

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
(案)

目 次

I 審議事項	i
II 委員会構成	i
III 検討経過	i
IV 検討概要	ii

別表1 (委員会構成員)	iii
--------------	-----

別表2 (作業班構成員)	iv
--------------	----

別紙 (検討概要)

はじめに	1
1. 超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件	2
1.1 要求条件	2
1.2 要求条件との整合性	10
2. 技術的条件	18
2.1 周波数条件	18
2.1.1 広帯域伝送における周波数条件	18
2.1.1.1 占有周波数帯幅とシンボルレート	18
2.1.1.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値	18
2.1.1.3 干渉許容値	18
2.1.1.4 不要発射	19
2.1.2 狭帯域伝送における周波数条件	19
2.1.2.1 占有周波数帯幅とシンボルレート	19
2.1.2.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値	19
2.1.2.3 干渉許容値	19
2.1.2.4 不要発射	20
2.2 伝送路符号化方式	21
2.2.1 広帯域伝送における伝送路符号化方式	21
2.2.1.1 伝送路符号化方式検討の基本的考え方	21

2.2.1.2	採用する伝送路符号化方式の概要	21
2.2.1.3	伝送路符号化部の基本構成	22
2.2.1.4	多重信号のフレーム構成	23
2.2.1.5	変調信号のフレーム構成	28
2.2.1.6	誤り訂正方式	30
2.2.1.7	TMCC 用誤り訂正方式	33
2.2.1.8	エネルギー拡散方式	34
2.2.1.9	インターリーブ	35
2.2.1.10	変調方式	38
2.2.1.11	伝送シンボルレートと許容偏差	42
2.2.1.12	ロールオフ率	48
2.2.1.13	伝送信号点配置信号	49
2.2.1.14	TMCC 信号	50
2.2.1.15	回線設計例	58
	(付録) LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル	89
2.2.2	狭帯域伝送における伝送路符号化方式	114
2.3	多重化方式	115
2.3.1	多重化方式検討の基本的考え方	115
2.3.1.1	広帯域伝送における多重化方式の要件	115
2.3.2	狭帯域伝送における多重化方式	116
2.3.2.1	新たな映像符号化方式のための追加規定	116
2.3.3	広帯域伝送における多重化方式	120
2.3.3.1	MMT・TLV 方式	120
2.3.3.2	MPEG-2 TS 方式	159
2.3.3.3	提案方式に係る国際標準化の状況	167
2.4	限定受信方式	168
2.4.1	広帯域伝送における限定受信方式	169
2.4.1.1	スクランブルサブシステム	169
2.4.1.2	関連情報サブシステム	186
2.4.2	狭帯域伝送における限定受信方式	191
2.5	情報源符号化方式	192
2.5.1	映像符号化方式	192
2.5.1.1	映像入力フォーマット及び映像符号化方式の基本的考え方	192
2.5.1.2	映像符号化方式	193
2.5.1.3	機器開発動向	196

2.5.2	音声符号化方式	198
2.5.2.1	音声入力信号	198
2.5.2.2	音声符号化方式	198
3.	想定されるサービスイメージ例	200
3.1	広帯域伝送におけるサービスイメージ例	200
3.2	狭帯域伝送におけるサービスイメージ例	204
4.	今後の課題	206
4.1	多重化方式	206
4.2	限定受信方式	206
4.3	映像符号化方式	206
4.4	音声符号化方式	207
4.5	その他	207

I 審議事項

放送システム委員会では、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」（平成 18 年 9 月 28 日諮問）のうち「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」について検討を行い、このうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について、本報告（案）を取りまとめた。

II 委員会及び作業班の構成

放送システム委員会の構成は、別表 1 のとおり。

なお、放送システム委員会の下に、委員会における調査のために必要な情報を収集し、技術的条件についての検討の促進を図るため、超高精細度テレビジョン放送システム作業班を設置した。超高精細度テレビジョン放送システム作業班の構成は、別表 2 のとおり。

III 検討経過

1. 放送システム委員会での検討

本件に関する放送システム委員会での検討経過は、次のとおり。

① 第 35 回（平成 25 年 5 月 15 日）

超高精細度テレビジョン放送システム作業班の設置並びに同作業班の運営方針、検討課題及びスケジュールについて検討を行った。

また、超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件について、広く意見陳述の機会を設けることとし、平成 25 年 5 月 16 日から同年 6 月 6 日まで希望者を募集したが、意見陳述の申出はなかった。

② 第 37 回（平成 25 年 7 月 16 日）

超高精細度テレビジョン放送システムの要求条件（案）について検討を行った。

③ 第 39 回（平成 25 年 10 月 18 日）

超高精細度テレビジョン放送システム作業班の調査状況の報告を受け、検討を行った。

④ 第 40 回（平成 25 年 12 月 3 日）

超高精細度テレビジョン放送システム作業班の中間報告を受け、検討を行った。

⑤ 第 41 回（平成 26 年 1 月 31 日）

超高精細度テレビジョン放送システム作業班での報告を受け、委員会報告（案）について検討を行った。

2. 超高精細度テレビジョン放送システム作業班での調査

超高精細度テレビジョン放送システム作業班の調査経過は、次のとおり。

① 第1回（平成25年6月5日）

作業班における検討事項、スケジュール及び超高精細度テレビジョン放送システムの要求条件（素案）について調査を行った。

② 第2回（平成25年7月2日）

超高精細度テレビジョン放送システムの要求条件（案）について調査を行った。

③ 第3回（平成25年10月15日）

超高精細度テレビジョン放送システムの基本的な技術的条件について調査を行った。

④ 第4回（平成25年11月25日）

超高精細度テレビジョン放送システムの詳細な技術的条件について調査を行い、作業班中間報告を取りまとめた。

⑤ 第5回（平成25年1月24日）

引き続き超高精細度テレビジョン放送システムの詳細な技術的条件について調査を行い、作業班報告を取りまとめた。

IV 検討概要

別紙のとおり。

**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、委員及び専門委員は、主査及び主査代理を除き五十音順)

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
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
専門委員	浅見 洋	社団法人日本CATV技術協会 副理事長
〃	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
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
〃	門脇 直人	独立行政法人情報通信研究機構 執行役 ワイヤレスネットワーク研究所 研究所長 (第38回まで)
〃	関根 かをり	明治大学 理工学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授
〃	野田 勉	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発グループ長
〃	松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃	村山 優子	岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 教授
〃	矢野 博之	独立行政法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 研究所長 (第39回から)
〃	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
超高精細度テレビジョン放送システム作業班 構成員

(敬称略、構成員は、主任及び主任代理を除き五十音順)

氏 名		主 要 現 職
主任	伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 教授
主任代理	甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
	池田 充郎	日本電信電話株式会社 メディアインテリジェンス研究所 主幹 研究員
	今井 亨	日本放送協会 技術局 計画部 副部長
	上園 一知	株式会社ジュピターテレコム 技術本部 ネットワーク企画部 マネージャー
	鵜飼 徹	一般社団法人 衛星放送協会 技術委員会 副委員長 (株式会社東北新社 放送本部 メディア事業部 技術部長)
	浦野 丈治	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 技術開発部長
	大島 勝也	日本電気株式会社 放送映像事業部 第三技術部 シニアエキス パート
	奥井 誠人	独立行政法人 情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーシ ョン研究所 超臨場感映像研究室 主任研究員
	黒田 徹	一般社団法人 電波産業会 デジタル放送システム開発部会 委 員長
	桑本 英樹	株式会社日立製作所 研究開発本部 横浜研究所 組込みシステ ム研究センタ 組込みソリューション研究部 部長
	佐々木 博之	パナソニック株式会社 渉外グループ 担当部長
	正源 和義	株式会社 放送衛星システム 総合企画室 専任部長
	杉本 明久	一般社団法人 日本CATV技術協会 事業部長
	高田 仁	一般社団法人 日本民間放送連盟 企画部 主幹
	田島 慶一	スカパーJ S A T株式会社 技術運用本部 システム技術部 部 長代行

氏 名		主 要 現 職
	田中 豊	シャープ株式会社 研究開発本部 通信・映像技術研究所 副所長
	中川 章	株式会社富士通研究所 メディア処理システム研究所 イメージシステム研究部 部長
	西田 幸博	日本放送協会 放送技術研究所 テレビ方式研究部 主任研究員
	野田 勉	一般社団法人 日本ケーブルラボ 実用化開発グループ長
	廣田 敦志	株式会社東芝 デジタルプロダクツ&サービス社 プラットフォーム&ソリューション開発センター オーディオ&ビジュアル技術開発部 参事
	柳原 広昌	株式会社KDDI 研究所 執行役員 マルチメディア部門担当
	山田 悦久	三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 映像情報処理技術部 主席技師長
	湯沢 啓二	ソニー株式会社 システム&ソフトウェアテクノロジープラットフォーム 情報技術開発部門 標準技術開発部 UHD専任部長

検 討 概 要

はじめに

放送・通信分野において、新たな映像符号化方式等、現行の高精細度テレビジョン放送 (HDTV) を超える飛躍的な画質の向上に資する映像技術等の研究開発や標準化が進展しており、4K・8K フォーマットに対応した超高精細度テレビジョン放送 (UHDTV) の映像形式に関する国際標準の策定も行われている。また、4K に対応したカメラ、ディスプレイ等の製品化等も急速に進んでいる。

一方、諸外国においても、例えば、韓国では地上波における 4K 放送を目指した実験等が実施されており、米国においても UHDTV に対応した次世代の放送規格である ATSC3.0 の検討が開始されるなど、放送の高画質化に向けた取組が世界的に進展しているところである。

このような状況の下、総務省では、平成 24 年 11 月より「放送サービスの高度化に関する検討会」(座長：須藤 修 東京大学大学院情報学環長・教授)を開催し、同検討会に「スーパーハイビジョン WG」(主査：伊東 晋 東京理科大学理工学部教授)を設置して検討を進め、4K・8K に対応した放送サービスの開始時期や受信機の実用化・普及に関する目標を示すロードマップを平成 25 年 5 月末に策定した。

これらを踏まえ、現行の HDTV サービスを超える空間解像度等を有する UHDTV サービス、すなわち超高精細度テレビジョン放送の実用化、普及促進等を図るため、より効率的な伝送を可能とする最新技術の導入等、必要な技術的条件を新たに取りまとめることについて、平成 25 年 5 月に情報通信審議会に諮問がな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、現行の放送方式との親和性や国際標準化の動向等を考慮しつつ技術的条件の検討を行ってきた。衛星デジタル放送における UHDTV サービスの実現に際して求められる要求条件を満たすとともに、現時点で円滑なサービス導入が可能と考えられる技術等について検討したところ、今般、「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について報告を取りまとめた。

1. 超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件

1.1 要求条件

1.1.1 基本的な考え方

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件に関する基本的な考え方は、最新の衛星デジタル放送方式である高度広帯域伝送方式及び高度狭帯域伝送方式における要求条件^{*}を踏まえて、次のとおりとする。

- ・ 超高精細度テレビジョン放送による高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
- ・ 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、その後に想定されるサービスや機能の追加等にも配慮した拡張性を有する方式とすること。
- ・ 現行の放送サービスや他のデジタル放送メディアとの相互運用性をできる限り確保するとともに、通信との連携による新たなサービスにも対応できること。
- ・ 高度広帯域伝送方式又は高度狭帯域伝送方式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ことが適当な場合については、その内容を準用すること。

※【高度広帯域伝送方式】

平成 20 年 7 月 29 日付 情報通信審議会答申「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」における「高度衛星デジタル放送方式に関する要求条件」

【高度狭帯域伝送方式】

平成 18 年 7 月 20 日付 情報通信審議会答申「CS デジタル放送方式（広帯域伝送方式を除く）の高度化に関する技術的条件」における「狭帯域 CS デジタル放送の高度化に関する要求条件」

1.1.2 システム

項目	広帯域伝送 (34.5MHz 帯域幅)	狭帯域伝送 (27MHz 帯域幅)	備考	
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> 衛星放送、CATV、IPTV、蓄積メディア等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。 既存のシステムに妨害を与えないこと。 			
サ ー ビ ス	<ul style="list-style-type: none"> 高精細度テレビジョン (HDTV) サービスを可能とすること。 			
	<ul style="list-style-type: none"> HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス (8K フォーマットまで) を基本とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス (4K フォーマット) を基本とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、8K による高画質サービスを想定しているため。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。 			
	高機能化 ／多様化	<ul style="list-style-type: none"> インターネット等の通信系を利用したサービスや蓄積型サービスについても考慮すること。 HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。 HDTV を超える高画質サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、蓄積型サービスとの連携も想定しているため。 広帯域伝送は、22.2ch の高臨場感サービスの実現も想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> 高齢者、障害者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。 			
	拡張性	<ul style="list-style-type: none"> サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。 		
ア ク セ サ ビ リ ティ	<ul style="list-style-type: none"> 種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。 			
	<ul style="list-style-type: none"> さらに、放送と通信系のサービスや蓄積型サービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 	<ul style="list-style-type: none"> さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、蓄積型サービスとの連携も想定しているため。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 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。 年齢による視聴制限 (パレンタルレート) 設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。 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緊急情報の放送について考慮されていること。 			

実時間性	<ul style="list-style-type: none"> ・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。 ・視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。 		
システム制御	<ul style="list-style-type: none"> ・降雨時や故障時のアップリンクや衛星の切り替え等を制限なく行えること。 ・放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・広帯域伝送は、複数放送事業者による伝送方式の選択や組み合わせの変更を可能とすることも想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> ・送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。 		
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 		
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> ・受信者の個人情報保護について考慮すること。 		
国際展開	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 		

1.1.3 放送品質

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	備考
画質	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス (8K フォーマットまで) 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。 	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス (4K フォーマット) 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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域伝送は、8K による高画質サービスを想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> • 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。 • 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。 		
音質	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス (8K フォーマットまで) に対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した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。 	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス (4K フォーマット) を考慮するとともに、現行サービスも踏まえつつ、できる限り高い品質を保つこと。 	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域伝送は、22.2ch の高臨場感音声サービスの実現も想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> • 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。 		
低 C/N 時の特性	<ul style="list-style-type: none"> • 低 C/N 時の劣化ができるだけ少ないこと。 		
伝送障害の特性	<ul style="list-style-type: none"> • 降雨減衰等による伝送障害時の放送遮断の時間率が小さいこと。 • 降雨減衰等による受信の一時断からの復帰が早いこと。 • 降雨減衰時における画質・音質等のバランスを考慮すること。 • 受信不能時に雑音等がそのまま提示されないこと。 		
システム切替え時の特性	<ul style="list-style-type: none"> • 降雨減衰時のサイトダイバーシティ運用等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。 	—	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域伝送は、受信機への切替え告知も想定されるため。

1.1.4 技術方式

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	備考
映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス（8K フォーマットまで）を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービス（4K フォーマット）を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域伝送は、8K による高画質サービスを想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> • 国際標準と整合した方式を用いること。 • 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 • サービス要件、現行設備や受信機への負担等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。 		
音声入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> • 高効率かつ高音質な符号化方式であること。 • 多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。 • 国際標準と整合した方式を用いること。 • 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 • 現行設備や受信機への負担等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。 		
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> • 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 • 通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域伝送は、データ放送による通信系のサービスとの連携も想定しているため。
多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> • UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。 • 多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。 • 通信系のサービスとの連携を考慮すること。 • 他のサービスとの相互運用性を考慮すること。 • CATV による放送波の再放送のような、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。 		

		<ul style="list-style-type: none"> 各認定基幹放送事業者の送出信号の独立性が確保できること。 	<ul style="list-style-type: none"> 複数事業者に対応可能であることが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送のサービスモデル（複数事業者、複数プラットフォーム）と狭帯域伝送方式のサービスモデル（複数事業者、単一プラットフォーム）が異なるため。
限定受信方式	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> 高度な秘匿性を有すること。 		
		<ul style="list-style-type: none"> 不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、限定受信方式の脆弱性への対応機能も想定しているため。
	関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> 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し、その安全性を継続的に維持・改善できること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、安全性を継続的に改善する機能等も想定しているため。
		<ul style="list-style-type: none"> 種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。 個々の受信者へ向けた情報の伝送・表示が可能であること。 		
		<ul style="list-style-type: none"> 各認定基幹放送事業者の運用の独立性が確保できること。 新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送のサービスモデルと狭帯域伝送方式のサービスモデルが異なるため。 広帯域伝送は、安全性を継続的に改善する機能等も想定しているため。
	<ul style="list-style-type: none"> 関連情報は可能な限り共通の形式によること。 関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。 			
伝送路	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> 11.7～12.2GHz（BS デジタル放送）及び 12.2～12.75GHz（広帯域 CS デジタル放送）を対象とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> 12.2～12.75GHz（狭帯域 CS デジタル放送）を対象とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用周波数帯が異なるため。

符号化方式	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> 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。 		
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> 放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の電波監理に係る条件を満足すること。 		
	変調系	<ul style="list-style-type: none"> 周波数有効利用及び多様なサービス、特にUHDTVサービス(8Kフォーマットまで)を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数有効利用及び多様なサービス、特にUHDTVサービス(4Kフォーマット)を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送は、8Kによる高画質サービスを想定しているため。
		<ul style="list-style-type: none"> 低いC/N時でもできるだけ安定して受信できる方式であること。 帯域利用効率が高く、中継器の非線形特性に強い方式であること。 復調用のLSI開発が可能であること。 		
		<ul style="list-style-type: none"> BSデジタル放送及び広帯域CSデジタル放送として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。 	<ul style="list-style-type: none"> 狭帯域CSデジタル放送として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。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用周波数帯が異なるため。
	誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> 衛星伝送路の雑音特性に有効であること。 採用する変調方式との整合性が良いこと。 符号化効率が良いこと。 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、伝送容量の低下を最小限にとどめること。 誤り訂正用のLSI開発が可能であること。 		
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> 周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。 		
伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 			

1.1.5 受信機

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	備考
操作性	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が簡単であること。 ・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。 ・高齢者、障害者等に配慮した操作性を有すること。 ・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。 		
処理系	<ul style="list-style-type: none"> ・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・能力を持つこと。 		
蓄積系	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 		
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> ・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。 ・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。 ・高速データ転送が可能であること。 ・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。 ・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。 		
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 		
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・受信機が満たすべき条件が開示されていること。 		

1.2 要求条件との整合性

1.1.2 から 1.1.5 に示した要求条件の各項目に対して、今回検討した方式との整合性は次のとおり。

1.2.1 システム

項目	広帯域伝送 (34.5MHz 帯域幅)	狭帯域伝送 (27MHz 帯域幅)	整合性
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> 衛星放送、CATV、IPTV、蓄積メディア等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。 既存のシステムに妨害を与えないこと。 		<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用し、通信ネットワークとの互換性や伝送信号の互換性を考慮した。 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。
サ ー ビ ス	<ul style="list-style-type: none"> 高精細度テレビジョン (HDTV) サービスを可能とすること。 		<ul style="list-style-type: none"> 映像フォーマットとして HDTV に対応する 1980×1080 の空間解像度も採用した。 また、4K 及び 8K の UHD TV 映像フォーマットを採用した。 広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。 最大 22.2 マルチチャンネルステレオに対応した。 高音質サービスに対応した。 システムレイヤーでの複数の音声ストリーム多重による、多言語サービス、視覚・聴覚障害者用副音声サービス、高齢者用音声サービスに対応可能とした。
	<ul style="list-style-type: none"> HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス (8K フォーマットまで) を基本とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス (4K フォーマット) を基本とすること。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。 		
	<ul style="list-style-type: none"> インターネット等の通信系を利用したサービスや蓄積型サービスについても考慮すること。 HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。 HDTV を超える高画質サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 高齢者、障害者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。 		

	拡張性	<ul style="list-style-type: none"> サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。 		<ul style="list-style-type: none"> 将来、120/P 放送を 60/P までに対応した受信機でも受信できるように、HEVC の時間方向階層符号化のための規定を採用した。
	アクセサビリティ	<ul style="list-style-type: none"> 種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。 	<ul style="list-style-type: none"> さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。 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。
		<ul style="list-style-type: none"> さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 		
実時間性	<ul style="list-style-type: none"> 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。 年齢による視聴制限（パレンタルレート）設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。 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緊急情報の放送について考慮されていること。 		<ul style="list-style-type: none"> 高い実時間性を要求される場合を考慮すること。 視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。 	<ul style="list-style-type: none"> 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ことが可能である。 MPEG-2 AAC、MPEG-4 AAC、MPEG-4 ALS 共に映像符号化よりも十分短い符号化遅延で処理可能である。
システム制御	<ul style="list-style-type: none"> 降雨時や故障時のアップリンクや衛星の切り替え等を制限なく行えること。 放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。 		—	<ul style="list-style-type: none"> チャンネル数やビットレートの配分を柔軟に設定可能である。
	<ul style="list-style-type: none"> 送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。 			

著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> 受信者の個人情報保護について考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
国際展開	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 多重化及び情報源符号化には国際標準に準拠した方式を採用した。 MPEG-4 AAC は他国でも導入済みである。

1.2.2 放送品質

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	整合性
画質	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス (8K フォーマットまで) 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。 	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス (4K フォーマット) 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 8K 及び 4K の UHDTV 映像フォーマットを採用した。これらは広色域表色系に対応し、高フレームレートにも対応している。 種々のテスト画像を用いた画質評価実験により、映像フォーマットごとのビットレートと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ことが可能である。 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。
	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 		
音質	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス (8K フォーマットまで) に対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した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。 	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス (4K フォーマット) を考慮するとともに、現行サービスも踏まえつつ、できる限り高い品質を保つこと。 	<ul style="list-style-type: none"> MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信号に対応し、高音質・高臨場感音声サービスを含む各種ビットレートに対応可能である。 MPEG-4 ALS は原音のリニア PCM 音声と同じ高音質・高臨場感音声サービスに対応可能である。 サービスに応じて異なる音声ビットレートを使用することができる。
	<ul style="list-style-type: none"> 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。 		

低 C/N 時の特性	<ul style="list-style-type: none"> 低 C/N 時の劣化ができるだけ少ないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> 適切な伝送路符号化方式を採用しており、低 C/N 時の劣化をできるだけ少なくすることが可能である。
伝送障害の特性	<ul style="list-style-type: none"> 降雨減衰等による伝送障害時の放送遮断の時間率が小さいこと。 降雨減衰等による受信の一時断からの復帰が早いこと。 降雨減衰時における画質・音質等のバランスを考慮すること。 受信不能時に雑音等がそのまま提示されないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> 適切な伝送路符号化方式を採用しており、降雨減衰による伝送障害時の放送遮断の時間率を小さくすること等に対応可能である。 受信機の仕様検討において考慮されることを想定した。
システム切替え時の特性	<ul style="list-style-type: none"> 降雨減衰時のサイトダイバーシティ運用等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。 	<p style="text-align: center;">—</p> <ul style="list-style-type: none"> TMCC 信号により、アップリンクや衛星の切り替え等を予め受信機に告知可能である。

1.2.3 技術方式

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	整合性
映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス（8K フォーマットまで）を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービス（4K フォーマット）を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-R 勧告 BT. 2020 に基づく 4K 及び 8K フォーマットを採用した。これらは広色域表色系に対応し、高フレームレートにも対応している。 最新の映像符号化方式として国際標準化されており、高効率な方式である HEVC を採用した。 将来 120/P 放送を 60/P までに対応した受信機でも受信できるように、HEVC の時間方向階層符号化のための規定を採用した。
音声入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> 国際標準と整合した方式を用いること。 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 サービス要件、現行設備や受信機への負担等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。 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率かつ高音質な符号化方式であること。 多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。 国際標準と整合した方式を用いること。 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信号に対応した高効率かつ高音質な符号化方式である。 MPEG-4 ALS は原音（リニア PCM）を劣化させること

		<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行設備や受信機への負担等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。 		<ul style="list-style-type: none"> なくビットレートを下げることができる方式であり、多チャンネルにも対応可能である。 ・ 最新の音声符号化方式として国際標準化されている MPEG-4 AAC、MPEG-4 ALS を採用した。 ・ 補助データによる拡張が可能である。 ・ 現行設備や受信機への負担等を考慮して種々の音声入力フォーマット (モノ、ステレオ、5.1、6.1、7.1、22.2 マルチチャンネルステレオ) に対応可能である。
	データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 ・ 通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 民間規格において考慮されることを想定した。
	多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。 ・ 多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。 ・ 通信系のサービスとの連携を考慮すること。 ・ 他のサービスとの相互運用性を考慮すること。 ・ CATV による放送波の再放送のような、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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 各認定基幹放送事業者の送出信号の独立性が確保できること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数事業者に対応可能であることが望ましい。 	
限定受信方	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高度な秘匿性を有すること。 ・ 不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ AES (鍵長 128 ビット) ブロック暗号と Camellia (鍵長 128 ビット) ブロック暗号を選択可能とした。 ・ スクランブル方式に脆弱性が発見された場合にも対応可能とするために、送信側でスクランブル方式の暗号アルゴリズムを指定できる仕組みを導入した。

式	関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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し、その安全性を継続的に維持・改善できること。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全性の維持・改善については、受信機側でハードウェアを更新する方法、受信機側で記録媒体等を使ってソフトウェアを更新する方法、又は放送や通信を使ってソフトウェアを更新する方法により確保可能である。 ・ 現行の3重鍵方式を採用して実現可能である。 ・ 様々のサービス形態に対応するために、柔軟度が高い関連情報（ECM、EMM）のフォーマットにおいて実現可能である。
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。 ・ 個々の受信者へ向けた情報の伝送・表示が可能であること。 	—	
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 各認定基幹放送事業者の運用の独立性が確保できること。 ・ 新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。 	—	
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 関連情報は可能な限り共通の形式によること。 ・ 関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。 	—	
伝送路 符号化方式	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 11.7～12.2GHz（BS デジタル放送）及び 12.2～12.75GHz（広帯域 CS デジタル放送）を対象とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 12.2～12.75GHz（狭帯域 CS デジタル放送）を対象とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該周波数を対象とした。
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の電波監理に係る条件を満足すること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。
	変調系	<ul style="list-style-type: none"> ・ 周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス（8K フォーマットまで）を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス（4K フォーマット）を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広帯域伝送においては、16APSK を採用し、8K フォーマットまで伝送可能な伝送容量を確保した。 ・ 狭帯域伝送においては、8PSK により、4K フォーマットまで伝送可能な伝送容量を確保している。 ・ 低 C/N でも受信可能な $\pi/2$ シフト BPSK や QPSK に切

	<ul style="list-style-type: none"> ・低いC/N時でもできるだけ安定して受信できる方式であること。 ・帯域利用効率が高く、中継器の非線形特性に強い方式であること。 ・復調用のLSI開発が可能であること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・パイロット信号の導入により誤り率特性の劣化を軽減した。
	<ul style="list-style-type: none"> ・BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送として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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・狭帯域 CS デジタル放送として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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・復調用のLSIの開発は可能である。 ・広帯域伝送においては、既存の一般的な開口径の受信アンテナで、サービス時間率を確保しつつ、十分な伝送容量を確保した。 ・狭帯域伝送においては、現行サービスと同様である。
誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星伝送路の雑音特性に有効であること。 ・採用する変調方式との整合性が良いこと。 ・符号化効率が良いこと。 ・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、伝送容量の低下を最小限にとどめること。 ・誤り訂正用のLSI開発が可能であること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・強力な誤り訂正能力により高い符号化効率を有する。 ・複数の符号化率が選択・変更可能な方式とした。 ・本方式と同程度の符号長を持つLDPC 符号はすでに実用化されている。
伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ロールオフ率を 0.03 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。
伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・TMCC の信号により複数の事業者が独立して、ビットレートとサービス時間率のトレードオフの選択が可能である。

1.2.4 受信機

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	整合性
操作性	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が簡単であること。 ・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。 ・高齢者、障害者等に配慮した操作性を有すること。 ・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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
処理系	<ul style="list-style-type: none"> ・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・能力を持つこと。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
蓄積系	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> ・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。 ・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。 ・高速データ転送が可能であること。 ・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。 ・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・受信機が満たすべき条件が開示されていること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・民間規格において考慮されることを想定した。

2. 技術的条件

2.1 周波数条件

2.1.1 広帯域伝送における周波数条件

2.1.1.1 占有周波数帯幅とシンボルレート

占有周波数帯幅は、現行の高度広帯域伝送方式と同じ 34.5MHz とする。また、シンボルレートは 33.7561Mbaud とする。

(理由)

現行の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広帯域伝送方式と同程度であること、及びフレーム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 33.7561Mbaud 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。

2.1.1.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値

搬送波の位置は占有周波数帯幅の中央とし、また、搬送周波数の許容偏差は無線設備規則（昭和 25 年電波監理委員会規則第 18 号）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占有周波数帯幅の中央となる。また、搬送周波数の許容偏差については、無線設備規則別表第 1 号で 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運用されており、特に無線設備規則上の許容値を変更する必要はない。

2.1.1.3 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 年の衛星アナログ放送の終了に伴い、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おり、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であるが、衛星デジタル放送に係るこれまでの答申^{*}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「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「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

2.1.1.4 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、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、現行の無線設備規則を変更する必要はない。

2.1.2 狭帯域伝送における周波数条件

2.1.2.1 占有周波数帯幅とシンボルレート

占有周波数帯幅は、現行の27MHz帯域幅中継器での伝送を前提とし、27MHz(23.3037Msps)とする。

(理由)

現行の高度狭帯域伝送方式では、27MHz帯域幅中継器を対象とし、伝送帯域幅については27MHzとされている。引き続き、現行使用されている27MHz帯域幅の衛星中継器を利用することを想定し、占有周波数帯幅は27MHzとした。また、伝送シンボルレートについては、衛星中継器の入出力フィルタの周波数特性及び増幅器等の非線型特性を勘案して検討されたものであり、27MHz帯域幅中継器について、シンボルレート23.3037Mspsにおいて占有周波数帯幅が27MHzを満足するとの結果が示されている。

2.1.2.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値

搬送周波数の位置は占有周波数帯幅の中央とし、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占有周波数帯幅の中央となる。また、搬送周波数の許容偏差については、無線設備規則別表第1号で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運用されており、特に無線設備規則上の許容値を変更する必要はない。

2.1.2.3 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)

衛星に収容される搬送波はデジタル変調波となっており、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であるが、衛星デジタル放送に係るこれまでの答申[※]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「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「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

2.1.2.4 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、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、現行の無線設備規則を変更する必要はない。

2.2 伝送路符号化方式

2.2.1 広帯域伝送における伝送路符号化方式

2.2.1.1 伝送路符号化方式検討の基本的考え方

伝送路符号化方式については、要求条件に示した「HDTV サービスを可能とすること」、「周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービスを伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること」及び「インターネット等の通信系を利用したサービス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。

2.2.1.2 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 2.2.1-1 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、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、広帯域伝送方式でも採用されている QPSK、8PSK に加え、より大容量の伝送を可能とする 16APSK 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 復号を可能とする伝送信号点配置信号を導入した。ロールオフ率については、0.03 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、広帯域伝送方式における同信号の機能に加え、IP パケット等の可変長パケットを伝送するための制御信号も追加した。

表 2.2.1-1 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, (32APSK ¹)
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), 7/9 (93/120), 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"> ・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) ・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, 可変長パケット(TLV)) ・緊急警報放送起動制御 ・複数独立TS・TLV識別制御 ・サイトダイバーシティ情報 ・衛星中継器動作点設定情報
フレーム構造	<ul style="list-style-type: none"> ・120スロット/フレーム ・MPEG-2 TS長の整数倍のスロット長 	
シンボルレート	33.7561 Mbaud	
ロールオフ率	0.03	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・伝送信号点配置信号により、衛星非線形特性による受信性能劣化を改善 	

2.2.1.3 伝送路符号化部の基本構成

図 2.2.1-1 に示す構成を基本とする。主信号として MPEG-2 TS、TLV 形式のストリーム (TS1, TS2, ..., TSn, TLV1, TLV2, ..., TSm)、及び各ストリームを送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

¹ 更なる伝送容量の拡大を図りつつ、最悪月サービス時間率を適切に確保するためには、開口径の大きな受信アンテナが必要になることから、今後、対応機器の普及状況等を踏まえた上で、適用が可能と考えられる変調方式。

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伝送信号点配置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。

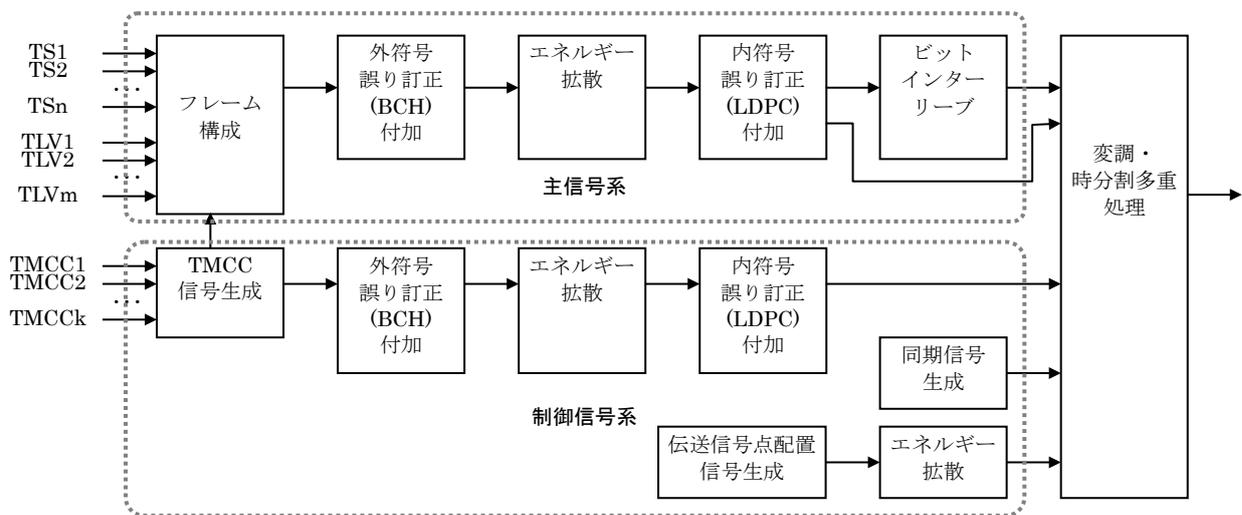


図 2. 2. 1-1 伝送路符号化基本構成 (信号処理)

(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. 1. 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. 1-2 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 packets を配置するが、MPEG-2 TS の場合には packets 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. 1-2 に、また、スロットの割り当て規則を表 2. 2. 1-3 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. 1-3 に示す。

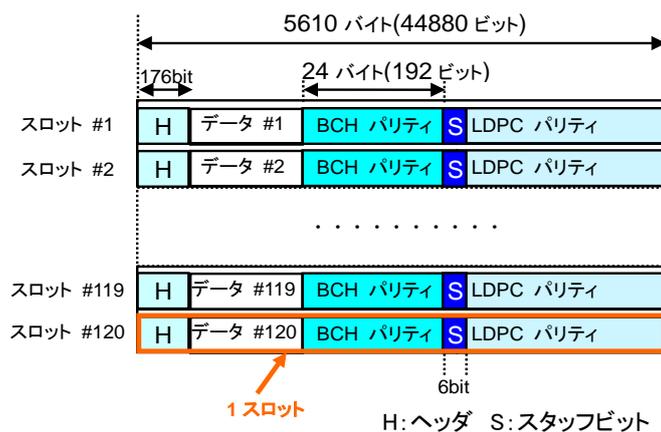


図 2. 2. 1-2 主信号のフレーム構成

表 2. 2. 1-2 各符号化率の-slot構成

符号化率	slot長=LDPC符号長					総合符号化率 ※3	LDPC 符号化率※2	BCH+ヘッダ +スタフ 符号化率※1	参考
	slot ヘッダ	データ長 (TSパケット数)	BCH パリティ	スタフ ビット	LDPC パリティ				
1 / 3	44880	176	14960 (10)	192	6	29546	0.342 (41/120)	0.976	1/3=33.33%
2 / 5	44880	176	17952 (12)	192	6	26554	0.408 (49/120)	0.980	2/5=40%
1 / 2	44880	176	22440 (15)	192	6	22066	0.508 (61/120)	0.984	1/2=50%
3 / 5	44880	176	26928 (18)	192	6	17578	0.608 (73/120)	0.986	3/5=60%
2 / 3	44880	176	29920 (20)	192	6	14586	0.675 (81/120)	0.988	2/3=66.67%
3 / 4	44880	176	32912 (22)	192	6	11594	0.742 (89/120)	0.989	3/4=75%
7 / 9	44880	176	34408 (23)	192	6	10098	0.775 (93/120)	0.989	7/9=77.7%
4 / 5	44880	176	35904 (24)	192	6	8602	0.808 (97/120)	0.990	4/5=80%
5 / 6	44880	176	37400 (25)	192	6	7106	0.842 (101/120)	0.990	5/6=83.33%
7 / 8	44880	176	38896 (26)	192	6	5610	0.875 (105/120)	0.990	7/8=87.5%
9 / 10	44880	176	40392 (27)	192	6	4114	0.908 (109/120)	0.991	9/10=90%

※1 データ長/(データ長+BCH パリティ+slotヘッダ+スタフビット)・・・(a)

※2 (データ長+BCH パリティ+slotヘッダ+スタフビット)/(データ長+BCH パリティ+slotヘッダ+スタフビット+LDPC パリティ)・・・(b)

※3 (a)×(b)

表 2. 2. 1-3 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 [スロット]	割当単位	
				データ [スロット]	ダミー [スロット]
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

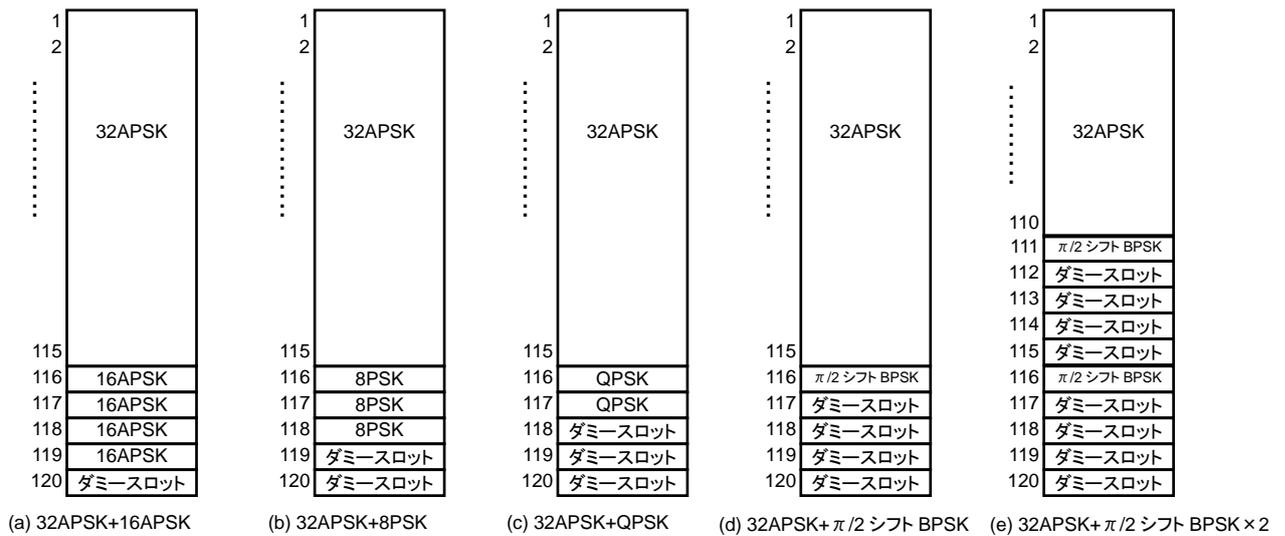


図 2. 2. 1-3 スロット割り当ての例

(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. 1-4 に示す。制御信号の多重フレームは、同期信号 2880 ビット、伝送信号点配置信号 3840～19200 ビット、TMCC 信号 31680 ビットで構成する。

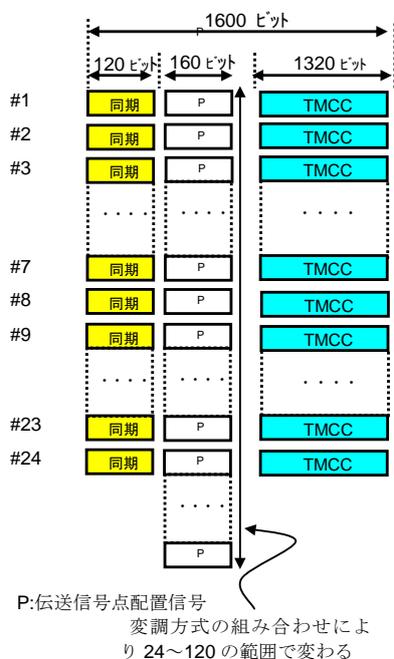


図 2. 2. 1-4 制御信号のフレーム構成

(理由)

MPEG-2 TS 及び TLV 形式の packets ストリームの複数混在伝送、及びストリームごとに独立の変調方式の適用を可能とするため、図 2. 2. 1-2 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する信号処理を行う。フレームを構成するスロット数については、広帯域伝送方式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 1 Mbps である。今回の検討において最大効率の変調方式は 32APSK (9/10) であり、広帯域伝送方式の 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 パケットから同期バイトを除いた長さの整数倍とした。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2.2.1-3に示すダミースロットの挿入規則については、広帯域伝送方式と同様に、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。

2.2.1.5 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 2.2.1-5 に、また変調信号のフレーム構成を図 2.2.1-6 に示す。

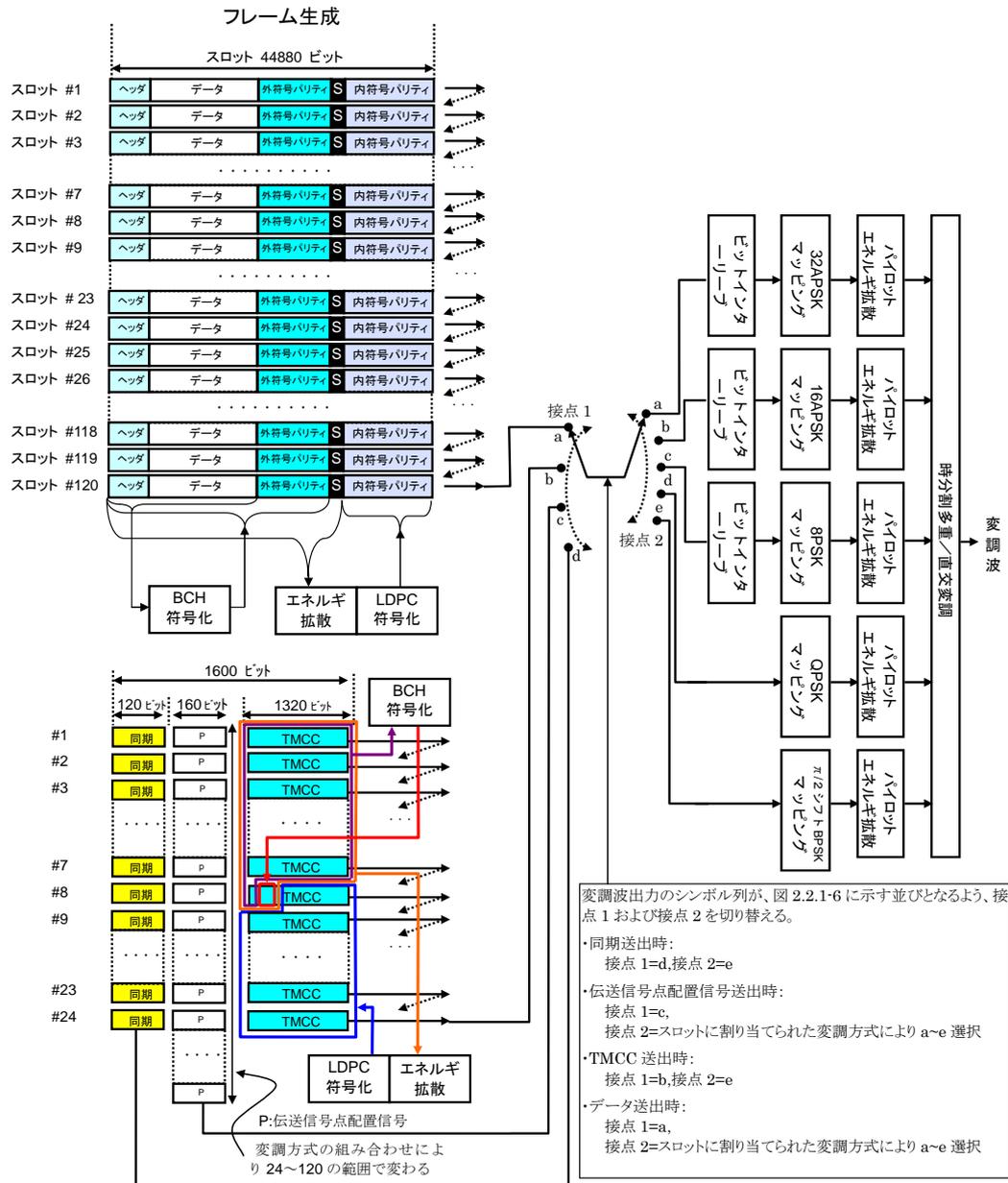


図 2.2.1-5 変調信号の生成

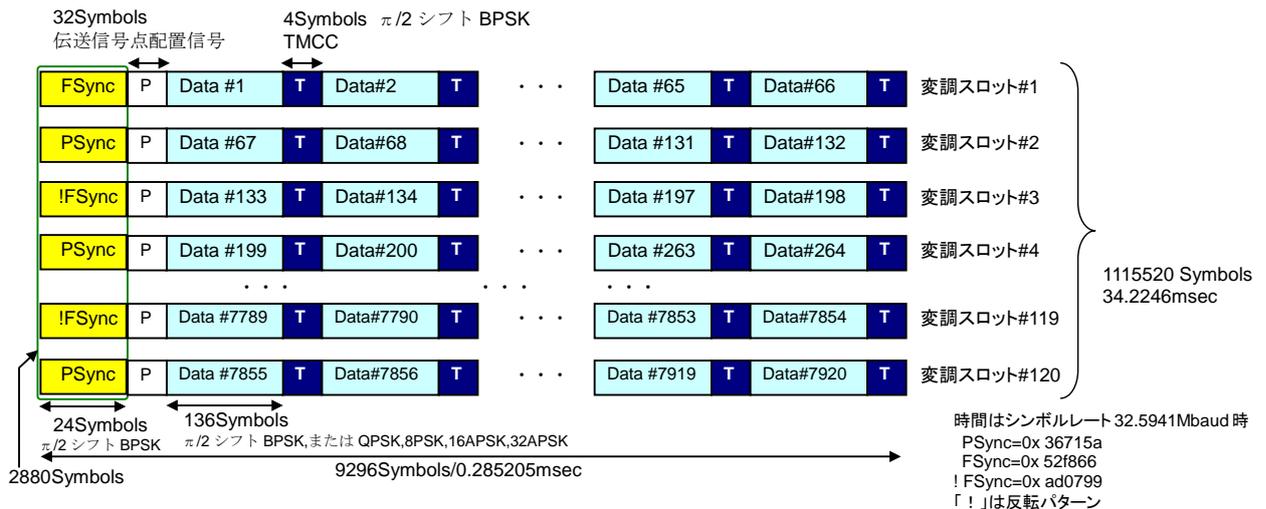


図 2. 2. 1-6 変調信号のフレーム構成

(理由)

主信号及び制御信号に対し生成した図 2. 2. 1-2 及び図 2. 2. 1-4 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. 1-6 の時分割多重変調信号を生成するよう図 2. 2. 1-5 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、広帯域伝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等のメリットがある。

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。広帯域伝送方式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)

ただし、「!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。

伝送信号点配置信号については、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、伝送信号点配置信号は、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。

2.2.1.6 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 2.2.1-4 の全ての多項式の積で表されるものとする。

表 2.2.1-4 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. 1-5の11種類とする。

表2. 2. 1-5 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
7/9	93/120
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11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（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. 1-6 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。

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

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

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

$$p_{8277} = p_{8277} \oplus i_1$$

$$p_{9579} = p_{9579} \oplus i_1$$

$$p_{9589} = p_{9589} \oplus i_1$$

$$p_{10530} = p_{10530} \oplus i_1$$

$$p_{11781} = p_{11781} \oplus i_1$$

$$p_{11680} = p_{11680} \oplus i_1$$

$$p_{12131} = p_{12131} \oplus i_1$$

$$p_{13095} = p_{13095} \oplus i_1$$

$$p_{13499} = p_{13499} \oplus i_1$$

- 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 11 の各表の 2 行目を使用する。
- 374 個の新たな情報ビットごとに、同様に付表 1 から付表 11 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 2.2.1-6 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
7/9	27
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 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 ($BER=10^{-7}$ 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。

2.2.1.7 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 2.2.1-7 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。

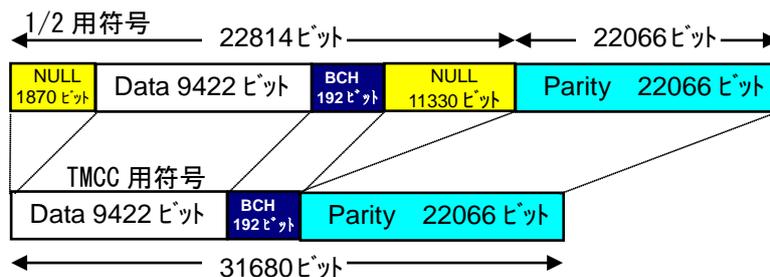


図 2.2.1-7 TMCC 符号化

(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。

2.2.1.8 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、及びスタフ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 2.2.1-8 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。

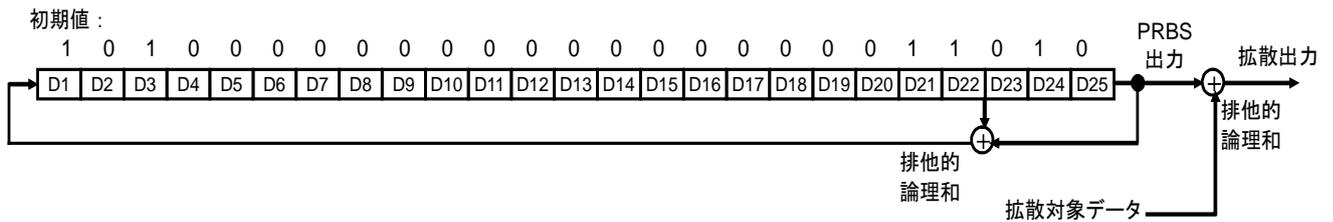


図 2.2.1-8 エネルギー拡散 (スロットデータ用)

(2) TMCC 信号用

TMCC のエネルギー拡散においては、図 2.2.1-9 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 2.2.1-9 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。

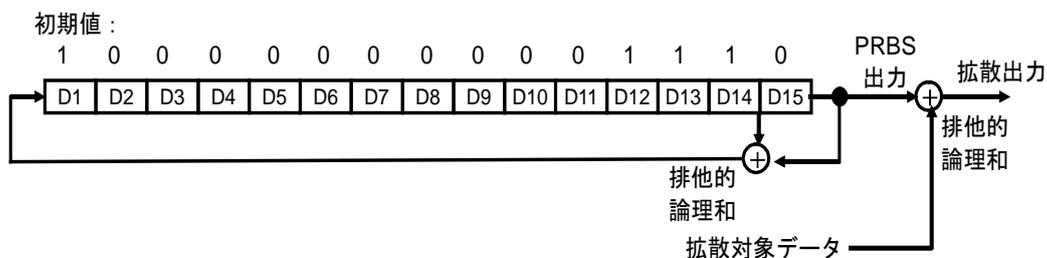


図 2.2.1-9 エネルギー拡散 (TMCC 用)

(3) 伝送信号点配置信号用

伝送信号点配置信号のエネルギー拡散においては、図 2. 2. 1-10 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. 1-10 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。伝送信号点配置信号の区間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。

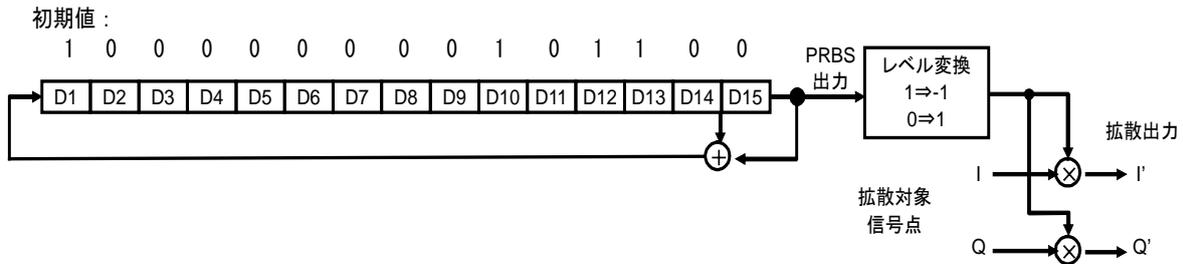


図 2. 2. 1-10 エネルギー拡散（伝送信号点配置シンボル用）

(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等、「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)以上とすること及び 23 次以上の拡散符号を使用することが必要であり、ここでは 25 次の拡散符号を採用した。

TMCC 信号についても、拡張領域等、「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 ビットであること及び 15 次以上の拡散符号を使用することが必要であり、ここでは 15 次の拡散符号を採用した。

伝送信号点配置信号については、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。伝送信号点配置信号の 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 発生器の初期値を変えて利用することとした。

2. 2. 1. 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ブによりビットインターリーブする。表 2. 2. 1-7 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. 1-11 から図 2. 2. 1-16 までに構成図を示す。データはインターリーブに、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. 1-8 のように符号化率によって異なる。

表 2. 2. 1-7 ビットインターリーブ

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

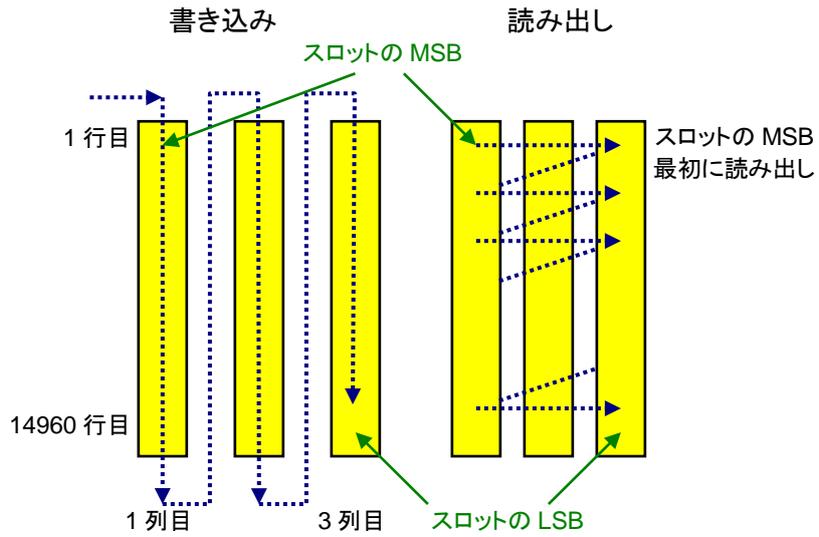


図2. 2. 1-11 ビットインターリーブ 8PSK (順方向読み出し)

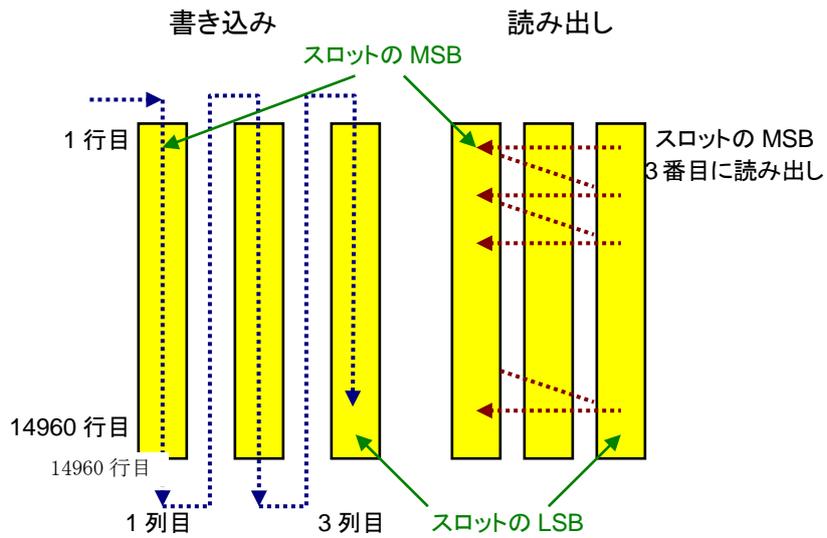


図2. 2. 1-12 ビットインターリーブ 8PSK (逆方向読み出し)

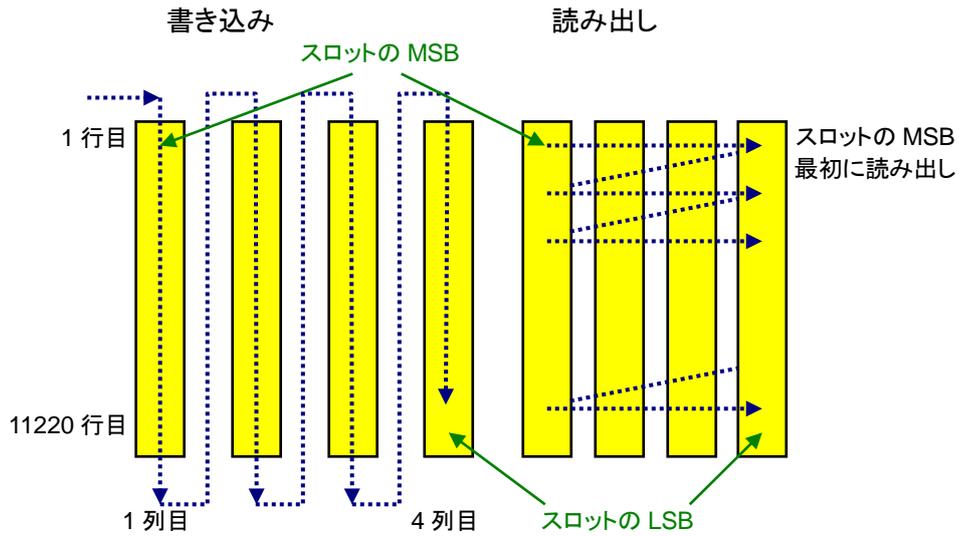


図2. 2. 1-13 ビットインターリーブ 16APSK (順方向読み出し)

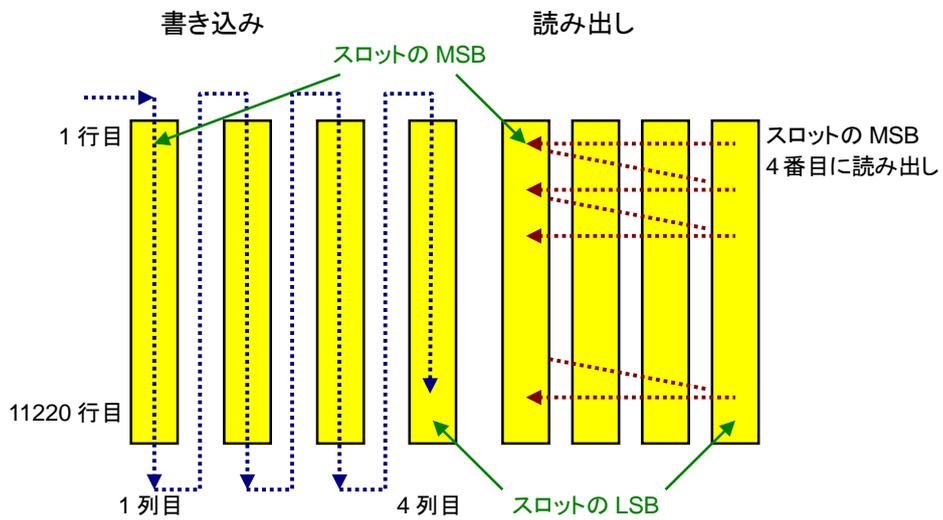


図2. 2. 1-14 ビットインターリーブ 16APSK (逆方向読み出し)

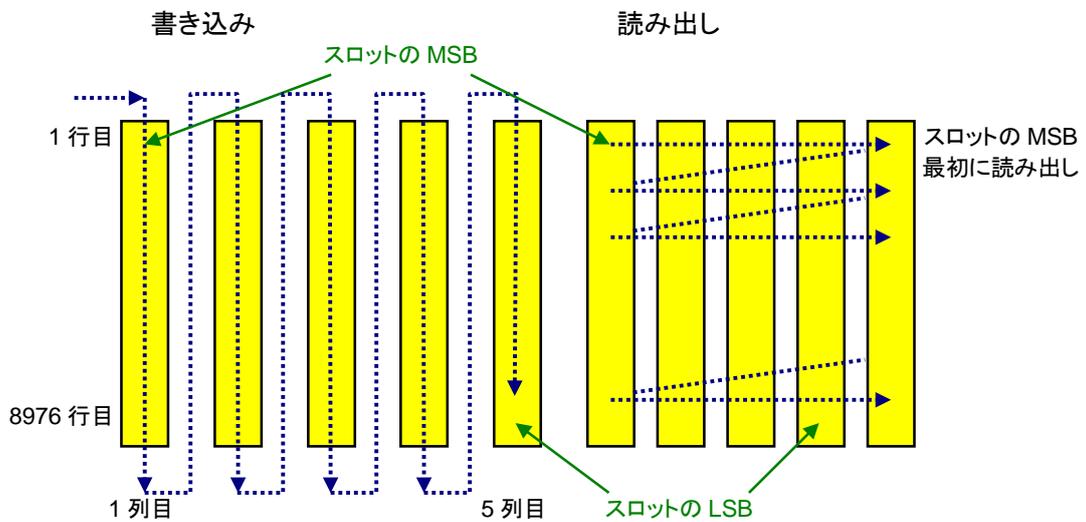


図2. 2. 1-15 ビットインターリーブ 32APSK (順方向読み出し)

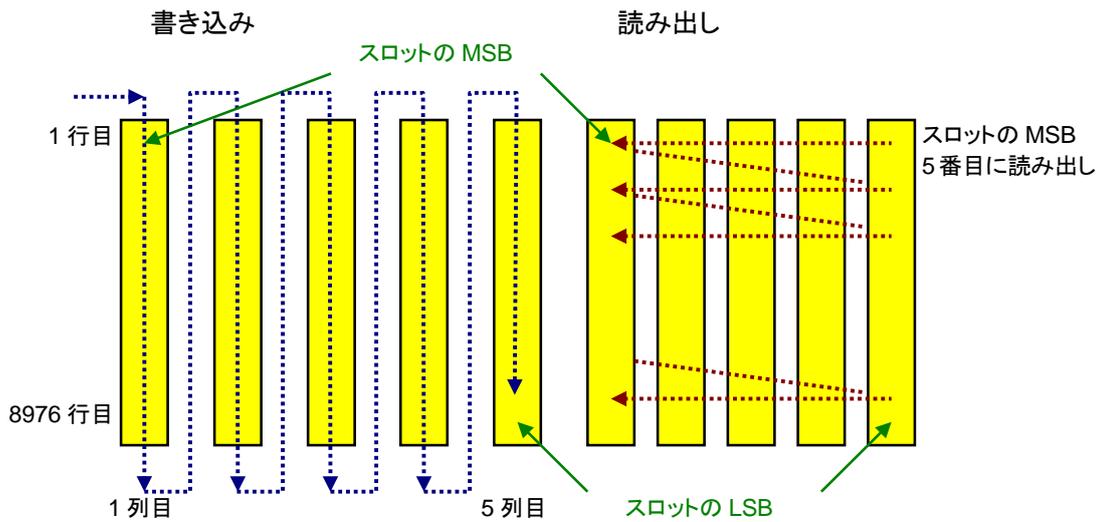


図2. 2. 1-16 ビットインターリーブ 32APSK (逆方向読み出し)

表 2. 2. 1-8 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	3/4	7/9	4/5以上
8PSK	逆	順	順	順	順	順	順
16APSK	逆	順	順	順	順	順	順
32APSK	逆	順	順	順	順	逆	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. 1. 10 変調方式

変調方式を表 2. 2. 1-9 に示す。各変調方式の信号点配置は、図 2. 2. 1-17 のとおりである。

表 2.2.1-9 変調方式

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 (伝送信号点配置信号含む)
QPSK	主信号 (伝送信号点配置信号含む)
8PSK	主信号 (伝送信号点配置信号含む)
16APSK	主信号 (伝送信号点配置信号含む)
(32APSK)	主信号 (伝送信号点配置信号含む) (更なる伝送容量の拡大を図りつつ、最悪月サービス時間率を適切に確保するためには、開口径の大きな受信アンテナが必要になることから、今後、対応機器の普及状況等を踏まえた上で適用が可能と考えられる変調方式)

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 2.2.1-10 及び表 2.2.1-11 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)では半径を 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。

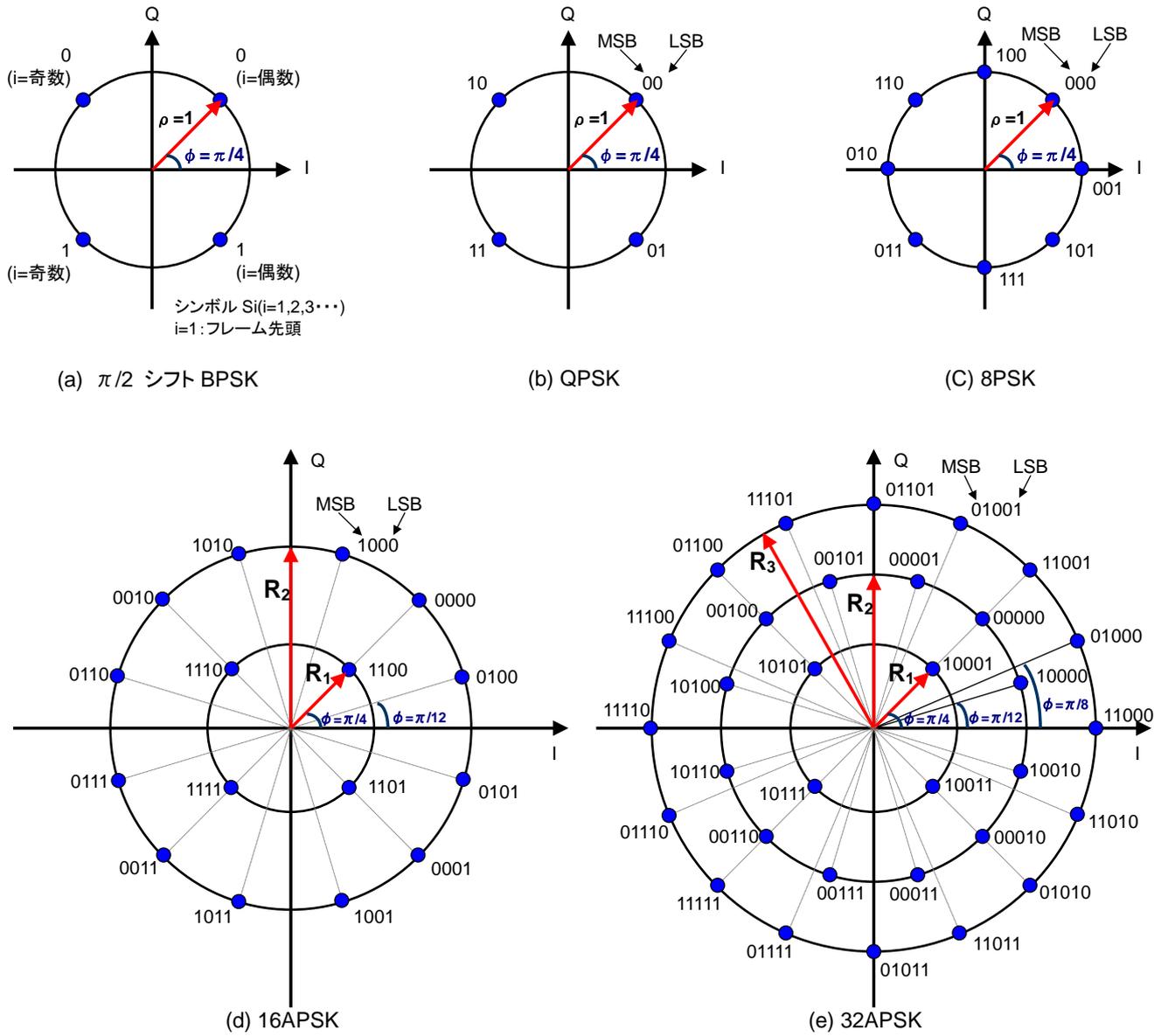


図 2.2.1-17 各変調方式の信号点配置

表 2. 2. 1-10 16APSK の半径比

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

表 2. 2. 1-11 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
7/9	2.87	5.33
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、広帯域伝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 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. 1-10 及び表 2. 2. 1-11 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。

2.2.1.11 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 33.7561Mbaud 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することとし、±20ppm とした。

伝送シンボルレートは、超高精細度テレビジョン放送に向けて伝送の大容量化を図るとともに、受信機製造へのインパクトやサービス時間率等の運用上の諸条件を考慮して、疑似中継器を利用した室内実験の結果により選定した。シンボルレート選定のための条件を以下に示す。

(1) 伝送シンボルレートの選定条件

次の(a)から(e)のとおり、選定条件を設定した。

(a) 占有周波数帯幅の条件

- ・ 現行の衛星デジタル放送の占有周波数帯幅 33.77MHz 以内

(b) 階層化伝送実現のための条件

- ・ 階層化伝送において、低 C/N でも同期が確保できること

(c) 受信機製造上の条件

- ・ デジタルフィルタの実現性を考慮するとともに、過度のコスト増大とならないこと

(d) 超高精細度テレビジョン放送に向けた情報レートとサービス時間率の条件

選定したロールオフ率・シンボルレートの値に対して、以下の条件を考慮すること

- ・ 目指すべき情報レートとサービス時間率

情報レート 100Mbps 超、 サービス時間率 最悪月 99.86%以上

- ・ 最低限満足すべき情報レートとサービス時間率

情報レート 80Mbps 超、 サービス時間率 最悪月 99.5%以上

(e) HDTV マルチチャンネル伝送に関するサービス時間率の条件

- ・ 8PSK(3/4)が現行の衛星放送と同程度の時間率（最悪月サービス時間率 99.86%）を確保

(2) シンボルレート選定のための疑似中継器による室内伝送実験

a 室内実験における測定条件

シンボルレート、ロールオフ率選定のために、衛星中継器シミュレータを使った室内実証実験（以下、「疑似中継器折り返し」という。）を行った。以下に本実験の前提条件を示す。

- ・シンボルレート選定実験においては、選定条件(a)及び(e)より、変調方式は16APSK及び8PSK、符号化率は2/3、3/4、4/5とした。
- ・ロールオフ率は、0.01、0.02、0.03、0.04、0.05及び0.10の6種類とする。シンボルレートは、衛星中継器通過後の占有帯域幅(99%電力帯域幅)が選定条件(b)を満足するための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、表2.2.1-12の値以下とした。

表 2.2.1-12 占有帯域幅が選定条件bを満たすシンボルレート最大値

ロールオフ率	シンボルレート [Mbaud]
0.01	34.0
0.02	33.9
0.03	33.8
0.04	33.6
0.05	33.5
0.10	32.6

- ・所要C/Nの定義は一般社団法人電波産業会の標準規格ARIB STD-B44 参考資料A2.5記載の定義を用いる。
- ・8PSKのOBOは、衛星中継器シミュレータのTWTAが飽和動作となるOBO(8PSK信号入力時に最大出力となるOBO)を適用する。
- ・16APSKのOBOは、実験の前提条件に応じて、以下の2種類を適用する。
OBO設定1：広帯域伝送方式への適用を想定し、衛星中継器のOBO設定値に伴い出力が低下することを考慮し、擬似エラーフリーC/NとOBOの合計値が最小となるOBO(最適OBO)を適用する。
OBO設定2：衛星EIRP=60dBWを想定し、衛星中継器出力120Wが維持されるOBOを適用する。
- ・干渉波としての交差偏波成分について、広帯域伝送方式であるISDB-S信号干渉信号(8PSK 28.86Mbaud $\alpha=0.35$)をC/I=25dB相当で付加する(勧告ITU-R B0.1213)。

b ロールオフ率及び中継器動作点に対する16APSKの性能

疑似中継器動作点を変えた場合の16APSK(3/4)の所要C/N対情報ビットレートを図2.2.1-18に示す。中継器動作点は、設定したOBO値のときに、衛星EIRPが無線通信規則の上限値である60dBWに相当する(増幅器出力が120W)定格出力電力の増幅器の搭載を想定しており、OBO=1.7dB(定格出力178W相当)、OBO=2.2dB(定格出力200W相当)、OBO=3.0dB(定格出力240W相当)、OBO=5.0dB(定格出力380W相当)とした。また、比較のため、図2.2.1-18にはIF折り返しの特性も付記した。OBO値が大きくなるほど伝送性能が改善されるが、過度の定格出力電力の増加及びOBO値増加は、電力システム及び排熱システム等の衛星システム規模の増大につながる。また、現時点では、220W程度の衛星搭載TWTが市販されていることから、想定する衛星中継器システムとして、現行の衛星システムである中継器定格電力120W及び将来の衛星システムとして中継器定格電力200W程度とした。

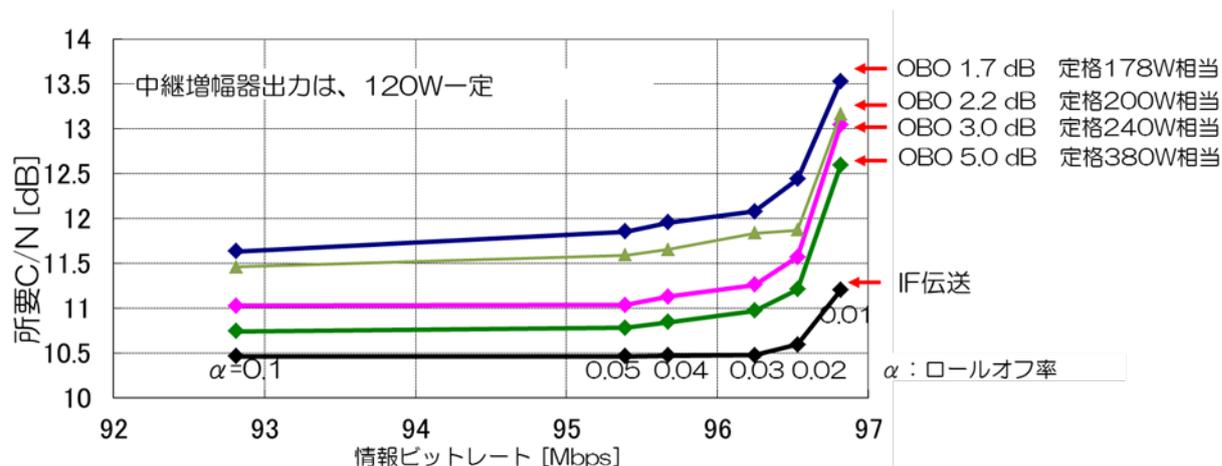


図 2. 2. 1-18 ロールオフ率及び中継器動作点に対する 16PSK の性能

c シンボルレート選定の室内実験結果

表 2. 2. 1-13、表 2. 2. 1-14 に、8PSK、16PSK の占有帯域幅の測定結果を示す。いずれの場合にも、占有周波数帯幅の選定条件(a)を満足した。

表 2. 2. 1-13 8PSK(3/4)の占有帯域幅 (中継器動作点は飽和)

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	飽和点 OBO[dB]	占有帯域幅[MHz]
34.0	0.01	0.9	33.7
33.9	0.02	0.9	33.7
33.8	0.03	0.9	33.6
33.6	0.04	0.9	33.5
33.5	0.05	0.9	33.5
32.6	0.10	0.9	33.4

表 2. 2. 1-14 16PSK(3/4)の占有帯域幅 (中継器動作点は最適 OBO)

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	最適 OBO[dB]	占有帯域幅[MHz]
34.0	0.01	2.1	33.5
33.9	0.02	2.0	33.4
33.8	0.03	1.9	33.4
33.6	0.04	1.9	33.3
33.5	0.05	1.9	33.2
32.6	0.10	1.8	33.0

表 2.2.1-15 に選定条件 (b) の同期特性の評価結果を示す。変調方式としては 16APSK を用いた。すべてのロールオフ率において、低 C/N での十分な同期性能を確保できた。

表 2.2.1-15 選定条件 e の同期特性の評価結果

ロール オフ率	シンボル レート [Mbaud]	ケース 1		ケース 2	
		キャプチャ C/N [dB]	ロック C/N [dB]	キャプチャ C/N [dB]	ロック C/N [dB]
0.01	34.0	-1.8	-2.5	-2.0	-2.0
0.02	33.9	-2.0	-2.2	-1.9	-2.0
0.03	33.8	-2.1	-2.1	-2.4	-2.4
0.04	33.6	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5
0.05	33.5	-2.1	-2.3	-2.4	-2.4
0.1	32.6	-2.4	-2.4	-2.3	-2.3

表 2.2.1-15 の結果から、階層化伝送実施時（高階層データ用変調方式 16APSK）においては、低階層データ用伝送方式としては、特に低 C/N での伝送が可能な変調方式である $\pi/2$ シフト BPSK の符号化率 1/3 及び 2/5（所要 C/N はそれぞれ -2.5dB 及び 2.2dB）は選択できないが、階層化ではなく通常の伝送としてすべてのデータを $\pi/2$ シフト BPSK で伝送する場合の同期特性は、C/N が -2.5dB でも同期の保持が可能であることを確認した。従って、 $\pi/2$ シフト BPSK の符号化率 1/3 及び 2/5 については、特に低 C/N の場合の伝送用として有効である。

表 2.2.1-16 に、(c) 受信機製造上の条件、(d) 超高精細度テレビジョン放送に向けた情報レートとサービス時間率の条件、及び (e) HDTV マルチチャンネル伝送に関するサービス時間率の条件に関する整合性の評価結果を示す。

表 2.2.1-13～表 2.2.1-16 に示す結果より、シンボルレート選定の条件を満足し、100Mbps を超える伝送容量を確保しつつ、高いサービス時間率を確保するパラメータとして、ロールオフ率 0.03、シンボルレート 33.8Mbaud を選定した。

表 2.2.1-16 シンボルレート選定条件に関する整合性

ロールオフ率	0.05			0.04			0.03			0.02		
シンボルレート [Mbaud]	33.4656			33.6399			33.7561			33.8723		
変調	現行衛星システム		将来	現行衛星システム		将来	現行衛星システム		将来	現行衛星システム		将来
符号化率	16APSK	8PSK	16APSK	16APSK	8PSK	16APSK	16APSK	8PSK	16APSK	16APSK	8PSK	16APSK
ビットレート [Mbps]	3/4	3/4	7/9	3/4	3/4	7/9	3/4	3/4	7/9	3/4	3/4	7/9
サービス 時間率[%]	95.29	71.47	99.62	95.78	71.84	100.14	96.12	72.09	100.49	96.45	72.33	100.84
条件 (c)	99.56	99.87	99.73	99.54	99.87	99.72	99.52	99.87	99.71	99.46	99.86	99.68
条件 (d)	○			○			○			△		
条件 (e)	○			○			○			○		
	× (100Mbps付近の符号化率 で容量が不足する)			○ (8K伝送の場合、目指すべ きサービス時間率には届かない が、100Mbps超と最低限の サービス時間率は確保)			○ (8K伝送の場合、目指すべ きサービス時間率には届かない が、100Mbps超と最低限の サービス時間率は確保)			○ (8K伝送の場合、目指すべ きサービス時間率には届かな いが、100Mbps超と最低限の サービス時間率は確保)		

実際のシンボルレートについては、以下の条件も考慮する。

- (a) 情報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) は放送事業者によるビットレート管理の容易さを考慮した条件である。

条件(a)については、シンボルレート S_r 適用時の 1 伝送フレームあたりの情報ビットレートが、各符号化率に対して、

$$S_r * (\text{変調次数} : 1^{\sim}5) * (\text{符号化率分子} - 1) / 5,810 * 47$$

で求められることから、5,810 の倍数でシンボルレートを選択すれば、情報ビットレートは、47bps の整数倍のビットレートとなり満足される。

条件(b)については、シンボルレート [Mbps] の小数点以下を 4 桁以内とするため、5,810 に 10 の倍数を乗じたものとする必要がある。

従って、58,100 の倍数を、伝送フレームに適合した整数レート条件として適用すると、33.8Mbaud 以下で条件を満たす最大のシンボルレートは以下のとおりとなる。

$$58100 \times 581 = 33756100$$

以上の結果より、ロールオフ率及びシンボルレートとして下記の値を選定する。

ロールオフ率 0.03

シンボルレート 33.7561 Mbaud

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 2.2.1-17 に示す。

表 2.2.1-17 情報ビットレート

変調方式	8PSK 3/4	16APSK 3/4	16APSK 7/9
情報ビットレート	72.09048Mbps	96.12064 Mbps	100.48970 Mbps

注 120 スロット全てを同一変調方式とした場合の値

表 2. 2. 1-18 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. 000 fN	0. 25	+0. 07 / fN	上限
B	0. 000 fN	-0. 25	-0. 07 / fN	下限
C	0. 200 fN	0. 25	+0. 07 / fN	上限
D	0. 200 fN	-0. 40	-0. 07 / fN	下限
E	0. 400 fN	0. 25	+0. 07 / fN	上限
F	0. 400 fN	-0. 40	-0. 07 / fN	下限
G	0. 985 fN	0. 15	+0. 07 / fN	上限
H	0. 985 fN	-1. 10	-0. 07 / fN	下限
I	0. 992 fN	-0. 50	+0. 07 / fN	上限
J	1. 000 fN	-2. 00	+0. 07 / fN	上限
K	1. 000 fN	-4. 00	-0. 07 / fN	下限
L	1. 015 fN	-8. 00	-	上限
M	1. 015 fN	-11. 00	-	下限
N	1. 180 fN	-35. 00	-	上限
P	1. 040 fN	-16. 00	-	上限
Q	1. 102 fN	-24. 00	-	上限
S	1. 338 fN	-40. 00	-	上限

(理由)

ロールオフ率については、2. 2. 1. 11 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. 2-1-19 及び図 2. 2-1-20 の点 A～点 M に関しては、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. 03 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、Q、S については、現行の高度広帯域伝送方式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. 03/1. 1 を乗じた値を採用した。

2. 2. 1. 13 伝送信号点配置信号

伝送信号点配置信号は、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 については、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、伝送信号点配置信号を導入した。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伝送信号点配置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。伝送信号点配置信号による所要 C/N の低減効果については、擬似衛星中継器を用いた 32APSK (符号化率 4/5) の伝送実験において、伝送信号点配置信号を使わなかった場合に比べて約 1.4dB の低減効果が確認されている²。

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ごと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。

2.2.1.14 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等、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 2.2.1-21 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 2.2.1-21 TMCC 信号の制御情報の構成

(理由)

高度広帯域伝送方式では、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、さらに認定基幹放送事業者ごと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

² 情報通信審議会答申 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」放送システム委員会報告「参考資料 2」（平成 20 年 7 月 29 日）より。

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、認定基幹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。

(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 2.2.1-22 に、またフィールドの値を、表 2.2.1-19 から表 2.2.1-21 までに示す。

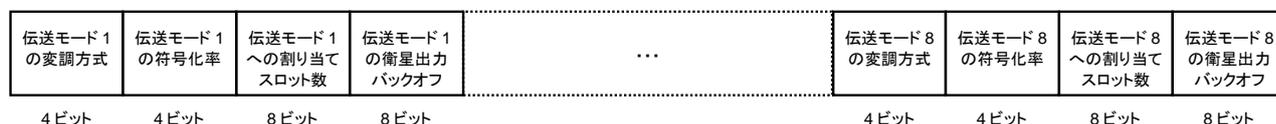


図 2.2.1-22 伝送モード／スロット情報の構成

表 2.2.1-19 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 2.2.1-20 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	7/9
1000	4/5
1001	5/6
1010	7/8
1011	9/10
1100~1110	リザーブ
1111	割り当て方式なし

表 2.2.1-21 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、実際の運用時の選択肢とする組み合わせの運用制限等については、今後、民間標準化機関において運用規定の策定時に十分検討されることが望まれる。

衛星出力バックオフ量については、伝送信号点配置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ごとに、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 2.2.1-23 に、また、ストリーム種別の値を表 2.2.1-22 に示す。

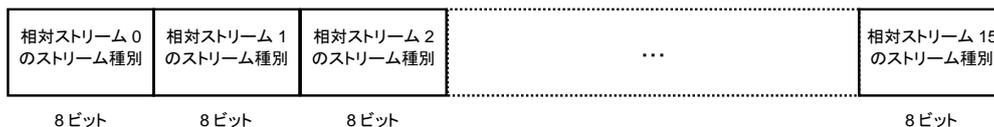


図 2.2.1-23 ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成

表 2.2.1-22 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 形式等の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、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ごとに、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 2.2.1-24 に示す。

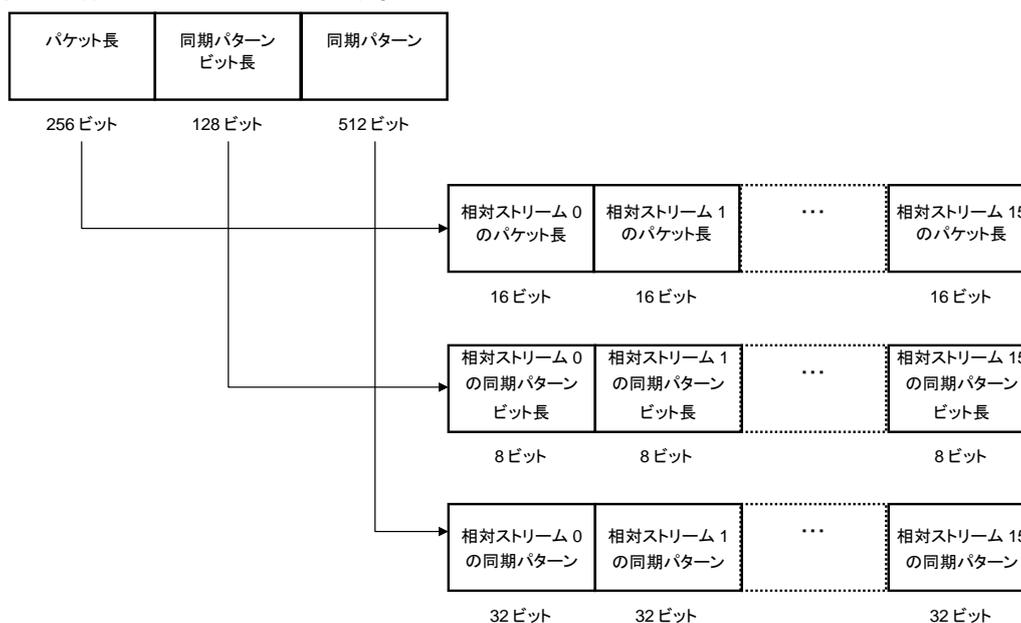


図 2.2.1-24 パケット形式／相対ストリーム情報の構成

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まで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まで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まで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)

降雨減衰等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。例えば、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等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 2.2.1-25 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 2.2.1-25 ポインタ／スロット情報の構成

(理由)

IP パケット等の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。パケット同期をとるためには、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、パケット同期をと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等、パケットの無効化が正確に行えるようにした。

(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 2.2.1-26 に相対ストリーム／スロット情報の構成を示す。



図 2.2.1-26 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、広帯域伝送方式が8であること、及び、今回検討した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2.2.1-27に示す。



図 2.2.1-27 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、認定基幹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2.2.1-28に示す。

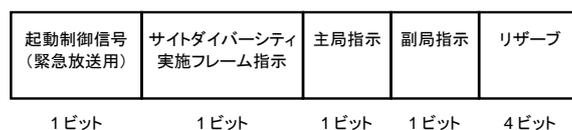


図 2.2.1-28 送受信制御情報の構成

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、緊急警報放送を受信するための受信機の待機電力を削減するために設けられた信号である。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られる。

アップリンク制御信号は、降雨減衰時等におけるアップリンク局切り替えの際に認定基幹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、広帯域伝送方式と同様とした。

(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 2.2.1-29 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 2.2.1-23 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」でスタッフティングする。

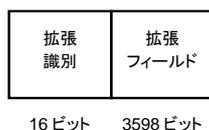


図 2.2.1-29 拡張情報の構成

表 2.2.1-23 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、十分な容量を確保した。

2.2.1.15 回線設計例

2.2.1.15.1 衛星 EIRP を無線通信規則上限値 (60dBW) とした場合の回線設計例

想定する衛星中継器の増幅器定格出力を 200W とした。また、カバレッジエリア中心部、カバレッジエリア端という観点からの代表的な受信地点として、札幌、東京、鹿児島、那覇についての回線設計を行った。表 2.2.1-24 に回線計算のための前提条件を示す。表 2.2.1-25 に受信地点の降雨減衰量を示す。表 2.2.1-26 に受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率との関係を示す。表 2.2.1-27 から表 2.2.1-38 までに回線設計の計算例を示す。

表 2.2.1-24 BS 回線計算の前提条件

項目	計算条件					
伝送シンボルレート	33.7561 Mbaud					
アップリンク C/N	30 dB					
計算周波数	12 GHz					
出力バックオフ(OBO) 注1	2.2 dB (8PSK 3/4、16APSK 3/4、16APSK 7/9) 、 3.5 dB (32APSK 4/5)					
衛星 EIRP (飽和出力時)	60 dBW (東京)、58 dBW (札幌、鹿児島)、57 dBW (那覇)					
衛星交差偏波識別度	総合 27 dB (上り 30 dB、下り 30 dB)					
衛星回線伝搬路	札幌 : 38508.8 Km (アンテナ仰角 31.2 度) 東京 : 37935.3 Km (アンテナ仰角 38.0 度) 鹿児島 : 37278.4 Km (アンテナ仰角 46.9 度) 那覇 : 36861.1 Km (アンテナ仰角 53.6 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、90cm φ、120cm φ					
受信アンテナ開口効率	70%					
受信アンテナ交差偏波識別度	25dB 注2					
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注3 $T_a [K] = T_o \{ 1 - 10^{(-L_r/10)} \} + 50$					
LNC 雑音指数	1 dB					
ナイキスト帯域幅	33.7561 MHz					
占有帯域幅(99%電力)	34.5 MHz					
外国衛星からの干渉 (C/I) 注4 (韓国衛星位置: 東経 116°)	アンテナ径	45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
	札幌	58.1dB	60.6dB	62.6dB	64.2dB	66.7dB
	東京	60.3dB	62.8dB	64.7dB	66.3dB	68.8dB
	鹿児島	36.6dB	39.1dB	41.0dB	42.6dB	45.1dB
	那覇	50.1dB	52.6dB	54.5dB	56.1dB	58.6dB
所要 C/N	TC8PSK 2/3 (参考)	10.7 dB 注5				
	8PSK 3/4	8.6 dB (OBO 含まず) 注6				
	16APSK 3/4	11.7 dB (OBO 含まず) 注6				
	16APSK 7/9	12.4 dB (OBO 含まず) 注6				
	32APSK 4/5	16.6 dB (OBO 含まず) 注6				

注1 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。

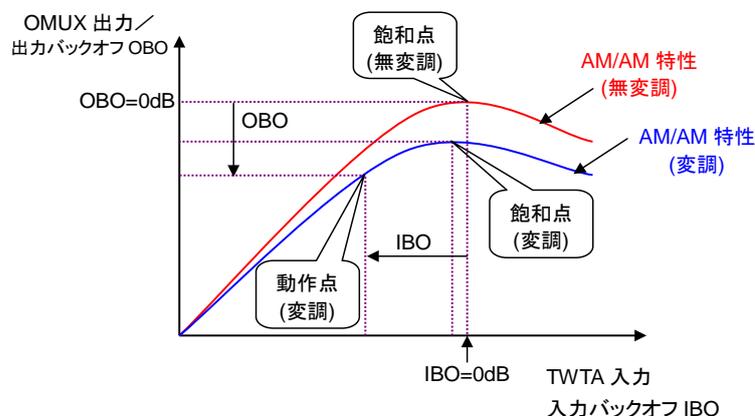


図 2.2.1-30 出力バックオフの定義

注2 勧告 ITU-R B0.1213 より引用。

注3 平成2年度電気通信技術審議会答申「12.5～12.75GHz を使用する衛星放送に関する技術的条件」のうち「12.5～12.75GHz を使用する通信衛星によるテレビジョン放送の標準方式について」より引用。

注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。

$$\text{韓国衛星からの干渉 (C/I)} = \{(\text{日本衛星の e. i. r. p.}) - (\text{韓国衛星の干渉 e. i. r. p.})\} + (\text{交差偏波識別度}) + (\text{周波数重複量})$$

計算には以下の条件を用いた。

(1) 評価地点

- 札幌 (東経 141.3 度、北緯 43.1 度)
- 東京 (東経 139.7 度、北緯 35.7 度)
- 鹿児島 (東経 130.6 度、北緯 31.6 度)
- 那覇 (東経 127.7 度、北緯 26.2 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

- 札幌方向の e. i. r. p. 58dBW
- 東京方向の e. i. r. p. 60dBW
- 鹿児島方向の e. i. r. p. 58dBW

那覇方向の 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。

札幌から見た	110度と116度衛星間隔	6.58度、干渉 e. i. r. p.	34.2 dBW
東京から見た	110度と116度衛星間隔	6.68度、干渉 e. i. r. p.	34.2 dBW
鹿児島から見た	110度と116度衛星間隔	6.80度、干渉 e. i. r. p.	56.1 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.	41.7 dBW

(5) 交差偏波識別度 (勧告 ITU-R B0.1213)

札幌 (離角 6.58 度)	45cm 受信 : 32.6 dB	60cm 受信 : 35.1 dB
	75cm 受信 : 37.1 dB	90cm 受信 : 38.7 dB
	120cm 受信 : 41.2 dB	
東京 (離角 6.68 度)	45cm 受信 : 32.8 dB	60cm 受信 : 35.3 dB
	75cm 受信 : 37.2 dB	90cm 受信 : 38.8 dB
	120cm 受信 : 41.3 dB	
鹿児島 (離角 6.80 度)	45cm 受信 : 33.0 dB	60cm 受信 : 35.5 dB
	75cm 受信 : 37.4 dB	90cm 受信 : 39.0 dB
	120cm 受信 : 41.5 dB	
那覇 (離角 6.88 度)	45cm 受信 : 33.1 dB	60cm 受信 : 35.6 dB
	75cm 受信 : 37.5 dB	90cm 受信 : 39.1 dB
	120cm 受信 : 41.6 dB	

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

- ・ 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

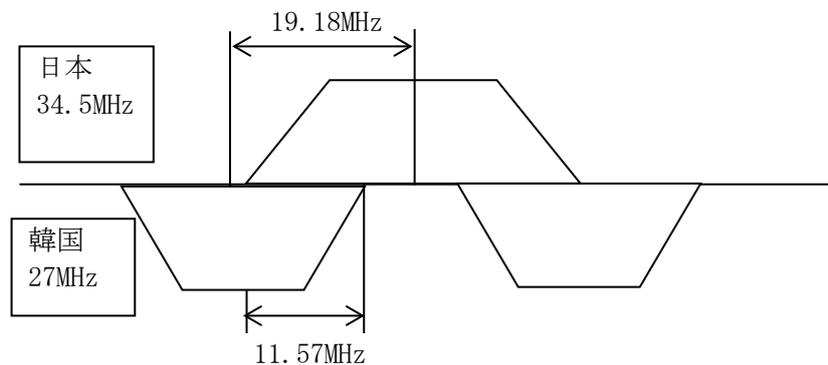


図 2.2.1-31 チャンネル配置

注5 平成9年度電気通信技術審議会答申「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」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OBOとしている）を含む値として10.7dBを用いた。

注6 所要C/N(LNC、受信機、干渉を考慮)、衛星中継器OBO値は衛星伝送実験結果の値を用いた。

表2.2.1-25 BS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 %
札幌	1.5 dB	2.1 dB
東京	2.4 dB	3.4 dB
鹿児島	2.9 dB	4.0 dB
那覇	3.5 dB	4.7 dB

表2.2.1-26 BSの受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率との関係

受信点	EIRP (OBO 2.2dB) [dBW]	伝送方式 (OBO)	アンテナ開口径				
			45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
札幌	58.0	TC8PSK (2/3) (2.2dB) (参考)	99.86%	99.94%			
		8PSK (3/4) (2.2dB)	99.93%	99.97%	99.98%	99.99%	
		16APSK (3/4) (2.2dB)	99.78%	99.91%	99.95%	99.97%	
		16APSK (7/9) (2.2dB)	99.70%	99.88%	99.94%	99.96%	
		32APSK (4/5) (3.5dB)	受信 不能	89.79%	98.89%	99.54%	99.83%
東京	60.0	TC8PSK (2/3) (2.2dB) (参考)	99.84%	99.92%			
		8PSK (3/4) (2.2dB)	99.91%	99.95%	99.97%	99.98%	

		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 78%	99. 89%	99. 93%	99. 95%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 71%	99. 86%	99. 92%	99. 94%	
		32APSK (4/5) (3. 5dB)	受信 不能	98. 15%	99. 28%	99. 61%	99. 82%
鹿児島	58. 0	TC8PSK (2/3) (2. 2dB) (参考)	99. 64%	99. 83%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99. 81%	99. 90%	99. 93%	99. 95%	
		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 47%	99. 76%	99. 86%	99. 90%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 29%	99. 69%	99. 82%	99. 88%	
		32APSK (4/5) (3. 5dB)	受信 不能	87. 79%	97. 80%	98. 96%	99. 59%
那覇	57. 0	TC8PSK (2/3) (2. 2dB) (参考)	99. 36%	99. 70%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99. 66%	99. 83%	99. 89%	99. 93%	
		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 04%	99. 58%	99. 76%	99. 84%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	98. 69%	99. 46%	99. 70%	99. 80%	
		32APSK (4/5) (3. 5dB)	受信 不能	受信 不能	95. 41%	98. 08%	99. 26%

表 2.2.1-27 BS 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	5.1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	4.9
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _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	-114.6	-119.4
p. f. d.	dBW/m ²	-104.7	-104.7
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	245.8
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	320.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.1
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.4
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.3
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	17.8	8.8
C/(N _u +N _d)	dB	17.5	8.8
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	16.4	8.6
所要 C/N	dB	8.6	8.6
システムマージン	dB	7.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.99
最悪月サービス時間率	%	-	99.93

表 2.2.1-28 BS 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	6.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	6.6
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _r	dB _i	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	-112.4	-119.0
p. f. d.	dBW/m ²	-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	276.9
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	352.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.5
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.0
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-127.9
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	60.0	60.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	19.9	8.8
C/(N _u +N _d)	dB	19.5	8.8
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	17.9	8.6
所要 C/N	dB	8.6	8.6
システムマージン	dB	9.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.98
最悪月サービス時間率	%	-	99.91

表 2.2.1-29 BS 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P_e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B_o	dB	2.2	2.2
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	5.3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L_r	dB	0.0	5.1
雲による減衰 L_c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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_r	dB _i	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	-114.3	-119.4
p. f. d.	dBW/m ²	-104.4	-104.4
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	250.7
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	325.8
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.1
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.4
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.2
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波 EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N_d	dB	18.1	8.8
$C/(N_u+N_d)$	dB	17.8	8.8
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 $C/(N+I)$	dB	16.6	8.6
所要 C/N	dB	8.6	8.6
システムマージン	dB	8.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.95
最悪月サービス時間率	%	-	99.81

表 2.2.1-30 BS 回線設計 (8PSK(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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	57.0	57.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
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	8.3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	8.1
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナ口径 D	cm	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dBi	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-110.7	-118.8
p. f. d.	dBW/m ²	-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	295.1
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	370.2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.7
性能指数 G/T	dB/K	17.0	12.3
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-127.6
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	57.0	57.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	21.6	8.8
C/(N _u +N _d)	dB	21.0	8.8
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	18.8	8.6
所要 C/N	dB	8.6	8.6
システムマージン	dB	10.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.98
最悪月サービス時間率	%	-	99.89

表 2.2.1-31 BS 回線設計 (16APSK(3/4) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	2.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	2.6
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _r	dB _i	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	-114.6	-117.2
p. f. d.	dBW/m ²	-104.7	-104.7
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	180.9
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	256.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.1
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.4
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.2
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	17.8	12.1
C/(N _u +N _d)	dB	17.5	12.0
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	16.4	11.7
所要 C/N	dB	11.7	11.7
システムマージン	dB	4.7	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 2.2.1-32 BS 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	4.3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	4.1
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _r	dB _i	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	-112.4	-116.5
p. f. d.	dBW/m ²	-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	225.9
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	301.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.8
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.7
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.5
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	60.0	60.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	19.9	12.1
C/(N _u +N _d)	dB	19.5	12.0
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	17.9	11.7
所要 C/N	dB	11.7	11.7
システムマージン	dB	6.2	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 2.2.1-33 BS 回線設計 (16APSK(3/4) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
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	3.0
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	2.8
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-114.3	-117.0
p. f. d.	dBW/m ²	-104.4	-104.4
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	187.5
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	262.6
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.2
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.3
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.1
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	18.1	12.1
C/(N _u +N _d)	dB	17.8	12.0
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	16.6	11.7
所要 C/N	dB	11.7	11.7
システムマージン	dB	4.9	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.86
最悪月サービス時間率	%	-	99.47

表 2.2.1-34 BS 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	57.0	57.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
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	5.6
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	5.3
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナ口径 D	cm	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dBi	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-110.7	-116.1
p. f. d.	dBW/m ²	-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	255.2
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	330.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.2
性能指数 G/T	dB/K	17.0	12.7
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.1
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波 EIRP	dBW	57.0	57.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	21.6	12.1
C/(N _u +N _d)	dB	21.0	12.0
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	18.8	11.7
所要 C/N	dB	11.7	11.7
システムマージン	dB	7.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.94
最悪月サービス時間率	%	-	99.76

表 2.2.1-35 BS 回線設計 (16APSK(7/9) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	2.4
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	2.1
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-114.6	-116.7
p. f. d.	dBW/m ²	-104.7	-104.7
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	162.0
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	237.1
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.7
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.8
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.6
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波 EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	17.8	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	17.5	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	16.4	12.4
所要 C/N	dB	12.4	12.4
システムマージン	dB	4.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.92
最悪月サービス時間率	%	-	99.70

表 2.2.1-36 BS 回線設計 (16APSK(7/9) 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	3.7
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	3.5
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-112.4	-115.9
p. f. d.	dBW/m ²	-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	209.6
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	284.7
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	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.8
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波 EIRP	dBW	60.0	60.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	19.9	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	19.5	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	17.9	12.4
所要 C/N	dB	12.4	12.4
システムマージン	dB	5.5	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.93
最悪月サービス時間率	%	-	99.71

表 2.2.1-37 BS 回線設計 (16APSK(7/9) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
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	2.5
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	0.1
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 η	%	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	-114.3	-116.5
p. f. d.	dBW/m ²	-104.4	-104.4
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	168.8
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	243.8
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.9
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.6
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.4
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	58.0	58.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	18.1	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	17.8	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	16.6	12.4
所要 C/N	dB	12.4	12.4
システムマージン	dB	4.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.80
最悪月サービス時間率	%	-	99.29

表 2.2.1-38 BS 回線設計 (16APSK(7/9) 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	57.0	57.0
出力バックオフ B _o	dB	2.2	2.2
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	4.9
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	4.7
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	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dBi	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-110.7	-115.4
p. f. d.	dBW/m ²	-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	241.8
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	316.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.0
性能指数 G/T	dB/K	17.0	12.9
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.3
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	57.0	57.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	21.6	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	21.0	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	18.8	12.4
所要 C/N	dB	12.4	12.4
システムマージン	dB	6.4	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.92
最悪月サービス時間率	%	-	99.70

2.2.1.15.2 現行のBS中継器を想定した回線設計例

現行の衛星中継器（増幅器定格出力120W）を想定し、カバレッジエリア中心部、カバレッジエリア端という観点からの代表的な受信地点として、札幌、東京、鹿児島、那覇についての回線設計をおこなった。表2.2.1-39に回線計算のための前提条件を示す。表2.2.1-39に記載されていない項目については表2.2.1-24と同様の条件とした。表2.2.1-40に受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率との関係を示す。表2.2.1-41から表2.2.1-52mで回線設計の計算例を示す。

表2.2.1-39 BS（現行）回線計算の前提条件

項目		計算条件
出力バックオフ(OBO)		0.9 dB (8PSK 3/4)、1.9 dB (16APSK 3/4、16APSK 7/9)、3.5 dB (32APSK 4/5)
衛星 EIRP (2.2dB バックオフ運用時)		60 dBW (東京)、58 dBW (札幌、鹿児島)、57 dBW (那覇)
所要 C/N	TC8PSK 2/3 (参考)	10.7 dB 注1
	8PSK 3/4	9.1 dB (OBO 含まず) 注2
	16APSK 3/4	12.0 dB (OBO 含まず) 注2
	16APSK 7/9	12.3 dB (OBO 含まず) 注2
	32APSK 4/5	16.6 dB (OBO 含まず) 注2

注1 平成9年度 電気通信技術審議会答申 「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」から引用。

注2 所要C/N(LNC、受信機、干渉を考慮)は室内実験結果の値を用いた。

表2.2.1-40 BS（現行）の受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率との関係

受信点	EIRP (飽和) [dBW]	伝送方式 (OBO)	アンテナ開口径				
			45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
札幌	58.0	TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99.86%	99.94%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99.89%	99.95%	99.97%	99.98%	
		16APSK (3/4) (1.9dB)	99.38%	99.79%	99.90%	99.94%	
		16APSK (7/9) (1.9dB)	99.24%	99.76%	99.88%	99.93%	

		32APSK (4/5) (3.5dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	95.61%	99.39%
東京	60.0	TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99.84%	99.92%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99.87%	99.93%	99.95%	99.97%	
		16APSK (3/4) (1.9dB)	99.52%	99.79%	99.88%	99.92%	
		16APSK (7/9) (1.9dB)	99.44%	99.76%	99.86%	99.91%	
		32APSK (4/5) (3.5dB)	受信 不能	受信 不能	95.79%	98.56%	99.52%
鹿児島	58.0	TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99.64%	99.83%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99.71%	99.85%	99.91%	99.94%	
		16APSK (3/4) (1.9dB)	98.66%	99.50%	99.73%	99.83%	
		16APSK (7/9) (1.9dB)	98.40%	99.42%	99.69%	99.81%	
		32APSK (4/5) (3.5dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	93.38%	98.67%
那覇	57.0	TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99.36%	99.70%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99.48%	99.75%	99.85%	99.90%	
		16APSK (3/4) (1.9dB)	97.52%	99.09%	99.52%	99.70%	
		16APSK (7/9) (1.9dB)	96.98	98.95%	99.46%	99.67%	
		32APSK (4/5) (3.5dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	受信 不能	97.53%

表 2.2.1-41 現行 BS 回線設計 (8PSK(3/4) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	57.1	57.1
出力バックオフ B _o	dB	0.9	0.9
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	4.1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	3.8
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _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	-115.5	-119.3
p. f. d.	dBW/m ²	-105.6	-105.6
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	219.8
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	294.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.7
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.8
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.6
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	57.1	57.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	16.9	9.3
C/(N _u +N _d)	dB	16.7	9.3
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	15.7	9.1
所要 C/N	dB	9.1	9.1
システムマージン	dB	6.6	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.98
最悪月サービス時間率	%	-	99.89

表 2.2.1-42 現行 BS 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	59.1	59.1
出力バックオフ B _o	dB	0.9	0.9
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	5.7
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	5.5
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
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 _r	dB _i	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	-113.3	-118.8
p. f. d.	dBW/m ²	-103.5	-103.5
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	257.3
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	332.4
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.2
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.3
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.1
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	59.1	59.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	19.0	9.3
C/(N _u +N _d)	dB	18.7	9.3
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	17.3	9.1
所要 C/N	dB	9.1	9.1
システムマージン	dB	8.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.97
最悪月サービス時間率	%	-	99.87

表 2.2.1-43 現行 BS 回線設計 (8PSK (3/4) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星EIRP Pe	dBW	57.1	57.1
出力バックオフ Bo	dB	0.9	0.9
自由空間損失 Lf	dB	205.5	205.5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	4.2
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	4.0
雲による減衰 Lc	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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dB _i	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	-115.2	-119.2
p. f. d.	dBW/m ²	-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	225.6
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	300.7
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.8
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.7
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.5
交差偏波による干渉の合計	dB	22.9	22.9
交差偏波による干渉 C/I	dB	57.1	57.1
交差偏波EIRP	dBW	30.0	30.0
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/Nd	dB	17.2	9.4
C/(Nu+Nd)	dB	17.0	9.3
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	15.9	9.1
所要 C/N	dB	9.1	9.1
システムマージン	dB	6.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.93
最悪月サービス時間率	%	-	99.71

表 2.2.1-44 現行 BS 回線設計 (8PSK(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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	56.1	56.1
出力バックオフ B _o	dB	0.9	0.9
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	7.1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	6.9
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナ口径 D	cm	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-111.6	-118.5
p. f. d.	dBW/m ²	-106.2	-106.2
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	280.2
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	355.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.5
性能指数 G/T	dB/K	17.0	12.4
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-127.8
交差偏波による干渉 C/I	dB	22.9	22.9
交差偏波EIRP	dBW	56.1	56.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	20.7	9.3
C/(N _u +N _d)	dB	20.2	9.3
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	18.3	9.1
所要 C/N	dB	9.1	9.1
システムマージン	dB	9.2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.97
最悪月サービス時間率	%	-	99.85

表 2.2.1-45 現行 BS 回線設計 (16APSK (3/4) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	56.1	56.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	1.6
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	1.3
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-116.5	-117.8
p. f. d.	dBW/m ²	-106.6	-106.6
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	125.4
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	200.5
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.0
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.5
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-130.3
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波EIRP	dBW	57.1	57.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	15.9	12.5
C/(N _u +N _d)	dB	15.7	12.4
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	14.7	12.0
所要 C/N	dB	12.0	12.0
システムマージン	dB	2.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.83
最悪月サービス時間率	%	-	99.38

表 2.2.1-46 現行 BS 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP P _e	dBW	58.1	58.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	2.7
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	0.1
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-114.4	-116.8
p. f. d.	dBW/m ²	-104.5	-104.5
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	176.2
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	251.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.0
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.5
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.3
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波EIRP	dBW	59.1	59.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	18.0	12.5
C/(N _u +N _d)	dB	17.7	12.4
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	16.3	12.0
所要 C/N	dB	12.0	12.0
システムマージン	dB	4.3	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.87
最悪月サービス時間率	%	-	99.52

表 2.2.1-47 現行 BS 回線設計 (16APSK (3/4) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	56.1	56.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
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	1.7
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	1.5
雲による減衰 L _c	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.2
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 _r	dB _i	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	-116.2	-117.6
p. f. d.	dBW/m ²	-106.3	-106.3
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	132.5
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	207.6
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.2
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.3
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-130.1
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波 EIRP	dBW	57.1	57.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	16.2	12.5
C/(N _u +N _d)	dB	16.0	12.4
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	14.9	12.0
所要 C/N	dB	12.0	12.0
システムマージン	dB	3.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.58
最悪月サービス時間率	%	-	98.66

表 2.2.1-48 現行 BS 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星EIRP Pe	dBW	55.1	55.1
出力バックオフ Bo	dB	1.9	1.9
自由空間損失 Lf	dB	205.4	205.4
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	3.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	3.6
雲による減衰 Lc	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	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dB _i	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-112.7	-116.2
p. f. d.	dBW/m ²	-107.2	-107.2
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	212.9
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	288.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.6
性能指数 G/T	dB/K	17.0	13.3
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.7
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波EIRP	dBW	56.1	56.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/Nd	dB	19.7	12.5
C/(Nu+Nd)	dB	19.3	12.4
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	17.4	12.0
所要 C/N	dB	12.0	12.0
システムマージン	dB	5.4	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.87
最悪月サービス時間率	%	-	99.52

表 2.2.1-49 現行 BS 回線設計 (16APSK (7/9) 受信点：札幌 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	56.1	56.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
自由空間損失 L _f	dB	205.7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	1.4
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	1.1
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-116.5	-117.6
p. f. d.	dBW/m ²	-106.6	-106.6
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	116.2
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	191.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	22.8
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.7
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-130.5
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波 EIRP	dBW	57.1	57.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	15.9	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	15.7	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	58.1	58.1
総合 C/(N+I)	dB	14.7	12.3
所要 C/N	dB	12.3	12.3
システムマージン	dB	2.4	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.78
最悪月サービス時間率	%	-	99.24

表 2.2.1-50 現行 BS 回線設計 (16APSK (7/9) 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/Nu	dB	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	58.1	58.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
自由空間損失 L _f	dB	205.6	205.6
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	2.5
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	2.2
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 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	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	-114.4	-116.6
p. f. d.	dBW/m ²	-104.5	-104.5
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	167.2
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	242.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.8
性能指数 G/T	dB/K	12.5	9.7
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-129.5
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波 EIRP	dBW	59.1	59.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	18.0	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	17.7	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	16.3	12.3
所要 C/N	dB	12.3	12.3
システムマージン	dB	4.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.85
最悪月サービス時間率	%	-	99.44

表 2.2.1-51 現行 BS 回線設計 (16APSK(7/9) 受信点：鹿児島 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	30.0	30.0
衛星EIRP Pe	dBW	56.1	56.1
出力バックオフ Bo	dB	1.9	1.9
自由空間損失 Lf	dB	205.5	205.5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	1.5
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	1.3
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.2
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	dB _i	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	-116.2	-117.4
p. f. d.	dBW/m ²	-106.3	-106.3
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	123.2
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	198.3
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.0
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.5
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-130.3
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波EIRP	dBW	57.1	57.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナXPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/Nd	dB	16.2	12.9
C/(Nu+Nd)	dB	16.0	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	14.9	12.3
所要 C/N	dB	12.3	12.3
システムマージン	dB	2.6	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.48
最悪月サービス時間率	%	-	98.40

表 2.2.1-52 現行 BS 回線設計 (16APSK (7/9) 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	30.0	30.0
衛星 EIRP P _e	dBW	55.1	55.1
出力バックオフ B _o	dB	1.9	1.9
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	3.5
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L _r	dB	0.0	3.3
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	75.0	75.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 G _r	dB _i	37.9	37.9
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-112.7	-116.0
p. f. d.	dBW/m ²	-107.2	-107.2
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	204.9
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	280.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.5
性能指数 G/T	dB/K	17.0	13.5
受信帯域幅 B	MHz	33.7561	33.7561
受信帯域幅 B'	dB・Hz	75.3	75.3
雑音入力 N	dBW	-132.3	-128.8
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.9	21.9
交差偏波 EIRP	dBW	56.1	56.1
衛星受信 (アップリンク) XPD	dB	30.0	30.0
衛星送信 (ダウンリンク) XPD	dB	30.0	30.0
受信アンテナ XPD	dB	25.0	25.0
ダウンリンク C/N _d	dB	19.7	12.9
C/(N _u +N _d)	dB	19.3	12.8
隣接チャンネル干渉	dB	54.5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	17.4	12.3
所要 C/N	dB	12.3	12.3
システムマージン	dB	5.1	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.85
最悪月サービス時間率	%	-	99.46

(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11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								

付表2 符号化率2/5の符号テーブル (つづき)

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							

付表3 符号化率1/2の符号テーブル (つづき)

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
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										

付表4 符号化率 3/5 の符号テーブル (つづき)

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
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									

付表5 符号化率 2/3 の符号テーブル (つづき)

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
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							

付表6 符号化率 3/4 の符号テーブル (つづき)

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
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7/9の符号テーブル

521	781	2081	2419	3589	5877	6085	6267	6657
1769	2029	2315	5799	6215	7255	7281	7385	9361
547	651	1873	2159	2471	7671	8581	8659	8919
2107	3069	3953	4851	5851	8555	9113	8815	9049
131	4935	5038	5565	6406	7515	7593	8074	7905
495	1821	2705	3095	3485	7459	8452	8503	8841
638	880	2073	2426	5014	6475	7307	8968	9179
27	910	2731	3199	4915	7923	8061	9543	9595
869	3081	3396	4109	6137	6345	7320	7880	8619
2226	1979	2178	4701	5331	6423	9738	9224	9491
2353	2937	4337	3458	4496	4375	4889	9532	9725
9138	1381	1809	1449	1535	4655	8303	8113	8269
4855	7552	6470	8936	7994	7002	9233	9174	9647
1991	6823	3584	6083	6115	5899	7302	7463	8529
2777	2603	2707	3615	3823	5123	6995	9153	
573	1941	7936	7524	7112	7047	9023	9673	
1892	1847	2689	7176	7661	8559	7801	9465	
7764	7894	7957						
3756	5481	8893						
3403	7657	8373						
3572	4670	4343						
8924	7853	8217						
4000	6095	9101						
1743	6759	7541						
1249	7827	9439						
3312	5833	7177						
3017	5985	5773						
497	5080	9231						
1301	5407	4837						
878	2598	2887						
7100	5900	6605						
2644	5537	8243						
4601	5311	5253						
6722	8930	9777						
3332	4132	5227						
8551	8991	9335						
2419	2602	4421						
5390	4626	8035						
4110	5955	7879						
2589	5643	6709						
917	6697	8139						
838	7638	9517						
1230	2913	7619						
2497	3519	5903						
3307	4131	4577						
5096	5435	7021						
4121	7554	9621						

付表7 符号化率7/9の符号テーブル(つづき)

6742	5965	8945
6140	6781	8321
2452	6557	7697
5034	4842	9205
4057	5398	9309
2445	3982	8191
3641	8639	7775
4946	7418	8737
1862	1613	3147
7115	2965	5201
1405	6891	8763
915	1431	8971
5167	4965	5721
1926	1888	5461
2686	2165	7099
2802	2055	5539
1329	4737	9413
1660	469	1951
5124	9257	9387
3015	5560	7983
4083	4239	4785
3348	6541	8165
6843	6820	9803
7736	5291	6371
1880	5079	9699
79	2033	6189
5874	5487	7762
6655	9299	9075
6139	5381	7567
1406	5583	6839
4609	3306	5513
319	3991	6917
5989	8846	9569
4735	4497	4447
2814	6943	8633
5453	5702	6059
3708	5981	9751
6368	5169	7333
3369	8002	9283
2628	2838	5383
7740	5424	7645
2130	1372	3121
1608	5747	8997
7097	7238	8399
2816	5125	5409
649	1657	2835

付表8 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							

付表8 符号化率 4/5 の符号テーブル (つづき)

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
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

付表8 符号化率 4/5 の符号テーブル (つづき)

2816	3635	6073
1343	4226	7744
3241	7047	7546

付表9 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							

付表9 符号化率 5/6 の符号テーブル (つづき)

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
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

付表9 符号化率 5/6 の符号テーブル (つづき)

3704	4840	5560
612	2406	2755
523	5545	6783
2296	3774	6996
1413	4713	7033
2386	3119	5283
3291	4930	6981

付表 10 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						

付表 10 符号化率 7/8 の符号テーブル (つづき)

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
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

付表 10 符号化率 7/8 の符号テーブル (つづき)

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 11 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	
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	

付表 11 符号化率 9/10 の符号テーブル (つづき)

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
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

付表 11 符号化率 9/10 の符号テーブル (つづき)

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

2.2.2 狭帯域伝送における伝送路符号化方式

情報通信審議会答申「CS デジタル放送方式（広帯域伝送を除く。）の高度化に関する技術的条件」（平成 18 年 7 月 20 日）を踏まえ、現在使用されている高度狭帯域伝送方式における伝送路符号化方式を用いることとする。

（理由）

DVB-S.2 方式に基づく現行の高度狭帯域伝送方式により、4K フォーマットを用いた超高精細度テレビジョン放送を早期に実現することが可能であるため。

2.3 多重化方式

2.3.1 多重化方式検討の基本的考え方

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件を踏まえ、超高精細度テレビジョン放送の多重化方式の要件を検討した。特に、広帯域伝送における多重化方式の要件については以下のように詳細化した。

2.3.1.1 広帯域伝送における多重化方式の要件

2.3.1.1.1 一般

- ①サービス（試験的な放送）開始時期は2016年頃を前提とする。
- ②伝送路は110度BS/CSを前提とする。

2.3.1.1.2 世界的な標準化動向との整合性

- ①世界的な標準化動向と整合のとれた多重化方式であること。
- ②放送・通信連携における世界的な標準化動向と整合のとれた方式であること。

2.3.1.1.3 既存システムとの整合性

- ①既存放送システム（送出・受信）との整合性が確保されていること。

2.3.1.1.4 放送の基本機能

- ①従来放送の基本機能（AV同期、クロック同期、選局応答性、蓄積の容易性）をサポートすること。
- ②単一の伝送路で伝送する場合、コンテンツを構成するコンポーネントや制御信号を一つのフローに多重できること。
- ③EPGを実現するための確実かつ必要十分なメタ情報配信が可能であること。
- ④迅速なサービス起動・切り替えが可能であること。
- ⑤緊急時や災害時に対応したサービス及び確実な告知ができること。

2.3.1.1.5 拡張性・将来性

- ①将来の拡張性を考慮した多重化方式であること。
- ②様々なフォーマットの映像・音声サービスを安定して実現できること。
- ③蓄積型放送として任意のファイルコンテンツの伝送が可能であること。
- ④新たなCAS/DRMが必要となれば、それに対応可能であること。

2.3.1.1.6 放送と通信の連携

(1) 多様な伝送路への適用

- ①MTU (Maximum Transmission Unit: 伝送可能なパケットの最大サイズ)や伝送品質が異なる伝送路又は伝送する情報に応じた効率的な伝送が可能であること。

(2) ハイブリッド配信

- ①単一の伝送路及び複数の伝送路で伝送されるコンテンツを構成するコンポーネントをトラスポートレイヤーで特定し、それらの提示のための同期を確保できること。
- ②放送・通信の両伝送路のコンポーネントを組み合わせたプログラム構成が可能であること。
- ③放送・通信の両伝送路におけるストリーム型コンテンツの同期再生が可能であること。
- ④ライブストリーミング時には、end-to-end 遅延が一定範囲に収まること。
- ⑤放送・通信の伝送路間でのスケーラブルなサービス提供が可能であること。
- ⑥放送・通信の伝送路間でのコンポーネント入れ替えが可能であること。
- ⑦放送から通信のストリーミング再生に切り替え、また放送受信へ切り替えることができること。
- ⑧放送と通信の両方の利用に基づき、複数ストリームから条件に合ったストリームを選択して利用し、さらにそれを時々刻々切り替える運用ができること。

(3) アプリケーションサービス

- ①放送番組に連動するアプリケーションサービスが実現できること。

2.3.1.1.7 通信サービス

- ①通信サービス（ストリーミング）に関しては、放送・通信連携サービスに特化した仕様ではなく、既存の通信サービスでのサーバ等のインフラ及び受信端末の機能が利用できること。

2.3.2 狭帯域伝送における多重化方式

狭帯域伝送における多重化方式は、ITU-T 勧告 H. 222.0 | ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems) の規定に基づく高度狭帯域 CS デジタル放送の多重化方式である「MPEG-2 TS 方式」とし、平成 23 年総務省令第 87 号第 3 条及び平成 23 年総務省告示第 299 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に関する構成を用いる。

(理由)

狭帯域伝送における超高精細度テレビジョン放送は、2014 年に試験的な放送開始を予定しており、現行の高度狭帯域 CS デジタル放送と同じ多重化方式とすることが適当である。

2.3.2.1 新たな映像符号化方式のための追加規定

2.3.2.1.1 ストリーム識別子

ITU-T 勧告 H. 222.0 (06/2012) /FDAM 3 | ISO/IEC 13818-1:2013/FDAM 3 の規定に基づき、ストリーム識別子の割当てを下記のように規定する。

値	割当て
‘1110xxxx’	ITU-T 勧告 H. 262、ISO/IEC 11172-2、ISO/IEC 14496-2、ITU-T 勧告 H. 264 又は ITU-T 勧告 H. 265 の映像ストリーム番号’ xxxx’

(理由)

ITU-T 勧告 H. 265 | MPEG-H HEVC により符号化された映像ストリームを識別するために必要である。

2.3.2.1.2 ストリーム形式種別

ITU-T 勧告 H. 222.0 (06/2012) / FDAM 3 | ISO/IEC 13818-1:2013/FDAM 3 の規定に基づき、ストリーム形式識別子の割当てについて下記を追加する。なお、ITU-T 勧告 H. 222.0 (06/2012) | ISO/IEC 13818-1:2013 では、ストリーム形式識別子に 0x1C~0x23 の割当てが追加されている。

ストリーム形式種別	意味
0x24	ITU-T 勧告 H. 265 ISO/IEC 23008-2 で定義される HEVC ビデオストリーム、もしくは HEVC 時間方向映像サブビットストリーム
0x25	ITU-T 勧告 H. 265 ISO/IEC 23008-2 の Annex A で定義される一つ以上のプロファイルに準拠する HEVC ビデオストリームの時間方向映像サブセット

(理由)

ITU-T 勧告 H. 265 | MPEG-H HEVC により符号化された映像ストリーム及び時間方向階層符号化映像ストリームを識別するために必要である。

2.3.2.1.3 階層符号化記述子(Hierarchy descriptor)

階層符号化記述子は、階層符号化された映像ストリームコンポーネントを含む番組要素を識別するために用い、図 2.3-1 及び表 2.3-1 に示す構成とする。本階層符号化記述子は、ITU-T 勧告 H. 222.0 (06/2012) | ISO/IEC 13818-1:2013 に規定されており、HEVC の時間方向階層符号化映像ストリーム伝送については ITU-T 勧告 H. 222.0 (06/2012) / FDAM 3 | ISO/IEC 13818-1:2013/FDAM 3 に規定されている。

時間方向階層符号化映像ストリームの伝送時には、対象となるストリームごとに本記述子を PMT の第 2 ループに配置する。HEVC 時間方向映像サブビットストリームの ES(stream_type=0x24) に対しては、階層符号化記述子中の hierarchy_type 値を 15 に設定し、HEVC 時間方向映像サブセットの ES(stream_type=0x25) に対しては、階層符号化記述子中の hierarchy_type 値を 3 に設定する。

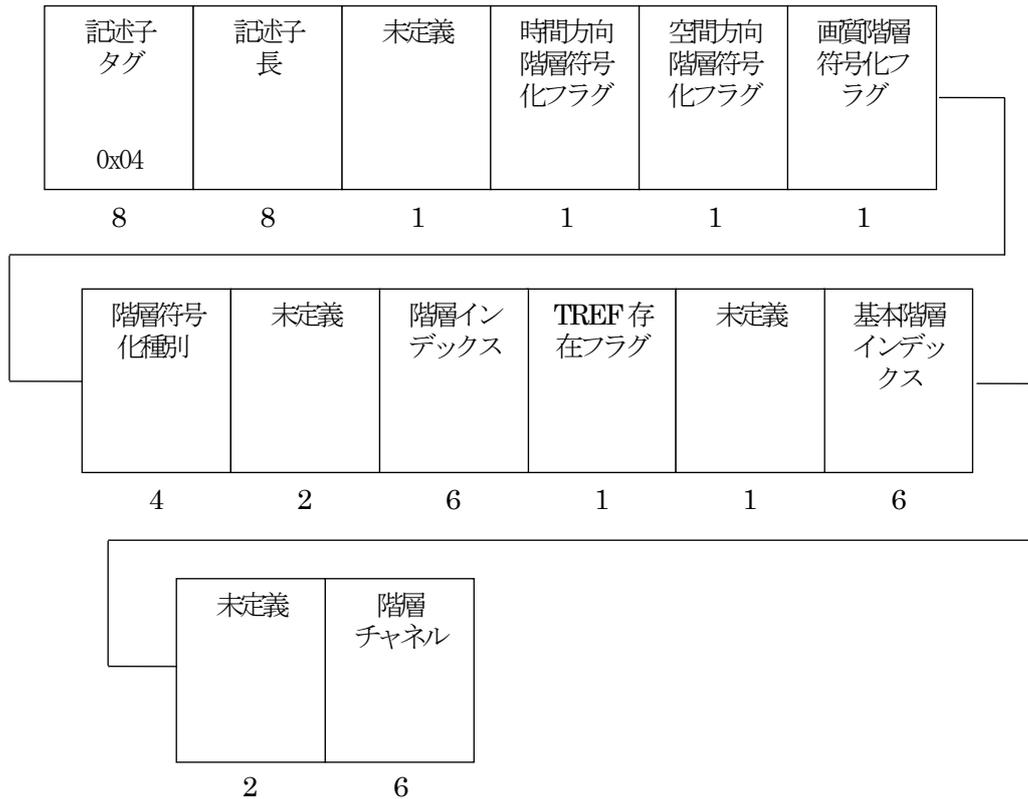


図 2.3-1 階層符号化記述子のデータ構造

表 2.3-1 階層符号化記述子

データ構造	ビット数	データ表記
hierarchy_descriptor() {		
descriptor_tag	8	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
Reserved	1	bslbf
temporal_scalability_flag	1	bslbf
spatial_scalability_flag	1	bslbf
quality_scalability_flag	1	bslbf
hierarchy_type	4	uimsbf
Reserved	2	bslbf
hierarchy_layer_index	6	uimsbf
tref_present_flag	1	bslbf
Reserved	1	bslbf
hierarchy_embedded_layer_index	6	uimsbf
Reserved	2	bslbf
hierarchy_channel	6	uimsbf
}		

階層符号化記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : 階層符号化記述子を示す 0x04 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域と

する。

temporal_scalability_flag (時間方向階層符号化フラグ) : 1ビットのフラグであり、‘0’に設定すると当該番組要素が hierarchy_embedded_layer_index で参照される番組要素のビットストリームのフレームレートを向上させることを示す。このフラグの‘1’は予約値である。

spatial_scalability_flag (空間方向階層符号化フラグ) : 1ビットのフラグであり、‘0’に設定すると当該番組要素が hierarchy_embedded_layer_index で参照される番組要素のビットストリームの空間解像度を向上させることを示す。このフラグの‘1’は予約値である。

quality_scalability_flag (画質階層符号化フラグ) : 1ビットのフラグであり、‘0’に設定すると当該番組要素が hierarchy_embedded_layer_index で参照される番組要素のビットストリームのSNR品質あるいは忠実度を向上させることを示す。このフラグの‘1’は予約値である。

hierarchy_type (階層符号化種別) : 当該階層と基本階層間の階層関係は表 2.3-2 で定義される。階層符号化を2種類以上適用する場合、このフィールドは‘8’ (混合階層符号化) が設定されなければならない。temporal_scalability_flag と spatial_scalability_flag と quality_scalability_flag の各フラグは適宜設定されなければならない。

表 2.3-2 階層符号化種別

階層符号化種別	記述
0	未定義
1	空間方向階層符号化
2	画質階層符号化
3	時間方向階層符号化
4	データパーティショニング
5	拡張ビットストリーム
6	プライベートストリーム
7	マルチビュープロファイル
8	混合階層符号化
9	MVC 映像サブビットストリーム
10 - 14	未定義
15	ベースレイヤー、もしくはMVC基本視点サブビットストリーム、もしくはMVCのAVC映像サブビットストリーム、もしくはHEVC時間方向映像サブビットストリーム

hierarchy_layer_index (階層インデックス) : このフィールドは6ビットであり、符号化階層のテーブルにおいて、当該番組要素の固有の値を定義する。これらの値はひとつのプログラム定義内において一意でなければならない。

tref_present_flag (TREF 存在フラグ) : 1ビットのフラグであり、‘0’に設定すると、当該エレメンタリストリームの PES パケットヘッダに TREF(timestamp reference)フィールドが存在する可能性を示す。このフラグの‘1’は予約値である。

hierarchy_embedded_layer_index (基本階層インデックス) : このフィールドは6ビットであり、基本となる番組要素の hierarchy_layer_index 値であり、当該階層符号化記述子で関連付けられるエレメンタリストリームのデコード前に、アクセスされ、デコード順に表示される必要がある。

hierarchy_type が‘15’の場合は未定義である。

hierarchy_channel (階層チャンネル) : このフィールドは6ビットであり、序列を持つ一連の伝送チャンネルの中から、当該番組要素に関する対象チャンネル番号を示す。伝送階層の定義全体に関して、最もロバストな伝送チャンネルはこのフィールドの最小値で規定される。

(注) 特定の hierarchy_channel は複数の番組要素へ同時に割当てられる可能性がある。

(理由)

時間方向階層符号化映像ストリームを識別するために必要である。

2.3.3 広帯域伝送における多重化方式

広帯域伝送における多重化方式は、ISO/IEC 23008-1 (MPEG-H MMT (MPEG Media Transport)) の規定に基づく「MMT・TLV方式」又はITU-T 勧告 H.222.0 | ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems) の規定に基づく「MPEG-2 TS方式」とする。

(理由)

高度化した放送・通信連携サービスを実現するためには、現行のMPEG-2 TS方式のままでは課題がある。そこで、IPをベースにハイブリッド配信を想定して新たに標準化された方式(MMT・TLV方式)及び現在のMPEG-2 TS方式を拡張する方式(拡張MPEG-2 TS方式)を検討した。多重化方式の要件への適合性評価を参考資料2に示す。2016年のサービスの位置付けとそれに対応する受信機の実現性、世界的な次世代放送の多重化方式の動向、放送と通信のハイブリッド配信の実現方法(多重化又はアプリケーション)に関する点で評価が分かれた。

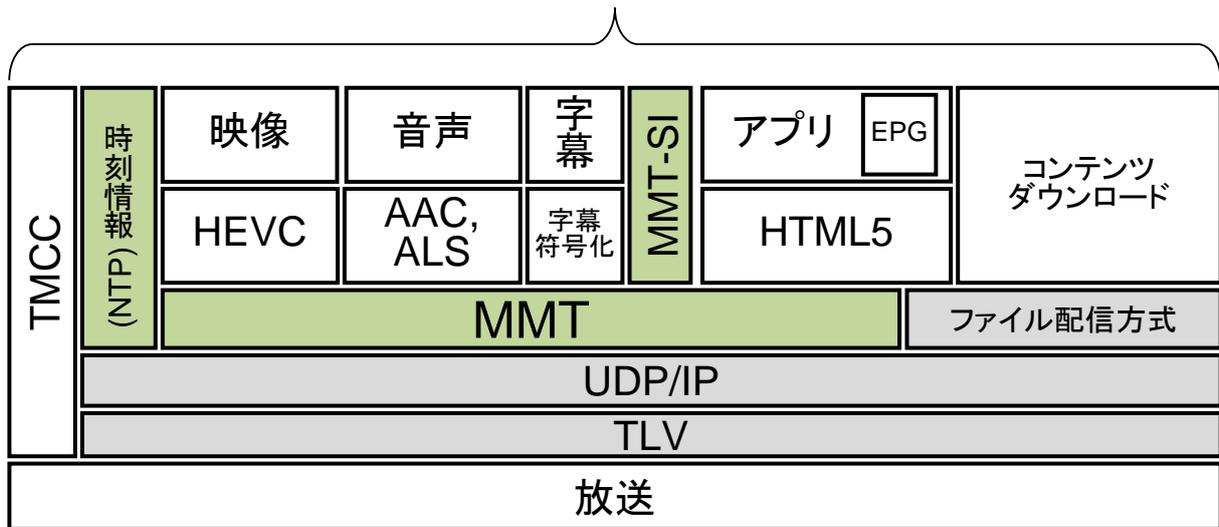
また、両方式の国際標準化の動向についても考慮した。MMT・TLV方式の構成要素であるMMTは2013年11月にFDIS化され、2014年3月にISO/IECでの標準化が完了する予定である。一方、拡張MPEG-2 TS方式の構成要素であるTSタイムライン拡張については、ISO/IECでの標準化の完了(FDAM)が2014年秋になる見込みである。そのため、MMT・TLV方式を基本としつつ、現行のMPEG-2 TS方式についても放送・通信連携のための追加規定及び新たな符号化方式のための追加規定を行うこととした。MPEG-2 TS方式によるハイブリッド配信において、TSタイムライン拡張を採用しないことによって、放送と通信で異なるタイムラインとなる場合には同期した提示が困難となる場合があるが、この点以外についてはハイブリッド配信の基本的な要件は満たされる。

2.3.3.1 MMT・TLV方式

2.3.3.1.1 方式の概要

MMT・TLV方式のレイヤーモデルを図2.3-2に示す。

超高精細度テレビジョン放送サービス



(緑：新規に規定する部分、グレー：すでに規定されている部分)

図 2.3-2 MMT・TLV 方式のレイヤーモデル

放送番組の映像信号及び音声信号の符号は MFU/MPU とし、MMTP (MMT Protocol) ペイロードに乗せて MMTP パケット化し、IP パケットで伝送する。また、放送番組に関連するデータコンテンツや字幕の信号についても MFU/MPU の形式とし、MMTP ペイロードに乗せて MMTP パケット化し、IP パケットで伝送する。一方、データコンテンツの一部や EPG、エンジニアリングサービス等に必要なファイルは、MMT を用いずに IP 上のファイル配信方式 (ARIB STD-B45) を用いて伝送する。同様に、コンテンツダウンロードサービス等も、IP 上のファイル配信方式を用いる。放送伝送路では、高度広帯域伝送方式に採用されている TLV パケットの形式で IP パケットを伝送する (ARIB STD-B32)。また、通信回線では、ユニキャスト・マルチキャストの配信形態に応じて IP パケットのまま伝送する。

これらのメディアデータを伝送する仕組みに加え、MMT-SI、TLV-SI の 2 種類の伝送制御信号を設ける。MMT-SI は、放送番組の構成等を示す伝送制御信号である。MMT の制御メッセージの形式とし、MMTP ペイロードに乗せ MMTP パケット化し IP パケットで伝送する。TLV-SI は、IP パケットの多重に関する伝送制御信号であり、選局のための情報や IP アドレスとサービスの対応情報を提供する。また、放送システムにおいても絶対時刻を提供するため、時刻情報を放送伝送路でも伝送する。

また、参考として、MMT・TLV 方式の通信系のレイヤーモデルを図 2.3-3 に示す。

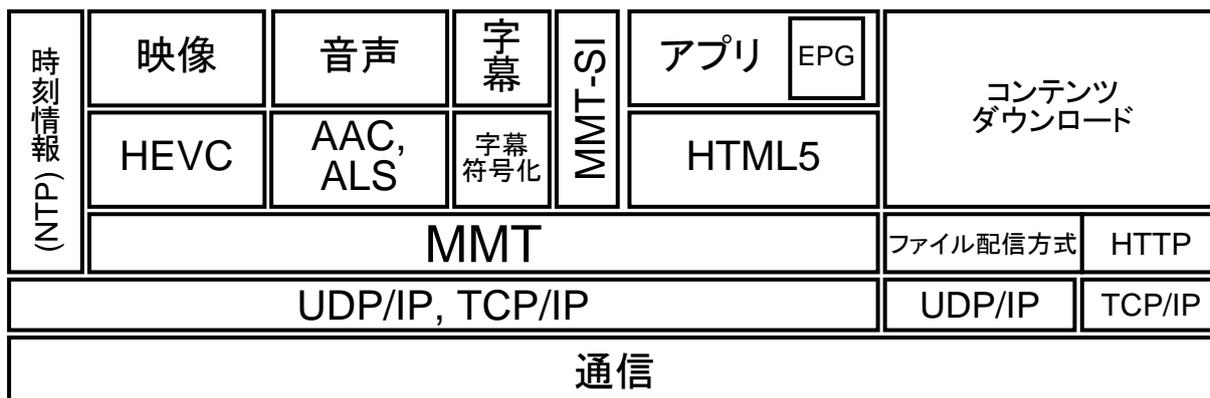


図 2.3-3 MMT・TLV 方式の通信系レイヤーモデル

(1) MMT における符号化信号

MMT における符号化信号を構成する要素として、Media Fragment Unit (MFU)、Media Processing Unit (MPU)、MMTP ペイロード、MMTP パケットがある。MMT における符号化信号の概要を図 2.3-4 に示す。

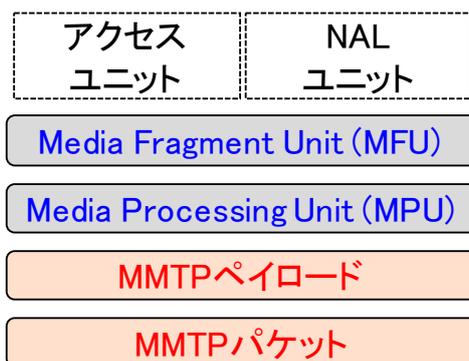


図 2.3-4 MMT における符号化信号の概要

映像信号や音声信号の処理では、MPU が処理の単位となる。MPU は 1 以上のアクセスユニットを含み、MPU 単体で映像や音声の復号処理を行うことができる単位となる。MPU の大きさは任意であり、任意の数のアクセスユニットを含むことができる。フレーム間予測を用いて符号化する映像信号では、MPU は GOP の単位とする必要がある。

MPU には、同一のアセットに属する MPU ごとにシーケンス番号を付加する。アセットを識別するアセット ID と MPU のシーケンス番号を用いることで、MPU を他の MPU と区別することができる。MFU は MPU よりも小さな単位であり、MPU を分割することで MFU を構成することができる。MFU の構成方法の 1 つとして、NAL ユニット単位やアクセスユニット単位で MFU とすることができる。このようなメディアを意識した MFU を構成し、MFU 単位で伝送することで、パケットロスのような伝送品質低下が発生したときの誤りの伝搬を抑えることができる。

MPU、MFU 及び伝送制御信号は、MMTP パケットで伝送する。MMTP パケットはヘッダ部とペイロード部から構成され、ペイロード部を MMTP ペイロードと呼ぶ。MMTP ペイロードは、ペイロード部に格納する内容に応じたペイロードヘッダを備える。

伝送しようとする MFU や伝送制御信号の大きさが小さい場合、同一種類の複数の MFU あるいは

複数の伝送制御信号をまとめて1つのMMTPペイロードを構成することができる。一方、伝送しようとするものが大きく1つのIPパケットで伝送できない場合、分割して複数のペイロードを構成する。

MMTPペイロードは1つのMMTPパケットに乗せる。1つのMMTPパケットが複数のMMTPペイロードに乗せることや、1つのMMTPペイロードが複数のMMTPパケットにまたがって乗ることはない。

放送では、エンコーダが出力する映像信号や音声信号のNALユニット及びアクセスユニットをMMTPペイロードに直接乗せることにより、NALユニット、アクセスユニットを連結してMPUを構成し、そのMPUを分割してMMTPペイロードに乗せる場合と比較し、カプセル化の遅延を削減できる。この時、MFUとして必要な情報の多くはMMTPペイロードのヘッダで持つことができるため、物理的に完全な形でMPUやMFUを構成することは行わず、論理的な単位とする。

(2) MMTパッケージとサービスの関係

放送伝送路におけるMMTパッケージとサービスの関係を図2.3-5に示す。スケジュールに従って送出される番組の連続としての「サービス」は従来の放送と同様である。MMTでは、コンテンツの単位をパッケージとして定義しているが、このパッケージをサービスと一対一に対応付けて用いる。従来の放送では、MPEG-2 Systemsの「プログラム」をサービスに一対一に対応付けて用いているが、MMTではプログラムからパッケージに変わる事となる。パッケージがサービスに対応し、一つのサービスにおいて開始及び終了時刻により区切られる「番組」がイベントとなる。

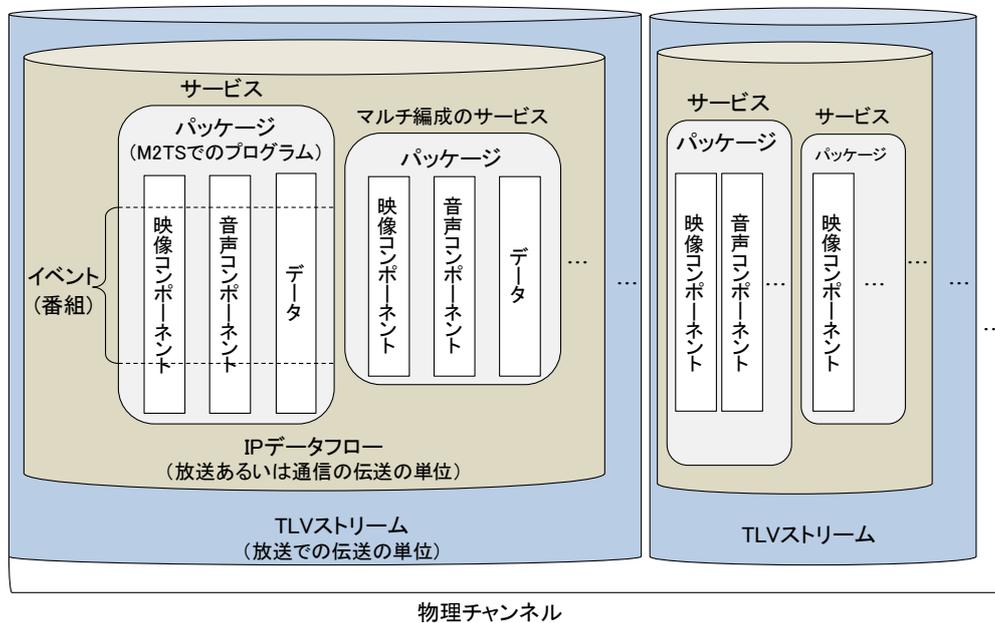


図 2.3-5 放送伝送路での MMT パッケージとサービスの関係

MMTでは、映像や音声等のコンポーネントをアセットと定義する。アセットはMPUが連続した構造となる。

番組は、一つ以上のアセット及び制御メッセージから構成されるパッケージとして定義される。PA メッセージは MMT-SI の一つであり、PA メッセージに含まれる MPT (MMT Package Table) が、番組がどのようなアセットで構成されるかを示す。

図 2.3-5 に示すように、複数の MMT パッケージを同一の IP データフローに多重できる。ここで、IP データフローとは、IP ヘッダ及び UDP ヘッダの送信元 IP アドレス、宛先 IP アドレス、IP ヘッダのプロトコル種別、送信元ポート番号、宛先ポート番号の 5 種類のフィールドの値が全て同じである IP パケットの集合である。MMT パッケージを伝送する IP データフローに加え、ダウンロードサービスや拡張サービスのための IP データフローが存在することもある。

放送では、このような複数の IP データフローを一つの TLV ストリームに多重する。TLV ストリームは、TLV ストリーム ID で識別される TLV パケットの系列であり、TLV-NIT (Network Information Table) や AMT (Address Map Table) といった TLV 伝送制御信号 (TLV-SI) を TLV パケットとして含んでいる。TLV パケットを多重した伝送スロットは、伝送路の TMCC 信号から、TLV ストリーム ID を用いて特定される

(3) 放送・通信横断的なサービス

MMT では、放送伝送路と通信伝送路を同様に扱うことができる。放送伝送路と通信伝送路の両方を用いるサービスの構成を図 2.3-6 に示す。図 2.3-6 は、映像コンポーネント 1、音声コンポーネント 1、データ 1 を放送で、映像コンポーネント 2、音声コンポーネント 2、データ 2 を通信回線で伝送している様子を示している。放送では、伝送する 3 つのコンポーネントを 1 つの IP データフローに多重し、同一の TLV ストリームで伝送している。放送伝送路では、送信した情報はすべてのクライアント端末に伝送されるため、3 つのコンポーネントを 1 つの IP データフローに多重している。また、通信回線で伝送するコンポーネントについては、個別の要求に応じるため、互いに独立した IP データフローで伝送する。

映像コンポーネントや音声コンポーネント等、提示時刻が指定されるメディアには、MPU 単位で提示時刻が示される。MPU の提示時刻は、世界共通時刻である UTC (Coordinated Universal Time) に基づき、いずれの送信元も共通の時間軸を用いて提示時刻を指定する。そのため、放送と通信の伝送路の違いや送信元の違いによらず、必要なメディアコンポーネントを同期して提示することができる。

MMT は、異なる伝送路で伝送するコンポーネントを一つのパッケージに含めることができるため、ハイブリッド配信を容易に実現できる。

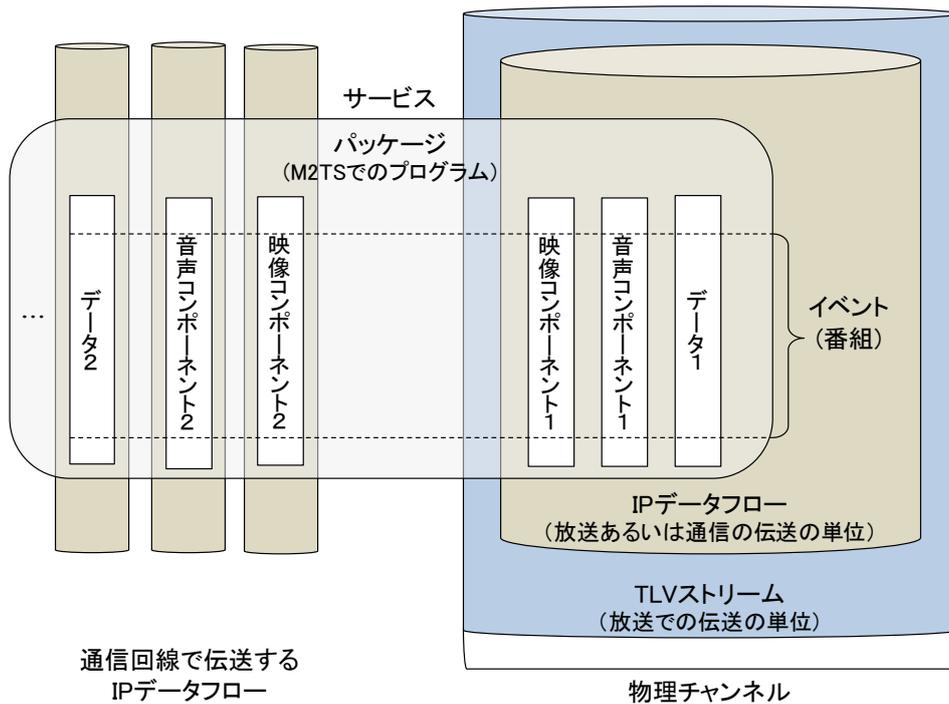


図 2.3-6 放送・通信横断的なサービスの構成

2.3.3.1.2 符号化信号

(1) TLV (Type-Length-Value) パケット

TLV パケットは、表 2.3-3 に示す構成とする。

表 2.3-3 TLV パケットの構成

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、全ての reserved_future_use 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 2.3-4 に従って符号化される。

表 2.3-4 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) : 16 ビットのフィールドで、length フィールドの直後から TLV の最後までまでのバイト数を示す。

IPv4_packet () (IPv4 パケット) : (2) a 参照。

IPv6_packet () (IPv6 パケット) : (2) b 参照。

compressed_ip_packet () (ヘッダ圧縮した IP パケット) : (2) c 参照。

signaling_packet () (伝送制御信号パケット) : 2.3.3.1.3 参照。

NULL (ヌル) : length に示される長さの 0xFF のバイト列とする。

(2) IP パケット

a IPv4/UDP パケット

IPv4/UDP パケットは、表 2.3-5 に示す一般的構成とする。

表 2.3-5 IPv4/UDP パケットの一般的構成

データ構造	ビット数	データ表記
<pre> IPv4_packet() { IPv4_header() UDP_header() for(i=0;i<N;i++){ packet_data_byte } } </pre>	8	bslbf

b IPv6/UDP パケット

IPv6/UDP パケットは、表 2.3-6 に示す一般的構成とする。

表 2.3-6 IPv6/UDP パケットの一般的構成

データ構造	ビット数	データ表記
<pre> IPv6_packet() { IPv6_header() if(next_header !=0x11) { IPv6_extension_header() } UDP_header() for(i=0;i<N;i++){ packet_data_byte } } </pre>	8	bslbf

c ヘッダ圧縮した IP パケット

ヘッダ圧縮した IP パケットは、表 2.3-7 に示す構成とする。

表 2.3-7 ヘッダ圧縮した IP パケットの構成

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

compressed_ip_packet の意味

CID : Context IDentification (コンテキスト識別) : ヘッダ圧縮を行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、表 2.3-9 に示す構成である。

表 2.3-9 IPv4_header_wo_length() の構成

データ構造	ビット数	データ表記
IPv4_header_wo_length() {		
version	4	uimsbf
IHL	4	uimsbf
type_of_service	8	bslbf
identification	16	bslbf
flags	3	bslbf
fragment_offset	13	uimsbf
time_to_live	8	uimsbf
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、表 2.3-10 に示す構成である。

表 2.3-10 IPv6_header_wo_length()の構成

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、表 2.3-11 に示す構成である。

表 2.3-11 UDP_header_wo_length()の構成

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
}		

(3) MMTP パケット

MMTP パケットは、図 2.3-7 及び表 2.3-12 に示す構成とする。MMTP パケットは ISO/IEC 23008-1 に規定されている。

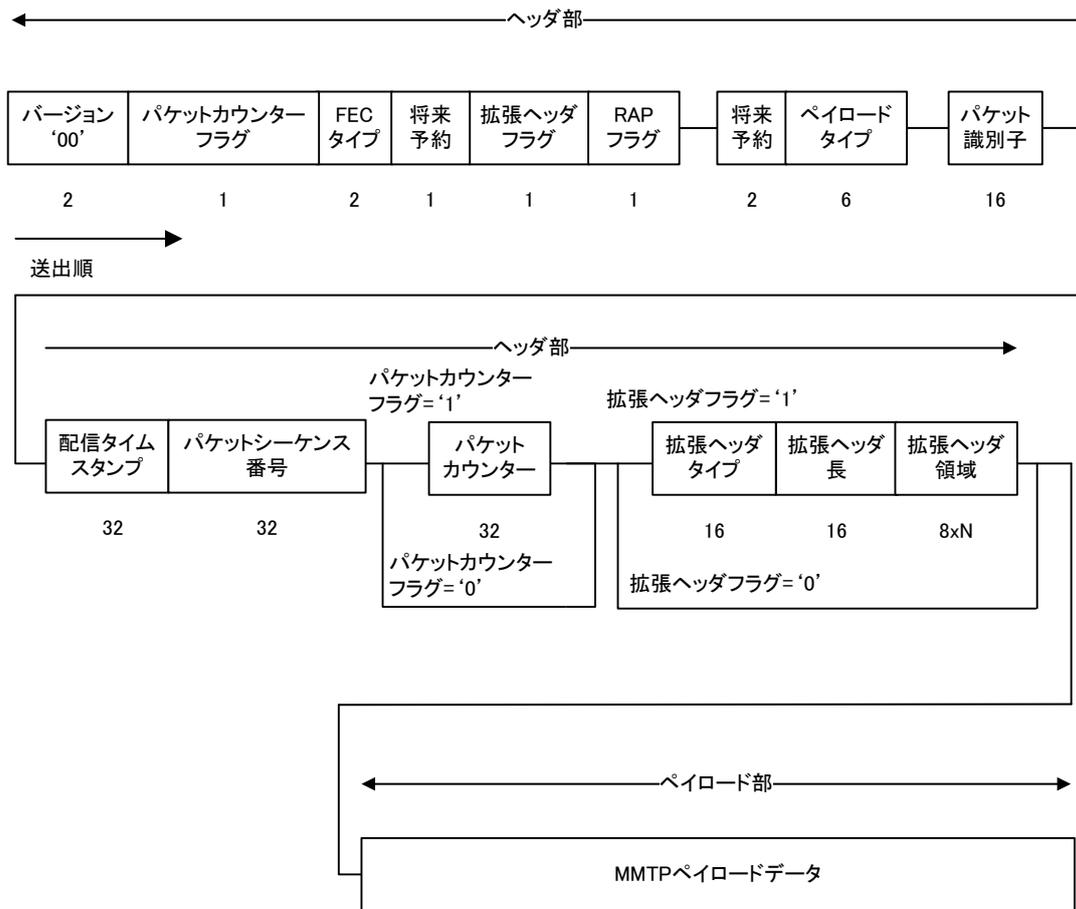


図 2.3-7 MMTP パケットの構成

表 2.3-12 MMTP 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
MMTP_packet () {		
Version	2	uimsbf
packet_counter_flag	1	bslbf
FEC_type	2	uimsbf
Reserved	1	bslbf
extension_flag	1	bslbf
RAP_flag	1	bslbf
Reserved	2	bslbf
payload_type	6	uimsbf
packet_id	16	uimsbf
Timestamp	32	uimsbf
packet_sequence_number	32	uimsbf
if (packet_counter_flag == 1) {		
packet_counter	32	uimsbf
}		
if (extension_flag == 1) {		
extension_type	16	uimsbf
extension_length	16	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
header_extension_byte	8	bslbf
}		
}		

<pre> } } MMTP_payload () } </pre>		
--	--	--

MMTP パケットの意味

version (バージョン) : MMT プロトコルのバージョン番号を示す。ISO/IEC 23008-1 第1版に従う場合、このフィールドは '00' とする。

packet_counter_flag (パケットカウンタフラグ) : パケットカウンタフィールドが存在する場合は '1' とし、存在しない場合は '0' とする。

FEC_type (FEC タイプ) : この MMTP パケットの AL-FEC に関する情報を、表 2.3-13 に従って符号化する。

表 2.3-13 FEC タイプ

FEC_type の値	FEC タイプの意味
0	AL-FEC で保護しない MMTP パケット
1	AL-FEC で保護する MMTP パケットのうち、ソースパケット
2	AL-FEC で保護する MMTP パケットのうち、リペアパケット
3	reserved for future use

extension_flag (拡張ヘッダフラグ) : MMTP パケットのヘッダ拡張を行う場合は '1' とし、ヘッダ拡張を行わない場合は '0' とする。

RAP_flag (RAP フラグ) : この MMTP パケットが伝送する MMTP ペイロードがランダムアクセスポイントの先頭を含む場合は '1' とし、それ以外は '0' とする。

payload_type (ペイロードタイプ) : MMTP ペイロードのデータタイプを示し、表 2.3-14 に従って符号化する。

表 2.3-14 ペイロードタイプ

payload_type の値	ペイロードタイプの意味
0x00	MPU (メディアを意識した MPU のフラグメントを含む)
0x01	ジェネリックオブジェクト (完全な MPU 等の一般的なオブジェクトを含む)
0x02	1 以上の制御メッセージを含む
0x03	AL-FEC のリペアシンボルを含む
0x04 - 0x1F	reserved for ISO/IEC
0x20 - 0x3F	国又は民間標準化機関で規定

packet_id (パケット識別子) : ペイロードのデータの種別を識別するための領域とする。パケット識別子の値は ISO/IEC 23008-1 では規定されない。表 2.3-15 の割り当てに従うこととする。

表 2.3-15 パケット識別子

packet_id の値	パケット識別子の意味
0x0000	PA メッセージ
0x0001	CA メッセージ
0x0002	AL-FEC メッセージ
0x0003 - 0x00FF	未定義
0x0100 - 0x7FFF	国又は民間標準化機関で規定（制御メッセージ以外に割り当てることができる領域）
0x8000 - 0xFFFF	国又は民間標準化機関で規定（未定義）

timestamp（配信タイムスタンプ）：この MMTP パケットの先頭バイトが送信エンティティから出力される時刻を、RFC 5905 に示される短形式 NTP タイムスタンプで示す。

packet_sequence_number（パケットシーケンス番号）：同一のパケット識別子を持つ MMTP パケットの順序を示す。任意の値から開始する。

packet_counter（パケットカウンター）：パケット識別子の値に関わらず、同一の IP データフローにおける MMTP パケットの順序を示す。任意の値から開始する。

extension_type（拡張ヘッダタイプ）：ヘッダ拡張領域の拡張種別を示す。拡張ヘッダタイプの値は ISO/IEC 23008-1 では規定されない。表 2.3-16 の割り当てに従うこととする。

表 2.3-16 拡張ヘッダタイプ

extension_type の値	拡張ヘッダタイプの意味
0x0000 - 0xFFFF	国又は民間標準化機関で規定

extension_length（拡張ヘッダ長）：このフィールドの直後から、拡張ヘッダ領域の最後までまでの大きさをバイト単位で示す。

header_extension_byte（拡張ヘッダ領域）：ヘッダ拡張のためのデータバイトを示す。

(4) MMTP ペイロード

MMTP ペイロードは、図 2.3-8 及び表 2.3-17 に示す構成とする。MMTP ペイロードは ISO/IEC 23008-1 に規定されている。

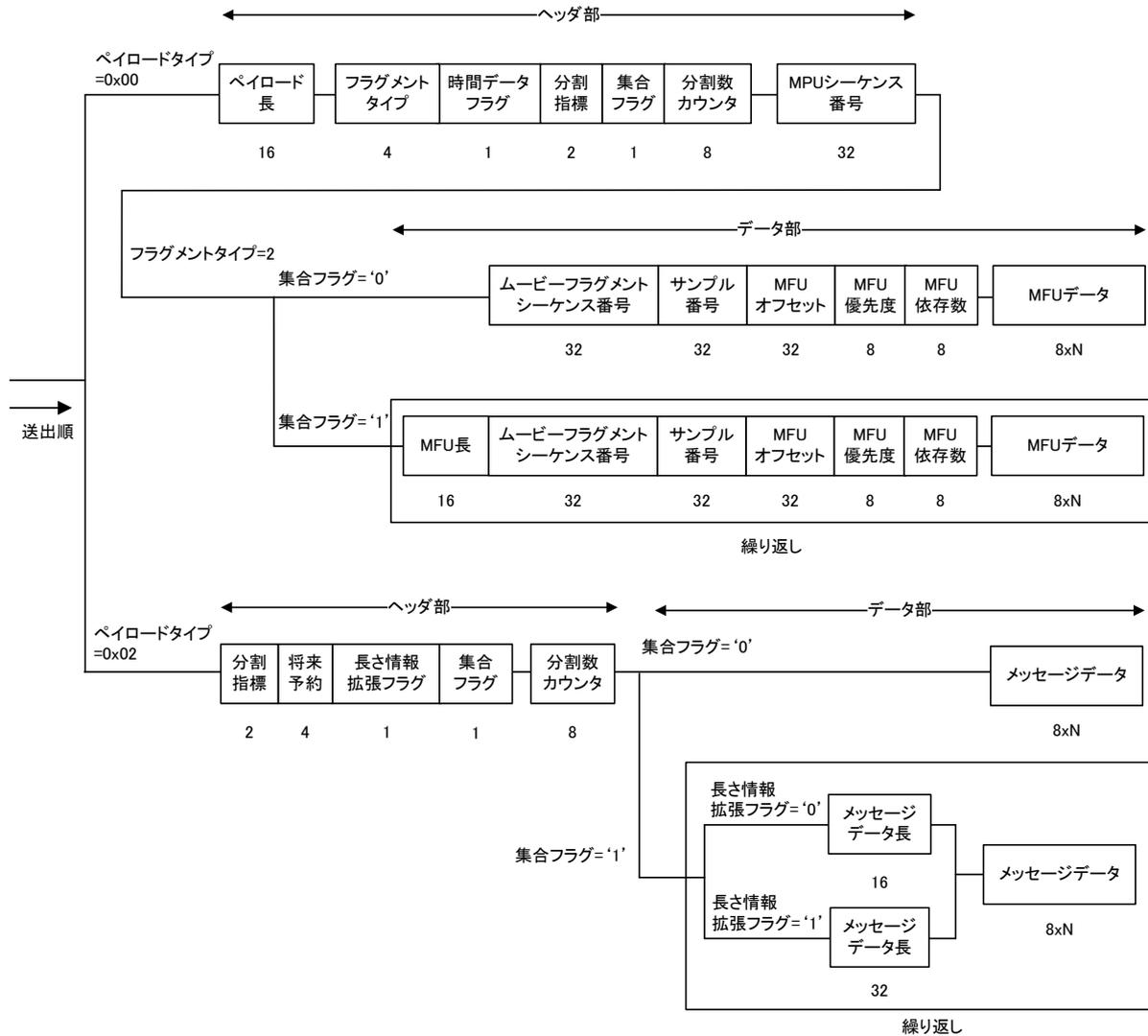


図 2.3-8 MMTP ペイロードの構成

表 2.3-17 MMTP ペイロードの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
MMTP_payload () {		
if (payload_type == 0x00) {		
/* media aware fragment MPU */		
payload_length	16	uimbsf
fragment_type	4	uimbsf
timed_flag	1	bslbf
fragmentation_indicator	2	bslbf
aggregation_flag	1	bslbf
fragment_counter	8	uimbsf
MPU_sequence_number	32	uimbsf
if (fragment_type == 2) { //MFU		
if (aggregation_flag == 0) {		
movie_fragment_sequence_number	32	uimbsf
sample_number	32	uimbsf

し、表 2.3-18 に従って符号化される。

表 2.3-18 フラグメントタイプ

fragment_type の値	フラグメントタイプの意味
0	MPU メタデータ。ftyp、mmpu、moov、meta ボックスを含む。
1	ムービーフラグメントメタデータ。moof ボックスと、メディアデータを除く mdat ボックスを含む。
2	MFU。メディアデータのサンプルあるいはサブサンプルを含む。
3 - 15	国又は民間標準化機関で規定

timed_flag (時間データフラグ) : MMTP ペイロードが格納するデータが提示時間を指定するデータの場合は '1' とし、提示時間を指定しないデータの場合は '0' とする。

fragmentation_indicator (分割指標) : MMTP ペイロードに格納するデータの分割の状態を示し、表 2.3-19 に従って符号化される。

表 2.3-19 分割指標

fragmentation_indicator	分割指標の意味
'00'	1 以上のデータを完全な形で含む
'01'	分割されたデータの先頭部分を含む
'10'	分割されたデータの、先頭部分でもなく最終部分でもない部分を含む
'11'	分割されたデータの最終部分を含む

aggregation_flag (集合フラグ) : MMTP ペイロードに 2 つ以上のデータを格納する場合は '1' とし、1 つのデータを格納する場合は '0' とする。

fragment_counter (分割数カウンタ) : データが分割された場合、この MMTP ペイロードが格納する部分より後にある分割されたデータの数を示す。この値が 255 を超える場合は、再度 0 から開始する。また、集合フラグが '1' の場合、このフィールドは '0' とする。

MPU_sequence_number (MPU シーケンス番号) : MPU メタデータ、ムービーフラグメントメタデータ、MFU を格納する場合、それらが属する MPU のシーケンス番号を示す。

data_unit_length (MFU 長) : このフィールドの直後にある一つの MFU データの大きさをバイト単位で示す。

movie_fragment_sequence_number (ムービーフラグメントシーケンス番号) : この MFU が属するムービーフラグメントのシーケンス番号を示す。

sample_number (サンプル番号) : この MFU のサンプル番号を示す。

offset (MFU オフセット) : この MFU が属するサンプルにおける、MFU のオフセットをバイト単位で示す。

priority (MFU 優先度) : この MFU が属する MPU における、MFU の相対的な重要度を示す。MFU 優先度の数字が大きい MFU は、数字が小さい MFU よりも重要であることを示す。

dependency_counter (MFU 依存数) : 復号処理がこの MFU に依存している、すなわち、この MFU を

復号処理しないと、その復号処理を行うことができないMFUの数を示す。

MFU_data_byte (MFU データ) : NAL ユニット又はアクセスユニットのデータバイトを示す。

length_extension_flag (長さ情報拡張フラグ) : メッセージの大きさを示すメッセージデータ長フィールドを32ビットとするときは‘1’とし、16ビットとするときは‘0’とする。

message_length (メッセージデータ長) : このフィールドの直後から、続く一つのメッセージの大きさをバイト単位で示す。

message_byte (メッセージデータ) : 伝送制御信号のデータバイトを示す。

2.3.3.1.3 伝送制御信号

(1) TLV-SI

TLV-SI は、図 2.3-9 及び表 2.3-20 に示すセクション拡張形式のテーブル形式とする。

(理由)

IP パケットを放送伝送路に多重するための伝送制御信号が必要である。

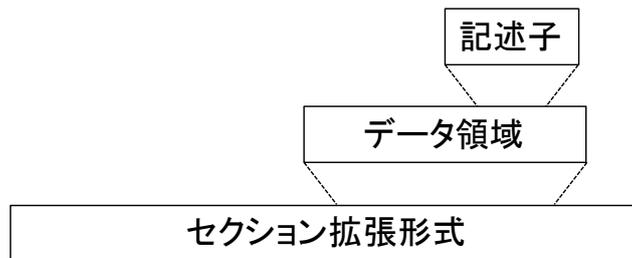


図 2.3-9 TLV-SI のテーブルの構造

表 2.3-20 伝送制御信号パケットの構成

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 2.3-21 に示す。

表 2.3-21 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 2.3-22 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 2.3-22 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。

TLV-SI として表 2.3-23 に示すテーブルを規定する。

表 2.3-23 TLV-SI として規定するテーブル

テーブル名	機能	規定
TLV-NIT	放送ネットワークにより運ばれる多重/TLV ストリームの物理的構成に関する情報、及びネットワーク自身の特性を表す。	告示に規定済み
AMT	放送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。	
TDT	現在の日付、時刻の指示。	民間標準化機関で規定済み
TOT	現在の日付時刻の指示、及び、実際の時刻と人間系への表示時刻の差分時間を指定する。	

(2) MMT-SI

MMT-SI は、図 2.3-10 に示すように 1) テーブルや記述子を格納する“メッセージ”、2) 特定の情報を示す要素や属性を持つ“テーブル”、3) より詳細な情報を示す“記述子”の 3 階層から構成し、メッセージはその種類に応じて一以上のテーブルを含むことができ、テーブルはその種類に応じて一以上の記述子を含むことができるものとする。

(理由)

MMT パッケージの構成を示す伝送制御信号が必要である。

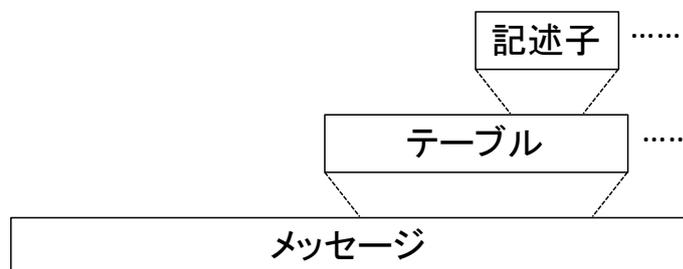


図 2.3-10 メッセージの構成

MMT-SI のメッセージやテーブル、記述子を用いて放送で伝送される放送番組を受信機で選択する際の、チャンネル選択から当該番組の映像信号・音声信号が提示されるまでの伝送制御信号の処理の例を参考資料 3 に示す。

A MMT-SI のメッセージ

MMT-SI として表 2.3-24 に示すメッセージを規定する。メッセージを識別するためのメッセージ識別の割り当ては表 2.3-25 に示す通りとする。

表 2.3-24 MMT-SI として規定するメッセージ

メッセージ名	機能	規定
Package Access (PA)メッセージ	MMT-SI のテーブルを伝送するために用いる。MMT 制御メッセージのエントリーポイントとなる。	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
M2 セクションメッセージ	MPEG-2 Systems のセクション拡張形式をそのまま伝送するために用いる。	民間標準化機関で規定
CA メッセージ	限定受信方式に関する情報を伝送するために用いる。	告示に規定

表 2.3-25 メッセージ識別の割り当て

message_id	メッセージ識別の意味	規定
0x0000	PA メッセージ	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
0x0001 - 0x000F	MPI メッセージ	ISO/IEC 23008-1 に規定されているが使用しない
0x0010 - 0x001F	MPT メッセージ	
0x0200	CRI メッセージ	
0x0201	DCI メッセージ	
0x0202	AL-FEC メッセージ	
0x0203	HRBM メッセージ	
0x0204 - 0x7FFF	reserved for ISO/IEC	
0x8000	M2 セクションメッセージ	
0x8001	CA メッセージ	限定受信方式に関して告示に規定
0x8002 - 0xFFFF	未定義	国又は民間標準化機関で規定

(a) Package Access (PA)メッセージ

Package Access (PA)メッセージは図 2.3-11 及び表 2.3-26 に示す構成とする。PA メッセージは MMT-SI のテーブルを伝送するために用いる。

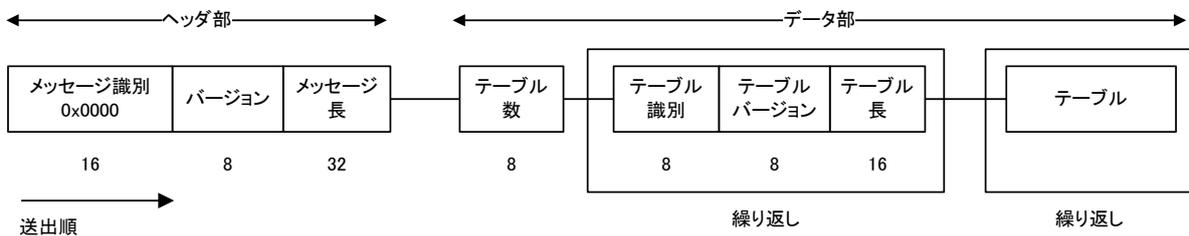


図 2.3-11 PA メッセージの構成

表 2.3-26 PA メッセージの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
PA_message () { message_id	16	uimsbf
version	8	uimsbf

length	32	uimbsf
extension {		
number_of_tables	8	uimbsf
for (i=0; i<N; i++) {		
table_id	8	uimbsf
table_version	8	uimbsf
table_length	16	uimbsf
}		
}		
message_payload {		
for (i=0; i<N; i++)		
table ()		
}		
}		

PA メッセージの意味

message_id (メッセージ識別) : PA メッセージを示す 0x0000 とする。

version (バージョン) : PA メッセージのバージョン番号を書き込む領域とする。

length (メッセージ長) : このフィールドの直後から、メッセージペイロードの最後までまでの大きさをバイト単位で示す。

number_of_tables (テーブル数) : この PA メッセージに格納するテーブルの数を示す。

table_id (テーブル識別) : この PA メッセージに格納するテーブルのテーブル識別を示す。

table_version (テーブルバージョン) : この PA メッセージに格納するテーブルのバージョンを示す。

table_length (テーブル長) : この PA メッセージに格納するテーブルの大きさをバイト単位で示す。

table (テーブル) : この PA メッセージに格納するテーブルを示す。

(b) M2 セクションメッセージ

M2 セクションメッセージは図 2.3-12 及び表 2.3-27 に示す構成とする。M2 セクションメッセージは MPEG-2 Systems のセクション拡張形式を伝送するために用いる。

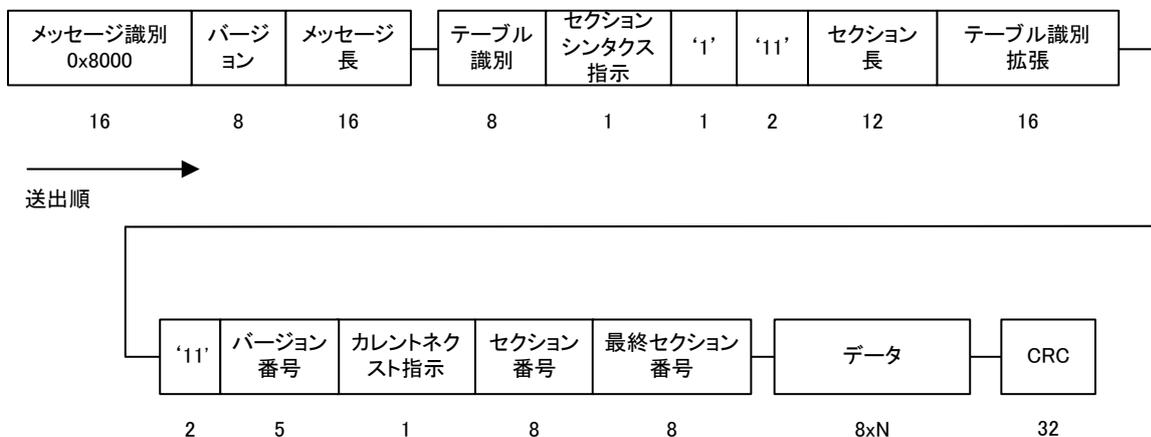


図 2.3-12 M2 セクションメッセージの構成

表 2.3-27 M2 セクションメッセージの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
M2section_message () {		
message_id	16	uimsbf
version	8	uimsbf
length	16	uimsbf
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
for(i=0; i<N; i++) {		
signaling_data_byte	8	bslbf
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

M2 セクションメッセージの意味

message_id (メッセージ識別) : M2 セクションメッセージを示す 0x8000 とする。

version (バージョン) : M2 セクションメッセージのバージョン番号を書きこむ領域とする。

length (メッセージ長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

table_id (テーブル識別) : セクションが属するテーブルの識別のために使用する領域とする。

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) : 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。

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。

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。

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。

CRC_32 (CRC) : ITU-T 勧告 H. 222.0 に従うものとする。

B MMT-SI のテーブル

MMT-SI として表 2.3-28 に示すテーブルを規定する。テーブルを識別するためのテーブル識別の割り当ては表 2.3-29 に示す通りとする。

表 2.3-28 MMT-SI として規定するテーブル

テーブル名	機能	規定
MMT Package (MP) テーブル	アセットのリストやその位置等パッケージを構成する情報を与える。	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
パッケージリストテーブル	放送サービスとして提供される MMT パッケージの PA メッセージを伝送する IP データフロー及びパケット ID、また、IP サービスを伝送する IP データフローの一覧を示す。	民間標準化機関で規定
レイアウト設定テーブル	提示のためのレイアウト情報を、レイアウト番号に対応付けるために用いる。	
ECM	番組情報 (番組に関する情報とデスクランブルのための鍵等) 及び制御情報 (デコーダのスクランブル機能の強制オン/オフの指令) からなる共通情報を伝送する。	告示に規定
EMM	加入者ごとの契約情報及び共通情報の暗号を解くためのワーク鍵を含む個別情報を伝送する。	
CA テーブル	限定受信方式に関する記述子を伝送する。	

表 2.3-29 テーブル識別の割り当て

table_id	テーブル識別の意味	規定
0x00	PA テーブル	ISO/IEC 23008-1 に規定されているが使用しない
0x01	サブセット 0 MPI テーブル	
0x02 - 0x0F	サブセット 1 MPI テーブル～サブセット 14 MPI テーブル	
0x10	コンプリート MPI テーブル	
0x11 - 0x1F	サブセット 0 MP テーブル～サブセット 14 MP テーブル	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
0x20	コンプリート MP テーブル	ISO/IEC 23008-1 に規定されているが使用しない
0x21	CRI テーブル	
0x22	DCI テーブル	
0x23 - 0x7F	reserved for ISO/IEC	
0x80	パッケージリストテーブル	民間標準化機関で規定
0x81	レイアウト設定テーブル	
0x82 - 0x83	ECM	限定受信方式に関して告示に規定
0x84 - 0x85	EMM	
0x86	CA テーブル	
0x87 - 0xFF	未定義	国又は民間標準化機関で規定

(a) MMT Package (MP) テーブル

MMT Package (MP) テーブルは図 2.3-13 及び表 2.3-30 に示す構成とする。MP テーブルは、アセットのリストやそのネットワーク上の位置等、パッケージを構成する情報を与える。

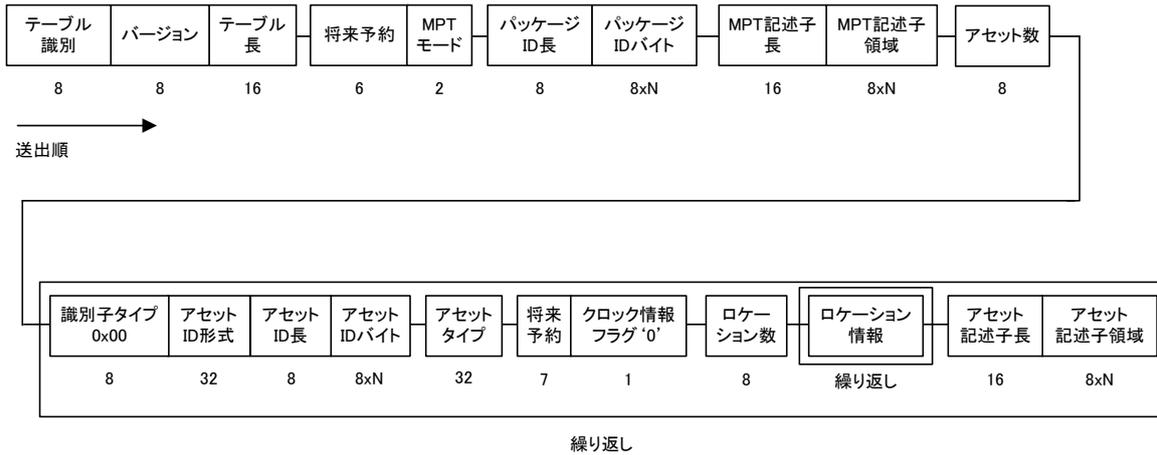


図 2.3-13 MP テーブルの構成

表 2.3-30 MP テーブルの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
MPT () {		
table_id	8	uimbsf
version	8	uimbsf
length	16	uimbsf
reserved	6	bslbf
MPT_mode	2	bslbf
MMT_package_id_length	8	uimbsf
for (i=0; i<N; i++) {		
MMT_package_id_byte	8	bslbf
}		
MPT_descriptors_length	16	uimbsf
for (i=0; i<N; i++) {		
MPT_descriptors_byte	8	bslbf
}		
number_of_assets	8	uimbsf
for (i=0; i<N; i++) {		
identifier_type	8	uimbsf
asset_id_scheme	32	uimbsf
asset_id_length	8	uimbsf
for (j=0; j<M; j++) {		
asset_id_byte	8	uimbsf
}		
asset_type	32	char
reserved	7	bslbf
asset_clock_relation_flag	1	bslbf
location_count	8	uimbsf
for (j=0; j<M; j++) {		
MMT_general_location_info ()		
}		
asset_descriptors_length	16	uimbsf
for (j=0; j<M; j++) {		
asset_descriptors_byte	8	bslbf
}		

<pre> } } } </pre>		
--------------------------------	--	--

MP テーブルの意味

table_id (テーブル識別) : 本テーブルが完全な構成の MPT であれば “0x20” とする。一つのパッケージの構成が、いくつかの MPT により記述される場合は、サブセットに応じて “0x11” ~ “0x1F” とする。

version (バージョン) : テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。

length (テーブル長) : このフィールドより後から数え、本テーブルの最後までバイト数を示す。

MPT_mode (MPT モード) : MPT がサブセットに分割されているときの動作を示し、表 2.3-31 の割りに従う。

表 2.3-31 MPT モード

値	MPTモードの意味
00	サブセットの順番通りに処理する。
01	サブセット 0 の MPT を受信後は、同一のバージョン番号を持つ任意のサブセットを処理できる。
10	サブセットの MPT を、任意に処理できる。
11	Reserved

MMT_package_id_length (パッケージ ID 長) : パッケージ ID バイトの長さをバイト単位で示す。

MMT_package_id_byte (パッケージ ID バイト) : パッケージ ID を示す。

MPT_descriptors_length (MPT 記述子長) : MPT 記述子領域の長さをバイト単位で示す。

MPT_descriptors_byte (MPT 記述子領域) : MPT の記述子を格納する領域とする。

number_of_assets (アセット数) : 本テーブルが情報を与えるアセットの数を示す。

identifier_type (識別子タイプ) : MMTP パケットフローの ID 体系を示す。アセット ID を示す ID 体系であれば “0x00” とする。

asset_id_scheme (アセット ID 形式) : アセット ID の形式を示す。

asset_id_length (アセット ID 長) : アセット ID バイトの長さをバイト単位で示す。

asset_id_byte (アセット ID バイト) : アセット ID を示す。

asset_type (アセットタイプ) : アセットの種類を、MP4 レジストレーションオーソリティに登録される 4 文字符号を用いて表 2.3-32 に従って示す。

表 2.3-32 アセットタイプ

文字	アセットタイプの意味
hvc1	MPEG-H HEVC
mp4a	MPEG-4 オーディオ

asset_clock_relation_flag (クロック情報フラグ) : アセットのクロック情報フィールドの有無を示す。‘1’ の時は、クロック情報識別フィールド及びタイムスケールフラグフィールドが存在

することを示す。‘0’の時は、両フィールドが存在しないことを示す。

location_count (ロケーション数) : アセットのロケーション情報の数を示す。

MMT_general_location_info (ロケーション情報) : アセットのロケーション情報を示す。

asset_descriptors_length (アセット記述子長) : 後続の記述子の全バイト長を示す。

asset_descriptors_byte (アセット記述子領域) : アセットの記述子を格納する領域とする。

ロケーション情報は図 2.3-14 及び表 2.3-33 に示す構成とする。

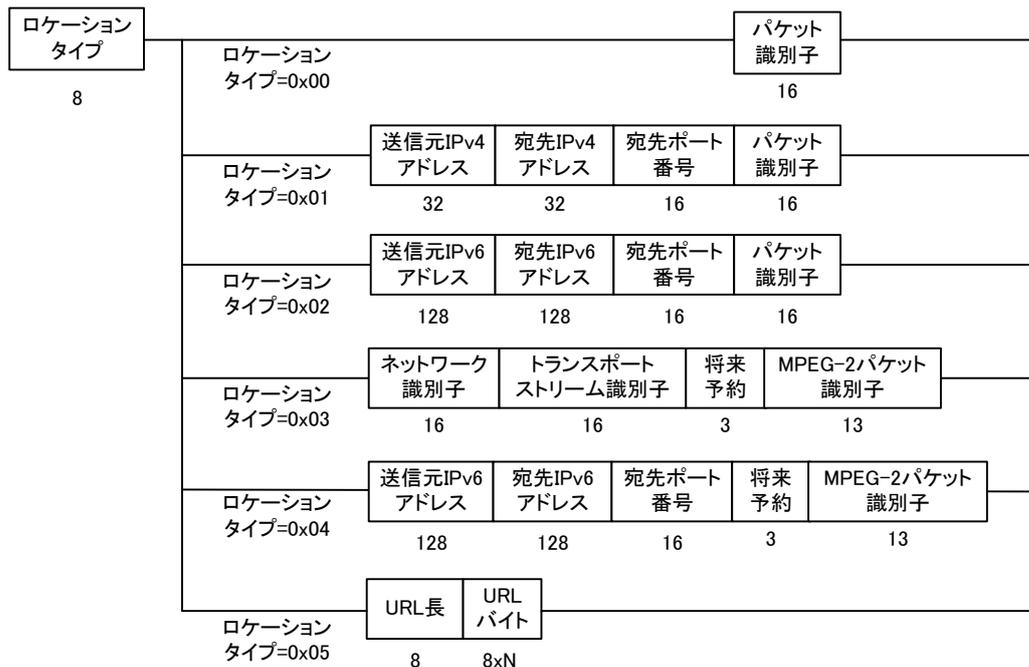


図 2.3-14 MMT_general_location_info (ロケーション情報) の構成

表 2.3-33 MMT_general_location_info (ロケーション情報) の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
MMT_general_location_info () { location_type	8	uimsbf
if (location_type == 0x00) { packet_id	16	uimsbf
}		
if (location_type == 0x01) { ipv4_src_addr	32	uimsbf
ipv4_dst_addr	32	uimsbf
dst_port	16	uimsbf
packet_id	16	uimsbf
}		
if (location_type == 0x02) { ipv6_src_addr	128	uimsbf
ipv6_dst_addr	128	uimsbf
dst_port	16	uimsbf
packet_id	16	uimsbf

<pre> } if (location_type == 0x03) { network_id MPEG_2_transport_stream_id Reserved MPEG_2_PID } if (location_type == 0x04) { ipv6_src_addr ipv6_dst_addr dst_port Reserved MPEG_2_PID } if (location_type == 0x05) { URL_length for (i=0; i<N; i++) { URL_byte } } } </pre>	<pre> 16 16 3 13 128 128 16 3 13 8 8 </pre>	<pre> uimsbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf char </pre>
---	---	--

MMT_general_location_info (ロケーション情報) の意味

location_type (ロケーションタイプ) : ロケーション情報の種類を示し、表 2.3-34 の割り当てに従う。

表 2.3-34 ロケーションタイプ

値	ロケーションタイプの意味
0x00	この general_location_info を含むテーブルが伝送される IP データフローと同一の IP データフローの MMTP パケットを示す。
0x01	IPv4 データフローの MMTP パケットを示す。
0x02	IPv6 データフローの MMTP パケットを示す。
0x03	MPEG-2 TS の放送ネットワークの MPEG-2 TS パケットを示す。
0x04	IPv6 データフローの MPEG-2 TS パケットを示す。
0x05	URL を示す。

packet_id (パケット識別子) : MMTP パケットのパケット ID を示す。

ipv4_src_addr (送信元 IPv4 アドレス) : IPv4 データフローの送信元アドレスを示す。

ipv4_dst_addr (宛先 IPv4 アドレス) : IPv4 データフローの宛先アドレスを示す。

dst_port (宛先ポート番号) : IP データフローの宛先ポート番号を示す。

ipv6_src_addr (送信元 IPv6 アドレス) : IPv6 データフローの送信元アドレスを示す。

ipv6_dst_addr (宛先 IPv6 アドレス) : IPv6 データフローの宛先アドレスを示す。

network_id (ネットワーク識別子) : 放送ネットワークを識別するためのネットワーク識別を示す。

MPEG_2_transport_stream_id (トランスポートストリーム識別子) : MPEG-2 TS を識別するためのトランスポートストリーム識別を示す。

MPEG_2_PID (MPEG-2 パケット識別子) : MPEG-2 TS パケットのパケット識別を示す。

URL_length (URL 長) : URL バイトフィールドの長さをバイト単位で示す。

URL_byte (URL バイト) : URL を示す。

(b) パッケージリストテーブル(Package List Table)

パッケージリストテーブルは図 2.3-15 及び表 2.3-35 に示す構成とし、PA メッセージに格納して伝送する。パッケージリストテーブルは、放送サービスとして提供される MMT パッケージの PA メッセージを伝送する IP データフロー及びパケット ID 並びに IP サービスを伝送する IP データフローの一覧を示す。

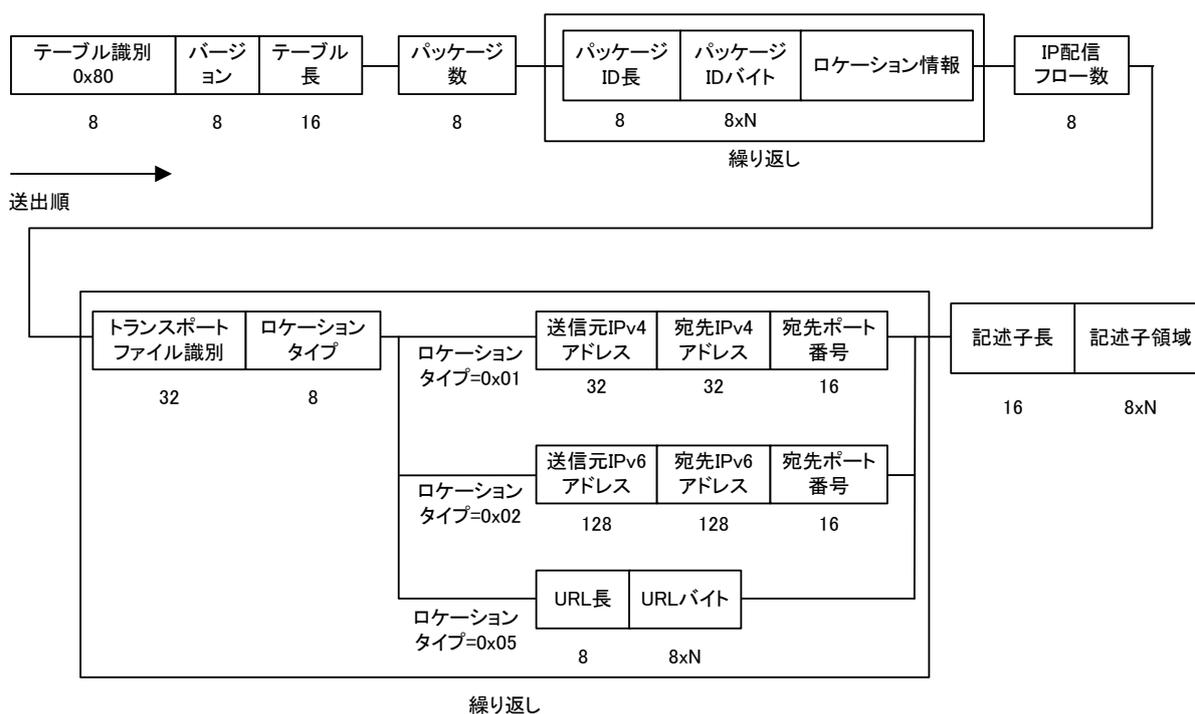


図 2.3-15 パッケージリストテーブルの構成

表 2.3-35 パッケージリストテーブルの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Package_List_Table () {		
table_id	8	uimsbf
Version	8	uimsbf
Length	16	uimsbf
num_of_package	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
MMT_package_id_length	8	uimsbf
for (j=0; j<M; j++) {		
MMT_package_id_byte	8	bslbf
}		
MMT_general_location_info ()		
}		
num_of_ip_delivery	8	uimsbf

for (i=0; i<N; i++) {		
transport_file_id	32	uimsbf
location_type	8	uimsbf
if (location_type == 0x01) {		
ipv4_src_addr	32	uimsbf
ipv4_dst_addr	32	uimsbf
dst_port	16	uimsbf
}		
if (location_type == 0x02) {		
ipv6_src_addr	128	uimsbf
ipv6_dst_addr	128	uimsbf
dst_port	16	uimsbf
}		
if (location_type == 0x05) {		
URL_length	8	uimsbf
for (j=0; j<M; j++) {		
URL_byte	8	char
}		
}		
descriptor_loop_length	16	uimsbf
for (j=0; j<M; j++) {		
descriptor ()		
}		
}		

パッケージリストテーブルの意味

table_id (テーブル識別) : パッケージリストテーブルを示す 0x80 とする。

version (バージョン) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。

length (テーブル長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

num_of_package (パッケージ数) : 本テーブルにロケーション情報を記載するパッケージの数を示す。

MMT_package_id_length (パッケージ ID 長) : パッケージ ID バイトの長さをバイト単位で示す。

MMT_package_id_byte (パッケージ ID バイト) : パッケージ ID を示す。

MMT_general_location_info (ロケーション情報) : パッケージ ID で示すパッケージの PA メッセージを伝送するロケーション情報を示す。

num_of_ip_delivery (IP 配信フロー数) : 本テーブルにロケーション情報を記載する IP サービスの数を示す。

transport_file_id (トランスポートファイル識別) : 伝送するファイルを一意に識別するためのラベルを示す。

location_type (ロケーションタイプ) : ロケーション情報の種類を示す。‘0x01’ は IPv4 データフロー、‘0x02’ は IPv6 データフロー、‘0x05’ は URL を示す。

ipv4_src_addr (送信元 IPv4 アドレス) : IPv4 データフローの送信元アドレスを示す。

ipv4_dst_addr (宛先 IPv4 アドレス) : IPv4 データフローの宛先アドレスを示す。

dst_port (宛先ポート番号) : IP データフローの宛先ポート番号を示す。

ipv6_src_addr (送信元 IPv6 アドレス) : IPv6 データフローの送信元アドレスを示す。
 ipv6_dst_addr (宛先 IPv6 アドレス) : IPv6 データフローの宛先アドレスを示す。
 URL_length (URL 長) : ロケーション情報を URL で示す場合の URL のバイト長を示す。
 URL_byte (URL バイト) : IP サービスの URL を示す。
 descriptor_loop_length (記述子長) : 後続の記述子の全バイト長を示す。
 descriptor (記述子領域) : IP サービスの詳細な情報を示す記述子のための領域とする。

パッケージリストテーブルを用いた他のパッケージの MPT の参照の概要を図 2.3-16 に示す。

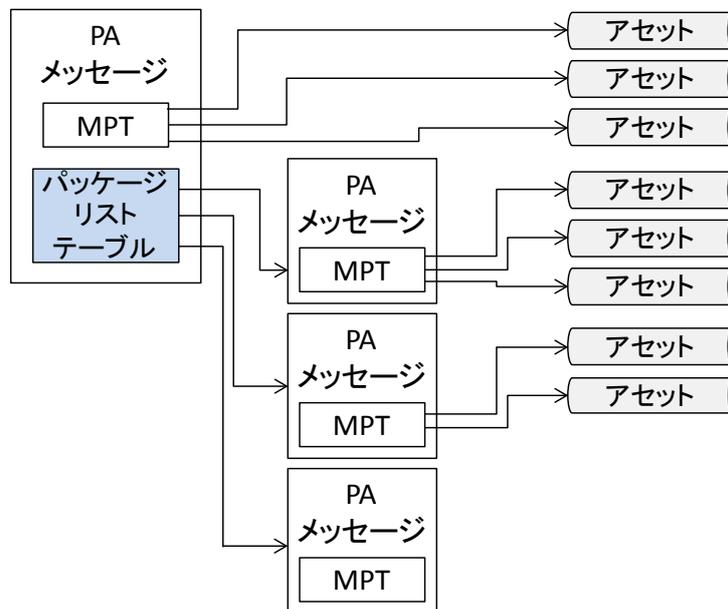


図 2.3-16 パッケージリストテーブルによるパッケージの MPT の参照

パケット ID が 0x0000 の MMTP パケットは、PA メッセージを伝送することを示す (図 2.3-16 の左側に示す PA メッセージ)。複数のパッケージを多重する場合、この PA メッセージにパッケージリストテーブルが含まれる。パッケージリストテーブルは、他のパッケージの MPT を含む PA メッセージを伝送する MMTP パケットのパケット ID のリストを与える。そのため、パッケージリストテーブルを解析することで、パッケージ ID から、そのサービスの入り口となる MPT を含む PA メッセージを伝送する MMTP パケットを特定することができる。

(c) レイアウト設定テーブル(Layout Configuration Table)

レイアウト設定テーブルは図 2.3-17 及び表 2.3-36 に示す構成とし、PA メッセージに格納して伝送する。レイアウト設定テーブルは、提示のためのレイアウト情報を、レイアウト番号に対応付けるために用いる。

図 2.3-18 に、レイアウト設定テーブルを用いたレイアウト番号へのレイアウトの割り当て例を示す。

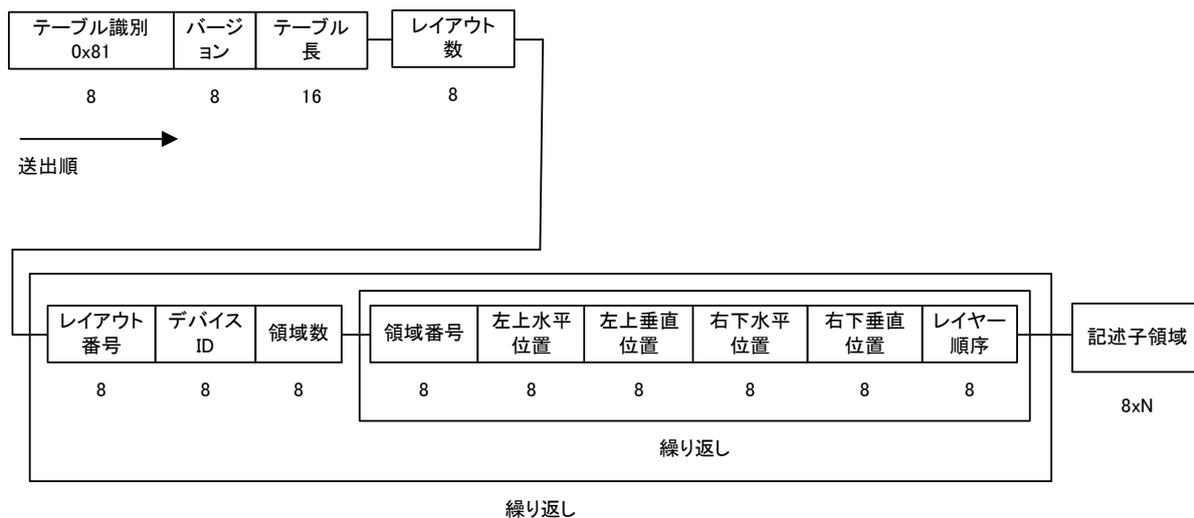


図 2.3-17 レイアウト設定テーブルの構成

表 2.3-36 レイアウト設定テーブルの構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Layout_Configuration_Table () {		
table_id	8	uimsbf
version	8	uimsbf
length	16	uimsbf
number_of_layout	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
layout_number	8	uimsbf
device_id	8	uimsbf
number_of_region	8	uimsbf
for (j=0; j<M; j++) {		
region_number	8	uimsbf
left_top_pos_x	8	uimsbf
left_top_pos_y	8	uimsbf
right_down_pos_x	8	uimsbf
right_down_pos_y	8	uimsbf
layer_order	8	uimsbf
}		
}		
descriptor ()		
}		

レイアウト設定テーブルの意味

table_id (テーブル識別) : レイアウト設定テーブルを示す 0x81 とする。

version (バージョン) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。

length (テーブル長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

number_of_layout (レイアウト数) : このテーブルで設定するレイアウトの数を示す。

layout_number (レイアウト番号) : レイアウト番号を示す。'0' はデフォルトのレイアウト設定とする。

device_id (デバイス ID) : クライアント端末の番号を示す。‘0’ はメインデバイスとする。

number_of_region (領域数) : 当該レイアウトにおける領域数を示す。

region_number (領域番号) : 領域番号を示す。‘0’ はデフォルトの領域番号とする。

left_top_pos_x (左上水平位置) : 領域の左上の水平位置を、水平方向の全画素数に対する割合で示す。全画面表示の左側を 0、全画面表示の右側を 100 とする。

left_top_pos_y (左上垂直位置) : 領域の左上の垂直位置を、垂直方向の全画素数に対する割合で示す。全画面表示の上側を 0、全画面表示の下側を 100 とする。

right_down_pos_x (右下水平位置) : 領域の右下の水平位置を、水平方向の全画素数に対する割合で示す。

right_down_pos_y (右下垂直位置) : 領域の右下の垂直位置を、垂直方向の全画素数に対する割合で示す。

layer_order (レイヤー順序) : 領域の奥行き方向の相対位置を示す。‘0’ は最前列に位置し、数字が大きくなるほど後ろ側の表示とする。

descriptor (記述子領域) : レイアウトの詳細な情報を示す記述子のための領域とする。

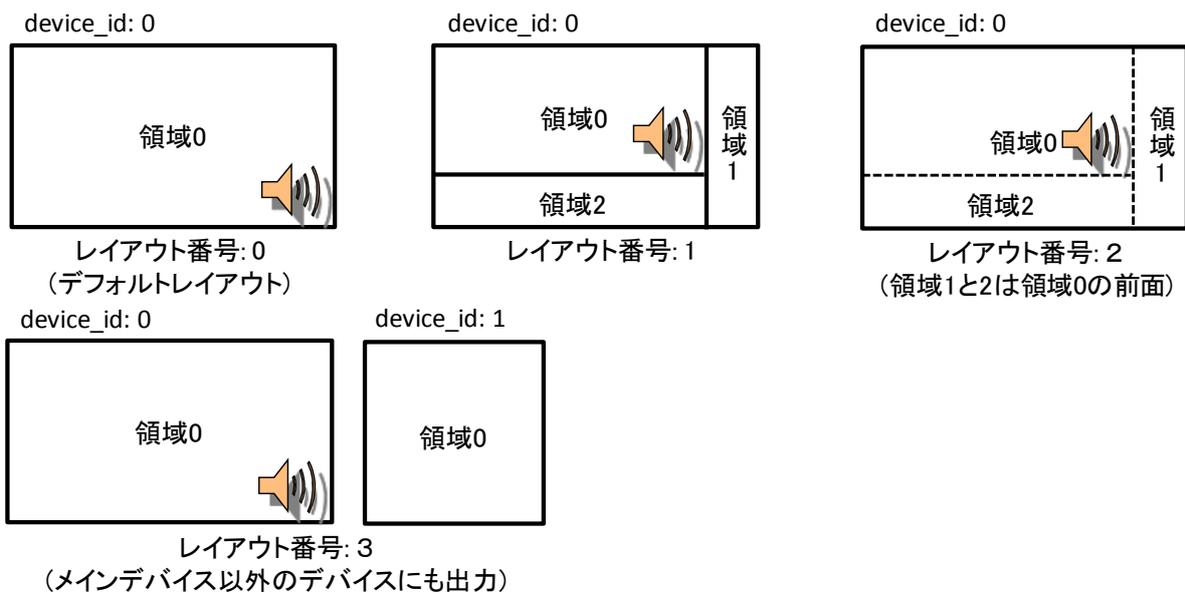


図 2.3-18 レイアウト設定テーブルによるレイアウト番号へのレイアウトの割り当ての例

C MMT-SI の記述子

MMT-SI として表 2.3-37 に示す記述子を規定する。記述子を識別するための記述子タグ値の割り当ては表 2.3-38 に示す通りとする。

表 2.3-37 MMT-SI として規定する記述子

記述子名	機能	規定
アセットグループ記述子	アセットのグループ関係とグループ内での優先度を提供する。	民間標準化機関で規定
イベントパッケージ記述子	番組を表すイベントとパッケージの対応を提供する。	
パッケージ CRID 記述子	パッケージと CRID の対応を提供する。	
MPU 提示領域指定記述子	MPU の提示位置を提供する。	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
MPU タイムスタンプ記述子	MPU の提示時刻を提供する。	
依存関係記述子	依存関係にあるアセットのアセット ID を提供する。	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
アクセス制御記述子	限定受信方式を識別する。	告示に規定
スクランブル方式記述子	スクランブルサブシステムを識別する。	
メッセージ認証方式記述子	メッセージ認証方式を識別する。	民間標準化機関で規定
緊急情報記述子	緊急警報信号としての必要な情報及び機能の記述を提供する。	現在の MPEG-2 TS 用を基に一部修正し、告示に規定

表 2.3-38 記述子タグ値の割り当て

descriptor_tag	記述子タグ値の意味	規定
0x0000	CRI 記述子	ISO/IEC 23008-1 に規定されているが使用しない
0x0001	MPU タイムスタンプ記述子	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
0x0002	依存関係記述子	ISO/IEC 23008-1 に基づき告示に規定
0x0003	GFDT 記述子	ISO/IEC 23008-1 に規定されているが使用しない
0x0004 - 0x7FFF	reserved for ISO/IEC	
0x8000	アセットグループ記述子	民間標準化機関で規定
0x8001	イベントパッケージ記述子	
0x8002	パッケージ CRID 記述子	
0x8003	MPU 提示領域指定記述子	限定受信方式に関して告示に規定
0x8004	アクセス制御記述子	
0x8005	スクランブル方式記述子	民間標準化機関で規定
0x8006	メッセージ認証方式記述子	
0x8007	緊急情報記述子	告示に規定
0x8008 - 0xFFFF	未定義	国又は民間標準化機関で規定

(a) アセットグループ記述子

アセットグループ記述子は図 2.3-19 及び表 2.3-39 に示す構成とし、MP テーブルの asset_descriptors に挿入する。アセットグループ記述子は、アセットのグループ関係とグループ内での優先度を提供する。

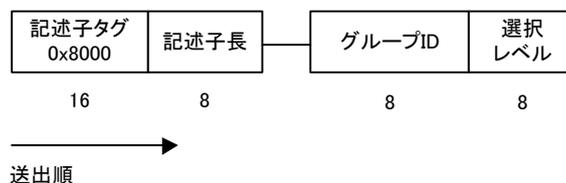


図 2.3-19 アセットグループ記述子の構成

表 2.3-39 アセットグループ記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Asset_group_descriptor() {		
descriptor_tag	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
group_identification	8	uimsbf
selection_level	8	uimsbf
}		

アセットグループ記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : アセットグループ記述子を示す 0x8000 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

group_identification(グループ ID) : 例えば映像や音声等アセットをグループ化した ID を示す。

selection_level (選択レベル) : グループ内での選択レベルを示す。選択レベルの値が '0' のアセットをデフォルトで選択する。デフォルトのアセットが選択できない場合、グループ内で数字が小さいアセットから順に優先して選択していく候補であることを示す。

(b) イベントパッケージ記述子

イベントパッケージ記述子は図 2.3-20 及び表 2.3-40 に示す構成とし、M2 セクションメッセージにて伝送される EIT p/f に記述する。イベントパッケージ記述子は番組を表すイベントとパッケージの対応を提供する。

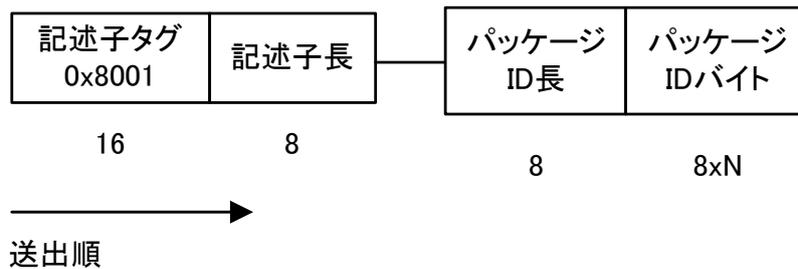


図 2.3-20 イベントパッケージ記述子の構成

表 2.3-40 イベントパッケージ記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Event_package_descriptor() {		
descriptor_tag	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
MMT_package_id_length	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
MMT_package_id_byte	8	uimsbf
}		
}		

イベントパッケージ記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : イベントパッケージ記述子を示す 0x8001 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

MMT_package_id_length (パッケージ ID 長) : 後続の MMT パッケージ ID バイト領域のバイト長を示す。

MMT_package_id_byte (パッケージ ID バイト) : 当該イベントに対応する MMT パッケージ ID を記述する。

(c) パッケージ CRID 記述子

パッケージ CRID 記述子は図 2.3-21 及び表 2.3-41 に示す構成とし、MP テーブルの MPT_descriptors に挿入する。パッケージ CRID 記述子はパッケージと CRID の対応を提供する。

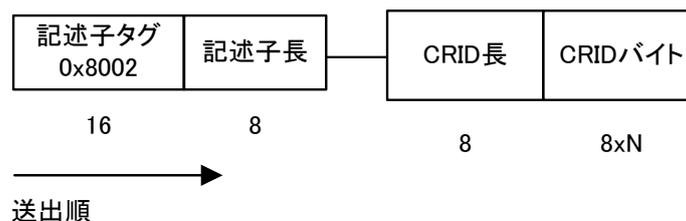


図 2.3-21 パッケージ CRID 記述子の構成

表 2.3-41 パッケージ CRID 記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Package_CRID_descriptor() { descriptor_tag descriptor_length CRID_length for (i=0; i<N; i++) { CRID_byte } }	16 8 8 8	uimbsf uimbsf uimbsf uimbsf

パッケージ CRID 記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : パッケージ CRID 記述子を示す 0x8002 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

CRID_length (CRID 長) : 後続の CRID バイト領域のバイト長を示す。

CRID_byte (CRID バイト) : 当該パッケージに対応する CRID を記述する。

パッケージ CRID 記述子を用いて視聴中番組のメタデータ (詳細情報) を取得する際の概要を図 2.3-22 に示す。

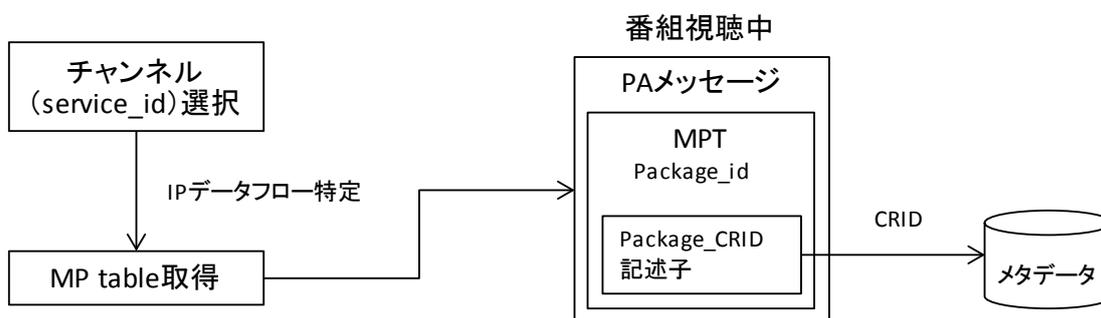


図 2.3-22 パッケージ CRID 記述子によるメタデータの参照

(d) MPU 提示領域指定記述子

MPU 提示領域指定記述子は図 2.3-23 及び表 2.3-42 に示す構成とし、MP テーブルのアセット記述子領域に挿入する。MPU 提示領域指定記述子は MPU を提示する位置を提供する。

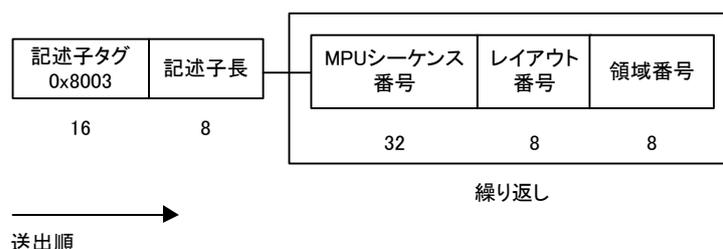


図 2.3-23 MPU 提示領域指定記述子の構成

表 2. 3-42 MPU 提示領域指定記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
MPU_presentation_region_descriptor () { descriptor_tag descriptor_length for (i=0; i<N; i++) { mpu_sequence_number layout_number region_number } }	16 8 32 8 8	uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf

MPU 提示領域指定記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : MPU 提示領域指定記述子を示す 0x8003 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

mpu_sequence_number (MPU シーケンス番号) : 提示領域を指定する MPU のシーケンス番号を示す。

layout_number (レイアウト番号) : MPU の提示を行うレイアウト番号を示す。レイアウト番号 '0' はデフォルトのレイアウトとする。

region_number (領域番号) : MPU の提示を行うレイアウトにおける領域番号を示す。領域番号 '0' はデフォルトの領域番号とする。

(e) MPU タイムスタンプ記述子

MPU タイムスタンプ記述子は図 2. 3-24 及び表 2. 3-43 に示す構成とし、MP テーブルのアセット記述子領域に挿入する。MPU タイムスタンプ記述子は MPU の提示時刻を提供する。

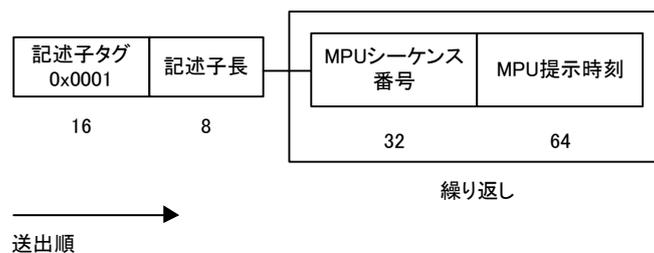


図 2. 3-24 MPU タイムスタンプ記述子の構成

表 2. 3-43 MPU タイムスタンプ記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
MPU_timestamp_descriptor () { descriptor_tag descriptor_length for (i=0; i<N; i++) { mpu_sequence_number mpu_presentation_time } }	16 8 32 64	uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf

MPU タイムスタンプ記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : MPU タイムスタンプ記述子を示す 0x0001 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

mpu_sequence_number (MPU シーケンス番号) : タイムスタンプを記述する MPU のシーケンス番号を示す。

mpu_presentation_time (MPU 提示時刻) : MPU の提示時刻を 64 ビットの NTP タイムスタンプ形式で示す。

(f) 依存関係記述子

依存関係記述子は図 2.3-25 及び表 2.3-44 に示す構成とし、MP テーブルのアセット記述子領域に挿入する。依存関係記述子は依存関係にあるアセットのアセット ID を提供する。

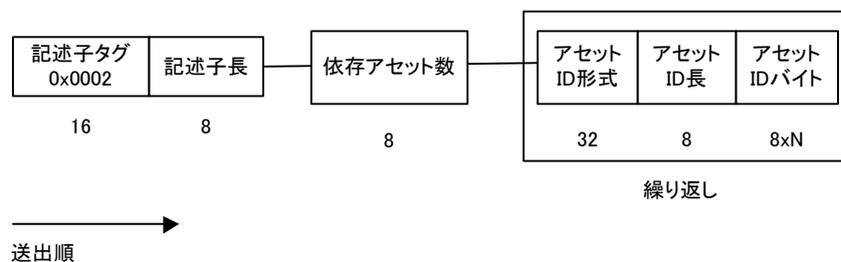


図 2.3-25 依存関係記述子の構成

表 2.3-44 依存関係記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
Dependency_descriptor () {		
descriptor_tag	16	uimbsf
descriptor_length	16	uimbsf
num_dependencies	8	uimbsf
for (i=0; i<N; i++) {		
asset_id_scheme	32	uimbsf
asset_id_length	8	uimbsf
for (j=0; j<M; j++) {		
asset_id_byte	8	uimbsf
}		
}		
}		

依存関係記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : 依存関係記述子を示す 0x0002 とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

num_dependencies (依存アセット数) : この記述子が挿入されるアセットと相補的な関係にあるアセットの数を示す。

asset_id_scheme (アセット ID 形式) : 相補的なアセットのアセット ID の形式を示す。
 asset_id_length (アセット ID 長) : 相補的なアセットのアセット ID バイトの長さをバイト単位で示す。
 asset_id_byte (アセット ID バイト) : 相補的なアセットのアセット ID を示す。

(g) 緊急情報記述子

緊急情報記述子は図 2.3-26 及び表 2.3-45 に示す構成とする。緊急情報記述子は、無線設備規則第 9 条の 3 第 5 号に規定される緊急警報信号の構成に準じたものであり、緊急警報放送を行う場合に用いる。

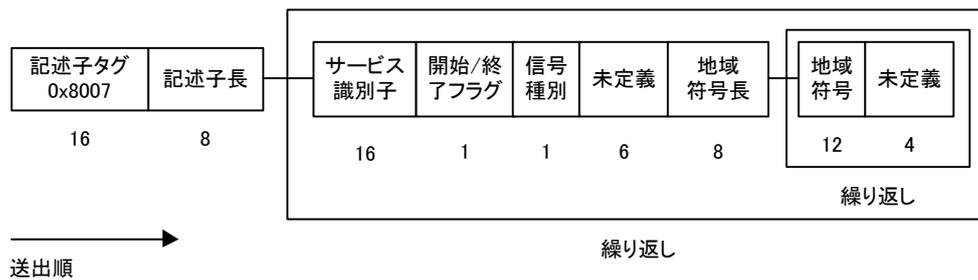


図 2.3-26 緊急情報記述子の構成

表 2.3-45 緊急情報記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
emergency_information_descriptor() {		
descriptor_tag	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
service_id	16	uimsbf
start_end_flag	1	bslbf
signal_level	1	bslbf
reserved_future_use	6	bslbf
area_code_length	8	uimsbf
for (j=0; j<N; j++) {		
area_code	12	bslbf
reserved_future_use	4	bslbf
}		
}		
}		

緊急情報記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : 緊急情報記述子を示す 0x8007 とする。
 descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。
 service_id (サービス識別) : この 16 ビットのフィールドは放送番組番号を示す。
 start_end_flag (開始/終了フラグ) : この 1 ビットのフラグは、昭和 60 年郵政省告示第 405 号

で定められる緊急警報信号のうち、開始信号及び終了信号に対応する。このビットが1の場合、緊急警報信号が開始もしくは放送中であることを示す。このビットが0の場合、緊急警報信号が終了したことを示す。

signal_level (信号種別) : この1ビットのフィールドは、無線局運用規則(昭和25年電波監理委員会規則第17号)第138条の2に規定される緊急警報信号の種別に対応する。このビットが0の場合、放送される緊急警報信号が第1種開始信号であることを示す。このビットが1の場合、放送される緊急警報信号が第2種開始信号であることを示す。

area_code_length (地域符号長) : 8ビットのフィールドで、後続の地域符号のバイト長を示す。
area_code (地域符号) : 12ビットのフィールドで、無線局運用規則第138条の3で定められる地域符号に対応する。

(3) 時刻情報

時刻情報は、IETF RFC 5905 “Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification” に規定される NTP 形式の IP パケットとする。時刻情報は、放送システムにおいて絶対時刻を提供するために伝送する。

2.3.3.1.4 新たな映像符号化方式及び音声符号化方式のための規定

HEVC 映像符号化方式や MPEG-4 AAC 及び MPEG-4 ALS 音声符号化方式を導入するための規定を追加する。

(1) アセットタイプ

アセットタイプの割り当ては表 2.3-46 に示す通りとする。

表 2.3-46 アセットタイプ

文字	アセットタイプの意味
hvc1	MPEG-H HEVC
mp4a	MPEG-4 オーディオ

(2) コンポーネント記述子

MPEG-H HEVC により符号化された映像コンポーネントの識別、映像フォーマットの識別、音声コンポーネントの識別のためにコンポーネント記述子を規定する。

2.3.3.1.5 その他

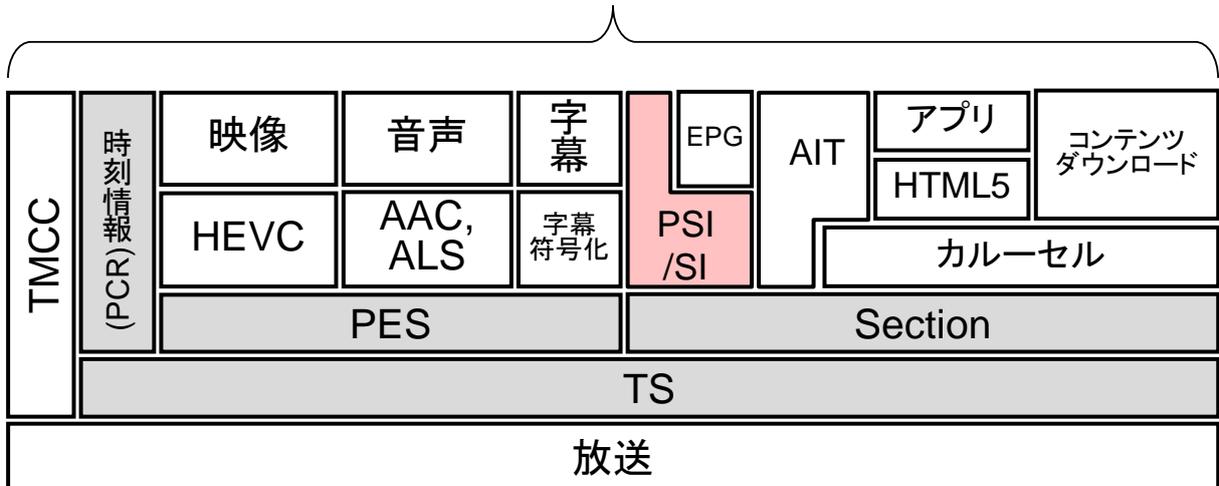
現在のデジタル放送で使用されている PSI/SI (伝送制御信号、番組配列情報) を MMT・TLV 方式で使用するのための、これらの移行に関して民間標準化機関において適切に規定されることが望まれる。

2.3.3.2 MPEG-2 TS 方式

2.3.3.2.1 方式の概要

MPEG-2 TS 方式のレイヤーモデルを図 2.3-27 に示す。

超高精細度テレビジョン放送サービス



(ピンク：規定を修正する部分、グレー：すでに規定されている部分)

図 2.3-27 MPEG-2 TS 方式のレイヤーモデル

現行のデジタル放送の多重化方式である MPEG-2 TS により超高精細度テレビジョン放送を実現する。HEVC により符号化された 4320/120/P までの超高精細度映像信号を MPEG-2 TS で伝送するために必要な制御情報やパッケージの追加規定を行う等、超高精細度テレビジョン放送に要求される仕様拡張が必要である。また、コンテンツの配信経路として放送と通信の両方を同時に用いるハイブリッド配信に関しては、ARIB STD-B24 第4編に規定される AIT コントロールドアプリケーションの機能拡張を採用することにより、プログラムを構成するコンポーネントを放送・通信等の複数の経路で伝送し、受信側で同期・再生することを可能とする。

また、参考として、MPEG-2 TS 方式の通信系のレイヤーモデルを図 2.3-28 に示す。

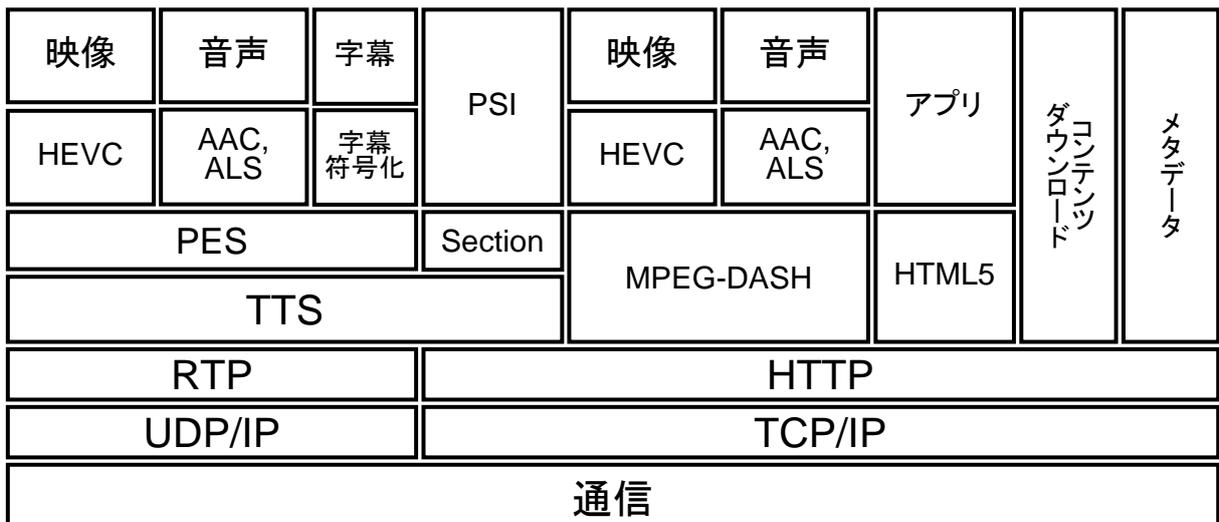


図 2.3-28 MPEG-2 TS 方式の通信系レイヤーモデル

(1) 放送・通信ハイブリッド伝送サービスを実現するための追加規定

放送サービスを構成する信号を放送・通信のような異なる経路で伝送し、同期した提示を行う「放送・通信ハイブリッド伝送サービス」を実現するための追加規定である。実現する技術により、「多重化方式に基づくハイブリッド伝送方式」と「アプリケーションに基づくハイブリッド伝送方式」の2種類に大別される。また、これらに共通した技術として「ストリーム同期方式」がある。多重化方式に基づくハイブリッド伝送方式とアプリケーションに基づくハイブリッド伝送方式は必ずしも双方が求められるとは限らない。基本的に、多くのサービスはアプリケーションに基づくハイブリッド伝送方式で実現可能と想定される。

A 多重化方式に基づくハイブリッド伝送方式

伝送制御信号として、放送サービスに組み合わせて利用する通信ストリームを指定することにより、受信機のレジデントアプリケーションの処理による放送と通信ストリームの同時提示処理、あるいは切り替え処理を行う。PMT に配置する放送と通信のハイブリッド配信のための記述子を規定する。

B アプリケーションに基づくハイブリッド伝送方式

AIT コントロールドアプリケーションとして放送サービスと連動するアプリケーションで放送及び通信ストリームを制御することにより、受信機のアプリケーションエンジン（HTML5 ブラウザ）の処理による放送と通信ストリームの同期提示処理、あるいは切り替え処理を行う。放送・通信ストリームの同期を指示するための HTML5 における API を、AIT コントロールドアプリケーションとして規定する。

C ストリーム同期方式

前記2種類のハイブリッド伝送方式に共通して、放送と通信という異なる経路を経たストリーム間の同期をとる技術方式が求められる。受信機におけるストリーム同期の動作モデルとして、放送・通信ハイブリッド伝送におけるストリーム同期モデルを参考資料5に示す。

2.3.3.2.2 符号化信号

参考資料4に、現在 MPEG で規格化中の TS タイムライン拡張 (ISO/IEC 13818-1:2013/AMD6) の仕様を示す。

2.3.3.2.3 伝送制御信号

(1) 通信連携情報記述子 (hybrid_information_descriptor)

通信連携情報記述子は図 2.3-29 及び表 2.3-47 の構成とし、PMT の第1ループに格納する。

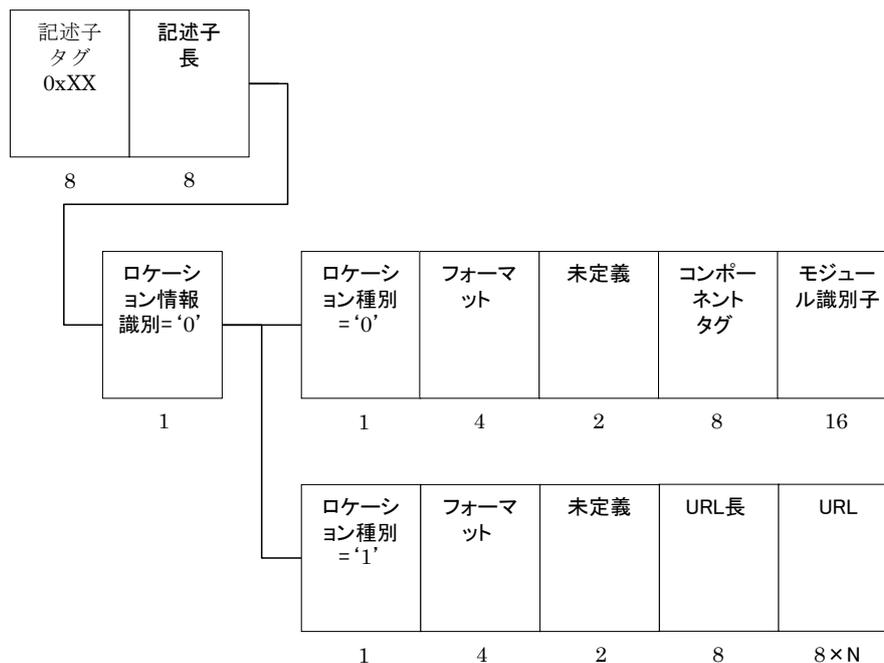


図 2.3-29 通信連携記述子の構成

表 2.3-47 通信連携情報記述子の構成及び送出手順

データ構造	ビット数	データ表記
<pre> hybrid_information_descriptor { descriptor_tag descriptor_length has_location location_type format reserved if(has_location){ if(location_type == 0){ component_tag module_id } else{ URL_length for(i=0;i<N;i++){ URL_byte } } } } </pre>	<p>8</p> <p>8</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>8</p> <p>16</p> <p>8</p> <p>8</p>	<p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>bslbf</p> <p>bslbf</p> <p>uimsbf</p> <p>bslbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>char</p>

通信連携情報記述子の意味

descriptor_tag (記述子タグ) : 通信連携情報記述子を示す値 (将来、民間標準化機関が割当て) とする。

descriptor_length (記述子長) : このフィールドより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

has_location：ロケーション情報の記述場所を示す。

0：ロケーション情報が本記述子に記述されていることを示す。

1：reserved

location_type：通信コンポーネントやメタファイルが伝送される伝送路を示す。

0：放送、1：通信路 をそれぞれ示す。

format：通信コンポーネントやメタファイルのフォーマットを示す。

0：MPEG-DASHにおけるMPD(Media Presentation Descriptor)。

1：IPTV 規定 VOD 仕様 (IPTVFJ STD-0002) における再生制御メタファイル。

2：IPTV 規定 VOD 仕様 (IPTVFJ STD-0002) におけるタイムスタンプ付 TS。

3 - 7：reserved

component_tag：メタファイルを伝送するカルーセルモジュールを伝送するコンポーネントストリームを識別するためのラベルを示す。

module_id：メタファイルを伝送するカルーセルモジュールの識別番号を示す。

URL_length：“URL_length” フィールドの長さを示す。

URL_byte：URL を示す。

(理由)

放送と通信のハイブリッド配信において、通信コンポーネントを特定し、放送コンポーネントと通信コンポーネントの同期再生を可能とするために、通信連携情報記述子を規定する。

図 2.3-30 に MPEG-2 TS 方式におけるハイブリッド配信のプログラム構成例を、図 2.3-31 に受信機における動作フローをそれぞれ示す。

PMT1 により構成されるプログラムは、通常の放送完結のプログラムであり、映像や音声等は全て放送により伝送される。一方、PMTn は放送通信連携プログラムのプログラム情報であり、放送コンポーネントと共に、通信連携情報記述子が格納される。

通信連携情報記述子には、通信コンポーネント、あるいは、通信コンポーネントの属性情報や URL 等を示すメタファイルのロケーション情報が記述される。ここで、通信コンポーネントは通信により伝送されるが、メタファイルについては、放送又は通信のいずれかにより伝送することが可能である。PMTn の例では、メタファイルが放送により伝送される。

受信機は、通信連携情報記述子を参照し、通信コンポーネントやメタファイルのロケーション情報が本記述子内に示されている場合はロケーション情報を取得する。メタファイルが放送内で伝送される場合はカルーセルモジュールを特定するためのモジュール ID 及びコンポーネント ID を取得し、通信コンポーネントあるいはメタファイルが通信で伝送される場合には URL を取得する。さらにフォーマットがメタファイルである場合には、ロケーション情報に基づいてメタファイルを取得し、メタファイルより通信コンポーネントの URL を取得する。

以上のように特定した URL から通信コンポーネントを取得し、放送コンポーネントと通信コンポーネントを同期再生する。

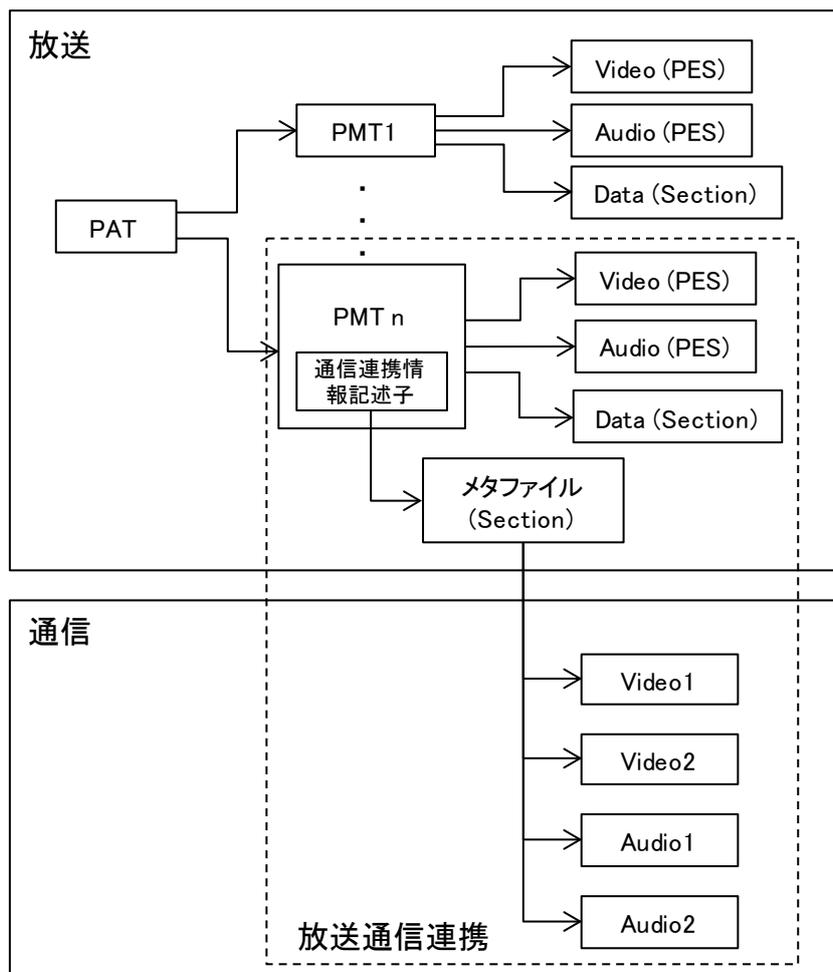


図 2.3-30 ハイブリッド配信におけるプログラム構成例

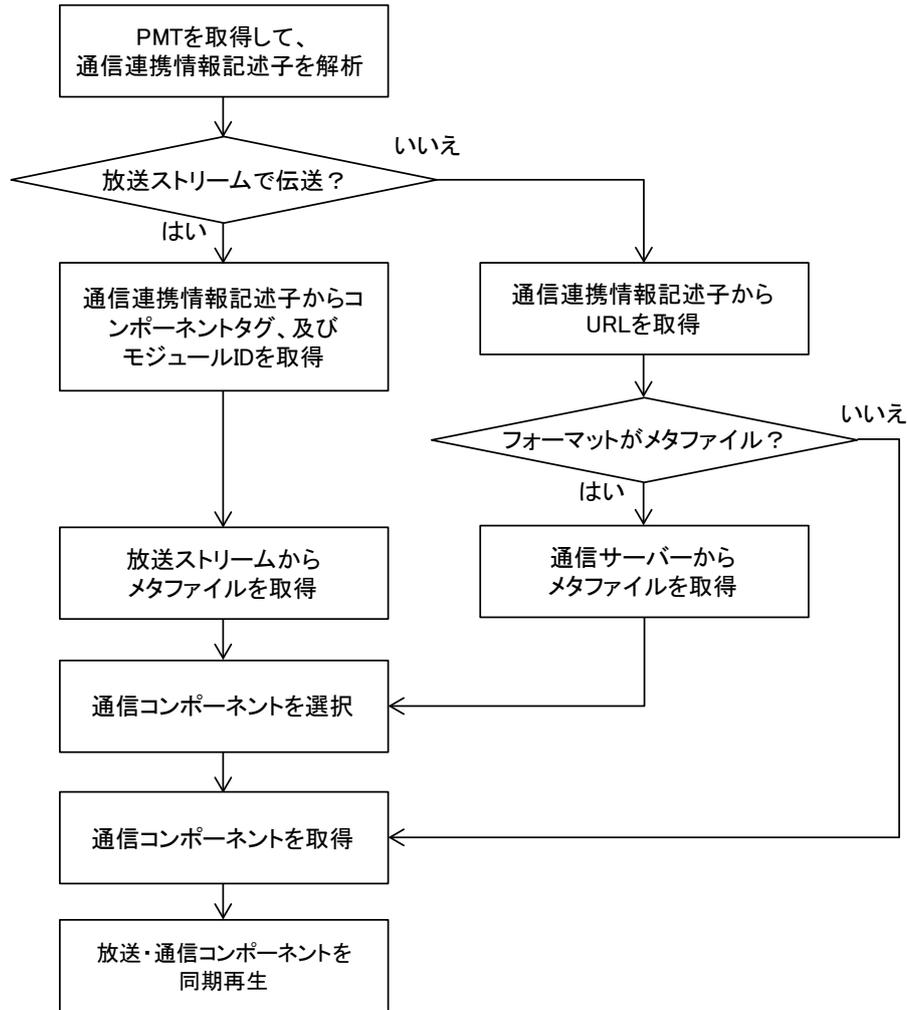


図 2.3-31 通信連携情報記述子を用いる受信動作フロー

(2) スクランブル方式記述子

限定受信方式に関して規定されるスクランブル方式記述子の記述子タグ値を新たに規定する。記述子タグ値として 0xF5 を割り当てる。

2.3.3.2.4 AIT コントールドアプリケーションに基づく放送・通信ハイブリッド伝送

放送・通信ハイブリッド伝送を AIT コントールドアプリケーション (HTML5) に基づいて実現するために、拡張 API を追加規定する。

(1) ReceiverDevice オブジェクト

アプリケーションエンジンが動作している機器が備える機能あるいは同機器が管理している情報へのアクセス手段を提供するオブジェクト (詳細は、IPTV フォーラム HTML5 ブラウザ仕様 IPTVFJ STD-0011 3.1.6 を参照)。次の複数ストリーム同期メソッドを追加する。

```

partial interface ReceiverDevice {
    void syncStreams (DOMString stream1_id, DOMString stream2_id,
        syncStreamsResultCallback? resultCallback,
    );
};
callback syncStreamsResultCallback = void (short? status);

```

syncStreams		
説明	引数 stream_1 及び stream_2 に同期させるストリームの id を設定する。結果は、status に返る。	
引数	stream1_id	同期させるストリームの 1 番目の id。
	stream2_id	同期させるストリームの 2 番目の id。
	resultCallback	処理が完了した際に呼び出すべき関数。不要であれば null を指定する。
	status	処理の結果を返す。 0：正常に同期 1：同期失敗 2：

callback syncStreamsResultCallback		
引数	status	処理の結果を返す。 0：正常に同期 1：同期失敗 2：その他のエラー

2.3.3.2.5 新たな映像符号化方式及び音声符号化方式のための規定

HEVC 映像符号化方式や MPEG-4 AAC 及び MPEG-4 ALS 音声符号化方式を導入するための規定を追加する。

(1) ストリーム識別子

2.3.2.1.1 参照。

(2) ストリーム形式種別

2.3.2.1.2 参照。

(3) 階層符号化記述子 (Hierarchy descriptor)

2.3.2.1.3 参照。

(4) その他

民間標準化機関において、次のような規定の追加が行われることが望まれる。

記述子等	識別子等	追加割当てが必要な内容
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	ITU-T H. 265 MPEH-H HEVCにより符号化された映像コンポーネントの識別、映像フォーマット 4320/P の識別 (2160/P は規定済み)
ビデオデコードコントロール記述子	ビデオエンコードフォーマット	4320/P 映像の識別 (2160/P は規定済み)

2.3.3.3 提案方式に係る国際標準化の状況

2.3.3.3.1 MPEG-2 Systems

項目	規格	状況
MPEG-2 Systems	Rec. ITU-T H. 222.0 (06/2012) ISO/IEC 13818-1:2013 - Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems	現行
HEVC 伝送	Rec. ITU-T H. 222.0 (06/2012) /AMD 3 ISO/IEC 13818-1:2013 /AMD 3 - Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems Amendment 3: Transport of HEVC video over MPEG-2 systems	2013.9: FDAM
タイムライン拡張	Rec. ITU-T H. 222.0 (06/2012) /AMD 6 ISO/IEC 13818-1:2013 /AMD 6 - Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems Amendment 6: Delivery of Timeline for External Data	2013.11: PDAM (以下、予定) 2014.04: DAM 2014.10: FDAM

2.3.3.3.2 MMT・TLV

項目	規格	状況
TLV	Rec. ITU-R BT.1869-0 (2010) Multiplexing scheme for variable-length packets in digital multimedia broadcasting systems	現行
IP	IETF RFC 768: User Datagram Protocol, Aug. 1980	現行
	IETF RFC 791: Internet Protocol, Sep. 1981	
	IETF RFC 2460: Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Dec. 1998	
MMT	ISO/IEC 23008-1 - Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1: MPEG media transport (MMT)	2013.11: FDIS

2.4 限定受信方式

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件及び関連して整理した要件を踏まえ、スクランブルサブシステムと関連情報サブシステムに関する検討を行った。

広帯域伝送における限定受信方式のスクランブルサブシステムについては、要求条件に基づいて、複数の暗号アルゴリズムから選択可能とすることとし、多重化レベルで暗号アルゴリズムを指定する記述子等を導入することとした。具体的には、暗号アルゴリズムは、CRYPTREC で公表されている電子政府推奨暗号リストを参考に、鍵長 128 ビットの AES ブロック暗号及び同鍵長の Camellia ブロック暗号から選択可能とした。また、スクランブル方式の暗号アルゴリズムを指定する記述子としてスクランブル方式記述子を導入するとともに、MMT・TLV 方式においては、通信利用を考慮してメッセージ認証方式記述子について検討した。関連情報サブシステムについては、現行の方式と同等のサービス・機能が実現できること等の要件を踏まえ、アクセス制御機能は現行の 3 重鍵方式を採用することとし、関連情報を構成する情報は共通情報として ECM、個別情報として EMM とした。さらに、関連情報サブシステムに対する要求条件（安全性の維持・改善）に鑑み、新たに、放送や通信を使って関連情報の処理に関わる受信機側のソフトウェアを更新する技術手段についても整理し、その送出方式について検討した。

2.4.1 広帯域伝送における限定受信方式

2.4.1.1 スクランブルサブシステム

2.4.1.1.1 MMT・TLV方式におけるスクランブルサブシステム

スクランブルサブシステムにおいては、MMTP パケット及び IP パケット双方のスクランブル方式について規定する。スクランブルの範囲は、MMTP パケットに関しては、MMTP パケット（制御メッセージを除く）のペイロード部とする。IP パケットに関しては、IP パケットのペイロード部とする。

スクランブル方式の暗号アルゴリズムに関しては、より高度な秘匿性を確保するため、現行デジタル放送で採用されている MULTI2 に替わり、セキュリティ強度がより高いと考えられる複数の暗号アルゴリズムから選択できることが適当である。

(1) スクランブル方式の暗号アルゴリズム

スクランブル方式の暗号アルゴリズムに関しては、より高度な秘匿性を確保するために、現行デジタル放送で採用されている MULTI2 に替わり、セキュリティ強度がより高いと考えられる複数の暗号アルゴリズムから選択できることが適当である。スクランブル方式で使用する暗号アルゴリズムは、CRYPTREC の電子政府推奨暗号リストに公表されている AES 128 ビットブロック暗号及び Camellia 128 ビットブロック暗号を選択可能とすることが適当である。

(理由)

スクランブル方式で使用する暗号アルゴリズムの評価にあたっては、CRYPTREC (Cryptography Research and Evaluation Committees : 電子政府推奨暗号の安全性を評価・監視し、暗号技術の適切な実装法・運用法を調査・検討するプロジェクト) で公表されている電子政府推奨暗号リスト^{※1}を参考にした。この電子政府推奨暗号リストは、最新・最先端の暗号解析結果を基にして、専門家により安全性評価、実装評価及び利用実績の評価が行われ、推奨暗号としてまとめられたものであり、暗号アルゴリズムの選定にあたっては適切な指標となる。

この CRYPTREC では、64 ビットブロック暗号から 128 ビットブロック暗号への移行が推奨されており、現行のデジタルテレビジョン放送で採用されている暗号方式である MULTI2 (64 ビットブロック暗号) は除外することとした。また、現行のデジタルテレビジョン放送ではブロック暗号が採用されており、これまでのシステム運用のノウハウ等を有効活用する観点からも、現行方式と同様にブロック暗号を前提とした。

※1 : http://www.cryptrec.go.jp/images/cryptrec_ciphers_list_2013.pdf 電子政府における調達のために参照すべき暗号のリスト (CRYPTREC 暗号リスト)

① AES 128 ビットブロック暗号 (米国政府標準暗号)

・ 安全性^{※2} :

電子政府推奨暗号リストにも採用されており、新たな暗号解析手法が発見されない限り、十分な期間実利用して耐え得るものと考えられる。なお、現段階で、関連鍵攻撃や中間一致攻撃等の暗号解析手法に関する研究報告があるものの、現実的な脅威はなく、実用上問

題ないものと考えられる。

- 性能評価^{※3※4}：
処理速度に関して、4K 及び 8K に対応したストリームを十分に処理できるレベルにあると考えられる。
- 国際標準化^{※5}：
ISO/IEC 18033-3、NESSIE、IETF (TLS、IPsec、S/MIME、PGP、Kerberos)、IEEE 等で広く採用されている。
- 利用実績^{※5}：
利用実績が十分であり、今後も安定的に利用可能である。

② Camellia 128 ビットブロック暗号 (国産暗号)

- 安全性^{※2}：
電子政府推奨暗号リストにも採用されており、新たな暗号解析手法が発見されない限り、十分な期間実利用に耐え得るものと考えられる。なお、現時点では、安全性の問題に関する報告はない。
- 性能評価^{※3※4}：
処理速度に関して、4K 及び 8K に対応したストリームを十分に処理できるレベルにあると考えられる。
- 国際標準化^{※5}：
ISO/IEC 18033-3、NESSIE、IETF (TLS、IPsec、S/MIME、PGP、Kerberos)等でも広く採用されている。
- 利用実績^{※5}：
利用実績が必ずしも十分ではないが、今後の利用促進の可能性が高いと考えられる。

※2：http://www.cryptrec.go.jp/report/c12_sch_web.pdf CRYPTREC Report 2012 「暗号方式委員会報告」 P.32 (要約)

※3：<http://www.cryptrec.go.jp/report/c02.pdf> 暗号技術評価報告書(2002 年度版) CRYPTREC Report 2002 P.143

※4：<https://www.ipa.go.jp/files/000024409.pdf> 「電子政府推奨暗号の実装」評価報告書 P.5

※5：http://www.cryptrec.go.jp/report/c12_opr_web.pdf CRYPTREC Report 2012 「暗号運用委員会報告」

(2) スランブルサブシステムにおける暗号アルゴリズムの詳細

a AES 暗号

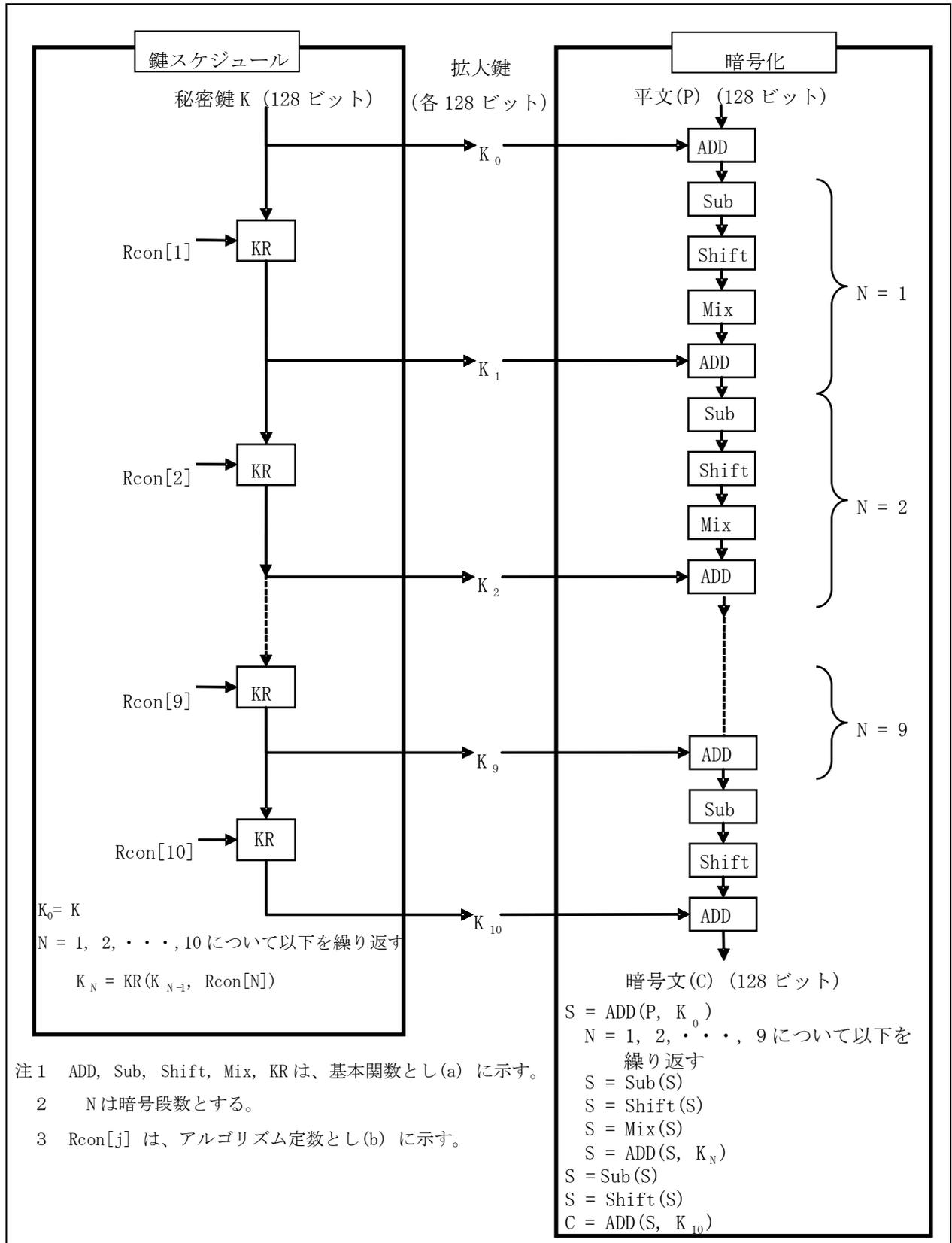


図 2-4-1-1

(a) 基本関数

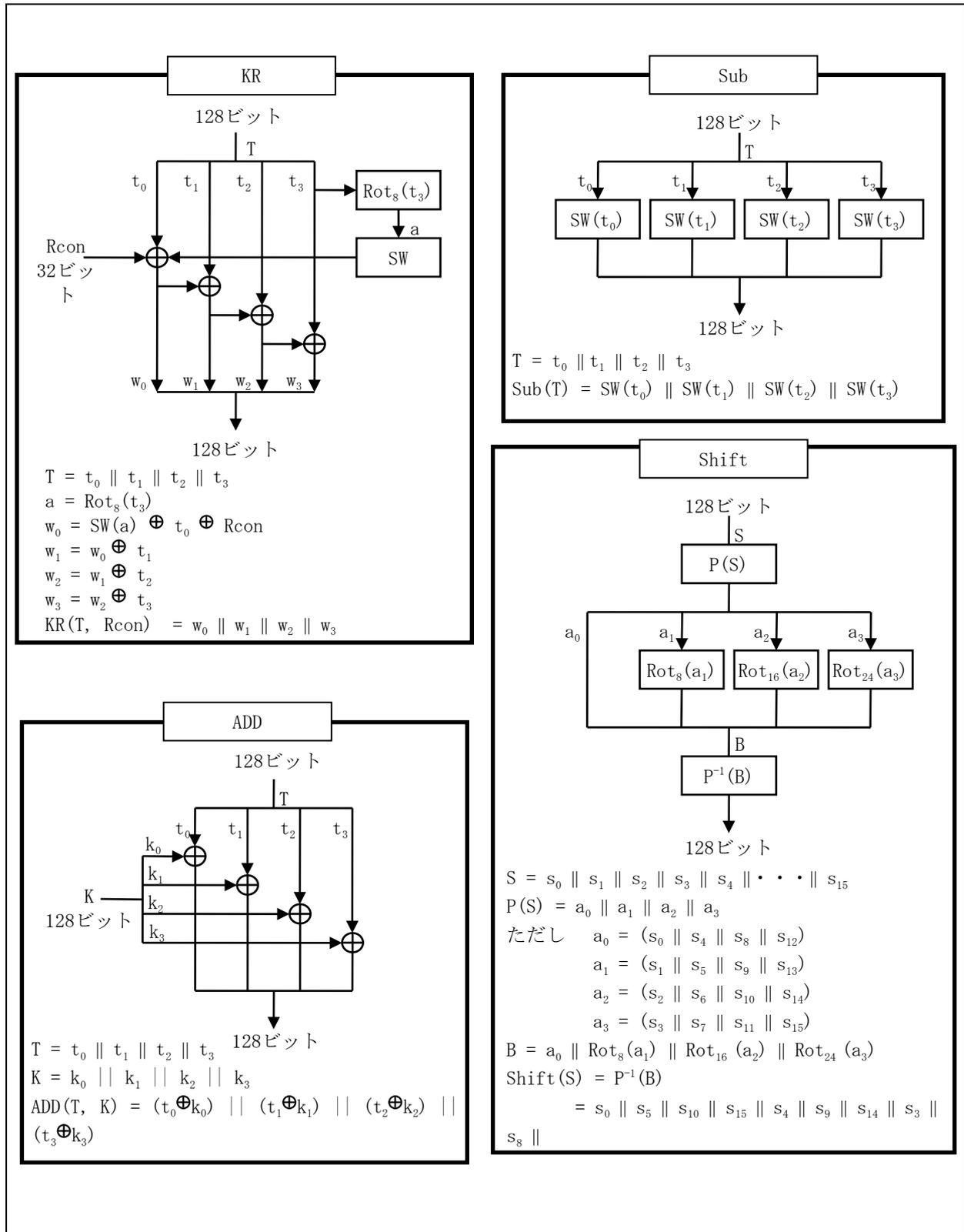


図 2-4-1-2

- 注 1 Tは、基本関数への入力とする。
 2 \oplus は、ビットごとの排他的論理和とする。
 3 \parallel は、ブロックの結合とする。
 4 SWは、補助関数とし(b)に示す。
 5 Rot_n は、左巡回nビットシフトとする。
 6 \cdot は、 $\text{GF}(2^8)$ 上の乗算を表す。
 既約多項式は、
 $x^8 + x^4 + x^3 + x + 1$ とする。

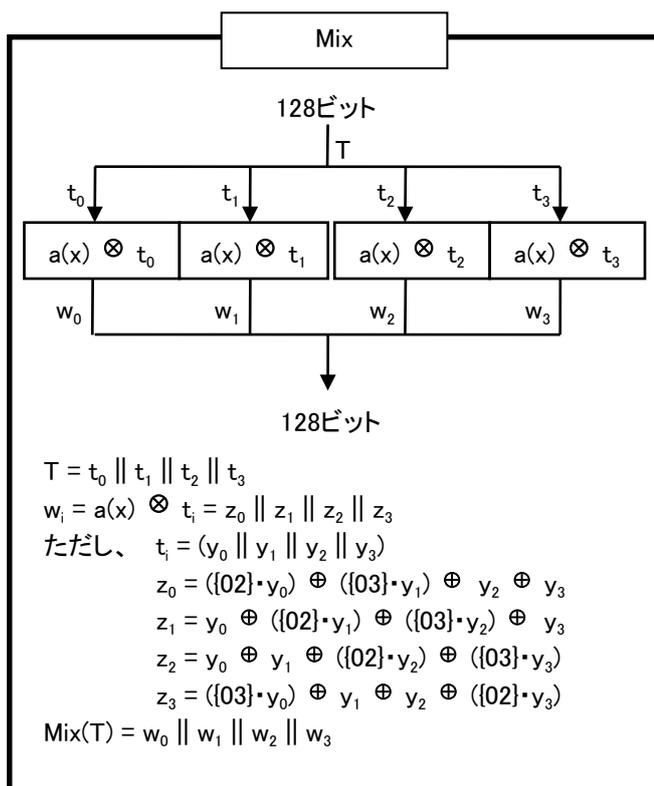


図 2-4-1-3

(b) アルゴリズム定数と補助関数

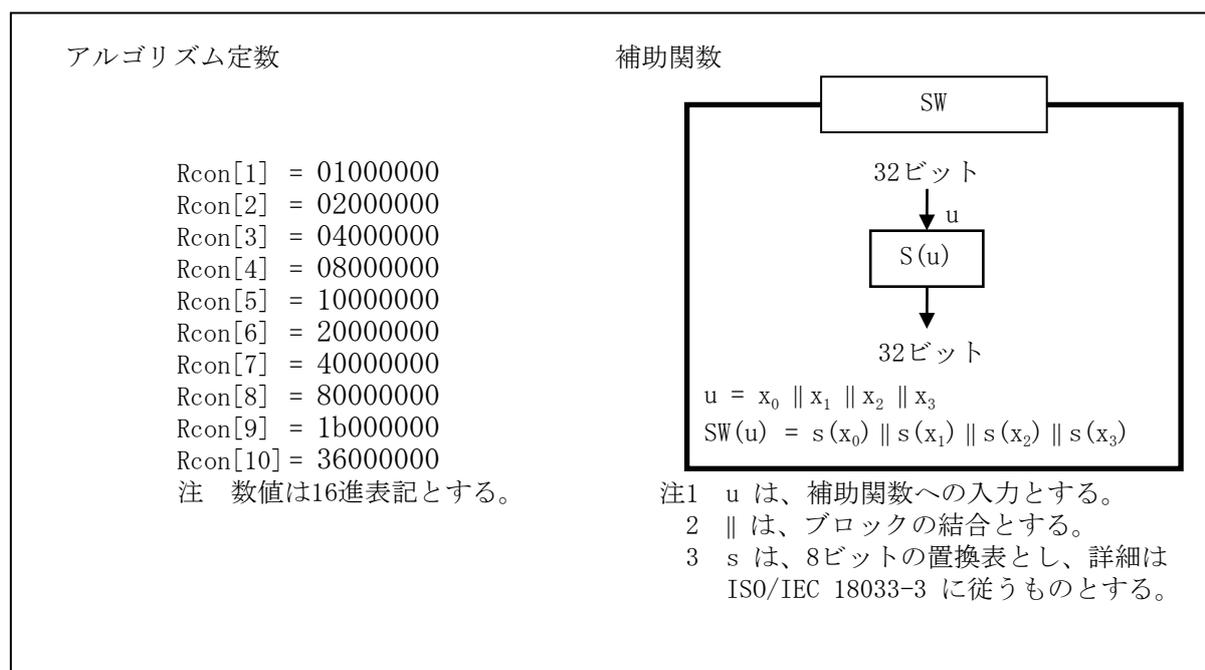
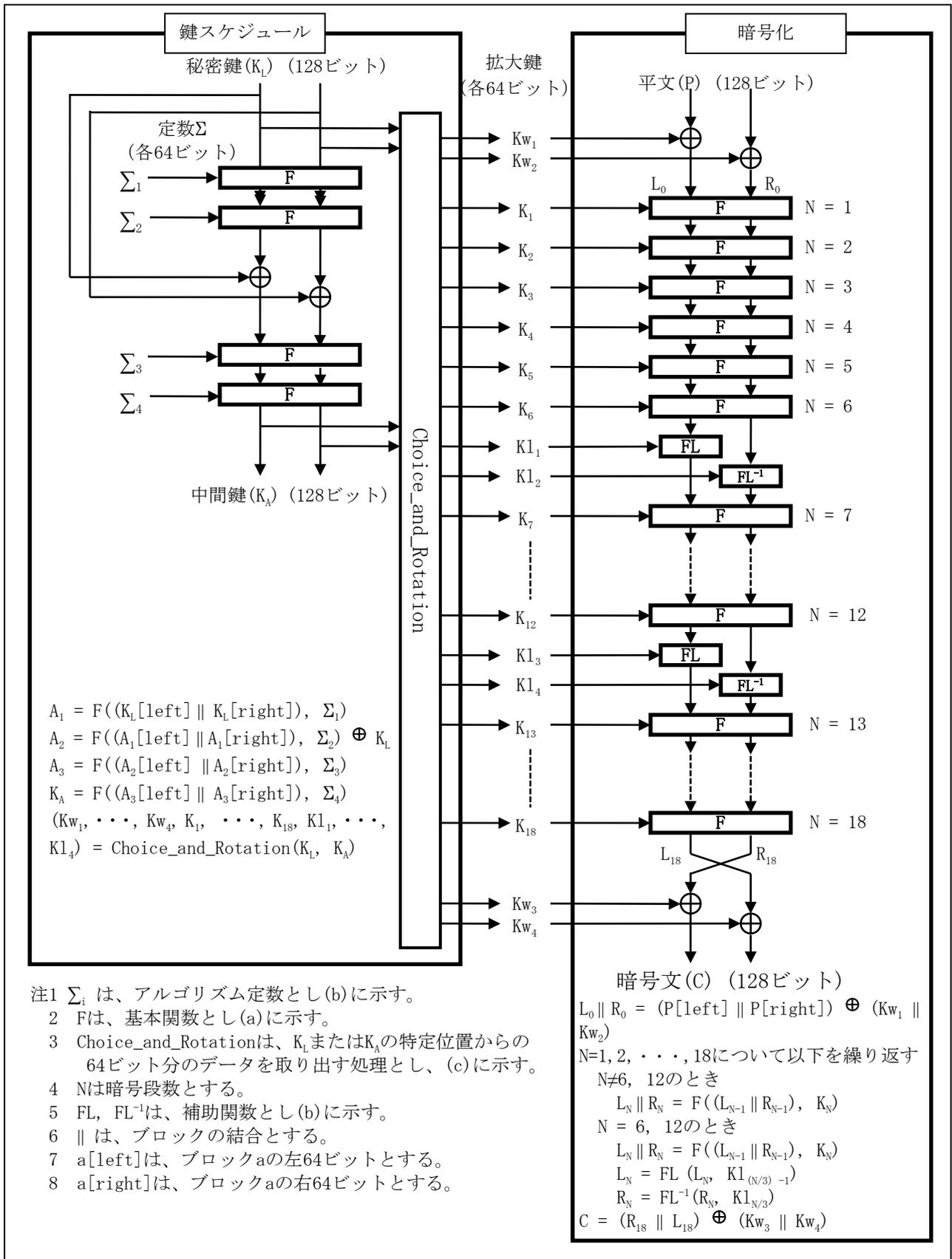


図 2-4-1-4

b Camellia 暗号



- 注1 Σ_i は、アルゴリズム定数とし(b)に示す。
 2 F は、基本関数とし(a)に示す。
 3 Choice_and_Rotationは、 K_l または K_A の特定位置からの64ビット分のデータを取り出す処理とし、(c)に示す。
 4 N は暗号段数とする。
 5 FL, FL^{-1} は、補助関数とし(b)に示す。
 6 \parallel は、ブロックの結合とする。
 7 $a[\text{left}]$ は、ブロック a の左64ビットとする。
 8 $a[\text{right}]$ は、ブロック a の右64ビットとする。

図 2-4-1-5

(a) 基本関数

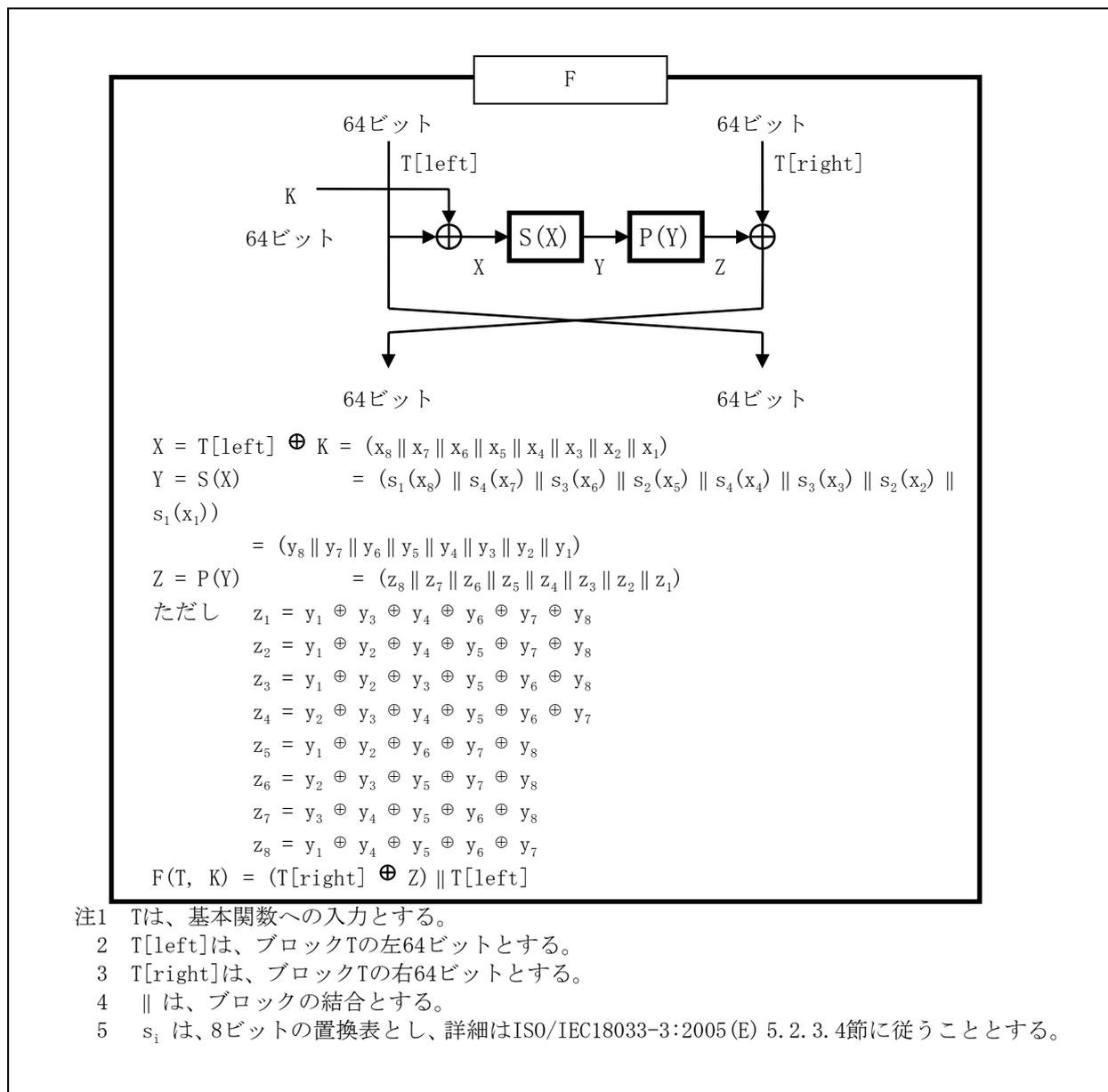


図 2-4-1-6

- 注1 Tは、基本関数への入力とする。
 2 T[left]は、ブロックTの左64ビットとする。
 3 T[right]は、ブロックTの右64ビットとする。
 4 || は、ブロックの結合とする。
 5 s_i は、8ビットの置換表とし、詳細はISO/IEC18033-3:2005(E) 5.2.3.4節に従うこととする。

(b) 補助関数とアルゴリズム定数

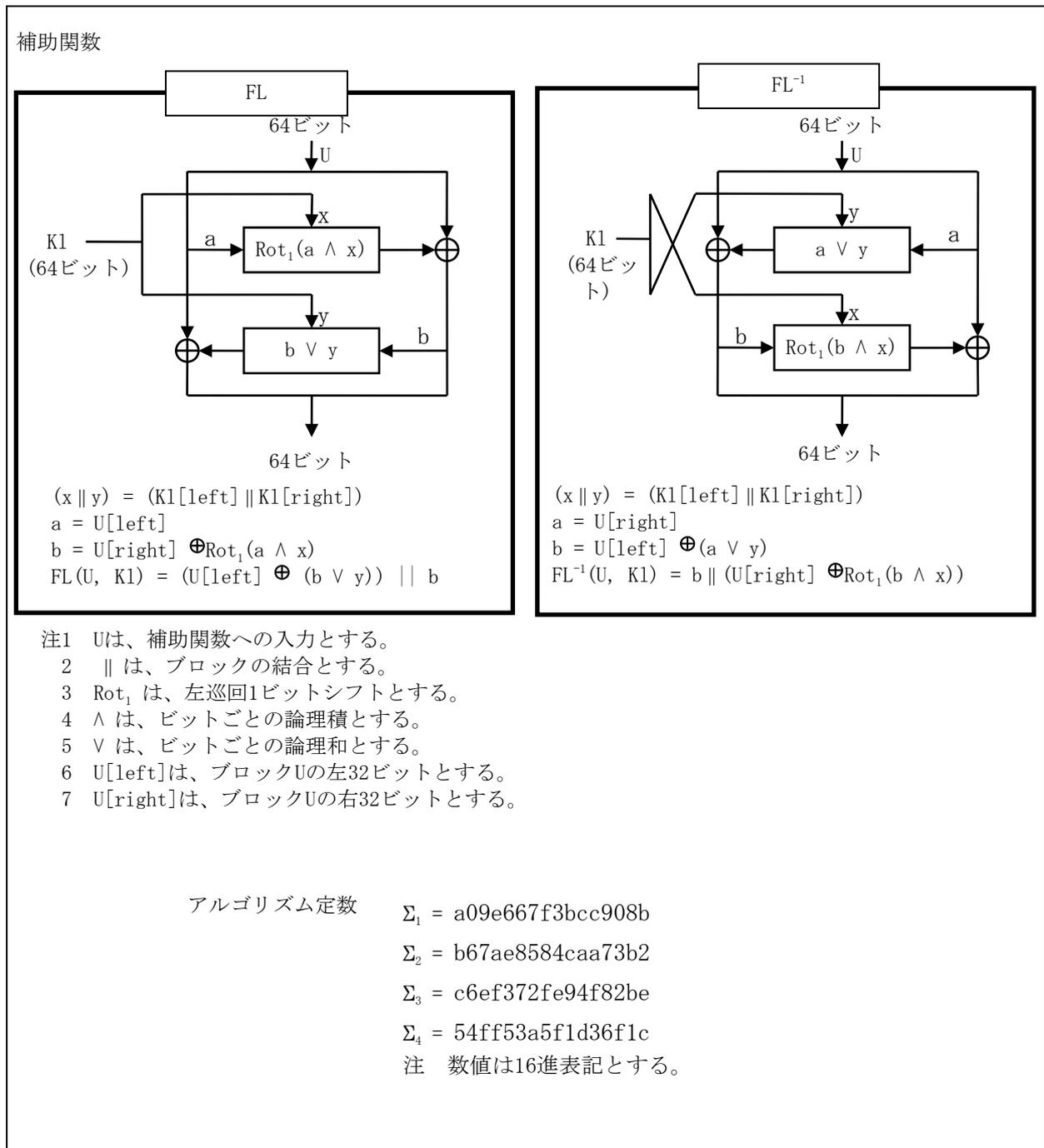


図 2-4-1-7

(c) Choice_and_Rotation

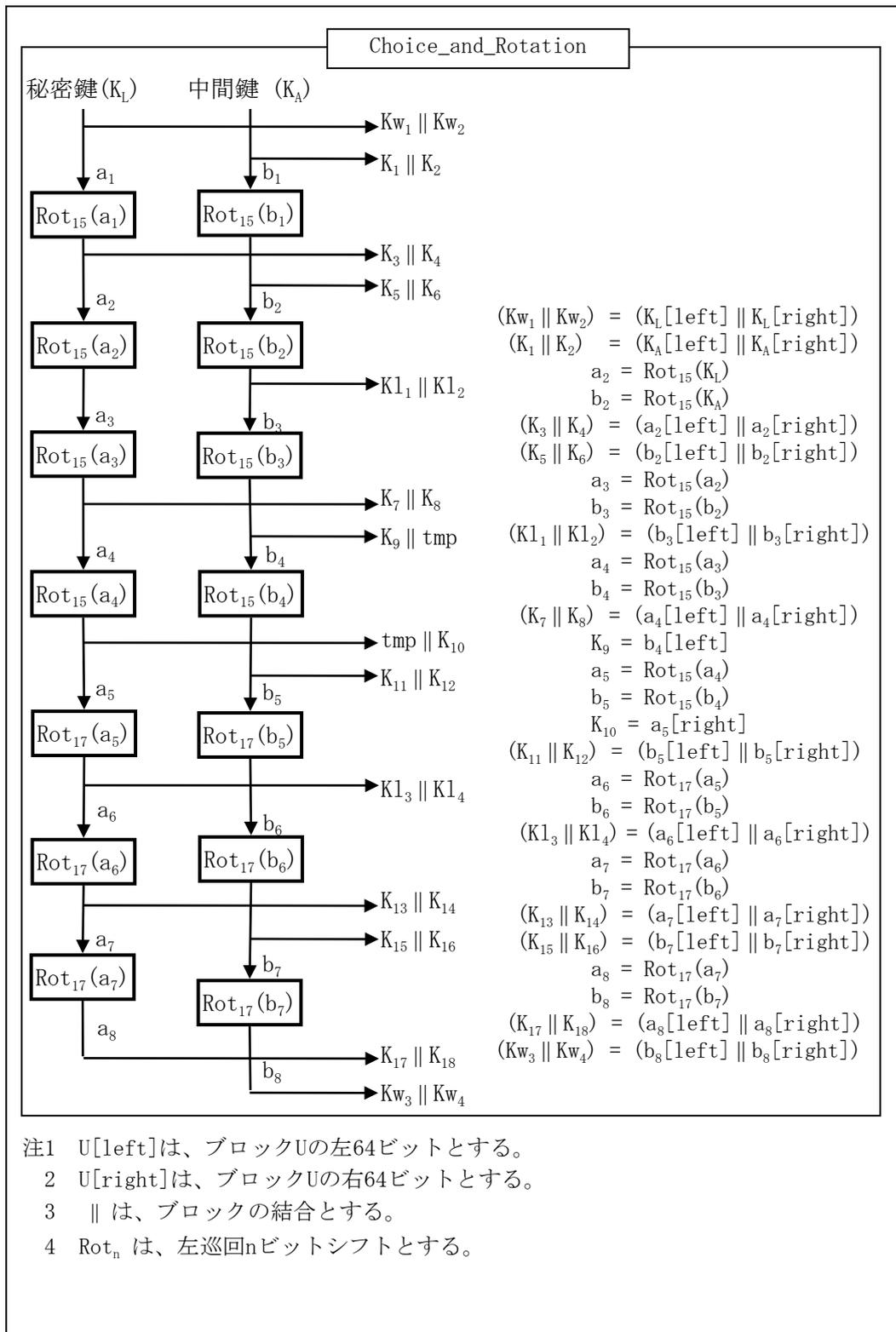


図 2-4-1-8

(3) スクランブル手順

スクランブル手順に関しては、暗号利用モードを CTR モードとする。

(理由)

MMTP パケット及び IP パケットが可変長パケットであり、また、パケットサイズが比較的大きいため。

a AES 暗号を用いたスクランブル手順

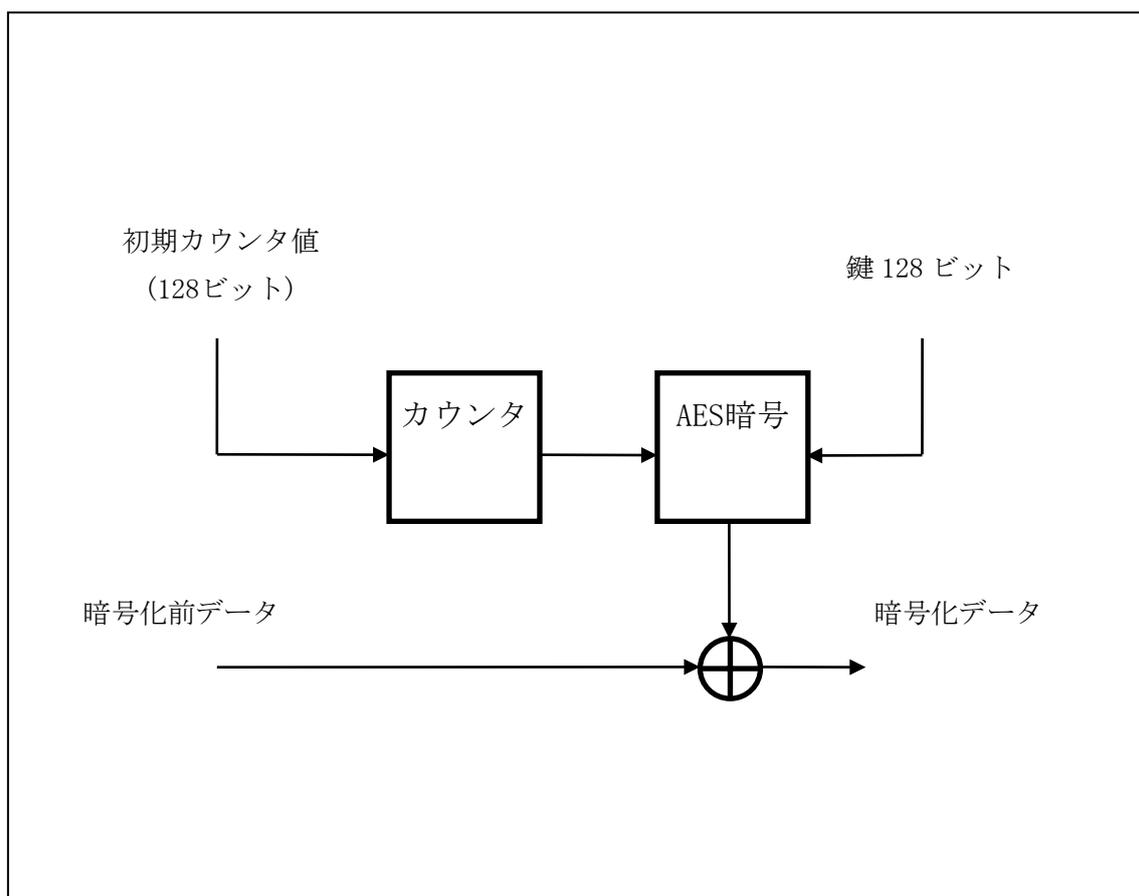


図 2-4-1-9

b Camellia 暗号を用いたスクランブル手順

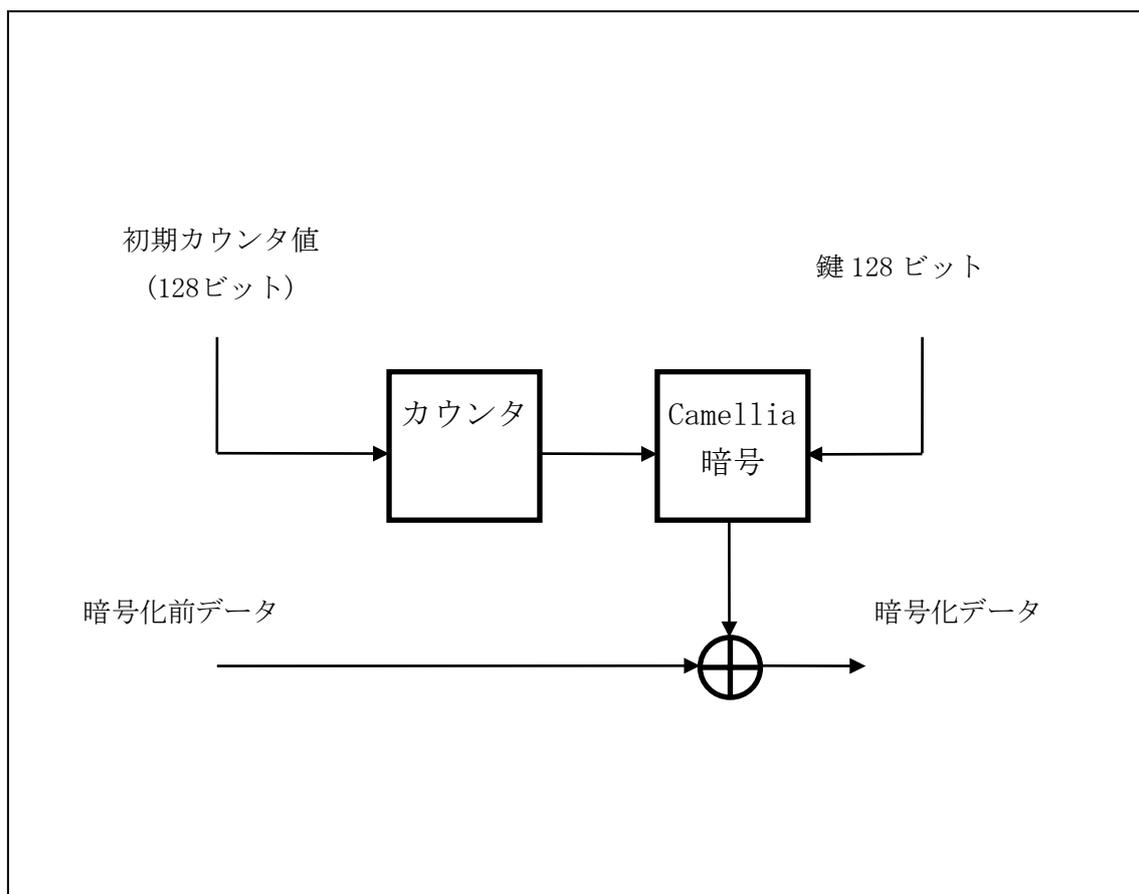


図 2-4-1-10

(4) スクランブルの範囲

スクランブルの範囲は、MMTP パケット（制御メッセージを除く）のペイロード部及び IP パケットのペイロード部とする。

(理由)

MMT・TLV 方式では、コンテンツ伝送のために MMTP パケット及び IP パケットを用いるため。

(5) スクランブル方式に係る伝送制御信号

限定受信方式の識別のために、図 2-4-1-11 に示す伝送制御信号（CA メッセージ）に配置される CA テーブル（図 2-4-1-12）に配置可能な記述子として、アクセス制御記述子（図 2-4-1-13）を導入する。また、スクランブルサブシステムの識別のために、伝送制御信号に配置可能な記述子として、スクランブル方式記述子（図 2-4-1-14）を導入する。

MMT・TLV 方式においては、パケットの改ざんを防止できるメッセージ認証方式（改ざん検出のために、パケット単位にメッセージ認証コードを付与する仕組み）について検討した。また、そのメッセージ認証方式を識別するメッセージ認証方式記述子（図 2-4-1-15）を検討した。ただし、メッセージ認証方式記述子が配置されない場合は、メッセージ認証を行わない（メッセ

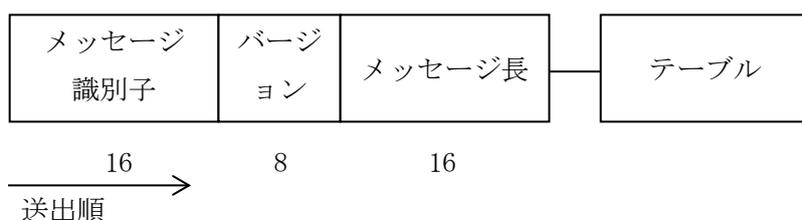
ージ認証コードが付加されない) ことを示す。

なお、放送で映像音声のコンポーネントを配信し、通信で字幕データ等のコンポーネントを配信するケースも想定されるが、通信で配信されるコンポーネントに関しては、コンテンツ保護のために、各種 DRM 等を適用することも想定される。この場合、必要に応じて、各記述子の拡張領域に各種 DRM に関するセキュリティ情報を記述することも想定されるが、その詳細は、事業者による任意規格とすることが適当である。

なお、メッセージ認証方式記述子に関しては、放送番組を受信するために必須な仕組みではないことから、民間規格として規定されることが適当である。

(理由)

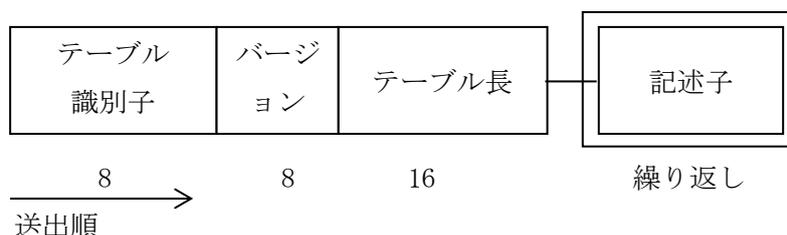
現行方式と同等のアクセス制御機能を実現するため、CA メッセージ、CA テーブル及びアクセス制御記述子を規定する。また、スクランブル方式に脆弱性が発見された場合においても適切に対応可能とするため、スクランブル方式記述子を規定する。



注1 メッセージ識別子の値は、CA メッセージを示す 0x8001 とする。

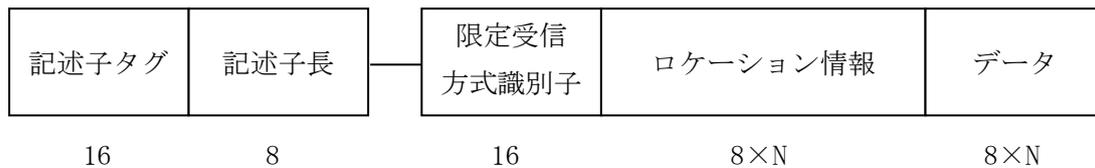
注2 テーブル領域には、CA テーブルが配置される。

図 2-4-1-11 : CA メッセージの構成



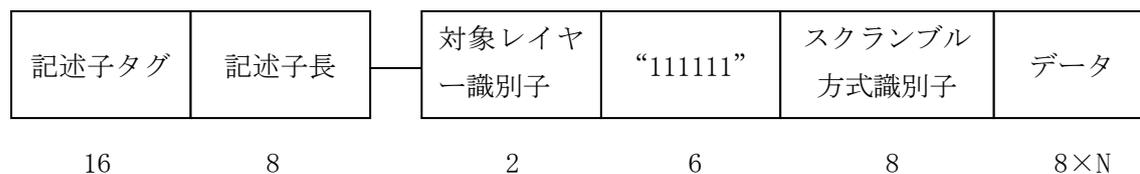
注 テーブル識別子の値は、CA テーブルを示す 0x86 とする。

図 2-4-1-12 : CA テーブルの構成



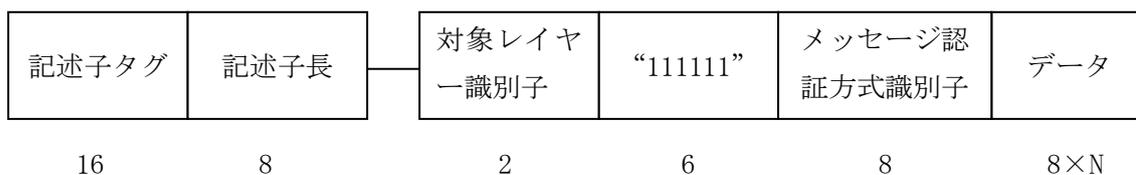
- 注1 記述子タグの値は、アクセス制御記述子を示す 0x8004 とする。
- 注2 記述子長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。
- 注3 限定受信方式識別子は、限定受信方式の種別を示す。
- 注4 ロケーション情報は、MMT で定義されるロケーション情報である。アクセス制御記述子にあるロケーション情報は、関連情報を含む MMTP パケットのロケーションを示す。
- 注5 本記述子は、CA メッセージの CA テーブルの記述子領域又は MP テーブルの MPT ディスクリプタ領域若しくは MP テーブルのアセットディスクリプタ領域で伝送するものとする。

図 2-4-1-13 : アクセス制御記述子の構成



- 注1 記述子タグの値は、スクランブル方式記述子を示す 0x8005 とする。
- 注2 記述子長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。
- 注3 対象レイヤー識別子は、スクランブル時の暗号化対象 (IP パケット、MMTP パケット) を示す。
- 注4 スクランブル方式識別子は、スクランブル時の暗号アルゴリズムの種別を示す。
- 注5 本記述子は、CA メッセージの CA テーブルの記述子領域又は MP テーブルの MPT ディスクリプタ領域若しくは MP テーブルのアセットディスクリプタ領域で伝送するものとする。

図 2-4-1-14 : スクランブル方式記述子の構成



注1 記述子タグの値は、メッセージ認証方式記述子を示す 0x8006 とする。

注2 記述子長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

注3 対象レイヤー識別子は、MMTP パケット又は IP パケットの改ざん検出を行うメッセージ認証の対象（IP パケット、MMTP パケット）を示す。

注4 メッセージ認証方式識別子は、MMTP パケット又は IP パケットの改ざん検出を行うメッセージ認証方式の種別を示す。

注5 本記述子は、CA メッセージの CA テーブルの記述子領域又は MP テーブルの MPT ディスクリプタ領域若しくは MP テーブルのアセットディスクリプタ領域で伝送するものとする。

図 2-4-1-15：メッセージ認証方式記述子の構成

表 2-4-1-1：スクランブル方式識別子の値の割当て

値 (2 進数)	割当て
00000000	未定義
00000001	AES、鍵長 128 ビット
00000010	Camellia、鍵長 128 ビット
00000011 - 11111111	未定義

表 2-4-1-2：対象レイヤー識別子の値の割当て

値 (2 進数)	割当て
00	未定義
01	MMTP パケットを対象
10	IP パケットを対象
11	未定義

2.4.1.1.2 MPEG-2 TS 方式におけるスクランブルサブシステム

MPEG-2 TS 方式のスクランブルサブシステムにおいて、スクランブルの範囲及びスクランブルの対象に関しては、現行と同様、標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式（平成23年総務省令第87号）第8条に準拠するものとする。

（理由）

現行方式との整合性を確保するため。

(1) スクランブル方式の暗号アルゴリズム

MMT・TLV 方式におけるスクランブルサブシステムの暗号アルゴリズムに同じ。

(2) スクランブル手順

スクランブル手順に関しては、現行と同様、暗号利用モードはCBC+OFBモードとする。

（理由）

現行方式との整合性を確保するため。

a AES 暗号を用いたスクランブル手順

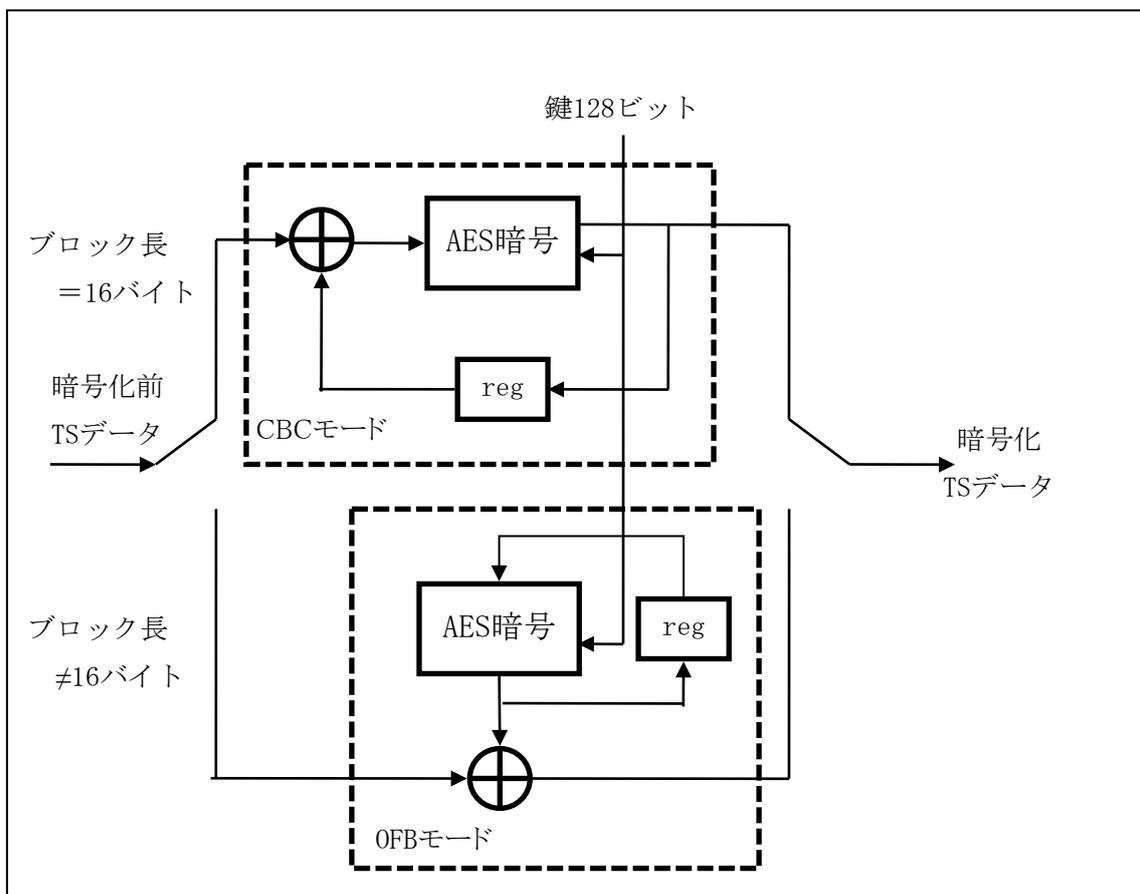


図 2-4-1-16

b Camellia 暗号を用いたスクランブル手順

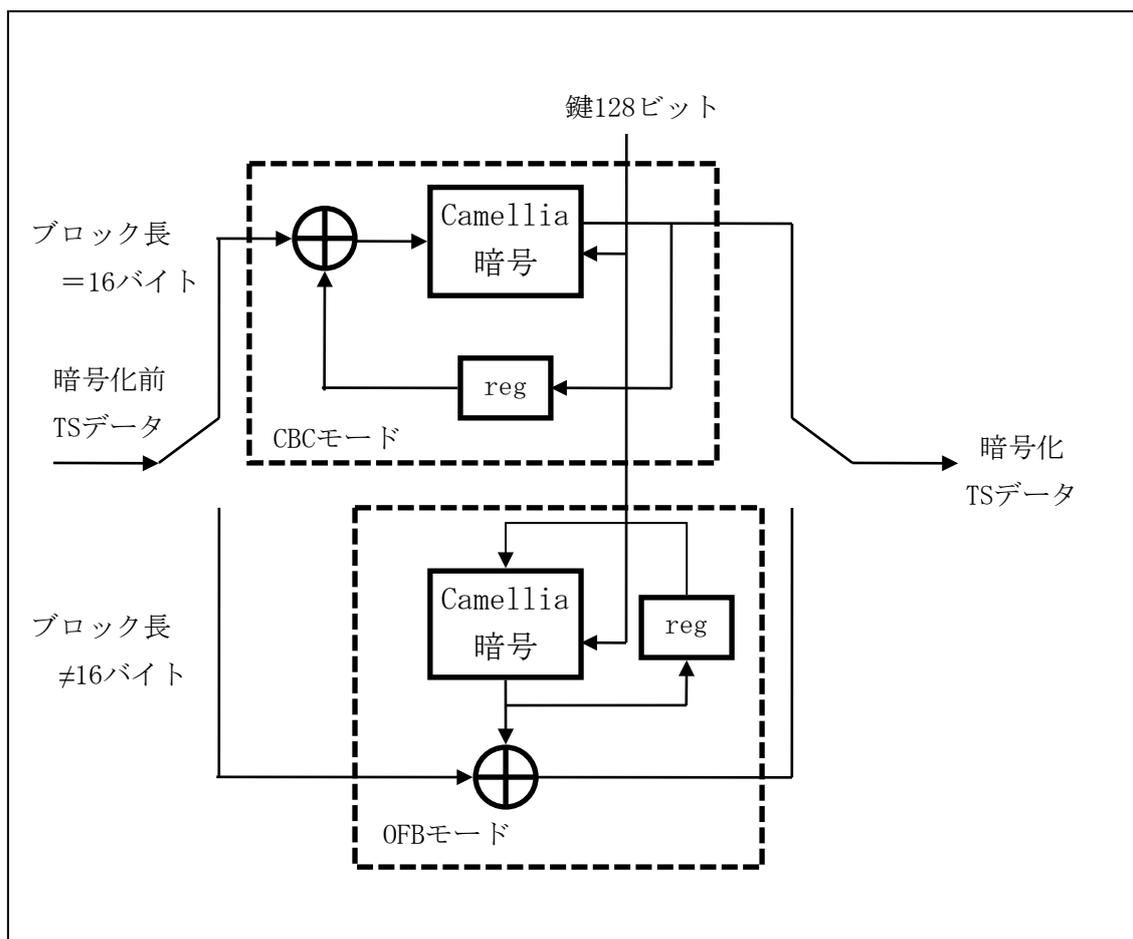


図 2-4-1-17

(3) スクランブルの範囲

スクランブルの範囲は、TS パケット（伝送制御信号及び関連情報を送るためのものを除く）のペイロード部分とする。

(理由)

現行方式との整合性を確保するため。

(4) スクランブル方式に係る伝送制御信号

スクランブル方式の暗号アルゴリズムを指定する記述子（以下、「スクランブル方式記述子」という。）を新たに規定する。スクランブル方式記述子は、平成 23 年総務省告示第 299 号別表第 20 号で規定されている伝送制御信号に配置可能な記述子とする。

(理由)

スクランブル方式に脆弱性が発見された場合において適切に対応可能とするため。

記述子タグ	記述子長	スクランブル 方式識別子	データ
8	8	8	8×N

- 注1 記述子タグの値は、スクランブル方式記述子を示す 0xF5 とする。
- 注2 記述子長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。
- 注3 スクランブル方式識別子は、スクランブル時の暗号アルゴリズムの種別を示す。
- 注4 本記述子は、CAT の記述子領域又は PMT の記述子 1 若しくは記述子 2 の領域で伝送するものとする。

図 2-4-1-18 : スクランブル方式記述子の構成

表 2-4-1-3 : スクランブル方式識別子の値の割当て

値 (2 進数)	割当て
00000000	未定義
00000001	AES、鍵長 128 ビット
00000010	Camellia、鍵長 128 ビット
00000011 - 11111111	未定義

2.4.1.2 関連情報サブシステム

2.4.1.2.1 アクセス制御機能

関連情報サブシステムのうち、アクセス制御に関わる情報等について、以下の通りとする。

- ① 現行の3重鍵方式を採用し、関連情報を構成する情報を ECM 及び EMM とする。

(理由)

関連情報サブシステムの基本的な方式は、現行のデジタルテレビジョン放送の限定受信方式で採用されている3重鍵方式の枠組みで実現できると考えられる。3重鍵方式は、現行のデジタル放送で長期間の運用実績があり、方式としてセキュリティ上の問題も特に発見されていない。よって、超高精細度テレビジョン放送においても、3重鍵方式を採用する。

また、現行のデジタル放送では、関連情報を構成する情報として ECM 及び EMM が規定されており、これらについても引き続き採用する。

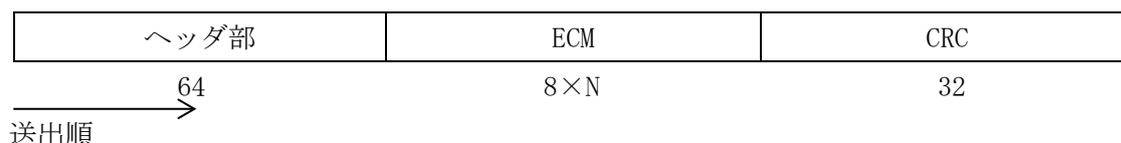
- ② 柔軟度が高い関連情報 (ECM、EMM) のフォーマットを規定する。

(理由)

課金方式の自由度や弾力的な運用、サービスの拡張性に関する要件に鑑みれば、関連情報サブシステム自体の弾力性や柔軟性を担保するために、ECM 及び EMM の詳細については、事業者の任意仕様とすることが適当である。

(1) ECM の構成及び送出手順

超高精細度テレビジョン放送における関連情報 (ECM) の構成及び送出手順を下記に示す。



注1 単位の指定のない数字は、その領域のビット数を示すものとする。

注2 各領域は、最上位ビットから最下位ビットの順に伝送するものとする。以下同じ。

注3 ECM の伝送は、セクション形式のうち拡張形式によるものとする。

注4 ヘッダ部内の「テーブル識別子」の値は ECM を示す 0x82 又は 0x83 とする。

注5 ECM は、次表に示すものを含む情報により構成されるものとする。なお、暗号鍵識別以外の情報は、暗号鍵識別により識別される暗号鍵を用いて暗号化することができる。

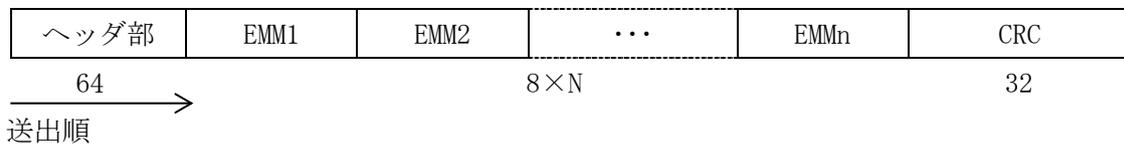
図 2-4-1-19 : ECM の構成

表 2-4-1-4

項目
暗号鍵識別
スクランブルの解除に用いる鍵

(2) EMM の構成及び送出手順

超高精細度テレビジョン放送における関連情報 (EMM) の構成及び送出手順を下記に示す。なお、EMM は、ECM の暗号を解くための鍵情報だけでなく、受信機へメッセージ情報を伝送するための情報 (以下「EMM メッセージ」という。) を伝送することも可能とする。EMM メッセージが EMM に含まれる場合の識別については、事業者の任意規格とする。



注 1 単位の指定のない数字は、その領域のビット数を示すものとする。

注 2 EMM の伝送は、セクション形式のうち拡張形式によるものとし、その範囲内で、EMM は複数多重できるものとする。

注 3 ヘッダ部内の「テーブル識別子」の値は EMM を示す 0x84 又は 0x85 とする。

注 4 EMM は、次表に示すものを含む情報により構成されるものとする。なお、識別番号以外の情報は、暗号化することができるものとする。

図 2-4-1-20 : EMM の構成

表 2-4-1-5

項目
識別番号

(3) 関連情報の送出方法

ECM 及び EMM の送出方法に関しては、多重化方式が MPEG-2 TS 方式の場合は、セクション形式の拡張形式として送出する。なお、MMT・TLV 方式の場合は、前記セクション形式の拡張形式を保ったまま、M2 セクションメッセージとして送出する。

2.4.1.2.2 安全性の維持・改善

安全性の維持・改善を直接実現する更新手段は、大別して、受信機側で（ソフトウェアを含む）ハードウェアを更新する更新手段、受信機側で記録媒体等を使ってソフトウェアを更新する手段、及び放送や通信を使ってソフトウェアを更新する手段が考えられる。

これらの更新手段のうち、放送や通信を使って関連情報を処理するソフトウェアを安全に更新する手段に関しては、放送を用いて事業者が主体的に実施するものであるところ、今後の参考として、その技術的な考え方について検討した。なお、これらの技術的な対応の詳細については、今後、民間規格として規定されることが適当である。

(理由)

放送や通信を使って関連情報を処理するソフトウェアを安全に更新する手段に関しては、放送番組を受信するために必須な仕組みではないことから、民間規格として規定されることが適当である。

(1) 前提となる想定システム

受信機内で限定受信方式に関わる関連情報を直接処理する機能をCASプログラムと呼び、CASプログラム本体はソフトウェアの形態で実装されていることを想定する。CASプログラムは受信機内に1つ以上存在することを想定し、いずれかのCASプログラムを放送及び通信を使って安全に更新する技術方式と関連する方式（以下、総称して「ダウンロードダブルCAS方式」という。）とする。これによりスクランブルサブシステムを更新することは想定しない。

また、CASプログラムは、受信機ソフトウェアとは独立して放送事業者が運用することを前提に、受信機ソフトウェアのダウンロードとは独立に管理・更新が行われるものとする。なお、CASプログラム本体がどのような機能を有するのか等、CASプログラムの仕様については、「2.4.1.2.1 アクセス制御機能」に示す機能を含むものとし、その詳細については、今後民間規格等で規定されるものとする。

(2) システム構成

ダウンロードダブルCAS方式のうち、送出側については、主として以下の方式（技術）で構成される。

- ① CASプログラム本体の暗号化と電子署名による認証
- ② 3重鍵方式によるスクランブル
- ③ スクランブルを復号するための鍵関連情報のパケット識別子やダウンロード経路（放送経路／通信経路）を指定する等のダウンロードの告知に関する情報（テーブル）
- ④ 受信機内に複数あるCASプログラムから放送事業者が運用するCASプログラムを指定する記述子

①については、CASプログラム製作後から受信機内に格納されるまで、伝送路（ダウンロード経路等）に関わらずに一貫して実施されるものである。そのための暗号方式や認証方式につ

いては、事業者の任意仕様とする。

②については、セキュリティ維持の観点から不正受信機への放送ダウンロードを排除する目的で、送出レベルで提案されるものであり、図 2-4-1-21 にその構成例を示す。スクランブルの復号に必要な鍵関連情報として、DCM (Download Control Message) と DMM (Download Management Message) を規定する。なお、本項でいうスクランブルは、2.4.1.1 に示されるものとする。

③については、ARIB 標準規格「デジタル放送用受信装置」(ARIB STD-B21) に規定される SDTT (Software Download Trigger Table) をベースにして機能拡張することを想定するが、その詳細については、今後民間規格等で規定されるべきものである。

④については、使用する CAS プログラムの ID とバージョン番号を指定する新たな記述子を規定し、CAT (多重化方式が MPEG-2 TS 方式の場合) 又は CA メッセージ (多重化方式が TLV・MMT 方式の場合) に記載することを想定するが、その詳細については、今後民間規格等で規定されるべきものである。

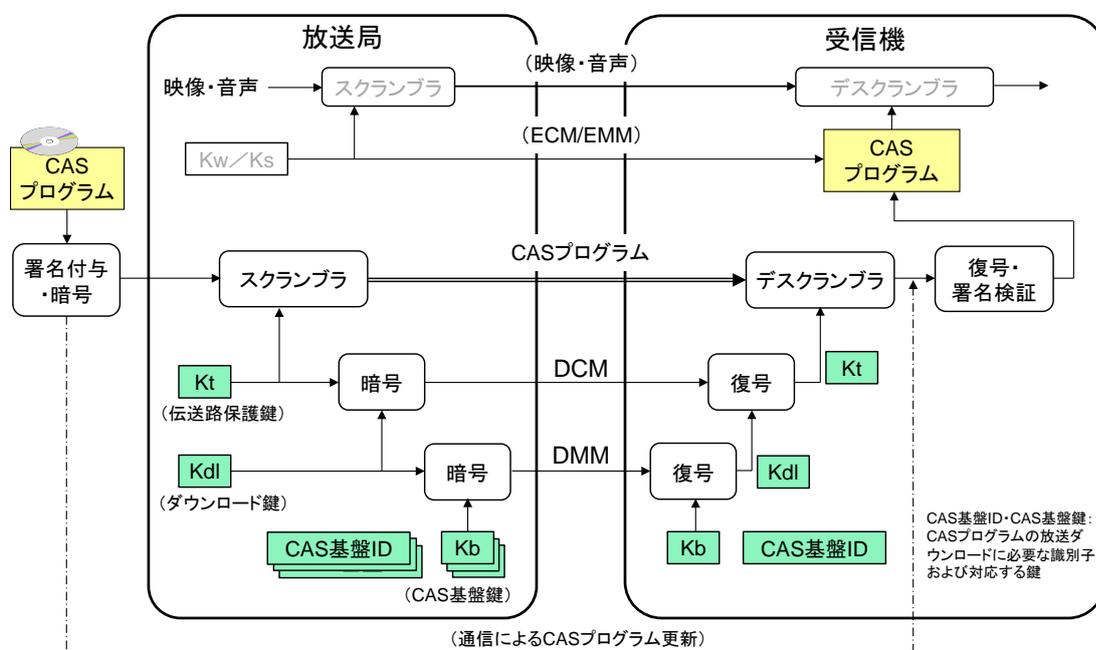


図 2-4-1-21 : 3 重鍵方式による放送ダウンロードの保護

(3) CAS プログラムのスクランブル

CAS プログラムのスクランブルについては、2.4.1.1 に示されるものとする。なお、運用の詳細については、今後民間規格等で規定されるべきものである。

(4) CAS プログラムの放送ダウンロードに関わる鍵関連情報

CAS プログラムの放送ダウンロードに関わる鍵関連情報は、DCM (Download Control Message) と DMM (Download Management Message) から構成される。

関連情報を伝送するパケットは、PMT (多重化方式が MPEG-2 TS 方式の場合)、MP テーブル (多重化方式が TLV・MMT 方式の場合) 及び SDTT を想定するが、その詳細については、今後民間規格等で規定されるべきものである。

・DCM について

DCM は、伝送路暗号を復号するための鍵（伝送路保護鍵：Kt）、日時、改ざん検出等を伝送することを目的とする。ヘッダ部及び CRC は、セクション形式の拡張形式と同様とする。

DCM は、多重化方式が MPEG-2 TS 方式の場合はそのまま MPEG-2 TS の形式で、多重化方式が TLV・MMT 方式の場合は、M2 セクションメッセージの形式でそれぞれ送出する。

DCM の一部の領域は、ダウンロード鍵（Kd1）によって暗号化することができる。暗号化の暗号アルゴリズムは、128 ビットブロック暗号方式とするが、具体的な暗号アルゴリズム、暗号利用モード及び初期値等の詳細は事業者の任意仕様とする。

なお、DCM に関しては、放送番組を受信するために必要な情報ではないことから、民間規格として規定されることが適当である。

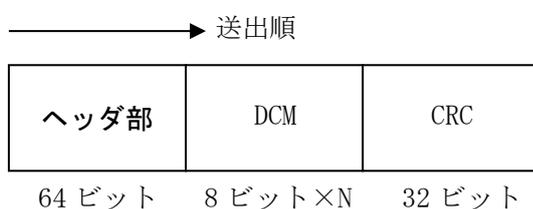


図 2-4-1-22 : DCM の構成

・DMM について

DMM は、ダウンロード鍵（Kd1）、有効期限、改ざん検出等を伝送することを目的とする。ヘッダ部及び CRC は、セクション形式の拡張形式と同様とする。また、セクション形式の拡張形式の範囲で、DMM は複数多重することができる。

DMM は、多重化方式が MPEG-2 TS 方式の場合はそのまま MPEG-2 TS の形式で、多重化方式が TLV・MMT 方式の場合は、M2 セクションメッセージの形式でそれぞれ送出する。

DMM の一部の領域は、CAS 基盤鍵（Kb）によって暗号化することができる。暗号化の暗号アルゴリズムは、128 ビットブロック暗号方式とするが、具体的な暗号アルゴリズム、暗号利用モード及び初期値等詳細は事業者の任意仕様とする。

なお、DMM に関しては、放送番組を受信するために必要な情報ではないことから、民間規格として規定されることが適当である。



図 2-4-1-23 : DMM の構成

(5) 通信利用、受信機実装等

CAS プログラムの配信仕様については、今後民間規格等として規定されることが適当である。同様に、放送は単方向である等の特性に鑑みれば、より安全・確実な運用のために通信を併用

すること等が考えられるが、これは運用上の検討事項であるため、今後事業者の任意規格等として規定されることが望ましい。

ダウンロードダブル CAS 方式に対応する受信機側の実装については、実装の難易度、安全性の維持管理、課金機能やコピー制御機能等へのエンフォースメントの行使、及び適切なコスト等を考慮して、今後事業者の任意規格等として規定されることが望ましい。

2.4.2 狭帯域伝送における限定受信方式

狭帯域伝送における超高精細度テレビジョン放送に係る限定受信方式は、スクランブルサブシステム及び関連情報サブシステム共に、現行の高度狭帯域伝送方式で採用されている限定受信方式と同一のものとすることが適当である。

(理由)

狭帯域伝送における現行の限定受信方式との継続性や要求条件を考慮するとともに、早期のサービス開始を想定しているため。

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映像符号化方式検討の基本的考え方

映像符号化方式の検討にあたっては、超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件（1.1 参照）を踏まえ、特に、超高精細度テレビジョン(UHDTV)サービスを可能とすることを基本とし、関連する映像フォーマット及び符号化方式の技術動向や規格化の状況等を考慮した。

2.5.1.1.1 スタジオ規格との整合性

UHDTV 及び HDTV のスタジオ規格である ITU-R 勧告 BT. 2020 及び同 BT. 709 に基づき、ARIB 標準規格 STD-B56 及び BTA-S001C が策定されている。表 2.5.1-1 に ARIB 標準規格 STD-B56 及び BTA-S001C の主要パラメータを示す。超高精細度テレビジョン放送の映像入力フォーマットを規定するにあたり、これら国際及び国内のスタジオ規格との整合性を考慮した。

表 2.5.1-1 UHDTV と HDTV のスタジオ規格

		UHDTV		HDTV	
ARIB 標準規格		STD-B56		S-001C	
空間解像度		7680×4320, 3840×2160		1920×1080	
フレーム周波数 (Hz)		120, 120/1.001※, 60, 60/1.001		60, 60/1.001	30, 30/1.001
フィールド周波数 (Hz)		—		—	60, 60/1.001
		広色域 (ITU-R 勧告 BT. 2020)		従来色域 (ITU-R 勧告 BT. 709)	
(CIE 1931)		<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
表色系	Red	0.708	0.292	0.640	0.330
	Green	0.170	0.797	0.300	0.600
	Blue	0.131	0.046	0.150	0.060
White		D65		D65	
		0.3127	0.3290	0.3127	0.3290
信号形式	R' G' B'	4:4:4		4:4:4	
	Y' C' B' C' R	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 (非定輝度)		4:2:2	
輝度・色差信号		$Y' = 0.2627R' + 0.6780G' + 0.0593B'$ $C'_B = \frac{B' - Y'}{1.8814}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1.4746}$		$Y' = 0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'$ $C'_B = \frac{B' - Y'}{1.8556}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1.5748}$	
画素ビット数 (bit)		12, 10		10, 8	

※ 120/1.001 Hz を追加する改定が予定されている。

2.5.1.1.2 高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式

高度広帯域伝送方式における映像符号化方式では、HDTV を超える高画質サービスを提供するため、1080/60/I に加えて 1080/60/P と 2160/60/P (ARIB 標準規格では規定) を基本映像フォーマットとし、また、広色域映像を放送するために、ITU-R 勧告 BT. 709 互換の xvYCC (IEC 61966-2-4) による広色域伝送方式を採用している。表 2.5.1-2 に高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式の主要パラメータを示す。超高精細度テレビジョン放送の映像入力フォーマットを規定するにあたり、この高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式を考慮した。

表 2.5.1-2 高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式

システム		2160/60/P	1080/60/P	1080/60/I
符号化映像フォーマット	空間解像度	3840×2160	1920×1080	
	フレーム周波数 (Hz)	60/1.001	60/1.001	30/1.001
	フィールド周波数 (Hz)	—	—	60/1.001
	表色系	従来色域 (ITU-R 勧告 BT. 709), 広色域 (xvYCC)		
	符号化信号形式	Y' C' B' R 4:2:2, 4:2:0		
	符号化画素ビット数 (bit)	10, 8		
映像符号化方式	準拠規格	ITU-T 勧告 H. 264 MPEG-4 AVC		
	プロファイル	High4:2:2 (High10, High, Main を包含)		

2.5.1.1.3 映像符号化方式の国際規格

ITU-T と ISO/IEC が共同で検討してきた最新の映像符号化方式である HEVC (High Efficiency Video Coding) が 2013 年に ITU-T 勧告 H. 265 及び ISO/IEC 23008-2 として発行された。同規格には、Main、Main 10、Main Still Picture の三つのプロファイルが規定されている。超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式として、この HEVC を採用することを前提とした。

2.5.1.2 映像符号化方式

広帯域伝送及び狭帯域伝送における超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式は表 2.5.1-3 の通りとする。

表 2.5.1-3 超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式

	システム	4320/P		2160/P		1080/P	1080/I
符号化映像フォーマット*1	空間解像度	7680×4320		3840×2160		1920×1080	
	フレーム周波数 (Hz)	120, 120/1.001	60, 60/1.001	120, 120/1.001	60, 60/1.001	60, 60/1.001	30, 30/1.001
	フィールド周波数 (Hz)	—				—	60, 60/1.001
	表色系	広色域 (ITU-R 勧告 BT. 2020)				従来色域 (ITU-R 勧告 BT. 709), 広色域 (xvYCC ₇₀₉)	
	符号化信号形式	Y' C' B' C' R 4:2:0					
	符号化画素ビット数 (bit)	10				10, 8	
映像符号化方式	準拠規格	ITU-T 勧告 H. 265 MPEG-H HEVC					
	プロファイル	Main 10				Main 10, Main *2	
	レベル	6.2	6.1	5.2	5.1	4.1	4

*1 HDTV 及び UHDTV の ARIB スタジオ規格 (BTA S-001C 及び STD-B56) に規定されている映像フォーマットを超高精細度テレビジョン放送の信号源フォーマットとする。

*2 符号化画素ビット数 8 ビットの場合は Main プロファイル、符号化画素ビット数 10 ビットの場合は Main10 プロファイルを用いる。

(理由)

前述の基本的考え方にに基づき、超高精細度テレビジョン放送の映像フォーマット及び映像符号化方式としてこれらを採用することが適当である。

2.5.1.2.1 空間解像度

現在のデジタル 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用いられている空間解像度 1920×1080 を超える 7680×4320 及び 3840×2160 の両映像フォーマットを超高精細度テレビジョン放送に採用した。さらに、超高精細度テレビジョン放送においても HDTV サービスを可能とするため、1920×1080 を採用した。

2.5.1.2.2 フレーム周波数

従来のフレーム周波数の 2 倍の 120 Hz が UHDTV スタジオ規格に規定されており、これによって動きぼやけの少ない鮮明な映像を提供可能となることから、UHDTV 放送 (4320/P 及び 2160/P) に採用した。2016 年の時点においては、120 Hz に対応したエンコーダ、デコーダが実現される可能性は低いと考えられるが、将来、120 Hz の UHDTV 放送サービスが開始された際に、60 Hz 対応受信機が 120 Hz 放送を受信しても 60 Hz の映像を復号できるように、時間方向階層符号化の運用方法等について、今後、民間規格等で規定されることが望まれる。

UHDTV 及び HDTV の国内スタジオ規格との整合性、及び異種フレーム周波数の混在は実用上の問題を生じる可能性があることから、60 Hz 系のフレーム周波数のみを採用した。また、フレーム

周波数 120Hz の採用に伴い、従来の 60/1.001Hz に加えて 60Hz を採用した。なお、60 Hz 系のシステムの中でフレーム周波数 24 Hz の映画等の映像を毎秒 24 フレームのまま符号化・復号するための運用についても、今後、民間規格等で規定されることが望まれる。

2.5.1.2.3 表色系

原則としてスタジオ規格に準拠した表色系を採用した。すなわち、スタジオ規格に準拠しない表色系で制作された番組は、スタジオ規格の表色系に変換して放送する必要がある。例えば、従来色域で制作された UHDTV 番組を放送する場合や、HDTV 素材を UHDTV にアップコンバートして使用する場合は、従来色域から UHDTV スタジオ規格の広色域表色系に変換する。UHDTV 等の広色域映像を HDTV 解像度で放送する場合のために、HDTV の三原色を用いながら広色域映像を伝送可能な xvYCC (IEC 61966-2-4)を採用した。これによって、従来色域の HDTV 放送との互換性を備えた広色域 HDTV 放送を可能とした。本方式は、高度広帯域衛星デジタル放送方式に採用されている。なお、ITU-R 勧告 BT.2020 に基づく広色域映像を xvYCC で伝送する場合、一部の色は伝送できないことに留意する必要がある。(参考資料7)

2.5.1.2.4 符号化信号形式

現行の HDTV デジタル放送では 4:2:0 が採用されていること、また、Main 10 プロファイル及び Main プロファイルは Y' C' BC' R 4:2:0 のみをサポートしていることから、Y' C' BC' R 4:2:0 を採用した。なお、表 2.5.1-1 の通り、表色系に応じて輝度・色差信号方程式が異なる。

2.5.1.2.5 符号化画素ビット数

HEVC の Main プロファイルは 8 ビット、Main 10 プロファイルは 10 ビットまでをサポートしている。

HDTV スタジオ規格の画素ビット数は 8 又は 10 ビットであるのに対し、現行 HDTV デジタル放送では 8 ビット、高度広帯域衛星デジタル放送では 8 又は 10 ビットがそれぞれ採用されている。したがって、超高精細度テレビジョン放送における HDTV サービスの符号化画素ビット数は 8 又は 10 ビットとする。

一方、UHDTV スタジオ規格の画素ビット数は 10 又は 12 ビットであり、超高精細度テレビジョン放送における符号化画素ビット数として 8 ビットの採否が課題となる。ここで画素ビット数 10 ビットと 8 ビットの符号化性能を比較するための符号化実験を行い、レート歪み特性を比較した。その結果、10 ビットの方が良いことが確認されたため、10 ビット符号化のみを採用することとした。(参考資料8)

2.5.1.2.6 プロファイル

Main プロファイルは 4:2:0、8 ビット、Main 10 プロファイルは 4:2:0、10 ビットをそれぞれサポートし、Main 10 プロファイルは Main プロファイルを包含している。符号化画素ビット数 10 ビットの場合は Main 10 プロファイル、符号化画素ビット数 8 ビットの場合には Main プロファイルをそれぞれ使用することとした。Main Still Picture プロファイルは静止画用であるため、デ

ータ放送での静止画用符号化方式としての採用は考えられるが、超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式としては採用しないこととした。

2.5.1.2.7 レベル

HEVC 規格に基づき、映像フォーマットに応じてレベルが規定される。

2.5.1.2.8 所要ビットレート

採用した各映像フォーマットを HEVC で符号化する場合に、適切な放送品質を得るために必要なビットレートを明らかにするため、符号化実験及び画質評価実験を行った。エンコーダ/デコーダには、1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P の全ての映像フォーマットに対応している HEVC テストモデル(HM)を用いた。実験の結果、所要ビットレートを表 2.5.1-4 の通り推定した。(参考資料 9)

表 2.5.1-4

1080/60/I	10～15Mbps
1080/60/P	10～15Mbps
2160/60/P	30～40Mbps
4320/60/P	80～100Mbps

なお、HM とハードウェアのエンコーダには、次のような相違があることに留意する必要がある。(1)HM では Rate-Distortion 特性に基づく符号化パラメータの最適化が図られているが、ハードウェアでの最適化には限界がある。(2)HM のレートコントロールは必ずしも最適なものではないが、ハードウェアではメーカーのノウハウに基づき(1)の制約を補う制御が行われる。

2160/120/P 及び 4320/120/P の所要ビットレートを推定するため、2160/120/P と 2160/60/P の符号化実験によって 60/P と 120/P の符号化特性を比較した。その結果、同じビットレートでは 120/P 符号化は 60/P 符号化に比べて最大 1 LSB (10 ビット信号) 程度の符号化誤差が増えるが、主観的な総合画質は、動画質が向上することにより 120/P 映像の方が良いことを確認し、120/P の所要ビットレートは 60/P の所要ビットレートとほぼ同程度 (数%～10 数%増) になると推定した。(参考資料 10)

なお、120/P 放送を受信して 60/P で復号する場合の画質を確保するために、時間方向階層符号化における 60/P 階層には 60/P の所要ビットレートを考慮したビットレートを割り当てることが望ましい。

2.5.1.3 機器開発動向

2.5.1.3.1 120/P

(1) カメラ

120/P に対応したプロトタイプ 8K カメラが発表されている。また、スローモーション用の 2160/120/P カメラが市販されている。今後、120/P に対応する 4K 及び 8K 放送用カメラが開発されると考えられる。

UHDTV の制作機器間インターフェースについては、UHDTV スタジオ規格（ITU-R 勧告 BT. 2020 や ARIB 標準規格 STD-B56）における 120/P までに対応する規格化が進められており、また、プロトタイプも発表されている。今後、UHDTV 制作機器に実装されていくものと考えられる。

(2) ディスプレイ

120/P 表示に対応した 4K ディスプレイが市販されている。今後、8K についても 120/P 表示が可能なものが開発されるものと考えられる。また、これまで 120/P 映像フォーマットや対応するコンテンツが存在しなかったこともあり、市販ディスプレイには、外部から 120/P 映像を入力可能なインターフェースは実装されていない。

2.5.1.3.2 広色域

(1) カメラ

HDTV よりも広い色域を撮影可能な 4K カメラが市販されている。8K カメラについても広色域に対応したものが発表されている。カメラの広色域化は分光特性の変更や信号処理によって可能となるため、今後、放送方式の規格化等に伴い、広色域カメラが順次導入されていくものと考えられる。

(2) ディスプレイ

HDTV よりも広い色域の Adobe RGB や D-Cinema に対応した FPD が市販されている。今後、量子ドット LED やレーザーダイオードのような発光スペクトルが狭い光源を用いることによってさらなる広色域表示が可能となるものと考えられる。

なお、HDTV 表色系に準拠したマスターモニタから UHDTV 表色系に準拠したマスターモニタへの移行が必要であることから、今後、実用的なディスプレイの色域に関するガイドライン等が策定されることが望まれる。

2.5.2 音声符号化方式

2.5.2.1 音声入力信号

- ① 音声信号の標本化周波数は、48kHz とする。
ただし、狭帯域伝送方式においては、32kHz、44.1kHz 又は 48kHz とする。
- ② ステレオホニク信号（音響に立体感を与えるために、2以上の音声信号を組み合わせた信号をいう。）を構成する場合にあつては、各音声信号の標本化の時刻は、同一時刻であることとする。
- ③ 入力量子化ビット数は、16 ビット以上とする。
- ④ 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 チャンネルとする。

(理由)

- ・最大入力音声チャンネル数 22.2 チャンネルは、超高精細度テレビジョン（UHDTV）に対応した音場空間として位置付けられており、超高精細度テレビジョン放送システムの音声入力フォーマットとして適当であると考えられる。
- ・22.2 マルチチャンネルの国際標準化については、SMPTE 2036-2「UHDTV の音響特性」として標準化されている他、22.2 マルチチャンネルを含むマルチチャンネル音響システムの新勧告案が 2013 年 11 月開催の ITU-R SG6（放送サービス）会合にて仮採択され、現在承認手続き中（2014 年 3 月承認予定）である。
- ・標本化周波数については、現状の実運用動向を鑑み、48kHz のみとした。ただし、狭帯域伝送方式については、現状の高度狭帯域伝送方式の技術方式が含まれることを考慮した規定とした。

2.5.2.2 音声符号化方式

(1) 基本サービス用

MPEG-2 AAC 方式 (ISO/IEC 13818-7) LC プロファイル、又は MPEG-4 AAC 方式 (ISO/IEC 14496-3) LC プロファイルとする。

ただし、MPEG-2 AAC 方式の使用は狭帯域伝送に限る。

(2) ロスレス高音質サービス用

MPEG-4 ALS 方式 (ISO/IEC 14496-3) シンプルプロファイルとする。

(理由)

- ① MPEG-4 AAC 方式について
 - ・基本サービス用音声符号化方式として、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実現可能な技術方式である MPEG-4 AAC 方式を採用した。MPEG-4 AAC は、22.2 チャンネルのマルチチャンネル音声に対応した高効率な音声符号化方式である。
 - ・MPEG-4 AAC 方式は、符号化アルゴリズムは MPEG-2 AAC 方式とほぼ同一であるが、ビットストリーム形式が LATM/LOAS 形式であり MPEG-2 AAC 方式と異なる。そのため、LATM/LOAS

形式によるリアルタイム伝送実験及び相互接続実験を実施し、当該形式での実現可能性を確認した。併せて MPEG-4 AAC 方式によるマルチチャンネル音質聴取確認実験を実施し、その音質を確認した。

② 狭帯域伝送方式における MPEG-2 AAC 方式について

- ・狭帯域伝送方式に関しては、想定されるサービス開始時期が広帯域伝送方式に比べて早期であることから、現行の高度狭帯域伝送方式と同一の技術方式である MPEG-2 AAC 方式を中心に検討した結果、早期のサービス実現と将来の拡張性の双方に鑑みて、基本サービス用音声符号化方式として MPEG-2 AAC 及び MPEG-4 AAC の両方式を採用することとした。

③ MPEG-4 ALS 方式について

- ・原音を劣化なく放送するサービスを実現するためのロスレス高音質サービス用音声符号化方式として、MPEG-4 ALS 方式を採用した。MPEG-4 ALS 方式は MPEG 国際標準であり、原音に忠実なロスレス高音質音声サービスを実現しつつビットレートの低減が可能である。
- ・MPEG-4 ALS 方式のビットレートは入力音源に依存し、時々刻々変動するものの、通常の放送に使われるような音源では、原音（リニア PCM）を SMPTE-302M で伝送する場合の約 3～7 割のビットレートでロスレス圧縮が可能である。これにより余った帯域を他ストリームの可変ビットレート送出に割り当てることにより、帯域を有効利用する実験を実施した。併せて MPEG-4 ALS 方式のリアルタイム伝送実験を実施し、実現可能性を確認した。

3 想定されるサービスイメージ例

3.1 広帯域伝送におけるサービスイメージ例

広帯域伝送によるシステム構成の例、及び、衛星中継器（34.5MHz）あたりの帯域利用イメージとして、120 スロットへのチャンネル割り当ての例を以下に示す。

(1) 8K（120P）のサービス例

表 3.1-1 「4320/120/P + 22.2 AAC」のシステム構成例

映像	4320/120/P	H.265	90 Mbps	120-スロット
音声	22.2 ch	MPEG4-AAC	1.4 Mbps	16APSK 7/9
データ他			8.6 Mbps	100 Mbps

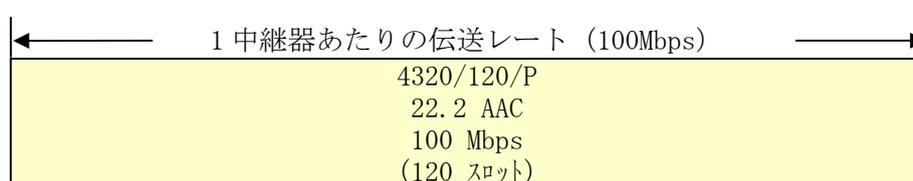


図 3.1-1 8K(120P)システムの帯域利用イメージ

(2) 8K（60P）及び2K（60P）のサービス例

表 3.1-2 「4320/60/P + 22.2 AAC」のシステム構成例

映像	4320/60/P	H.265	80 Mbps	100-スロット
音声	22.2 ch	MPEG4-AAC	1.4 Mbps	16APSK 7/9
データ他			1.6 Mbps	83 Mbps
映像	1080/60/P	H.265	10 Mbps	20-スロット
音声	5.1 ch	MPEG4-AAC	0.3 Mbps	8PSK 3/4
データ他			1.7 Mbps	12 Mbps

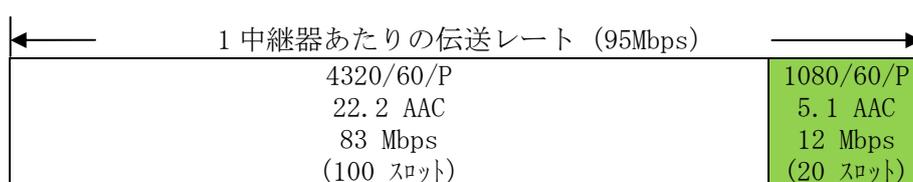


図 3.1-2 8K(60P)システムの帯域利用イメージ

(3) 4K (60P) のサービス例

表 3.1-3 「2160/60/P + 7.1 AAC」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H. 265	30 Mbps	40-スロット 16APSK 7/9 33 Mbps
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.45 Mbps	
データ他			2.55 Mbps	

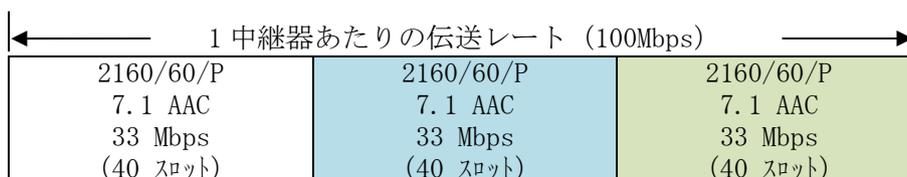


図 3.1-3 4K (60P) システムの帯域利用イメージ

(4) 4K (120P) のサービス例

表 3.1-4 「2160/120/P + 7.1 AAC」のシステム構成例

映像	2160/120/P	H. 265	34 Mbps	50-スロット 16APSK 7/9 41 Mbps
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.45 Mbps	
データ他			6.55 Mbps	
映像	1080/60/P	H. 265	10 Mbps	20-スロット 8PSK 3/4 12 Mbps
音声	5.1 ch	MPEG4-AAC	0.3 Mbps	
データ他			1.7 Mbps	

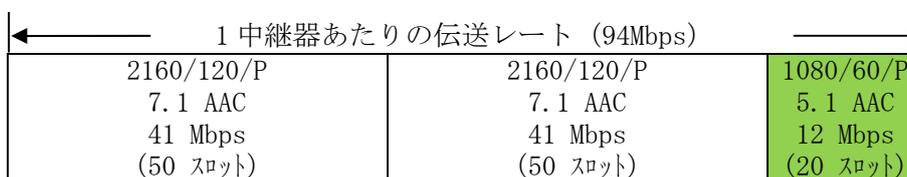


図 3.1-4 4K (120P) システムの帯域利用イメージ

(5) 4K (60P) 及びロスレス音声のサービス例

表 3.1-5 「2160/60/P +5.1 lossless」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H.265	30 Mbps	50-スロット 16APSK 7/9 41 Mbps
音声	5.1 ch	Lossless	4.8 Mbps	
データ他			6.2 Mbps	
映像	1080/60/P	H.265	10 Mbps	20-スロット 8PSK 3/4 12 Mbps
音声	5.1 ch	MPEG4-AAC	0.3 Mbps	
データ他			1.7 Mbps	



図 3.1-5 4K(60P)+ロスレス音声システムの帯域利用イメージ

(6) 2K (60P) の6チャンネルサービス例

表 3.1-6 「1080/60/P + 5.1 AAC」のシステム構成例

映像	1080/60/P	H.265	10 Mbps	20-スロット 8PSK 3/4 12 Mbps
音声	5.1 ch	MPEG4-AAC	0.3 Mbps	
データ他			1.7 Mbps	



図 3.1-6 2K(60P)システムの帯域利用イメージ

(7) 階層化伝送のサービス例

表 3.1-7 「1080/60/P + 5.1 AAC + 低階層」のシステム構成例

映像	1080/60/P	H. 265	10 Mbps	20-スロット
音声	5.1 ch	MPEG4-AAC	0.3 Mbps	8PSK 3/4
データ他			1.7 Mbps	12 Mbps
映像	540/60/P	H. 265	2.5 Mbps	10-スロット
音声	2 ch	MPEG-4 AAC	0.1 Mbps	QSPK 1/2
データ他			0.1 Mbps	2.7 Mbps

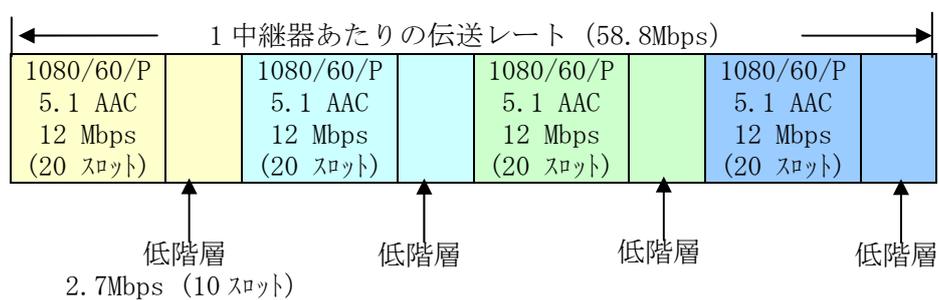


図 3.1-7 階層化伝送による 2K(60P)システムの帯域利用イメージ

3.2 狭帯域伝送におけるサービスイメージ例

狭帯域伝送によるシステム構成の例、及び、衛星中継器（27MHz）あたりの帯域利用イメージの例を以下に示す。

(1) 4K（60P）と5.1ch 音声のサービス例

表 3.2-1 「2160/60/P + 5.1 AAC」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H.265	30 Mbps	8PSK 3/5 40.5 Mbps
音声	5.1 ch	MPEG2-AAC	0.5 Mbps	
他			10 Mbps	

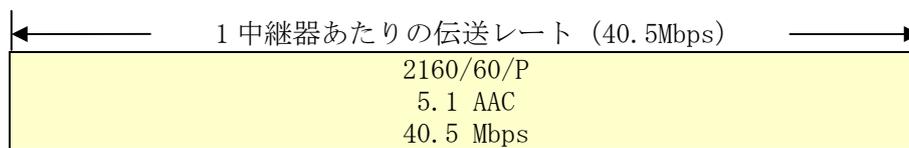


図 3.2-1 4K(60P)+5.1ch システムの帯域利用イメージ

(2) 4K（60P）と7.1ch 音声のサービス例

表 3.2-2 「2160/60/P + 7.1 AAC」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H.265	30 Mbps	8PSK 3/5 40.5 Mbps
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.7 Mbps	
他			9.8 Mbps	

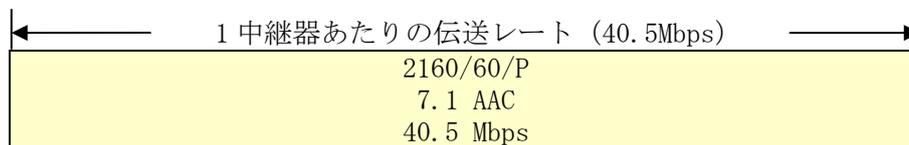


図 3.2-2 4K(60P)+7.1ch システムの帯域利用イメージ

(3) 4K（60P）とロスレス音声のサービス例

表 3.2-3 「2160/60/P + 2160/60/P +5.1 Lossless」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H.265	30 Mbps	8PSK 3/5 40.5 Mbps
音声	5.1 ch	Lossless	4.8 Mbps	
他			5.7 Mbps	

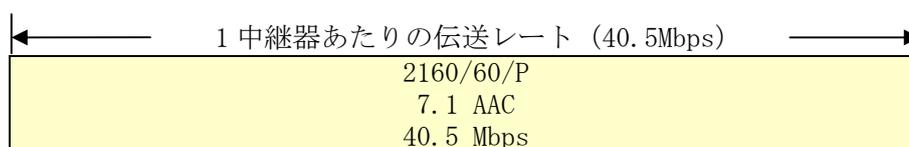


図 3.2-3 4K（60P）ロスレス音声システムの帯域利用イメージ

(4) 2K (60I) の4チャンネルサービス例

表 3.2-4 「1080/60/I + 1 AAC」のシステム構成例

映像	1080/60/I	H. 265	10 Mbps	8PSK 3/5 10.13 Mbps
音声	1 ch	MPEG2-AAC	0.1 Mbps	
他			0.03 Mbps	



図 3.2-4 2K (60I) システムの帯域利用イメージ

(5) 4K (60P) 及び2K (60I) のサービス例

表 3.2-5 「(2160/60/P + 5.1 AAC) + (1080/60/I + 1 AAC)」のシステム構成例

映像	2160/60/P	H. 265	30 Mbps	8PSK 2/3 34.87 Mbps
音声	5.1 ch	MPEG2-AAC	0.5 Mbps	
他			4.37 Mbps	
映像	1080/60/I	H. 265	10 Mbps	8PSK 2/3 10.13 Mbps
音声	1 ch	MPEG2-AAC	0.1 Mbps	
他			0.03 Mbps	

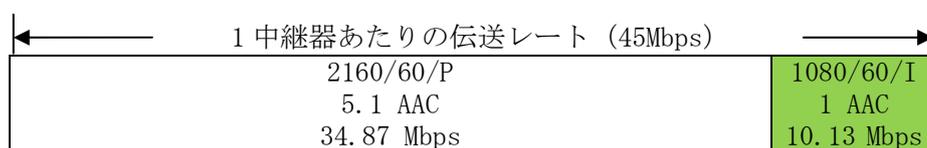


図 3.2-5 4K (60P) および2K (60I) システムの帯域利用イメージ

4. 今後の課題

4.1 多重化方式

民間標準化機関における規定が必要であるとした事項については、今後、関係者による詳細かつ具体的な検討が行われ、民間標準化機関において適切な標準規格が策定される必要がある。さらに、送出設備の整備や受信機の開発を円滑に進めるため、民間標準化機関において、具体的な運用規定が策定されることが望まれる。

また、放送方式への MMT の採用は世界に先駆けたものであり、本格的な放送・通信連携に対応した放送方式として広く普及・発展していくための取組が必要である。

4.2 限定受信方式

- ① スクランブル方式の暗号アルゴリズムの選定にあたっては、次の事項に留意することが望まれる。

スクランブル方式は、暗号アルゴリズム自身の安全性だけでなく、受信機における実装面、コスト面及び実用化スケジュールの状況、ならびに、長期にわたってセキュリティリスクを抑える運用方法等を考慮して、民間規格や運用規定に関する検討の場において、放送事業者や受信機製造メーカ等の関係者で最終的に選定する必要がある。

長期的視点で見ると、より高度な暗号解析手法が見つかる可能性も否定できない。CRYPTREC の電子政府推奨暗号リストの改定等、暗号アルゴリズムに関する最新動向を引き続き注視する必要がある。また、民間規格や運用規定に関する検討の場において、必要に応じて、さらなる議論と検討が行われる必要がある。

- ② 放送や通信を使って関連情報を処理するソフトウェアやその適切な更新手段に関しては、今後、民間規格等で規定されることが必要である。
- ③ 超高精細度テレビジョン放送のスクランブル方式に関して、脆弱性が発見された場合においても適切に対応可能とするため、複数の暗号アルゴリズムから選択可能とすることを検討したが、今後、秘匿性維持の観点で、メディア横断的な利用についても検討することが重要である。その際、現行放送との整合性にも留意する必要がある。
- ④ ダウンローダブル CAS 方式に関しては、メディア横断的な利用や現行放送との共用受信機を想定した利用等を含めて、民間標準化機関を含む関係者において幅広い検討が行われることが重要である。

4.3 映像符号化方式

2160/60/P や 4320/60/P の番組制作は既に一定程度の実績があり、今後は、益々増えていくものと考えられる。これまでは、HDTV と同じ表色系による制作が大部分を占めているが、今後は、広色域表色系に対応したカメラ等の制作設備の導入が期待される。

また、HDTV よりも広い色域を表示可能なディスプレイが出現してきており、今後、量子ドット LED やレーザーダイオード等の新しい光源技術を活用した広色域対応ディスプレイ等の早期実用化が期待される。さらに、HDTV 表色系に準拠したマスターモニタから UHD TV 表色系に準拠したマスターモニタへの移行も必要であり、そのためには、実用的なディスプレイの色域に関するガイドラインが策定されることが必要である。

2160/120/P や 4320/120/P での番組制作には、120/P に対応したカメラ等の制作設備の整備が必要となる。既に 120Hz に対応したプロトタイプカメラやスローモーション用カメラ、UHDTV 機器間インターフェースが発表されており、今後、120Hz に対応した制作用機材の早期の実用化が望まれる。

放送用の HEVC 対応エンコーダ、デコーダは、今後、民間標準化機関で規定される運用ガイドラインや運用規定に基づいて開発されることになる。まずはフレーム周波数 60Hz に対応した装置が開発され、放送開始当初は 60Hz でのサービスが行われるものと考えられるが、将来、120Hz のサービスが開始された際に、初期の 60Hz 対応の受信機が当該放送を受信しても 60Hz の映像を復号できるように、時間方向階層符号化の運用方法等について、今後、民間規格等で規定される必要がある。

また、4320/60/P に対応したエンコーダ、デコーダを実現するためには、並列処理が不可欠と考えられることから、並列処理の運用についても、民間規格等で規定される必要がある。

なお、これらの民間標準化機関で定められる運用規定等についても、国際的な普及展開の活動が望まれる。

4.4 音声符号化方式

今後、関係者間で基本サービスとロスレス高音質サービスの構成を明確化するとともに、受信機側の対応も考慮しつつ、民間規格等によって、そのサービス運用方法を詳細化することが必要である。例えば、MPEG-4 AAC 方式と MPEG-4 ALS 方式を同時運用する場合、受信機のコストインパクトへの懸念も指摘されているところである。

音声に割り当てられるビットレートは、放送サービス全体で利用可能なビットレートや映像に割り当てられるビットレート等に依存する。ロスレス高音質サービスの運用にあたっては、民間規格等により、入力音声のチャンネル数や量子化ビット数によって想定されるビットレートを勘案した運用方法が規定されることが望まれる。

4.5 その他

今後、超高精細度テレビジョン放送システムの普及促進を図るため、超高精細度テレビジョン放送に係る国際標準化等について、引き続き、様々な側面から積極的な貢献が望まれる。また、諸外国における放送方式の検討状況等についても、引き続き注視して行く必要がある。

参 考 资 料

目 次

参考資料 1	伝送路符号化方式衛星伝送実験報告	210
参考資料 2	広帯域伝送における多重化方式の要件への適合性評価	290
参考資料 3	MMT・TLV 方式における選局方法の例	298
参考資料 4	TS タイムライン拡張	300
参考資料 5	MPEG-2 TS 方式における放送・通信ハイブリッド伝送のストリーム同期モデル	307
参考資料 6	広帯域伝送における限定受信方式の要件	313
参考資料 7	表色系の比較	315
参考資料 8	符号化画素ビット数の比較実験	317
参考資料 9	60/P 及び 60/I 映像の所要ビットレート確認実験	319
参考資料 10	120/P 映像符号化の性能確認実験	334
参考資料 11	音声サービスのイメージ及び音声符号化方式選定の経緯	337
参考資料 12	MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式による伝送実験報告	340
参考資料 13	MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式による相互接続実験報告	342
参考資料 14	高音質・高臨場感音声サービスの MPEG-4 AAC 音質聴取確認実験報告	346
参考資料 15	ロスレス音声符号化方式に関する実証実験報告	348
参考資料 16	略語集	356

参考資料 1

伝送路符号化方式衛星伝送実験報告

1.1 伝送路符号化方式の衛星伝送実験概要

「超高精細度テレビジョン衛星デジタル放送の伝送方式」のシンボルレート・ロールオフ率選定及びサービス時間率を考慮した伝送性能実証のため、高度広帯域伝送方式の暫定方式に基づいて試作した伝送装置によるCS及びBS衛星伝送実験を行った。実験は伝送路符号化方式の性能検証を目的とし、110度CS衛星N-SAT-110及び110度BS衛星BSAT-3aを利用した衛星伝送路における暫定方式の性能を確認した。実験の結果、暫定方式は上記実験のいずれにおいても要求される性能を満足した。

1.1.1 CS衛星伝送実験の結果概要

(1) CS衛星伝送実験における占有帯域幅

$\pi/2$ シフトBPSK～32APSKの占有帯域幅を測定した。全ての変調方式で占有帯域幅が34.5MHz以内であることを確認した。

(2) CS衛星伝送実験におけるC/N対ビット誤り率測定

$\pi/2$ シフトBPSK～32APSKのC/N対ビット誤り率を測定した。CS衛星折り返しにおける8PSK 3/4の所要C/Nは8.7dB、16APSK3/4の所要C/Nは、11.8dB、16APSK7/9の所要C/Nは12.3dB、32APSK4/5の所要C/Nは16.9dBであった。

(3) CS衛星伝送実験における同期限界測定

衛星伝送実験において受信機入力信号を想定するチャンネルのIF周波数から±5MHzまで変化させ、8PSK3/4、16APSK3/4のキャプチャレンジC/N、ロックレンジC/Nの測定を実施した。いずれの場合でも、-5MHz～+4MHzの範囲で、-1dB以下で同期が確保できることを確認した。

(4) CS衛星伝送実験における干渉実験

隣接チャンネル(ND9にアップリンク)からの干渉波が存在する時のC/N対ビット誤り率を8PSK3/4、8PSK7/9、16APSK3/4、16APSK7/9、32APSK7/9、32APSK4/5の6ケースについて測定し、干渉波が存在する時の所要C/N劣化は全てのケースについて0.1dB以下であることを確認した。

(5) CS衛星伝送実験における市販の衛星放送受信アンテナを用いた受信確認

隣接チャンネル(ND9にアップリンク)からの干渉波が存在する時の、市販の衛星放送受信アンテナ(50cm径)受信でのC/N対ビット誤り率を8PSK3/4、8PSK7/9、16APSK3/4、16APSK7/9、の4ケースについて測定し、8PSK3/4の受信マージンは8.7dB、8PSK7/9の受信マージンは8.0dB、16APSK3/4の受信マージンは5.1dB、16APSK7/9の受信マージンは4.5dBであった。

1. 1. 2 BS 衛星伝送実験の結果概要

(1) BS 衛星伝送実験における占有帯域幅

8PSK3/4、16APSK3/4、16APSK7/9、32APSK2/3、32APSK4/5 の5 ケースについて BS 衛星折り返し経路での占有帯域幅を測定した。全てのケースで占有帯域幅が 34.5MHz 以内であることを確認した。

(2) BS 衛星伝送実験における C/N 対ビット誤り率測定

8PSK3/4、16APSK3/4、16APSK7/9、32APSK2/3、32APSK4/5 の5 ケースについて BS 衛星折り返し経路での C/N 対ビット誤り率を測定した。BS 衛星折り返しにおける 8PSK 3/4 の所要 C/N は 9.3dB、16APSK3/4 の所要 C/N は 11.8dB、16APSK7/9 の所要 C/N は 12.6dB、32APSK2/3 の所要 C/N は 14.2dB、32APSK4/5 の所要 C/N は 17.4dB であった。

(3) BS 衛星伝送実験における市販の衛星放送受信アンテナを用いた受信確認

市販の衛星放送受信アンテナ(50cm 径) 受信での C/N 対ビット誤り率を 16APSK7/9 の1 ケースについて測定し、受信マージンは 1.6dB であった。

1.2 衛星伝送実験の内容

1.2.1 実験の目的

本実験は、「超高精細度テレビジョン衛星デジタル放送の伝送方式」の伝送性能検証を目的とする。

1.2.2 実験場所、日程

1.2.2.1 CS 衛星伝送実験

場所：スカパーJSAT スーパーバード茨城ネットワーク管制センター

日時：2014/1/9～2014/1/22：

- CS 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率測定
- CS 衛星折り返し 占有帯域幅測定
- CS 衛星折り返し 同期限界測定
- CS 衛星折り返し 干渉実験
- CS 衛星折り返し 市販受信アンテナ（開口径 50cm）での受信確認

1.2.2.2 BS 衛星伝送実験

場所：NHK 放送技術研究所

日時：2014/1/28

- BS 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率測定
- BS 衛星折り返し 占有帯域幅測定
- BS 衛星折り返し 市販受信アンテナ（開口径 45cm）での受信確認

1.2.3 実験項目

1.2.3.1 衛星伝送実験における測定データの補正および所要 C/N の算出法

(1) C/N 対ビット誤り率測定、所要 C/N 算出

所要 C/N 測定にあたり、C/N 対ビット誤り率を以下の手法により測定した。ビット誤り率の測定ポイントは外符号 (BCH 符号) 訂正後の誤り率とした。なお、復調が正しく行われているかどうかを確認するため、受信信号のコンスタレーションを全てのケースで記録した。

LDPC 符号は急峻なビット誤り率特性を有し、 $BER=10^{-2}$ 以上では観測ビット数 10^{10} ビット程度でビット誤り率が一定値に収束するため、ビット誤り率は以下の条件で実施した。

- ビット誤り率の測定範囲： $BER=10^{-2}$ オーダー～ 10^{-8} オーダー
- $BER=1E-4$ 以上における観測ビット数： 10^9 ビット
- $BER=1E-4$ 未満かつ $BER=10^{-5}$ 以上における観測ビット数： 5×10^9 ビット
- $BER=1E-5$ 以下における観測ビット数： 10^{10} ビット

上記測定方法のビット誤り率は観測時間の制限上、 10^{-8} オーダーである。所要 C/N は $BER=10^{-11}$ の C/N と定義し、上記測定結果を付録 2 に示す手法により線形補完して $BER=10^{-11}$ に相当する C/N を所要 C/N として算出した。

(2) CS 衛星伝送実験における受信 C/N 補正

CS 衛星実験においては、アップリンク及びダウンリンク C/N が有限であることから、ダウンリンク C/N 付近において、受信 C/N と C/N 測定用テストセット設定値にずれが生じる。このため、CS 衛星折り返しにおいて C/N 測定用テストセットを使用する際は、測定日毎に、受信 C/N 対テストセット設定 C/N 補正カーブをスペクトラムアナライザの電力測定機能により取得し、テストセット C/N=14dB 以上においては、補正カーブによる補正を行った (付録 3 参照)。

(3) BS 衛星伝送実験における受信 C/N 補正

BS 衛星実験においては、通常利用されている地球局より EIRP の低い車載局によりアップリンクを行ったことから、測定データに関する隣接チャンネルからの干渉の影響を除くために、付録 4 に示す手法により、BS 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率測定結果に対する補正を行った。

(4) CS 衛星伝送実験における干渉実験及び、CS 衛星伝送実験、BS 衛星伝送実験における市販の衛星放送受信アンテナ受信実験における C/N 対ビット誤り率測定

干渉実験及び市販の衛星放送受信アンテナ受信実験においては、与干渉信号として隣接チャンネルが存在し、C/N 測定用テストセットでは正確な C/N 設定が困難であるため、C/N 測定用テストセットは使用せず、付録 3 の手順 1～手順 3 に示す方法により、スペクトラムアナライザを用いて雑音付加時の受信 C/N を都度測定し、C/N 対ビット誤り率測定を実施した。

1.2.3.2 CS 衛星伝送実験の実施項目

(1) CS 衛星伝送実験の主要パラメータ

シンボルレート、ロールオフ率暫定値 (33.7561Mbaud、0.03) を適用した。中継器の動作点については、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK については N-SAT-110 における最大運用レベルに設定し、32APSK については最大運用レベルから 0.5dB 減力した動作点に設定して実験を行った (付録 1 参照)。

(2) CS 衛星伝送実験における占有帯域幅

CS 衛星折り返しにおける 13m 地球局送受信アンテナ出力 (中心周波数 12.391GHz) において、 $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK の占有帯域幅を測定した。

(3) CS 衛星伝送実験における C/N 対ビット誤り率測定

CS 衛星折り返しにおける $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK の全符号化率に対し、白色雑音を印加して受信 C/N を設定し、受信 C/N に対する C/N 対ビット誤り率を測定した。なお、復調が正しく行われているかどうかを確認するため、受信信号のコンスタレーションを全てのケースで記録した。

(4) CS 衛星伝送実験における同期限界測定

8PSK3/4 及び 16APSK3/4 の CS 衛星伝送実験用 13m 受信アンテナ出力信号に対し、受信機入力前の局部発振器の周波数偏差を 0 から ± 5 MHz まで変化させ、8PSK3/4、16APSK3/4 のキャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N の測定を実施した。

- キャプチャレンジ C/N : C/N を -4dB から 0.1dB ステップで増加させ、受信機の同期が 1 分間保持する C/N
- ロックレンジ C/N : 同期確立状態から C/N を 0.1dB ステップで低下させ、同期が外れる C/N

(5) CS 衛星伝送実験における干渉実験

隣接チャンネル (ND9 にアップリンク) からの干渉波が存在する時の C/N 対ビット誤り率を 8PSK3/4、8PSK7/9、16APSK3/4、16APSK7/9、32APSK7/9、32APSK4/5 の 6 ケースについて測定した。隣接チャンネルにアップリンクする干渉信号は 8PSK 3/4 とし、被干渉信号 (ND7) と同一のシンボルレート、ロールオフ率を適用した。衛星中継器出力は、被干渉信号、干渉信号ともに最大運用レベルに設定した。

(6) CS 衛星伝送実験における市販の衛星放送受信アンテナでの受信確認

隣接チャンネル (ND9 にアップリンク) からの干渉波が存在する時の、市販の衛星放送受信アンテナ (50cm 径) による受信での C/N 対ビット誤り率を 8PSK3/4、8PSK7/9、16APSK3/4、16APSK7/9、の 4 ケースについて測定した。

受信アンテナの信号から取得した白色雑音付加がない場合の受信 C/N を基準として、受信アンテナの信号から取得した C/N 対ビット誤り率測定から算出した所要 C/N と受信 C/N の差を、受信マージンと定義した。

1.2.3.3 BS 衛星伝送実験の実施項目

(1) BS 衛星伝送実験の主要パラメータ

シンボルレート、ロールオフ率暫定値 (33.7561Mbaud、0.03) を適用した。BSAT-3a 中継器の動作点については、8PSK は飽和出力、16APSK は $OB0=2.2\text{dB}$ 、32APSK については $OB0=2.9\text{dB}$ に設定して実験を行った。

(2) BS 衛星伝送実験における占有帯域幅

8PSK $3/4$ 、16APSK $3/4$ 、16APSK $7/9$ 、32APSK $2/3$ 、32APSK $4/5$ の5ケースについて、BS 衛星折り返し経路 (1.5m 車載局アンテナ受信信号 BS-IF ダウンコンバート点) での占有帯域幅を測定した。

(3) BS 衛星伝送実験における C/N 対ビット誤り率測定

8PSK $3/4$ 、16APSK $3/4$ 、16APSK $7/9$ 、32APSK $2/3$ 、32APSK $4/5$ の5ケースについて、BS 衛星折り返し経路での C/N 対ビット誤り率を測定した。なお、復調が正しく行われているかどうかを確認するため、受信信号のコンスタレーションを全てのケースで記録した。

1.2.4 実験機材一覧

実験に使用した主な機材を表 1.2.4.1～表 1.2.4.2 に示す。

表 1.2.4.1 実験機材一覧 (CS 衛星伝送実験)

種別	型式	メーカー名
低ロールオフ率・シンボルレート可変 送信装置	—	NHK 製作
低ロールオフ率・シンボルレート可変 受信装置	—	NHK 製作
CS 地球局 HPA	—	NEC
C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard
スペクトラムアナライザ	E4448A	Agilent Technology
スペクトラムアナライザ(C/N 測定)	E4446A	Agilent Technology
白色雑音発生器	193A	営電
ベクトルモジュレーションアナライザ	8981A	Hewlett-Packard
誤り率測定器	R2312	アドバンテスト
市販の衛星放送受信アンテナ(50cm)	BDCA-502	DX アンテナ

表 1.2.4.3 実験機材一覧 (BS 衛星伝送実験)

種別	型式	メーカー名
低ロールオフ率・シンボルレート可変 送信装置	—	NHK 製作
低ロールオフ率・シンボルレート可変 受信装置	—	NHK 製作
BS-IF アップコンバーター	3315B	営電
スペクトラムアナライザ	E4448A	Agilent Technology
スペクトラムアナライザ(C/N 測定)	E4446A	Agilent Technology
白色雑音発生器	193A	営電
ベクトルモジュレーションアナライザ	8981A	Hewlett-Packard
誤り率測定器	R2312	アドバンテスト
市販の衛星放送受信アンテナ(45cm)	BSC45RG	マスプロ

1.2.5 実験スケジュール

(1) CS 衛星伝送実験 (場所: スカパーJSAT スーパーバード茨城ネットワーク管制センター)

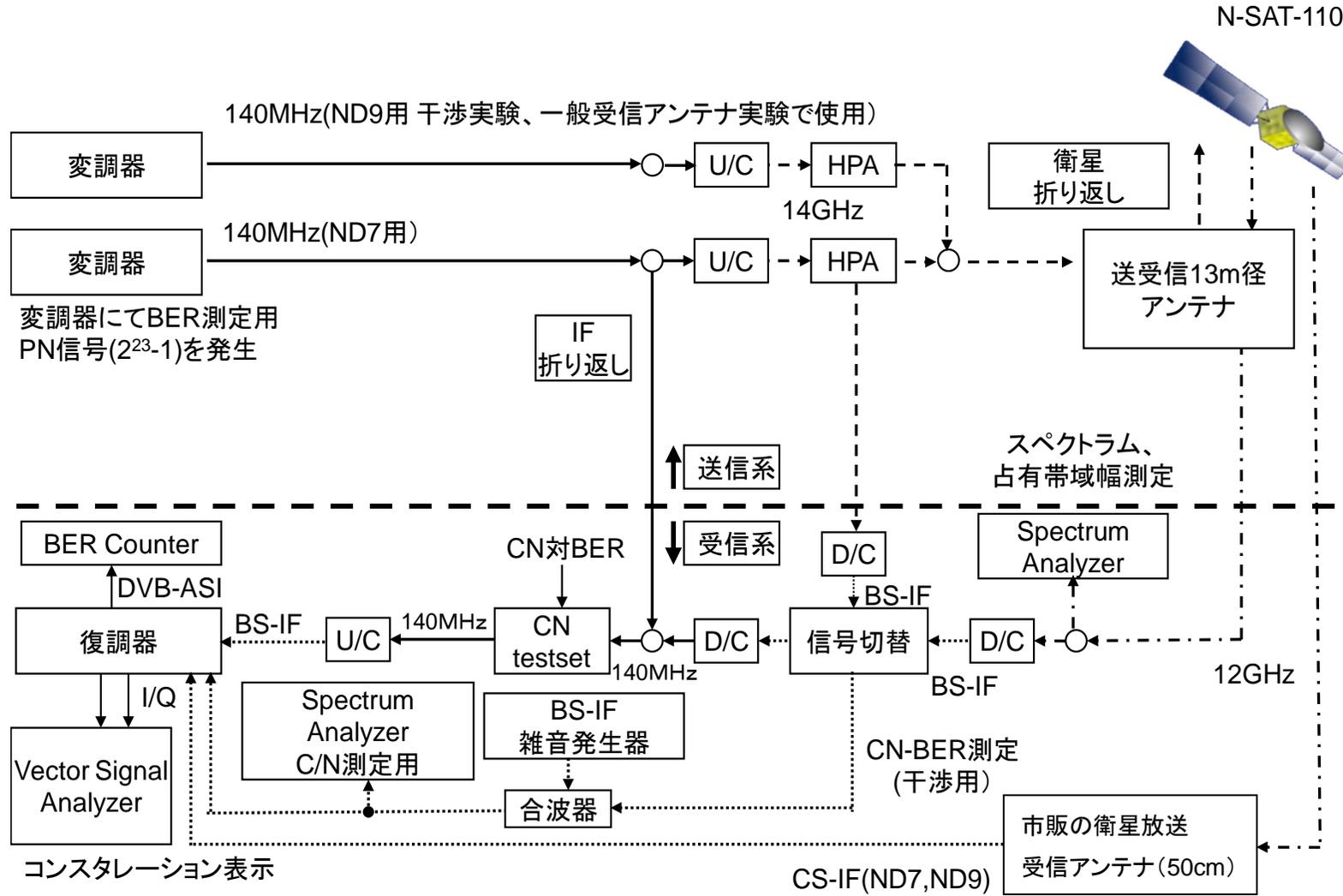
曜日	月	火	水	木	金
日時	2014年1月6日	1月7日	1月8日	1月9日	1月10日
実験項目	実験準備	実験準備	実験準備	CS 衛星折り返し $\pi/2$ シフト BPSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定	CS 衛星折り返し 16APSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定
日時	1月13日	1月14日	1月15日	1月16日	1月17日
実験項目	-	CS 衛星折り返し 8PSK、16APSK 同期限界測定	CS 衛星折り返し 8PSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定	CS 衛星折り返し QPSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定	CS 衛星折り返し QPSK 干渉実験 市販の衛星放送受信アンテナによる受信確認実験
日時	1月20日	1月21日	1月22日		
実験項目	CS 衛星折り返し 32APSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定	ARIB 作業班 実験視察 CS 衛星折り返し 32APSK C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定	CS 衛星折り返し 市販の衛星放送受信アンテナによる受信確認		

(2) BS 衛星伝送実験 (場所: NHK 放送技術研究所)

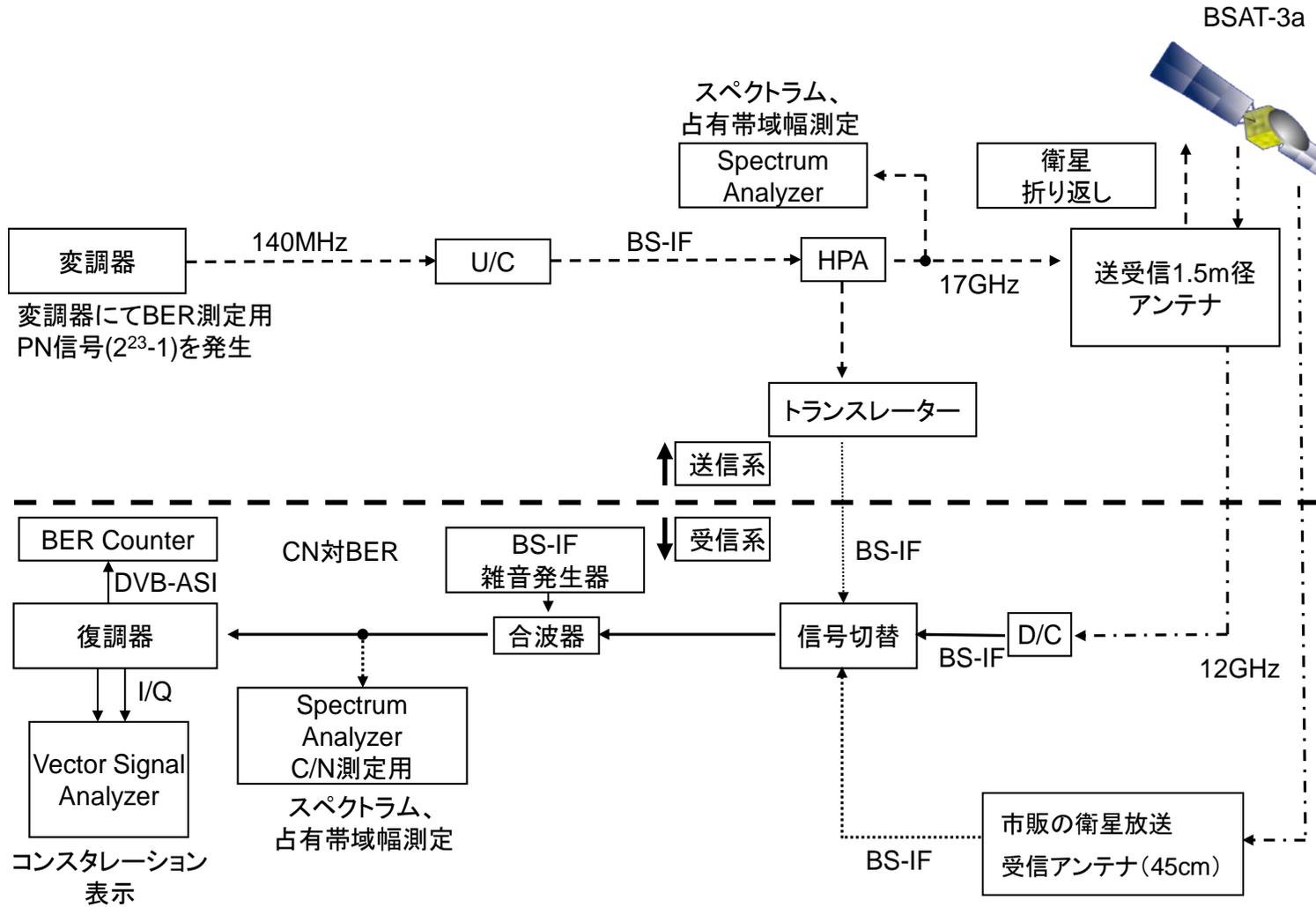
曜日	火
日時	1月28日
実験項目	BS 衛星折り返し 8PSK3/4, 16PSK3/4, 16PSK7/9, 32PSK2/3, 32PSK4/5 C/N 対 BER 測定 占有帯域幅測定 市販の衛星放送受信アンテナによる受信確認実験

1.2.6 実験系統

1.2.6.1 CS 衛星伝送実験 測定系統図



1. 2. 6. 2 BS 衛星伝送実験 測定系統図



CS 衛星伝送実験結果

1.3. CS 衛星伝送実験 実験結果

1.3.1 CS 衛星伝送実験における測定条件

シンボルレート、ロールオフ率暫定値(33.7561Mbaud、0.03)を用いて、CS 衛星折返しの受信性能評価を行う。測定項目を表 1.3.1 に示す。

表 1.3.1 : CS を用いた衛星実験における実験項目

測定項目	概要	対応する節
CS 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率	全伝送方式における CS 衛星折り返しでの C/N 対ビット誤り率を測定	1.3.2.1 1.3.3.1
CS 衛星折り返し スペクトラム確認	CS 衛星折り返しでの スペクトラム、占有帯域幅、受信コンスタレーションを測定	1.3.2.2 1.3.3.2
CS 衛星折り返し 同期限界測定	CS 衛星折り返しでの 8PSK 3/4、16APSK 3/4 の 同期限界 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N) を測定	1.3.2.3
CS 衛星折り返し 干渉実験	隣接チャンネル (ND9 にアップリンク) からの 干渉波が存在する時の所要 C/N 劣化を確認する。	1.3.2.4
CS 衛星折り返し 市販の衛星放送受信アンテナ での受信確認	隣接チャンネル (ND9 にアップリンク) からの 干渉波が存在する状態で 50cm アンテナ出力を受信機に入力し、 正常に受信できることを確認する。	1.3.2.5

なお、実験に利用した衛星中継器および周波数は以下の通り。

- CS 衛星実験における C/N 対ビット誤り率測定用チャンネルは CS 左旋 ND7 を使用する (アップリンク 1.3.139GHz/ダウンリンク 12.391GHz)。
- CS 衛星実験における干渉実験における与干渉チャンネルは CS 左旋 ND9 を使用する (アップリンク 1.3.179GHz/ダウンリンク 12.431GHz)。

1.3.2 CS 衛星伝送実験 実験結果概要

1.3.2.1 CS 衛星折り返しにおける C/N 対ビット誤り率測定

実験内容：CS 衛星折返しにおける、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の C/N 対ビット誤り率測定を行う。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

衛星中継器出力：最大運用レベル（ $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK）

最大運用レベルから 0.5dB 出力低下（32APSK）

表 1.3.2.1.1～表 1.3.2.1.5 に $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の CS 衛星折返しにおける所要 C/N 及び所要 C/N 劣化量を示す。比較のため、表 1.3.2.1.1～表 1.3.2.1.5 には計算機シミュレーション及び IF 折返しにおける所要 C/N も併記した。1.3.3.1 節に $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK の C/N 対ビット誤り率特性を示す。1.3.3.2 節にスペクトル写真、1.3.3.3 節にコンスタレーション写真を示す。

表 1.3.2.1.1-1 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要C/N [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	CS衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
1/3	-4.0	-2.8	-2.6
2/5	-3.0	-2.4	-2.3
1/2	-1.8	-1.5	-1.4
3/5	-0.5	-0.4	-0.2
2/3	0.3	0.5	0.5
3/4	1.0	1.1	1.3
7/9	1.5	1.7	1.9
4/5	2.0	2.1	2.4
5/6	2.5	2.6	2.8
7/8	2.9	3.1	3.2
9/10	3.8	3.9	4.2

表 1.3.2.1.1-2 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	CS衛星劣化 [dB] (③-①)
1/3	1.2	1.3
2/5	0.6	0.7
1/2	0.3	0.4
3/5	0.1	0.3
2/3	0.2	0.2
3/4	0.1	0.3
7/9	0.2	0.4
4/5	0.1	0.4
5/6	0.1	0.3
7/8	0.2	0.3
9/10	0.1	0.4

表 1.3.2.1.2-1 CS 衛星伝送実験 QPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要C/N [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	CS衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
1/3	-1.0	-0.5	-0.2
2/5	0.0	0.3	0.6
1/2	1.2	1.4	1.6
3/5	2.5	2.6	2.9
2/3	3.3	3.4	3.8
3/4	4.0	4.2	4.5
7/9	4.5	4.6	4.9
4/5	5.0	5.1	5.4
5/6	5.5	5.6	6.0
7/8	5.9	6.1	6.5
9/10	6.8	6.9	7.3

表 1.3.2.1.2-2 CS 衛星伝送実験 QPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	CS衛星劣化 [dB] (③-①)
1/3	0.5	0.8
2/5	0.3	0.6
1/2	0.2	0.4
3/5	0.1	0.4
2/3	0.1	0.5
3/4	0.2	0.5
7/9	0.1	0.4
4/5	0.1	0.4
5/6	0.1	0.5
7/8	0.2	0.6
9/10	0.1	0.5

表 1.3.2.1.3-1 CS 衛星伝送実験 8PSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要C/N [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	CS衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
1/3	2.2	3.1	3.4
2/5	3.1	3.8	4.2
1/2	4.4	5.1	5.5
3/5	5.7	6.2	6.7
2/3	6.7	7.0	7.5
3/4	7.9	8.1	8.7
7/9	8.6	8.8	9.4
4/5	9.1	9.2	10.1
5/6	9.7	9.8	10.6
7/8	10.4	10.5	11.4
9/10	11.4	11.5	12.6

表 1.3.2.1.3-2 CS 衛星伝送実験 8PSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	CS衛星劣化 [dB] (③-①)
1/3	0.9	1.2
2/5	0.7	1.1
1/2	0.7	1.1
3/5	0.5	1.0
2/3	0.3	0.8
3/4	0.2	0.8
7/9	0.2	0.8
4/5	0.1	1.0
5/6	0.1	0.9
7/8	0.1	1.0
9/10	0.1	1.2

表 1.3.2.1.4-1 CS 衛星伝送実験 16APSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要C/N [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	CS衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
1/3	4.1	5.0	5.5
2/5	5.1	6.1	6.6
1/2	6.6	7.5	8.1
3/5	8.0	8.7	9.7
2/3	9.1	9.6	10.5
3/4	10.2	10.6	11.8
7/9	10.8	11.1	12.3
4/5	11.3	11.7	13.2
5/6	11.9	12.3	13.7
7/8	12.5	12.8	14.5
9/10	13.5	13.8	15.9

表 1.3.2.1.4-2 CS 衛星伝送実験 16APSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	CS衛星劣化 [dB] (③-①)
1/3	0.9	1.4
2/5	1.0	1.5
1/2	0.9	1.5
3/5	0.7	1.7
2/3	0.5	1.4
3/4	0.4	1.6
7/9	0.3	1.5
4/5	0.4	1.9
5/6	0.4	1.8
7/8	0.3	2.0
9/10	0.3	2.4

表 1.3.2.1.5-1 CS 衛星伝送実験 32APSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要C/N [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	CS衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
1/3	6.4	7.9	8.5
2/5	7.2	8.6	9.3
1/2	9.2	10.4	11.9
3/5	10.6	11.1	13.0
2/3	11.7	12.3	14.0
3/4	12.8	13.4	15.3
7/9	13.4	13.9	16.3
4/5	14.0	14.4	16.9
5/6	14.5	15.0	17.8
7/8	15.3	15.8	19.5
9/10	16.3	16.8	22.3

表 1.3.2.1.5-2 CS 衛星伝送実験 32APSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	CS衛星劣化 [dB] (③-①)
1/3	1.5	2.1
2/5	1.4	2.1
1/2	1.2	2.7
3/5	0.5	2.4
2/3	0.6	2.3
3/4	0.6	2.5
7/9	0.5	2.9
4/5	0.4	2.9
5/6	0.5	3.3
7/8	0.5	4.2
9/10	0.5	6.0

1.3.2.2 CS 衛星折り返しにおける占有帯域幅測定

実験内容：CS 衛星中継器折り返しにおける、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の占有帯域幅測定を行う。 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK については符号化率によらず飽和点 OBO が一定であることから、符号化率 1 種類で測定を行う。16APSK、32APSK については、半径比及び最適 OBO が符号化率毎に異なることから、符号化率毎に測定を行う。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

衛星中継器出力：最大運用レベル（ $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK）

最大運用レベルから 0.5dB 出力低下（32APSK）

測定スパン：50MHz

表 1.3.2.2 に $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の CS 衛星中継器折り返しにおける占有帯域幅測定結果一覧を示す。

表 1.3.2.2 CS 衛星中継器折り返し 占有帯域幅一覧

変調方式	符号化率	CS衛星中継器 占有帯域幅[MHz]
$\pi/2$ シフトBPSK	1/2	33.6
QPSK	1/2	33.6
8PSK	3/4	33.5
16APSK	1/3	33.5
	2/5	33.5
	1/2	33.6
	3/5	33.6
	2/3	33.5
	3/4	33.5
	7/9	33.6
	4/5	33.6
	5/6	33.6
	7/8	33.5
	9/10	33.6
32APSK	1/3	33.5
	2/5	33.6
	1/2	33.5
	3/5	33.5
	2/3	33.6
	3/4	33.5
	7/9	33.5
	4/5	33.5
	5/6	33.6
	7/8	33.6
	9/10	33.5

1.3.2.3 CS 衛星折り返しにおける同期限界測定

実験内容：CS 衛星折り返しにおける、8PSK 3/4、16APSK 3/4 のオフセット周波数をパラメータとした、キャプチャレンジ、ロックレンジを測定する。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

衛星中継器出力：最大運用レベル（8PSK、16APSK）

- ・キャプチャレンジ測定方法：BS-IF 用 Lo 信号の周波数をシフトし（オフセット周波数）、都度キャプチャ C/N を測定し、オフセット周波数対キャプチャ C/N（キャプチャレンジ）を取得する。
- ・ロックレンジ測定方法：BS-IF 用 Lo 信号の周波数をシフトし（オフセット周波数）、都度ロック C/N を測定し、オフセット周波数対ロック C/N（ロックレンジ）を取得する。

オフセット周波数対同期限界 C/N 特性を図 1.3.2.3 に示す。8PSK 3/4 の同期限界測定結果を表 1.3.2.3.1 に、16APSK 3/4 の同期限界測定結果を表 1.3.2.3.2 に示す。オフセット周波数対同期限界 C/N（キャプチャ C/N、ロック C/N）特性を図 1.3.2.3 に示す。

表 1.3.2.3.1 8PSK 3/4 同期限界測定 C/N（キャプチャ C/N、ロック C/N）

オフセット周波数	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]
-5.0	-1.8	-2.9
-4.5	-3.0	-3.1
-4.0	-3.2	-3.2
-3.0	-2.9	-3.1
-2.0	-3.1	-3.1
-1.0	-3.1	-3.2
0	-3.2	-3.2
+1.0	-3.2	-3.2
+2.0	-3.1	-3.1
+3.0	-3.2	-3.2
+4.0	-3.2	-3.2
+4.5	3.1	-2.8

表 1.3.2.3.2 16APSK 3/4 同期限界測定 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N)

オフセット周波数	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]
-5.0	-1.6	-2.2
-4.5	-2.2	-2.3
-4.0	-2.3	-2.3
-3.0	-2.3	-2.3
-2.0	-2.5	-2.5
-1.0	-2.5	-2.5
0	-2.5	-2.5
+1.0	-2.4	-2.4
+2.0	-2.5	-2.5
+3.0	-2.5	-2.5
+4.0	-2.0	-2.2
+4.5	3.0	-2.1

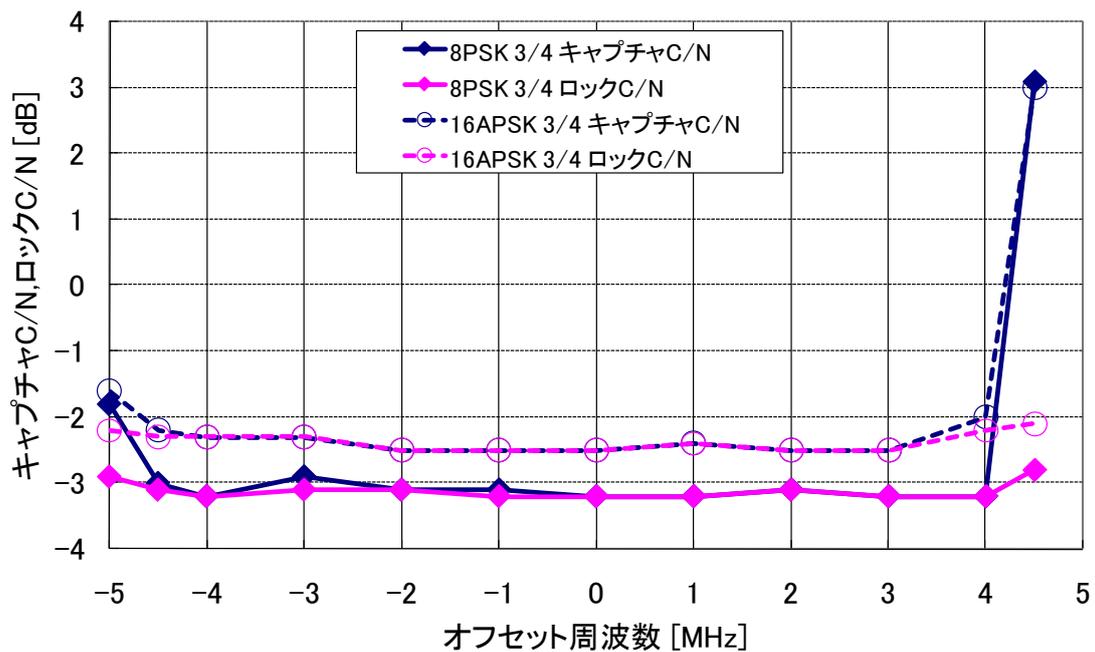


図 1.3.2.3 オフセット周波数対同期限界 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N) 特性

1.3.2.4 CS 衛星折り返しにおける干渉実験

実験内容：CS 衛星折り返しにおける、隣接チャンネル(ND9 にアップリンク)からの干渉波が存在する時の所要 C/N 劣化を確認する。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

衛星中継器出力：被干渉チャンネル、与干渉チャンネルともに
最大運用レベル

被干渉チャンネル：ND7

与干渉チャンネル：ND9

与干渉信号：8PSK 3/4

干渉実験の所要 C/N、所要 C/N 劣化量を表 1.3.2.4 に示す。干渉実験の C/N 対ビット誤り率特性を図 1.3.2.4.1 に示す。干渉実験時の受信信号スペクトラムを図 1.3.2.4.2 に、受信コンスタレーションを図 1.3.2.4.3 に示す。

表 1.3.2.4 干渉実験 所要 C/N 一覧

被干渉信号 (ND7)	与干渉信号 (ND9)	干渉なし 所要 C/N ① [dB]	干渉あり 所要 C/N ② [dB]	所要 C/N 劣化量 (②-①) [dB]
8PSK 3/4	8PSK 3/4	8.6	8.7	0.1
8PSK 7/9		9.3	9.3	0.0
16APSK 3/4		11.7	11.8	0.1
16APSK 7/9		12.3	12.3	0.0
32APSK 7/9		16.2	16.3	0.1
32APSK 4/5		16.9	17.0	0.1

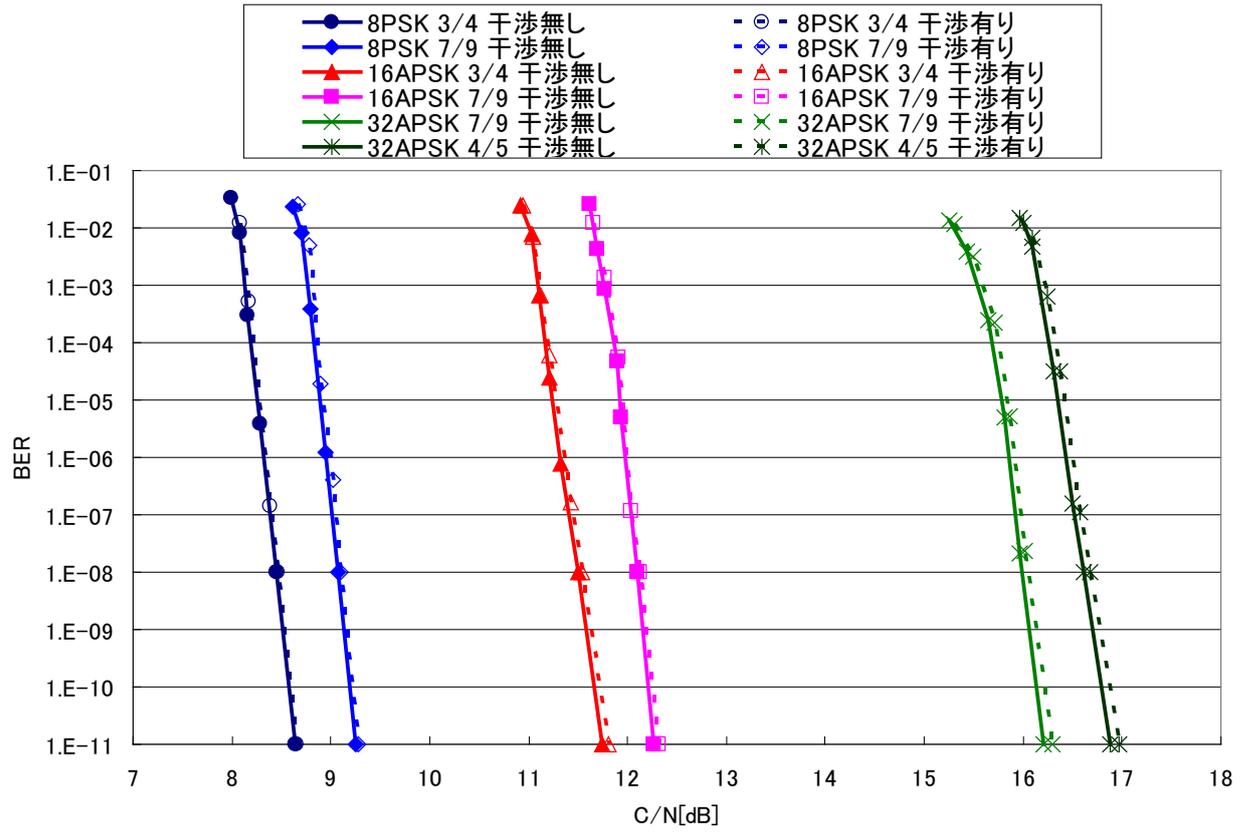


図 1. 3. 2. 4. 1 干渉実験 C/N 対ビット誤り率特性

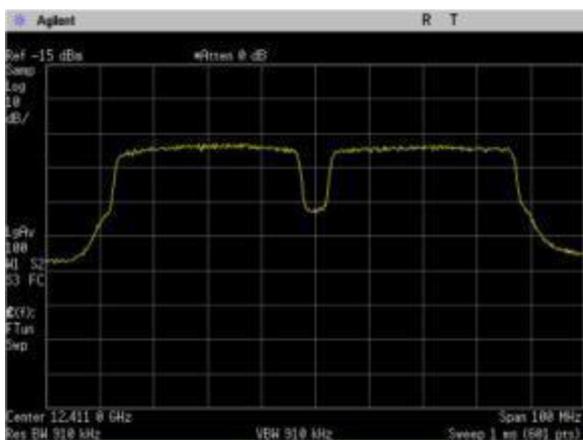


图 1.3.2.4.2-1

被干涉：8PSK 3/4、与干涉：8PSK 3/4

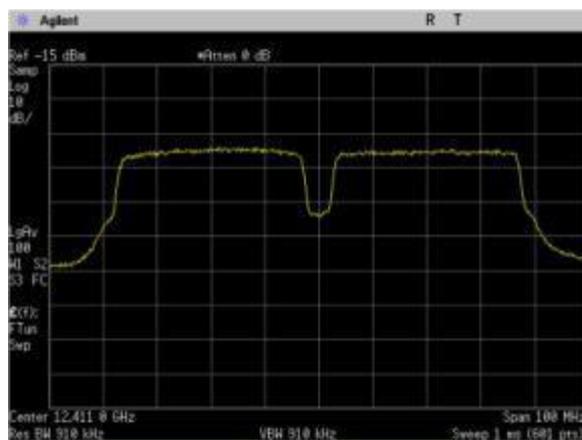


图 1.3.2.4.2-2

被干涉：8PSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

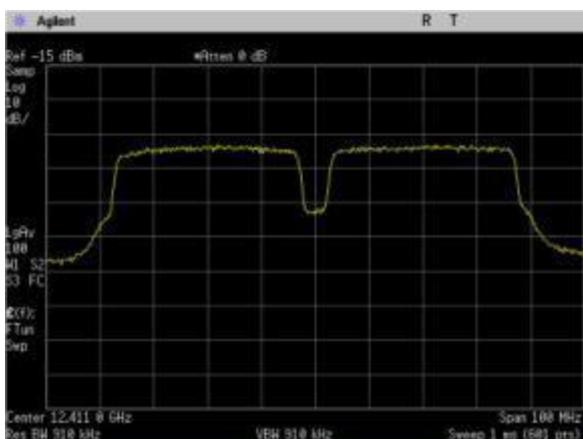


图 1.3.2.4.2-3

被干涉：16APSK 3/4、与干涉：8PSK 3/4

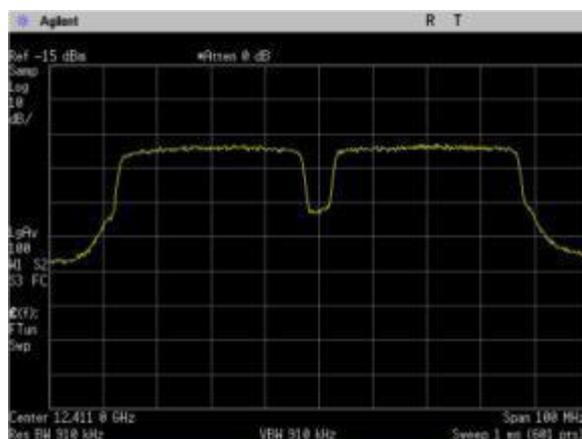


图 1.3.2.4.2-4

被干涉：16APSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

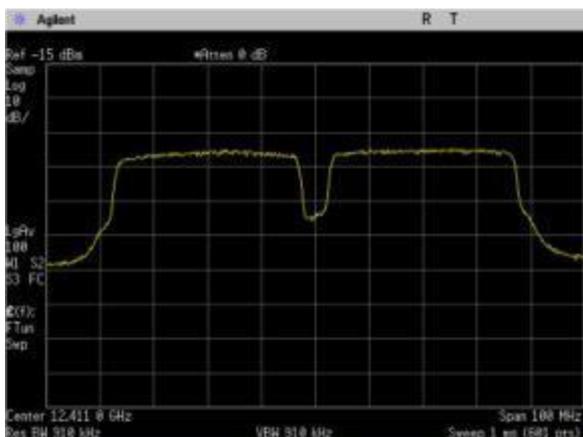


图 1.3.2.4.2-5

被干涉：32APSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

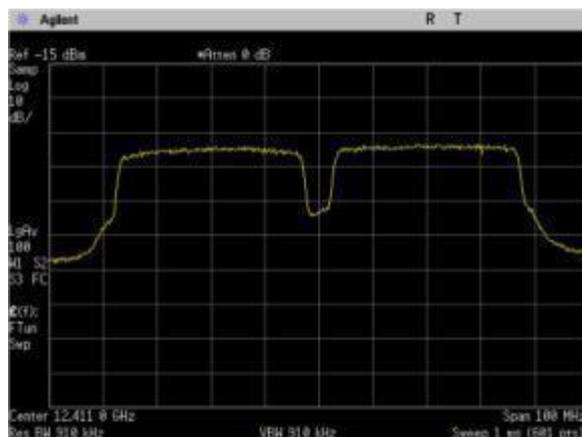


图 1.3.2.4.2-6

被干涉：32APSK 4/5、与干涉：8PSK 3/4

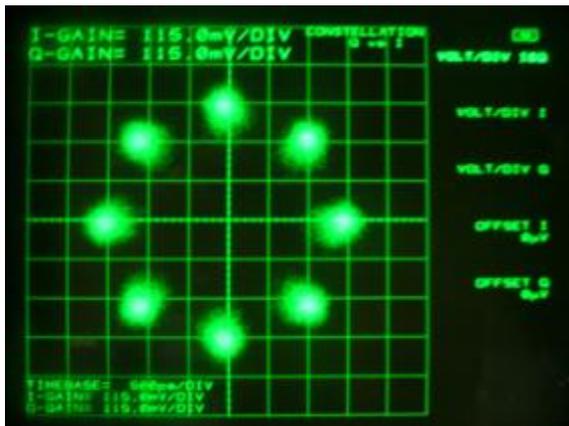


图 1.3.2.4.3-1

被干涉：8PSK 3/4、与干涉：8PSK 3/4



图 1.3.2.4.3-2

被干涉：8PSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

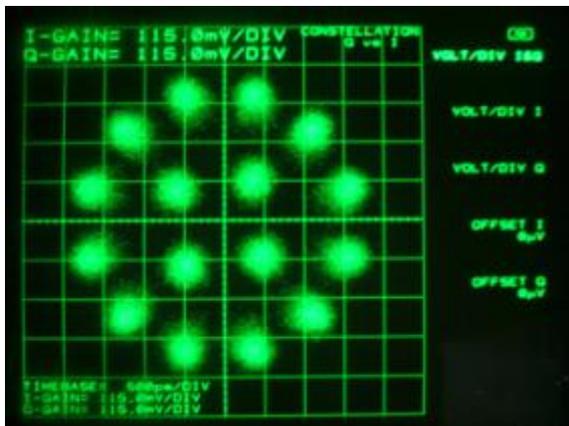


图 1.3.2.4.3-3

被干涉：16APSK 3/4、与干涉：8PSK 3/4

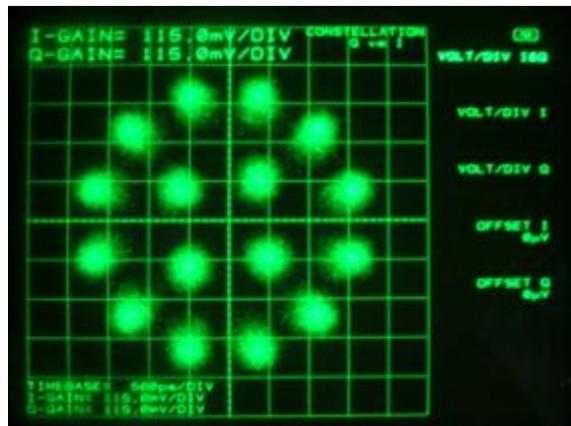


图 1.3.2.4.3-4

被干涉：16APSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

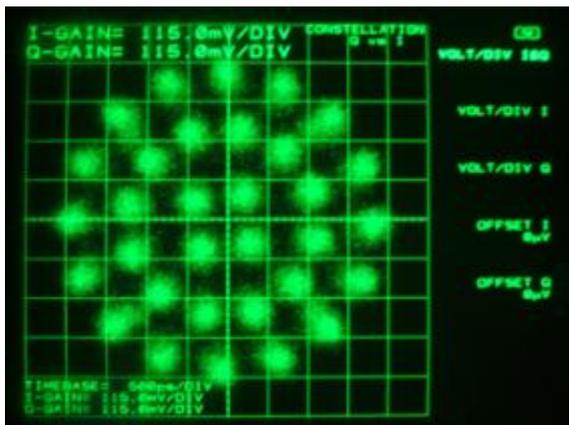


图 1.3.2.4.3-5

被干涉：32APSK 7/9、与干涉：8PSK 3/4

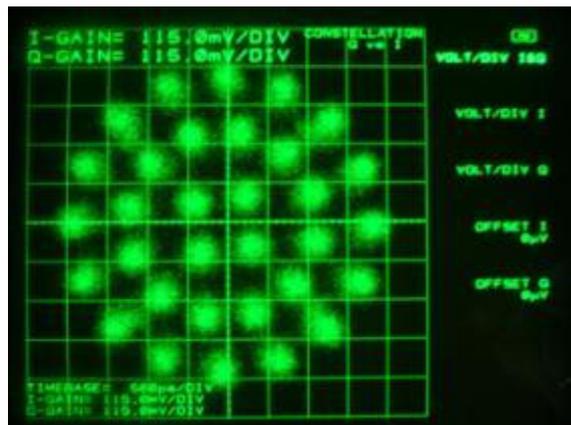


图 1.3.2.4.3-6

被干涉：32APSK 4/5、与干涉：8PSK 3/4

1.3.2.5 CS 衛星折り返しにおける市販の衛星放送受信アンテナでの受信確認

実験内容：CS 衛星折り返しにおける、隣接チャンネル(ND9 にアップリンク)からの干渉波が存在する時の、市販の衛星放送受信アンテナでの正常受信を確認する。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

衛星中継器出力：被干渉チャンネル、与干渉チャンネルともに
最大運用レベル

被干渉チャンネル：ND7

与干渉チャンネル：ND9

与干渉信号：8PSK 3/4

受信アンテナの仕様を表 1.3.2.5.1 に、アンテナ外観を図 1.3.2.5.1 に示す。

表 1.3.2.5.1 市販の衛星放送受信アンテナ 仕様

項目	数値	備考
型名	DX アンテナ BDCA-502	
有効開口径	50cm	
受信偏波	右旋円偏波、左旋円偏波	
受信周波数	11.7~12.75 GHz	
局部発信周波数	10.678GHz	
アンテナ利得	35.0dBi	開口効率 74%
コンバーター雑音指数	0.6dB	
G/T	15.3 dB/K	



図 1.3.2.5.1 市販の衛星放送受信アンテナ外観

市販の衛星放送受信アンテナにおける受信 C/N マージン一覧を表 1.3.2.5.2 に、C/N 対ビット誤り率特性を図 1.3.2.5.2 に示す。受信信号スペクトラムを図 1.3.2.5.3 に、受信コンスタレーションを図 1.3.2.5.4 に示す。良好に受信できることを確認した。

表 1.3.2.5.2 市販の衛星放送受信アンテナ受信 C/N マージン一覧

変調方式・ 符号化率	受信 C/N ① [dB]	所要 C/N ② [dB]	受信 C/N マージン (②-①) [dB]
8PSK 3/4	18.0	9.3	8.7
8PSK 7/9	18.0	10.0	8.0
16APSK 3/4	17.4	12.3	5.1
16APSK 7/9	17.4	12.9	4.5

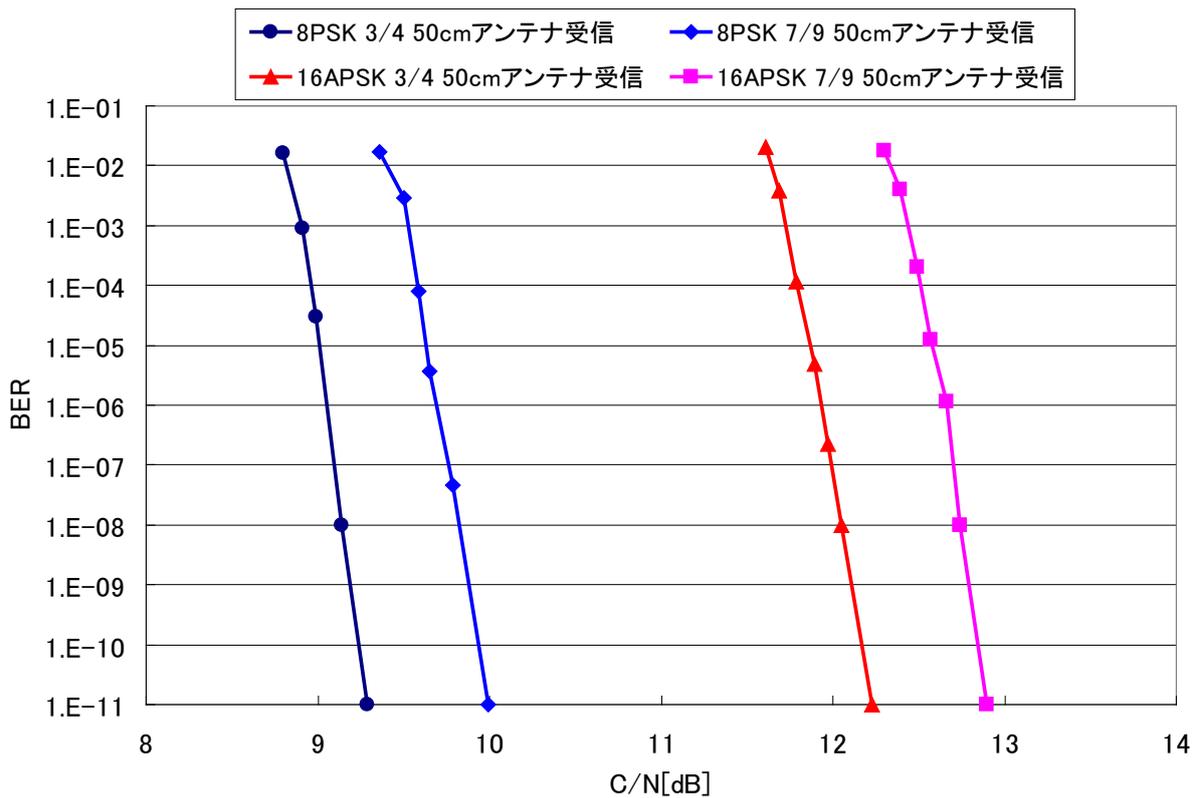


図 1.3.2.5.2 市販の衛星放送受信アンテナ経由 C/N 対ビット誤り率特性

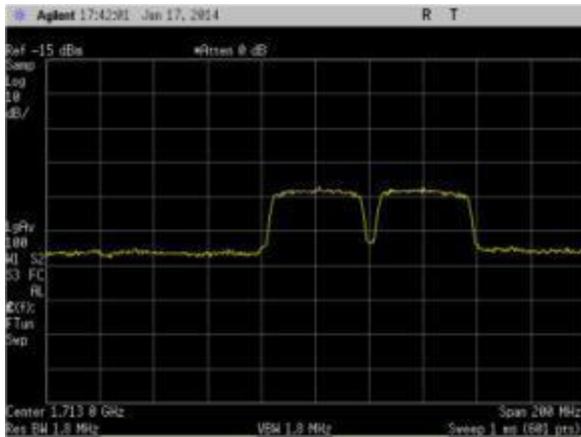


図 1. 3. 2. 5. 3-1

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：8PSK 3/4、与干渉：8PSK 3/4

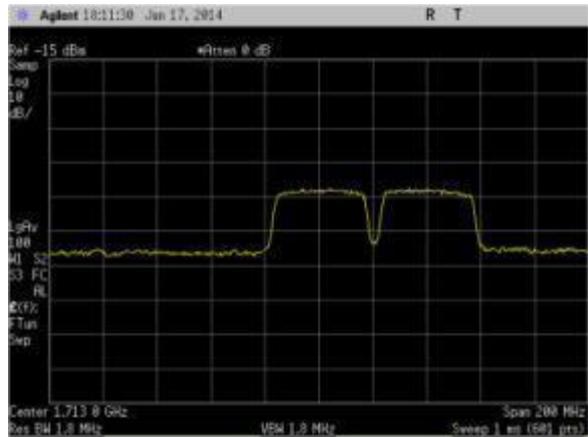


図 1. 3. 2. 5. 3-2

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：8PSK 7/9、与干渉：8PSK 3/4

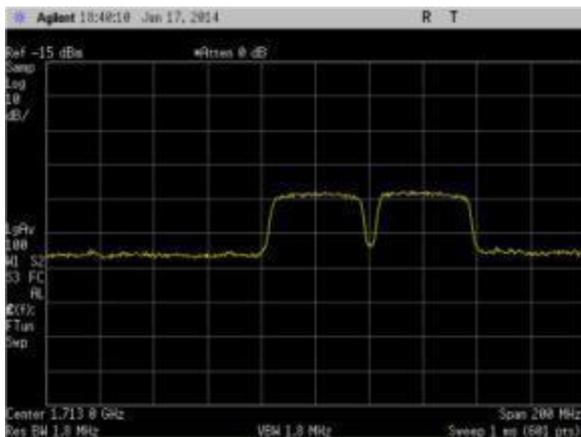


図 1. 3. 2. 5. 3-3

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：16APSK 3/4、与干渉：8PSK 3/4

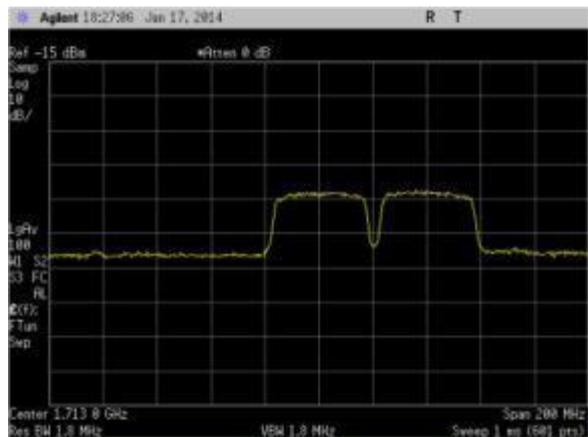


図 1. 3. 2. 5. 3-4

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：16APSK 7/9、与干渉：8PSK 3/4

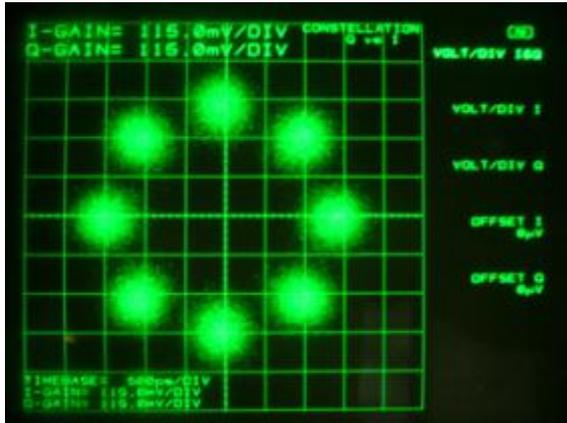


図 1. 3. 2. 5. 4-1

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：8PSK 3/4、与干渉：8PSK 3/4

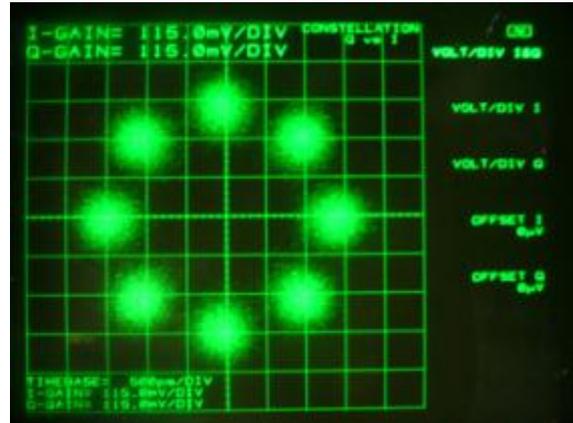


図 1. 3. 2. 5. 4-2

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：8PSK 7/9、与干渉：8PSK 3/4

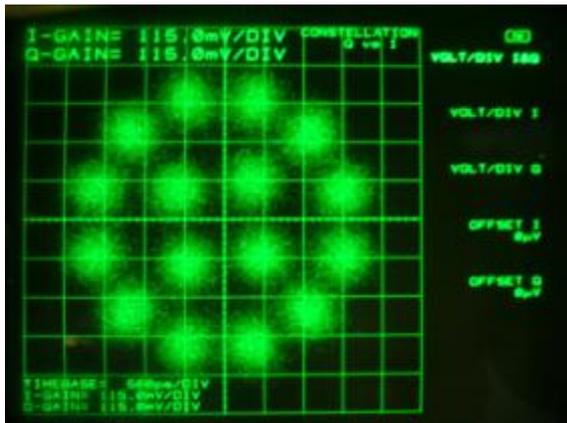


図 1. 3. 2. 5. 4-3

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：16PSK 3/4、与干渉：8PSK 3/4

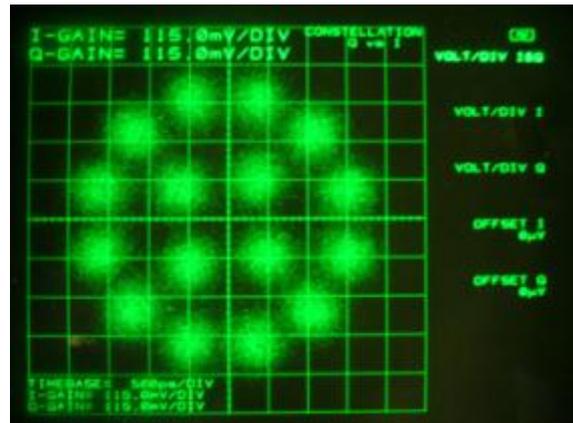


図 1. 3. 2. 5. 4-4

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
被干渉：16PSK 7/9、与干渉：8PSK 3/4

1.3.3 CS 衛星伝送実験 実験結果詳細

1.3.3.1 CS 衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率特性

1.3.3.1.1 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK

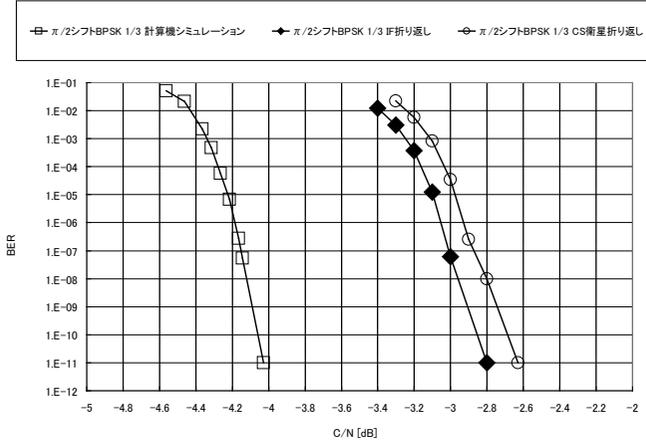


図 1.3.3.1.1-1 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 1/3

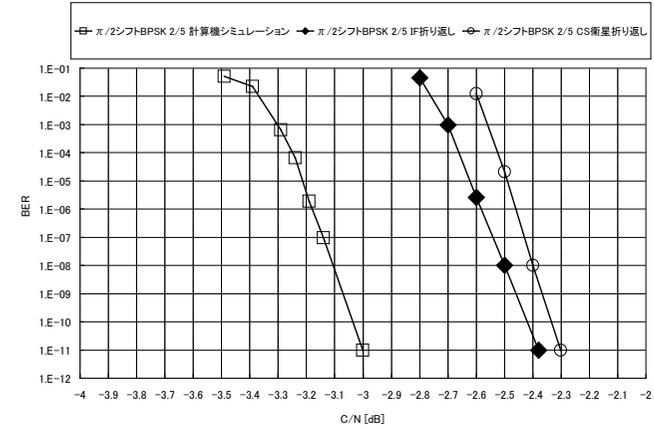


図 1.3.3.1.1-2 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 2/5

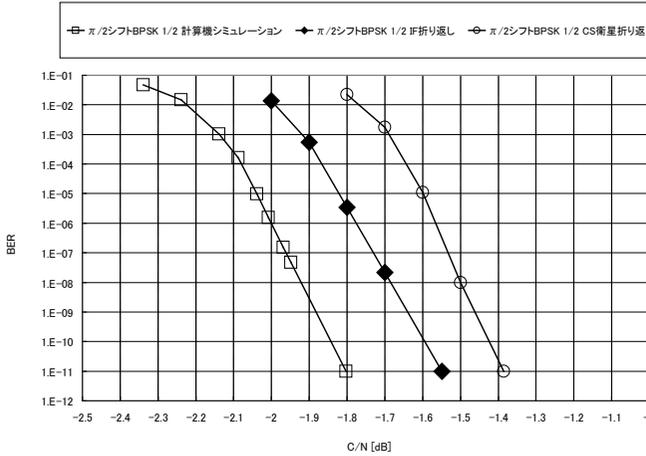


図 1.3.3.1.1-3 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 1/2

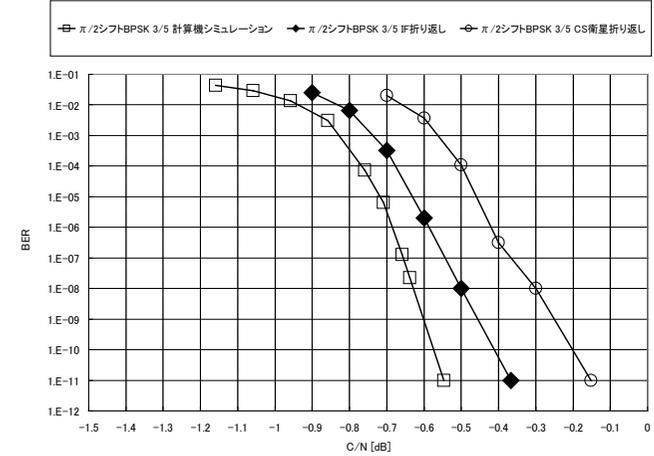


図 1.3.3.1.1-4 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 3/5

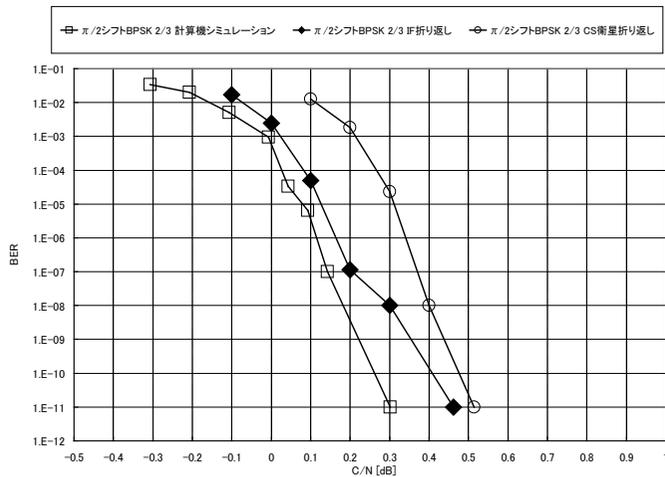


図 1.3.3.1.1-5 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 2/3

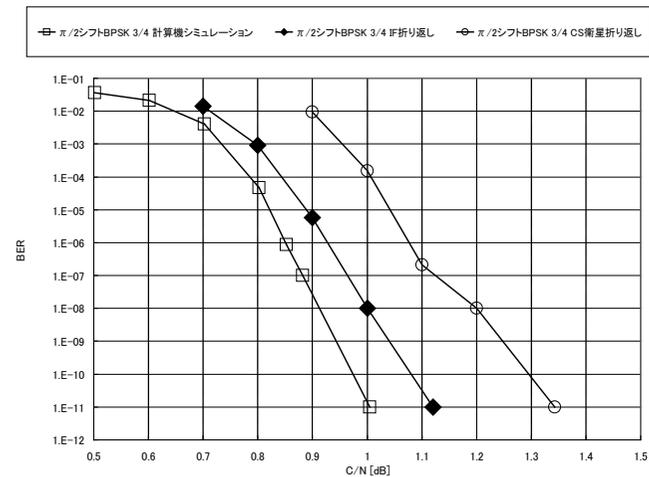


図 1.3.3.1.1-6 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 3/4

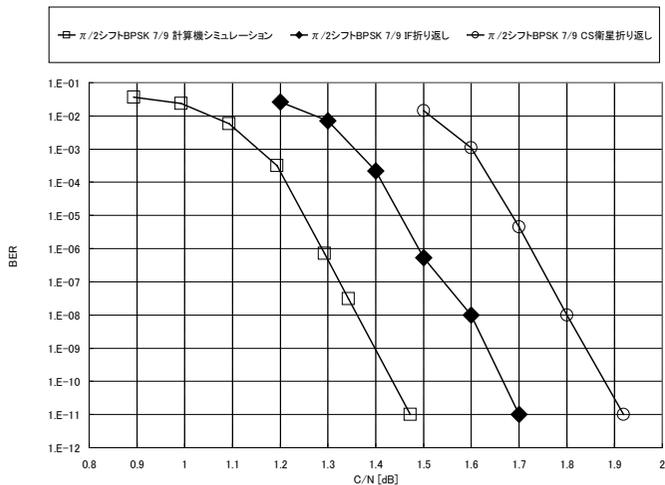


図 1.3.3.1.1-7 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 7/9

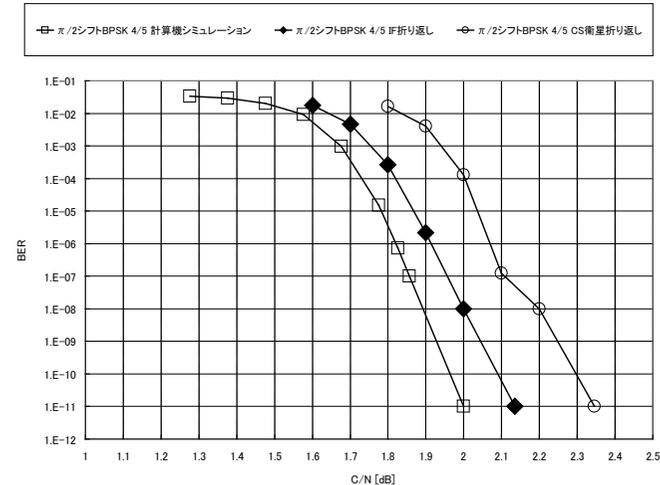


図 1.3.3.1.1-8 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 4/5

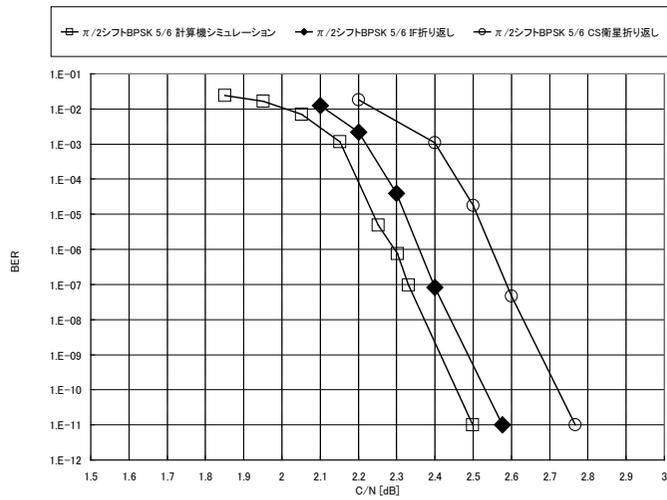


図 1.3.3.1.1-9 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 5/6

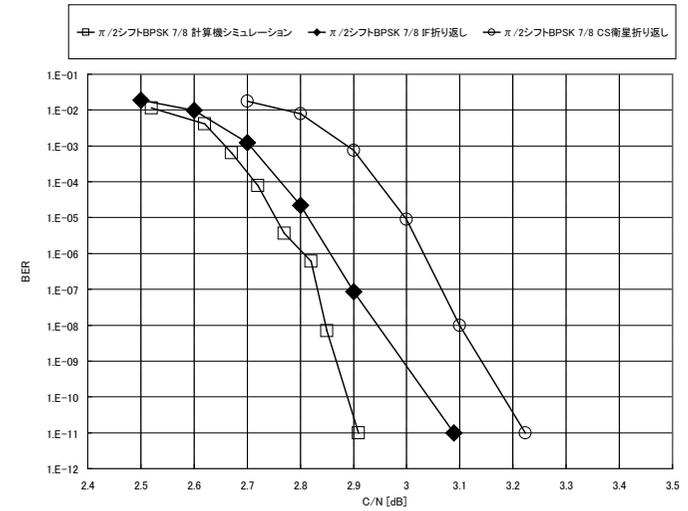


図 1.3.3.1.1-10 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 7/8

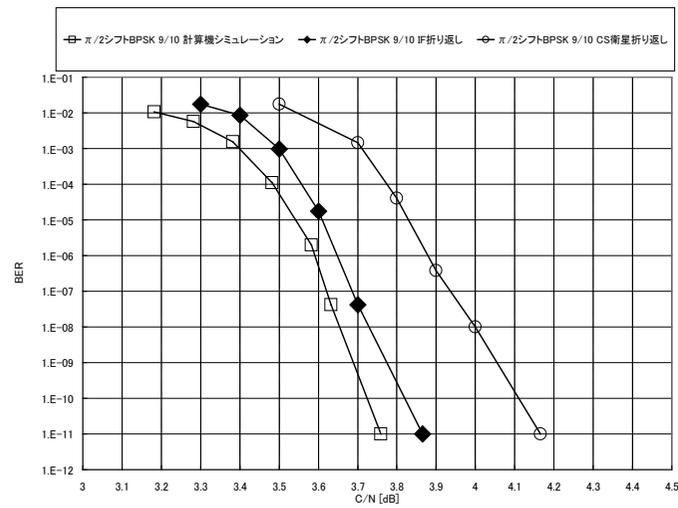


図 1.3.3.1.1-11 CS 衛星伝送実験 $\pi/2$ シフト BPSK 9/10

1.3.3.1.2 CS 衛星伝送実験 QPSK

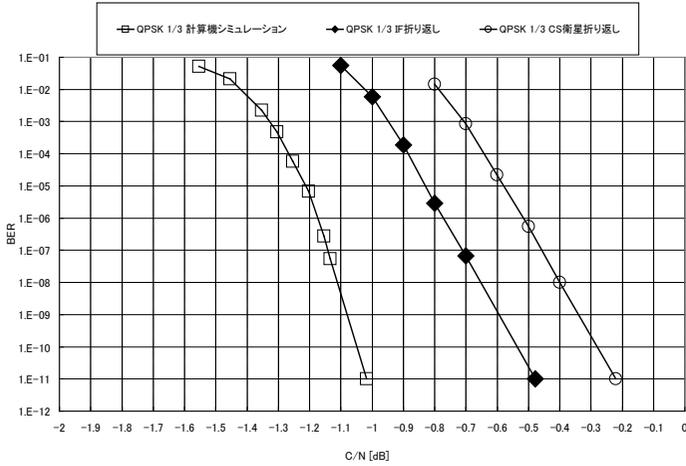


図 1.3.3.1.2-1 CS 衛星伝送実験 QPSK 1/3

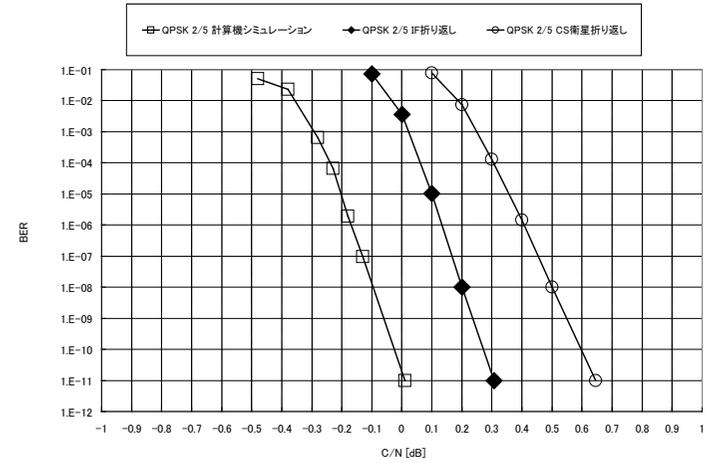


図 1.3.3.1.2-2 CS 衛星伝送実験 QPSK 2/5

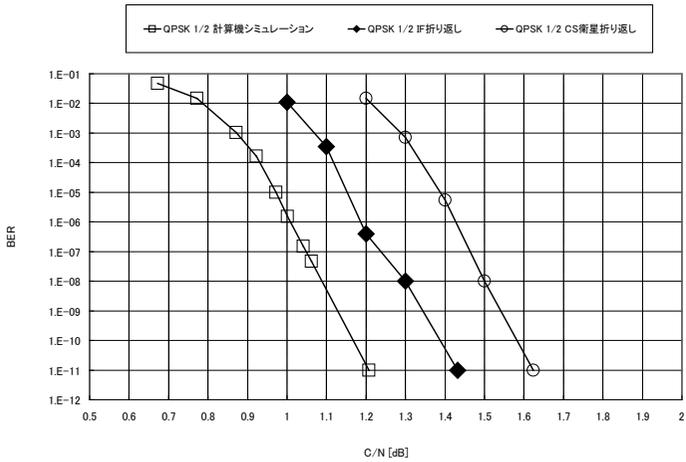


図 1.3.3.1.2-3 CS 衛星伝送実験 QPSK 1/2

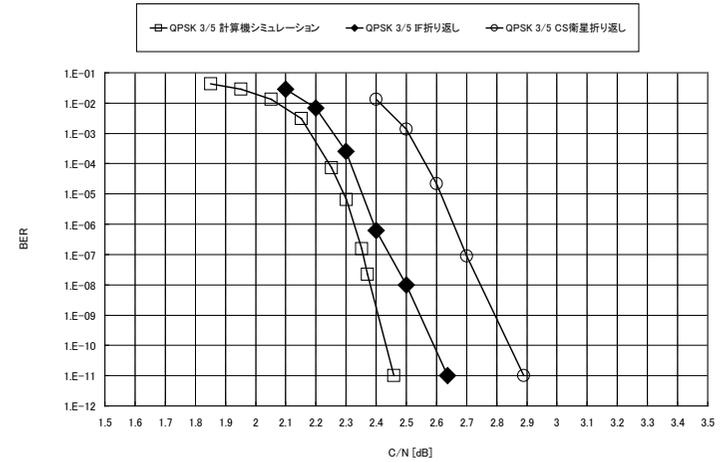


図 1.3.3.1.2-4 CS 衛星伝送実験 QPSK 3/5

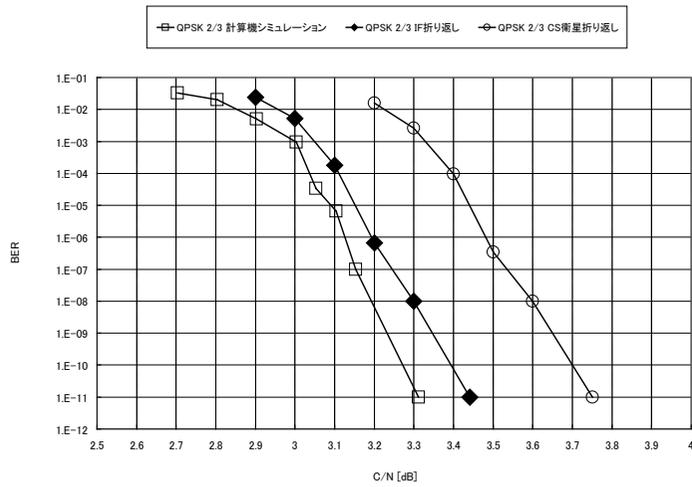


図 1.3.3.1.2-5 CS 衛星伝送実験 QPSK 2/3

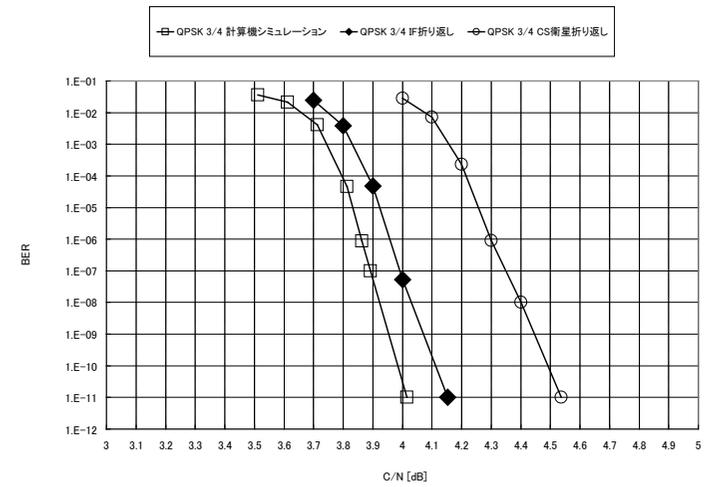


図 1.3.3.1.2-6 CS 衛星伝送実験 QPSK 3/4

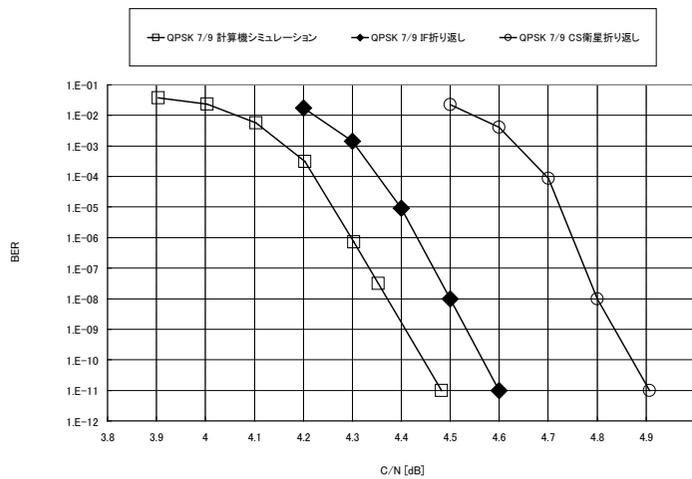


図 1.3.3.1.2-7 CS 衛星伝送実験 QPSK 7/9

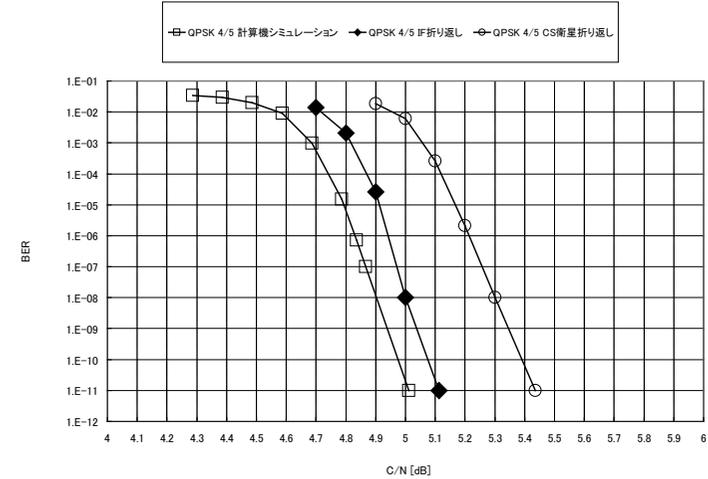


図 1.3.3.1.2-8 CS 衛星伝送実験 QPSK 4/5

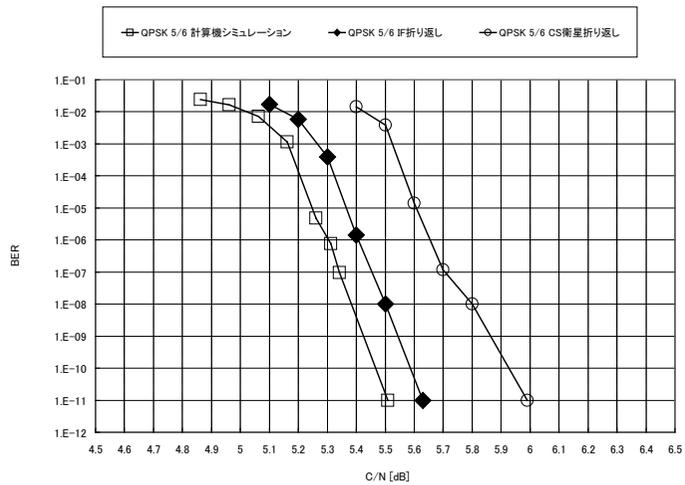


図 1.3.3.1.2-9 CS 衛星伝送実験 QPSK 5/6

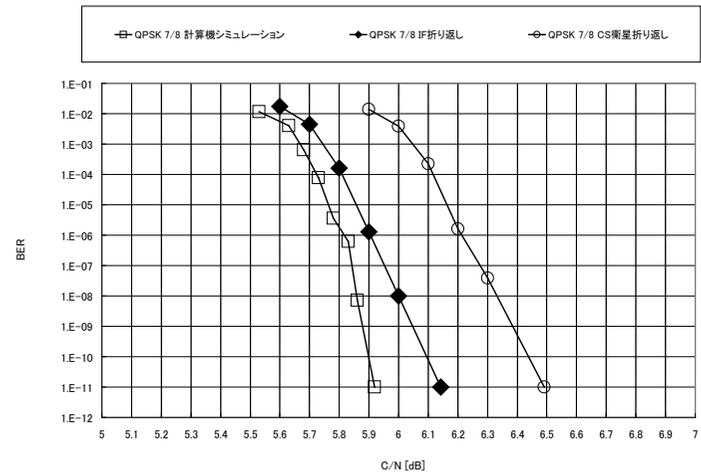


図 1.3.3.1.2-10 CS 衛星伝送実験 QPSK 7/8

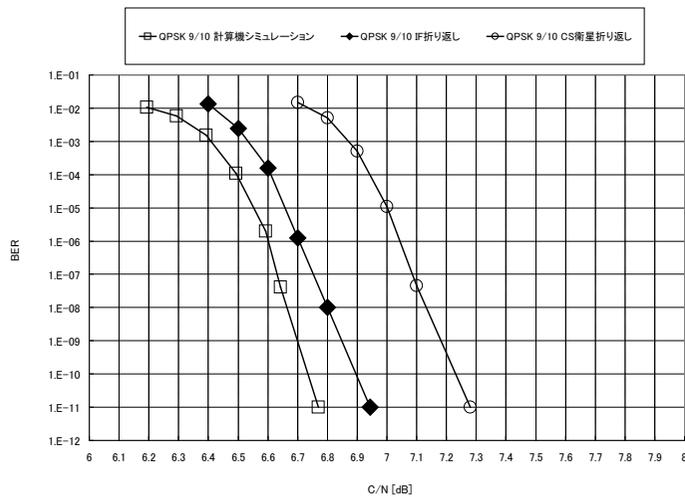


図 1.3.3.1.2-11 CS 衛星伝送実験 QPSK 9/10

1. 3. 3. 1. 3 CS 衛星伝送実験 8PSK

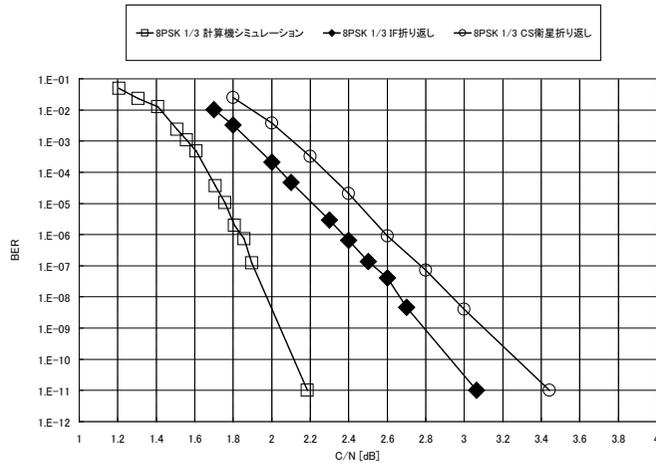


図 1. 3. 3. 1. 3-1 CS 衛星伝送実験 8PSK 1/3

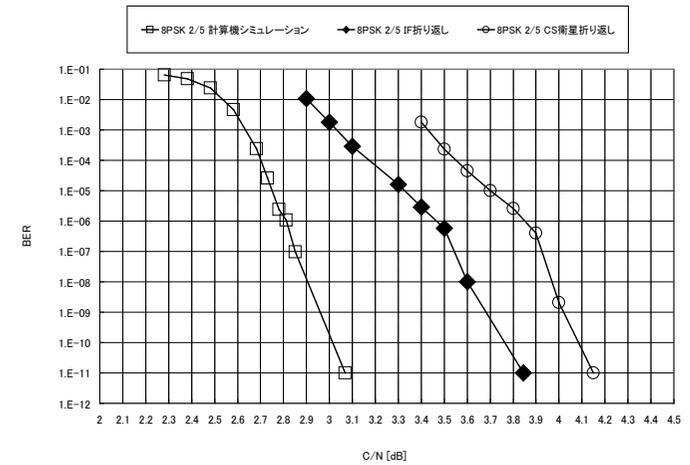


図 1. 3. 3. 1. 3-2 CS 衛星伝送実験 8PSK 2/5

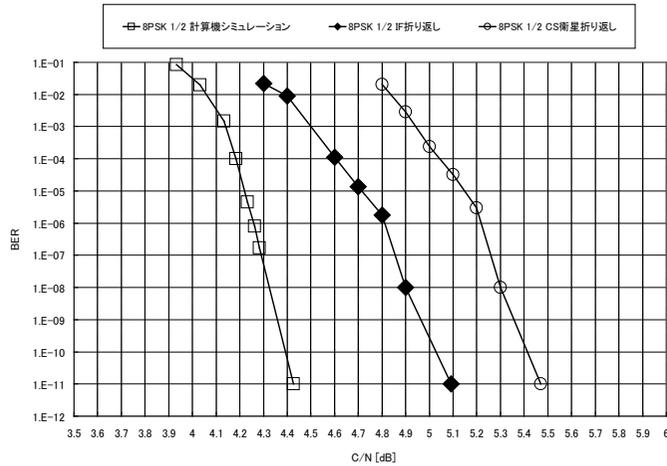


図 1. 3. 3. 1. 3-3 CS 衛星伝送実験 8PSK 1/2

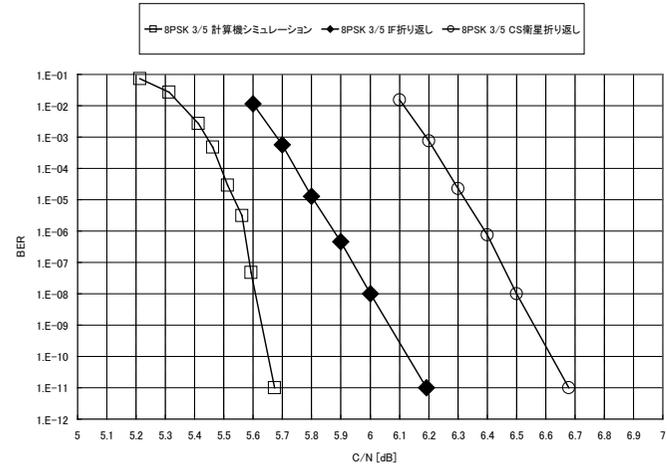


図 1. 3. 3. 1. 3-4 CS 衛星伝送実験 8PSK 3/5

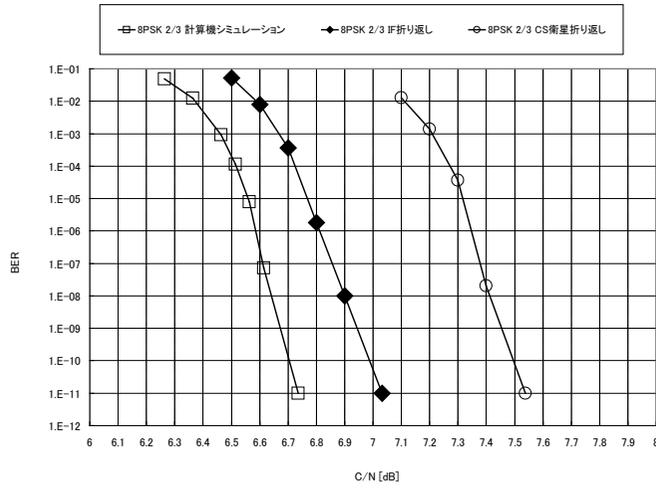


図 1.3.3.1.3-5 CS 衛星伝送実験 8PSK 2/3

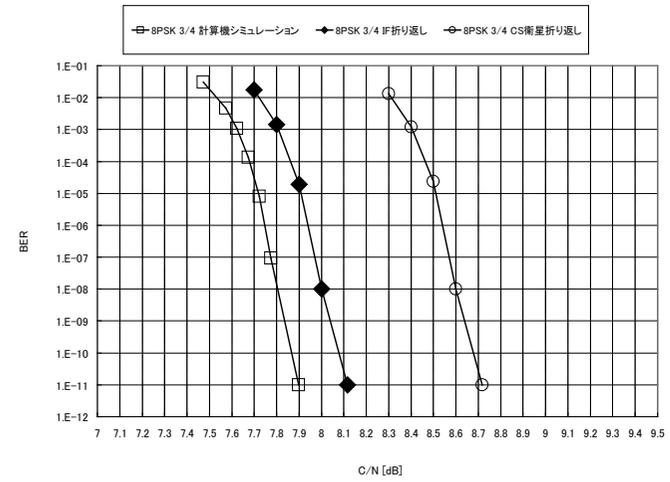


図 1.3.3.1.3-6 CS 衛星伝送実験 8PSK 3/4

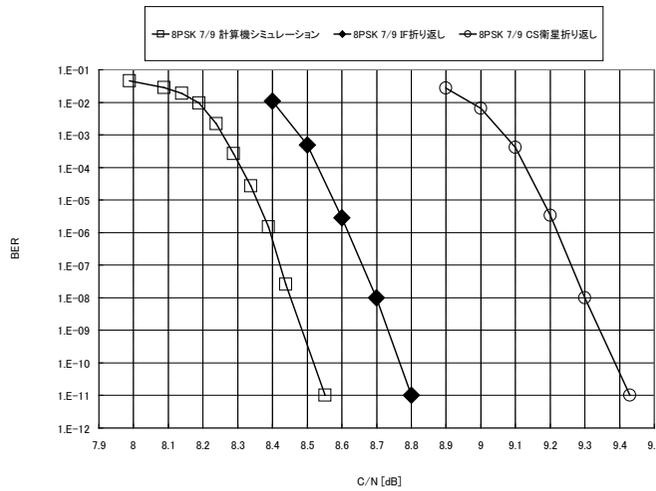


図 1.3.3.1.3-7 CS 衛星伝送実験 8PSK 7/9

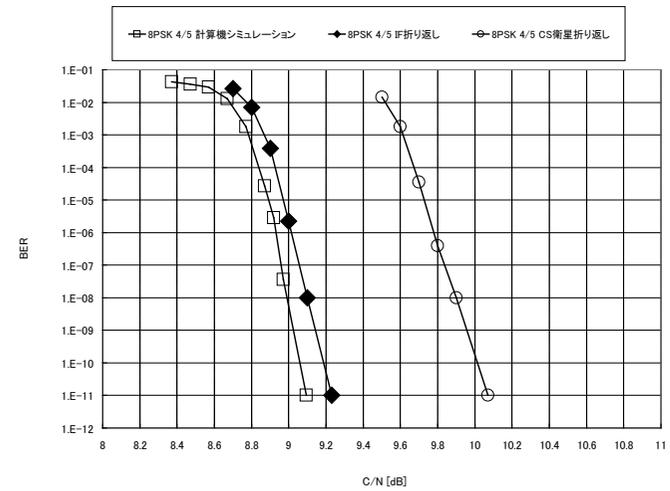


図 1.3.3.1.3-8 CS 衛星伝送実験 8PSK 4/5

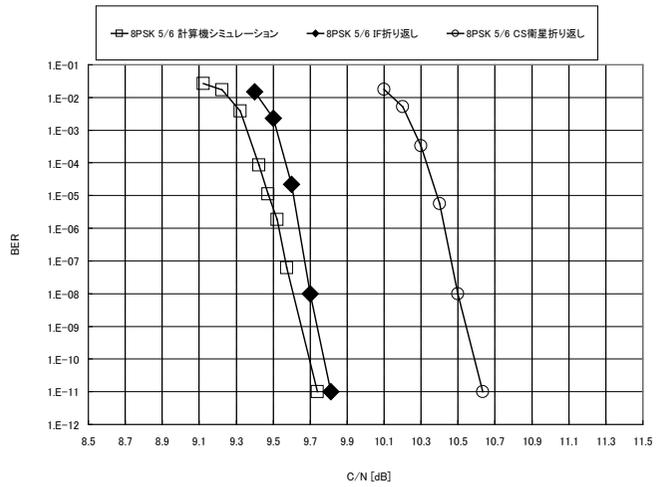


図 1.3.3.1.3-9 CS 衛星伝送実験 8PSK 5/6

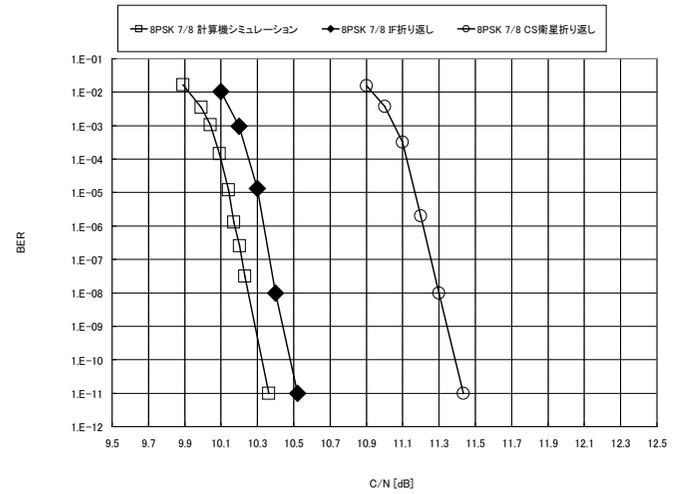


図 1.3.3.1.3-10 CS 衛星伝送実験 8PSK 7/8

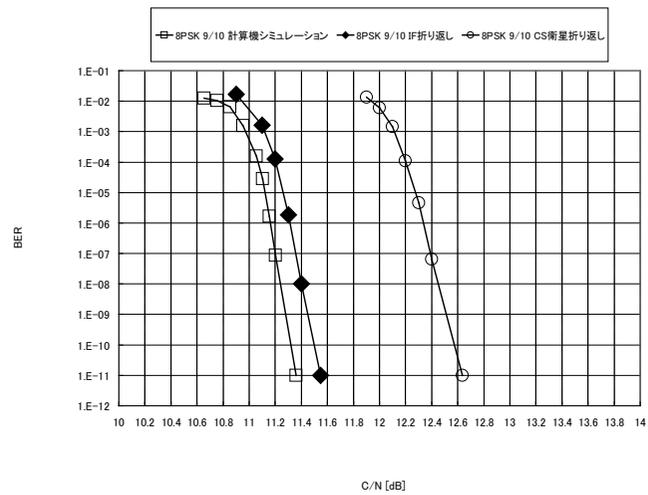


図 1.3.3.1.3-9 CS 衛星伝送実験 8PSK 9/10

1. 3. 3. 1. 4 CS 衛星伝送実験 16APSK

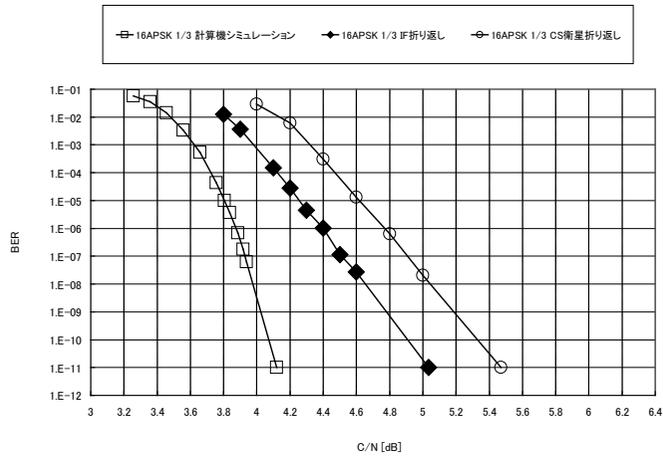


図 1. 3. 3. 1. 4-1 CS 衛星伝送実験 16APSK 1/3

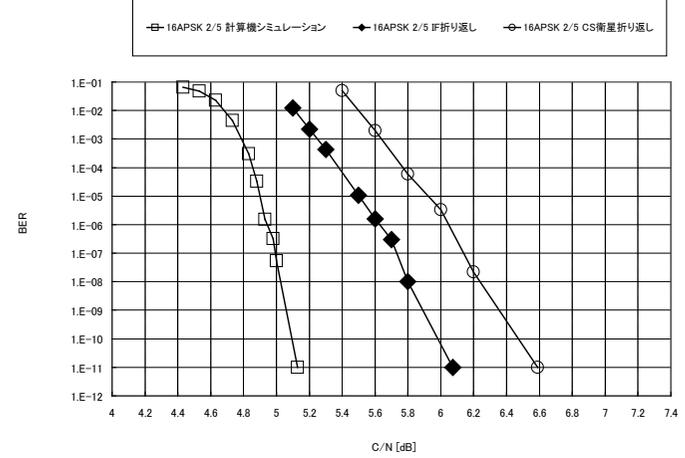


図 1. 3. 3. 1. 4-2 CS 衛星伝送実験 16APSK 2/5

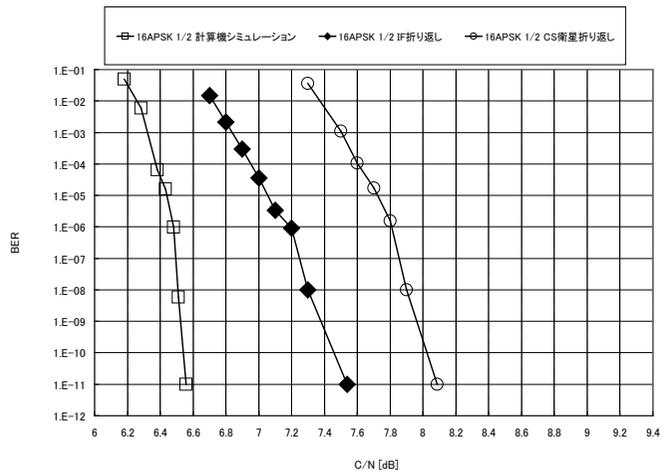


図 1. 3. 3. 1. 4-3 CS 衛星伝送実験 16APSK 1/2

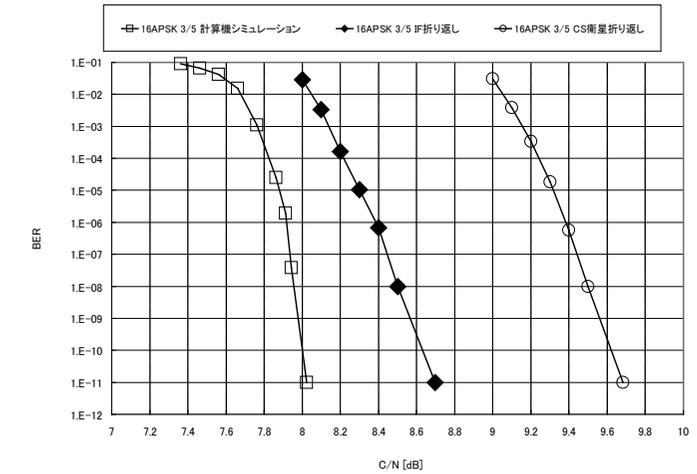


図 1. 3. 3. 1. 4-4 CS 衛星伝送実験 16APSK 3/5

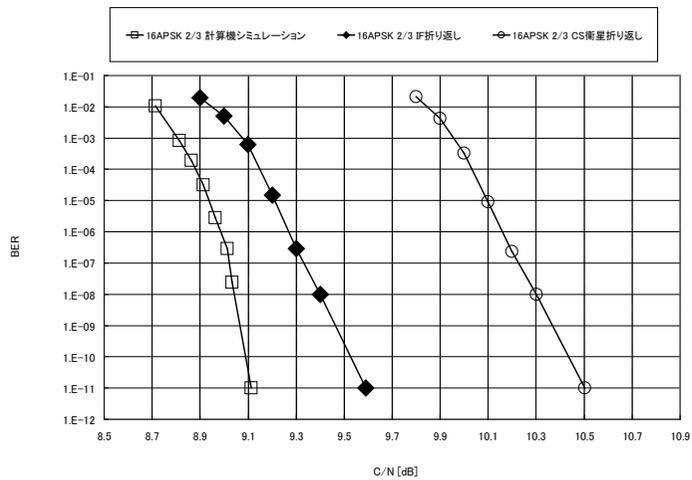


図 1.3.3.1.4-5 CS 衛星伝送実験 16APSK 2/3

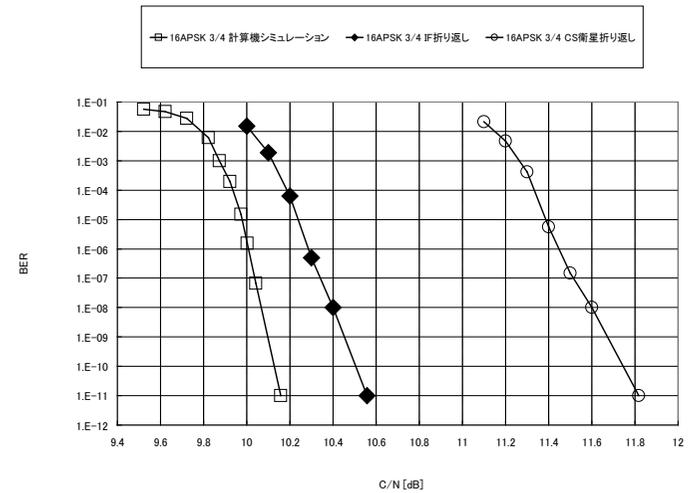


図 1.3.3.1.4-6 CS 衛星伝送実験 16APSK 3/4

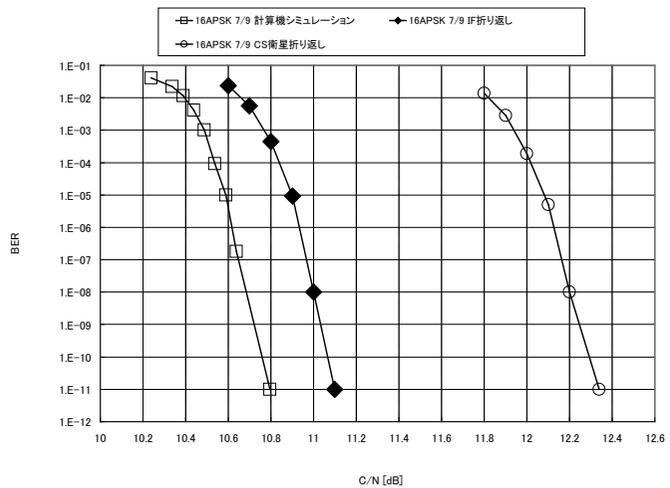


図 1.3.3.1.4-7 CS 衛星伝送実験 16APSK 7/9

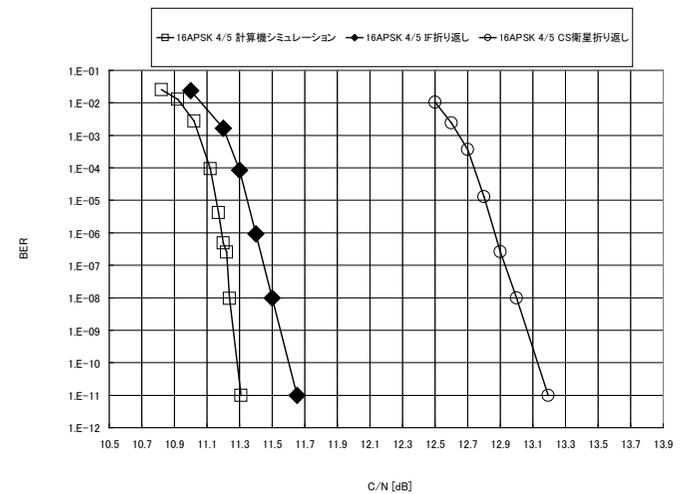


図 1.3.3.1.4-8 CS 衛星伝送実験 16APSK 4/5

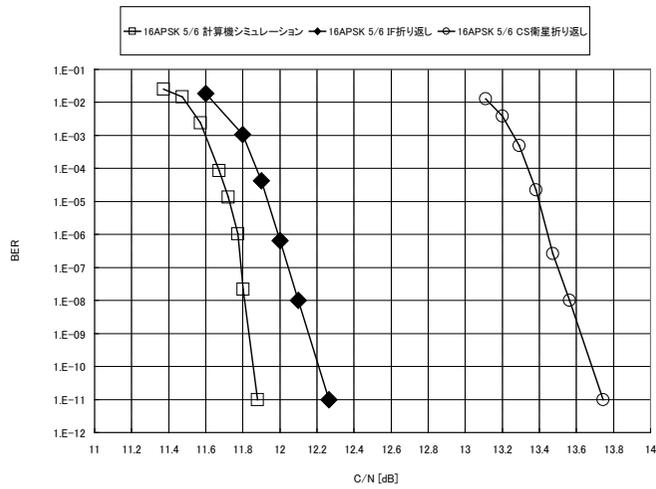


図 1.3.3.1.4-9 CS 衛星伝送実験 16APSK 5/6

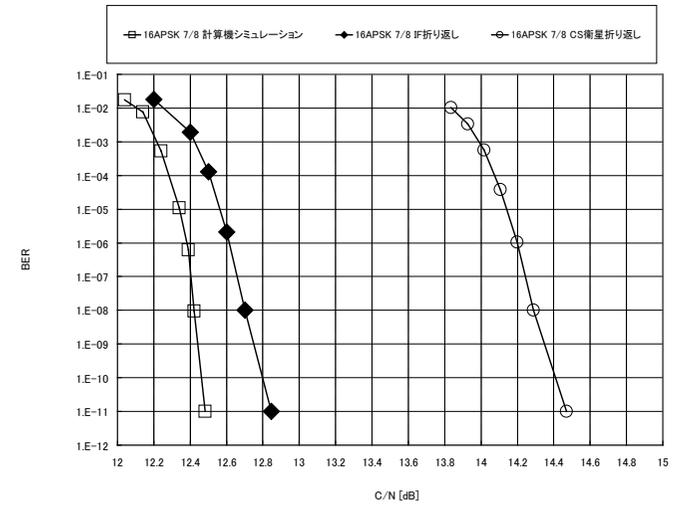


図 1.3.3.1.4-10 CS 衛星伝送実験 16APSK 7/8

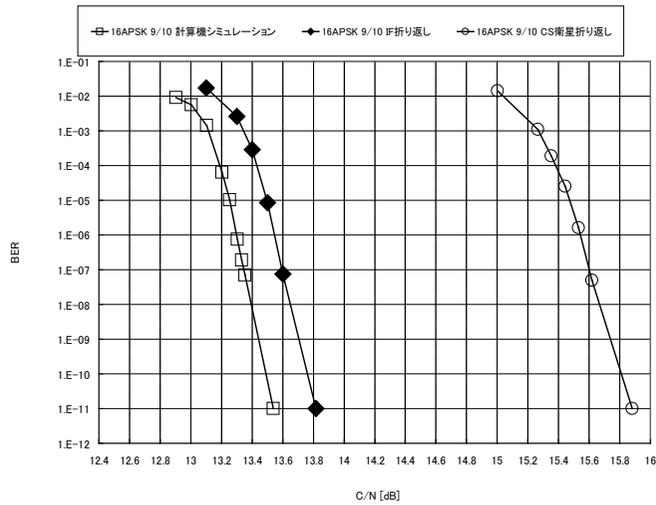


図 1.3.3.1.4-9 CS 衛星伝送実験 16APSK 9/10

1. 3. 3. 1. 5 CS 衛星伝送実験 32APSK

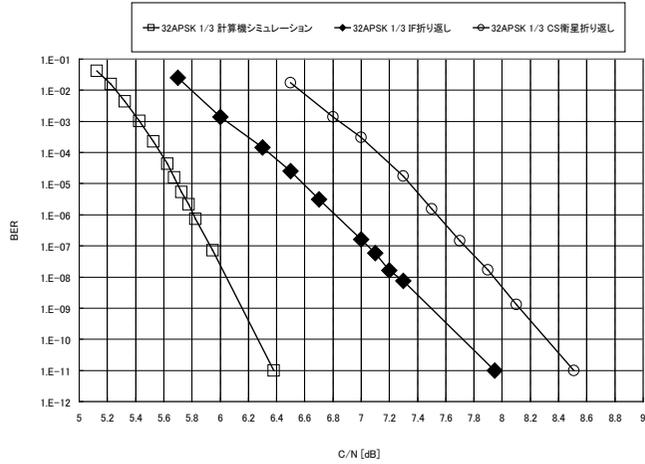


図 1. 3. 3. 1. 5-1 CS 衛星伝送実験 32APSK 1/3

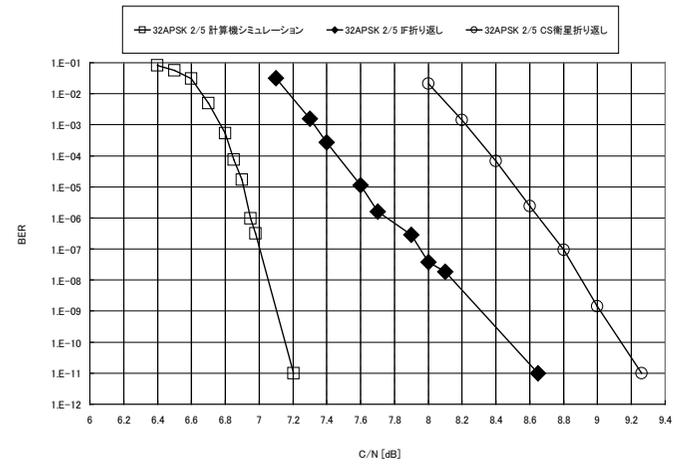


図 1. 3. 3. 1. 5-2 CS 衛星伝送実験 32APSK 2/5

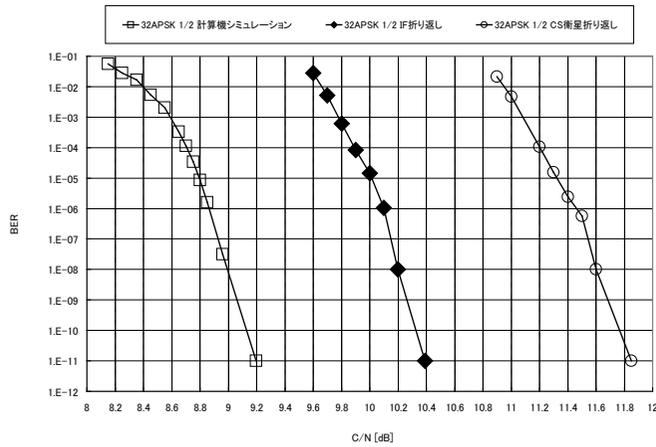


図 1. 3. 3. 1. 5-3 CS 衛星伝送実験 32APSK 1/2

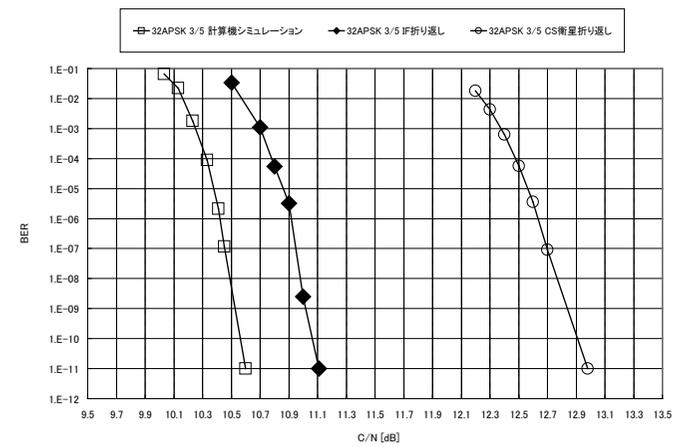


図 1. 3. 3. 1. 5-4 CS 衛星伝送実験 32APSK 3/5

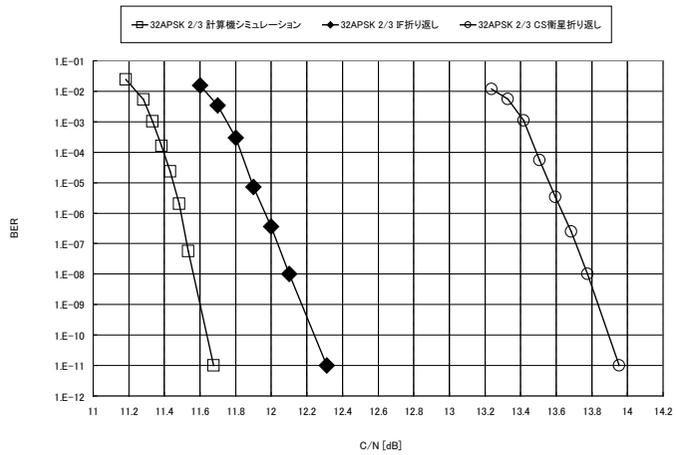


図 1.3.3.1.5-5 CS 衛星伝送実験 32APSK 2/3

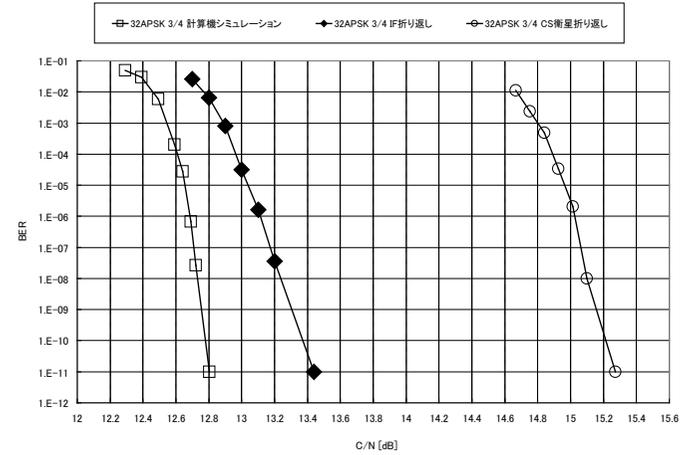


図 1.3.3.1.5-6 CS 衛星伝送実験 32APSK 3/4

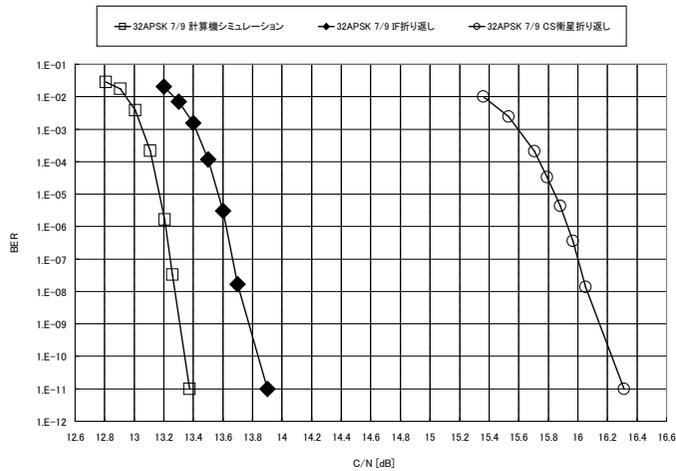


図 1.3.3.1.5-7 CS 衛星伝送実験 32APSK 7/9

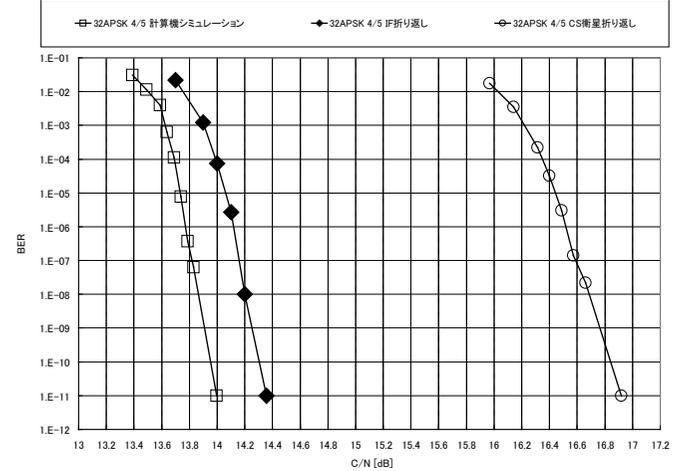


図 1.3.3.1.5-8 32APSK CS 衛星伝送実験 4/5

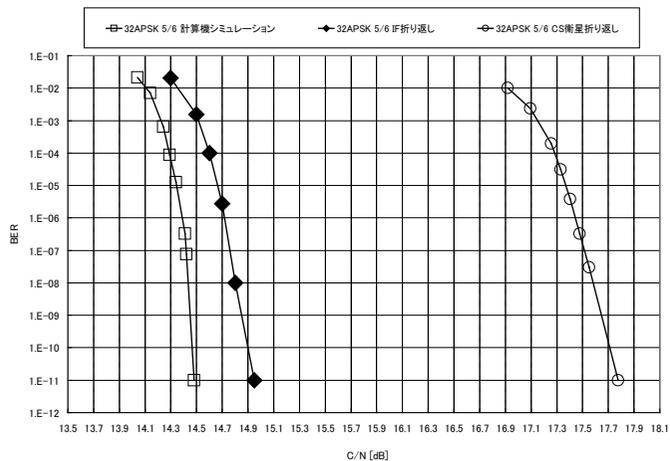


図 1.3.3.1.5-9 CS 衛星伝送実験 32APSK 5/6

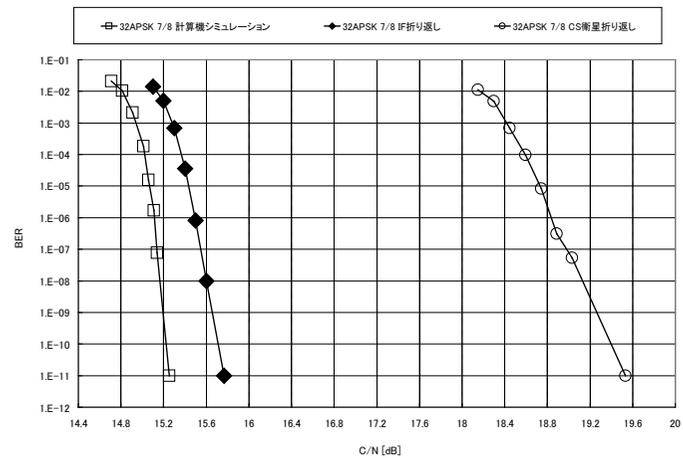


図 1.3.3.1.5-10 CS 衛星伝送実験 32APSK 7/8

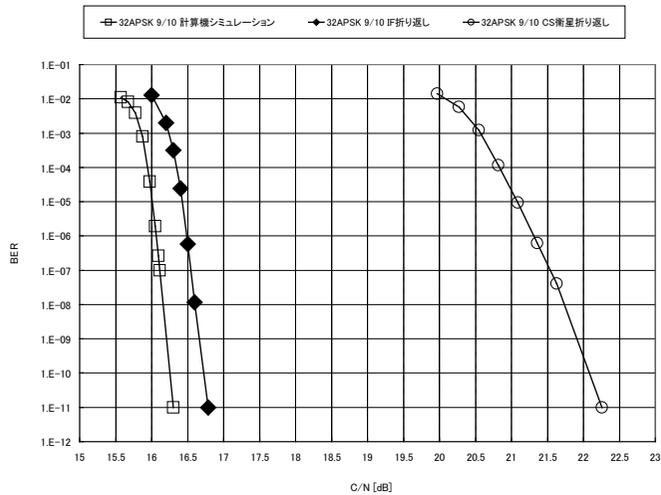


図 1.3.3.1.5-11 CS 衛星伝送実験 32APSK 9/10

1. 3. 3. 2 CS 衛星折り返し受信スペクトラム

測定条件：シンボルレート 33.7561Mbaud、ロールオフ率 0.03

SPAN=50MHz、VBW=470KHz、RBW=470KHz、average=100 回

1. 3. 3. 2. 1. 1 CS 衛星折り返し $\pi/2$ シフト BPSK

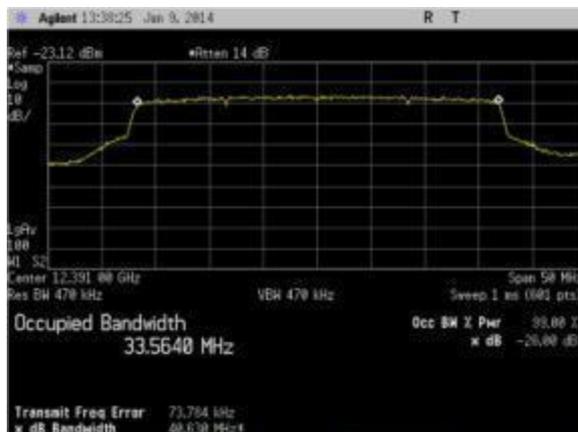


図 1. 3. 3. 2. 1. 1 CS 衛星折り返し $\pi/2$ シフト BPSK 1/2

1. 3. 3. 2. 1. 2 CS 衛星折り返し QPSK

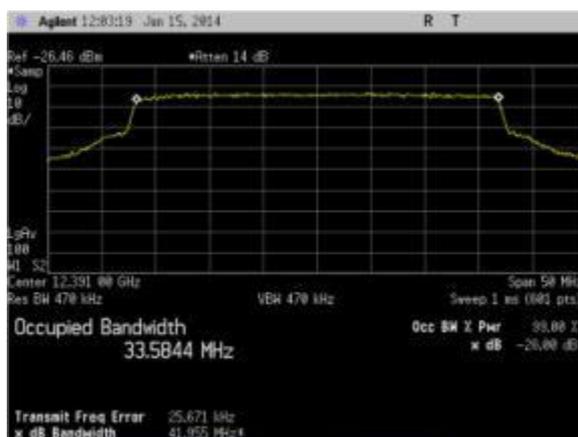


図 1. 3. 3. 2. 1. 2 CS 衛星折り返し QPSK 1/2

1. 3. 3. 2. 1. 3 CS 衛星折り返し 8PSK

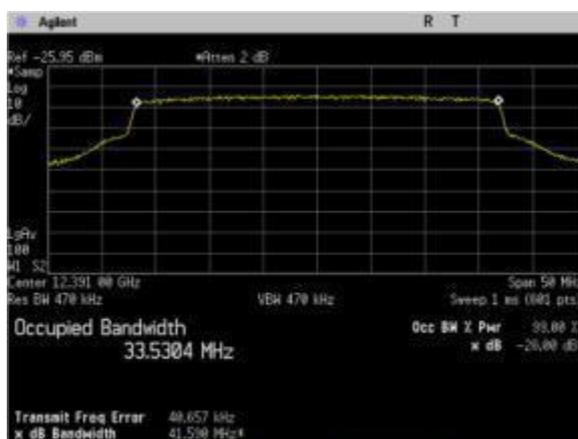


図 1. 3. 3. 2. 1. 3 CS 衛星折り返し 8PSK 3/4

1. 3. 3. 2. 1. 4 CS 衛星折り返し 16APSK

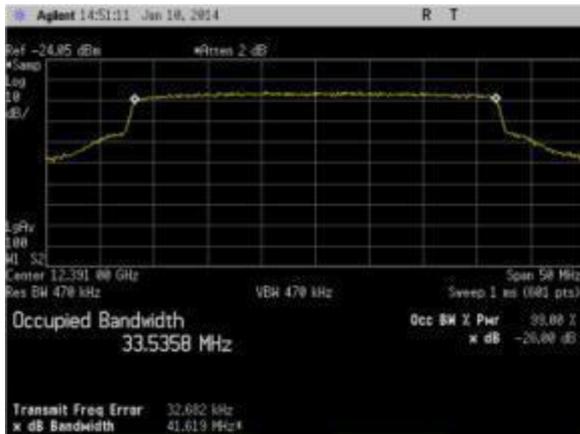


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-1 CS 衛星折り返し
16APSK 1/3

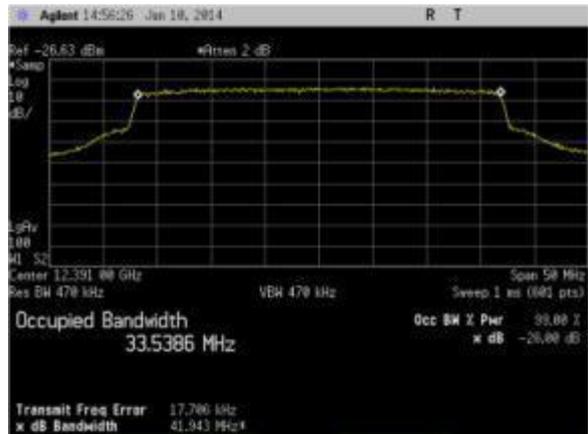


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-2 CS 衛星折り返し
16APSK 2/5

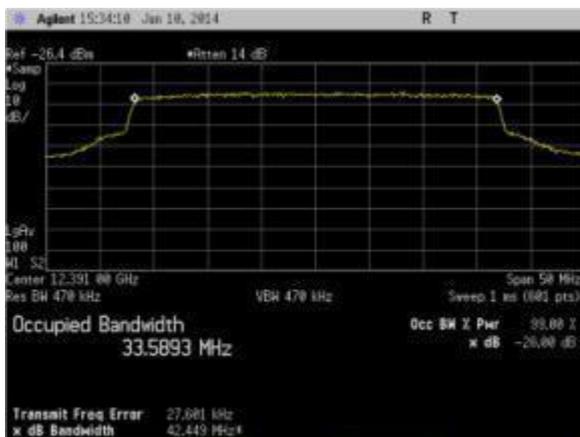


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-3 CS 衛星折り返し
16APSK 1/2

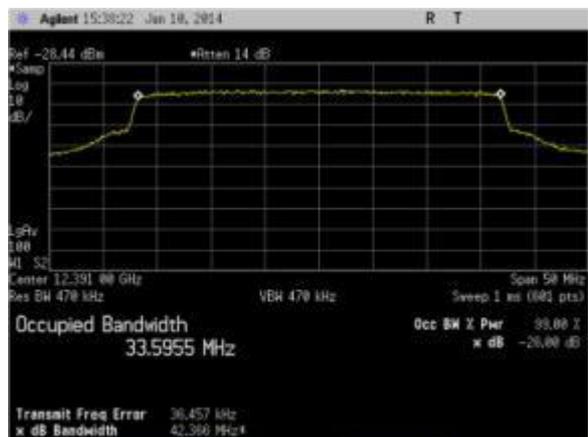


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-4 CS 衛星折り返し
16APSK 3/5

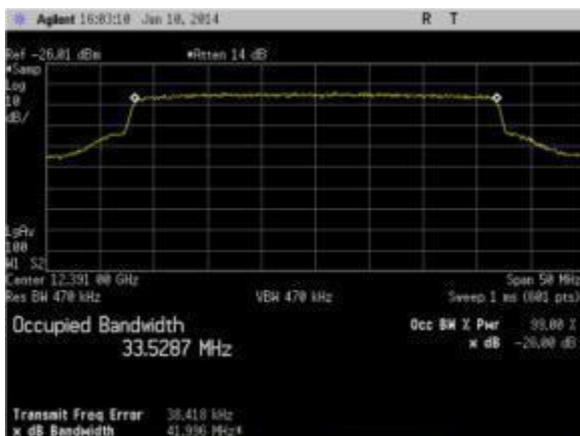


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-5 CS 衛星折り返し
16APSK 2/3

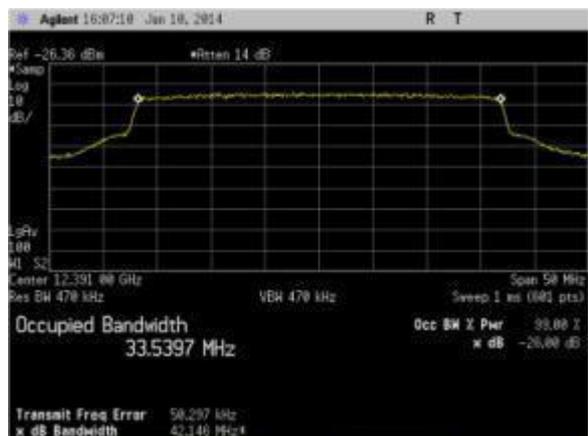


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-6 CS 衛星折り返し
16APSK 3/4

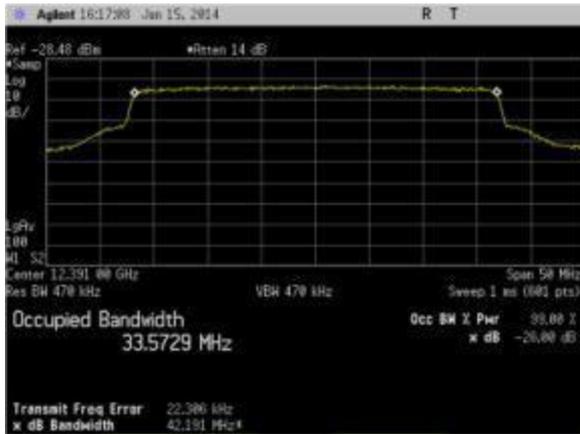


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-7 CS 衛星折り返し
16PSK 7/9

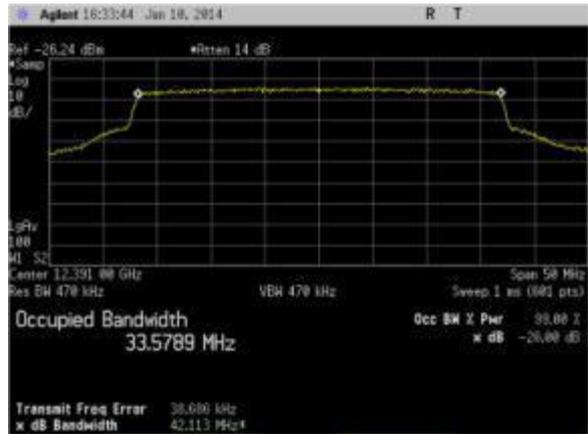


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-8 CS 衛星折り返し
16PSK 4/5

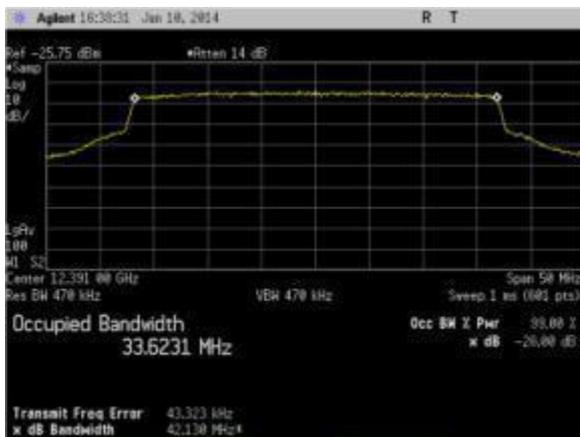


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-9 CS 衛星折り返し
16PSK 5/6

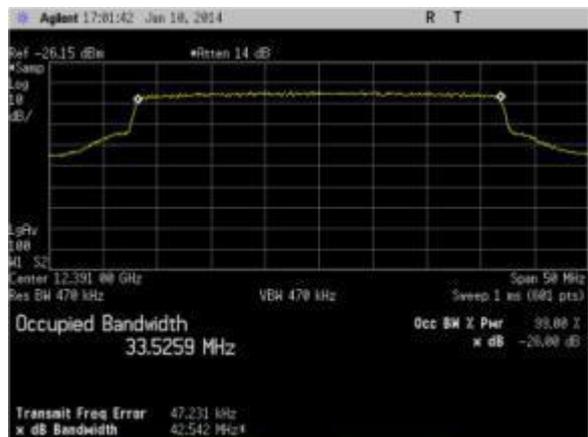


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-10 CS 衛星折り返し
16PSK 7/8

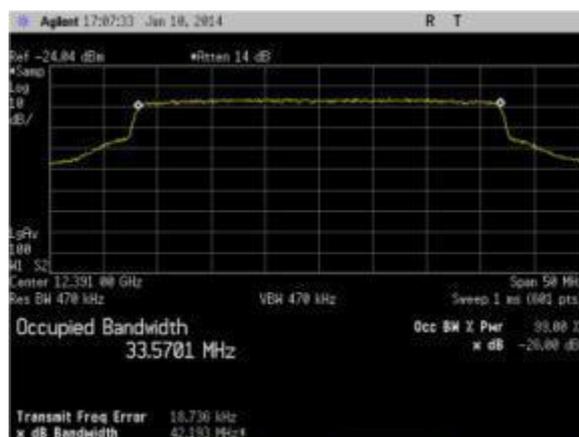


図 1. 3. 3. 2. 1. 4-11 CS 衛星折り返し
16PSK 9/10

1. 3. 3. 2. 1. 5 CS 衛星折り返し 32APSK

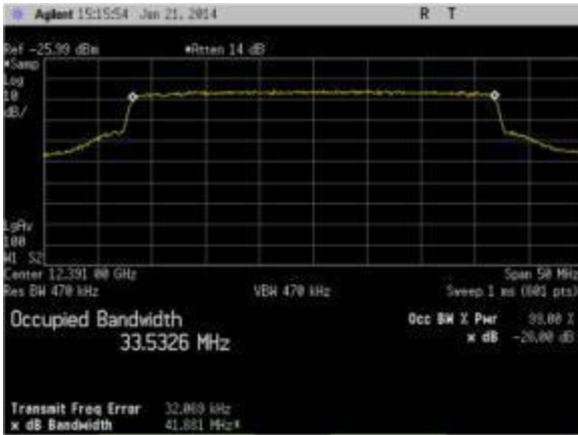


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-1 CS 衛星折り返し
32APSK 1/3

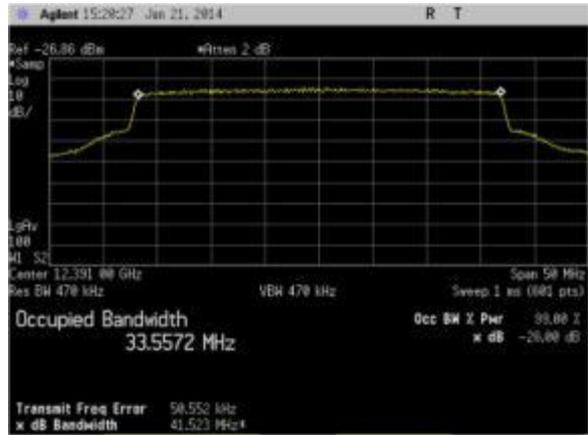


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-2 CS 衛星折り返し
32APSK 2/5

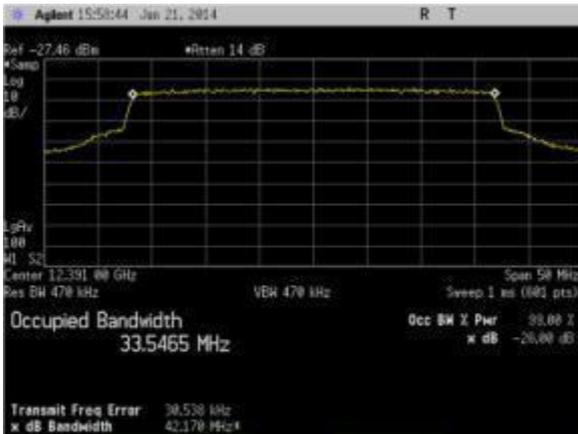


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-3 CS 衛星折り返し
32APSK 1/2

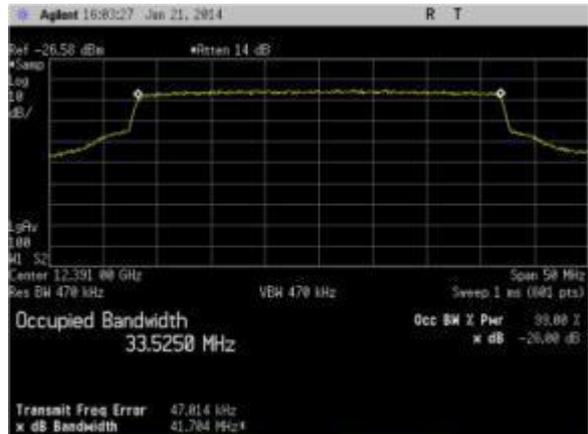


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-4 CS 衛星折り返し
32APSK 3/5

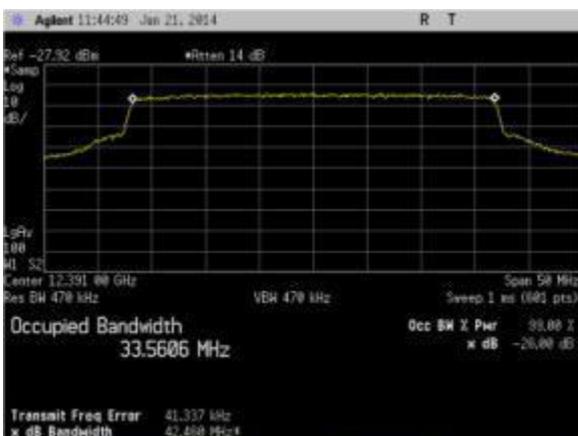


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-5 CS 衛星折り返し
32APSK 2/3

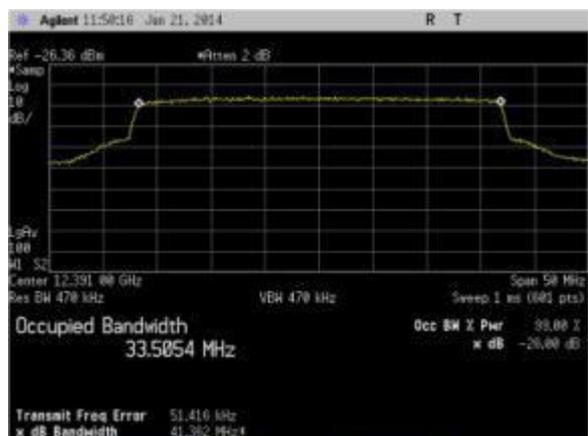


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-6 CS 衛星折り返し
32APSK 3/4

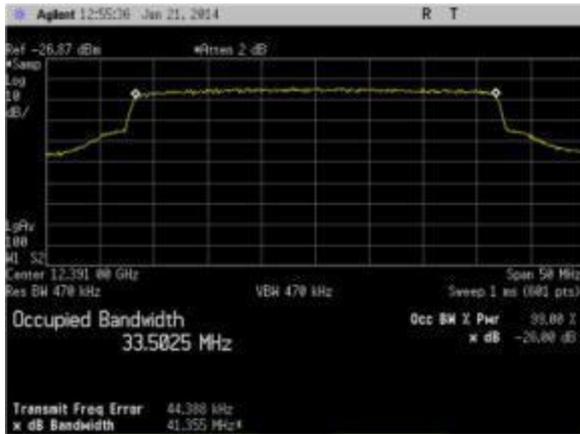


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-7 CS 衛星折り返し
32APSK 7/9

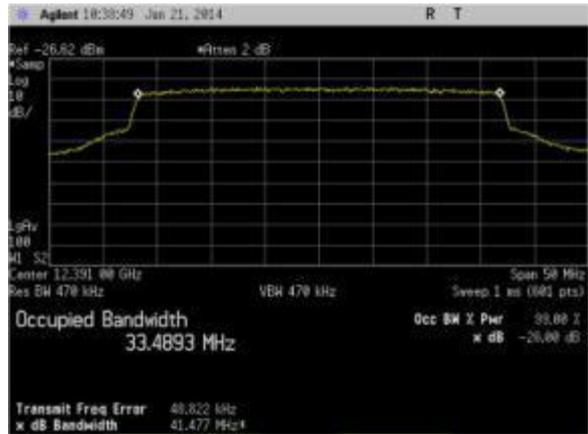


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-8 CS 衛星折り返し
32APSK 4/5

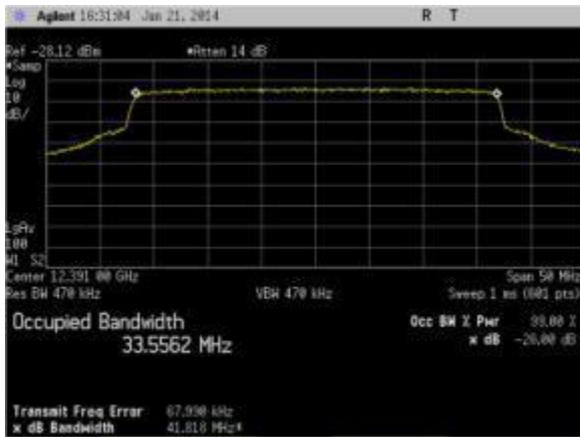


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-9 CS 衛星折り返し
32APSK 5/6

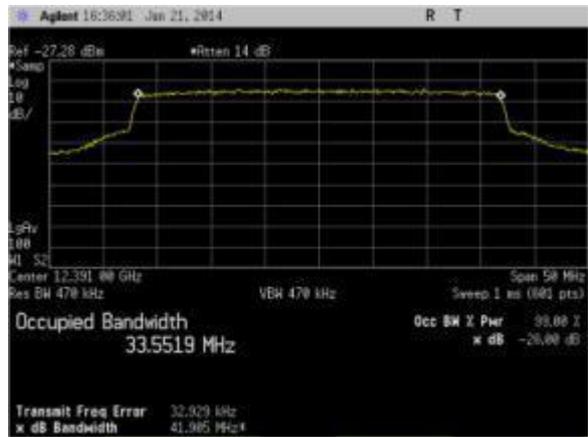


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-10 CS 衛星折り返し
32APSK 7/8

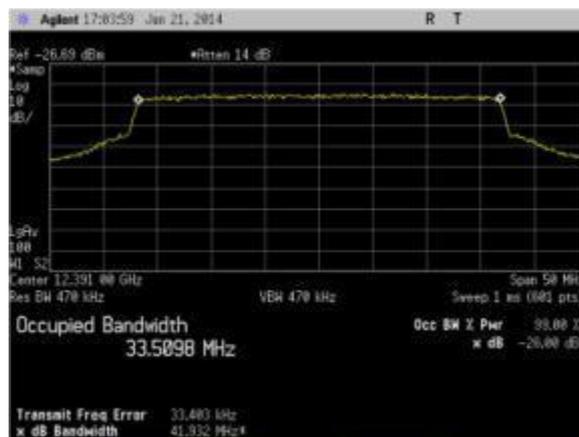


図 1. 3. 3. 2. 1. 5-11 CS 衛星折り返し
32APSK 9/10

1.3.3.3 CS 衛星折り返し受信コンスタレーション

1.3.3.3.1 CS 衛星中継器折り返し受信コンスタレーション

測定条件：シンボルレート 33.7561Mbaud、ロールオフ率 0.03

$\pi/2$ シフト BPSK、QPSK は符号化率 1 種類で測定。

16APSK、32APSK は符号化率毎に測定。

1.3.3.3.1.1 CS 衛星折り返し $\pi/2$ シフト BPSK

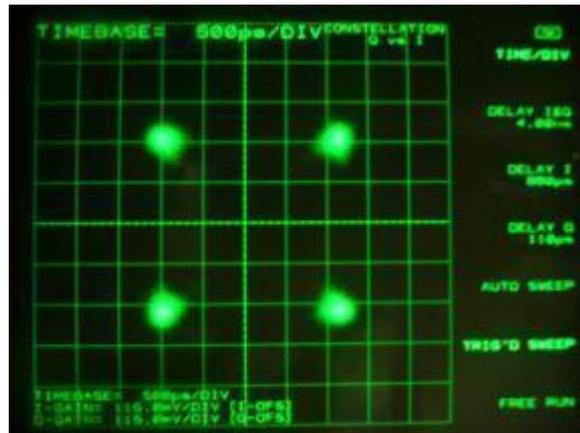


図 1.3.3.3.1.1 CS 衛星折り返し $\pi/2$ シフト BPSK

1.3.3.3.1.2 CS 衛星折り返し QPSK

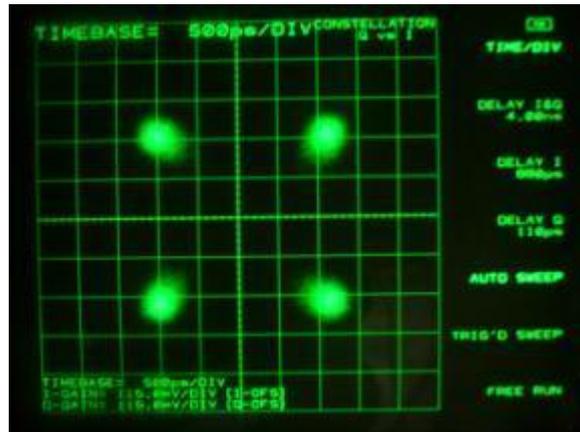


図 1.3.3.3.1.2 CS 衛星折り返し QPSK 1/2

1.3.3.3.1.3 CS 衛星折り返し 8PSK

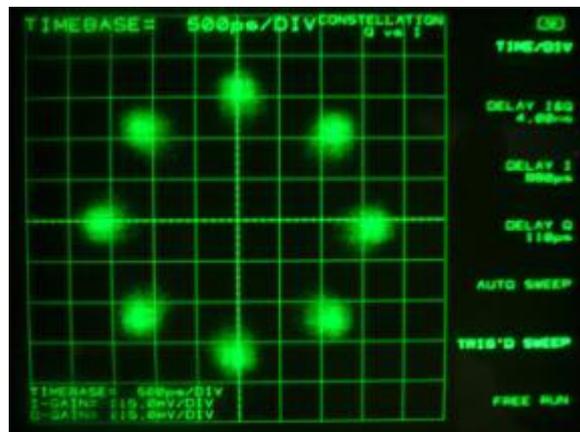


図 1.3.3.3.1.3 CS 衛星折り返し 8PSK 3/4

1. 3. 3. 3. 1. 4 CS 衛星折り返し 16APSK

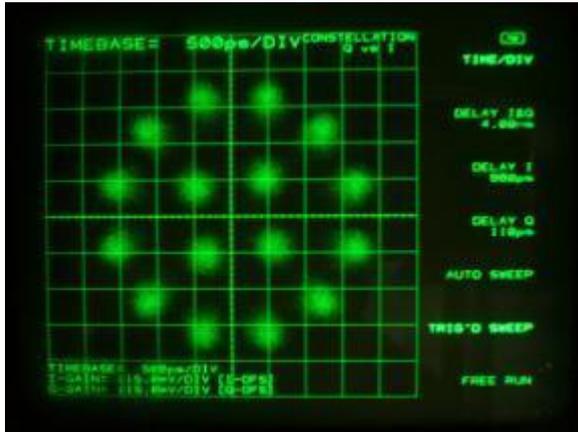


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-1 CS 衛星折り返し
16APSK 1/3

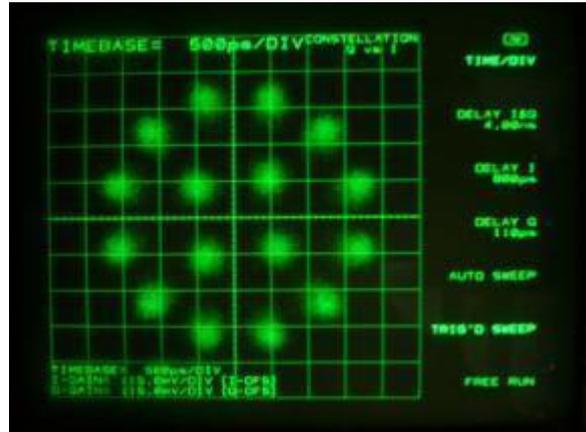


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-2 CS 衛星折り返し
16APSK 2/5

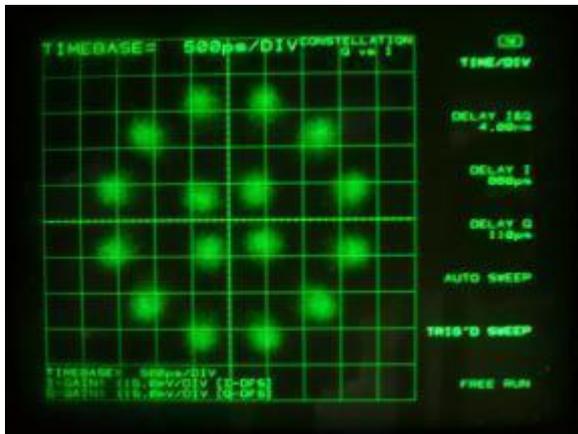


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-3 CS 衛星折り返し
16APSK 1/2

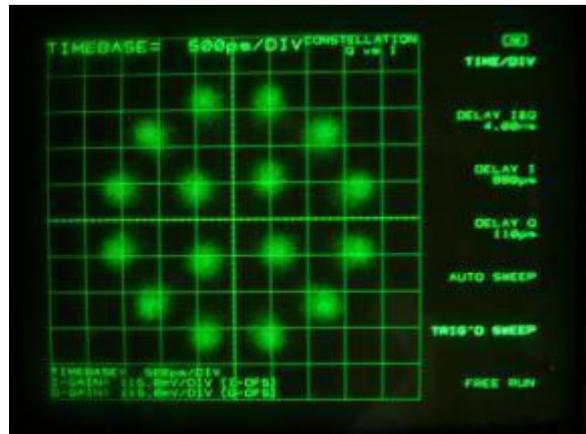


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-4 CS 衛星折り返し
16APSK 3/5

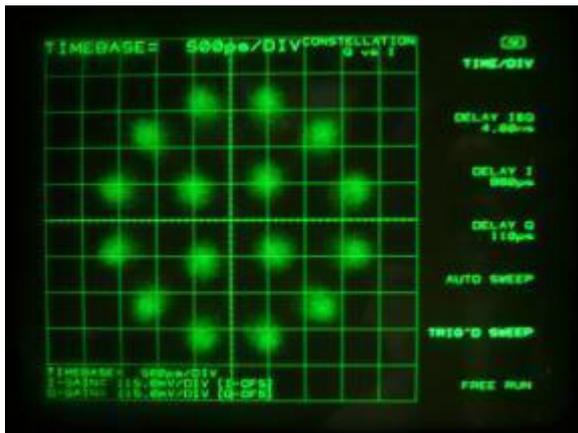


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-5 CS 衛星折り返し
16APSK 2/3

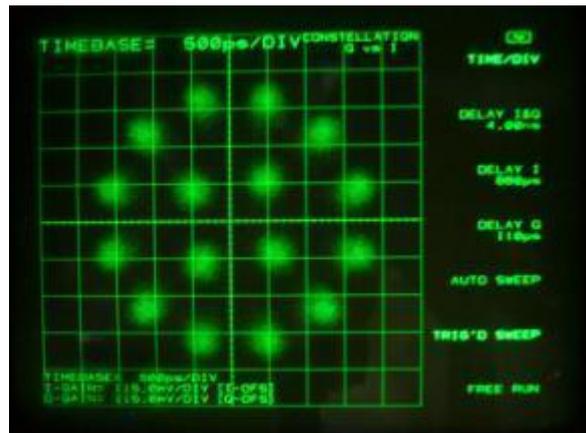


図 1. 3. 3. 3. 1. 4-6 CS 衛星折り返し
16APSK 3/4

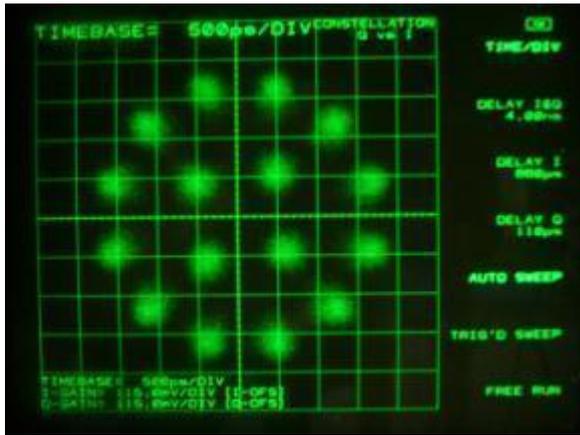


図 1.3.3.3.1.4-7 CS 衛星折り返し
16PSK 7/9

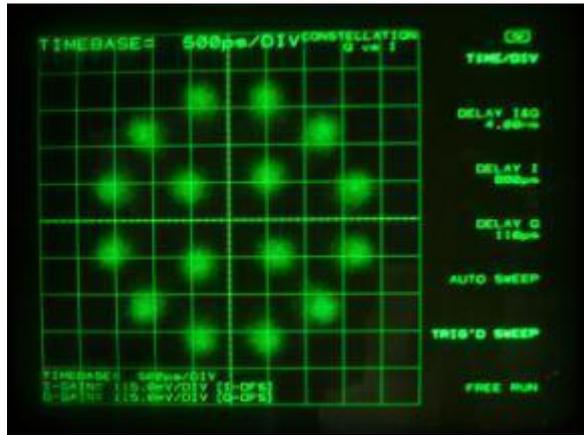


図 1.3.3.3.1.4-8 CS 衛星折り返し
16PSK 4/5

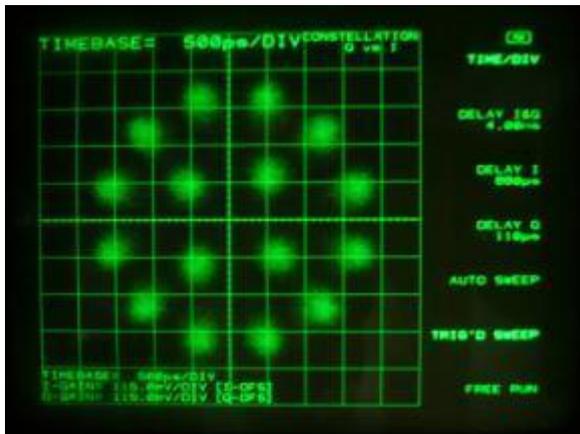


図 1.3.3.3.1.4-9 CS 衛星折り返し
16PSK 5/6

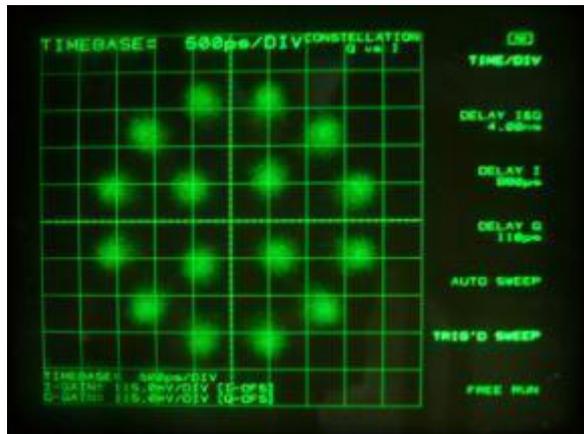


図 1.3.3.3.1.4-10 CS 衛星折り返し
16PSK 7/8

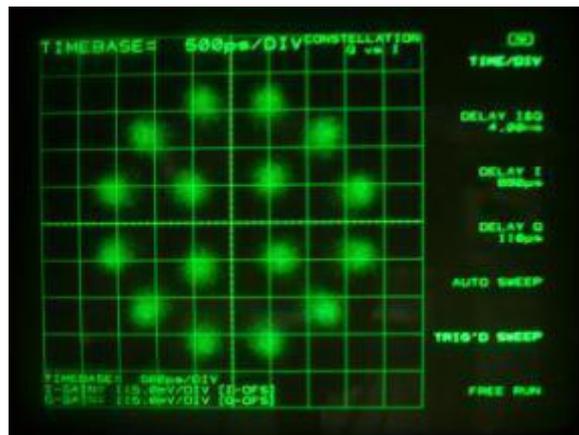


図 1.3.3.3.1.4-11 CS 衛星折り返し
16PSK 9/10

1. 3. 3. 3. 1. 5 CS 衛星折り返し 32APSK

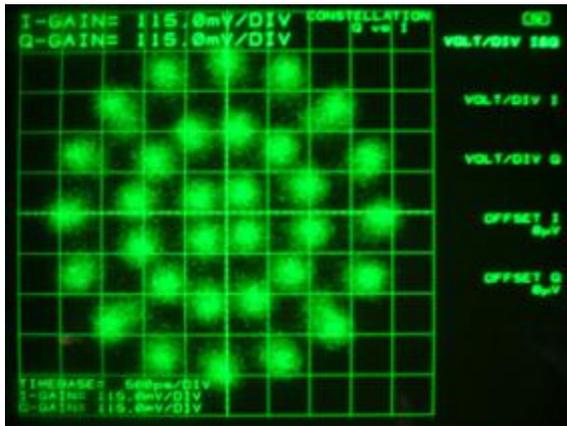


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-1 CS 衛星折り返し
32APSK 1/3

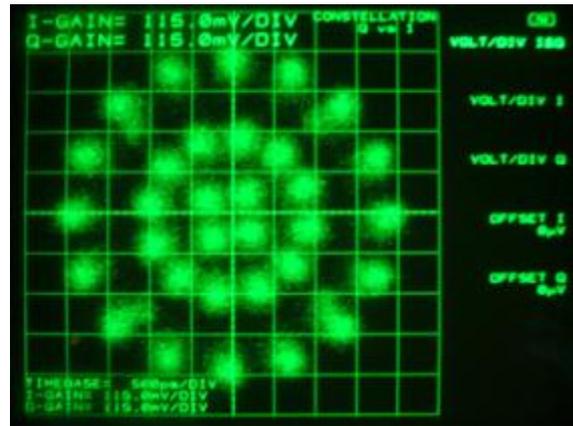


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-2 CS 衛星折り返し
32APSK 2/5

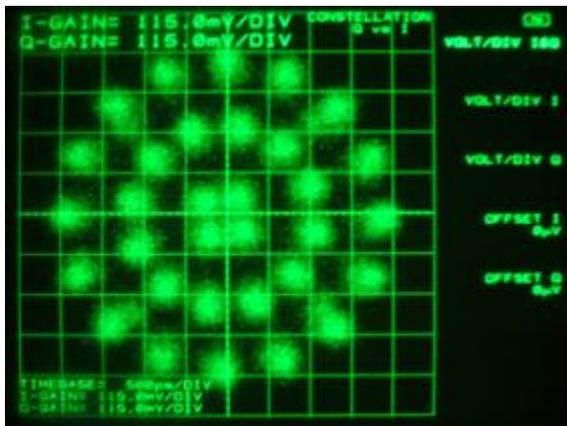


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-3 CS 衛星折り返し
32APSK 1/2

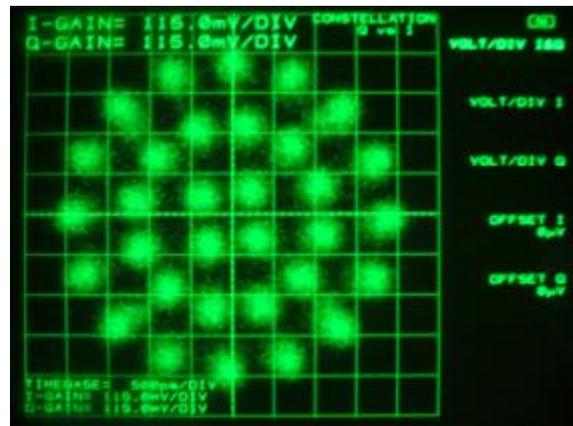


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-4 CS 衛星折り返し
32APSK 3/5

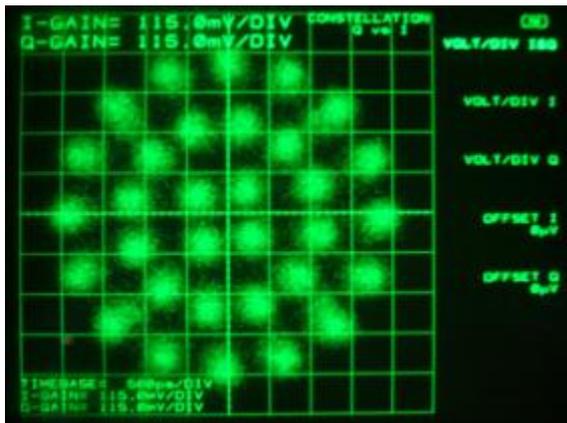


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-5 CS 衛星折り返し
32APSK 2/3

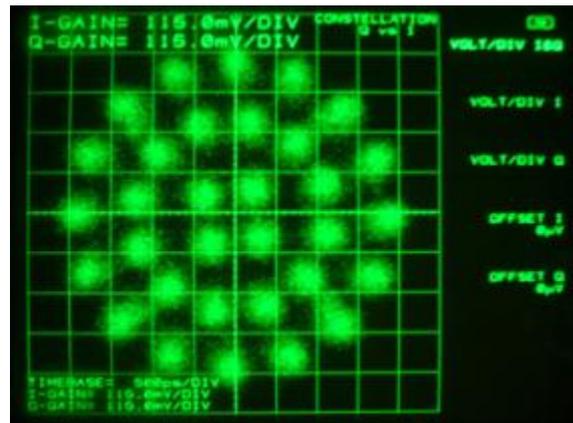


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-6 CS 衛星折り返し
32APSK 3/4

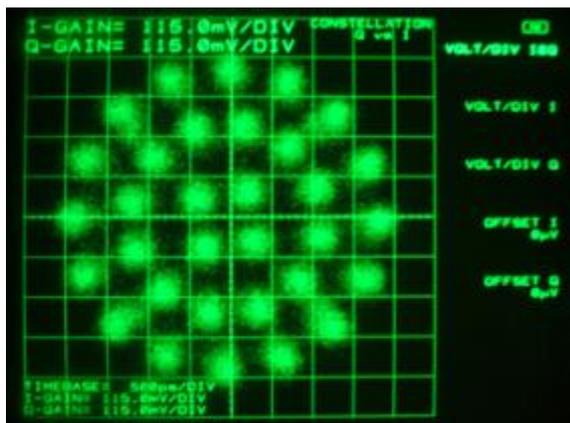


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-7 CS 衛星折り返し
32APSK 7/9

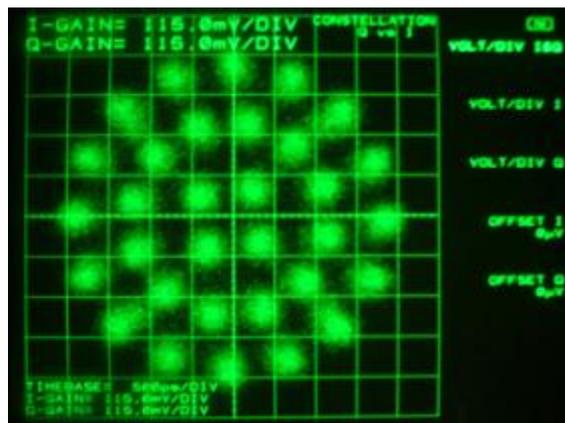


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-8 CS 衛星折り返し
32APSK 4/5

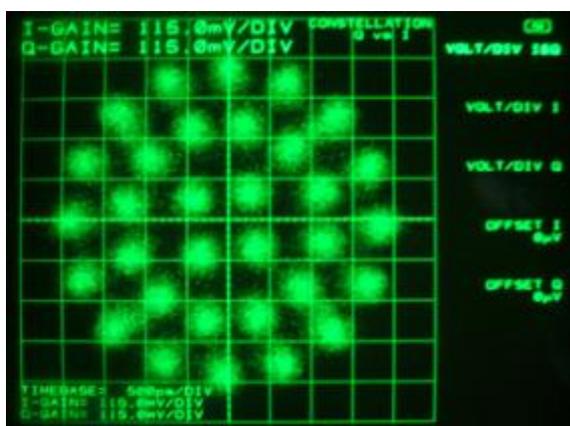


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-9 CS 衛星折り返し
32APSK 5/6

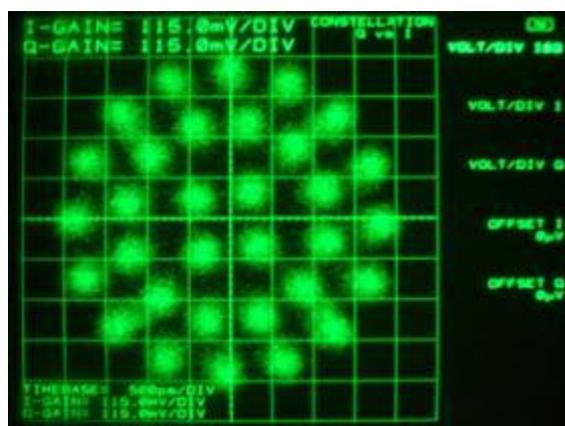


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-10 CS 衛星折り返し
32APSK 7/8

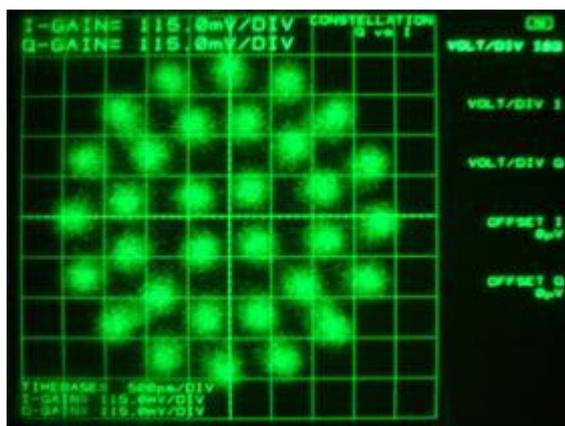


図 1. 3. 3. 3. 1. 5-10 CS 衛星折り返し
32APSK 9/10

BS 衛星伝送実験結果

1.4. BS 衛星伝送実験 実験結果

1.4.1 BS 衛星伝送実験における測定条件

シンボルレート、ロールオフ率暫定値(33.7561Mbaud、0.03)を用いて、BS 衛星折返しの伝送性能評価を行う。測定項目を表 1.4.1-1 に示す。

表 1.4.1-1 : BS を用いた衛星実験における実験項目

測定項目	概要	対応する節
BS 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率	BS 衛星折り返しでの C/N 対ビット誤り率を測定	1.4.2
BS 衛星折り返し スペクトラム確認	BS 衛星折り返しでの スペクトラム、占有帯域幅、受信コンスタレーションを測定	1.4.2 1.4.3
BS 衛星折り返し 市販の衛星放送受信アンテナ での受信確認	45cm アンテナ出力を受信機に入力し、 正常に受信できることを確認する。	1.4.4

BS 実験における衛星中継器動作点は、表 1.4.1-2 に示す値を適用した。

表 1.4.1-2 BS 実験における衛星中継器動作点

変調方式・符号化率	衛星中継器出力バックオフ [dB]
8PSK 3/4	飽和出力
16APSK 3/4	2.2
16APSK 7/9	2.2
32APSK 7/9	2.9
32APSK 4/5	2.9

1.4.2 BS 衛星折返しにおける C/N 対ビット誤り率測定

実験内容： BS 衛星折返しにおける C/N 対ビット誤り率測定を行う。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

表 1.4.2.1、表 1.4.2.2 に BS 衛星折返しにおける所要 C/N 及び所要 C/N 劣化量を示す。比較のため、表 1.4.2.1、表 1.4.2.2 には計算機シミュレーション及び IF 折返しにおける所要 C/N も併記した。図 1.4.2.1-1～図 1.4.2.1-5 に C/N 対ビット誤り率特性を示す。図 1.4.2.2.1～図 1.4.2.2.2 にスペクトル写真、図 1.4.2.3 に受信コンスタレーション写真を示す。

表 1.4.2.1 BS 衛星伝送実験 所要 C/N 一覧

変調方式 符号化率	シミュレーション [dB] ①	IF折り返し 所要C/N [dB] ②	衛星折り返し 所要C/N [dB] ③
8PSK 3/4	7.9	8.1	9.3
16APSK 3/4	10.2	10.6	11.8
16APSK 7/9	10.8	11.1	12.6
32APSK 2/3	11.7	12.3	14.2
32APSK 4/5	14.0	14.4	17.4

表 1.4.2.2 BS 衛星伝送実験 所要 C/N 劣化量一覧

変調方式 符号化率	IF劣化 [dB] (②-①)	衛星劣化 [dB] (③-①)
8PSK 3/4	0.2	1.4
16APSK 3/4	0.4	1.6
16APSK 7/9	0.3	1.8
32APSK 2/3	0.6	2.5
32APSK 4/5	0.4	3.4

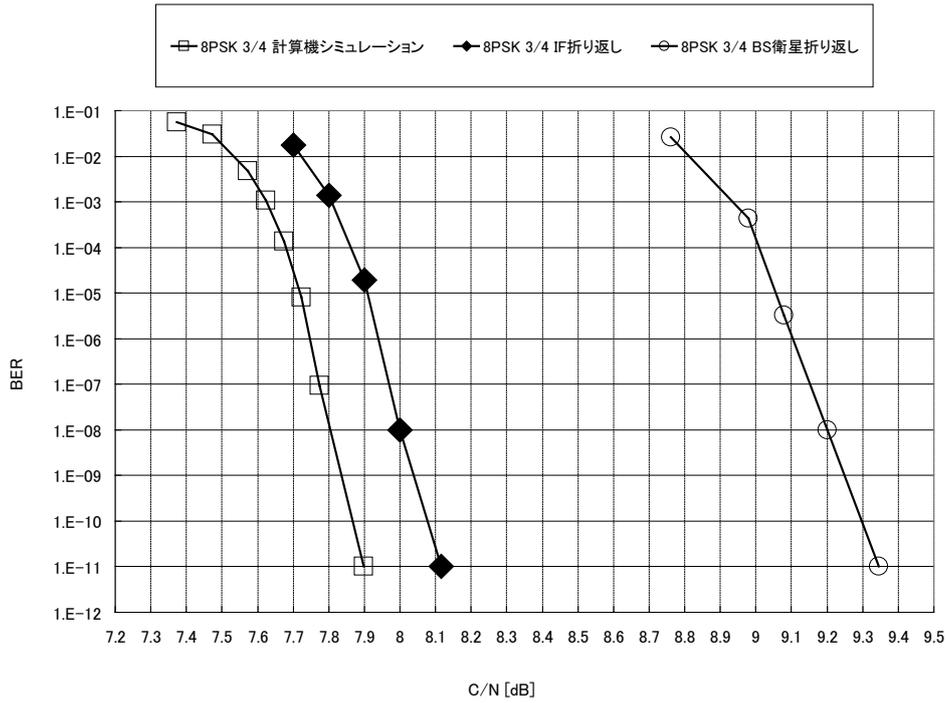


図 1.4.2.1-1 BS 衛星実験 8PSK 3/4
C/N 対ビット誤り率特性

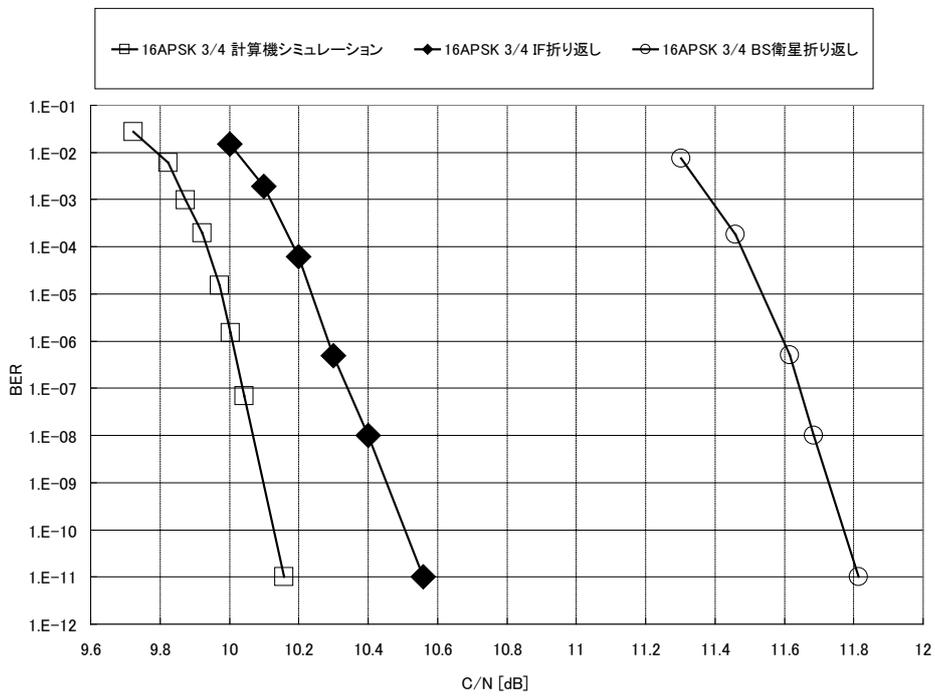


図 1.4.2.1-2 BS 衛星実験 16APSK 3/4
C/N 対ビット誤り率特性

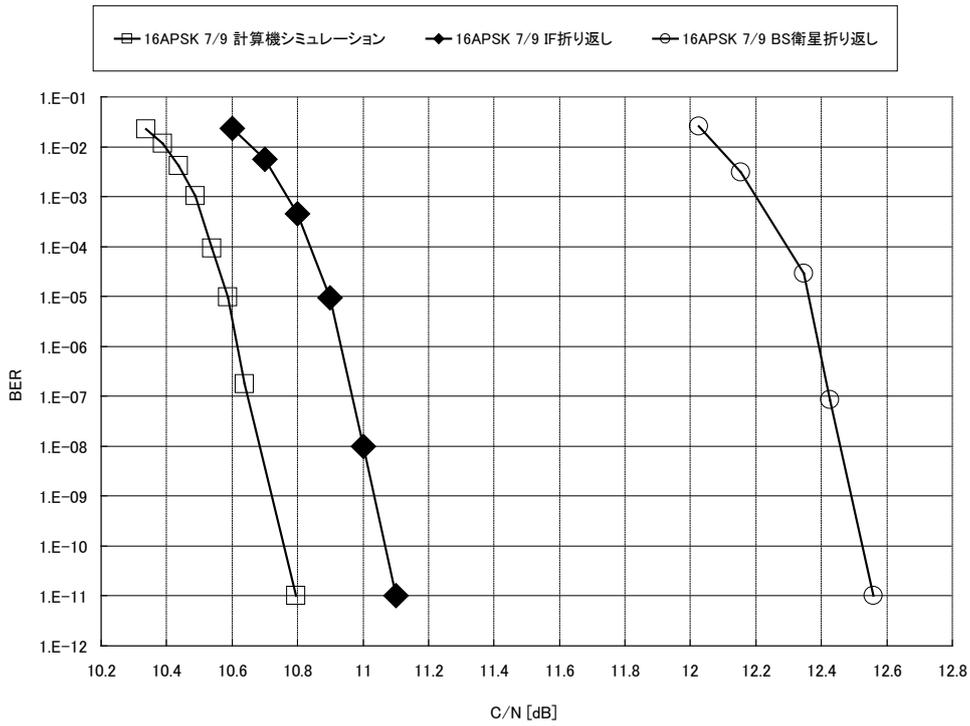


図 1. 4. 2. 1-3 BS 衛星実験 16PSK 7/9
C/N 対ビット誤り率特性

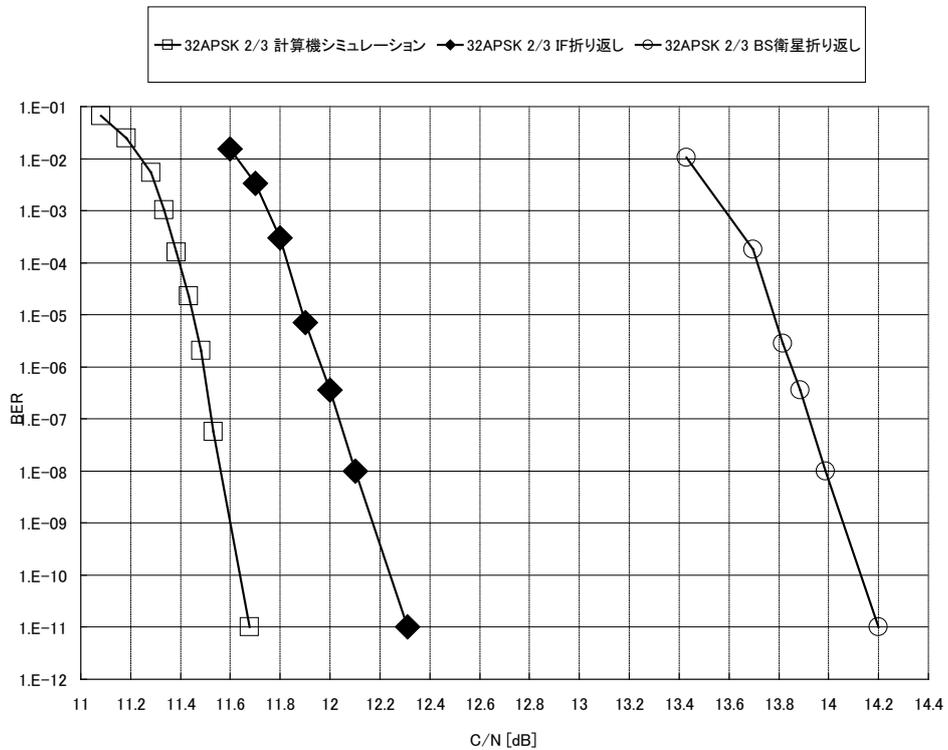


図 1. 4. 2. 1-4 BS 衛星実験 32APSK 2/3
C/N 対ビット誤り率特性

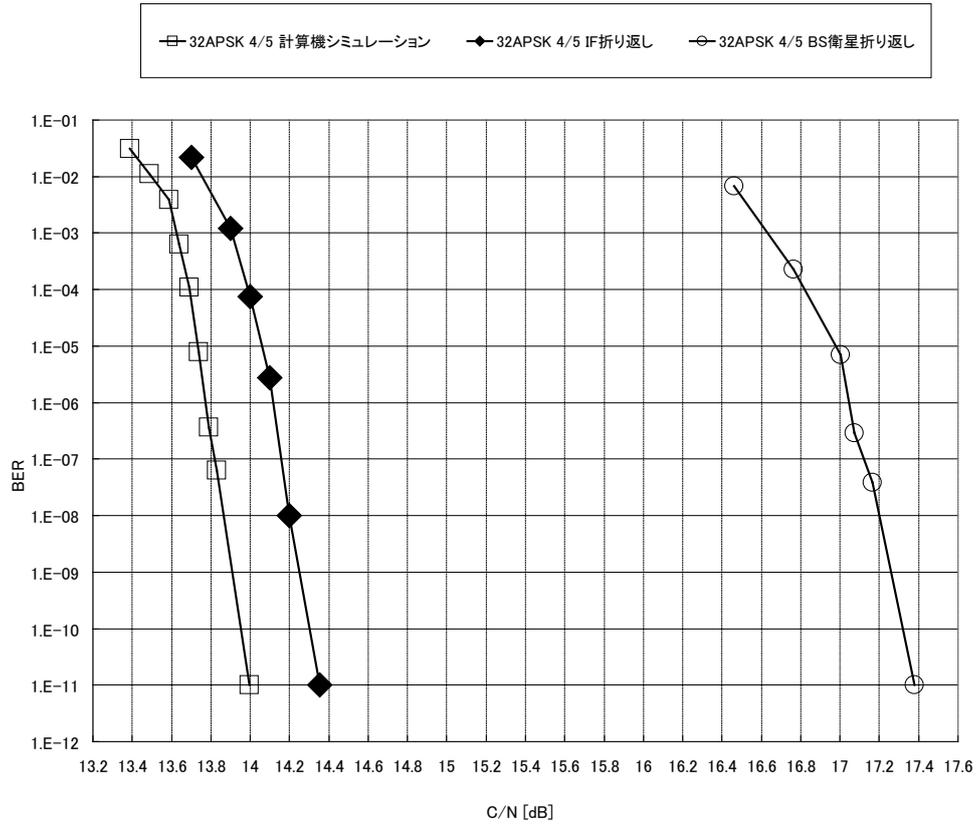


図 1. 4. 2. 1-5 BS 衛星実験 32APSK 4/5
C/N 対ビット誤り率特性

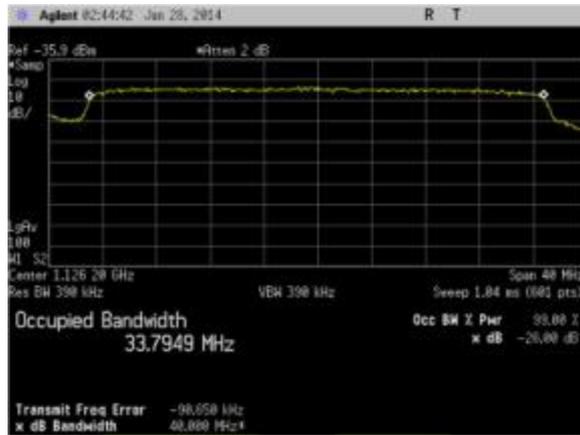


図 1.4.2.2.1-1

BS 衛星折り返し 8PSK 3/4
(スパン : 40MHz)

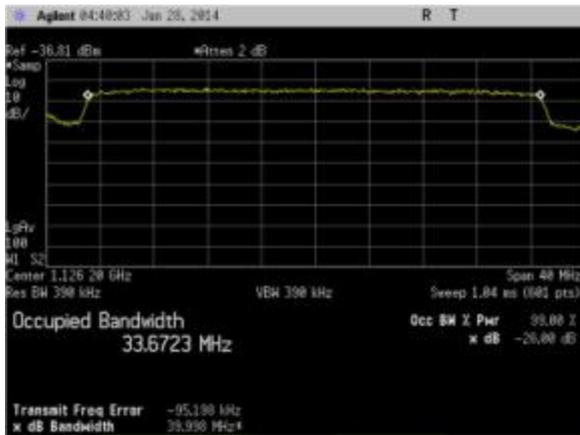


図 1.4.2.2.1-2

BS 衛星折り返し 16APSK 3/4
(スパン : 40MHz)

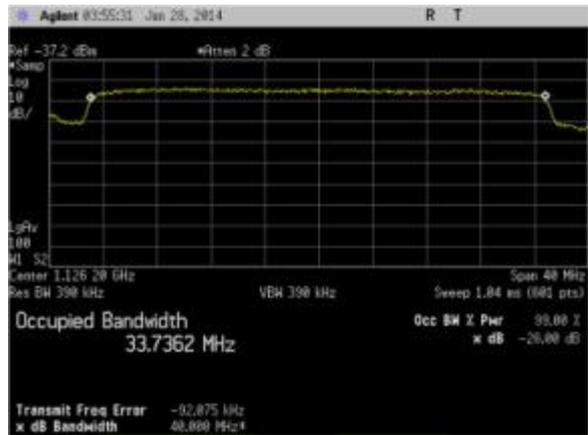


図 1.4.2.2.1-3

BS 衛星折り返し 16APSK 7/9
(スパン : 40MHz)

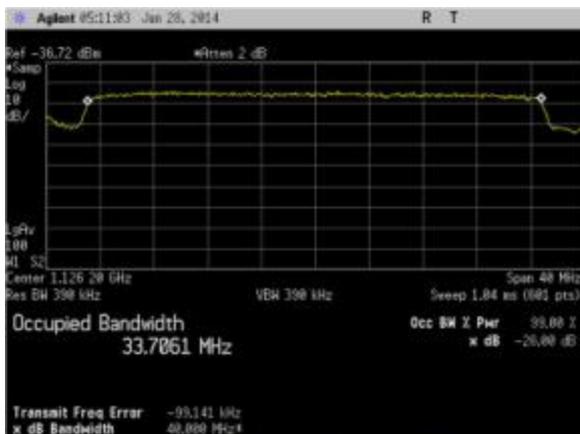


図 1.4.2.2.1-4

BS 衛星折り返し 32APSK 2/3
(スパン : 40MHz)

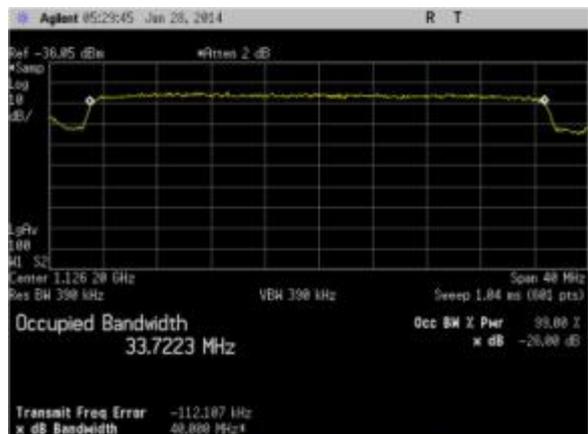


図 1.4.2.2.1-5

BS 衛星折り返し 32APSK 4/5
(スパン : 40MHz)

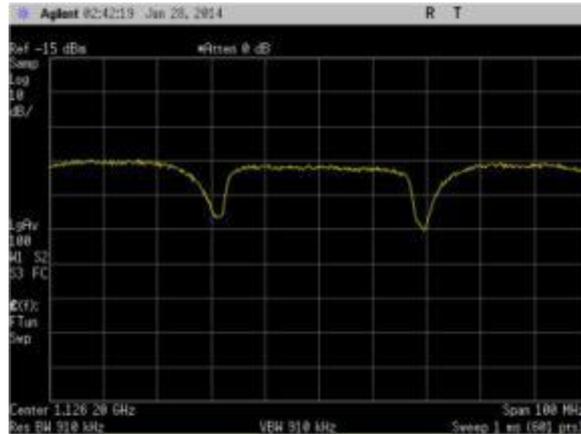


図 1. 4. 2. 2-1

BS 衛星折り返し 8PSK 3/4
(スパン : 100MHz)

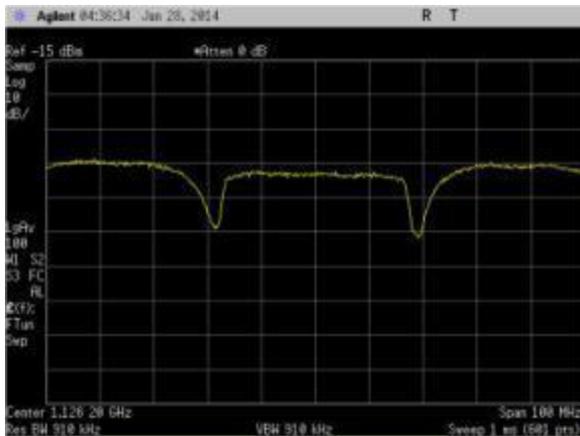


図 1. 4. 2. 2-2

BS 衛星折り返し 16APSK 3/4
(スパン : 100MHz)

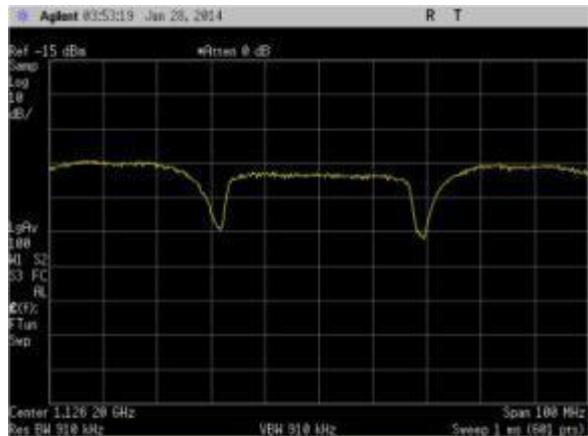


図 1. 4. 2. 2-3

BS 衛星折り返し 16APSK 7/9
(スパン : 100MHz)

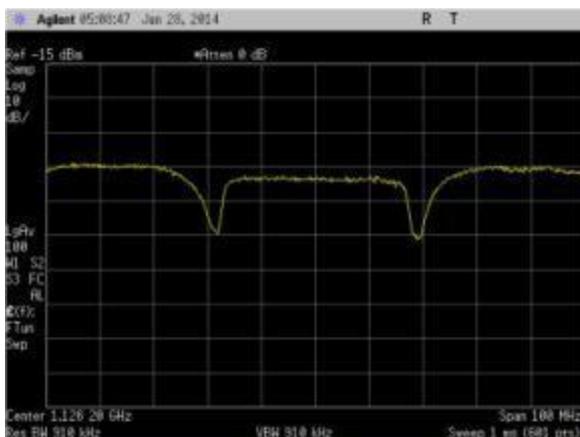


図 1. 4. 2. 2-4

BS 衛星折り返し 32APSK 2/3
(スパン : 100MHz)

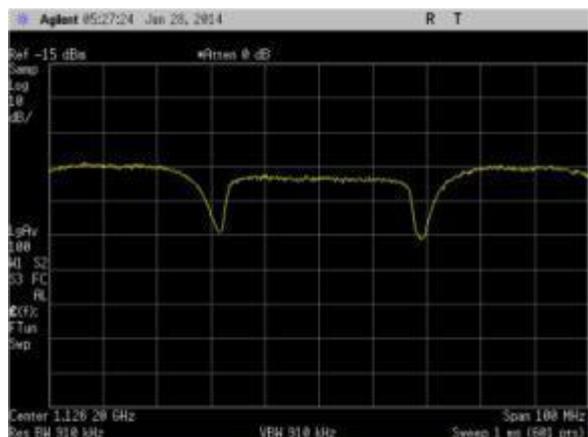


図 1. 4. 2. 2-5

BS 衛星折り返し 32APSK 4/5
(スパン : 100MHz)



図 1. 4. 2. 3-1

BS 衛星折り返し 8PSK 3/4

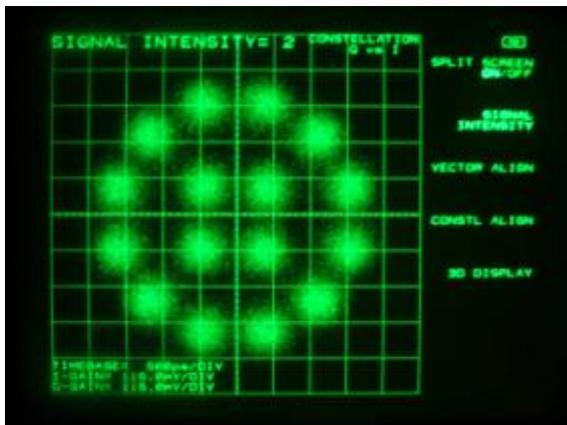


図 1. 4. 2. 3-2

BS 衛星折り返し 16APSK 3/4

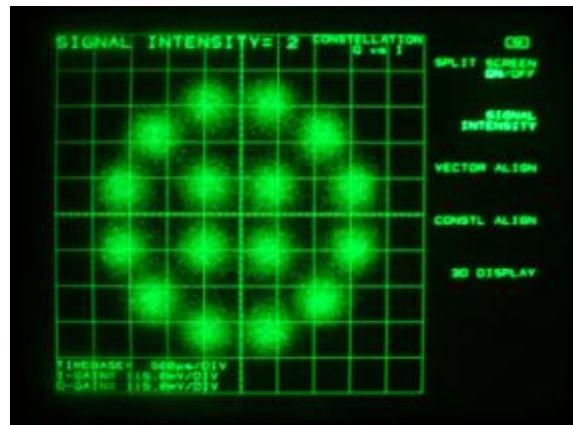


図 1. 4. 2. 3-3

BS 衛星折り返し 16APSK 7/9

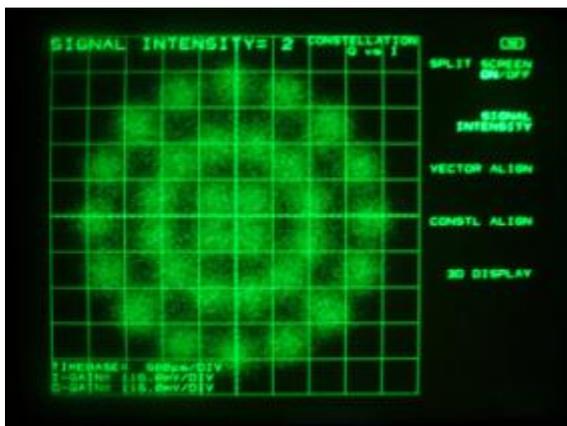


図 1. 4. 2. 3-4

BS 衛星折り返し 32APSK 2/3

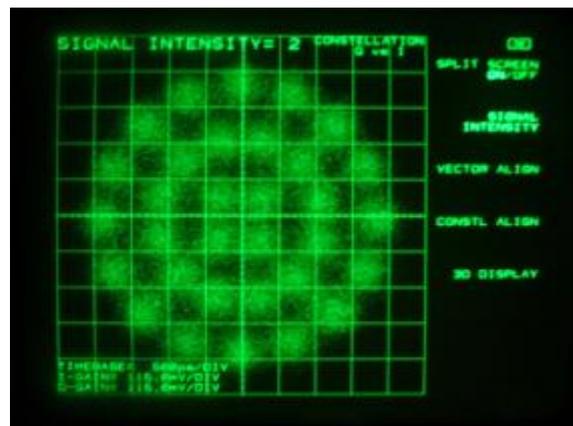


図 1. 4. 2. 3-5

BS 衛星折り返し 32APSK 4/5

1.4.3 BS 衛星中継器折り返しにおける占有帯域幅測定

実験内容： BS 衛星中継器折り返しにおける占有帯域幅測定を行う。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

測定スパン：50MHz(BS 地球局折り返し)、40MHz (BS 衛星折り返し)

表 1.4.3 に BS 衛星中継器折り返しにおける占有帯域幅測定結果一覧を示す。

表 1.4.3 BS 衛星中継器折り返し 占有帯域幅一覧

変調方式 符号化率	BS衛星中継器 占有帯域幅[MHz]
8PSK 3/4	33.8
16APSK 3/4	33.7
16APSK 7/9	33.7
32APSK 2/3	33.7
32APSK 4/5	33.7

1.4.4 BS 衛星折り返しにおける市販の衛星放送受信アンテナでの受信確認

実験内容：BS 衛星折り返しにおける市販の衛星放送受信アンテナでの正常受信を確認する。

測定条件：

シンボルレート：33.7561Mbaud

ロールオフ率：0.03

受信アンテナの仕様を表 1.4.4.1 に、アンテナ外観を図 1.4.4.1 に示す。

表 1.4.4.1 市販の衛星放送受信アンテナ 仕様

項目	数値	備考
型名	マスプロ BSC45RG	
有効開口径	45 cm	
受信偏波	右旋円偏波	
受信周波数	11.7～12.75 GHz	
局部発信周波数	10.678 GHz	
アンテナ利得	33.9 dBi	開口効率 76 %
コンバーター雑音指数	0.6 dB	
G/T	14.5 dB/K	



図 1.4.4.1 市販の衛星放送受信アンテナ外観

市販の衛星放送受信アンテナにおける受信 C/N マージン一覧を表 1.4.4.2 に、C/N 対ビット誤り率特性を図 1.4.2.5.2 に示す。受信信号スペクトラムを図 1.4.4.3 に、受信コンスタレーションを図 1.4.4.4 に示す。表 1.4.4.2 より、16APSK においては衛星中継器において OBO=2.2dB のバックオフを設定しており、衛星中継器出力が低下していることから、受信 C/N=16.0dB と低い値となったが、良好に受信できた。

表 1.4.4.2 市販の衛星放送受信アンテナ受信 C/N マージン一覧

変調方式・ 符号化率	受信 C/N ① [dB]	所要 C/N 測定値[dB]	受信 C/N マージン (②-①) [dB]
16APSK 7/9	16.0	14.4	1.6

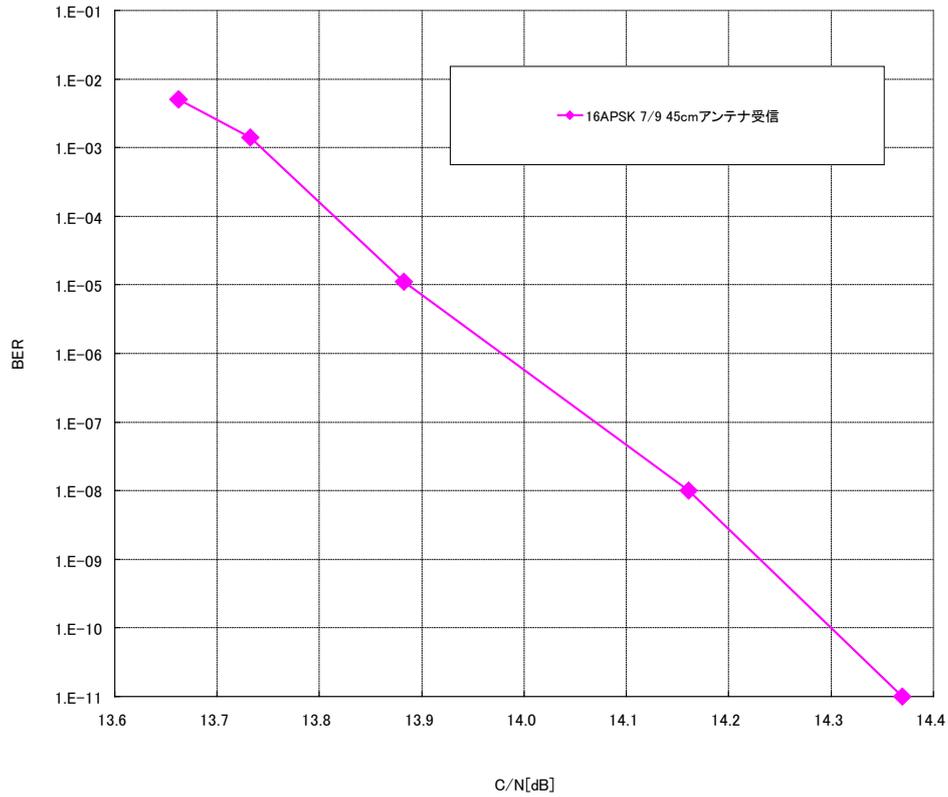


図 1.4.4.2 BS 衛星折り返し 市販の衛星放送受信アンテナ経由 C/N 対ビット誤り率特性

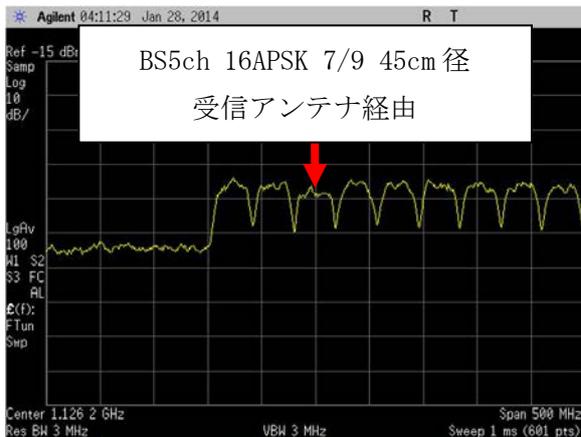


図 1.4.4.3

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
16APSK 7/9 受信スペクトラム

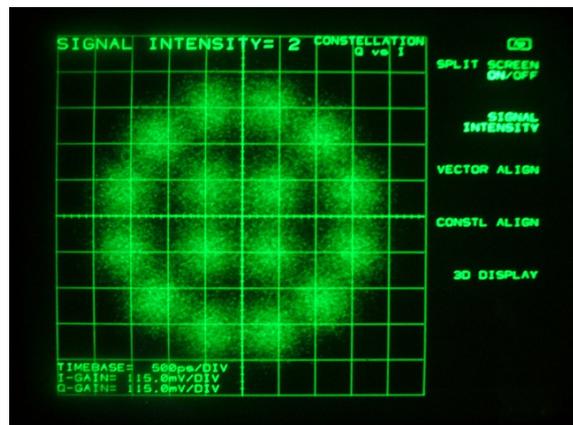


図 1.4.4.4

市販受信アンテナでの受信スペクトラム
16APSK 7/9 受信コンスタレーション

付録

付録 1：CS 衛星伝送実験における衛星中継器動作点

CS 衛星伝送実験における衛星中継器動作点は、変調信号伝送時の衛星中継器入出力特性を実測により確認し、なるべく衛星中継器出力が高い動作点を設定する。図 A1 に、8PSK 及び 16APSK を用いた、変調信号伝送時の衛星中継器入出力特性を示す。測定においては、送信電力測定点を地球局送信 HPA 出力モニターポイント（図 A1 の横軸、地球局変調信号電力）、受信電力測定点を地球局受信 LNB 出力（図 A1 の縦軸、衛星折り返し変調信号電力）とした。

図 A1 の特性を参照し、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK については、衛星中継器出力を最大運用レベル（図 A1 中右端）に設定し、32APSK については非線形歪による劣化の影響を抑えるため、最大運用レベルから 0.5dB 出力を下げたレベルに設定し、実験を行った。

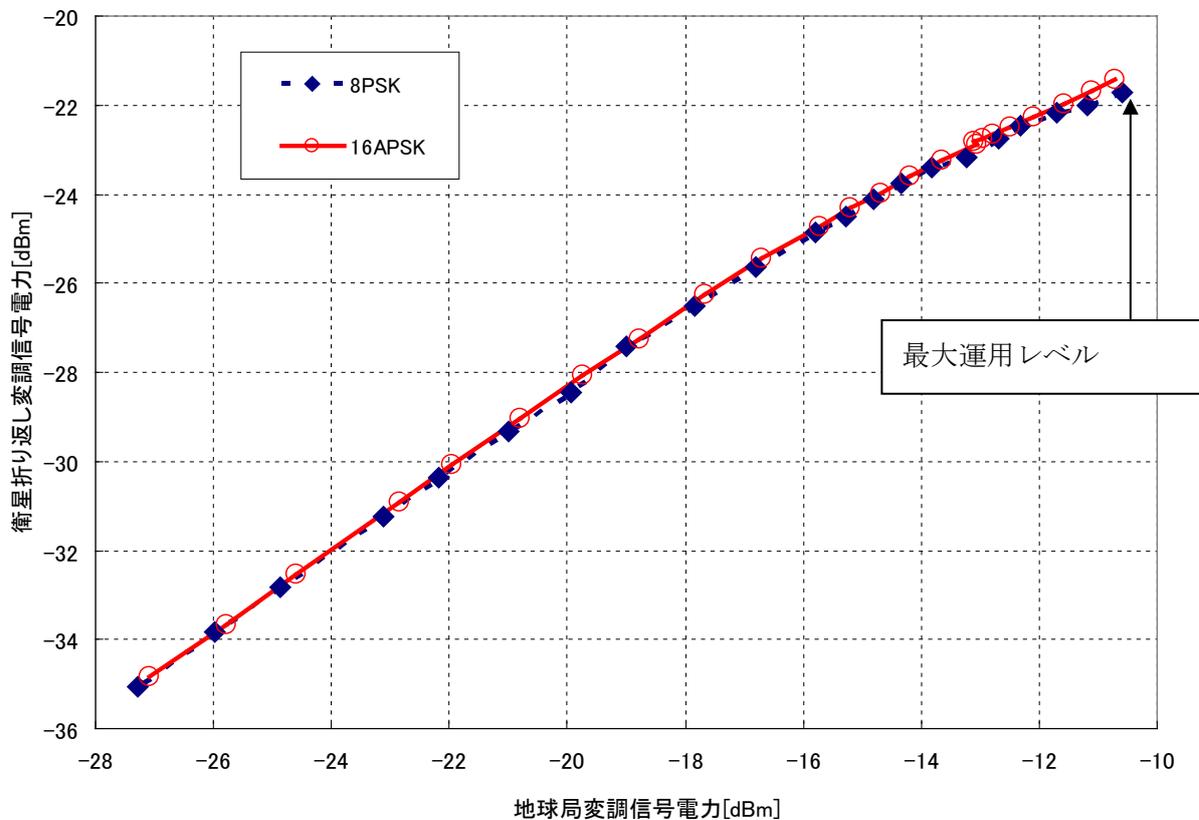


図 A1 CS 衛星伝送実験 変調信号伝送時の衛星中継器入出力特性

付録 2：所要 C/N の定義、所要 C/N の導出方法

ARIB 実証実験においては、 10^{10} ビットのデータに対する誤りビット数を計測することで、ビット誤り率(BER)を測定した。C/N 設定を小から大に 0.1 dB ステップで BER を取得し、BER が 0 になった C/N を、擬似エラーフリーとして、測定を終了した。また BER が非零で最小のデータが 10^{-7} 台以上の場合、擬似エラーフリーとなる C/N に対応する BER として、 1×10^{-8} を補った。これは、 10^{-7} 台の BER であればビット誤りが観測される可能性が非常に高いと予想されるため、 1×10^{-8} である可能性が高いためである。

こうして得られた C/N 対 BER 特性の最も典型的なパターンは、図 A2-1 (a1) または (a2) のようなデータであった。ここで、(a1) では 10^{-8} 台のデータが取得できているので、エラーフリー C/N の BER に 10^{-8} を補っていないが、(a2) では 10^{-8} 台のデータが取得できていないので、エラーフリー C/N の BER に 10^{-8} を補っている。一方、多値数の多い変調方式と、低符号化率 LDPC の組み合わせについては、(b) のように、ウォーターフォール特性が緩やかになる(例. 32APSK1/3 など)。

こうしたデータから、一般に所要 C/N の定義に使われることの多い、BER= 10^{-11} を満たす C/N 値を求める必要がある。

そこで、本実証実験においては、以下に述べる手法により所要 C/N を求めることとした。

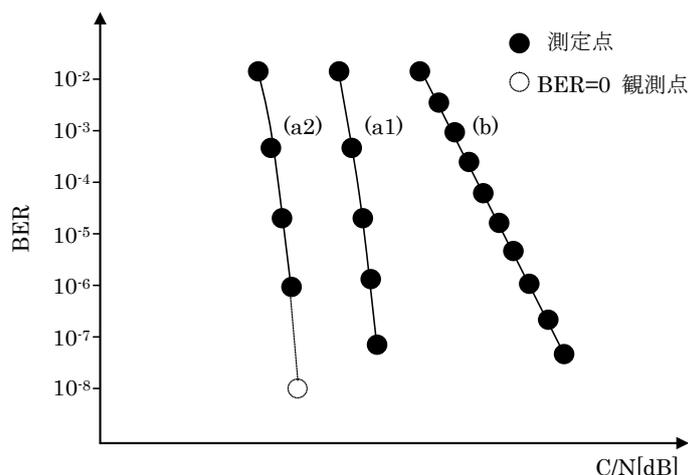


図 A2-1 取得データのパターン

図 A2-2 に示すように、C/N の高い方から 3 点のサンプル(P_1, P_2, P_3)を使い、BER= 10^{-11} に対応する C/N を計算でもとめ、外挿を行った。具体的には、 $P_1 \sim P_2$ 間の勾配および $P_2 \sim P_3$ 間の勾配の平均値を勾配とし、 P_3 を始点とする直線が BER= 10^{-11} と交差する点を P_4 とし、 P_4 に対応する C/N を所要 C/N とした。

ここで、各点の CN、BER を、 $P_1 (CN_1, BER_1)$ 、 $P_2 (CN_2, BER_2)$ 、 $P_3 (CN_3, BER_3)$ 、 $P_4 (CN_4, 10^{-11})$ 、とおくと、所要 C/N は次式で求まる。

$$\text{所要 } C/N = CN_4 = 2 \cdot \frac{\log(10^{-11}) - \log(BER_3)}{\frac{\log(BER_2) - \log(BER_1)}{CN_2 - CN_1} + \frac{\log(BER_3) - \log(BER_2)}{CN_3 - CN_2}} + CN_3$$

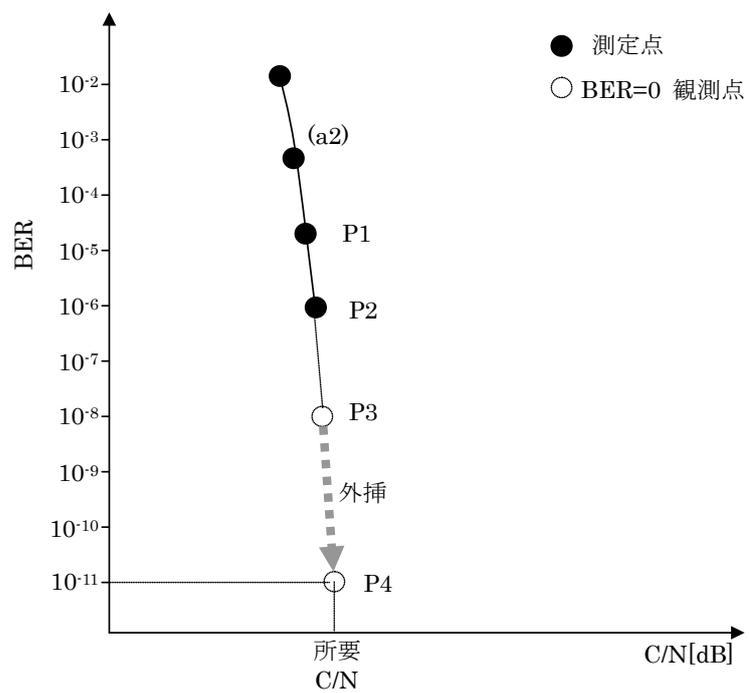


図 A2-2 データの外挿による所要 C/N の導出

付録 3 : CS 衛星伝送実験における受信 C/N 補正

CS 衛星伝送実験においては、アップリンク及びダウンリンク C/N が有限であり、ダウンリンク C/N と C/N 測定用テストセット設定値（測定機種名：3708A（HP 製））にずれが生じる。このため、測定日毎に、受信 C/N 対テストセット設定 C/N 補正カーブをスペクトラムアナライザ（測定機種名：E4446A（Agilent 製））の電力測定機能により取得し、ダウンリンク C/N 付近の受信 C/N（テストセット C/N=14dB 以上）においては、補正カーブによる補正を行う。

スペクトラムアナライザの電力測定機能を用いた受信 C/N 測定方法を以下に示す。

手順 1 : 受信 C+N の測定

スペクトラムアナライザの積分電力機能を利用し、受信信号中心周波数 F_c の信号電力 P_{C+N} を測定する。積分帯域幅は 20MHz に設定する。

手順 2 : 受信 N の測定

中心周波数を $F_c-30\text{MHz}$ に設定し、手順 1 同様に雑音電力 P_N を測定する。積分帯域幅は 20MHz に設定する。

手順 3 : 受信 C/N の計算

手順 1、手順 2 で取得した P_{C+N} 、 P_N を用いて、式①により受信 C/N 補正值 ($C/N_{\text{corrected}}$) を取得する。

$$C/N_{\text{corrected}} = 10 \log \left(\frac{10^{(P_{C+N}/10)} - 10^{(P_N/10)}}{10^{(P_N/10)}} \right) \quad \text{①}$$

図 A3 に CS 衛星伝送実験の衛星折り返しにおける、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK のテストセット C/N 対受信 C/N 補正カーブを示す。図 A3 より、テストセット C/N 設定値 14dB までは線形な特性が得られており、テストセット C/N の精度が保たれていることが確認できる。一方、14dB 以上の領域からアップリンク及びダウンリンク C/N が有限であることに起因する飽和傾向が確認できる。よって、CS 衛星伝送実験においては、所要 C/N=14dB 以上の変調方式・符号化率に関しては、図 A3 による補正カーブを用いて、受信 C/N 補正を行った。

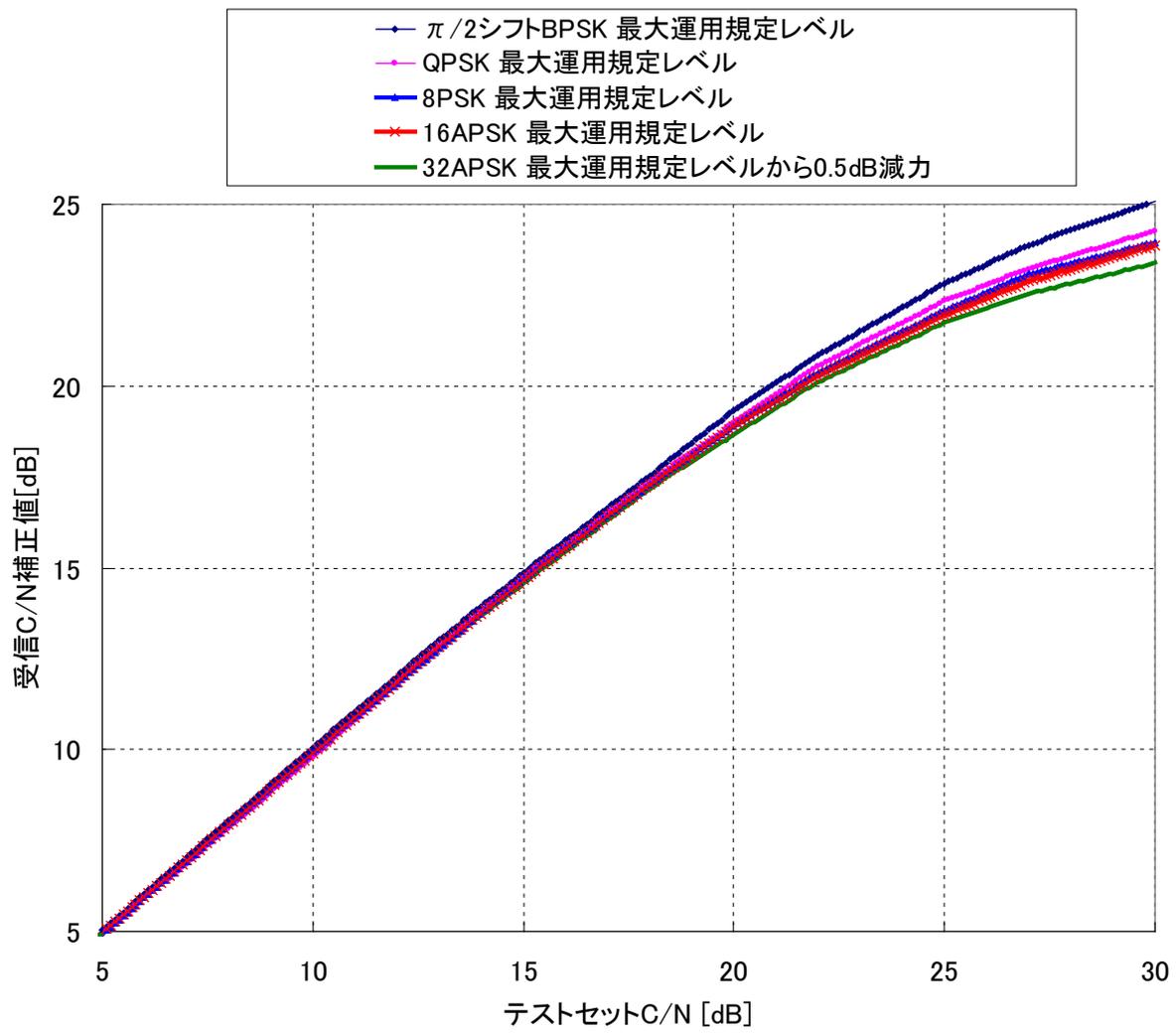


図 A3 CS 衛星伝送実験 衛星折り返し テストセット C/N 対受信 C/N 補正カーブ

付録 4 : BS 衛星伝送実験における受信 C/N 補正

実験で使用した BS5ch アップリンク用車載局の送信 EIRP は、隣接する BS3ch および BS7ch 地球局アップリンク局に比べて低いことから、地球局側送信 HPA で発生するリグロース成分が干渉成分として BS5ch アップリンク信号に漏れこみ、所要 C/N の評価に影響を及ぼす。車載局および地球局の送信 EIRP の差と隣接チャンネルから BS5ch に漏れこむ干渉電力を評価し、衛星伝送実験で取得した所要 C/N を補正する。以下に、補正手順を示す。

手順 1 : 隣接チャンネル地球局から BS5ch への干渉電力の評価 (P_C / P_I の測定)

隣接チャンネル用地球局の各送信 HPA モニタ点において測定した ISDB-S 変調信号の $P_{C_3ch_earth} / P_{I_3ch\ to\ 5ch_earth}$ 、 $P_{C_7ch_earth} / P_{I_7ch\ to\ 5ch_earth}$ を表 A4-1 および図 A4-1 に示す。ここで、各変数は以下のとおりである。

$P_{C_3ch_earth}$: BS3ch 用 ISDB-S 変調信号の地球局出力電力 (中心周波数 17.36584GHz)

$P_{C_7ch_earth}$: BS7ch 用 ISDB-S 変調信号の地球局出力電力 (中心周波数 17.44256GHz)

$P_{I_3ch\ to\ 5ch_earth}$: BS3ch 用 ISDB-S 変調信号から発生する BS5ch 側へのリグロース成分電力

$P_{I_7ch\ to\ 5ch_earth}$: BS7ch 用 ISDB-S 変調信号から発生する BS5ch 側へのリグロース成分電力

表 A4-1 : 地球局アップリンク P_C / P_I

	P_C / P_I [dB]
$P_{C_3ch_earth} / P_{I_3ch\ to\ 5ch_earth}$	28.7
$P_{C_7ch_earth} / P_{I_7ch\ to\ 5ch_earth}$	32.1

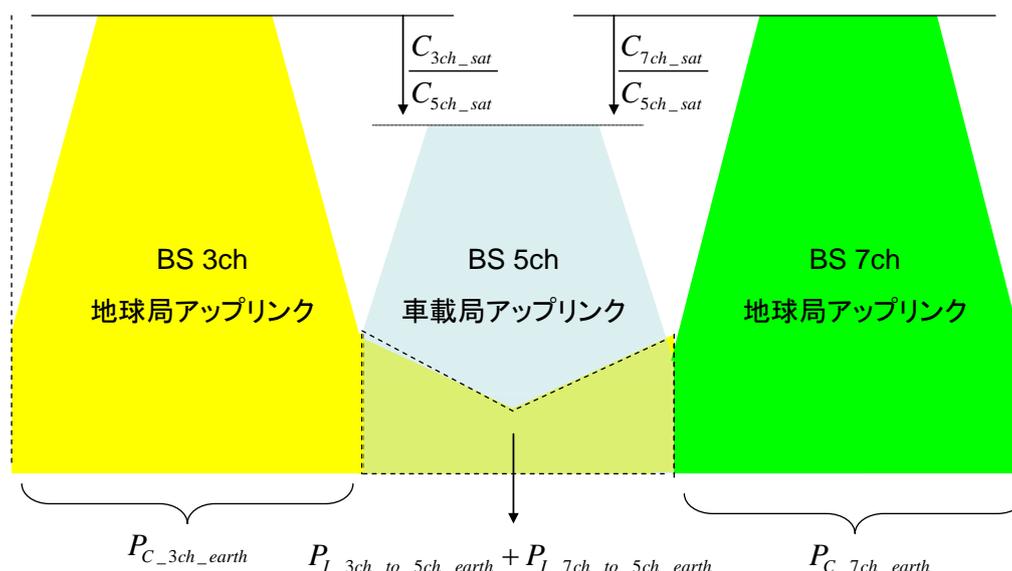


図 A4-1 : 各チャンネルの信号電力、干渉電力の関係

手順 2 : 車載局アップリンク C/I の計算

衛星テレメトリデータにより取得した、測定時の衛星中継器入力における衛星中継器入力電力比 $C_{3ch_sat} / C_{5ch_sat}$ 、 $C_{7ch_sat} / C_{5ch_sat}$ を表 A4-2 に示す。ここで、各パラメータは以下のとおりである。

C_{3ch_sat} : 地球局から BS3ch にアップリンクした BS3ch 用 ISDB-S 変調信号の衛星中継器入力電力 (中心周波数 17.36584GHz)

$C_{5ch_mod_sat}$: 車載局から BS5ch にアップリンクした BS5ch 用 8PSK, 16APSK, 32PSK 変調信号の衛星中継器入力電力 (中心周波数 17.4042GHz)

C_{7ch_sat} : 地球局局から BS7ch にアップリンクした BS3ch 用 ISDB-S 変調信号の衛星中継器入力電力 (中心周波数 17.44256GHz)

表 A4-2 : BS 衛星中継器入力における $C_{3ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}$ 、 $C_{7ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}$

	mod=8PSK [dB]	mod=16APSK [dB]	mod=32APSK [dB]
$C_{3ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}$	10.4	9.0	8.7
$C_{7ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}$	10.4	9.0	8.7

$C_{earth} / I_{earth} = C_{sat} / I_{sat}$ として、表 A4-1 および表 A4-2 の値を用いて、BS5ch の衛星中継器入力 C/I (車載局アップリンク C/I) を式①により求める。変調方式毎の車載局アップリンク C/I を表 A4-3 に示す。

$$\frac{C_{5ch_mod_sat}}{(I_{3ch_to_5ch_sat} + I_{7ch_to_5ch_sat})} = \frac{1}{\frac{C_{3ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}}{C_{3ch_sat} / I_{3ch_to_5ch_sat}} + \frac{C_{7ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}}{C_{7ch_sat} / I_{7ch_to_5ch_sat}}} \quad \text{①}$$

$$= \frac{1}{\frac{C_{3ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}}{C_{3ch_earth} / I_{3ch_to_5ch_earth}} + \frac{C_{7ch_sat} / C_{5ch_mod_sat}}{C_{7ch_earth} / I_{7ch_to_5ch_earth}}}$$

表 A4-3 : 車載局アップリンク C/I

変調方式・ 符号化率	車載局アップリンク C/I [dB]
8PSK 3/4	16.7
16APSK 3/4	18.1
16APSK 7/9	18.1
32APSK 2/3	18.4
32APSK 4/5	18.4

手順3：所要 C/N 補正值の計算

スペクトラムアナライザ及び測定用受信装置で取得した衛星折り返し所要 C/N 測定 $(C/N)_{\text{measure}}$ と受信装置入力における信号電力 $C' = C + I$ 、アップリンクの干渉成分 I 及び受信装置側で付加する白色雑音 N_r は図 A4-2 の左側の関係となる。一方、求める所要 C/N の信号電力と雑音電力の比は、図 A4-2 の右側の関係となる。ここでは、アップリンク及びダウンリンク雑音、ダウンリンク干渉雑音は小さいものとして無視した。これらの関係を式②及び式③で示す。

所要 C/N 補正值 $(C/N)_{\text{corrected}}$ は、式②を式③に代入して、車載局アップリンク C/I 及び衛星折り返し所要 C/N 測定値 $(C/N)_{\text{measure}}$ を用いて求まる。所要 C/N 補正值の計算結果を表 A4-4 に示す。

$$(C/N)_{\text{measure}} = \frac{C'}{N_r} = \frac{C+I}{N_r} \quad \text{②}$$

$$(C/N)_{\text{corrected}} = \frac{C}{I+N_r} = \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{\frac{C}{I}} + \frac{1}{(C/N)_{\text{measure}}}} \right] \quad \text{③}$$

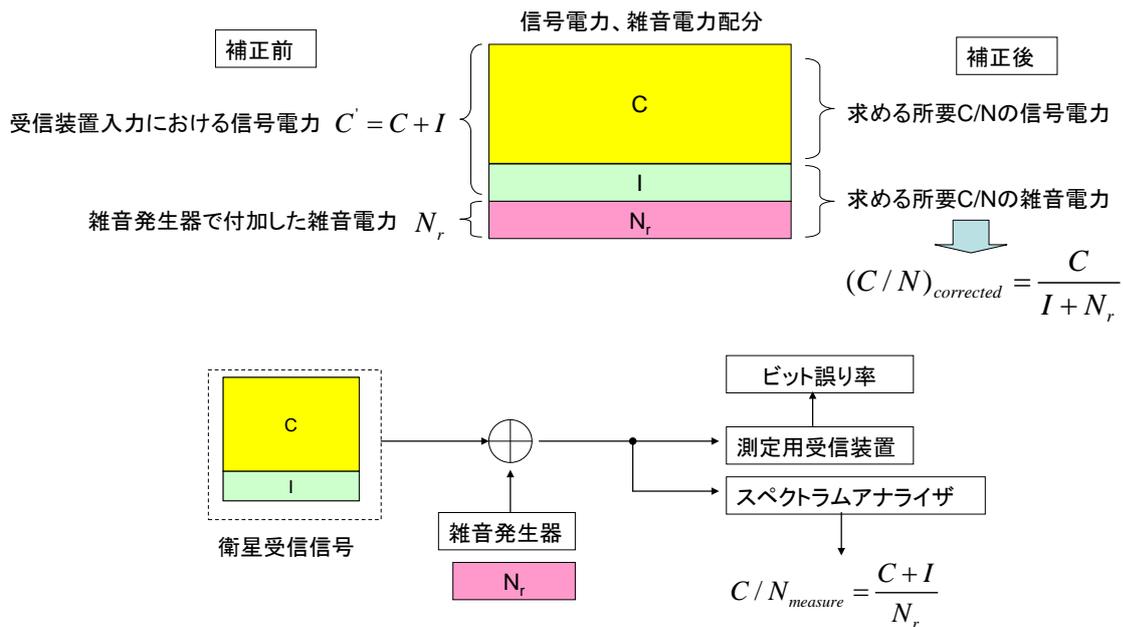


図 A4-2：受信装置入力信号電力 C' 、アップリンク干渉成分 I 、受信装置側付加白色雑音 N_r

表 A4-4 : 所要 C/N 補正值 計算結果

変調方式・ 符号化率	車載局 アップリンク C/I [dB]	BS 衛星折り返し 所要 C/N 測定値[dB] C/N_{measure}	BS 衛星折り返し所要 C/N 補正值[dB] $C/N_{\text{corrected}}$
8PSK 3/4	16.7	10.2	9.3
16APSK 3/4	18.1	13.0	11.8
16APSK 7/9	18.1	14.0	12.6
32APSK 2/3	18.4	16.8	14.2
32APSK 4/5	18.4	24.3	17.4

参考資料2 広帯域伝送における多重化方式の要件への適合性評価

現行の MPEG-2 TS 方式および新たな2つの多重化方式について、多重化方式の要件との適合性を評価した。特に、2016年におけるサービスの位置付けと受信機の実現性および次世代放送における多重化方式の世界的な動向に関する評価については異なる意見があった。

○：要件を満足する △：要件を一部満足する ×：要件を満足しない

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性	放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性	現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
1. 情報通信審議会放送システム委員会による要求条件				
1(1)	UHDTVサービスの伝送に適した方式であること。	○ UHDTVサービスの伝送可能。	○ UHDTVサービスの伝送可能。	○ (同左)
1(2)	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。	○ 映像・音声・データなど多様な情報を、多様な伝送路を用いて伝送可能。	○ 映像・音声・データなど多様なサービスの柔軟な編成が可能。	○ (同左)
1(3)	通信系のサービスとの連携を考慮すること。	○ 通信も伝送路として利用可能であり、通信系のサービスとの連携が可能。	○ AIT (Application Information Table) に基づき通信系サービスとの連携を機能させるアプリケーションの制御が可能。(トランスポートレベルでの同期が必要な場合には、タイムライン拡張により NTP に基づいた同期を行うことが可能。)	△ (高度化した連携には課題がある)

No.	要件	「MMT・TLV 方式」の適合性		放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS 方式」の適合性		現行の「MPEG-2 TS 方式」の適合性
1(4)	他のサービスとの相互運用性を考慮すること。	×	MPEG-2 TS ベースの既存サービスとは相互運用性に難。	○	MPEG-2 TS ベースの既存サービスとの相互運用に適する。	○ (同左)
		○	広く普及している IP 上の方式であり、IP ベースの他サービスとの相互運用に適する。	×	IP ベースのサービスに関しては他の方式を組み合わせる必要。	×
1(5)	CATV による放送波の再放送のような、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。	○	高度 BS 伝送方式のケーブル再送信方式が開発されている他、IP ベースの方式であるため、IP 再送信も容易。ただし、高い伝送レートへの対応は必要。	○	他の放送ネットワークへの乗り移りは双方が MPEG-2 TS ベースである限り容易。但し、高い伝送レートへの対応は必要。	○ (同左)
1(6)	各認定基幹放送事業者の送出信号の独立性が確保できること。(広帯域)	○	MMT、IP、TLV の各レイヤで信号を多重する機能を備え、送出信号の独立性が確保できる他、送出信号の柔軟な構成が可能。	○	現状と同様に送出信号の独立性を確保可能。	○ (同左)

2. 多重化方式の要件

2.1 一般

2.1(1)	サービス (試験的な放送) 開始時期は 2016 年を前提とする。	○	複雑な演算や大量の演算は不要であり、実装は容易。送出から伝送、受信・表示までのデモを 2015 年春に行えるよう準備中。	○	デバイス開発、ソフトウェア開発、テスト等のプロセスを考慮すると、2016 年にサービスを開始するための送受環境の整備という点で唯一の方式。	○ (同左)
		△	受信機のためのデバイス開発、ソフトウェア開発、テスト等に必要期間を考慮すると、2016 年に実験ではなくサービス開始をするための送受環境整備に十分な時間があるとは言えない。			

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性		放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性		現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
2.1(2)	伝送路は110度BS/CSを前提とする。	○	110度BS/CSに適用可能な高度BS伝送方式(TLV)を採用。	○	110度BS/CSに適用可能な高度BS伝送方式(MPEG-2 TS)を採用。	○(同左)

2.2 世界的な標準化動向との整合性

2.2(1)	世界的な標準化動向と整合のとれた多重化方式であること。	○	MMTはISO/IECで標準化が進められ、2014年3月にISとなる見込み。TLVはITU-R勧告に記載されている方式。 放送システムへの通信技術の導入が世界的な動向。IPをベースとする方式で、通信系で広く用いられるMP4フォーマットとも整合する。	○	MPEG-2 TSはITU-T ISO/IECで標準化された方式。(TSタイムライン拡張がMPEGで標準化中。) 現在、放送の多重化方式は世界的にMPEG-2 TS。DVBにおいてもUHDTV放送はMPEG-2 TSベースで規格化が進行中。他の技術との組み合わせにより、通信によるストリーミング方式としても規格化の実績がある。MPEGにおいてHEVCのMPEG-2 TS伝送規定が完了。	○(同左)
		△	現状、放送方式としてIPベースが検討されているが、MMTの採否は未定。			
2.2(2)	放送・通信連携における世界的な標準化動向と整合のとれた方式であること。	○	MMTは放送・通信連携に対応した国際標準規格として策定。	○	アプリケーションベースの放送・通信連携システムとして国際的に参照されているHbbTV規格(ETSI規格)において、放送はMPEG-2 TSベース。	×
		△	放送・通信連携の世界的な放送方式として、MMT・TLV方式の採否は未定。	△	放送・通信連携の世界的な放送方式として、MPEG-2 TS方式の採否は未定。	

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性		放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性	現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
-----	----	-----------------	--	-------------------------------------	----------------------

2.3 既存システムとの整合性

2.3(1)	既存放送システム（送出・受信）との整合性が確保されていること。	○	IPおよびTLVは既存の高度BS伝送方式に準拠。	○	MPEG-2 TSは既存の放送システムと同じ方式。	○（同左）
		△	運用中の既存放送システムとは異なる放送システムであり、送受共に異なる実装となり得る。			

2.4 放送の基本機能

2.4(1)	従来放送の基本機能（AV同期、クロック同期、選局応答性、蓄積の容易性）をサポートすること。	○	基本機能はサポートされている。ただし、新方式であり、実装に基づく評価・検証が必要。	○	既存放送システムと同じ方式である。	○（同左）
2.4(2)	単一の伝送路で伝送する場合、コンテンツを構成するコンポーネントや制御信号を一つのフローに多重できること。	○	多重可能。	○	既存放送システムと同じ方式である。	○（同左）
2.4(3)	EPGを実現するための確実な必要十分なメタ情報配信が可能であること。	○	必要十分なメタ情報の配信が可能。	○	既存放送システムと同じ方式である。	○（同左）
2.4(4)	迅速なサービス起動・切り替えが可能であること。	○	従来放送と同程度のサービス起動・切り替えが実現可能。	○	既存放送システムと同じ方式である。	○（同左）
2.4(5)	緊急時や災害時に対応したサービスおよび確実な告知ができること。	○	従来放送と同程度以上のサービスおよび告知が可能。	○	既存放送システムと同じ方式である。	○（同左）

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性	放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性	現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
-----	----	-----------------	-------------------------------------	----------------------

2.5 拡張性・将来性

2.5(1)	将来の拡張性を考慮した多重化方式であること。	○ MMT、IP、TLVの各レイヤで、拡張性が十分に確保される。	△ 記述子タグなどの code point の枯渇などの課題がある。	△ (同左)
2.5(2)	様々なフォーマットの映像・音声サービスを安定して実現できること。	○ 様々なフォーマットの映像・音声を安定して伝送可能。	○ 様々なフォーマットの映像・音声を安定して伝送可能。	○ (同左)
2.5(3)	蓄積型放送として任意のファイルコンテンツの伝送が可能であること。	○ ファイルの種類やその大きさを問わず、任意のファイルコンテンツの伝送が可能。	○ サーバ型放送のようにデータカールセルによる任意のファイルコンテンツの伝送が可能。	○ (同左)
2.5(4)	新たなCAS/DRMが必要であれば、それに対応可能であること。	○ 新たなCAS/DRMに対応可能。	○ 新たなCAS/DRMに対応可能。	○ (同左)

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性	放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性	現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
-----	----	-----------------	-------------------------------------	----------------------

2.6 放送と通信の連携

2.6.1 多様な伝送路への適用

2.6(1)	MTU (Maximum Transmission Unit)や伝送品質が異なる伝送路や伝送する情報に応じた効率的な伝送が可能であること。	○	MMTP パケット、IP パケット、TLV パケットのいずれも可変長であり、伝送路や伝送する情報に応じてパケットサイズを選択することが可能で、大きなパケットの利用など、高レート伝送において高効率伝送の可能性はある。	△	TS パケットサイズは小さく固定のため、一定の伝送効率になる。高レート伝送の場合にはオーバーヘッド総量が増えるが、伝送効率が低下するわけではない。	×
		△	パケットが可変長となることにより、高速処理が必要な UHDTV サービスの受信機における Demux のハードウェア処理が難化。	○	固定長のパケットの為、UHDTV のような高速処理が必要な高レートの Demux 処理をハードウェアで行うことが可能。	

2.6.2 ハイブリッド配信

2.6(2)	放送伝送路と通信伝送路を共通に用いることが可能であること。	○	IP アドレスによるロケーション指定の仕組みを備え、放送伝送路と通信伝送路を共通に用いることが可能である。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	例えば PMT に通信伝送コンポーネントのリンクを示す記述子を規定する等の拡張によりハイブリッド配信に対応することが可能。	×
--------	-------------------------------	---	---	---	---	---

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性		放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性	現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性	
2.6(3)	単一の伝送路および複数の伝送路で伝送されるコンテンツを構成するコンポーネントをトランスポートレイヤで特定し、それらの提示のための同期を確保できること。	○	トランスポートのレイヤで、コンポーネントの種類やロケーションを特定し、提示のための同期を確保することが可能。	○	例えば PMT に通信伝送コンポーネントのリンクを示す記述子を規定する等の拡張によりハイブリッド配信に対応することが可能。通信伝送も MPEG-2 TS の場合には PCR を基に同期させることが可能。(或いは MPEG の TS タイムライン拡張により NTP に基づいた同期を行うことも可能。)	×
2.6(4)	放送・通信の両伝送路のコンポーネントを組み合わせたプログラム構成が可能であること。	○	放送・通信で伝送するコンポーネントを組み合わせたプログラム構成が可能。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	例えば PMT に通信伝送コンポーネントのリンクを示す記述子を規定する等の拡張によりハイブリッド配信に対応することが可能。	×
2.6(5)	放送・通信の両伝送路におけるストリーム型コンテンツの同期再生が可能であること。	○	放送・通信におけるストリーム型コンテンツの同期再生が可能である。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化を行う必要。	○	通信伝送も MPEG-2 TS の場合には PCR を基に同期させることが可能。(或いは TS タイムライン拡張により NTP に基づいた同期を行うことも可能。)	×
2.6(6)	ライブストリーミング時には、end-to-end 遅延が一定範囲に収まること。	○	end-to-end 遅延を一定値に納めることが可能。	○	多重化方式とは直接関係ないが、通信の伝送方式等の考慮により end-to-end 遅延を一定値に収めることは可能。	○ (同左)
2.6(7)	放送・通信の伝送路間でのスケラブルなサービス提供が可能であること。	○	放送・通信で伝送するコンポーネントを組み合わせることで、スケラブル配信が可能。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	例えば PMT に通信伝送スケラブルコンポーネントのリンクを示す記述子を規定する等の拡張によりスケラブル配信が可能。通信伝送も MPEG-2 TS の場合には PCR を基に同期させることが可能。(或いは TS タイムライン拡張により NTP に基づいた同期を行うことも可能。)	×

No.	要件	「MMT・TLV方式」の適合性		放送・通信連携のための追加規定をした「MPEG-2 TS方式」の適合性		現行の「MPEG-2 TS方式」の適合性
2.6(8)	放送・通信の伝送路間でのコンポーネント入れ替えが可能であること。	○	放送・通信で伝送するコンポーネントを入れ替えて利用することが可能。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	AITに基づいたアプリケーションにより、放送と通信のコンポーネント入れ替えの制御を行うことができる。	×
2.6(9)	放送から通信のストリーミング再生に切り替え、また放送受信へ切り替えることができること。	○	放送から通信、また、通信から放送の受信・再生に切り替えることが可能。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	AITに基づいたアプリケーションにより、放送と通信のストリーム切り替えの制御を行うことができる。既にハイブリッドキャストで実現。	×
2.6(10)	放送と通信の両方の利用に基づき、複数ストリームから条件に合ったストリームを選択して利用し、さらにそれを時々刻々切り替える運用ができること。	○	放送と通信で伝送するストリームのうち条件に合ったものを選択し、時々刻々切り替える運用が可能。具体的なサービス内容に応じて国内で規格化が必要。	○	例えば PMT に通信伝送の MPEG-Dash ストリーミングへのリンクを示す記述子を規定する等の拡張により可能。	×

2.6.3 アプリケーションサービス

2.6(11)	放送番組に連動するアプリケーションサービスが実現できること。	○	アプリケーションを伝送可能であり、放送番組に連動するアプリケーションサービスが実現可能。	○	MPEG-2 TS方式によるハイブリッドキャストが実現済。	○（同左）
---------	--------------------------------	---	--	---	-------------------------------	-------

2.7 通信サービス

2.7(1)	通信サービスに関しては、放送・通信融合サービスに特化した仕様ではなく、既存の通信サービスのサーバ等のインフラ及び受信端末の機能が利用できること。	○	既存のハードウェアインフラを利用可能であるが、送出サーバのソフトウェアを改修する必要。	○	既存のハードウェアインフラを利用可能であるが、送出サーバのソフトウェアを改修する必要。	○（同左）
--------	--	---	---	---	---	-------

参考資料3 MMT・TLV方式における選局方法の例

放送におけるチャンネル選択から、所望の映像信号や音声信号を提示するまでのフローを図1に示す。

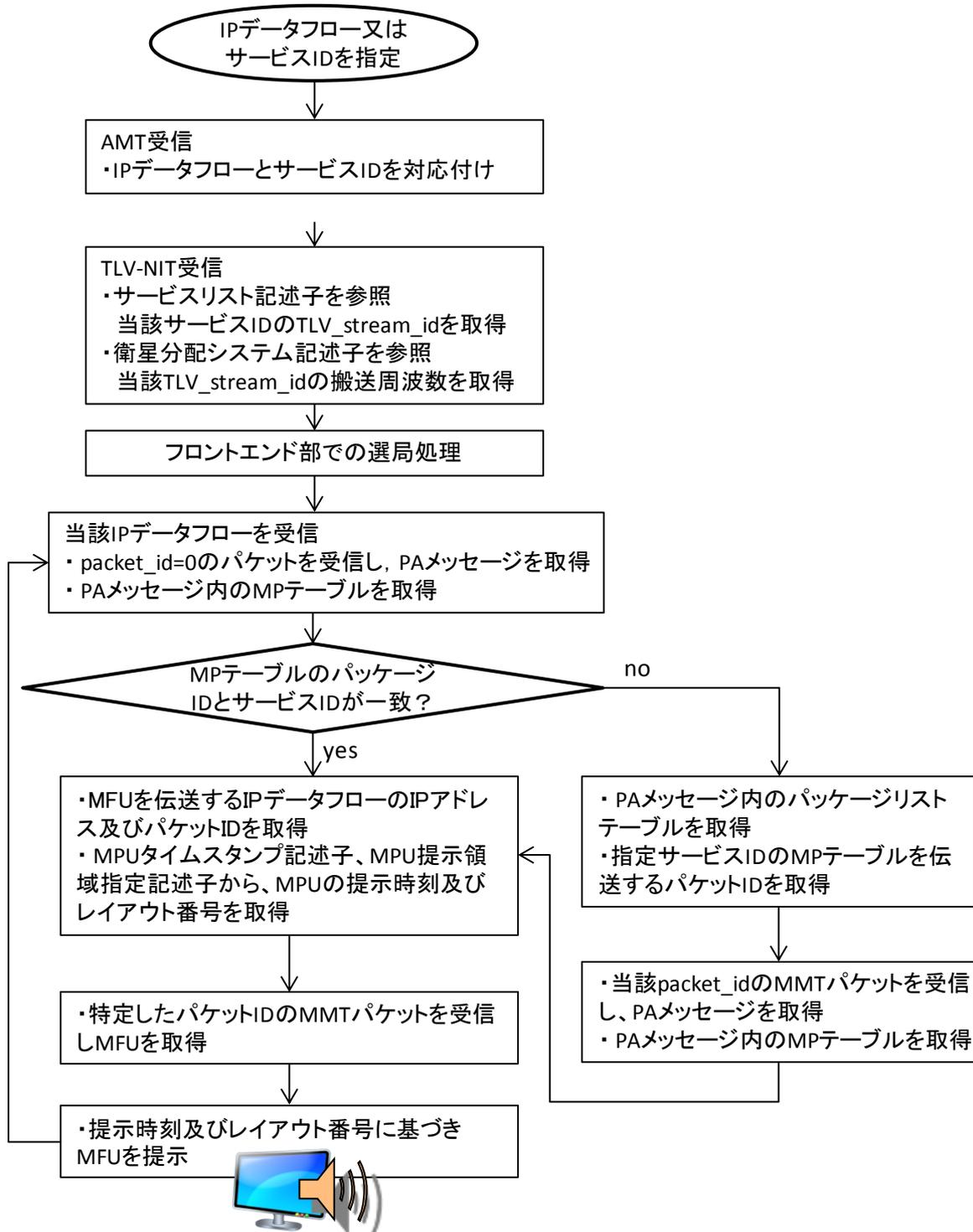


図1 放送サービス受信開始時の動作フロー

利用者のチャンネル選択は、IP データフローまたはサービス ID を指定することで行われる。その後、AMT を用いて、IP データフローとサービス ID を対応付ける。次に、TLV-NIT を用いて、対応するサービス ID の物理チャンネルを特定し、選局処理を行う。この結果、所望の IP データフローが放送受信機のフロントエンド部から出力される。

このように受信した IP パケットは MMTP パケットを格納している。ここから MMTP パケットヘッダの packet_id フィールドの値が 0x0000 である MMTP パケットを選択し、PA メッセージを取得し、さらに、メッセージ内の MP テーブルを取得する。

放送では、一つの IP データフローに複数のパッケージが多重される場合がある。そこで、得られた MP テーブルのパッケージ ID が、指定されたサービス ID と一致することを確認する。一致しない場合、PA メッセージに含まれるパッケージリストテーブルを取得し、必要なサービス ID の MP テーブルを伝送する MMTP パケットの packet_id を特定する。

MP テーブルに記載される general_location_info から、コンテンツを構成するアセット (MFU) を伝送する IP データフロー及び packet_id を特定する。同時に MPU タイムスタンプ記述子及び MPU 提示領域指定記述子から、MPU の提示時刻とレイアウト番号を取得する。

次に、アセットとして特定した packet_id の MMTP パケットを選択し、必要な MFU を取得する。このようにして取得した MFU を、指定の提示時刻に、指定のレイアウト番号と領域番号の位置に提示することで、映像信号や音声信号の提示を行う。

参考資料4 TS タイムライン拡張

1 TS タイムライン拡張

放送と通信のハイブリッド配信において、放送コンポーネントと通信コンポーネントのタイムライン（基準クロックに相当）が異なる場合、現在 MPEG で規格化中の TS のタイムライン拡張 (ISO/IEC 13818-1:2013/AMD6) を用いることにより、互いのタイムラインの同期などを実現することが可能である。

タイムライン拡張では、放送と通信で伝送されるメディアを同期再生するためのタイムライン情報や、通信コンポーネントの構成を示すための URL を示すロケーション情報のデータ構造を規定しており、PCR 不連続にも対応する。タイムライン拡張用のデータは、PES パケット化され、独立したストリームとして伝送される。

図1にタイムライン拡張における PES パケットの構成例を示す。タイムライン情報を示す TEMI (Timeline and External Media Information) タイムライン記述子 (TEMI Timeline Descriptor) やロケーション情報を示す TEMI ロケーション記述子 (TEMI Location Descriptor) は、TEMI 記述子 (TEMI Descriptor) として TEMI アクセスユニットに格納される。TEMI アクセスユニットは、プライベートストリーム (ストリーム識別子 = 1011_1101 : private_stream_1) として PES パケットに格納され、PMT には TEMI ストリームであることを示すストリームタイプ '0x26' (Timeline and External Media Information Stream) を指定する。

TEMI アクセスユニットを格納する PES パケットヘッダの PTS には、放送の PCR 値が設定され、通信コンポーネントのタイムラインにおいて PTS と同一時刻となる値がタイムライン記述子により示される。例えば、PCR = 100000 となる時刻が、通信コンポーネントのタイムラインにおいては 50000 に相当するとする。このとき、PES ヘッダの PTS の値は 100000 となり、タイムライン記述子における通信コンポーネントのタイムライン値は 50000 となる。受信機においては、両者の値を参照することで、放送コンポーネントと通信コンポーネントを同期する。

ロケーション記述子には、url_scheme や url_path を用いて通信コンテンツの URL のプロトコルやアドレスを指定することができ、通信路により伝送されるコンポーネントを取得する際のエントリーポイントとなる。なお、放送により伝送されるコンポーネントの参照には対応しない。

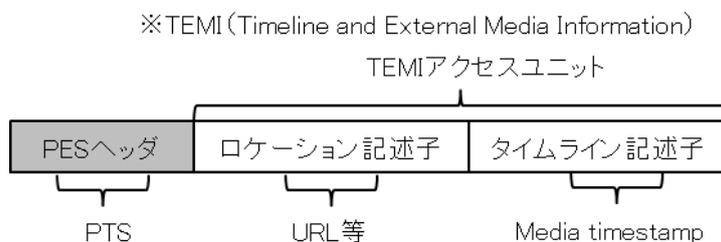


図1 タイムライン拡張 PES パケットの構成例

1.1 TEMI アクセスユニット

TEMI アクセスユニットのデータ構造を表1に示す。TEMI アクセスユニットは複数の TEMI 記述

子により構成される。TEMI 記述子タグが ‘0’ の場合は、ロケーション記述子を、TEMI 記述子タグが ‘1’ の場合はタイムライン記述子を示す。

表1 TEMI アクセスユニットの構成

データ構造	ビット数	データ表記
<pre> TEMI_AU { CRC_flag reserved for (i=0; i<N; i++) { temi_descriptor(); } if (CRC_flag) { CRC_32 } } </pre>	<p>1</p> <p>7</p> <p>32</p>	<p>bslbf</p> <p>bslbf</p> <p>uimsbf</p>

1.2 TEMI タイムライン記述子(temi_timeline_descriptor)

TEMI アクセスユニットにおけるタイムライン記述子のデータ構造を表2に示す。

表2 TEMI タイムライン記述子の構成

データ構造	ビット数	データ表記
<pre> temi_timeline_descriptor{ temi_descr_tag temi_descr_length has_timestamp has_ntp has_ptp has_timecode force_reload reserved timeline_id if (has_timestamp) { timescale if (has_timestamp==1) { media_timestamp } else if (has_timestamp==2) { media_timestamp } } if (has_ntp) { ntp_timestamp } if (has_ptp) { ptp_timestamp } if (has_timecode) { drop } } </pre>	<p>8</p> <p>8</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>8</p> <p>32</p> <p>32</p> <p>64</p> <p>64</p> <p>80</p> <p>1</p>	<p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>bslbf</p> <p>bslbf</p> <p>uimsbf</p> <p>bslbf</p> <p>bslbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p> <p>bslbf</p>

<code>frames_per_tc_seconds</code>	15	uimsbf
<code>duration</code>	16	uimsbf
<code>if (has_timecode==1) {</code>		
<code>short_time_code</code>	24	uimsbf
<code>} else if (has_timecode==2) {</code>		
<code>long_time_code</code>	64	uimsbf
<code>}</code>		
<code>}</code>		

TEMI タイムライン記述子の意味

`temi_descr_tag` : タイムライン記述子であることを示す '1' を記述する。

`temi_descr_length` : 記述子のデータ長を示す。

`has_timestamp` : メディアタイムスタンプが本記述子に格納されることを示す。参照先データが PCR などメディア固有のタイムラインを有する場合は本タイムスタンプを使用する。

0 : メディアタイムスタンプが存在しない

1 : 32 ビットタイムスタンプが存在することを示す。

2 : 64 ビットタイムスタンプが存在することを示す。

`has_ntp` : 64 ビットの NTP タイムスタンプが本記述子に格納されることを示す。

`has_ptp` : 80 ビットの PTP タイムスタンプが本記述子に格納されることを示す。

`has_timecode` : フレームタイムコードが存在するかどうか、及び、タイプを示す。

0 : フレームタイムコードなし

1 : ショートフレームタイムコード

2 : ロングフレームタイムコード

`force_reload` : 参照先のデータを再度取得する必要があるかどうかを示す。特に、メタファイルの内容が更新されるケースを想定する。

`timeline_id` : アクティブなタイムラインの識別番号を示す。

`timescale` : `media_timestamp` フィールドに示されるタイムスタンプのタイムスケールを示す。

`media_timestamp` : 参照先データのタイムラインにおいて、PES パケットの PTS と同一となる時刻を示す。

`ntp_timestamp` : RFC5905 セクション 6 で定義される 64 ビットの NTP タイムスタンプを示す。

`ptp_timestamp` : IEEE1588v2 で定義される 80 ビットの PTP タイムスタンプを示す。

`drop` : NTSC ドロップフレームを示す。

`frames_per_tc_seconds` : フレームタイムコードの時刻に対応するフレーム数を示す。

`duration` : 90kHz のタイムスケールで表現されたフレーム間隔を示す。

`short_time_code` : 24 ビットのショートタイムコードを示す。

`long_time_code` : 64 ビットのロングタイムコードを示す。

1.3 TEMI ロケーション記述子 (`temi_location_descriptor`)

TEMI アクセスユニットにおけるロケーション記述子のデータ構造を表 3 に示す。

表3 TEMI ロケーション記述子の構成

データ構造	ビット数	データ表記
temi_location_descriptor {		
temi_descr_tag	8	uimsbf
temi_descr_length	8	uimsbf
force_reload	1	bslbf
is_announcement	1	bslbf
splicing_flag	1	bslbf
url_scheme	3	uimsbf
reserved	2	bslbf
location_id	8	uimsbf
if (is_announcement) {		
timescale	32	uimsbf
time_before_activation	32	uimsbf
}		
url_path_length	8	uimsbf
for (i=0;i<url_path_length;i++) {		
url_path	8	uimsbf
}		
nb_addons	8	uimsbf
for (i=0;i < nb_addons ;i++) {		
service_type	8	uimsbf
if (service_type==0) {		
mime_length	8	uimsbf
for (j=0;j<mime_length;j++) {		
mime_type	8	uimsbf
}		
}		
url_subpath_len	8	uimsbf
for (j=0;j<url_subpath_len;j++) {		
addon_location	8	uimsbf
}		
}		
}		

TEMI ロケーション記述子の意味

temi_descr_tag : ロケーション記述子であることを示す '0' を記述する。

temi_descr_length : 記述子のデータ長を示す。

force_reload : 参照先のデータを再度取得する必要があるかどうかを示す。特に、メタファイルの内容が更新されるケースを想定する。

is_announcement : 参照先のデータが取得可能であるかどうかを示す。

splicing_flag : 複数の参照先データをスプライシングする際に用いる。本フラグが1である参照先データは、本フラグが0である直前の参照先データの再生を中断して再生する。本フラグが1である参照先データの再生終了後は、直前に再生していた参照先データの再生を再開する。

url_scheme : 使用する URL スキームを示す。http、https の2種類が既定値として定義済みであ

る。

location_id : デスクリプタにおいて示される参照先データのロケーションの識別番号を示す。

timescale : time_before_activation フィールドに示される時間のタイムスケールを示す。

time_before_activation : 参照先データが取得可能となるまでの時間を示す。

url_path_length : url_path のデータ長を示す。

url_path : 参照先データの URL を複数記述する場合に、URL の共通部分を示す。

nb_addons : 参照先データの数を示す。

service_type : 参照先データのフォーマットを示す。DASH、MP4、MPEG-2 TS の 3 種類が既定値として定義済みである。本フィールド値が 0 の場合は、mime_type によりフォーマットが示される。

mime_length : mime_type のデータ長を示す。

mime_type : 参照先データの MIME type を示す。

url_subpath_len : addon_location のデータ長を示す。

addon_location : 参照先データの URL のうち、url_path 以降の文字列を示す。url_path と addon_location を連結することにより URL が得られる。

2 TS タイムライン拡張を用いる場合のハイブリッド配信

図 2 にタイムライン拡張情報を用いる場合のハイブリッド配信のプログラム構成例を示す。

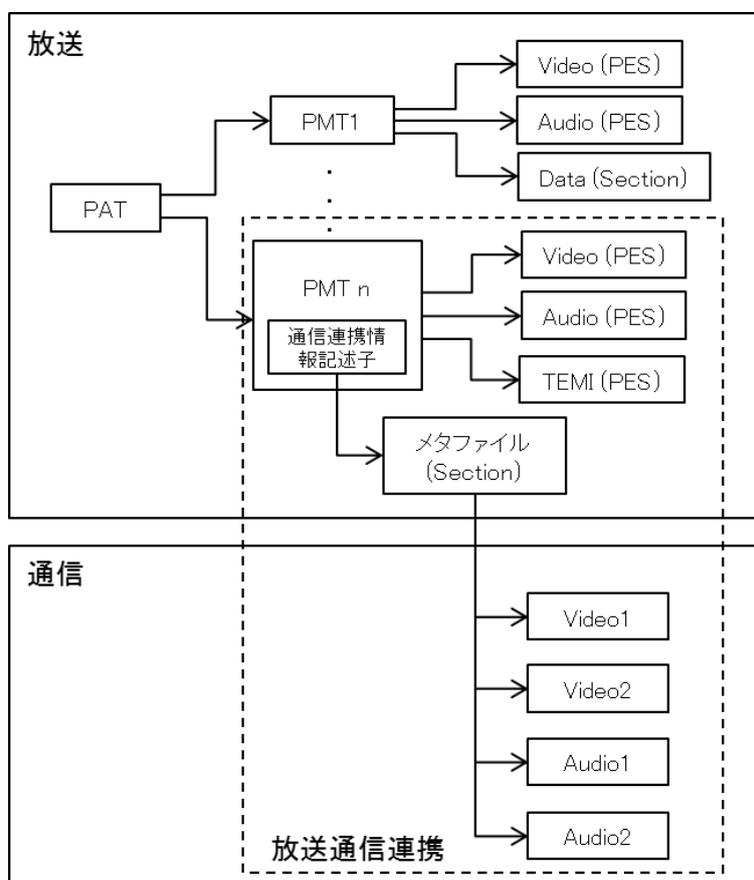


図 2 ハイブリッド配信におけるプログラム構成例

放送コンポーネントと通信コンポーネントのタイムラインが異なる場合には、タイムライン記述子を含む TEMI ストリームを伝送し、PMT に TEMI ストリームの識別情報を格納する。放送コンポーネントと通信コンポーネントのタイムラインが同一である場合には、タイムライン記述子は伝送しない。

通信コンポーネントやメタファイルを通信路で伝送する場合には、TEMI アクセスユニットにおけるロケーション記述子を用いてロケーション情報を指定することも可能である。この場合、2.3.3.2.3(1)に示す通信連携情報記述子における has_location フィールドのリザーブド値を用いて、ロケーション情報が TEMI アクセスユニットにより伝送されることを示す。なお、TEMI アクセスユニットのロケーション記述子は放送コンテンツへの参照には対応しておらず、参照先は通信路の URL のみとなる。

受信機は、通信連携情報記述子を参照し、通信コンポーネントやメタファイルのロケーション情報が本記述子内に示されている場合は2.3.3.2.3(1)節で説明した方法を用いて通信コンポーネントを取得する。一方、ロケーション情報が TEMI アクセスユニットに示される場合は、TEMI アクセスユニットにおける TEMI ロケーション情報記述子から通信コンポーネント或いはメタファイルの URL を取得する。

また、TEMI タイムライン記述子が存在する場合には、放送コンポーネントと通信コンポーネントのタイムラインが異なるとして TEMI タイムライン記述子から取得したタイムライン情報に基づいて放送コンポーネントと通信コンポーネントを同期再生する。

図3に受信機における動作フローを示す。

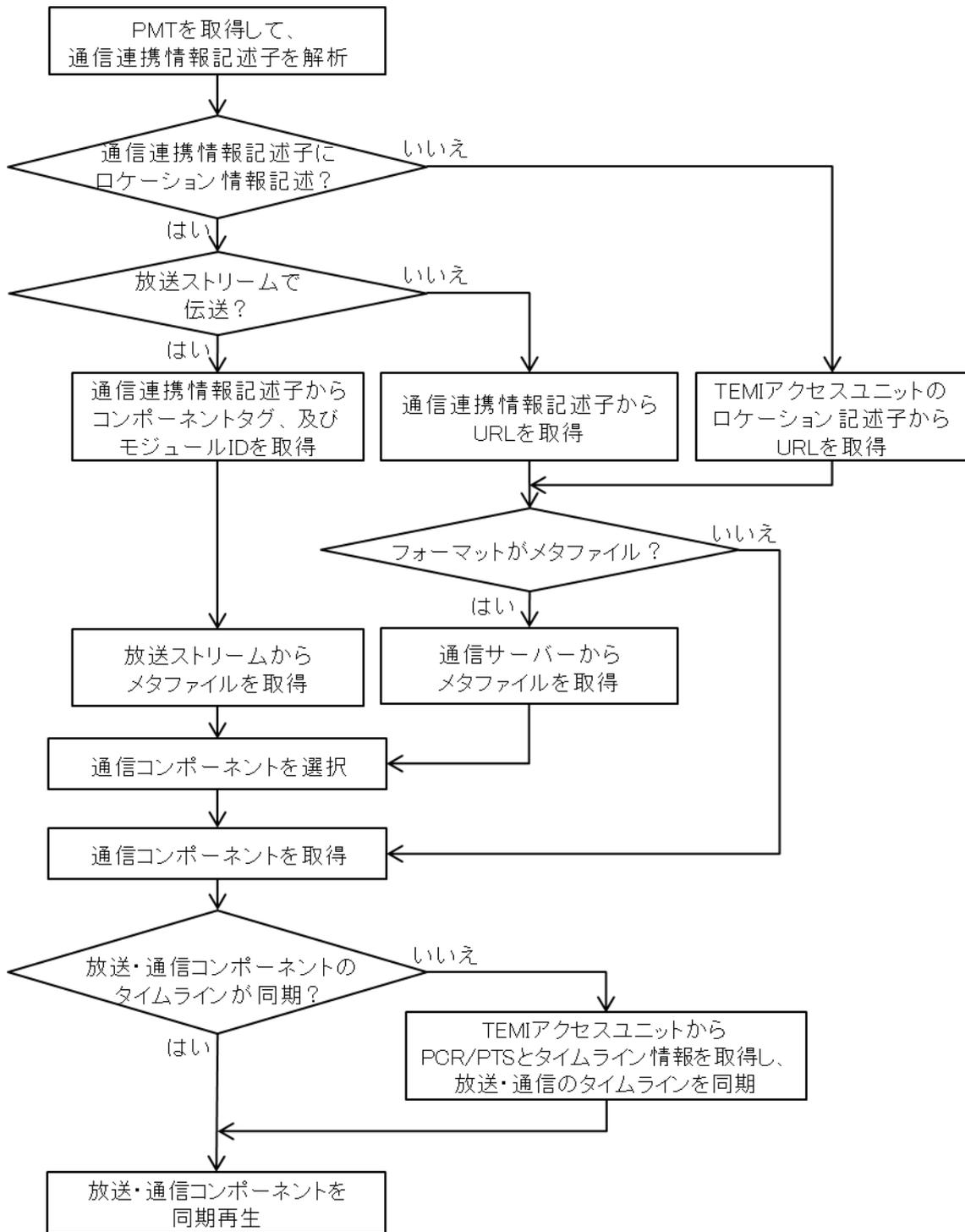


図3 通信連携情報記述子を用いる受信動作フロー

参考資料5 MPEG-2 TS 方式における放送・通信ハイブリッド伝送のストリーム同期モデル

1 はじめに

番組を構成する素材（信号）は放送信号として全て伝送することが、従来からの放送システム的前提であったが、今後、番組を構成する信号を、放送と通信双方の伝送路を利用して伝送することが想定される。これは主に、放送において基本的な品質・機能のサービスを確保した上で、通信伝送路を用いて追加の信号を伝送することにより付加価値の高いサービスを実現する場合と考えられる。この場合、図1に示すように同一の番組に関わる素材を、メイン信号としてエンコーダにおいて符号化し、送出装置から一方向の放送伝送路へ送り出すと同時に、サブ信号として別のエンコーダで符号化し、配信サーバを経由して通信伝送路で伝送し、受信機は放送伝送路経由と通信伝送路経由の複数の信号を同時に受信して1つの番組としての提示を行う。ここで、番組を構成する複数の信号が異なる経路で伝送されることになるので、適切な提示を実現するためには、放送と通信という異なる経路で伝送された複数の信号間で提示同期をとる必要がある。本参考資料では、こうした複数経路で伝送されたストリーム間の提示同期を実現する受信機処理モデルを示す。

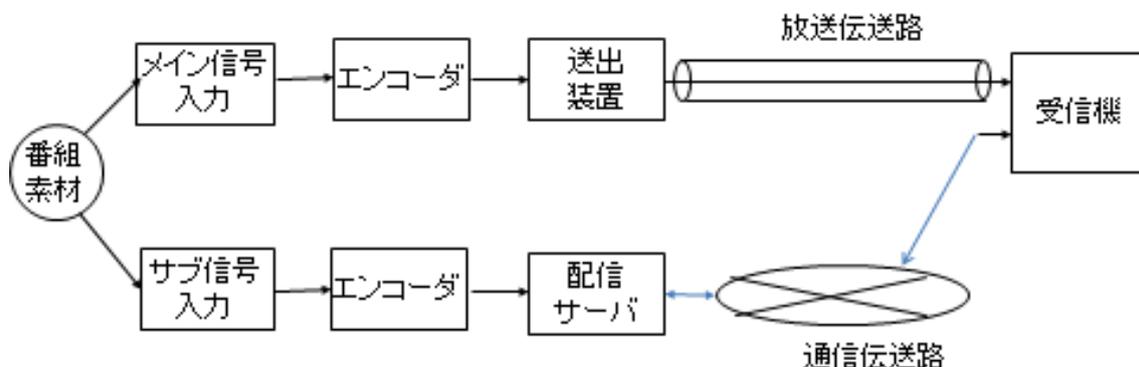


図1 放送・通信ハイブリッド伝送のシステム構成

2 基本的なストリーム同期モデル

ストリーム同期は、放送・通信のハイブリッド配信を実現する上で要求される技術である。放送と通信で異なる経路で伝送されたストリーム間で同期をとるには図2に示すようなストリーム同期モデルを実現する必要がある。以下ストリーム同期モデルについて説明する。

- ① 放送送出システムと通信送出システム、さらに受信機で同一の時間軸（クロック）を共有することが前提となる。MPEG-2 TS においては例えば放送と通信で同一のSTCを利用し、PCRの伝送により受信機でも同一のSTCを再現することで実現できる。
- ② 放送・通信の送出システムにおいては映像・音声信号について符号化を施した後、その時点のクロックに基づいて提示単位ごとにタイムスタンプを付与する。ここでタイムスタンプはPTSとして受信機側のクロックにおいて提示時刻を示すように、送出システムにおけるクロックが

示す時刻 t_0 に固定の遅延量 T_d 分オフセットを与えた t_1 を設定する。

- ③ 映像・音声信号は、放送・通信の伝送路における伝送遅延と符号化バッファ遅延（エンコーダ側とデコーダ側の符号化バッファの遅延量の合算）を経て、PTS に示される時刻 t_1 に、提示のためのデコードを行って映像・音声の提示を行う。
- ④ ここで放送伝送路と通信伝送路で伝送遅延量や符号化遅延量が異なるので、遅延量の差だけ遅延量が少ない方のパスに遅延調整を施す。

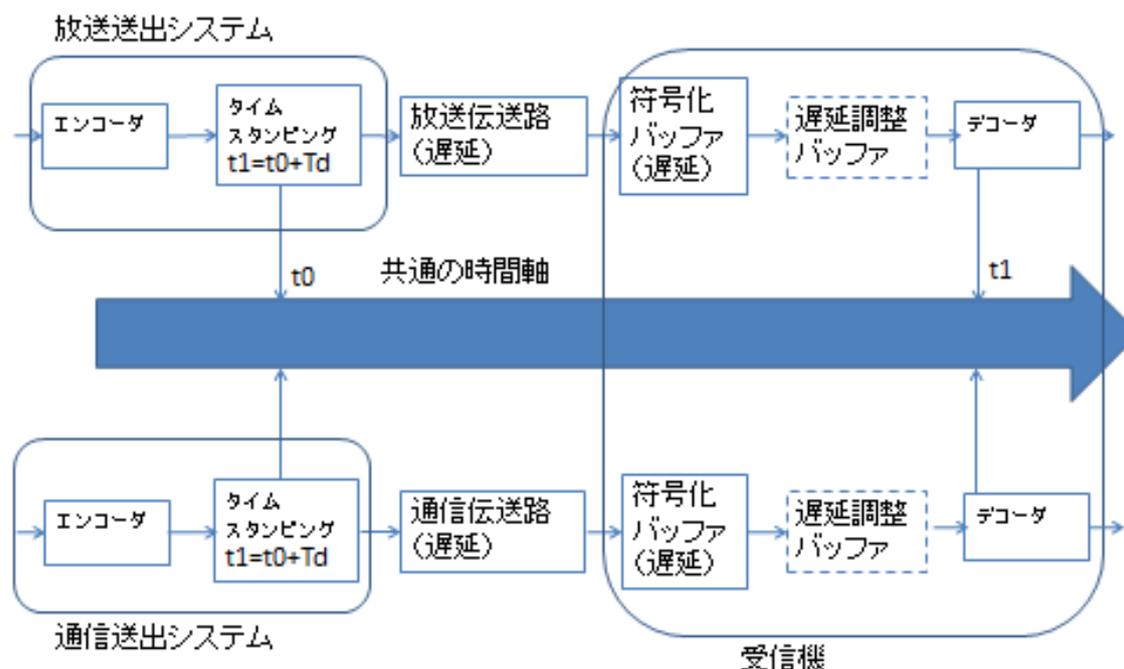


図2 ストリーム同期モデル

3 ストリーム同期システムの実現例

3.1 STC/PCR のみによる同期

放送送出システムと通信送出システムが統合されて同一のクロックで制御されており、かつ通信ストリームも MPEG-2 TS で伝送されている場合には (IPTV フォーラム VOD 仕様で規定される TTS)、現状の放送システムと同様に STC と PCR に基づいてストリーム同期をとることが可能である。この場合の受信機の構成を図 3 に示す。放送に含まれる PCR を基に STC を生成し、これを受信機における時間軸を示すクロックと位置付ける。ストリーム同期制御部では、TTS のタイムスタンプに基づく本来のレートに変換後の通信ストリームに含まれる PCR を受信したタイミングで、放送の PCR に基づく STC の値と比較し、この大小と差分値に基づいてディレイ調整を行うと共に、放送と通信の両方の信号処理パスにおいて PTS に基づいて提示タイミングを制御する。

ここで上記の放送 PCR (STC) と通信 PCR の大小が各経路の遅延量の大小を示すことになるが、この大小により以下の通りにストリーム同期制御の処理が異なる。

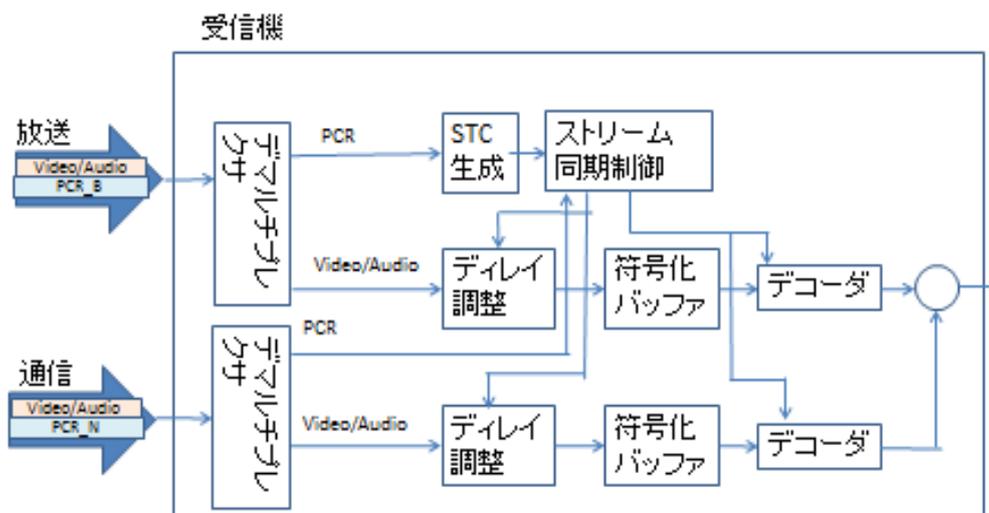


図3 受信機におけるストリーム同期再生系

A) 放送の遅延量の方が大きい場合

図4 (A)において、通信に含まれるPCR(PCR_N)の特定の packets PCR_Nrを受信したタイミングの、放送に含まれるPCR(PCR_B)に基づくSTC(STC_B)の値STC_Brを比較し、 $STC_Br < PCR_Nr$ の場合には、放送の遅延量の方が大きいと判断し、以下の処理を行う。

放送ストリームに関しては、通常通りSTC_BとPTSに基づく提示制御を行う。

通信ストリームに関しては、 $PCR_Nr - STC_Br$ に相当する遅延追加を行った上で、STC_BとPTSに基づいて提示制御を行う。

B) 通信の遅延量の方が大きい場合

図4 (B)において、通信に含まれるPCR(PCR_N)の特定の packets PCR_Nrを受信したタイミングの、放送に含まれるPCR(PCR_B)に基づくSTC(STC_B)の値STC_Brを比較し、 $STC_Br > PCR_Nr$ の場合には、通信の遅延量の方が大きいと判断し、以下の処理を行う。

以下の式に基づいてSTC_Bにオフセットを加えたSTC_Cを生成する。

$$STC_C = STC_B + (STC_Br - PCR_Nr)$$

放送ストリームに関しては $STC_Br - PCR_Nr$ に相当する遅延追加を行った上で、STC_CとPTSに基づく提示制御を行う。

通信ストリームに関しては、STC_CとPTSに基づく提示制御を行う。

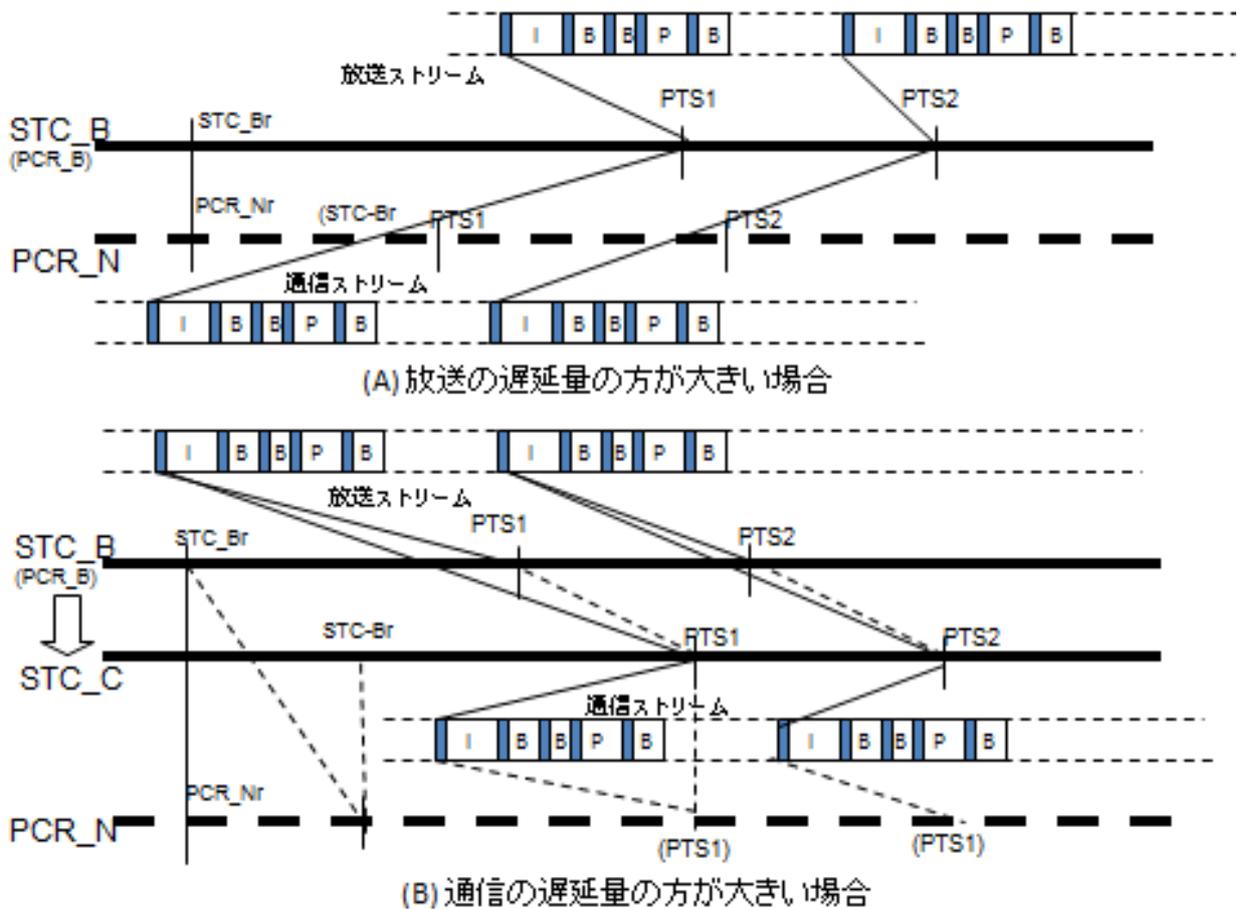


図4 PCR/STCに基づくストリーム同期のタイミング

3.2 STC/PCR と NTP のマッピングによる同期

3.1 の条件を満たさない場合には、放送送出システムと通信送出システムで時間軸を共有できないため、STC と PCR に基づくのみでストリーム同期を実現するのは困難となる。ストリーム同期を実現するためには、放送と通信の時間軸の関係を受信機に通知する必要があり、この方法の一つとして、MPEG で規格化中の TS タイムライン拡張がある。

通信ストリームにおいて NTP に基づいた提示制御を行う場合(例：RTP/RTCP 適用の場合、MPEG-DASH 適用の場合)には、TS タイムライン拡張に基づき、STC と NTP のマッピング情報を放送で伝送することにより、放送送出システムと通信送出システムの時間軸を共有することが可能となる。この場合の受信機の構成を図5に示す。3.1 に示す場合と異なり放送と通信の遅延量を明確に図ることはできないが、基本的には 3.1 と同様に放送と通信の遅延量の大小により処理が異なるので、運用により明らかに一方の遅延量が大きくなるようにすることが求められる。放送に含まれる PCR を基に STC を生成し、これを受信機における時間軸を示すクロックと位置付ける。一方で通信ストリームの提示制御のために付与されたタイムスタンプ情報は通信送出システムにおいて NTP に基づく絶対時刻により指定されているので、放送側の PCR による STC との間で時間軸の共有ができないが、放送で送られるタイムライン情報により、その間のマッピングが可能となる。ストリーム同期制御部では、放送と通信の最大の遅延差を予測して大雑把なディレイ調整

を行うと共に、放送と通信の両方の信号処理パスにおいてタイムライン情報により同一の時間軸に変換した PTS（タイムスタンプ）に基づいて提示タイミングを制御する。

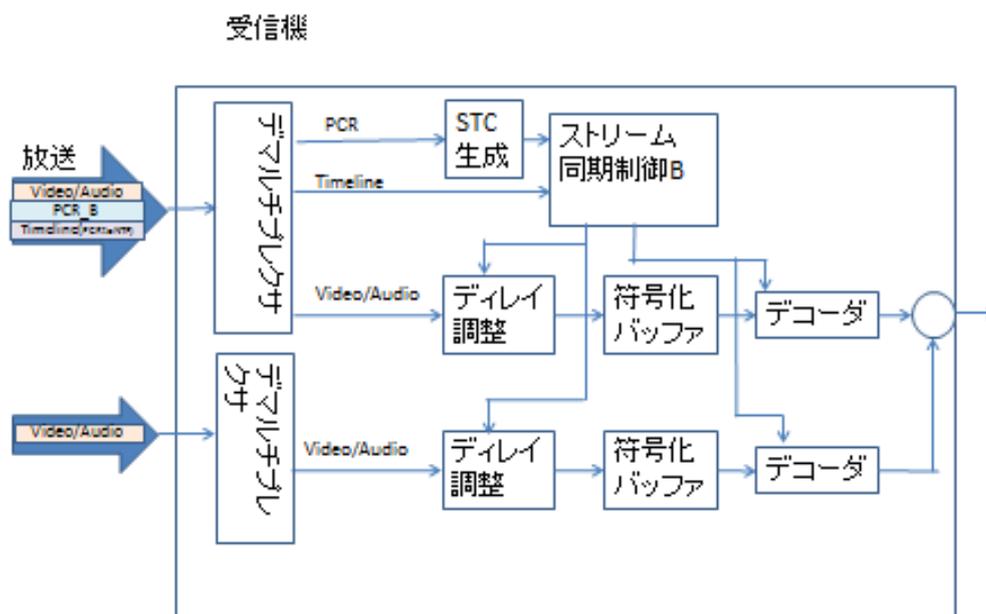


図5 受信機におけるストリーム同期再生系

A) 放送の遅延量の方が大きい場合

放送の遅延量の方が大きい場合のストリーム同期のタイミングを図6(A)に示す。この場合の放送ストリームと通信ストリームのストリーム同期処理は以下の通りを行う。

放送ストリームに関しては、通常通り STC_B と PTS に基づく提示制御を行う。

通信ストリームに関しては、想定される放送と通信の最大遅延差を吸収可能な遅延調整バッファを通した上で、STC_B をタイムライン情報により換算した NTP_B の時間軸においてタイムスタンプに基づいて提示制御を行う。

B) 通信の遅延量の方が大きい場合

通信の遅延量の方が大きい場合のストリーム同期のタイミングを図6(B)に示す。放送ストリームと通信ストリームのストリーム同期処理は以下の通りを行う。

想定される放送と通信の最大遅延差に相当するオフセットを STC_B に加えた STC_C を生成する。放送ストリームに関しては、STC_C と PTS に基づく提示制御を行う。

通信ストリームに関しては、STC_C をタイムライン情報により換算した NTP_C の時間軸においてタイムスタンプに基づいて提示制御を行う。

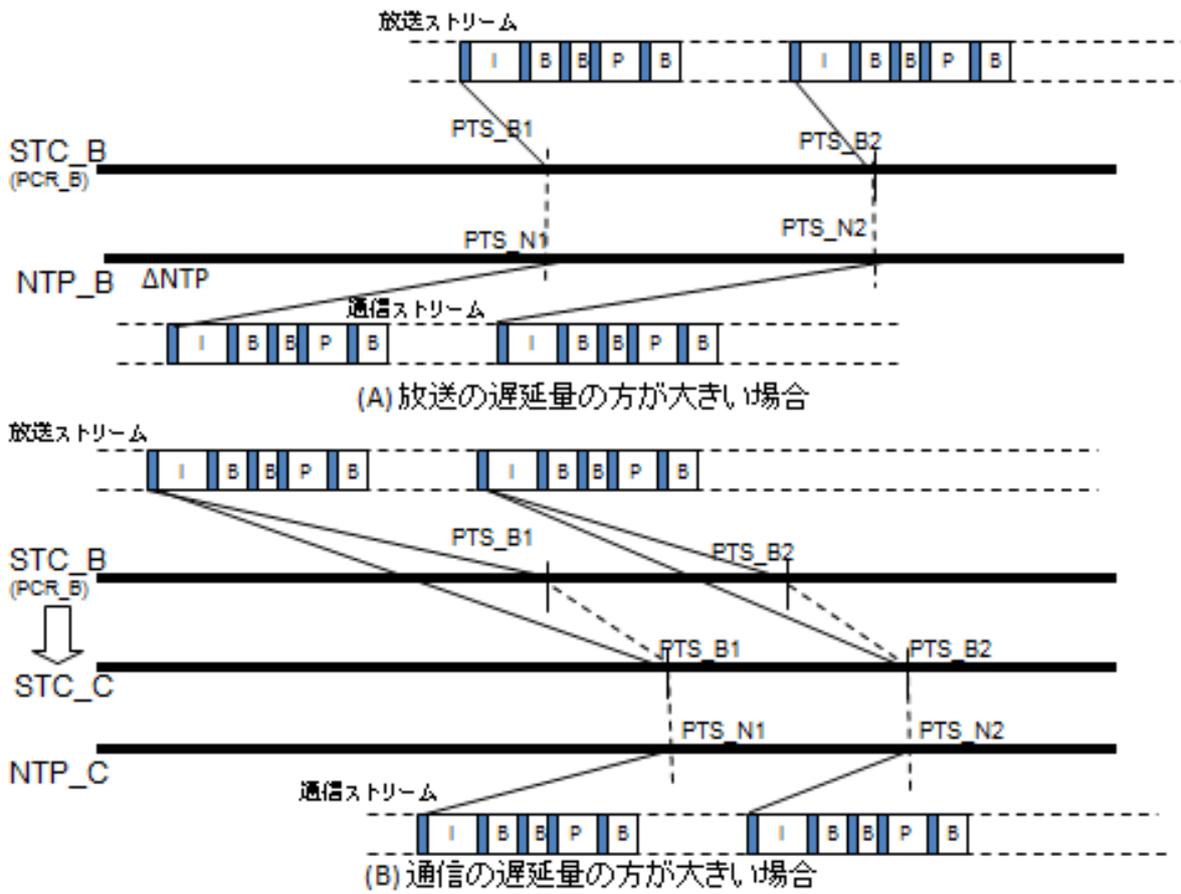


図6 PCR/STC と NTP のマッピングに基づくストリーム同期のタイミング

参考資料6 広帯域伝送における限定受信方式の要件

(スクランブルサブシステム)

限定受信方式の要件	検討結果	適合
<ul style="list-style-type: none"> 高度な秘匿性を有すること。 不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。 	<p>AES（鍵長 128 ビット）ブロック暗号、Camellia（鍵長 128 ビット）ブロック暗号への移行することを提案する。</p>	<p>(情報通信審議会)</p> <ul style="list-style-type: none"> AES、Camellia の各暗号アルゴリズム等と、選定にあたっての留意事項 暗号アルゴリズムを指定できるスクランブルサブシステム (CAT/CA メッセージ、暗号ブロック図等を含む)
	<p>スクランブル方式記述子を規定し、暗号アルゴリズムを指定できる仕組みを導入する。</p>	

(関連情報サブシステム：[アクセス制御機能に関する事項])

限定受信方式の要件	検討結果	適合
<ul style="list-style-type: none"> 現行の方式と同等のサービス・機能が実現できること。 RMP として利用する際に、十分な安全性が確保されていること。 関連情報が放送波以外でも送信できるように考慮すること。 契約者／非契約者へのコミュニケーションツールが用意されていること（自動表示メッセージ）。 関連情報の暗号化においては、関連情報の内容を知り、又は改変することが容易でなく、かつ短期間で暗号化方式の変更が必要とならないこと。 複数事業者が、それぞれのサービスに適した（異なる）方式を他の事業者へ影響を与えることなく同時に運用できること。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の 3 重鍵方式を提案する。 柔軟度が高い関連情報 (ECM、EMM) のフォーマットを導入する。 	<p>(情報通信審議会)</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行の 3 重鍵方式の採用と、関連情報を構成する情報 (ECM 及び EMM) <p>(民間規格等)</p> <p>ECM 及び EMM の具体的な詳細については、今後民間規格等で策定する。</p>

(関連情報サブシステム：[安全性の維持・改善及び拡張性に関する事項（その他）])

限定受信方式の要件	検討結果	適合
<p>関連情報伝送や限定受信機能において十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・暗号化の安全性を継続的に維持・改善できること。 ・限定受信システムとして、安全性を継続的に維持・改善できること。 ・関連情報サブシステムは、セキュリティが破られた場合の対策手段を持ち、その対策手段は、技術的、経済的に容易に実現できること。 ・万が一セキュリティが破られた場合においても、その影響を限定できる工夫が施されていること。更に、セキュリティが破られた場合の対策手段が備えられており、その対策手段は、技術的かつ経済的に容易に実施できること。 ・次世代放送・新サービスへの対応（拡張性）を考慮すること。 ・関連情報サブシステムは、サービスの拡張や受信者への情報伝送機能の追加・変更が可能なこと。その手段は、技術的、経済的に容易に実施できること。 	<p>・安全性の維持改善の手段としては、①受信機側でハードウェアを更新する更新手段、②受信機側で記録媒体などを使ってソフトウェアを更新する更新手段、③放送や通信を使ってソフトウェアを更新する更新手段の3つに大別でき、このうち、放送や通信を使って安全にソフトウェアを更新する更新手段について提案する。</p>	<p>(情報通信審議会)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放送や通信を使って安全にソフトウェアを更新する送出側の技術手段 <p>(民間規格等)</p> <p>送出に係るテーブルの具体的な詳細、及び受信機実装や運用に関する部分については、今後民間規格等や運用検討の場において検討する。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・関連情報サブシステムの実装として、専用ハードウェアを前提としない方式であること。 ・受信機の保守、サービスモードの改ざんや大規模リコールなどで、セキュリティの低下や事業者の放送運用へ影響を与えないこと。 	<p>・上記提案と独立に検討が可能である。</p>	<p>(民間規格等)</p> <p>受信機実装や運用に関する部分は、今後民間規格等や運用検討の場において検討する。</p>

参考資料7 表色系の比較

従来色域 (ITU-R 勧告 BT. 709)、 xvYCC、 広色域 (ITU-R 勧告 BT. 2020) の 3 種類の表色系がそれぞれ表現可能な色域を図 1 に示す。

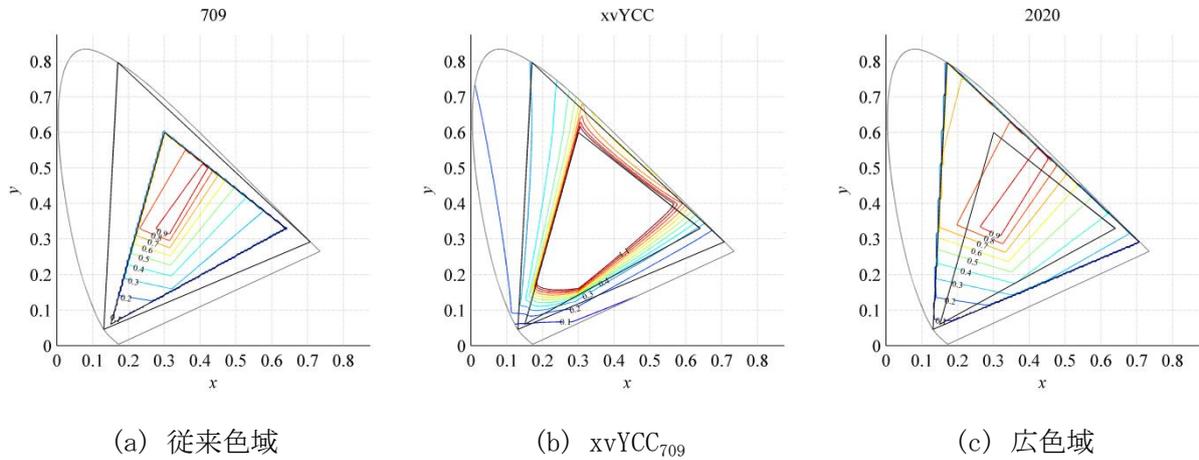


図 1 表色系と色域

広色域映像とそれを xvYCC に変換した場合のそれぞれの色域を図 2 に比較して示す。 xvYCC に変換した場合、 広色域映像で表現されていた一部の色が表現されなくなる。

映像 (サムネイル)	xy 色度図上の色域	
	広色域	xvYCC ₇₀₉
	<p>stained - 2020</p>	<p>stained - xvYCC</p>
	<p>butter - 2020</p>	<p>butter - xvYCC</p>

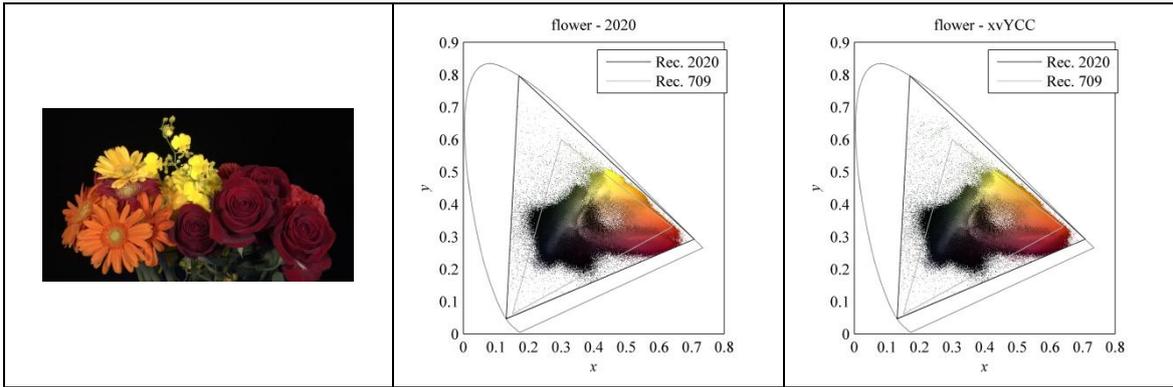


図2 表色系と色域

参考資料 8 符号化画素ビット数の比較実験

1 目的

8ビット符号化と10ビット符号化の性能を比較する。

2 実験方法

2.1 テスト素材

主観評価実験（参考資料 10 参照）で用いた 2160/60/P の 11 シーケンス（予備シーケンスを含む）。10ビット素材、シーケンス長 15 秒。

2.2 符号化条件

HM 11.0 を用いた 8ビット符号化及び 10ビット符号化。

ビットレートは 15Mbps、20Mbps、30Mbps、40Mbps の 4 通り（参考資料 10 と同じ）。

2.3 符号化性能評価

10ビット素材を 10ビットのまま符号化する場合と、10ビット素材を 8ビットに変換して（丸めて）8ビット符号化する場合を比較した。

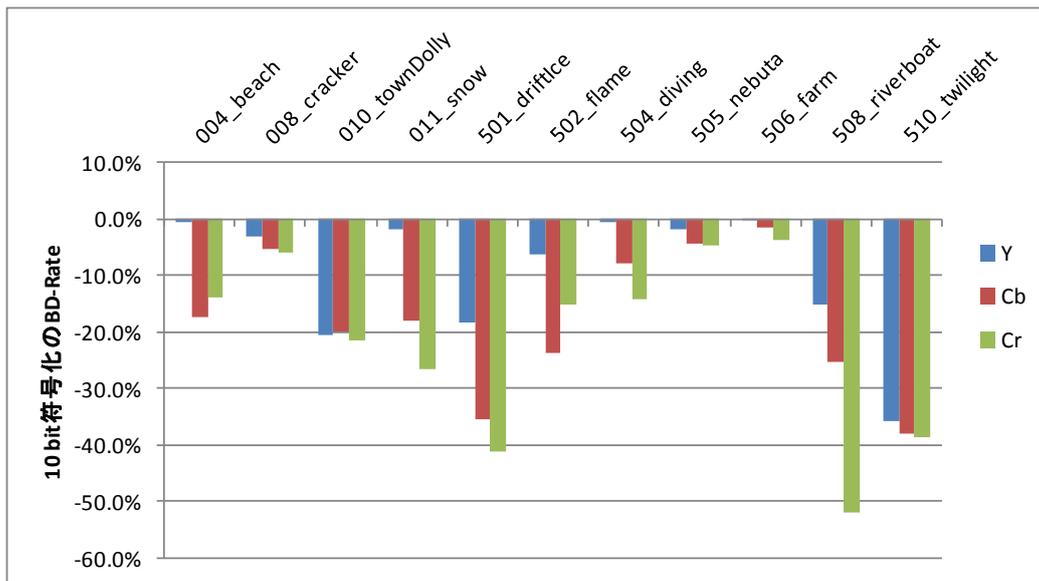
8ビット符号化の場合の PSNR は、8ビットから 10ビットに変換（2ビットシフト）した 10ビットと原画像の 10ビットとの間で求めた。

各ビットレートにおける PSNR と平均ビットレート（実測値）から、8ビット符号化を基準とした 10ビット符号化の BD-Rate を求めた。

3 結果

8ビット符号化を基準とした 10ビット符号化の BD-Rate¹を図 1 に示す。10ビット符号化の方が 8ビット符号化よりも符号化効率が良いことが示された。一例として、約 20%の改善が示されたテスト画像 010_townDolly のビットレート対輝度信号 PSNR を図 2 に示す。

¹ 4点のビットレート対 PSNR から計算される平均的な符号化効率を示す指標。



(負値は10ビット符号化の方が良いことを意味する)
 図1 8ビット符号化に対する10ビット符号化のBD-Rate

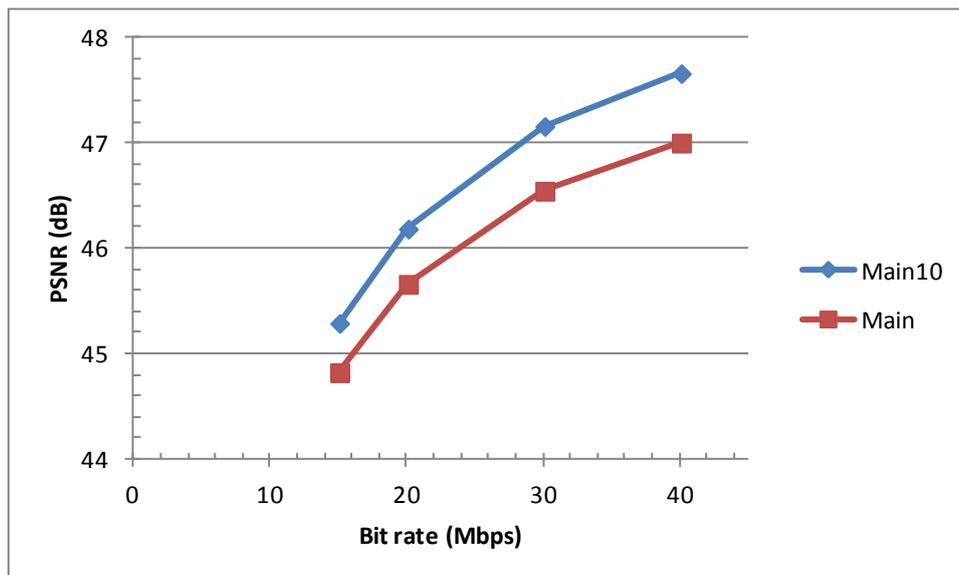


図2 ビットレート対輝度信号PSNR (テスト画像: 010_townDolly)

参考資料9 60/P 及び 60/I 映像の所要ビットレート確認実験

1 目的

超高精細度テレビジョン放送の映像フォーマットのうち、1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P の四つの映像フォーマットについて、ITU-T 勧告 H. 265 | MPEG-H HEVC による所要ビットレートを確認する。

2 実験計画

2.1 テスト画像

4320/60/P 映像及びこれを 2160/60/P、1080/60/P、1080/60/I にダウンコンバートした同一絵柄の4種類の解像度のマルチフォーマット映像をテスト画像として用いた。

多様な符号化難易や絵柄を含むテスト画像セットを選定するため、絵柄の重複がなく様々な絵柄が含まれること、超高精細映像のテスト画像として適切であること、符号化の難易分布が従来のHDTVテスト画像と類似することを条件とした。38個のテスト画像候補(4320/60/P映像)を1080/60/Iにダウンコンバートした映像と過去にMPEG-4 AVCの所要ビットレート評価に用いられたHDTVテスト画像の符号化難易を図1に示す。ここで、MPEG-4 AVCで約10Mbpsで符号化した場合の輝度信号の符号化誤差をPSNR(dB)で示している。

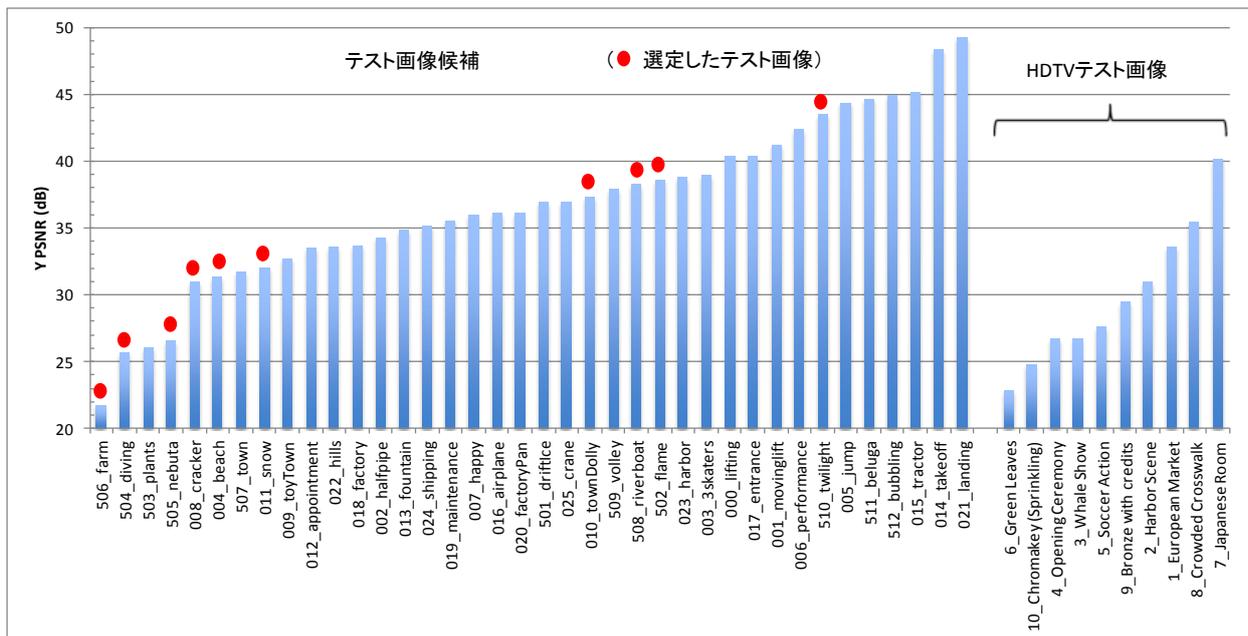


図1 テスト画像の符号化難易

最終的に選定した10個のテスト画像を図2に示す。

1 004_beach		6 504_diving	
2 008_cracker		7 505_nebuta	
3 010_townDolly		8 506_farm	
4 011_snow		9 508_riverboat	
5 502_flame		10 510_twilight	

図2 マルチフォーマットテスト画像

これらのマルチフォーマットテスト画像のほか、1080/60/Iについては、過去に実施された評価実験でよく用いられていたものの中から、図3に示す3つの映像を参考のために使用した。

		
European Market	Bronze with credits	Chromakey (Sprinkling)

図3 1080/60/I の追加テスト画像

2.2 符号化・復号化

符号化実験の条件を表1に示す。

エンコーダ/デコーダには、1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/Pの全ての映像フォーマットに対応しているHEVCテストモデル(HM)を用いた。HMとハードウェアのエンコーダには、以下のような相違がある。(a)HMではRate-Distortion特性に基づく符号化パラメータの最適化が図られているが、ハードウェアでの最適化には限界がある。(b)HMのレートコントロールは必ずしも最適なものではないが、ハードウェアではメーカーのノウハウに基づき(a)の制約を補う制御が行われる。

ビットレートの選定は、高度広帯域衛星デジタル放送の検討で専門家を評価者として二重刺激劣化尺度法(DSIS法)で求められた2160/60/P、1080/60/P、1080/60/IのMPEG-4 AVCによる所

要ビットレート（それぞれ 60Mbps、17Mbps、13Mbps）を参考に、HEVC による符号化効率向上を考慮した。

表 1 符号化実験条件

映像	フォーマット	Y' C' _B C' _R 4:2:0, 10 ビット		
	表色系	ITU-R 勧告 BT. 709		
	テスト画像	マルチフォーマットテスト画像 10 種類、各 10 秒（図 2 参照、NHK 提供） 1080/60/I の参考として、ITE 標準動画画像 3 種類、各 10 秒（図 3 参照）		
	エンコーダ	HEVC Test Model HM11.0		
符号化	デコーダ	HEVC Test Model HM11.0		
	プロファイル	Main10 (10 ビット, 4:2:0)		
	特記	1080/60/I はフィールドピクチャとして符号化		
	ビットレート	1080/60/I	3, 5, 7, 10 Mbps	
		1080/60/P	4, 7, 10, 15 Mbps	
		2160/60/P	15, 20, 30, 40 Mbps	
		4320/60/P	60, 80, 100, 120 Mbps	
Intra 間隔	32 (約 0.5 秒)			

2.3 主観評価

2.3.1 60/P 映像の評価実験

主観評価実験の条件を表 2 に示す。

一人の評価者は 1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P（視距離 2 種類）のすべての評価実験に参加した。ただし、実験の順序やビットレートの提示順序は評価者グループごとに変えた。

表 2 画質評価実験条件

評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度（表 3 参照） 基準画像－評価画像のペアを 1 回提示	
観視条件	ITU-R 勧告 BT. 2022	
評価者	専門家 32 人	
ディスプレイ	1080/60/P	25-inch 有機 EL
	2160/60/P	56-inch LCD
	4320/60/P	85-inch LCD
視距離	1080/60/P	画面高の 3 倍(3H)
	2160/60/P	画面高の 1.5 倍(1.5H)
	4320/60/P	画面高の 0.75 倍(0.75 H)及び 1.5 倍(1.5H)
実施日	2013 年 10 月 11 日	
実施場所	NHK 放送技術研究所	

表3 5段階劣化尺度

評点	評価語
5	劣化が分からない
4	劣化が分かるが気にならない
3	劣化が気になるが邪魔にならない
2	劣化が邪魔になる
1	劣化が非常に邪魔になる

2.3.2 1080/60/I の評価実験

主観評価実験の条件を表4に示す。

表4 画質評価実験条件

評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度(表3参照) 基準画像-評価画像のペアを1回提示
観視条件	ITU-R 勧告 BT. 2022
評価者	専門家 19 人
ディスプレイ	25-inch 有機 EL
視距離	画面高の3倍(3H)
実施日	2013年12月20日
実施場所	NHK 放送技術研究所

2.4 所要ビットレート推定の基準

放送品質を満足するサービスを提供するためには、画質の許容限と見なされる平均評価値(MOS: Mean Opinion Score) 3.5以上がほぼ全ての映像で満足することが望まれ、また、MOS 3.0未満は放送品質として許容し難いと考えられる。そこで、平均値と分散を基に、MOS 3.5以上及びMOS 3.0未満に該当するか否かを有意水準5%で検定する。

3 符号化結果

輝度信号の符号化誤差をPSNR (dB)で図4~7に示す。

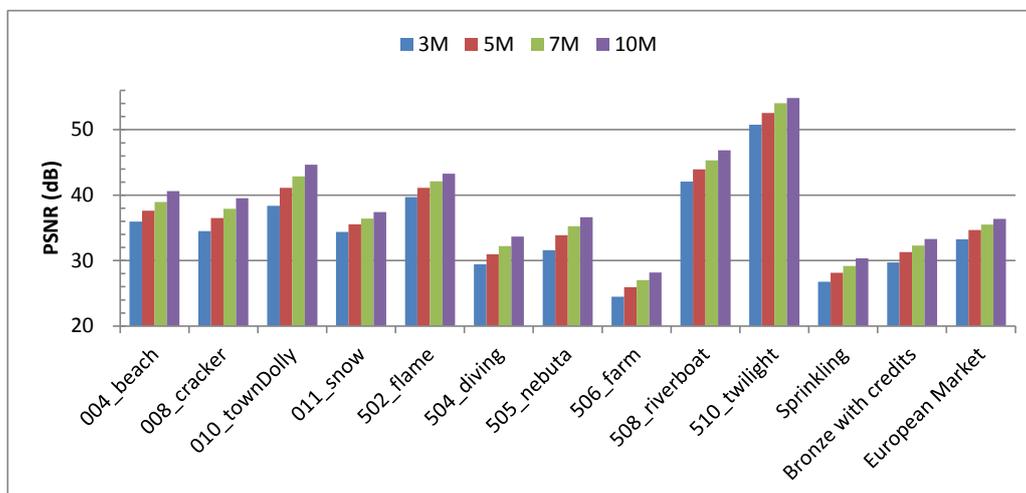


図4 輝度信号の符号化誤差 (1080/60/I)

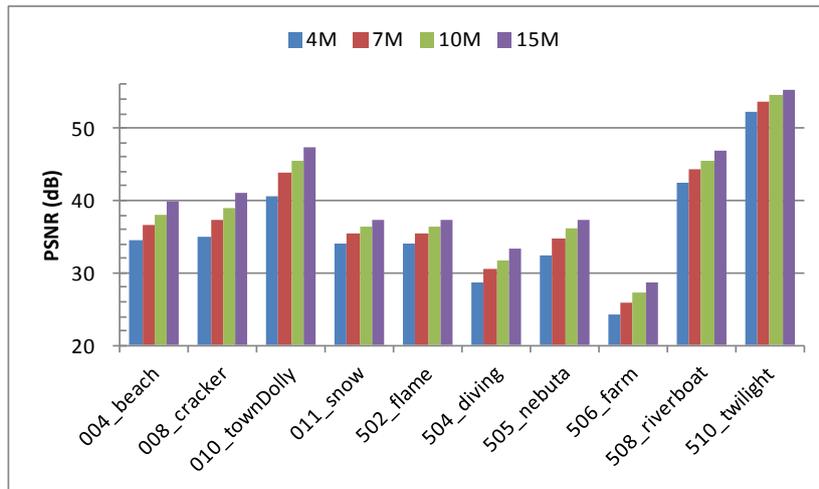


図5 輝度信号の符号化誤差 (1080/60/P)

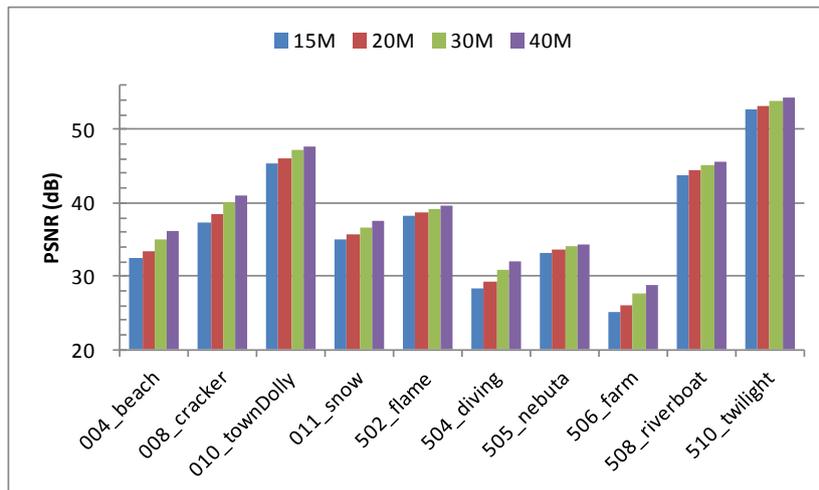


図6 輝度信号の符号化誤差 (2160/60/P)

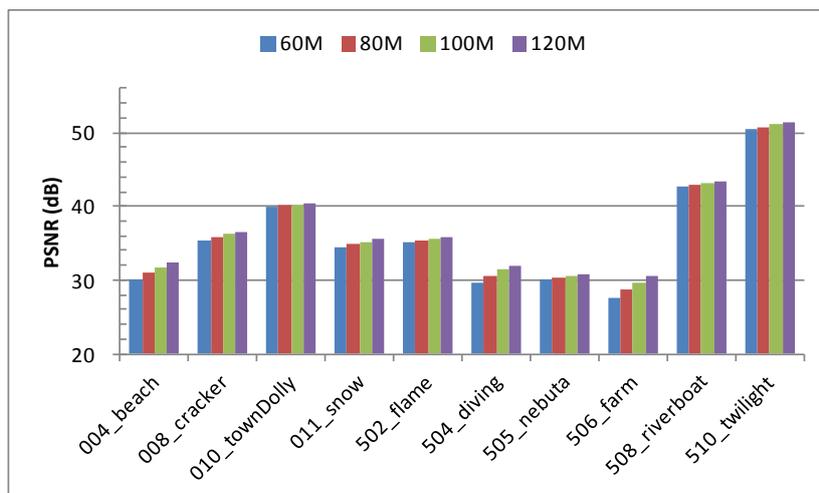
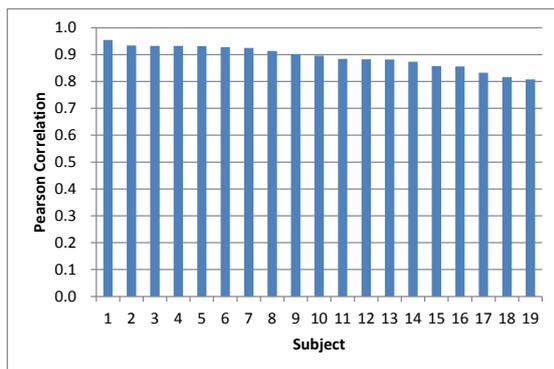


図7 輝度信号の符号化誤差 (4320/60/P)

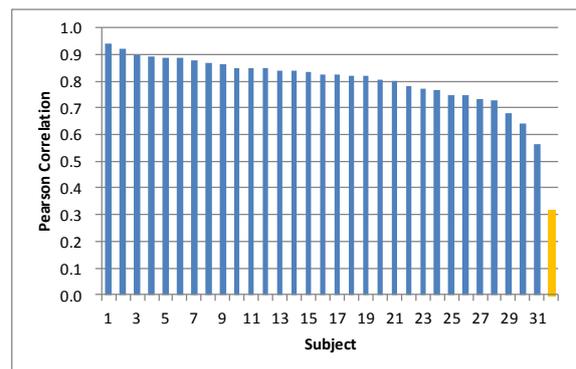
4 評価結果

4.1 評価者のスクリーニング

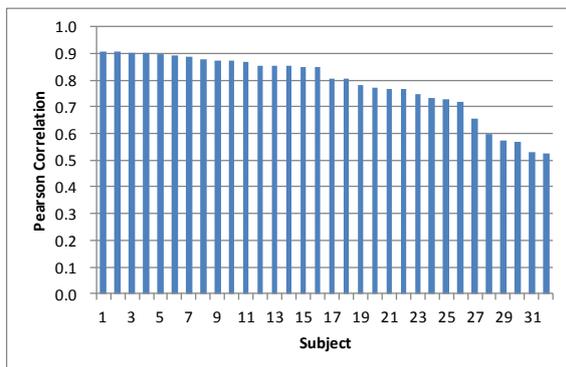
1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P (0.75H)、4320/60/P (1.5H)の実験ごとに評価者のスクリーニングを行った。図8に実験ごとの各評価者の評価結果と評価者間平均値の Pearson 相関を示す。Pearson 相関が 0.4 未満の評価者の評価結果を除外することとし、32 名の評価者のうち、1080/60/P で1名、4320/60/P (0.75H)で3名、4320/60/P (1.5H)で9名の評価結果が除外された。



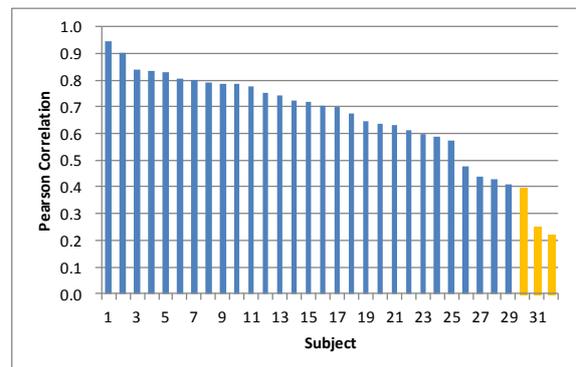
(a) 1080/60/I



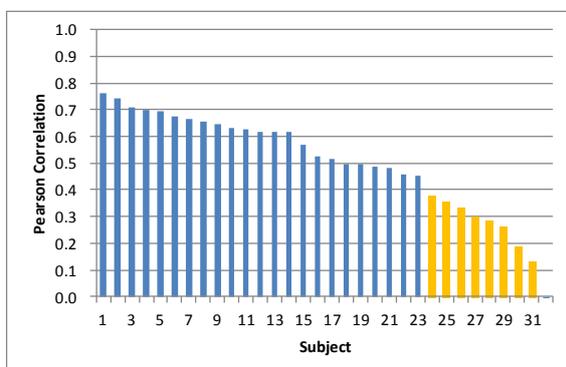
(b) 1080/60/P



(c) 2160/60/P



(d) 4320/60/P (0.75H)



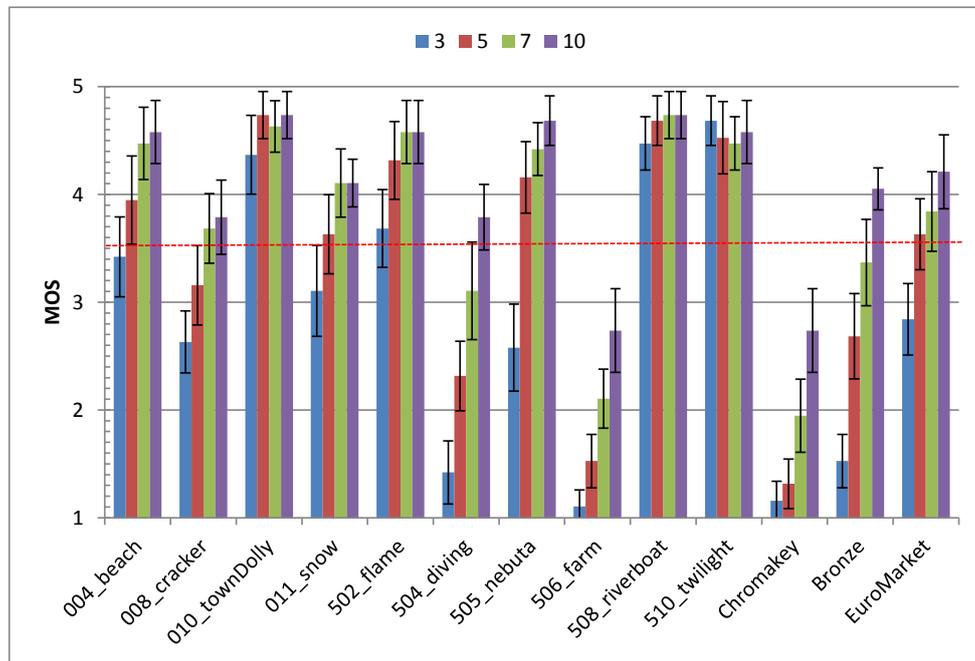
(e) 4320/60/P (1.5H)

図8 評価者の評点と評価者間平均評点との Pearson 相関

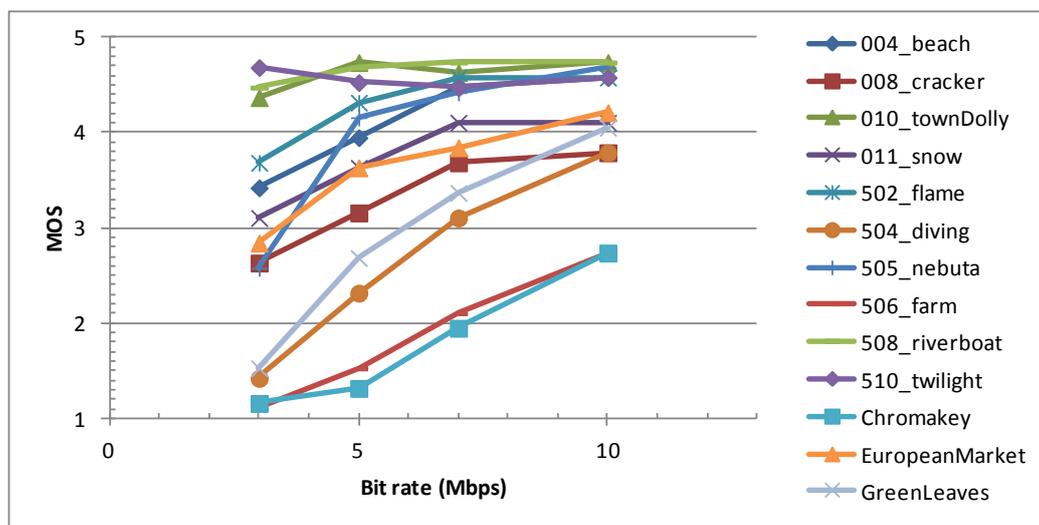
4.2 ビットレート対画質

4.2.1 1080/60/I

図9に1080/60/Iのビットレート対MOSを、表5に画質基準に対するテスト画像の割合を示す。



(a)



(b)

図9 1080/60/Iのビットレートと画質（平均値と95%信頼区間）

表5 1080/60/Iのビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

1080/60/I	3 Mbps	5 Mbps	7 Mbps	10Mbps
3.5 以上	5/10	8/10	9/10	9/10
3.0 未満	3/10	2/10	1/10	0/10

図 10 にテスト画像ごとにビットレート間の有意差の有無を有意水準 5% で検定した結果を示す。有意差が無いビットレートの範囲を棒線で示している。例えば、テスト画像「505_nebula」の場合、3 Mbps と 5 Mbps の間に有意差があり、5 Mbps と 7 Mbps の間に有意差はないが 5 Mbps と 10 Mbps の間には有意差があり、また、7 Mbps と 10 Mbps の間に有意差はない。

1080/60/I	3M	5M	7M	10M
004_beach	[Green bar]		[Green bar]	
008_cracker	[Red bar]	[Green bar]	[Green bar]	
010_townDolly	[Green bar]			
011_snow	[Green bar]		[Green bar]	
502_flame	[Green bar]	[Green bar]		
504_diving	[Red bar]	[Red bar]	[Green bar]	[Green bar]
505_nebula	[Green bar]	[Green bar]		[Green bar]
506_farm	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Yellow bar]
508_riverboat	[Green bar]			
510_twilight	[Green bar]			

(棒線は有意差が無い範囲を示す。緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)

図 10 1080/60/I のビットレート間の有意差の有無

高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式の検討に際して実施した MPEG-4 AVC ハードウェアコーデックによる 1080/60/I の符号化映像の主観画質評価実験の結果と今回の HEVC による結果を図 11 に示す。MOS 3.5 となるビットレートを比較すると、2つのテスト画像では HEVC は MPEG-4 AVC の約 50% であるが、他の 1つのテスト画像ではほぼ同じビットレートであった。

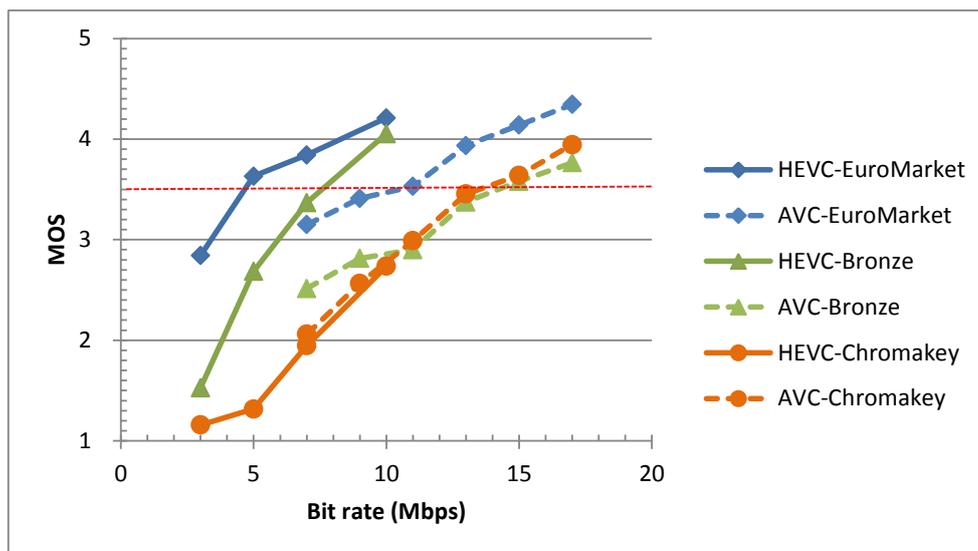
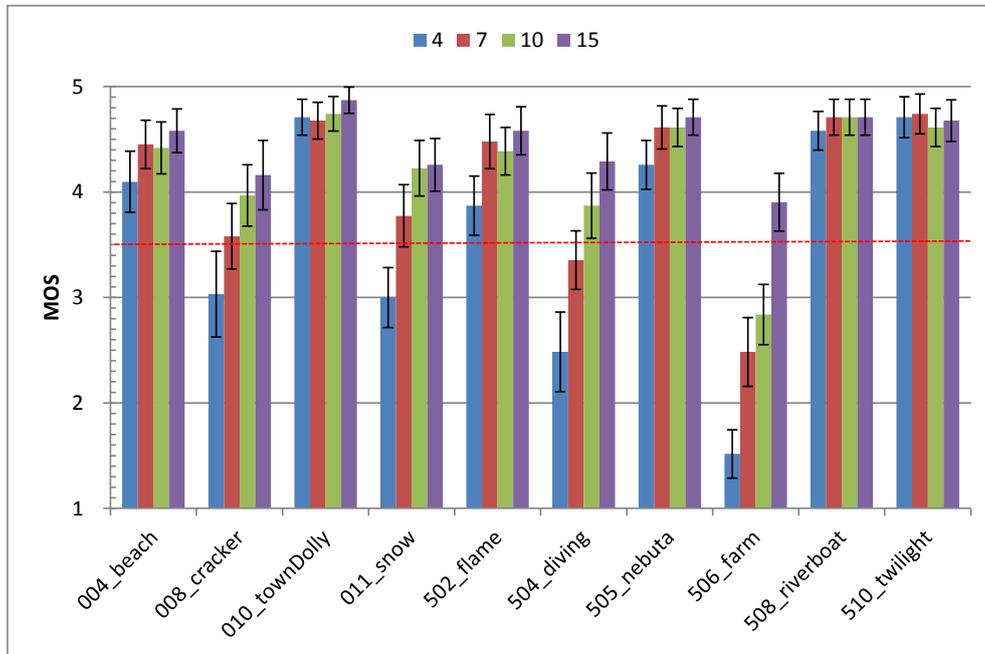


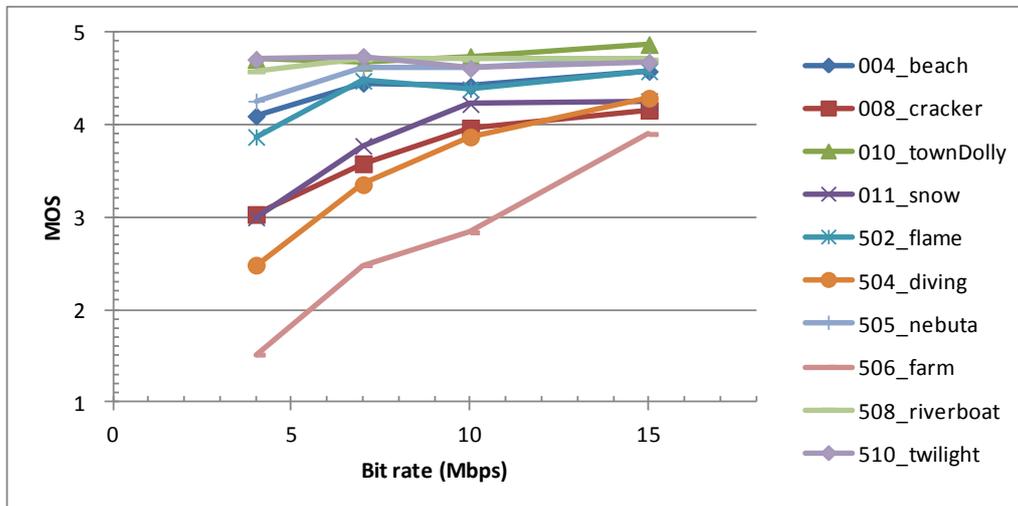
図 11 1080/60/I の MPEG-4 AVC と HEVC の符号化画質の比較

4.2.2 1080/60/P

図 12 に 1080/60/P のビットレート対 MOS を、表 6 に画質基準に対するテスト画像の割合を、図 13 にテスト画像ごとにビットレート間の有意差の有無を有意水準 5% で検定した結果を示す。なお、評価実験中のトラブルのため、502_flame で 7Mbps の有効評価者数は 23 である。



(a)



(b)

図 12 1080/60/P のビットレートと画質（平均値と 95%信頼区間）

表 6 1080/60/P のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

1080/60/P	4 Mbps	7 Mbps	10Mbps	15Mbps
3.5 以上	6/10	9/10	9/10	10/10
3.0 未満	2/10	1/10	0/10	0/10

1080/60/P	4M	7M	10M	15M
004_beach	[Green bar from 4M to 10M]			
008_cracker	[Yellow bar from 4M to 4.5M]	[Green bar from 7M to 15M]		
010_townDolly	[Green bar from 4M to 15M]			
011_snow	[Yellow bar from 4M to 4.5M]	[Green bar from 7M to 7.5M]	[Green bar from 10M to 15M]	
502_flame	[Green bar from 4M to 15M]			
504_diving	[Red bar from 4M to 4.5M]	[Green bar from 7M to 7.5M]	[Green bar from 10M to 10.5M]	[Green bar from 15M to 15.5M]
505_nebuta	[Green bar from 4M to 15M]			
506_farm	[Red bar from 4M to 4.5M]	[Red bar from 7M to 8.5M]	[Yellow bar from 8.5M to 10.5M]	[Green bar from 15M to 15.5M]
508_riverboat	[Green bar from 4M to 15M]			
510_twilight	[Green bar from 4M to 15M]			

(棒線は有意差が無い範囲を示す。緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)

図 13 1080/60/P のビットレート間の有意差の有無

1080/60/I と 1080/60/P で共通のビットレートの 7Mbps と 10Mbps における評価結果を図 14 に示す。1080/60/I と 1080/60/P はほぼ同等の結果であった。

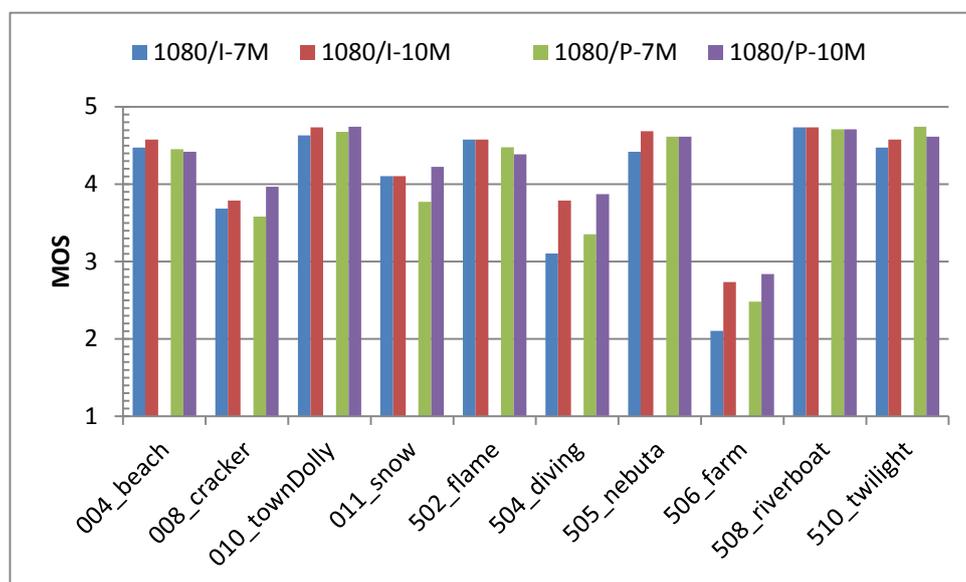
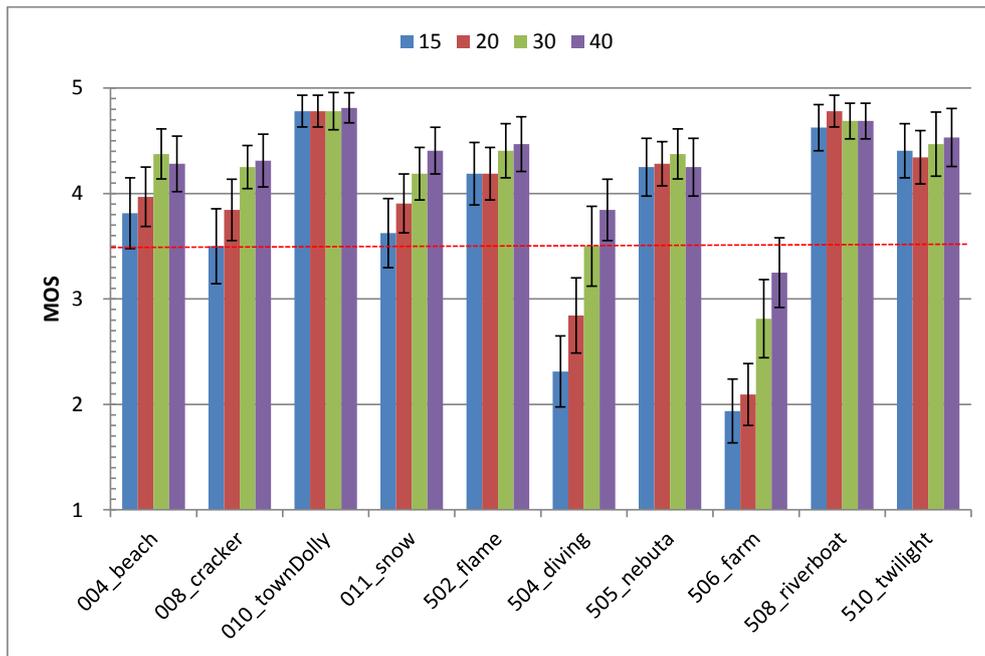


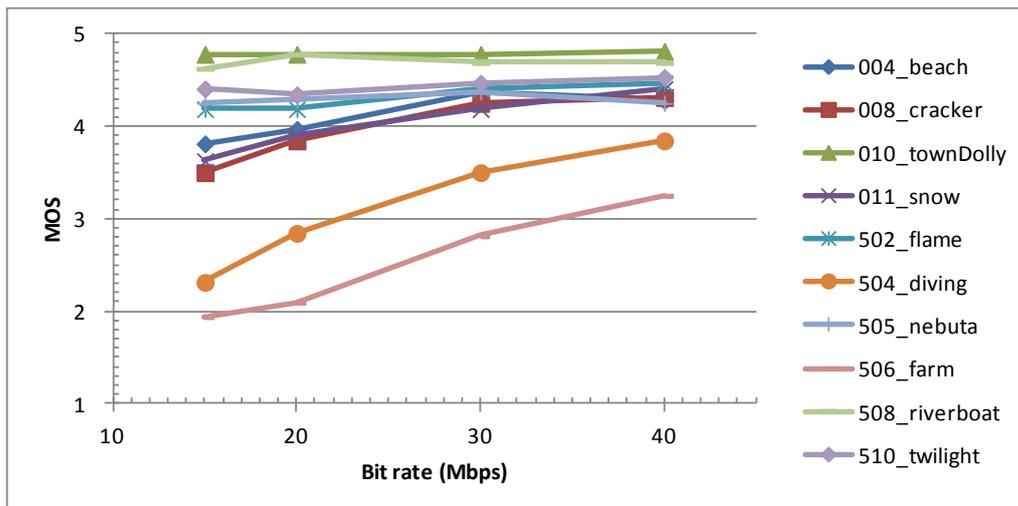
図 14 1080/60/I と 1080/60/P の比較

4.2.3 2160/60/P

図 15 に 2160/60/P のビットレート対 MOS を、表 7 に画質基準に対するテスト画像の割合を、図 16 にテスト画像ごとにビットレート間の有意差の有無を有意水準 5% で検定した結果を示す。



(a)



(b)

図 15 2160/60/P のビットレートと画質（平均値と 95%信頼区間）

表 7 2160/60/P のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

2160/60/P	15Mbps	20Mbps	30Mbps	40Mbps
3.5 以上	8/10	8/10	9/10	10/10
3.0 未満	2/10	1/10	0/10	0/10

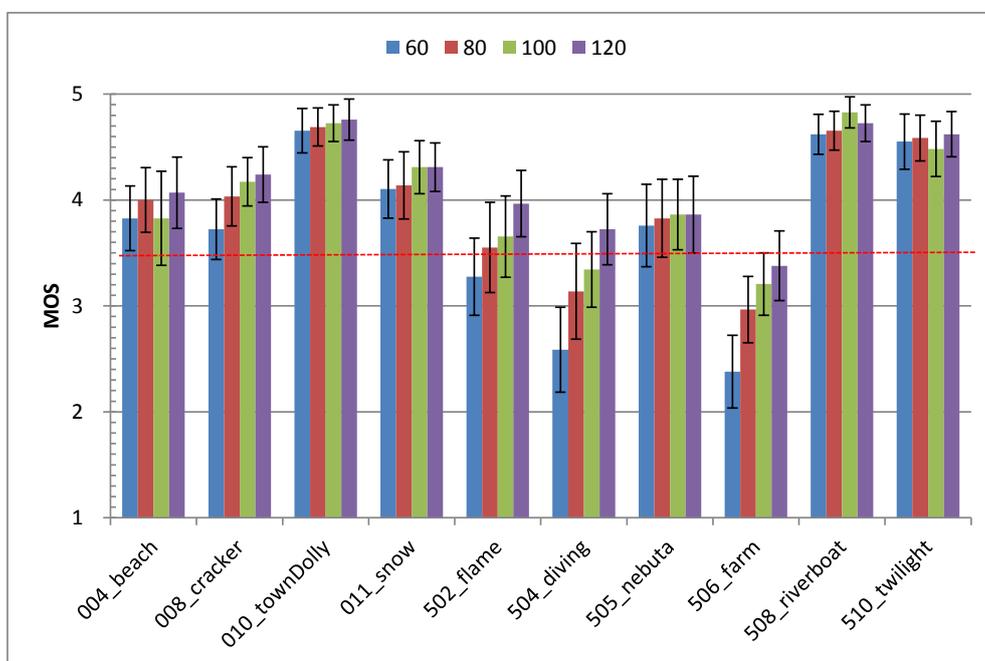
2160/60/P	15M	20M	30M	40M
004_beach	████████████████████		████████████████████	
008_cracker	████████████████████		████████████████████	
010_townDolly	██			
011_snow	████████████████████		████████████████████	
502_flame	██			
504_diving	████████	████████	████████████████████	
505_nebuta	██			
506_farm	████████████████████		████████	████████
508_riverboat	██			
510_twilight	██			

(棒線は有意差が無い範囲を示す。緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)

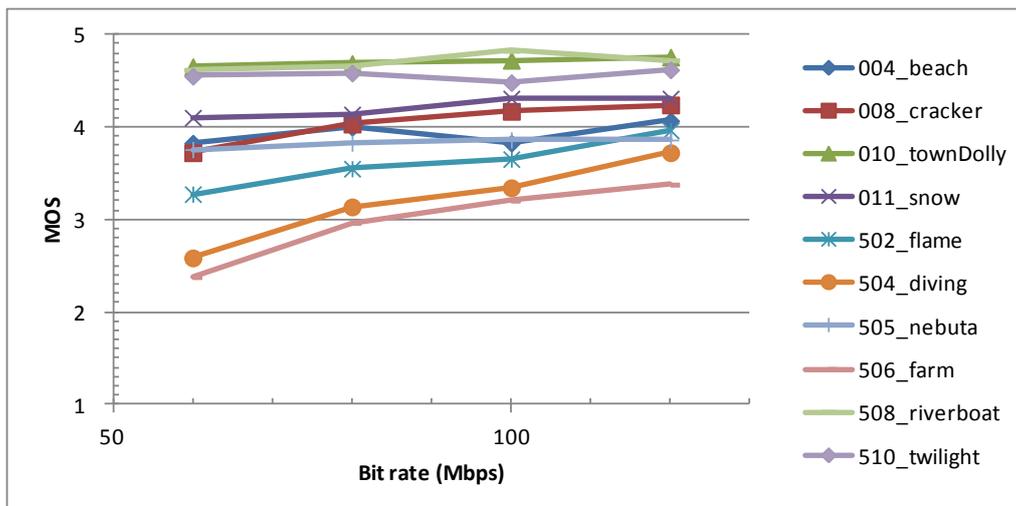
図 16 2160/60/P のビットレート間の有意差の有無

4.2.4 4320/60/P

図 17 に 4320/60/P (0.75H) のビットレート対 MOS を、表 8 に画質基準に対するテスト画像の割合を、図 18 にテスト画像ごとにビットレート間の有意差の有無を有意水準 5%で検定した結果を示す。



(a)



(b)

図 17 4320/60/P (0.75H) のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

表 8 4320/60/P (0.75H) のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

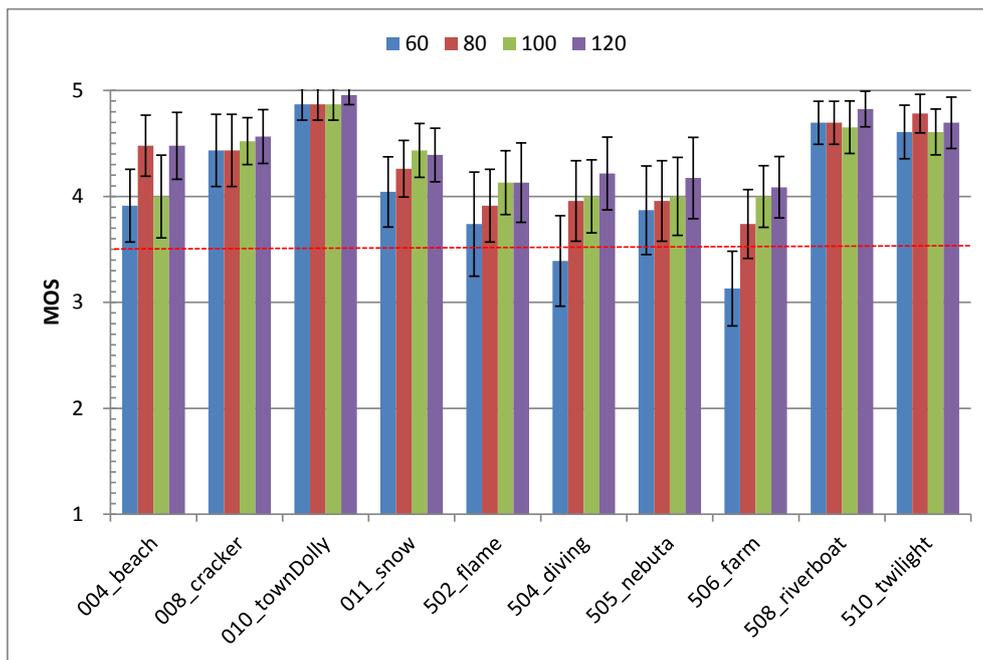
4320/60/P (0.75H)	60Mbps	80Mbps	100Mbps	120Mbps
3.5 以上	8/10	9/10	10/10	10/10
3.0 未満	1/10	0/10	0/10	0/10

4320/60/P (0.75H)	60M	80M	100M	120M
004_beach	[Green bar]			
008_cracker	[Green bar]	[Green bar]	[Green bar]	[Green bar]
010_townDolly	[Green bar]			
011_snow	[Green bar]			
502_flame	[Green bar]	[Green bar]	[Green bar]	[Green bar]
504_diving	[Yellow bar]	[Green bar]	[Green bar]	[Green bar]
505_nebata	[Green bar]			
506_farm	[Red bar]	[Yellow bar]	[Green bar]	[Green bar]
508_riverboat	[Green bar]			
510_twilight	[Green bar]			

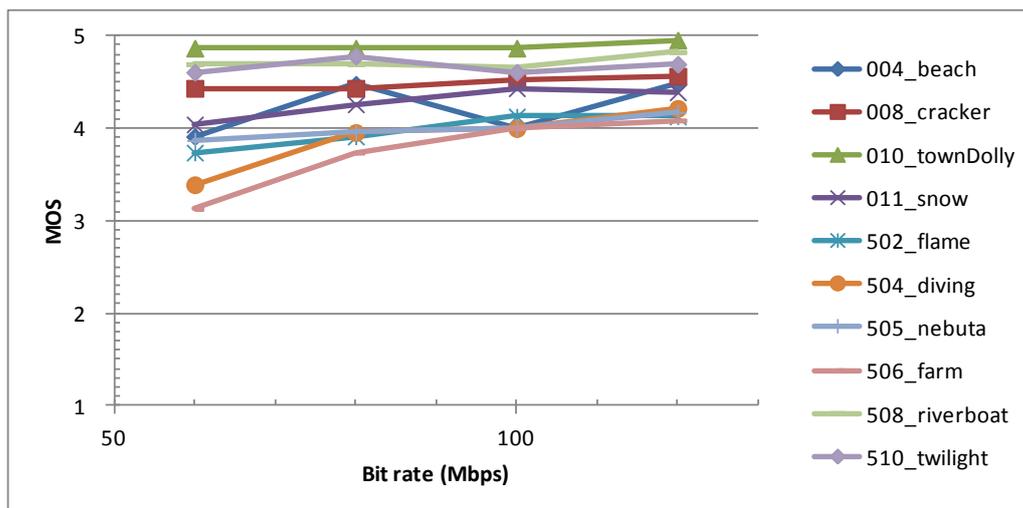
(棒線は有意差が無い範囲を示す。緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)

図 18 4320/60/P (0.75H) のビットレート間の有意差の有無

図 19 に 4320/60/P (1.5H) のビットレート対 MOS を、表 9 に画質基準に対するテスト画像の割合を示す。



(a)



(b)

図 19 4320/60/P (1.5H) のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

4320/60/P (1.5H)	60Mbps	80Mbps	100Mbps	120Mbps
3.5 以上	9/10	10/10	10/10	10/10
3.0 未満	0/10	0/10	0/10	0/10

4.3 所要ビットレート

MOS 3.5 以上を 9/10 以上のテスト画像で満足し、かつ、MOS 3.0 未満となるテスト画像が無いことを条件として、所要ビットレートを表 10 のように推定した。

表 10 所要ビットレート

1080/60/I	10Mbps～15Mbps
1080/60/P	10Mbps～15Mbps
2160/60/P	30Mbps～40Mbps
4320/60/P	80Mbps～100Mbps

参考資料 10 120/P 映像符号化の性能確認実験

1 目的

超高精細度テレビジョン放送の映像フォーマットのうち、フレーム周波数 120 Hz の映像について、ITU-T 勧告 H.265 | MPEG-H HEVC による所要ビットレートを推定する。

2 実験計画

2.1 テスト画像

4320/120/P 映像の空間解像度を縮小して作成した 2160/120/P 映像をテスト画像として用いた。

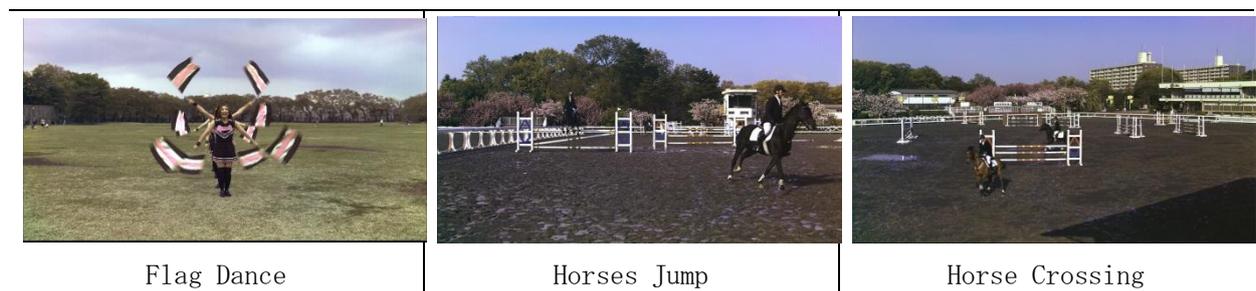


図 1 2160/120/P のテスト画像

2.2 符号化・復号化

符号化実験の条件を表 1 に、実験の構成を図 2 に示す。ビットレートは、2160/60/P の所要ビットレートを考慮し、20Mbps~40Mbps とした。また、60/P 受信機との互換性を考慮し、図 3 に示す予測構造とした。

表 1 符号化実験条件

映像	フォーマット	Y' C' B' C' R 4:2:0, 10 ビット		
	表色系	ITU-R 勧告 BT.709		
	テスト画像	2160/120/P テスト画像 3 種類、各 5 秒 (図 1 参照、NHK 提供)。60/P 映像はフレーム間引きにより作成。		
符号化	エンコーダ	HEVC Test Model HM12.0		
	デコーダ	HEVC Test Model HM12.0		
	プロファイル	Main10 (10 ビット, 4:2:0)		
	予測構造	図 3 参照		
	ビットレート	2160/120/P	20, 30, 40 Mbps	
		2160/60/P	20, 30, 40 Mbps	
	Intra 間隔	2160/120/P	64 (約 0.5 秒)	
2160/60/P		32 (約 0.5 秒)		

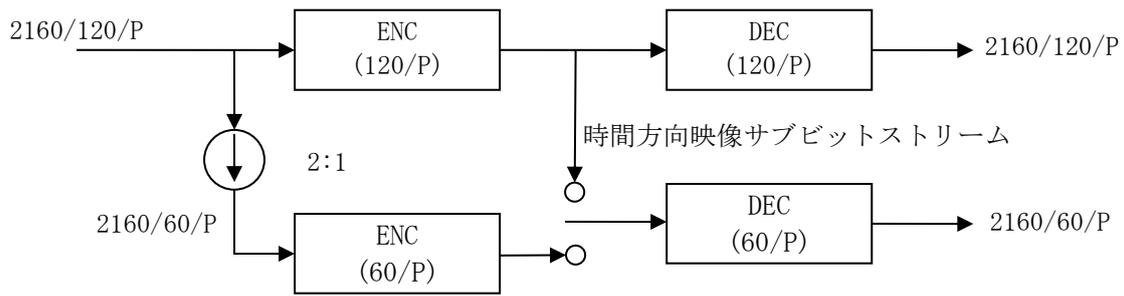


図2 実験の構成

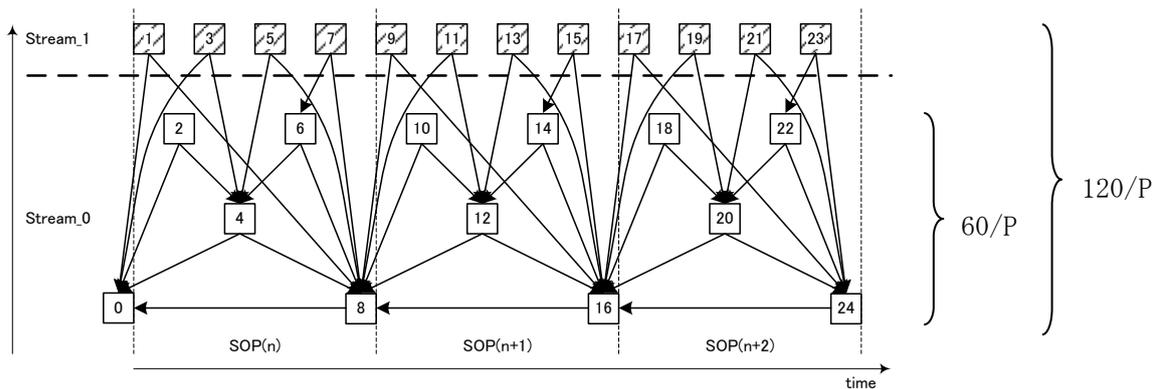


図3 予測構造

3 実験結果

60/P ストリームを 60/P デコーダで復号した 60/P 映像、120/P ストリームを 60/P デコーダで復号した 60/P 映像、120/P ストリームを 120/P デコーダで復号した 120/P 映像の 3 通りの映像の符号化誤差を図 4 に示す。60/P の所要ビットレート評価に用いたテスト画像と比べて、本実験のテスト画像の符号化難易は中程度であった。

同じビットレートにおいて、120/P ストリームから復号した映像の平均符号化誤差 (RMS 誤差) は、60/P ストリームから復号した映像に比べて 0.6~1 LSB (10 ビット信号) 増加した。これら 3 種類の映像 (30Mbps の符号化映像) をディスプレイに表示して画質を比較したところ、60/P の 2 つの映像の画質はほとんど見分けがつかなかった。また、120/P の映像は、60/P に比べて動きぼやけが低減して動画質が向上し、主観的な総合画質は 60/P 符号化映像よりも向上していた。

120/P の符号化誤差と、120/P ストリームから復号した 60/P の符号化誤差が同程度であったことから、本実験での 120/P 符号化制御は、ベースレイヤ (60/P) と差分レイヤの符号化誤差を同程度にするものであったと考えられる。

120/P ストリーム中の 60/P 部分 (時間方向映像サブビットストリーム) が占めるビットレートの割合を図 5 に示す。120/P のビットレートは 60/P 部分の 5%~20% 増であるが、テスト画像やビットレートによってこの割合は異なっているほか、ベースレイヤと差分レイヤの符号化誤差に差を付けるなど符号化制御やビットレート配分の戦略によっても異なる結果となり得ることに留意する必要がある。

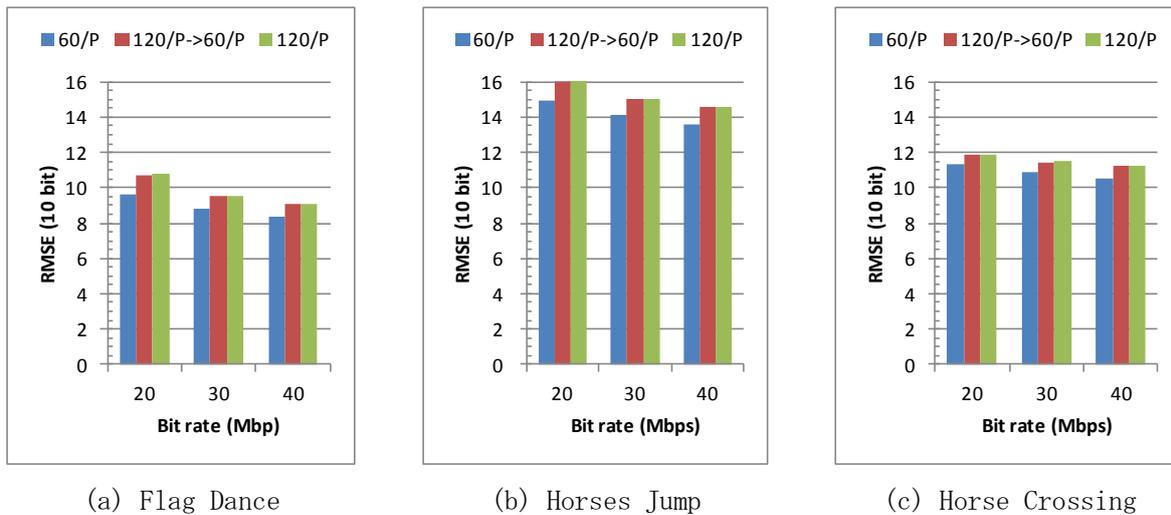


図4 120/P映像と60/P映像の符号化誤差の比較

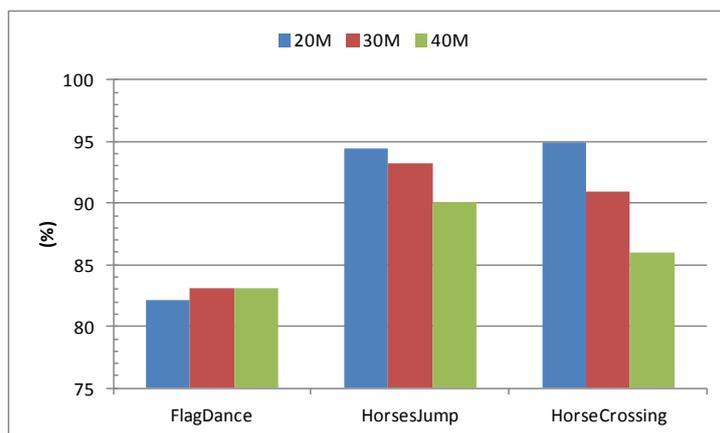


図5 120/P ストリーム中の 60/P ストリームが占めるビットレートの割合

参考資料 11 音声サービスのイメージ及び音声符号化方式選定の経緯

電波産業会（ARIB）デジタル放送システム開発部会・音声符号化方式作業班では、超高精細度テレビジョン放送システムの音声入力フォーマット及び音声符号化方式の提案募集を行い、提案された方式をベースに方式選定の検討を実施した。検討にあたっては、想定する音声サービスのイメージを明確化するとともに、放送システム委員会における高度広帯域伝送方式及び高度狭帯域伝送方式に係わる過去の審議経緯を参考にしつつ検討を進めた。以下、方式選定に係わる検討経緯を記す。

1. 想定する音声サービスのイメージ

超高精細度テレビジョン放送システムの音声入力フォーマット及び音声符号化方式の検討にあたり、想定した音声サービスのイメージは下記の通りである。

(1) UHDTV に対応した高音質・高臨場感サービス

- ・HDTV を超える UHDTV（8K フォーマットまで）に対応した高音質・高臨場感サービスの音場空間として、最大 22.2 チャンネルを想定。
- ・受信した 22.2 チャンネル音声を、家庭での様々な再生環境に応じて、柔軟な処理を行うことで 3 次元音再生が可能となる。

(2) 原音に忠実なロスレス高音質サービス

- ・原音（リニア PCM 音声）に忠実、すなわち「ロスレス＝原音との波形データの一致」を売りにした高音質サービスを想定。
- ・典型的な諸元としては、サンプリング周波数 48kHz、量子化ビット数 24 ビット、音声チャンネル数 2～5.1 チャンネルを想定。

2. MPEG-4 AAC 方式選定の経緯

高度広帯域伝送方式においては、最大音声入力チャンネル数として 22.2 チャンネル、音声符号化方式として MPEG-2 AAC 方式を採用した。ただし、平成 20 年 7 月 29 日付け放送システム委員会報告（以下、委員会報告）[1]の課題として「音声入力フォーマットの追加（22.2 チャンネルまで）に伴う MPEG-2 AAC 規格の拡張（Channel Configuration 関連）」が挙げられており、その後、音声符号化に関する ARIB 標準規格（ARIB STD-B32 第 2 部）において日本独自の拡張が行われている。

一方、今回選定した MPEG-4 AAC 方式は、符号化アルゴリズムは MPEG-2 AAC 方式とほぼ同一であるが、MPEG 規格として最大音声入力フォーマット 22.2 チャンネルまでの Channel Configuration への対応が完了している。そのため、超高精細度テレビジョン放送の高音質・高臨場感サービスを実現する音声符号化方式として本方式を採用することとした。

3. ロスレス高音質サービスの技術方式選定の経緯

ロスレス高音質サービスの音声符号化方式に関しては、過去の委員会報告にて「周波数有効利用等の観点から課題がある方式」の位置付けで提案され、最終的に答申に含まれなかった経緯がある。そのため、本方式の議論においては、過去の委員会報告にて挙げられた課題への対応を中心に検討が行われた。

<周波数有効利用の観点>

- ・MPEG-4 ALS 方式のビットレートは入力音源に依存するものの、通常の放送に使われるような音源では、原音（リニア PCM）を SMPTE-302M で伝送する場合の約 3～7 割程度のビットレートでロスレス圧縮が可能である。

委員会報告では、ロスレス圧縮により余った帯域のトータルでの有効利用（統合的なビットレート制御技術）について課題が指摘されていたが、今回、ロスレス圧縮による余剰帯域を他ストリーム（データ放送ストリーム）に可変ビットレート送出により割り当てる実験を実施し、この課題への対応を実証した。

- ・一方、委員会報告で提案されていたリニア PCM 音声符号化方式は、非圧縮符号化方式のため、周波数有効利用の観点では特段の進展はない。そのため、今回は提案方式に含めないこととした。ただし、リニア PCM 方式は圧縮符号化装置・復号化装置が不要であるため実装上のメリットも指摘されており、今後技術の進展に応じて継続検討することとする。
- ・同様に、委員会報告にて「不採用、ただし非圧縮・ロスレス高音質符号化用として継続検討」と位置付けられていた音声入力フォーマットにおける 96kHz サンプル周波数についても、現時点での特段の進展はなく、今回は提案に含めないこととした。ただし、高音質を売りにしたサービスへの 96kHz サンプル周波数のニーズは存在するため、今後サービスのニーズと技術の進展に応じて継続検討することとする。

<国際標準化の観点>

- ・委員会報告において、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証が課題として挙げられていたが、その後 MPEG にて放送応用に適用可能な Simple Profile の標準化が完了している。今後、運用の検討において必要に応じて規格の拡張及び適切な運用制約条件（量子化ビット数や符号化音声チャンネル数など）の詳細化が望まれる。

<符号化における制約条件>

- ・委員会報告では、非圧縮・ロスレス高音質サービス用音声符号化方式の符号化における制約条件として、最大音声符号化チャンネル数：5.1 チャンネルを提案した。今回、符号化制約条件について検討した結果、運用の選択肢を広く確保するため、符号化における制約条件は規定せず、今後運用の検討において詳細化を図ることとした。

運用の検討においては、入力音声フォーマットのパラメータに応じて想定される MPEG-4 ALS の符号化ビットレートを勘案し、サービスの詳細化を進めていくことが肝要である。以下に入力音声パラメータと MPEG-4 ALS 符号化ビットレート（想定）の関係を記す。

入力音声	MPEG-4 ALS による最悪ビットレート（注1）	MPEG-4 ALS による平均ビットレート（注2）
48 kHz, 16 ビット, 2 チャンネル	1.6 Mbps	1.1 Mbps
48 kHz, 24 ビット, 2 チャンネル	2.4 Mbps	1.6 Mbps
48 kHz, 16 ビット, 5.1 チャンネル	4.9 Mbps	3.2 Mbps
48 kHz, 24 ビット, 5.1 チャンネル	7.2 Mbps	4.8 Mbps

注1 白色雑音入力時など、理論上の最悪値

2 委員会報告の実験結果から、MPEG-4 ALS の平均ビットレートはリニア PCM のビットレートの7割で算出

4. 狭帯域伝送方式の音声符号化方式選定の経緯

狭帯域伝送方式に関しては、想定サービス開始時期が広帯域伝送方式に比べて早期であることから、当初、現行の高度狭帯域伝送方式と同一の技術方式である MPEG-2 AAC 方式、最大 5.1 チャンネルの入力音声チャンネル数が提案されていた。一方で、将来の本格的なサービス実施にあたっては、今後の拡張性を鑑み方式の選択肢を広く確保しておくことが望ましいとの考え方から、広帯域伝送方式において検討中の技術方式の追加を検討することとなった。

検討の結果、狭帯域伝送方式に関しては現行の高度狭帯域伝送方式の技術方式に加えて今回提案する広帯域伝送方式の技術方式を採用することとした。すなわち、基本サービス用音声符号化方式として MPEG-2 AAC 及び MPEG-4 AAC の両方式、ロスレス高音質サービス用音声符号化方式として MPEG-4 ALS 方式を採用し、また音声入力フォーマットとして最大 22.2 チャンネルの入力音声チャンネルを採用した。

なお、狭帯域伝送方式は衛星中継器あたりの伝送ビットレートが広帯域伝送方式に比べて少なく、映像フォーマットも 4K までの想定であることから、今後の運用の検討において、サービスのニーズや技術方式のマイグレーションの考え方を勘案しつつ、必須・オプションを含めた技術方式運用の詳細化が望まれる。

参考文献

- [1] 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（平成 20 年 7 月 29 日）
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/housou_system/pdf/080729_info.pdf

参考資料 12 MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式による伝送実験報告

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送の音声符号化方式の検討に関連して、ARIB 音声符号化方式作業班では、MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式の音声信号の伝送の特性確認を行った。

1. 実施日

平成 25 年 12 月 4 日

2. 参加者

ARIB 音声符号化方式作業班 委員

3. 実験場所

NHK 放送技術研究所 CB208 実験室

4. 実験項目

- (1) MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式のマルチチャンネル音声エンコーダ装置とデコーダ装置を用いて、リアルタイムでの音声信号の伝送が可能であることを、聴取により示す。
- (2) 受信した音声ストリーム信号を解析し、音声ストリーム信号が MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式であることを示す。

5. 符号化装置

装置名	機能
マルチチャンネル音声エンコーダ	<ul style="list-style-type: none">・ マルチチャンネル音声信号を入力し、MPEG-4 AAC (AAC-LC プロファイル)で符号化。・ 圧縮マルチチャンネル音声信号を LATM/LOAS ストリーム形式の 1ES(Elementary Stream)に多重化した音声ストリームを出力。
マルチチャンネル音声デコーダ	<ul style="list-style-type: none">・ LATM/LOAS 形式の音声ストリーム信号を入力。・ 音声ストリーム信号内に多重化されたヘッダ情報等に従って、適切にマルチチャンネル音声信号を復号し出力。

マルチチャンネル音声エンコーダ装置及びデコーダ装置仕様

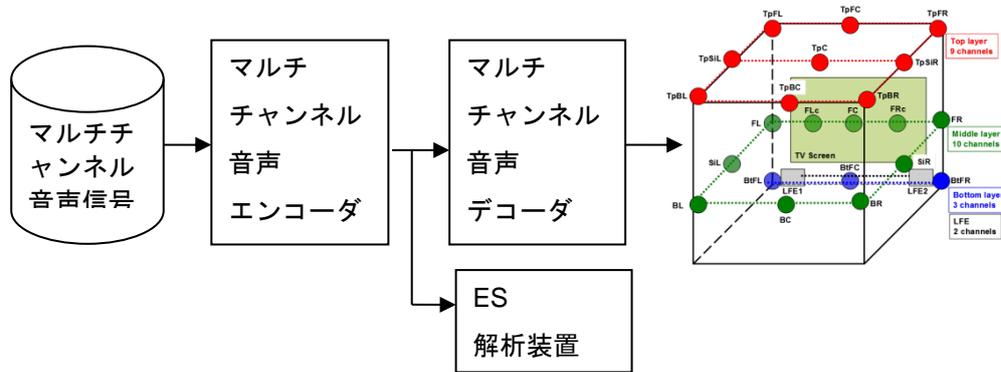
符号化方式	MPEG-4 AAC
プロファイル	AAC-LC (Low Complexity)プロファイル
ビットストリーム形式	LATM/LOAS ストリーム形式
最大符号化チャンネル数	1ES(Elementary Stream)あたり最大 22.2 チャンネル

伝送実験で使用した符号化パラメータ

22.2 チャンネル音声入力	1.4 Mbps
7.1 チャンネル音声	448kbps

6. 実験

6.1 実験システム



6.2 実験結果

- (1) 聴取により MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式によるリアルタイムでの音声信号の伝送が可能であることを確認した。
- (2) 受信した音声ストリーム信号を解析し、音声ストリーム信号が LATM/LOAS ストリーム形式であることを確認した。

参考資料 13 MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式による相互接続実験報告

1. 実験の目的

MPEG-4 AAC LATM/LOAS 形式マルチチャンネル音声符号化ストリームの相互接続が可能であることを示す。

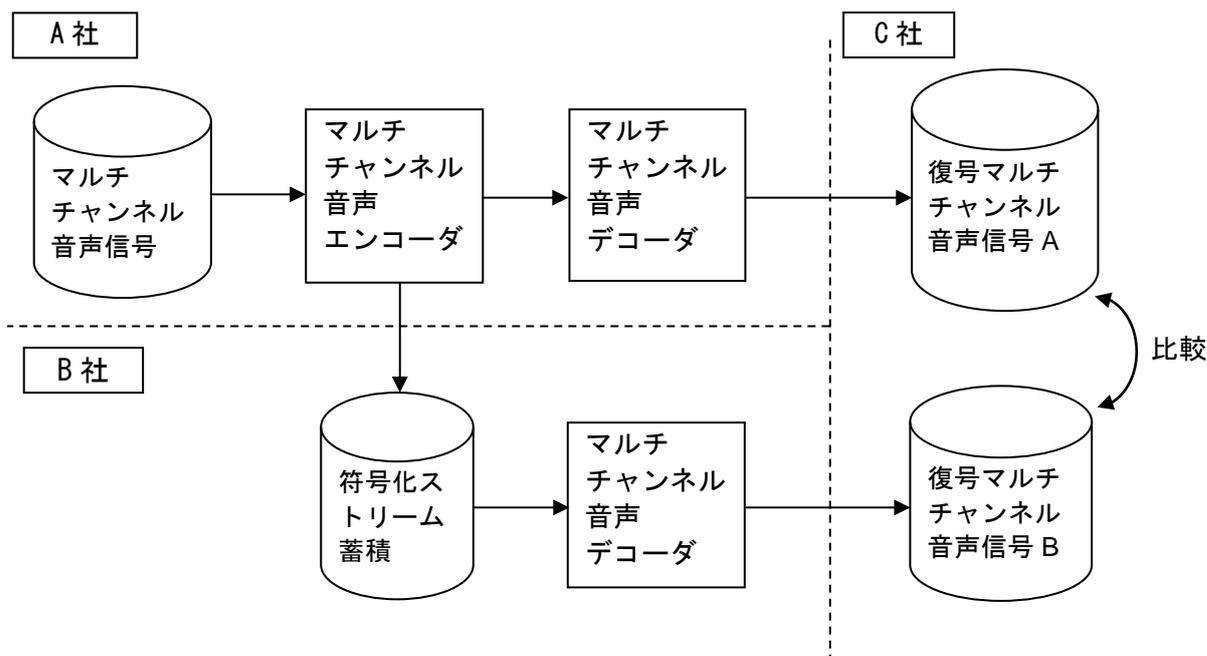
2. 実験の内容

同一の MPEG-4 AAC LATM/LOAS 形式マルチチャンネル音声ストリームを、異なる実装のデコーダを用いて復号して結果を比較し、正しく復号できることを確認する。

3. 実験の構成

A 社所有の最大 22.2(7.1/6.1 を含む)チャンネル可能なエンコーダと B 社所有の 22.2(7.1/6.1)チャンネル可能なデコーダを相互接続し、復号結果を比較する。

・ 装置概要



・ 確認方法

- ① A 社で作成した MPEG-4 AAC LATM/LOAS ストリーム形式のマルチチャンネル音声符号化ストリームを B 社に送付する。
- ② 同符号化ストリームを A 社製デコーダで復号した復号マルチチャンネルリニア PCM 音声信号 A を C 社に送付する。
- ③ B 社において、受け取った同符号化ストリームを B 社製デコーダで復号し、復号マルチチャンネルリニア PCM 音声信号 B を C 社に送付する。
- ④ C 社において、A 社製デコーダで復号した復号マルチチャンネルリニア PCM 音声信号 A と、B 社製デコーダで復号したマルチチャンネルリニア PCM 音声信号 B を比較し、正しく復号できていることを確認する。

4. 符号化ストリーム仕様

相互接続実験に使用した符号化ストリームの仕様を示す。

(1) 7.1 チャンネル相互接続実験

ファイル名	ARIB_TEST_7_1ch. aac			
符号化方式	MPEG-4 AAC			
プロファイル	AAC-LC			
ストリームフォーマット	LATM/LOAS			
サンプリング周波数	48000 Hz			
チャンネル数	7.1 チャンネル			
ビットレート	448 kbps			
ストリーム構造	チャンネル 番号	エレメント	スピーカ インデックス	信号
データ長 30sec 信号レベル -6dB	1	SCE	FC	正弦波 500Hz
	2	CPE	FLc	正弦波 1000Hz
	3		FRc	正弦波 1500Hz
	4	CPE	LSd	正弦波 2000Hz
	5		RSd	正弦波 2500Hz
	6	LFE	LFE	正弦波 75Hz
	7	CPE	TpFLc	正弦波 3000Hz
	8		TpFRc	正弦波 3500Hz

(2) 22.2 チャンネル相互接続実験

ファイル名	ARIB_TEST_22_2ch. aac			
符号化方式	MPEG-4 AAC			
プロファイル	AAC-LC			
ストリームフォーマット	LATM/LOAS			
サンプリング周波数	48000 Hz			
チャンネル数	22.2 チャンネル			
ビットレート	1.4 Mbps			
ストリーム構造	チャネル 番号	エレメント	スピーカ インデックス	信号
データ長 30sec 信号レベル -6dB	1	SCE	FC	正弦波 500Hz
	2	CPE	FLc	正弦波 1000Hz
	3		FRc	正弦波 1500Hz
	4	CPE	FLw	正弦波 2000Hz
	5		FRw	正弦波 2500Hz
	6	CPE	SiL	正弦波 3000Hz

	7		SiR	正弦波 3500Hz
	8	CPE	BL	正弦波 4000Hz
	9		BR	正弦波 4500Hz
	10	SCE	BC	正弦波 5000Hz
	11	LFE	LFE	正弦波 75Hz
	12	LFE	LFE	正弦波 100Hz
	13	SCE	TpFC	正弦波 5500Hz
	14	CPE	TpFL	正弦波 6000Hz
	15		TpFR	正弦波 6500Hz
	16	CPE	TpSiL	正弦波 7000Hz
	17		TpSiR	正弦波 7500Hz
	18	SCE	TpC	正弦波 8000Hz
	19	CPE	TpBL	正弦波 8500Hz
	20		TpBR	正弦波 9000Hz
	21	SCE	TpBC	正弦波 9500Hz
	22	SCE	BtFC	正弦波 10000Hz
	23	CPE	BtFL	正弦波 10500Hz
	24		BtFR	正弦波 11000Hz

5. 実験結果

A社製デコーダで復号した復号マルチチャンネルリニアPCM音声信号Aと、B社製デコーダで復号した復号マルチチャンネルリニアPCM音声信号Bの差分を算出し、16ビット精度においてLSBから何ビットまでの誤差が検出されるかを検証した。

(1) 7.1 チャンネル相互接続実験

チャンネル番号	総サンプル数	一致サンプル数 (割合%)	誤差 LSB 1 ビット サンプル数(割合%)	誤差 LSB 2 ビット 以上 サンプル数(割合%)
1	1442816	1438969 (99.73)	3847 (0.27)	0 (0.00)
2	1442816	1439558 (99.77)	3258 (0.23)	0 (0.00)
3	1442816	1435899 (99.52)	6917 (0.48)	0 (0.00)
4	1442816	1436689 (99.58)	6127 (0.42)	0 (0.00)
5	1442816	1435619 (99.50)	7197 (0.50)	0 (0.00)
6	1442816	1440847 (99.86)	1969 (0.14)	0 (0.00)
7	1442816	1435369 (99.48)	7447 (0.52)	0 (0.00)
8	1442816	1436347 (99.55)	6469 (0.45)	0 (0.00)

すべてのチャンネルの比較において、LSB 1 ビットを超える誤差は検出されなかった。

(2) 22.2 チャンネル相互接続実験

チャンネル 番号	総サンプル数	一致サンプル数 (割合%)	誤差 LSB 1 ビット サンプル数(割合%)	誤差 LSB 2 ビット 以上 サンプル数(割合%)
1	1442816	1439197 (99.75)	3619 (0.25)	0 (0.00)
2	1442816	1439367 (99.76)	3449 (0.24)	0 (0.00)
3	1442816	1435917 (99.52)	6899 (0.48)	0 (0.00)
4	1442816	1436376 (99.55)	6440 (0.45)	0 (0.00)
5	1442816	1435791 (99.51)	7025 (0.49)	0 (0.00)
6	1442816	1435406 (99.49)	7410 (0.51)	0 (0.00)
7	1442816	1436426 (99.56)	6390 (0.44)	0 (0.00)
8	1442816	1437259 (99.61)	5557 (0.39)	0 (0.00)
9	1442816	1435391 (99.49)	7425 (0.51)	0 (0.00)
10	1442816	1436878 (99.59)	5938 (0.41)	0 (0.00)
11	1442816	1441464 (99.91)	1352 (0.09)	0 (0.00)
12	1442816	1441635 (99.92)	1181 (0.08)	0 (0.00)
13	1442816	1435894 (99.52)	6922 (0.48)	0 (0.00)
14	1442816	1435084 (99.46)	7732 (0.54)	0 (0.00)
15	1442816	1435767 (99.51)	7049 (0.49)	0 (0.00)
16	1442816	1432512 (99.29)	10304 (0.71)	0 (0.00)
17	1442816	1436247 (99.54)	6569 (0.46)	0 (0.00)
18	1442816	1437059 (99.60)	5757 (0.40)	0 (0.00)
19	1442816	1436253 (99.55)	6563 (0.45)	0 (0.00)
20	1442816	1432506 (99.29)	10310 (0.71)	0 (0.00)
21	1442816	1436720 (99.58)	6096 (0.42)	0 (0.00)
22	1442816	1437573 (99.64)	5243 (0.36)	0 (0.00)
23	1442816	1435321 (99.48)	7495 (0.52)	0 (0.00)
24	1442816	1434382 (99.42)	8434 (0.58)	0 (0.00)

すべてのチャンネルの比較において、LSB 1 ビットを超える誤差は検出されなかった。

以上の結果により、A 社製デコーダで復号した復号マルチチャンネル音声信号 A に対して、B 社製デコーダで復号した復号マルチチャンネル音声信号 B の誤差は LSB 1 ビット以内であった。よって、どちらのデコーダでも符号化ストリームが正しく復号されていることが示された。

6. 結論

A 社製のエンコーダとデコーダ、及び B 社製の異なる実装のデコーダを用いた相互接続実験により、MPEG-4 AAC LATM/LOAS 形式マルチチャンネル音声符号化ストリームの相互接続が可能であることが示された。

参考資料 14 高音質・高臨場感音声サービスの MPEG-4 AAC 音質聴取確認実験報告

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送の音声符号化方式の検討に関連して、ARIB 音声符号化方式作業班では、高音質・高臨場感音声サービス例として 22.2 チャンネル音及び 7.1 チャンネル音を用いた MPEG-4 AAC 符号化の音質の聴取確認を行った。

1. 実施日

平成 25 年 12 月 4 日

2. 参加者

ARIB 音声符号化方式作業班 委員

3. 実験場所

NHK 放送技術研究所 CB208 実験室

4. 実験項目

22.2 チャンネル音及び 7.1 チャンネル音を用いて、高音質・高臨場感な音声サービスが可能であること、高音質・高臨場感な音声サービスに適した高い音質を保つことができることを、聴取により確認する。

5. 符号化装置

(1) 22.2 チャンネル音による高音質・高臨場感な音声サービス

符号化・復号化条件

項目	符号化・復号化条件
MPEG-4 AAC エンコーダ	D 社製のソフトウェアエンコーダ
ビットレート	1.4Mbps

コンテンツ

項目	コンテンツ名
映像なし	This is SHV、2011 紅白歌合戦、サン=サーンス、FIFA サッカー、ドラマ・美人の多い料理店、SL・ニセコ、拍手

(2) 7.1 チャンネル音による高音質・高臨場感な音声サービス

符号化・復号化条件

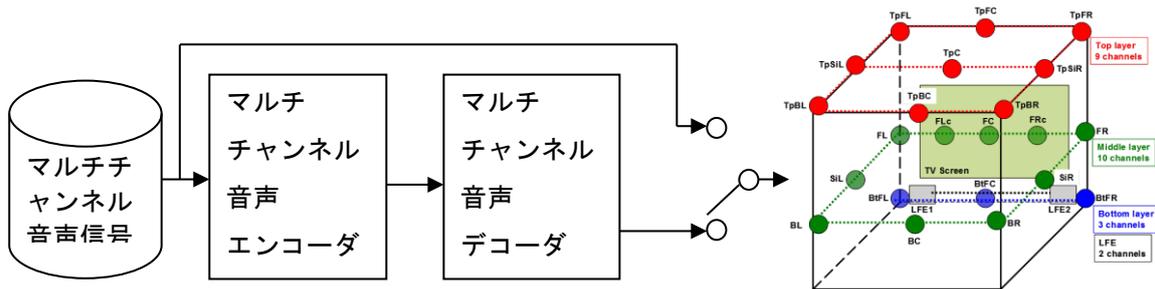
項目	符号化・復号化条件
MPEG-4 AAC エンコーダ	A 社製のソフトウェアエンコーダ
ビットレート	448kbps

コンテンツ

項目	コンテンツ名
映像なし	映画の 7.1 チャンネル音声

6. 実験

6.1 実験システム



- 22.2 チャンネル音声の原音と D 社製のソフトウェアエンコーダ・デコーダを用いて符号化・復号化した符号化音を適宜切替、聴取。
- 7.1 チャンネル音声の原音と A 社製のソフトウェアエンコーダ・デコーダを用いて符号化・復号化した符号化音を聴取。

6.2 実験結果

高音質・高臨場感な音声サービスに適した十分高い音質を保つことができることを確認した。

参考資料 15 ロスレス音声符号化方式に関する実証実験報告

超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送の音声符号化方式の検討に関連して、ARIB 音声符号化方式作業班では、ロスレス高音質サービスでの使用が想定されるロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS) [1]について、下記の実証実験を行った。

- ・ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS) の帯域有効利用実験
- ・ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS) のリアルタイム伝送実験

1. 実施日時

2013 年 11 月 20 日 (水) 15:00 ~ 17:00

2. 実施場所

フジテレビ台場本社 (送出マスター、DAV-A スタジオ)

3. 参加者 (敬称略)

ARIB 音声符号化方式作業班 委員等 12 名

4. ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS) の帯域有効利用実験

(1) 実験目的: 「衛星デジタル超高精細度テレビジョン放送」の下記に挙げられる要求条件を「ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS)」は満たすことを実験により示す。

- ・高効率かつ高音質な符号化方式であること。
- ・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。
- ・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。

また、この実験により、衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件の放送システム委員会報告 [2]の際に挙げられた「留意すべき事項」に対する現状把握に寄与できる。

(2) 実験背景: 超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式のうち映像符号化方式や多重化方式について現時点では ARIB で議論中の段階であるため、方式を定めることができない。よって、今回の実証実験では現時点で使われている技術を土台として行う。

(3) 実験内容

① 下記の方式を組み合わせることにより、映像・音声のリアルタイム伝送と共に、可逆圧縮音声のレート変動、及びそれに伴う空き帯域へのデータ放送の可変ビットレート送出を確認する (図 1)。

- ・音声符号化方式: MPEG-4 ALS

(入力音声は 48 kHz, 24 ビット, 2 チャンネル)

- ・映像符号化方式: MPEG-4 AVC

(音声レート変動によるデータ放送送出レートの変動の確認を行うため、映像は固定ビットレートとする)

・多重化方式：MPEG-2 TS

- ② 音声信号をエンコーダ AES/EBU 端子に入力し MPEG-4 ALS 方式でロスレス符号化を行い伝送する。
- ③ MPEG-4 AVC/ALS エンコーダ出力の TS 信号を放送用 MUX に入力し、MPEG-4 AVC/ALS 方式データ放送のビットストリームを伝送する。
- ④ MPEG-4 ALS のビットストリームを MPEG-4 AVC/ALS デコーダで復号し、HD-SDI 端子から映像とエンベデッド音声信号を出力し確認する。
- ⑤ 既存の地上デジタル受信機にて、データ放送が正しく表示されることを確認する。
- ⑥ TS アナライザにて、音声レートを確認すると共に、素材による音声レートの変動に応じて、データ放送パケットのレートが増減することを確認する。

(4) 実験構成

- ① コンテンツ：E 社所有のリアルタイム放送映像・音声を利用する。
- ② 機材：C 社所有のエンコーダ・デコーダ機材及び E 社所有の放送本線の予備設備を利用する。

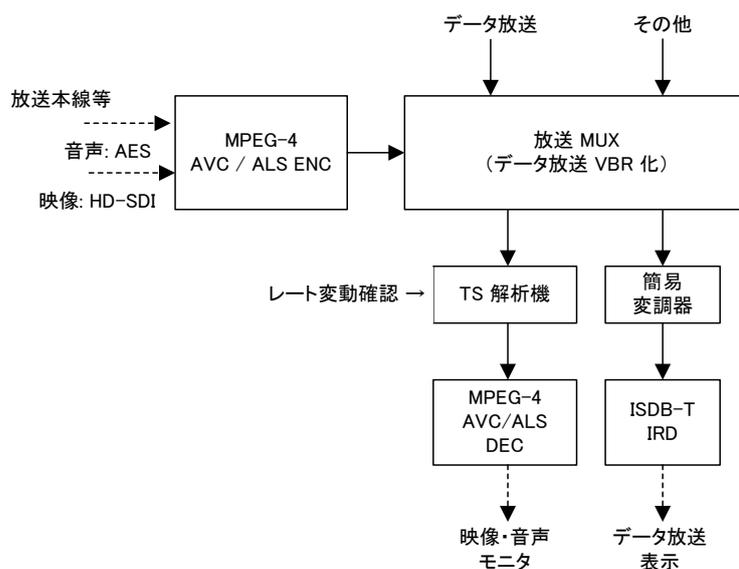


図 1：実験構成図

(5) 実験結果

- ① MPEG-4 AVC/ALS デコーダ出力をモニタし、エンコーダに入力した E 社放送本線と同等の映像・音声が正常に実時間視聴できることを確認した (図 2)。同時に、映像と音声の遅延差が無いことも確認できた。



図 2 : 視聴確認の様子

- ② MUX 出力の TS 信号を簡易変調し、RF 出力を現行受信機に入力して、データ放送の正常な表示を確認した。これにより、送出されているデータ放送カラーセルが正常に届いていることを確認できた (図 3)。なお、映像が表示されていないのは、実験用に MPEG-4 AVC/ALS 方式で符号化された PES を現行受信機ではデコードできないためである。

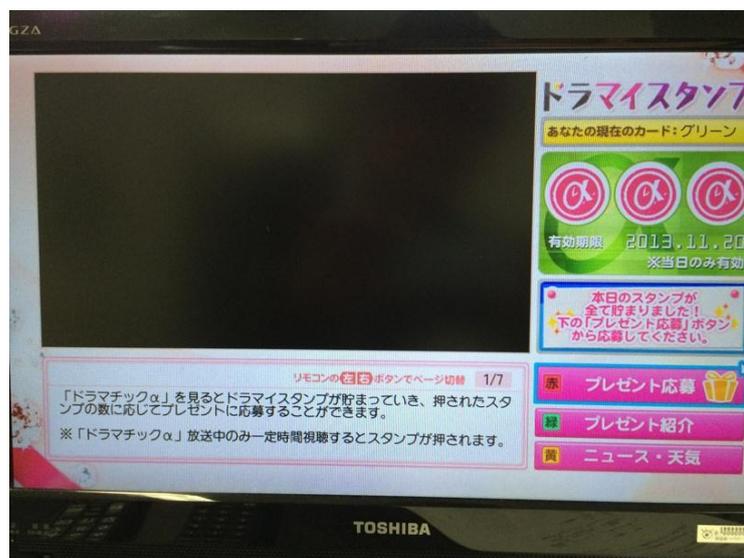


図 3 : データ放送の正常表示を確認

- 【受信機】 松下電器 (現: パナソニック) TU-MHD500
東芝 REGZA 19B3
- 【簡易変調器】 Tektronix RTX100B

- ③ TS アナライザにて、データ放送カラーセル (PID=0x810, 0x811, 0x816, 0x81B, 0x81F) と音声 (PID=0x112) の送出レートを確認した (図 4)。

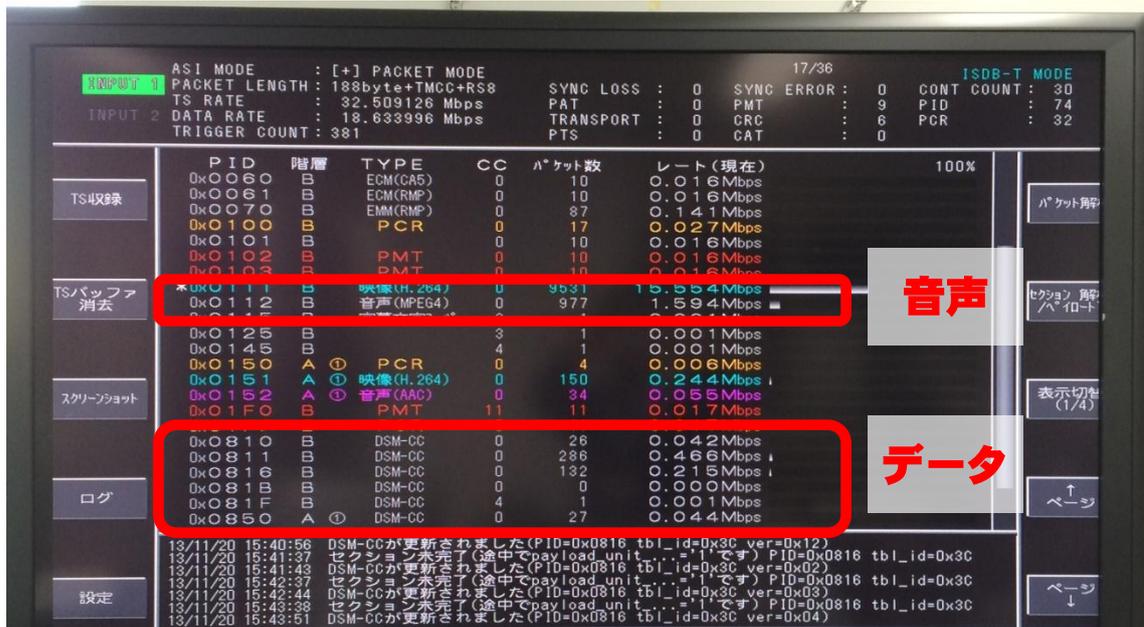


図4：データ放送と音声のTSレート確認

【TSアナライザ】 アストロデザイン TS-7805/A

※ TSアナライザに表示されるレート値は、TMCC/RSを含む204バイト/パケットで算出されたTSレートである（ESレート値に換算すると9/10程度の値となる）。図中音声（「音声(MPEG4)」と表示）のTSレートは1.594Mbps、データ（「DSM-CC」と表示）6種のTSレートの合計は0.768Mbps。

- ④ 映像・音声だけを実験時に放送されていた下記の素材を入力素材に切り替え、音声レートの変動に応じてデータ放送が可変ビットレートにて送出され、音声圧縮により空いた帯域を有効利用できていることを確認できた。

【入力素材】

1. ホワイトノイズ アナログFPU受信機の未入感時（運用上の最悪値）
2. E社地上波 サスペンスドラマ（SDからのアップコンバート番組）
3. E社系BS 時代劇ドラマ（SDからのアップコンバート番組）

【結果値】

※ 記載はTSアナライザでの瞬間値であるが、おおよそ下記の値で推移。

1. ホワイトノイズ(48kHz, 24ビット, 2チャンネル：信号ピークは-10 dBFS程度)

0x0103	B	PMT	0	10	0.016Mbps
*0x0111	B	映像(H.264)	0	9530	15.552Mbps
0x0112	B	音声(MPEG4)	0	1214	1.981Mbps
0x0115	B	字幕文字スーパ	2	1	0.001Mbps
0x0125	B		3	1	0.001Mbps
0x0145	B		4	1	0.001Mbps
0x0150	A	PCR	0	4	0.006Mbps
0x0151	A	映像(H.264)	0	149	0.243Mbps
0x0152	A	音声(AAC)	0	33	0.053Mbps
0x01F0	B	PMT	11	12	0.019Mbps
0x01FF	B	PCR	0	12	0.019Mbps
0x0810	B	DSM-CC	0	14	0.022Mbps
0x0811	B	DSM-CC	0	155	0.252Mbps
0x0816	B	DSM-CC	0	71	0.115Mbps
0x081B	B	DSM-CC	0	0	0.000Mbps
0x081F	B	DSM-CC	4	1	0.001Mbps
0x0850	A	DSM-CC	0	28	0.045Mbps

パケット種別	TS レート	ES レート換算
音声 (PID=0x112)	1.981Mbps	1.78Mbps 程度
データ放送 (PID=0x810~0x81F)	0.390Mbps	0.35Mbps 程度

2. サスペンスドラマ

0x0103	B	PMT	0	10	0.016Mbps
*0x0111	B	映像(H.264)	0	9494	15.494Mbps
0x0112	B	音声(MPEG4)	0	974	1.589Mbps
0x0115	B	字幕文字スーパ	2	1	0.001Mbps
0x0125	B		3	1	0.001Mbps
0x0145	B		4	1	0.001Mbps
0x0150	A	PCR	0	4	0.006Mbps
0x0151	A	映像(H.264)	0	150	0.244Mbps
0x0152	A	音声(AAC)	0	33	0.053Mbps
0x01F0	B	PMT	11	11	0.017Mbps
0x01FF	B	PCR	0	11	0.017Mbps
0x0810	B	DSM-CC	0	28	0.045Mbps
0x0811	B	DSM-CC	0	308	0.502Mbps
0x0816	B	DSM-CC	0	142	0.231Mbps
0x081B	B	DSM-CC	0	0	0.000Mbps
0x081F	B	DSM-CC	4	1	0.001Mbps
0x0850	A	DSM-CC	0	28	0.045Mbps

パケット種別	TS レート	ES レート換算
音声 (PID=0x112)	1.589Mbps	1.43Mbps 程度
データ放送 (PID=0x810~0x81F)	0.779Mbps	0.70Mbps 程度

3. 時代劇ドラマ

0x0103	B	PMT	0	10	0.016Mbps
*0x0111	B	映像(H.264)	0	9538	15.566Mbps
0x0112	B	音声(MPEG4)	0	457	0.745Mbps
0x0115	B	字幕文字スーパ	2	1	0.001Mbps
0x0125	B		3	1	0.001Mbps
0x0145	B		4	1	0.001Mbps
0x0150	A	PCR	0	4	0.006Mbps
0x0151	A	映像(H.264)	0	150	0.244Mbps
0x0152	A	音声(AAC)	0	32	0.052Mbps
0x01F0	B	PMT	11	11	0.017Mbps
0x01FF	B	PCR	0	11	0.017Mbps
0x0810	B	DSM-CC	0	50	0.081Mbps
0x0811	B	DSM-CC	0	548	0.894Mbps
0x0816	B	DSM-CC	0	254	0.414Mbps
0x081B	B	DSM-CC	0	0	0.000Mbps
0x081F	B	DSM-CC	4	1	0.001Mbps
0x0850	A	DSM-CC	0	27	0.044Mbps

パケット種別	TS レート	ES レート換算
音声 (PID=0x112)	0.745Mbps	0.67Mbps 程度
データ放送 (PID=0x810~0x81F)	1.390Mbps	1.25Mbps 程度

(6) まとめ

48kHz, 24 ビット, 2 チャンネルサンプリングの場合の非圧縮音声 (SMPTE-302M) のビットレート 2.7Mbps のコンテンツ 3 種に対する MPEG-4 ALS レート、データレートを表 1 に示す。MPEG-4 ALS を用いると、放送される音声として実効上の最悪値に相当するホワイトノイズを入力した場合のビットレートが 1.78Mbps 程度 (SMPTE-302M 比 66%)、サスペンスドラマでは 1.43Mbps 程度 (同 53%)、時代劇ドラマでは 0.67Mbps 程度 (同 25%) となることが観測された。この結果より、MPEG-4 ALS によるロスレス圧縮符号化を用いれば高効率な伝送が可能であることが実証された。また、通常の番組の音声ではホワイトノイズよりも圧縮率が高く、より効率的な伝送が可能であることも確認できた。

さらに、データ放送カールセルを可変レートで送出することにより、MPEG-4 ALS を用いることによって空いた帯域を有効利用できることも実証された。今回の実験に用いたコンテンツの例では、48kHz, 24 ビット, 2 チャンネルの入力に対して、MPEG-4 ALS での理論最悪値 2.13Mbps からの差分にあたる 0.70~1.25Mbps 程度の帯域をデータ放送カールセルに余分に割り当てることができた。

表 1：今回の実験の ES レート測定結果まとめ

コンテンツ	SMPTE-302M 伝送レート	MPEG-4 ALS レート (SMPTE-302M 比)	データ放送レート (=有効活用分)
ホワイトノイズ	2.7Mbps	1.78Mbps 程度 (66%)	0.35Mbps 程度
サスペンスドラマ	2.7Mbps	1.43Mbps 程度 (53%)	0.70Mbps 程度
時代劇ドラマ	2.7Mbps	0.67Mbps 程度 (25%)	1.25Mbps 程度

5. ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS) のリアルタイム伝送実験

(1) 実験目的：「衛星デジタル超高精細度テレビジョン放送」の下記に挙げられる要求条件を「ロスレス音声符号化方式 (MPEG-4 ALS)」は満たすことを実験により示す。

- ・HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系サービスとの自由な組み合わせによる表示についても考慮すること。
- ・UHDTV サービス (8K フォーマットまで) に対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した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。
- ・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。

(2) 実験背景：実験背景：超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式のうち映像符号化方式や多重化方式について現時点では ARIB で議論中の段階であるため、方式を定めることができない。よって、今回の実証実験では現時点で使われている技術を土台として行う。

(3) 実験内容

- ① 下記の方式を組み合わせることにより、映像・音声のリアルタイム伝送実験を行う (図 5)。
- ・音声符号化方式：MPEG-4 ALS

(入力音声は 48 kHz, 24 ビット, 2 チャンネルと 5.1 チャンネル)

- ・映像符号化方式 : MPEG-4 AVC
- ・多重化方式 : MPEG-2 TS

②MPEG-4 AVC/ALS エンコーダに、AES/EBU 端子から音声信号を入力し MPEG-4 ALS 方式でロスレス符号化を行い伝送する。

③MPEG-4 AVC/ALS デコーダで MPEG-4 ALS のビットストリームを復号化し、AES/EBU 端子から音声信号を出力し、出力音声を確認する。

④エンコーダの入力音声とデコーダの出力音声が同一であることを確認する。

(4) 実験構成

- ① コンテンツ : E 社所有のコンテンツを利用する。
- ② 機材 : C 社所有のエンコーダ・デコーダ機材及び E 社所有の環境・機材を利用する。

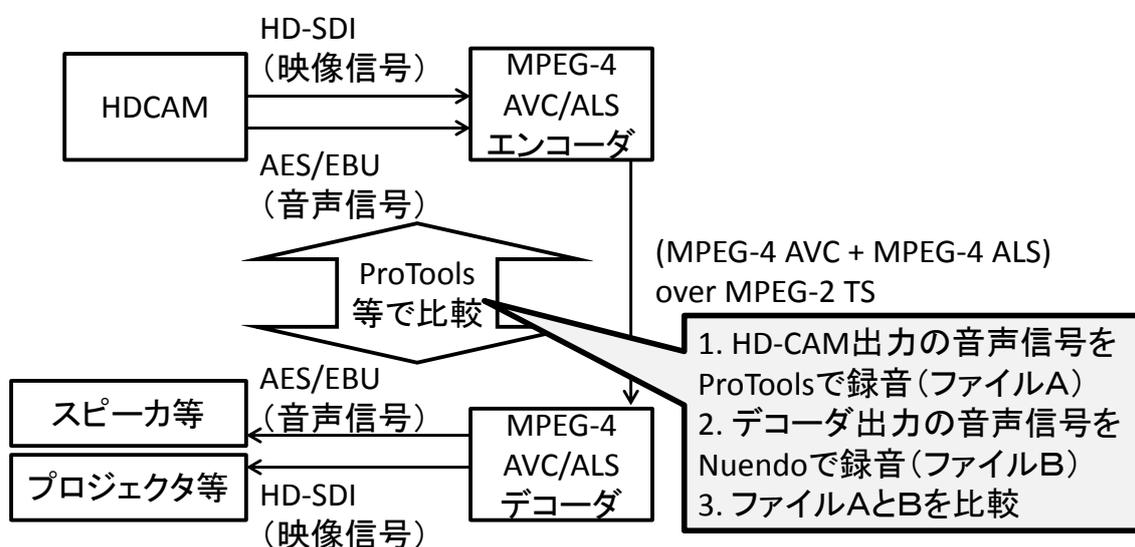


図 5 : 実験構成図

(5) 実験結果

- ① ドラマの番組素材を実験に使い、MPEG-4 AVC/ALS エンコーダ/デコーダを通した映像・音声 (2チャンネル音声) が正常に視聴できることを確認できた。
- ② フィギュアスケートの番組素材を実験に使い、MPEG-4 AVC/ALS エンコーダ/デコーダを通した映像・音声 (5.1チャンネル音声) が正常に視聴できることを確認できた。
- ③ 素材 (HDCAM SR) の 5.1チャンネル原音 (AES/EBU) をスタジオ設置の Pro Tools にて収録し、MPEG-4 AVC/ALS エンコーダ/デコーダ系統を通した音声 (AES/EBU) をスタンドアロンの Nuendo にて収録。Nuendo で収録した音声ファイルを Pro Tools 側に追加トラックとして並べ、両者のタイムラインの開始点を合わせ、収録音声全体に渡って波形が完全に一致することをチェックした。また、両者を逆相同レベルで加算し、完全に無音になることを確認した。これにより、ALS エンコーダ/デコー

ダ系統を通した 5.1 チャンネル音声（LPCM 音声）と全く同一であることを確認できた。

(6) まとめ

ロスレス音声符号化方式（MPEG-4 ALS）により、作り手の意図した音声をそのままの音質で家庭まで伝送可能であることを示すことができた。よって、高音質・高臨場感サービスに適した方式であると考えられる。

参考文献

[1] 一般社団法人 電波産業会, 「デジタル放送における映像符号化、音声符号化及び多重化方式 標準規格」 ARIB STD-B32 2.8 版, 2012/12.

[2] 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(平成20年7月29日)
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/housou_system/pdf/080729_info.pdf

参考資料 16 略語集

AAC	Advanced Audio Coding
ALS	Audio Lossless Coding
AL-FEC	Application Layer Forward Error Correction
AMT	Address Map Table
CA	Conditional Access
CAS	Conditional Access System
CBC	Cipher Block Chaining
CID	Context Identification
CRC	Cyclic Redundancy Check
CRI	Clock Relation Information
CRID	Content Reference Identifier
CTR	Counter
DCI	Device Capability Information
DCM	Download Control Message
DMM	Download Management Message
DRM	Digital Rights Management
ECM	Entitlement Control Message
EIRP	Effective Isotropically Radiated Power
EIT	Event Information Table
EMM	Entitlement Management Message
EPG	Electronic Program Guide
ES	Elementary Stream
FDAM	Final Draft Amendment
FDIS	Final Draft International Standard
GFDT	Generic File Delivery Table
GOP	Group of Pictures
HEVC	High Efficiency Video Coding
HRBM	Hypothetical Receiver Buffer Model
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
LDGM	Low Density Generator Matrix
LNC	Low Noise Converter
LSI	Large Scale Integration
MFU	Media Fragment Unit

MMT	MPEG Media Transport
MMTP	MPEG Media Transport Protocol
MPI	Media Presentation Information
MPT	MMT Package Table
MPU	Media Processing Unit
MTU	Maximum Transmission Unit
NAL	Network Abstraction Layer
NIT	Network Information Table
NTP	Network Time Protocol
OFB	Output FeedBack
PA	Package Access
PCM	Pulse Code Modulation
PES	Packetized Elementary Stream
PMT	Program Map Table
PSI	Program Specific Information
RAP	Random Access Point
RFC	Request For Comments
SI	Signaling Information
TCP	Transmission Control Protocol
TDT	Time and Data Table
TLV	Type Length Value
TMCC	Transmission and Multiplexing Configuration Control
TOT	Time Offset Table
TS	Transport Stream
TWT	Traveling Wave Tube
TWTA	Traveling Wave Tube Amplifier
UDP	User Datagram Protocol
URL	Uniform Resource Locator
UTC	Universal Time Coordinated