョン方式の一方式として採用され、一時使用されたことがあるが、現在、放送サービスでは使用されていない。今後、1920×1080/60/P や 3840×2160/60/P など、より高精細度の順次走査フォーマットが普及すると考えられ、高度衛星デジタル放送の映像入力フォーマットとしては採用しないこととした。

(2) マルチサービス専用映像フォーマット

マルチサービス専用映像フォーマットを表 2.5.1-7 に示す。

表 2.5.1-7 マルチサービス専用映像フォーマット

フォーマット	有効走査線数	ライン当たり有効サンプル数	画面アスペクト比	走査方式	フレーム周波数 (Hz)	フィールド周波数 (Hz)
720×480/60/I	483 <sup>※1</sup>	720	16:9	飛越	30/1.001	60/1.001
720×480/60/P	483 <sup>※2</sup>	720	16:9	順次	60/1.001	—

※1 符号化するライン数は 480 であり、ライン番号 23～262 及びライン番号 286～525 を望ましい符号化領域とする。

※2 符号化するライン数は 480 であり、ライン番号 45～524 を望ましい符号化領域とする。

(理由)

720×480/60/I は、デジタル HDTV を中心とする衛星デジタル放送及び地上デジタル放送において、マルチサービスあるいはアナログ放送とのサイマル放送で用いられている。高度衛星デジタル放送においても、マルチサービスでの使用は想定されるため、マルチサービス専用の映像フォーマットと位置づけることとした。

720×480/60/P は、衛星デジタル放送において一部の事業者により使用されて来たが、HDTV への移行に伴い、現在は使用されていない。しかし、高度衛星デジタル放送において、マルチサービスでの使用は想定されるため、720×480/60/I と同様にマルチサービス専用の映像フォーマットと位置づけることとした。

(3) 実験用映像フォーマット

実験用映像フォーマットを表 2.5.1-8 に示す。

表 2.5.1-8 実験用映像フォーマット

フォーマット	有効走査線数	ライン当たり有効サンプル数	画面アスペクト比	走査方式	フレーム周波数 (Hz)	フィールド周波数 (Hz)
7680×4320/60/P	4320	7680	16:9	順次	60/1.001	—

(理由)

7680×4320/60/P は、HDTV の縦・横各 4 倍という極めて高い精細度を有し、高臨場感な映像サービスを提供可能であり、放送の高度化に相応しいフォーマットと考えられる。しかし、現在のところ、制作機器や表示装置は実用化に向けて開発が進められている段階にある。したがって、映像フォーマットとしては、今後、技術的実現性の確認を経て採否を検討する必要がある。実験用の映像フォーマットと位置づけることとした。

## 2.5.1.2.2 映像の信号方式

映像入力フォーマットの信号方式を表 2.5.1-9 に示す。

表 2.5.1-9 映像入力フォーマットの信号方式

信号形式	YCbCr
輝度・色差信号形式	4:2:2
量子化ビット数	8 又は 10

(理由)

輝度信号及び色差信号からなる YCbCr の 4:2:2 信号、8 又は 10-bit は、テレビジョン映像信号のスタジオインタフェース (Rec. ITU-R BT.656、Rec. ITU-R BT.1120) で広く使用されており、映像入力フォーマットの信号方式として適当である。

YCbCr の 4:4:4 信号については、実証実験により限定的ではあるが高画質化に有効であることを確認した。一方、スタジオインタフェースとしては、dual-link HD-SDI は 1080/60/I の 4:2:2 及び 4:4:4 (12-bit まで) や 1080/60/P の 4:2:2 (10-bit まで) をサポートしており、1080/60/P の 4:4:4 には quad-link が必要になる。現行の HDTV サービスを超える高精細度映像サービスを導入しようとするとき、制作・送出設備の更新も必要となるが、クロマ信号の解像度の向上よりは輝度信号の解像度向上の方が視聴者への訴求効果が高いと考えられ、映像入力フォーマットとしては 4:2:2 のみを採用することとした。

信号形式としての XYZ は、将来のカラリメトリのありかたも含めた検討が必要であり、今後の研究開発課題であると判断した。

映像入力フォーマットとしての 4:2:0 は、3840×2160/60/P や 7680×4320/60/P のスタジオ信号としての規定はあるが、現時点ではこれらフォーマットのスタジオインタフェースの規定がないことから、採用しないこととした。また、12-bit 信号については、スタジオインタフェースでの使用例が少ないことから、採用しないこととした。

### 2.5.1.2.3 カラリメトリ

映像入力フォーマットのカラリメトリを表 2.5.1-10 に示す。

表 2.5.1-10 映像入力フォーマットのカラリメトリ

3原色色度点	色度座標 (CIE, 1931)									
	$x$	$y$								
	赤 ( $R$ )	0.640								
	緑 ( $G$ )	0.300								
	青 ( $B$ )	0.150								
基準白色 ( $E_R = E_G = E_B$ )	$D_{65}$	色度座標 (CIE, 1931)								
		$x$	$y$							
		0.3127	0.3290							
光電変換特性	$E' = \begin{cases} \alpha L^{0.45} - (\alpha - 1) & (\beta \leq L) \\ 4.50L & (-\beta < L < \beta) \\ -\alpha(-L)^{0.45} + (\alpha - 1) & (L \leq -\beta) \end{cases}$									
	<p>但し、<math>\alpha</math> 及び <math>\beta</math> は連立方程式 <math>\begin{cases} 4.5\beta = \alpha\beta^{0.45} - \alpha + 1 \\ 4.5 = 0.45\alpha\beta^{-0.55} \end{cases}</math> の解であり、<math>\alpha=1.09929682680944\dots</math>、<math>\beta=0.0180539685108078\dots</math>。量子化ビット数に応じて、下記の近似値を用いればよい。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>量子化ビット数</th> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\beta</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8 - 11</td> <td>1.099</td> <td>0.018</td> </tr> <tr> <td>12 - 18</td> <td>1.0993</td> <td>0.0181</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>L</math>はカメラの各色チャンネルで検出される入力光強度に比例する電圧値で、基準白色にて正規化した値である。<math>E'</math>はこの非線形処理によって得られる原色信号である。 広色域システムの場合にのみ、<math>L &lt; 0</math> 及び <math>1 &lt; L</math> を許容する。</p>		量子化ビット数	$\alpha$	$\beta$	8 - 11	1.099	0.018	12 - 18	1.0993
量子化ビット数	$\alpha$	$\beta$								
8 - 11	1.099	0.018								
12 - 18	1.0993	0.0181								
輝度信号方程式	$E'_Y = 0.2126 E'_R + 0.7152 E'_G + 0.0722 E'_B$									
色差信号方程式	$E'_{CB} = \frac{E'_B - E'_Y}{1.8556}$ $= \frac{-0.2126 E'_R - 0.7152 E'_G + 0.9278 E'_B}{1.8556}$ $E'_{CR} = \frac{E'_R - E'_Y}{1.5748}$ $= \frac{0.7874 E'_R - 0.7152 E'_G - 0.0722 E'_B}{1.5748}$									

(理由)

衛星デジタル放送及び地上デジタル放送では、映像入力フォーマットによらず、Rec. ITU-R BT. 1361 (Rec. ITU-R BT. 709) に規定された三原色色度点、基準白色、光電変換特性、輝度・色差方程式を採用している。高度衛星デジタル放送においても、この統一カラリメトリの採用が適当である。

一方、最近のディスプレイの広色域化の動向や、高度衛星デジタル放送の「高画質化」の要求を踏まえ、放送の広色域化を検討した。

三原色を変更することによって広い色域を表現することはできるが、三原色を変更しなくとも、三原色信号(RGB)に負値や1を超える値を許容することで広い色域を表現することが可能である。さらに、RGB信号に負値や1を超える値を許容しても、輝度・色差信号(YCbCr)では、従来方式と同じ信号ダイナミックレンジの下で、実効的に十分広い色域を表現可能である。また、三原色を変更する方法は既存方式との信号の両立性に難があるが、RGB信号に負値や1を超える値を許容する方法は、YCbCr信号の両立性が確保され、ディスプレイ側の処理によって任意の色再現範囲を設定可能である。

このRGB信号に負値や1を超える値を許容する方法に基づく広色域方式が、Rec. ITU-R BT. 1361 や IEC 61966-2-4 に規定されており、高度衛星デジタル放送のカラリメトリとして採用することとした。Rec. ITU-R BT. 1361 と IEC 61966-2-4 では、負値に対する光-電気変換特性(ガンマ特性)に相違があるが、IEC 61966-2-4 に準拠した正負対称の特性を採用することとした。今後、Rec. ITU-R BT. 1361 の修正が必要である。

光電気変換特性については、高画質化のため12-bit以上の量子化ビット数に対応できるように、規定の精度を高めることとした。なお、11-bit以下では従来の規定と同等である。

### 2.5.1.3 映像符号化方式

#### 2.5.1.3.1 準拠規格

映像符号化方式は、ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 に準拠するものとする。

(理由)

衛星デジタル放送及び地上デジタル放送の映像符号化方式である ITU-T H.264|ISO/IEC 13818-2 (MPEG-2 Video) に比べて圧縮効率に優れ、国際標準方式でもある H.264 が、映像符号化方式として適当である。H.264 は、わが国の高度狭帯域 CS デジタル放送方式に採用されているほか、世界各国においても後発のデジタル放送で採用されつつある。また、次世代 DVD の映像符号化方式としても採用されている。

#### 2.5.1.3.2 H.264 のプロファイルとレベル

映像符号化方式は、H.264 の High 4:2:2 プロファイルを最上位とし、レベルは映像入力フォーマットに応じて表 2.5.1-11 に示す通りとする。



表 2.5.1-11 映像入力フォーマットと H.264 のレベル

映像入力フォーマット	レベル
720×480/60/I	3
720×480/60/P	3.1
1920×1080/60/I	4
1920×1080/60/P	4.2
3840×2160/60/P	TBD <sup>※</sup>
7680×4320/60/P	TBD <sup>※</sup>

※ ITU-T H.264 | ISO/IEC 14496-10 への追加規定が必要。

(理由)

H.264 のプロファイルとレベルは、ビットストリームに対する制約を規定するものであり、それにより、デコーダがそのビットストリームを復号するために必要な能力が定められる。プロファイルは、デコーダがサポートすべき符号化ツールを制限するもので、レベルは、符号化対象の映像サイズやビットレートなどを制限するものである。

H.264 のプロファイル Main、High、High 10、High 4:2:2、High 4:4:4 predictive は、上位のプロファイルが下位のプロファイルを包含している。Main プロファイルは、主に SDTV を対象に規定されたものであり、マルチサービス用の 720×480/60/I 及び 720×480/60/P に適当である。一連の High プロファイルは、高解像度化や高画質化を目的に規定されたものであり、HDTV 以上の高解像度フォーマットに適当である。

最上位のプロファイルの選定にあたり、特に、対応すべきクロマフォーマットの選定が課題であった。従来、輝度信号と色差信号の所要帯域比は、主観評価実験の結果に基づく 3:1 が定説となっており、一般にスタジオ制作や素材伝送では 4:2:2、放送・配信では 4:2:0 が用いられている。色差信号帯域幅の拡大は、符号化画素数の増加による所要ビットレートの増加、あるいは同一ビットレートでは符号化歪の増加を伴う可能性がある。そこで、実証実験によって、4:2:0、4:2:2、4:4:4 の画質や所要ビットレートを比較検討した。実験の結果、一部の映像については、4:4:4 とすることにより、限定的であるが色エッジの再現性や質感の向上などの効果が認められた。一方、符号化時には、クロマフォーマットの差よりも符号化歪みが検知されやすい場合があった。したがって、4:4:4 の使用が効果的なサービスは、原画像が極めて高画質であると共に、符号化画像も極めて劣化が少ない高画質であることが必須と考えられる。

4:2:2 は、特に飛越走査信号において 4:2:2⇔4:2:0 のための垂直フィルタ処理に起因する画質劣化を改善するのに効果的である。これらを考慮し、High 4:2:2 を最上位のプロファイルとすることとした。なお、High 4:2:2 プロファイルは、量子化ビット数 10-bit まで対応しているが、符号化時の 8-bit を超える量子化ビット数の必要性については、現時点では明確な根拠を見いだすに至っておらず、今後の検討に委ねることとした。放送チェーンの各段階におけるクロマフォーマットや量子化ビット数の選定については、今後体系的な検討が求められる。

H.264 のレベルは、映像入力フォーマットに応じてそれに対応する最下位のレベルが定まる。

なお、現在はレベル 5.1 が規格化されている最上位のレベルであるが、これは解像度 3840×2160 の場合 30P までしか対応していない。したがって、3840×2160/60/P 及び 7680×4320/60/P に対応するレベルの追加規定が必要である。

### 2.5.1.3.3 H.264 の制約条件

従来方式と広色域方式のカラリメトリを識別するため、VUI パラメータの colour\_description (ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 Annex E 参照) は、表 2.5.1-12 に従うものとする。

表 2.5.1-12 カラリメトリに関する制約条件

	従来色域システム	広色域システム														
colour_primaries <sup>※1</sup>	1															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>primary</th> <th>x</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>green</td> <td>0.300</td> <td>0.600</td> </tr> <tr> <td>blue</td> <td>0.150</td> <td>0.060</td> </tr> <tr> <td>red</td> <td>0.640</td> <td>0.330</td> </tr> <tr> <td>white D65</td> <td>0.3127</td> <td>0.3290</td> </tr> </tbody> </table>		primary	x	y	green	0.300	0.600	blue	0.150	0.060	red	0.640	0.330	white D65	0.3127
primary	x	y														
green	0.300	0.600														
blue	0.150	0.060														
red	0.640	0.330														
white D65	0.3127	0.3290														
transfer_characteristics <sup>※2</sup>	1	11														
	$V = 1.099 L_c^{0.45} - 0.099$ for $1 \geq L_c \geq 0.018$ $V = 4.500 L_c$ for $0.018 > L_c > 0$	$V = 1.099 L_c^{0.45} - 0.099$ for $L_c \geq 0.018$ $V = 4.500 L_c$ for $0.018 > L_c > -0.018$ $V = -1.099 (-L_c)^{0.45} + 0.099$ for $-0.018 \geq L_c$														
matrix_coefficients <sup>※3</sup>	1															
	ITU R Recommendation BT.709 KR = 0.2126; KB = 0.0722															

※1 ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 Table E-3 参照

※2 ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 Table E-4 参照

※3 ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 Table E-5 参照

## 2.5.1.4 映像入力フォーマットの信号規定

### 2.5.1.4.1 映像信号特性

映像入力フォーマットの映像信号特性を表 2.5.1-13 に示す。

表 2.5.1-13 映像信号特性

項目		720 × 480/60/I	720 × 480/60/P	1920 × 1080/60/I	1920 × 1080/60/P	3840 × 2160/60/P	7680 × 4320/60/P
(1)	画面アスペクト比	16:9					
(2)	ライン当たり有効 サンプル数	720		1920		3840	7680
(3)	フレーム当たり有効 ライン数	483		1080		2160	4320
(4)	サンプリング構造	$Y, C_B, C_R$ 4:2:2					
	輝度信号 $Y$	直交格子状。ライン、フレームで繰り返す					
	色差信号 $C_B, C_R$ (4 : 2 : 2)	直交格子状。ライン、フレームで繰り返す。各ラインの偶数番号の $Y$ サンプル点 (サンプル番号 0, 2, 4, ...) と一致。但し、各ラインの最初の有効サンプル点をサンプル番号 0 とする。					
(5)	走査の方向	左から右、上から下 飛越走査は、第1フィールドの第1有効ラインを画面の最上部とする。					
(6)	走査方式	飛越走査 (2:1)	順次走査 (1:1)	飛越走査 (2:1)	順次走査(1:1)		
(7)	フレーム周波数 (Hz)	30/1.001	60/1.001	30/1.001	60/1.001		
(8)	フィールド周波数 (Hz)	60/1.001	-	60/1.001	-		
(9)	量子化	8, 10ビット リニア					
		8ビット			10ビット		
(10)	映像データ	1 - 254			4 - 1019		
	同期データ	0, 255			0 - 3, 1020 - 1023		
(11)	映像データのレベル 割当て						
	$Y$	白ピーク レベル	235		940		
		黒レベル	16		64		
	$C_B$ , $C_R$	正ピーク レベル	240		960		
		無彩色レ ベル	128		512		
負ピーク レベル		16		64			

2.5.1.4.2 輝度信号及び色差信号の量子化特性

輝度信号及び色差信号の量子化特性を表 2.5.1-14 に示す。

表 2.5.1-14 輝度信号及び色差信号の量子化特性

項目	式
(1) 輝度信号及び 色差信号の量子 化 ( $m \geq 8$ )	$D'_Y = \text{INT}[(219 E'_Y + 16) \cdot 2^{m-8}]$ $D'_{CB} = \text{INT}[(224 E'_{CB} + 128) \cdot 2^{m-8}]$ $D'_{CR} = \text{INT}[(224 E'_{CR} + 128) \cdot 2^{m-8}]$
$m$ は輝度信号及び色差信号の量子化ビット数。 演算子 INT は、小数点以下第 1 位の四捨五入により整数を与える。	

2.5.1.4.3 原色信号の量子化特性

原色信号の量子化特性を表 2.5.1-15 に示す

表 2.5.1-15 原色信号の量子化特性

項目	式
(1) ガンマ補正後の RGB原色信号の量 子化 ( $n \geq 8$ )	$D'_R = \text{INT}[(219 E'_R + 16) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_G = \text{INT}[(219 E'_G + 16) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_B = \text{INT}[(219 E'_B + 16) \cdot 2^{n-8}]$
広色域システ ム ( $n \geq 9$ )	$D'_R = \text{INT}[(219 E'_R + 160) \cdot 2^{n-9}]$ $D'_G = \text{INT}[(219 E'_G + 160) \cdot 2^{n-9}]$ $D'_B = \text{INT}[(219 E'_B + 160) \cdot 2^{n-9}]$
(2) 量子化後のRGB原 色信号からの輝 度信号及び色差 信号の生成 ( $n \geq 8, m \geq 8$ )	$D'_Y = \text{INT} \left[ (0.2126 D'_R + 0.7152 D'_G + 0.0722 D'_B) \cdot 2^{m-n} \right]$ $D'_{CB} = \text{INT} \left[ \left( -\frac{0.2126}{1.8556} D'_R - \frac{0.7152}{1.8556} D'_G + \frac{0.9278}{1.8556} D'_B \right) \cdot \frac{224}{219} \cdot 2^{m-n} + 2^{m-1} \right]$ $D'_{CR} = \text{INT} \left[ \left( \frac{0.7874}{1.5748} D'_R - \frac{0.7152}{1.5748} D'_G - \frac{0.0722}{1.5748} D'_B \right) \cdot \frac{224}{219} \cdot 2^{m-n} + 2^{m-1} \right]$
広色域システ ム ( $n \geq 9, m \geq 8$ )	$D'_Y = \text{INT} \left[ (0.2126 D'_R + 0.7152 D'_G + 0.0722 D'_B) \cdot 2^{m-n+1} - 144 \cdot 2^{m-8} \right]$ $D'_{CB} = \text{INT} \left[ \left( -\frac{0.2126}{1.8556} D'_R - \frac{0.7152}{1.8556} D'_G + \frac{0.9278}{1.8556} D'_B \right) \cdot \frac{224}{219} \cdot 2^{m-n+1} + 2^{m-1} \right]$ $D'_{CR} = \text{INT} \left[ \left( \frac{0.7874}{1.5748} D'_R - \frac{0.7152}{1.5748} D'_G - \frac{0.0722}{1.5748} D'_B \right) \cdot \frac{224}{219} \cdot 2^{m-n+1} + 2^{m-1} \right]$
$n$ はRGB信号の量子化ビット数、 $m$ は輝度信号及び色差信号の量子化ビット数。 演算子 INT は、小数点以下第 1 位の四捨五入により整数を与える。	

(注) 映像入力フォーマットとしては輝度・色差信号のみを規定している (2.5.1.4.1(4))。RGB原色信号の量子化特性は、デジタルRGB原色信号による相互接続や信号処理のためのガイドラインとして示している。

## 2.5.2 音声符号化方式

### 2.5.2.1 音声入力信号

#### 2.5.2.1.1 最大入力音声チャンネル数

最大入力音声チャンネル数は 22 チャンネル及び低域を強調する 2 チャンネル（以下、22.2 チャンネル）とする。

#### 2.5.2.1.2 入力サンプリング周波数

48kHz とする。

#### 2.5.2.1.3 入力量子化ビット数

16、20、24 ビットとする。

#### 2.5.2.1.4 音声モード

音声モードは、以下の通りとする。

- モノラル
- ステレオ
- マルチチャンネルステレオ※<sup>2</sup>
  - 0-3/0/0-0.0 (3.0), 0-2/0/1-0.0 (3.0),
  - 0-3/0/1-0.0 (4.0), 0-2/0/2-0.0 (4.0),
  - 0-3/0/2-0.0 (5.0), 0-3/0/2-0.1 (5.1),
  - 0-3/0/3-0.1 (6.1), 2/0/0-2/0/2-0.1 (6.1),
  - 0-5/0/2-0.1 (7.1), 0-3/2/2-0.1 (7.1),
  - 2/0/0-3/0/2-0.1 (7.1), 0/2/0-3/0/2-0.1 (7.1),
  - 2/0/0-3/2/3-0.2 (10.2), 3/3/3-5/2/3-3/0/0.2 (22.2)
- 2 音声 (デュアルモノラル)

※1 下線は推奨音声モードを示す

※2 マルチチャンネルステレオの音声モード表記法として、チャンネル数を次のように表す。

上層—中層—下層・LFE

割り当てチャンネルがない層は0 とし、割り当てチャンネルがある層のチャンネル数を次のように表す。

フロント／サイド／バック

なお、括弧内は従来の表記。

(理由)

- 最大入力音声チャンネル数 22.2 チャンネルは、HDTV を超える高精細度映像サービス (UHDTV : SMPTE 2036-1) に対応した音場空間として位置付けられており、高度衛星デジタル放送の音声入力フォーマットとしてふさわしいと考えられる。
- 現行のデジタル放送でもサンプリング周波数 32kHz と 44.1kHz は使用されておらず、利用ケースを考慮して、サンプリング周波数は 48kHz のみとした。

## 2.5.2.2 音声符号化方式

### 2.5.2.2.1 音声符号化方式（基本サービス用）

#### (1) 準拠規格

MPEG-2 AAC 方式（ISO/IEC 13818-7） LC プロファイルとする。

AAC+SBR（Spectral Band Replication）方式（符号化サンプリング周波数は入力サンプリング周波数の半分）の使用も可能とする。

#### (2) 符号化における制約条件

最大音声符号化チャンネル数：22.2 チャンネルとする。

#### （理由）

- ・ MPEG-2 AAC 方式は既存のデジタル放送の音声符号化方式として実績があり、最大 22.2 チャンネルの音声入力にも対応可能と考えられる。
- ・ MPEG-2 AAC+SBR 方式も、既存のデジタル放送での比較的低ビットレート応用における音声符号化方式として実績があり、マルチリンガル音声サービス等の用途において有用性があると考えられる。

### 2.5.2.2.2 音声符号化方式（非圧縮・ロスレス高音質サービス用）（注）

注：周波数有効利用等の観点から課題がある方式

#### (1) 準拠規格

##### (ア) 非圧縮符号化方式

リニア PCM 音声符号化方式とする。

- ・ リニア PCM 音声信号（AES3 データ）の伝送には、SMPTE302M に準拠した PES 伝送方式を用いる。（PES 伝送方式については参考資料 12 参照）
- ・ AES3 のユーザビット（192 ビット）を用いて、音声モード識別、ダウンミックス係数等の音声関連メタ情報を伝送する。

##### (イ) ロスレス符号化方式

MPEG-4（ISO/IEC 14496-3）ALS 方式を候補とする。

ただし、MPEG-4 ALS 方式について、放送応用に適したサブセット化（符号化ツール及びパラメータの制約）を行う。（詳細検討中）

パラメータ記述部（ALSSpecificConfig）の AUX 領域を用いて、音声モード識別、ダウンミックス係数等の音声関連メタ情報を伝送する。

#### (2) 符号化における制約条件

最大音声符号化チャンネル数：5.1 チャンネルとする。

(理由)

- ・ 非圧縮音声符号化であるリニア PCM 音声符号化方式は、非圧縮・ロスレス高音質音声サービスの実現が可能である。
- ・ ロスレス音声符号化である MPEG-4 ALS 方式は MPEG 国際標準であり、高能率な符号化を実現しつつ非圧縮・ロスレス高音質音声サービスの実現が可能である。ただし、MPEG-4 ALS の最終的な採用にあたっては、放送応用に適したサブセット化の検討がなされることが必要である。
- ・ リニア PCM 音声符号化方式については、リニア PCM 音声信号を AES-3 データとして格納し、SMPTE302M に準拠した PES 伝送を行う技術的実現性を机上で確認したほか、実証実験を通じてその有効性を確認した。
- ・ MPEG-4 ALS 方式については、技術的実現性を机上で確認した。また、ALS ストリームを含む MPEG-2 TS 生成実験により、TS 化の実現性を確認した。
- ・ なお、非圧縮・ロスレス高音質サービス用符号化方式においては、高音質化を考慮し、サンプリング周波数 96kHz の追加を求める意見もあるが、これについては周波数有効利用の観点で課題があることを認識するとともに、その検討を行う場合には先ず必要性・有効性に係る検証の必要がある。

(留意すべき事項)

- ・ これまでデジタル放送の映像・音声の符号化に関しては、周波数有効利用の観点から、効率的な伝送技術の一つとして圧縮符号化方式の導入が図られてきた。周波数有効利用の観点は今回の衛星デジタル放送高度化においても同様であり、これを受けて「低ビットレートかつ高音質な符号化方式であること」が音声符号化方式の要求条件として求められている。
- ・ 「非圧縮・ロスレス高音質サービス」は原音を全く劣化なく放送するサービスを想定しているため、このサービスを実現する音声符号化方式として、いわゆる高能率圧縮符号化とは異なる概念の符号化方式、すなわち非圧縮音声符号化、ロスレス音声符号化を選定したところである。そのため、周波数有効利用に関する上記の要求条件との整合性において、これまでに無い大きな伝送容量を要し、効率的な伝送の点で課題があることを認識する必要がある。
- ・ 特に、非圧縮音声符号化であるリニア PCM においては、音声信号のベースバンドでのビットレート（例えば 5.1ch、48kHz、24bit の場合、約 6.9Mbps）を固定的に伝送路として割り当てる必要がある。
- ・ ロスレス（圧縮）音声符号化である MPEG-4 ALS は音源によりその程度は異なるものの、一般にリニア PCM に比べれば一定の周波数有効利用に資すると考えられる。ただし、そのビットレートは基本的に音源に依存することから、サービス運用上の柔軟性については、リニア PCM 同様の課題がある。また、トータルでの周波数有効利用に寄与するためには、音声を優先した映像・データとの統合的ビットレート制御技術が必要である。このような技術はまだ基本的なシミュレーション検討が始まった段階にあり、今後実用的に使用可能な機器開発など、さらなる総合的技術検討が必要である。

### 2.5.3 データ符号化方式

ARIB-J (ARIB STD-B23) によるデータ符号化及び伝送方式とする。

- 現在は機能的に独立している BML (ARIB STD-B24) との関係を見直し、STD-B24 の改訂も視野に入れつつそれぞれの方式にとってメリットのあるものとする。具体的には、BML の機能拡張に ARIB-J を利用したり、サービス互換性の確保のため ARIB-J アプリケーションの起動に BML を利用するなどの機能の追加が候補となる。



### 3. 回線設計例

カバレッジエリア中心部、カバレッジエリア端、外国との国境近傍という観点からの代表的な受信地点として、東京、那覇、対馬についての回線設計をおこなった。表 3-1 に回線計算のための前提条件を示す。表 3-2 に受信点の降雨減衰量を示す。表 3-3 に受信アンテナ開口径ごとの最悪月サービス時間率を示す。表 3-4～表 3-12 に回線設計の計算例を示す。

表 3-1 回線計算の前提条件

項目	計算条件				
伝送シンボルレート	32.5941 Mbaud				
アップリンク C/N	24 dB <sup>注1)</sup>				
計算周波数	12 GHz				
出力バックオフ(OBO) <sup>注2)</sup>	0.9dB (8PSK 3/4) 1.7dB (16APSK 3/4) 2.9dB (32APSK 4/5)				
衛星 EIRP	60 dBW (東京)、57 dBW (那覇、対馬) (飽和出力時)				
衛星回線伝搬路	東京：37931.3 Km (アンテナ仰角 38.1 度)、 那覇：36859.3 Km (アンテナ仰角 53.6 度) 対馬：37427.9 Km (アンテナ仰角 44.8 度)				
降雨減衰	ITU-R P.618-8 計算式による				
受信アンテナ開口径	45cm φ、60cm φ、75cm φ、120cm φ				
受信アンテナ開口効率	70%				
アンテナ雑音温度	晴天時のアンテナ雑音温度を 50K とし、下記算出式を用いた <sup>注2)</sup> $T_a [K] = T_o \{ 1 - 10^{(-L_r/10)} \} + 50$				
LNC 雑音指数	1 dB				
ナイキスト帯域幅	32.5941 MHz				
占有帯域幅(99%電力)	34.5 MHz				
外国衛星からの干渉 (C/I) <sup>注4)</sup> (韓国衛星位置：東経 116°)	アンテナ径	45cm	60cm	75cm	120cm
	東京	51.1 dB	53.6 dB	55.5 dB	59.8 dB
	那覇	49.8 dB	52.3 dB	54.2 dB	58.2 dB
	対馬	29.0 dB	31.5 dB	33.4 dB	37.3 dB
所要 C/N	TC8PSK 2/3(参考)	10.7 dB <sup>注5)</sup>			
	8PSK 3/4	8.7 dB (OBO 含まず) <sup>注6)</sup>			
	16APSK 3/4	11.6 dB (OBO 含まず) <sup>注6)</sup>			
	32APSK 4/5	16.2 dB (OBO 含まず) <sup>注6)</sup>			

注)

1. アップリンクの C/N については、降雨減衰を見込んだ場合の値として 24dB とした。  
平成 2 年度電通技審答申 諮問 44 号より引用。
2. OBO の定義は、図 3-1 に示すように、OMUX 出力における、無変調信号の飽和点出力に対する、変調信号の動作点出力の差分値とした。

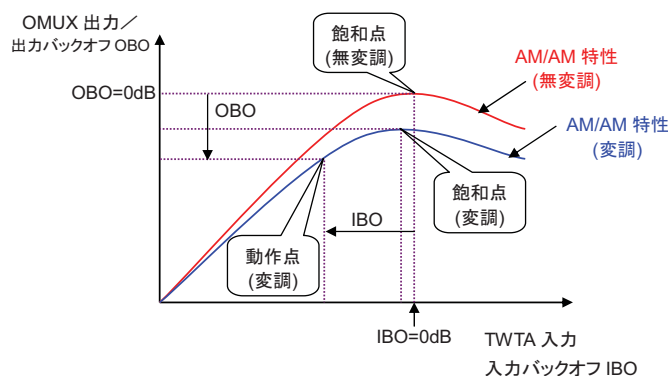


図 3-1 出力バックオフの定義

3. 平成 2 年度電通技審答申 諮問 44 号より引用。
4. 隣接チャンネル干渉としては、韓国衛星からの干渉を考慮した。  
韓国衛星からの干渉 (C/I) = { (日本衛星の e. i. r. p.) - (韓国衛星の干渉 e. i. r. p.) }  
+ (交差偏波識別度) + (周波数重複量)

計算には以下の条件を用いた。

- (1) 評価地点 東京 (東経 139.7 度、北緯 35.7 度)  
那覇 (東経 127.7 度、北緯 26.2 度)  
対馬 (東経 129.3 度、北緯 34.7 度)
- (2) 韓国衛星 東経 116 度 (e. i. r. p. 63.7 dBW)、帯域幅 27MHz
- (3) 日本の衛星 東経 110 度、帯域幅 34.5MHz  
東京方向の e. i. r. p. 60dBW  
那覇方向の e. i. r. p. 57dBW  
対馬方向の e. i. r. p. 57dBW
- (4) 韓国衛星の干渉 e. i. r. p. は韓国のプランビームを仮定。  
東京から見た 110 度と 116 度衛星間隔 6.68 度、干渉 e. i. r. p. 43.5 dBW  
那覇から見た 110 度と 116 度衛星間隔 6.88 度、干渉 e. i. r. p. 42.2 dBW  
対馬から見た 110 度と 116 度衛星間隔 6.77 度、干渉 e. i. r. p. 62.8 dBW

(5) 交差偏波識別度 (勧告 ITU-R B0.1213)

東京 (離角 6.68 度) 45cm 受信 : 32.6 dB、 60cm 受信 : 35.3 dB  
 那覇 (離角 6.88 度) 60cm 受信 : 35.4 dB、 90cm 受信 : 39 dB  
 対馬 (離角 6.77 度) 60cm 受信 : 35.3 dB、 90cm 受信 : 38.8 dB

(6) 周波数重複量 1.7dB (=10×log(34.5/23.14))

- ・ 放送衛星プランのチャンネル間隔 38.36MHz
- ・ 日本衛星のチャンネル帯域幅 34.5MHz
- ・ 韓国衛星のチャンネル帯域幅 27MHz

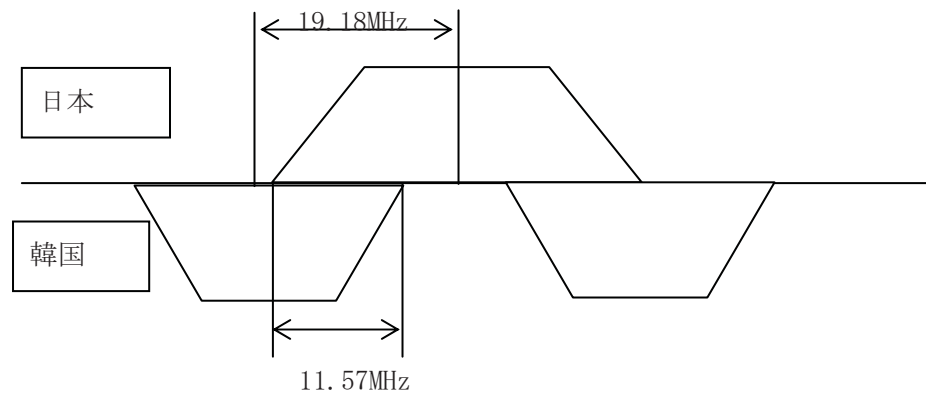


図 3-2 チャンネル配置

5. 平成9年度 電気通信技術答申 諮問74号から引用。現行方式 (ISDB-S、TC8PSK 2/3) の所要C/Nは、搬送波のときの中継器飽和点出力電力と変調波にしたときの出力電力の差 (本検討ではこれをOB0としている) を含む値として10.7dBを用いた。
6. 所要C/N(LNC、受信機、干渉を考慮)、衛星中継器OB0値は衛星伝送実験結果の値を用いた。

表3-2 受信点の降雨減衰量

受信点	最悪月サービス時間率	
	99.5 %	99.7 %
東京	2.4 dB	3.3 dB
那覇	3.1 dB	4.7 dB
対馬	2.2 dB	3.0 dB

表 3-3 受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率<sup>(注)</sup> との関係

受信点	EIRP	伝送方式 (OBO)	アップリンク C/N [dB]	アンテナ 開口径 45cm	アンテナ 開口径 60cm	アンテナ 開口径 75cm	アンテナ 開口径 120cm
東京	60dBW	TC8PSK(2/3) (0dB)(参考)	24	99.85 %			
		8PSK(3/4) (0.9dB)	24	99.88 %	99.93 %	99.95 %	99.98 %
		16APSK(3/4) (1.7dB)	24	99.66 %	99.81 %	99.89 %	99.96 %
		32APSK(4/5) (2.9dB)	24	受信不能	97.67 %	99.14 %	99.79 %
那覇	57dBW	TC8PSK(2/3) (0dB)(参考)	24	99.45 %	99.71 %		
		8PSK(3/4) (0.9dB)	24	99.58 %	99.79 %	99.87 %	99.94 %
		16APSK(3/4) (1.7dB)	24	98.28 %	99.36 %	99.65 %	99.82 %
		32APSK(4/5) (2.9dB)	24	受信不能	受信不能	94.73 %	99.28 %
対馬	57dBW	TC8PSK(2/3) (0dB)(参考)	24	99.69 %			
		8PSK(3/4) (0.9dB)	24	99.78 %	99.88 %	99.93 %	99.97 %
		16APSK(3/4) (1.7dB)	24	98.77 %	99.60 %	99.79 %	99.93 %
		32APSK(4/5) (2.9dB)	24	受信不能	受信不能	95.55 %	99.53 %

(注) 勧告 ITU-R B0.1696 は、最悪月サービス時間率が 99.5%以上であることとしている。

表 3-4 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：東京 受信アンテナ径：45cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク C/N <sub>u</sub>	dB	24.0	24.0
衛星EIRP P <sub>e</sub>	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ B <sub>o</sub>	dB	0.9	0.9
自由空間損失 L <sub>f</sub>	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	6.0
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L <sub>r</sub>	dB	0.0	5.8
雲による減衰 L <sub>c</sub>	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナ口径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G <sub>r</sub>	dBi	33.5	33.5
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 C	dB	-113.6	-119.3
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-102.6	-102.6
ボルツマン定数 K	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	263.1
LNC雑音指数 NF	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 NF'	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 T	K	125.1	338.2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.3
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.2
受信帯域幅 B	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 N	dBW	-132.5	-128.2
ダウンリンク C/N <sub>d</sub>	dB	18.9	8.8
C/(N <sub>u</sub> +N <sub>d</sub> )	dB	17.7	8.7
隣接チャンネル干渉	dB	51.1	51.1
総合 C/(N+I)	dB	17.7	8.7
所要 C/N(8PSK 3/4)	dB	8.7	8.7
システムマージン	dB	9.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.97
最悪月サービス時間率	%	-	99.88

表 3-5 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：那覇 受信アンテナ径：45cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク C/Nu	dB	24.0	24.0
衛星EIRP Pe	dBW	57.0	57.0
バックオフ Bo	dB	0.9	0.9
自由空間損失 Lf	dB	205.4	205.4
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	4.0
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	3.5
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.4
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33.5
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 C	dB	-116.3	-120.1
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.3	-105.3
ボルツマン定数 K	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	209.9
LNC雑音指数 NF	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 NF'	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 T	K	125.1	284.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.5
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.0
受信帯域幅 B	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 N	dBW	-132.5	-128.9
ダウンリンク C/Nd	dB	16.2	8.8
C/(Nu+Nd)	dB	15.5	8.7
隣接チャンネル干渉	dB	49.8	49.8
総合 C/(N+I)	dB	15.5	8.7
所要 C/N(8PSK 3/4)	dB	8.7	8.7
システムマージン	dB	6.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.89
最悪月サービス時間率	%	-	99.58

表 3-6 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：対馬 受信アンテナ径：45cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星EIRP $P_e$	dBW	57.0	57.0
バックオフ $B_o$	dB	0.9	0.9
自由空間損失 $L_f$	dB	205.5	205.5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	3.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	3.6
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	60.0	45.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	36.0	33.5
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 $C$	dB	-113.9	-120.0
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.5	-105.5
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	214.4
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	289.5
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	24.6
性能指数 $G/T$	dB/K	15.0	8.9
受信帯域幅 $B$	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-128.9
ダウンリンク $C/N_d$	dB	18.6	8.8
$C/(N_u+N_d)$	dB	17.5	8.7
隣接チャンネル干渉	dB	29.0	29.0
総合 $C/(N+I)$	dB	17.5	8.7
所要 $C/N$ (8PSK 3/4)	dB	8.7	8.7
システムマージン	dB	8.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.95
最悪月サービス時間率	%	-	99.78

表 3-7 回線設計 (16APSK(3/4) 受信点：東京 受信アンテナ径：45cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星EIRP $P_e$	dBW	60.0	60.0
バックオフ $B_o$	dB	1.7	1.7
自由空間損失 $L_f$	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	3.3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	3.1
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	33.5	33.5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 $C$	dB	-114.2	-117.3
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-102.6	-102.6
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	197.7
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	272.8
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	24.4
性能指数 $G/T$	dB/K	12.5	9.1
受信帯域幅 $B$	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-129.1
ダウンリンク $C/N_d$	dB	18.3	11.9
$C/(N_u+N_d)$	dB	17.3	11.6
隣接チャンネル干渉	dB	51.1	51.1
総合 $C/(N+I)$	dB	17.3	11.6
所要 $C/N$ (16APSK 3/4)	dB	11.6	11.6
システムマージン	dB	5.7	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.91
最悪月サービス時間率	%	-	99.66



表 3-8 回線設計 (16APSK(3/4) 受信点：那覇 受信アンテナ径：75cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星 EIRP $P_e$	dBW	57.0	57.0
バックオフ $B_o$	dB	1.7	1.7
自由空間損失 $L_f$	dB	205.4	205.4
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	4.5
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	3.9
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.4
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	33.5	37.9
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 $C$	dB	-117.1	-116.9
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.3	-105.3
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	222.4
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	297.4
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	24.7
性能指数 $G/T$	dB/K	12.5	13.2
受信帯域幅 $B$	MHz	32.59	32.59
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-128.7
ダウンリンク $C/N_d$	dB	15.4	11.9
$C/(N_u+N_d)$	dB	14.8	11.6
隣接チャンネル干渉	dB	54.2	54.2
総合 $C/(N+I)$	dB	14.8	11.6
所要 $C/N$ (16A PSK 3/4)	dB	11.6	11.6
システムマージン	dB	3.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.91
最悪月サービス時間率	%	-	99.65

表 3-9 回線設計 (16APSK(3/4) 受信点：対馬 受信アンテナ径：60cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星EIRP $P_e$	dBW	57.0	57.0
バックオフ $B_o$	dB	1.7	1.7
自由空間損失 $L_f$	dB	205.5	205.5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	3.1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	2.5
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.5
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	60.0	60.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	36.0	36.0
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 $C$	dB	-114.7	-117.6
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.5	-105.5
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	177.3
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	252.4
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	24.0
性能指数 $G/T$	dB/K	15.0	12.0
受信帯域幅 $B$	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-129.4
ダウンリンク $C/N_d$	dB	17.8	11.9
$C/(N_u+N_d)$	dB	16.9	11.6
隣接チャンネル干渉	dB	31.5	31.5
総合 $C/(N+I)$	dB	16.9	11.6
所要 $C/N$ (16A PSK 3/4)	dB	11.6	11.6
システムマージン	dB	5.3	0.0
年間サービス時間率	%		99.89
最悪月サービス時間率	%		99.60

表 3-10 回線設計 (32APSK(4/5) 受信点：東京 受信アンテナ径：120cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク C/Nu	dB	24.0	24.0
衛星EIRP Pe	dBW	60.0	60.0
バックオフ Bo	dB	2.9	2.9
自由空間損失 Lf	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	4.9
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	4.2
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.6
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナ口径 D	cm	120.0	120.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	42.0	42.0
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 C	dB	-107.1	-111.7
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-102.6	-102.6
ボルツマン定数 K	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	228.8
LNC雑音指数 NF	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 NF'	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 T	K	125.1	303.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.8
性能指数 G/T	dB/K	21.0	17.2
受信帯域幅 B	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 N	dBW	-132.5	-128.6
ダウンリンク C/Nd	dB	25.4	17.0
C/(Nu+Nd)	dB	21.7	16.2
隣接チャンネル干渉	dB	59.8	53.5
総合 C/(N+I)	dB	21.7	16.2
所要 C/N(32APSK 4/5)	dB	16.2	16.2
システムマージン	dB	5.5	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.95
最悪月サービス時間率	%	-	99.79

表 3-11 回線設計 (32APSK(4/5) 受信点：那覇 受信アンテナ径：120cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星 EIRP $P_e$	dBW	57.0	57.0
バックオフ $B_o$	dB	2.9	2.9
自由空間損失 $L_f$	dB	205.4	205.4
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	3.0
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	2.4
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.4
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	120.0	120.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	42.0	42.0
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 $C$	dB	-109.8	-112.5
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.3	-105.3
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	174.9
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	250.0
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	24.0
性能指数 $G/T$	dB/K	21.0	18.0
受信帯域幅 $B$	MHz	32.59	32.59
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-129.5
ダウンリンク $C/N_d$	dB	22.7	17.0
$C/(N_u+N_d)$	dB	20.3	16.2
隣接チャンネル干渉	dB	58.2	58.2
総合 $C/(N+I)$	dB	20.3	16.2
所要 $C/N$ (32APSK 4/5)	dB	16.2	16.2
システムマージン	dB	4.1	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.80
最悪月サービス時間率	%	-	99.28

表 3-12 回線設計 (32APSK(4/5) 受信点：対馬 受信アンテナ径：120cm)

項目	単位	晴天時	降雨時
アップリンク $C/N_u$	dB	24.0	24.0
衛星 EIRP $P_e$	dBW	57.0	57.0
バックオフ $B_o$	dB	2.9	2.9
自由空間損失 $L_f$	dB	205.5	205.5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	2.9
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 $L_r$	dB	0.0	2.3
雲による減衰 $L_c$	dB	0.1	0.5
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナ口径 $D$	cm	120.0	120.0
受信アンテナ開口効率 $\eta$	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 $G_r$	dBi	42.0	42.0
ポインティング損失	dB	0.3	0.3
受信機入力 $C$	dB	-109.9	-112.5
p. f. d.	dBW/m <sup>2</sup>	-105.5	-105.5
ボルツマン定数 $K$	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	168.7
LNC雑音指数 $N_F$	dB	1.0	1.0
LNC雑音指数 $N_F'$	K	75.1	75.1
受信機雑音温度 $T$	K	125.1	243.8
受信機雑音温度 $T'$	dBK	21.0	23.9
性能指数 $G/T$	dB/K	21.0	18.1
受信帯域幅 $B$	MHz	32.5941	32.5941
受信帯域幅 $B'$	dB・Hz	75.1	75.1
雑音入力 $N$	dBW	-132.5	-129.6
ダウンリンク $C/N_d$	dB	22.6	17.1
$C/(N_u+N_d)$	dB	20.3	16.3
隣接チャンネル干渉	dB	37.3	37.3
総合 $C/(N+I)$	dB	20.2	16.2
所要 $C/N$ (32APSK 4/5)	dB	16.2	16.2
システムマージン	dB	4.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.88
最悪月サービス時間率	%	-	99.53

#### 4. 将来想定される高度なサービスイメージ例

高度衛星デジタル放送方式によって、要求条件を満足する種々のシステム構成が可能となる。システム構成の例を以下に示す。

##### (1) 1080/60/I + 5.1 AAC

映像	1080/60/I	H. 264	13 Mbit/s	30-slot
音声	5.1ch	AAC	0.3 Mbit/s	8SPK 3/4
データ他			4.1 Mbit/s	17.4 Mbit/s

##### (2) 1080/60/I + 5.1 lossless/PCM

映像	1080/60/I	H. 264	13 Mbit/s	35-slot
音声	5.1	Lossless/PCM	6.9 Mbit/s	8SPK 3/4
データ他			0.5 Mbit/s	20.3 Mbit/s

##### (3) 1080/60/P + 5.1 AAC

映像	1080/60/P	H. 264	17 Mbit/s	35-slot
音声	5.1	AAC	0.3 Mbit/s	8SPK 3/4
データ他			3 Mbit/s	20.3 Mbit/s

##### (4) 1080/60/I + 5.1 AAC + 低階層

映像	1080/60/I	H. 264	13 Mbit/s	25-slot
音声	5.1	AAC	0.3 Mbit/s	8PSK 3/4
データ他			1.2 Mbit/s	14.5 Mbit/s
映像	CIF	H. 264	1 Mbit/s	5-slot
音声	Stereo	AAC	0.1 Mbit/s	QSPK 1/2
データ他			0.2 Mbit/s	1.3 Mbit/s

##### (5) 2160/60/P + 22.2 AAC

映像	2160/60/P	H. 264	60 Mbit/s	120-slot
音声	22.2	AAC	1.6 Mbit/s	8PSK 3/4
データ他			8 Mbit/s	69.6 Mbit/s

衛星中継器当たり 120 スロットへのチャンネル割り当ての例を図 4-1～図 4-4 に示す。

図 4-1 「1080/60/I + 5.1 AAC」 x 4 チャンネル

1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)	1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)	1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)	1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)
--	--	--	--

図 4-2 1080/60/I, 1080/60/P, lossless/PCM 音声, TLV, 低階層

1080/60/I 5.1 lossless/PCM 20.3 Mbps (35 slot)	1080/60/P 5.1 AAC 20.3 Mbps (35 slot)	TLV 11.6 Mbps (20 slot)	1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (25 slot)
---	--	-------------------------------	--

↑  
低階層  
1.3Mbps (5slot)

図 4-3 「2160/60/P + 22.2 AAC」 x 1 チャンネル

2160/60/P 22.2 AAC 69.6 Mbps (120 slot)
--

図 4-4 リアルタイム型放送と蓄積型放送

1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)	1080/60/I 5.1 AAC 17.4 Mbps (30 slot)	TLV 17.4 Mbps (30 slot)	TLV 17.4 Mbps (30 slot)
--	--	-------------------------------	-------------------------------

## 5. 今後の課題

### 5.1 伝送路符号化方式

プロトタイプを送受信機は開発済みであり、これを用いた実証実験により性能が確認されているが、今後、受信機用 LSI の開発やこれを実装した低廉な受信機の開発が必要である。

16APSK や 32APSK を利用していくためには、より小口径の受信アンテナで所定のサービス時間率を得ることが可能となる必要がある。このためには衛星搭載中継器の定格出力の増大、サービスエリア内の衛星 e. i. r. p. の均一化、アップリンクの高 C/N 化など、地上局も含めた衛星中継器システムの研究開発が必要であり、また、経済性を見地からの検討も必要である。

なお、衛星放送において APSK を使用するためには、APSK が他国の衛星放送へ与える干渉及び APSK が他国の衛星放送から受ける干渉の影響を評価し、ITU への申請・登録を行う必要がある。

### 5.2 多重化方式

TLV (Type Length Value) による蓄積型放送サービスを導入するためには、今後、民間標準化機関である社団法人電波産業会 (ARIB) において以下の事項について検討する必要がある。

- ・コンテンツのダウンロード方式
- ・受信機の出カインタフェース
  - IP パケット出力アダプタ
- ・受信チャンネルの選局方式
- ・ダウンロードコンテンツのフォーマット
  - 映像・音声等の符号化方式、ファイル形式
- ・ダウンロードコンテンツの選択方式
- ・ダウンロードコンテンツの利用制御方式
  - アクセス制御方式

### 5.3 限定受信方式

TLV による蓄積型放送サービスでは、暗号化した映像・音声データをファイルとして TLV 多重化方式で伝送し、その復号鍵は通信経由で取得することも想定する必要がある。また、このような限定再生方式におけるファイル型コンテンツのアクセス制御方式において、エンクリプトの対象を TLV に含まれる IP パケットのデータバイトとする規定も ARIB にて必要になると考えられる。

一方、将来、現行のデジタル HDTV を超える高精細・高品質の映像サービスが新たに導入されることも想定されるが、この場合、新たな放送サービスに対応でき、セキュリティ技術の動向を考慮した CAS 方式の検討が必要になる可能性もある。例えば新たな放送サービスが導入される場合、その受信機が既存方式と互換性がないとすれば、スクランブルサブシステムの暗号方式として、鍵長 128 ビット以上の暗号方式等の追加を検討する必要があるとの意見もある。

### 5.4 映像符号化方式

1080/60/I のほか、新たに 1080/60/P 及び 2160/60/P を基本映像フォーマットとしたが、この



うち 1080/60/P に対応するコンテンツ制作機器や表示装置は既に実用化され、2160/60/P についてもこれに対応する制作機器が海外では発表されている事例があるほか、業務用であれば表示装置も一部の対応メーカーから入手可能となっている。

1080/60/P や 2160/60/P に対応する H.264 エンコーダ/デコーダは、技術的には 2011 年頃には実現可能と予測されてはいるが、今後、そのハードウェア化や受信機器用デコーダ LSI の開発が必要とされる必要がある。

特に 2160/60/P については、1080/60/P と比べて高い処理能力を要するため、放送サービスへの適用にあたっては、放送局用のエンコーダ機器や一般視聴者向け受信機器の実現のほか、多様なコンテンツ制作など、サービス提供上の環境整備の状況に留意することも必要である。

更に将来の新たな放送サービスとして期待される 4320/60/P については、これに対応する制作機器や表示装置は、実用化に向けて開発が進められつつある段階にあるが、本フォーマットに対応する H.264 エンコーダ/デコーダの実現は技術的にも 2011 年以降になると予測される。また、この 4320/60/P の所要ビットレートは 2160/60/P の数倍になると考えられ、一層の高圧縮の実現や、8PSK 3/4 の伝送容量約 70Mbit/s よりも大容量の伝送路を利用可能とする必要がある。したがって、4320/60/P の導入のためには、制作機器、表示装置、コーデックの開発・実用化とともに、16APSK や 32APSK といった多値変調技術の導入による伝送容量のさらなる拡大が必要である。

一方、H.264 のレベルは、現在 2160/30/P に対応するレベルまでが ITU-T 及び MPEG により H.264 規格に規定されているが、今後、2160/60/P や 4320/60/P に対応するレベルが H.264 規格に規定されるよう、今回の答申を機にこれらフォーマットを進めていくことも重要である。

## 5.5 音声符号化方式

### 5.5.1 音声入力フォーマット

最大入力音声チャンネル数として 22.2ch を導入するには、今後、音場空間の規定が必要である。現在、SMPTE で UHDTV Audio (デジタルオーディオ特性ならびに 22.2 マルチチャンネル) に関する規格案を審議中である。また、IEC/TC100 において、22.2 マルチチャンネル音響方式を含む General Channel Assignment 規格を審議中である。

### 5.5.2 音声符号化方式 (基本サービス用)

音声入力フォーマットの追加に伴う AAC 規格の拡張 (Channel Configuration) が必要である。現在、MPEG 規格の改訂が審議されている。

### 5.5.3 音声符号化方式 (非圧縮・ロスレス高音質サービス用)

本方式の放送サービスへの適用如何については、現状では先ず周波数有効利用等の観点からの課題があることが前提となる。

なお、本方式に係る技術的課題としては以下のものが考えられる。

- ・ MPEG-4 ALS 方式における放送応用に適したサブセット化の検討及び実証

－ ALS 方式の使用による周波数有効利用シナリオ、例えば音声を優先した映像・データとの統合的ビットレート制御技術による効率的な多重・伝送方式の検討のほか、その伝送実験等

による実現性の検証も必要である。

－放送応用に適した新しいプロファイル・レベル（ツールやパラメータの制約）が必要であり、ARIB では今後、MPEG 規格の改訂提案を検討することとしている。

- ・リニア PCM 方式における音声メタ情報の伝送

－AES-3 ユーザビット（192bit）を利用したダウンミックス係数、音声モード識別等の伝送の検討が必要であり、現在、ARIB と JEITA（インタフェース標準化グループ）のリエゾンにより、IEC60958-3 への改訂提案の検討がなされている。

## 5.6 データ符号化方式

今後、ARIB において以下の項目の詳細な検討を進める必要がある。

- ・ARIB-J 規格（ARIB STD-B23）の拡張

－①アプリケーション蓄積機能とシグナリング、②デジタルビデオレコーダ API、③UPnP による宅内ネットワークアクセス、④ユーザインタフェースの要素機能の追加、等について検討を行う。

- ・BML（ARIB STD-B24）との関係の整理

－BML と ARIB-J 間の機能利用方法やアプリケーション起動方法について検討を行う。

- ・国際標準との整合性

－ARIB-J の規格改定に際し、ARIB と DVB TM-MUG とのリエゾンによる協調を図る。また、ブラジルの地上デジタル放送規格（SBTVD-T）との整合性（データ放送コンテンツの互換性等）も検討する。