# 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

1	番	議事埧・	• • • •	• • •	• •	•	• •	• •	• •	• •	•	•	• •	•	•	• •	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	1
Π	委	員会構成				•						•			•		•	•	•	•		•	•	•	•		i
Ш	検	討経過・				•					•	•		•	•		•	•	•	•			•	•	•	•	i
IV	検	討概要・				•					•			•	•		•	•	•	•		•	•	•	•	•	ii
V	審	F議結果・			• •				•	•		•	•	•		•	•	•			•	•	•	•	•	•	ii
		(委員会																									
別表	₹2	(作業班	構成員)・	• •	• •		•			•	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	iv
別組	£	(検討概要	)																								
はじ	ごめ	)に・・・			• •				•							•						•	•	•	•	•	• ]
1.	起	百精細度	テレビジ	ョンカ	対送し	こ係	る律	屋う	デジ	タ	ルカ	女边	台方	式	の身	要求	条	件	•	•				•	•	•	• 2
1.	. 1	要求条件	‡••••				•				•				•	•		•	•		•	•		• •		•	2
1.	. 2	要求条件	‡との整台	}性•			• •		•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	10
2.	技	<b>反術的条件</b>			• •				•			•		•				•		, .	, •				•	•	18
2.	. 1	周波数多	条件・・・				•				•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	18
	2.	1.1 広村	帯域伝送に	こおけ	る周	波数	效条件	牛•	•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•		• •		•	18
		2. 1. 1. 1	占有周波	支数帯	幅と	シン	ノボ	レレ	_ '	١.	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	18
		2. 1. 1. 2	搬送周泗	支数の	位置	と厚	引波	数偏	差	の許	容	値			•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	18
		2. 1. 1. 3	干渉許額	ゞ値・			• •		•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	18
		2. 1. 1. 4	不要発射	┥・・							•	•		•	•	•		•	•		•	•	•	•		•	19
	2.	1.2 狭岩	帯域伝送に	こおけ	る周	波数	效条件	牛•	•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•		• •		•	19
		2. 1. 2. 1	占有周波	支数帯	幅と	シン	ノボ	レレ	_ '	٠ ٠	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• •		•	19
		2. 1. 2. 2	搬送周波	支数の	位置	と厚	引波	数偏	差	の許	容	値			•	•		•	•	•	•	•		•		•	19
		2. 1. 2. 3	干渉許額	ゞ値・							•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	• (		•	19
		2. 1. 2. 4	不要発射	┥・・			• •		•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	20
2.	. 2	伝送路符	符号化方式	ţ														•			•		•	• (	• •		21
	2.	2.1 広村	帯域伝送に	こおけ	る伝	送路	各符	号化	方式	弋•	•			•					•		•		•	• (		•	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・・・・・・・・・・・・・	88
	2.2.2 狭	帯域伝送における伝送路符号化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・	114
2.	3 多重化力	方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	115
	2.3.1 多重	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	<b>帯域伝送における多重化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</b>	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	<b>帯域伝送における多重化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</b>	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	言方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	168
:	2.4.1 広帯	<b>帯域伝送における限定受信方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</b>	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	<b>帯域伝送における限定受信方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</b>	191
2.	5 情報源祭	符号化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	192
		象符号化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		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・・・・・・・・	
		映像符号化方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	<del></del>		

		2.	. 5. 1	. 3	機器	器開	発!	動	<u>力</u>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	96
	2.	5.	2 7	音声/	符号	化:	方式	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	98
		2.	. 5. 2	2. 1	音声	与入	力	信-	号	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	98
		2.	. 5. 2	2. 2	音声	吉符	号	化	方式	t	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	98
3.		想	定さ	れる	うサー	— Ŀ	゛ス	1	メー	— <u>;</u>	ジャ	例	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	• 2	:00
	3.	1	広	帯域⁄	伝送	:12:	おけ	ける	うサ	_	- Ł	゛フ	イ	· ×	۲ –	-シ	例	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•		• •	•	•	• 2	00
	3.	2	狭	帯域⁄	伝送	うに:	おけ	ける	うサ		- Ł	゛フ	イ	· ×	۲ –	-シ	例	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•		• •	•	•	• 2	04
				課題																																		
	4.	1	多	重化	方式	弋•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		• 2	06
	4.			定受																																		
	4.	3	映	像符	号化	匕方	式	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		• 2	06
				声符																																		
	4.	5	そ	の他			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		• 2	07

#### 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。
- ⑥ 第42回 (平成26年3月14日)

2月8日から3月10日まで行ったパブリックコメントの結果を受けて、放送システム委員会報告及び答申(案)の取りまとめを行った。

- 2. 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。

## V 審議結果

「放送システムに関する技術的条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について、答申 (案)を取りまとめた。

# 情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 構成員

(敬称略、委員及び専門委員は、主査及び主査代理を除き五十音順)

E	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	一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長
IJ	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
IJ	伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 教授
IJ	甲藤二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
IJ	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)
11	佐藤 明雄	東京工科大学 コンピュータサイエンス学部 教授(第41回まで)
IJ	関根のかをり	明治大学 理工学部 教授
IJ	高田 潤一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
IJ	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
IJ	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
IJ	松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事
IJ	村山優子	岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 教授
11	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
) /5	(m. Ed 1)	
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><li>・衛星放送、CATV、IPTV、蓄積メディア等の様 こと。</li><li>・既存のシステムに妨害を与えないこと。</li></ul>		
		・高精細度テレビジョン(HDTV)サービスを可	能とすること。	
		・HDTV を超える高画質サービスである超高精	・HDTV を超える高画質サービスである超高精	・広帯域伝送は、8K による高画質
		細度テレビジョン (UHDTV) サービス (8Kフ	細度テレビジョン(UHDTV)サービス(4Kフ	サービスを想定しているため。
		ォーマットまで)を基本とすること。	ォーマット)を基本とすること。	
		・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	・インターネット等の通信系を利用したサービ	・インターネット等の通信系を利用したサービ	・広帯域伝送は、蓄積型サービス
	/多様化	スや蓄積型サービスについても考慮するこ	スについても考慮すること。	との連携も想定しているため。
		と。		
		・HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サ	・HDTV を超える高画質サービスと通信系のサ	・広帯域伝送は、22.2ch の高臨場
サ		ービスと通信系のサービスとの柔軟な組み	ービスとの柔軟な組み合わせによる提供に	感サービスの実現も想定してい
_		合わせによる提供についても考慮すること。	ついても考慮すること。	るため。
ビ		・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。	
ス	拡張性	・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。	
		・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。	
		・さらに、放送と通信系のサービスや蓄積型サ	・さらに、放送と通信系のサービスが連携する	・広帯域伝送は、蓄積型サービス
		ービスが連携するサービスへのアクセスが	サービスへのアクセスが容易であること。	との連携も想定しているため。
	アクセサ	容易であること。		
	ビリティ	・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。		
			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><li>・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。</li><li>・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。</li></ul>	
システム制御	・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。 ・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。	・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。
 著作権保護	・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	・受信者の個人情報保護について考慮すること。	
国際展開	・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
	・UHDTV サービス (8K フォーマットまで) が望	・UHDTV サービス (4K フォーマット) が望まれ	・広帯域伝送は、8K による高画質
	まれることを考慮し、できる限り高い画質を	ることを考慮し、できる限り高い画質を保つ	サービスを想定しているため。
画質	保つこと。	こと。	
	・情報源符号化による画質劣化の時間率ができ		
	・サービスに応じて画像のビットレートを変更		
	・UHDTV サービス (8K フォーマットまで) に対	・UHDTV サービス(4K フォーマット)を考慮す	・広帯域伝送は、22.2ch の高臨場
	応した、高音質・高臨場感な音声サービスに	るとともに、現行サービスも踏まえつつ、で	感音声サービスの実現も想定し
音質	適した音質が望まれることを考慮し、できる	きる限り高い品質を保つこと。	ているため。
	限り高い音質を保つこと。		
	・サービスに応じて音声のビットレートを変更		
低 C/N 時の特性	・低 C/N 時の劣化ができるだけ少ないこと。		
	・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。	
   伝送障害の特性	・降雨減衰等による受信の一時断からの復帰が	早いこと。	
仏区障害の付任	・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。	
	・降雨減衰時のサイトダイバーシティ運用等に		・広帯域伝送は、受信機への切替え
システム切替え時	おけるシステムの切替え時において、受信シ	_	告知も想定されるため。
の特性	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。		

## 1.1.4 技術方式

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	備考
	・UHDTV サービス(8K フォーマットまで)を考	・UHDTV サービス(4K フォーマット)を考慮し	・広帯域伝送は、8K による高画質
	慮した映像入力フォーマット及び高効率か	た映像入力フォーマット及び高効率かつ高	サービスを想定しているため。
   映像入力フォーマッ	つ高画質な符号化方式であること。	画質な符号化方式であること。	
ト及び符号化方式	・国際標準と整合した方式を用いること。		
下及以初为记为式	・将来の拡張性を考慮した符号化方式であるこ		
	・サービス要件、現行設備や受信機への負担等		
	ットに適用できること。		
	・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		
音声入力フォーマッ	・国際標準と整合した方式を用いること。		
ト及び符号化方式	・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		
	ること。		
	・将来の拡張性を考慮した符号化方式であるこ		・広帯域伝送は、データ放送による
 データ符号化方式	と。	_	通信系のサービスとの連携も想
ア タ 初 石 旧 刀 政	・通信系のサービスとの連携を考慮した符号化		定しているため。
	方式であること。		
	・UHDTV サービスの伝送に適した方式であること	<u>-</u> °	
	・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。	
多重化方式	・通信系のサービスとの連携を考慮すること。		
多里记为人	・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。		

		・各認定基幹放送事業者の送出信号の独立性が	・複数事業者に対応可能であることが望まし	・広帯域伝送のサービスモデル(複
		確保できること。	٧٠°	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。
		・高度な秘匿性を有すること。		
	スクランブル	・不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱		・広帯域伝送は、限定受信方式の脆
	サブシステム	性が発見された場合等に対応可能な機能を	_	弱性への対応機能も想定してい
		有すること。		るため。
		・関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な		・広帯域伝送は、安全性を継続的に
		安全性を有し、その安全性を継続的に維持・	_	改善する機能等も想定している
限		改善できること。		ため。
定		・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	
受		能であること。		
信		・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。	
方	関連情報	・各認定基幹放送事業者の運用の独立性が確保		・広帯域伝送のサービスモデルと狭
式	サブシステム	できること。		帯域伝送方式のサービスモデル
		・新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性	_	が異なるため。
		を考慮すること。		・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。
		・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		・11.7~12.2GHz (BS デジタル放送)及び12.2	・12.2~12.75GHz(狭帯域 CS デジタル放送)	・使用周波数帯が異なるため。
送	使用周波数	~12.75GHz(広帯域 CS デジタル放送)を対	を対象とすること。	
路		象とすること。		

符号	伝送帯域幅	・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。	
化方	伝送路と干渉の 要求条件	・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。	
式	変調系	・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。 ・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。 ・復調用の LSI 開発が可能であること。 ・との受信アンテナ特性 (小口径アンテナとしての受信アンテナ特性 (小口径アンテナナ特性 (小口径アンテナナ特性 (小口径アンテナナ特性 (小口径アンテナナ特性 (小口径アンテナナキ会む)を考慮すること。 こと。	サービスを想定しているため。
	誤り訂正系	・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		
	伝送品質	・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
	・操作が簡単であること。		
操作性	・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。		
1朱江广江	・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	・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	・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。		
苗惧术	・記録メディアの性能向上に伴うコンテンツ蓄		
	・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		
インターフェース	・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	・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	・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
		・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	・広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サ
		限り互換性を有すること。		ービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携の
		・既存のシステムに妨害を与えないこ	と。	ための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用し、通
イ	ンターオペラ			信ネットワークとの互換性や伝送信号の互換性を考
	ビリティ			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。
		・高精細度テレビジョン(HDTV)サー	・ビスを可能とすること。	・映像フォーマットとして HDTV に対応する 1920×1080
		・HDTV を超える高画質サービスであ	・HDTV を超える高画質サービスであ	の空間解像度も採用した。
		る超高精細度テレビジョン	る超高精細度テレビジョン	・また、4K及び8KのUHDTV映像フォーマットを採用し
		(UHDTV) サービス (8K フォーマ	(UHDTV) サービス (4K フォーマ	た。
		ットまで)を基本とすること。	ット)を基本とすること。	・広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サ
サ		・多様で柔軟な高機能サービスを可能	とすること。	ービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携の
<u> </u>	高機能化	・インターネット等の通信系を利用	・インターネット等の通信系を利用	ための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。
ピ	/多様化	したサービスや蓄積型サービスに	したサービスについても考慮する	・最大 22.2 マルチチャンネルステレオに対応した。
ス		ついても考慮すること。	こと。	・高音質サービスに対応した。
		・HDTV を超える高画質・高音質・高	・HDTV を超える高画質サービスと通	・システムレイヤーでの複数の音声ストリーム多重に
		臨場感サービスと通信系のサービ	信系のサービスとの柔軟な組み合	よる、多言語サービス、視覚・聴覚障害者用副音声
		スとの柔軟な組み合わせによる提	わせによる提供についても考慮す	サービス、高齢者用音声サービスに対応可能とした。
		供についても考慮すること。	ること。	
		・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	・サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等につい 有すること。	・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。
・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。 ・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。 アクセサ ビリティ ・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		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。 - 記聴者による
及び緊急情報の放送について考慮されていること。     ・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。		・情報源符号化方式の限度内で、符号化・復号化の遅 こと。 延時間の短縮を図ることが可能である。 ・MPEG-2 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> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	・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。
	・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 更できること。	意に選択、変

著作権保護	・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。	・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	・受信者の個人情報保護について考慮すること。	・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。
	・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。	・多重化及び情報源符号化には国際標準に準拠した方
国際展開		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
	・UHDTV サービス(8K フォーマット	・UHDTV サービス(4K フォーマット)	・8K 及び 4K の UHDTV 映像フォーマットを採用した。こ
	まで)が望まれることを考慮し、	が望まれることを考慮し、できる	れらは広色域表色系に対応し、高フレームレートに
	できる限り高い画質を保つこと。	限り高い画質を保つこと。	も対応している。
	・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。	・種々のテスト画像を用いた画質評価実験により、映
画質	<ul><li>・サービスに応じて画像のビットレー</li></ul>	- トを変更できること。	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。
	・UHDTV サービス(8K フォーマット	・UHDTV サービス(4K フォーマット)	・MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信
	まで)に対応した、高音質・高臨	を考慮するとともに、現行サービ	号に対応し、高音質・高臨場感音声サービスを含む
	場感な音声サービスに適した音質	スも踏まえつつ、できる限り高い	各種ビットレートに対応可能である。
音質	が望まれることを考慮し、できる	品質を保つこと。	・MPEG-4 ALS は原音のリニア PCM 音声と同じ高音質・
	限り高い音質を保つこと。		高臨場感音声サービスに対応可能である。
	・サービスに応じて音声のビットレー	-トを変更できること。	・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。

低 C/N 時の特性	・低 C/N 時の劣化ができるだけ少ない	こと。	・適切な伝送路符号化方式を採用しており、低 C/N 時
区 () ( 144.0) (4.1)			の劣化をできるだけ少なくすることが可能である。
	・降雨減衰等による伝送障害時の放送	を遮断の時間率が小さいこと。	・適切な伝送路符号化方式を採用しており、降雨減衰
	・降雨減衰等による受信の一時断からの復帰が早いこと。		による伝送障害時の放送遮断の時間率を小さくする
伝送障害の特性	・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。		こと等に対応可能である。
	・受信不能時に雑音等がそのまま提示されないこと。		・受信機の仕様検討において考慮されることを想定し
			た。
	・降雨減衰時のサイトダイバーシテ		・TMCC 信号により、アップリンクや衛星の切り替え等
システム切替え時	ィ運用等におけるシステムの切替		を予め受信機に告知可能である。
の特性	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。		

## 1.2.3 技術方式

項目	広帯域伝送	狭帯域伝送	整合性	
	・UHDTV サービス(8K フォーマット	・UHDTV サービス(4K フォーマット)	・ITU-R 勧告 BT. 2020 に基づく 4K 及び 8K フォーマット	
	まで)を考慮した映像入力フォー	を考慮した映像入力フォーマット	を採用した。これらは広色域表色系に対応し、高フ	
	マット及び高効率かつ高画質な符	及び高効率かつ高画質な符号化方	レームレートにも対応している。	
映像入力フォーマッ	号化方式であること。	式であること。	・最新の映像符号化方式として国際標準化されており、	
ト及び符号化方式	ト及び符号化方式・国際標準と整合した方式を用いること。		高効率な方式である HEVC を採用した。	
	・将来の拡張性を考慮した符号化方式	こであること。	・将来 120/P 放送を 60/P までに対応した受信機でも受	
	・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	信できるように、HEVC の時間方向階層符号化のため	
	の映像入力フォーマットに適用でき	ること。	の規定を採用した。	
	・高効率かつ高音質な符号化方式であ	ること。	・MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信	
音声入力フォーマッ	・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。		号に対応した高効率かつ高音質な符号化方式であ	
ト及び符号化方式	・国際標準と整合した方式を用いること。		る。	
	・将来の拡張性を考慮した符号化方式	であること。	・MPEG-4 ALS は原音(リニア PCM)を劣化させること	

	・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		なくビットレートを下げることができる方式であ
	ーマットに適用できること。		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。
	・将来の拡張性を考慮した符号化方		・民間規格において考慮されることを想定した。
   データ符号化方式	式であること。	_	
7 7 10 77 1077 20	・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。		
	・UHDTV サービスの伝送に適した方式である	ること。	・広帯域伝送の多重化方式として、放送・通信連携サ
	・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。		ービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携の
	・通信系のサービスとの連携を考慮すること。		ための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。
   多重化方式	・他のサービスとの相互運用性を考慮すること。		
多里记刀式	・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><li>・各認定基幹放送事業者の送出信号</li><li>・複</li></ul>	製事業者に対応可能であること	
	の独立性が確保できること。 が	望ましい。	
限	・高度な秘匿性を有すること。		・AES (鍵長 128 ビット) ブロック暗号と Camellia (鍵
定スクランブル	・不正受信に対して十分な安全性を		長 128 ビット)ブロック暗号を選択可能とした。
受 サブシステム	有し、脆弱性が発見された場合等	_	・スクランブル方式に脆弱性が発見された場合にも対
信	に対応可能な機能を有すること。	_	応可能とするために、送信側でスクランブル方式の
方			暗号アルゴリズムを指定できる仕組みを導入した。

式		・関連情報伝送や限定受信機能に関		・安全性の維持・改善については、受信機側でハード
		して十分な安全性を有し、その安		ウェアを更新する方法、受信機側で記録媒体等を使
		全性を継続的に維持・改善できる	_	ってソフトウェアを更新する方法、又は放送や通信
		こと。		を使ってソフトウェアを更新する方法により確保可
		<ul><li>・種々のサービス形態に対応するため、</li></ul>	理会・収納方式等に自由度があり。	能である。
		弾力的な運用が可能であること。	味並 · 收前分入寺に自山及があり、	・現行の3重鍵方式を採用して実現可能である。
	関連情報	・個々の受信者へ向けた情報の伝送・表	テが可能であること	・様々のサービス形態に対応するために、柔軟度が高
	サブシステム		がが明正であること。	・様々のケーとスル感に対応するために、柔軟度が高 い関連情報 (ECM、EMM) のフォーマットにおいて実
		・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。	_	現可能である。
		・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。		
		・関連情報は可能な限り共通の形式によ	えること。	
		・関連情報の配付は、効率的で正確、確	実なものであること。	
		・11.7~12.2GHz (BS デジタル放送) ・	12. 2~12. 75GHz(狭帯域 CS デジタ	・当該周波数を対象とした。
	使用周波数	及び 12.2~12.75GHz (広帯域 CS	ル放送)を対象とすること。	
伝		デジタル放送) を対象とすること。		
送	/ /	・他のサービスに干渉妨害を与えず、ガ	いつ、他サービスから干渉妨害を受	・隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確
路	伝送帯域幅	けない帯域幅以下とすること。		認した。
符	伝送路と干渉の	・放送、通信の両サービスに対して、与	子干渉、被干渉等の電波監理に係る	・隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確
号	要求条件	条件を満足すること。		認した。
化		・周波数有効利用及び多様なサービ・	周波数有効利用及び多様なサービ	・広帯域伝送においては、16APSK を採用し、8Kフォー
方		ス、特に UHDTV サービス(8K フォ	ス、特に UHDTV サービス(4K フォ	マットまで伝送可能な伝送容量を確保した。
式	変調系	ーマットまで)を伝送できるよう	ーマット)を伝送できるように、	・狭帯域伝送においては、8PSKにより、4Kフォーマッ
		に、できるだけ大きな伝送容量を	できるだけ大きな伝送容量を確保	トまで伝送可能な伝送容量を確保している。
		確保できる変調方式であること。	できる変調方式であること。	・低 C/N でも受信可能な π/2 シフト BPSK や QPSK に切
化方		・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	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	・広帯域伝送においては、16APSKを採用し、8K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フォトまで伝送可能な伝送容量を確保している。

	・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。		り替え可能とした。
	・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。		・パイロット信号の導入により誤り率特性の劣化を軽
	・復調用のLSI開発が可能であるこ	.と。	減した。
	・BS デジタル放送及び広帯域 CS デ	・狭帯域 CS デジタル放送としての受	・復調用の LSI の開発は可能である。
	ジタル放送としての受信アンテナ	信アンテナ特性(小口径アンテナ	・広帯域伝送においては、既存の一般的な開口径の受
	特性(小口径アンテナを含む)を	を含む)を考慮すること。	信アンテナで、サービス時間率を確保しつつ、十分
	考慮すること。		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。
	・衛星伝送路の雑音特性に有効である	こと。	・LDPC 符号と BCH 符号の連接符号は、衛星伝送路の雑
	・採用する変調方式との整合性が良いこと。		音特性において、優れた誤り訂正能力を有する。
誤り訂正系	・符号化効率が良いこと。		・強力な誤り訂正能力により高い符号化効率を有する。
誤り 引止系	・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		・複数の符号化率が選択・変更可能な方式とした。
	容量の低下を最小限にとどめること。		・本方式と同程度の符号長を持つ LDPC 符号はすでに実
	・誤り訂正用のLSI 開発が可能であること。		用化されている。
	・周波数有効利用、隣接チャンネル~	- の妨害等を考慮した上で、できるだ	・ロールオフ率を 0.03 とすることで高いシンボルレー
伝送容量	け高い伝送ビットレートを確保できること。		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。
	・最悪月においても安定的な伝送品質	質を確保するため、所要のビット誤り	・LDPC 符号と BCH 符号の連接により、最悪月において
	率を確保できること。		も高いサービス時間率が確保できる。
伝送品質	<ul><li>サービス時間率については、できる</li></ul>	限り高い値を確保すること。	・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
	・操作が簡単であること。		・民間規格及び受信機設計において考慮されることを
操作性	・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。		想定した。
1条11-11主	・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携	4作方法で行えることが望ましい。	
処理系	・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・	・民間規格及び受信機設計において考慮されることを
<b>光</b> 连术	能力を持つこと。		想定した。
	・必要に応じてコンテンツ蓄積系の様	成が選択できること。	・民間規格及び受信機設計において考慮されることを
蓄積系	・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		想定した。
	あること。		
	・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	・民間規格及び受信機設計において考慮されることを
	ること。		想定した。
インターフェース	・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><li>ハードウェア及びソフトウェアの追</li></ul>	<b>曽加、変更について考慮されているこ</b>	・民間規格及び受信機設計において考慮されることを
	と。		想定した。
仕様	・受信機が満たすべき条件が開示され	ていること。	・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、占有周波数帯幅は現行と同じ 34.5MHz とした。また、衛星中継器通過後の占有周波数帯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、占有周波数帯幅が 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「12.26Hz 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、占有周波数帯幅については 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周波数帯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	π/2シフトBPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, (32APSK¹)		
誤	内符号	LDPC (符号長44880)		
り	符号化率	1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120),		
訂		2/3 (81/120), 3/4 (89/120), 7/9 (93/120), 4/5 (97/120),		
正		5/6 (101/120),7/8 (105/120), 9/10 (109/120) (公称値(真値))		
方式	外符号	BCH ( 65535, 65343, t=12 )短縮符号		
	変調方式	π/2シフトBPSK		
伝	内符号	LDPC (31680, 9614): LDPC (44880, 22814)の短縮符号		
送	外符号	BCH(9614, 9422): BCH(65535, 65343)の短縮符号		
制	制御単位	スロット単位の伝送制御		
・変調方式及び符号化率の制御(この機能による階層化・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, 可変長パケ・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		• 複数独立TS • TLV識別制御		
7	フレーム構造	・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		・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,・・・, TLVm)、及び各ストリームを伝送する際の伝送パラメータ (TMCC1, TMCC2,・・・・, TMCCk)を入力し、この伝送パラメータをもとに TMCC 信号を生成する。また、TMCC 信号をもとにフレームを構成し、主信号及び TMCC 信号はフレーム単位で処理する。フレームを構成した後、主信号については、外符号符号化、エネルギー拡散、内符号符号化を行い、変調方式が 8PSK、16APSK、32APSK の場合にはビットインターリーブを施す。TMCC 信号についてもほぼ同様に、外符号符号化、エネルギー拡散、内符号符号化を行う。これらの信号に加え、同期

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 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。

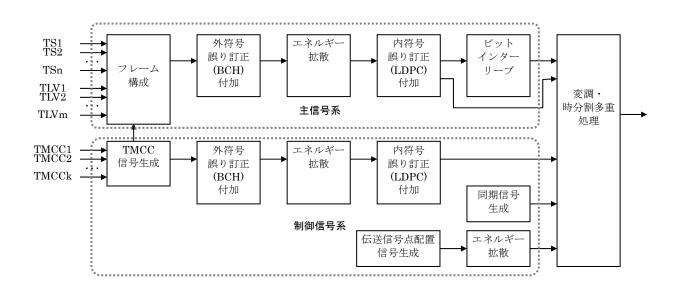


図 2.2.1-1 伝送路符号化基本構成 (信号処理)

#### (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、スタッフビット、LDPC パリティで構成する。

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

BCH パリティはヘッダとデータについて計算し、データの後に配置する。BCH パリティの後に、6 ビットのスタッフビット (0x3F) を配置し、ヘッダ、データ、BCH パリティ、スタッフ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、スタッフ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。

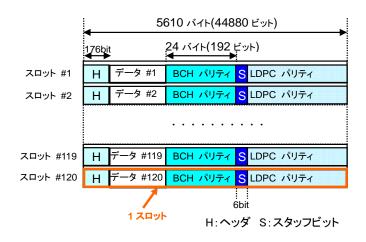


図 2.2.1-2 主信号のフレーム構成

表 2.2.1-2 各符号化率のスロット構成

		スロット長=LDPC符号長					総合符			
符号化率		スロット ヘッダ	データ長 (TSパケット数)	BCH パリティ	スタッフ ビット	LDPC パリティ	号化率 ※3	LDPC 符号化率※2	BCH+ヘッダ +スタッフ 符号化率※1	参考
1 / 3	44880	176	14960 (10)	192	6	29546	0.333	0.342 (41/120)	0.976	1/3=33.33%
2 / 5	44880	176	17952 (12)	192	6	26554	0.400	0.408 (49/120)	0.980	2/5=40%
1 / 2	44880	176	22440 (15)	192	6	22066	0.500	0.508 (61/120)	0.984	1/2=50%
3 / 5	44880	176	26928 (18)	192	6	17578	0.600	0.608 (73/120)	0.986	3/5=60%
2 / 3	44880	176	29920 (20)	192	6	14586	0.667	0.675 (81/120)	0.988	2/3=66.67%
3 / 4	44880	176	32912 (22)	192	6	11594	0.733	0.742 (89/120)	0.989	3/4=75%
7 / 9	44880	176	34408 (23)	192	6	10098	0.767	0.775 (93/120)	0.989	7/9=77.7%
4 / 5	44880	176	35904 (24)	192	6	8602	0.800	0.808 (97/120)	0.990	4/5=80%
5 / 6	44880	176	37400 (25)	192	6	7106	0.833	0.842 (101/120)	0.990	5/6=83.33%
7 / 8	44880	176	38896 (26)	192	6	5610	0.867	0.875 (105/120)	0.990	7/8=87.5%
9 / 10	44880	176	40392 (27)	192	6	4114	0.900	0.908 (109/120)	0.991	9/10=90%

<sup>※1</sup> データ長/(データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタッフビット)・・・(a)

3 (a)  $\times$  (b)

<sup>※2 (</sup>データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタッフビット) / (データ長+BCH パリティ+スロットヘッダ+スタッフビット+LDPC パリティ) ・・・(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	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
π/2シフト BPSK	1	1/5	5	1	4

1 2 32APSK	1 2 32APSK	1 2 32APSK	1 2 32APSK	1 2 32APSK 32APSK 110 π/2 シフト BPSK 112 ダミースロット 113 ダミースロット
				114 ダミースロット
115	115	115	115	115 ダミースロット
116 16APSK	116 8PSK	116 QPSK	116 π/2 シフト BPSK	116 π/2 シフト BPSK
117 16APSK	117 8PSK	117 QPSK	117 ダミースロット	117 ダミースロット
118 16APSK	118 8PSK	118 ダミースロット	118 ダミースロット	118 ダミースロット
119 16APSK	119 ダミースロット	119 ダミースロット	119 ダミースロット	119 ダミースロット
120 ダミースロッ	120 ダミースロット	120 ダミースロット	120 ダミースロット	120 ダミースロット
(a) 32APSK+16APS	K (b) 32APSK+8PSK	(c) 32APSK+QPSK	(d) 32APSK+ π/2 シフト BP	SK (e) 32APSK+ π/2 シフト BPSK×2

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。

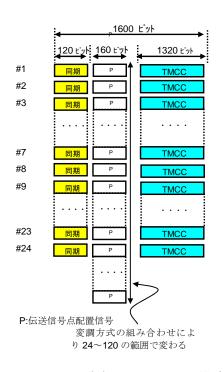


図 2. 2. 1-4 制御信号のフレーム構成

## (理由)

MPEG-2 TS 及び TLV 形式のパケット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)、 $\pi/2$  シフト BPSK(1 ビット/シンボル)、 $\pi/2$  ジフト BPSK(1 ビット/シンボル)、 $\pi/2$  ジフト BPSK(1 ビット/シンボル)、 $\pi/2$  ジフト BPSK(1 ビット/シンボル)、 $\pi/2$  ジフト

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  $1\sim5$ 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。

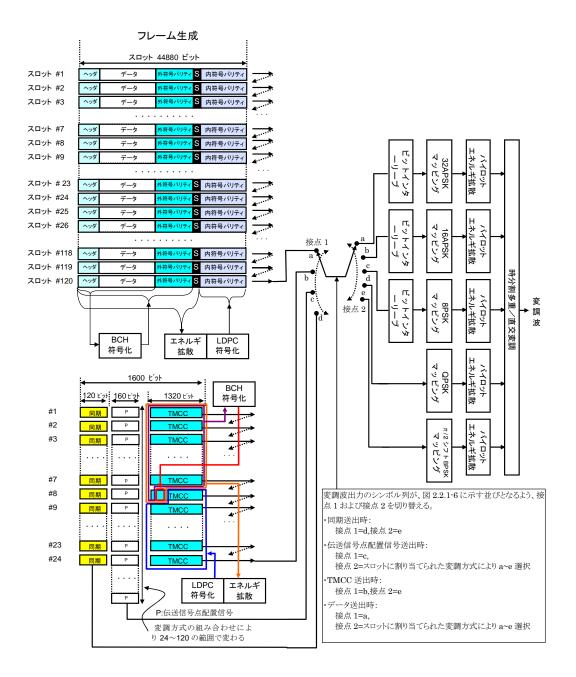


図 2.2.1-5 変調信号の生成

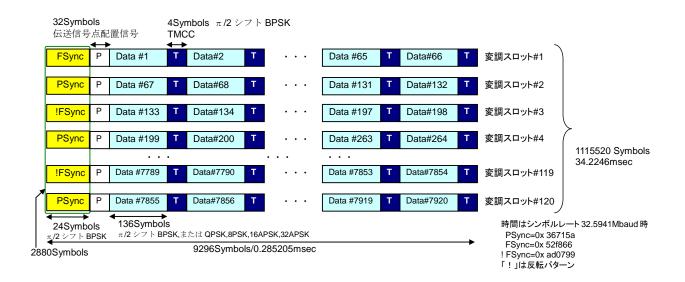


図 2.2.1-6 変調信号のフレーム構成

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×(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×1 ビット/シンボル×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×5 ビット/シンボル×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。

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

表 2.2.1-4 BCH 符号の多項式リスト

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

$$c = \left(m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \cdots, m_{1}, m_{0}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \cdots, d_{1}, d_{0}\right)$$

上へのBCH 符号化を行う。

- ・メッセージ多項式  $m(x) = m_{k_{bch}-1} x^{k_{bch}-1} + m_{k_{bch}-2} x^{k_{bch}-2} + \dots + m_1 x + m_0$  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

$$d(x) = d_{n_{bch}-k_{bch}-1} x^{n_{bch}-k_{bch}-1} + \dots + d_1 x + d_0$$
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。

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

表2.2.1-5 内符号の符号化率

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符号長の記り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  $p_0=p_1=p_2=...=p_{n_{ldpc}-k_{ldpc}-1}=0$
- ・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 $i_m$ , $m=1,2,\cdots,373$ 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 $i_i$ 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 110 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。

 $\cdot$  i=1 から開始し、次の演算を順次実行する。

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

・  $p_i$ 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

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。

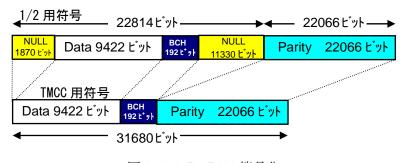


図 2.2.1-7 TMCC 符号化

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、及びスタッフビットに対して行い、LDPC パリティ部分及びダミースロットについては、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。

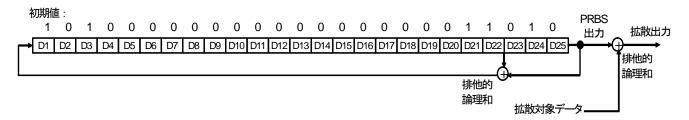


図 2.2.1-8 エネルギー拡散 (スロットデータ用)

## (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。

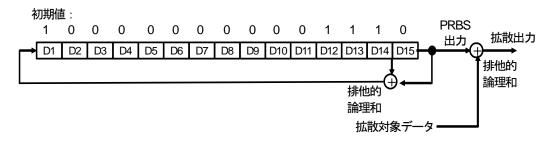


図 2.2.1-9 エネルギー拡散 (TMCC 用)

#### (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。

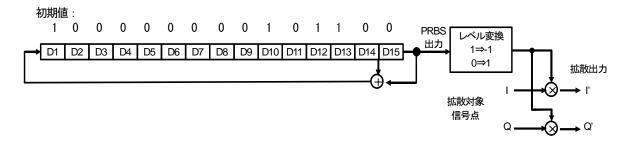


図 2.2.1-10 エネルギー拡散 (伝送信号点配置シンボル用)

## (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、電力東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バ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バに、列方向に上から下へ書き込み、行方向に左(MSB)から右(LSB)へ読み出す順方向読み出しと、右(LSB)から左(MSB)へ読み出す逆方向読み出しがある。いずれを使用するかは、表2.2.1-8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

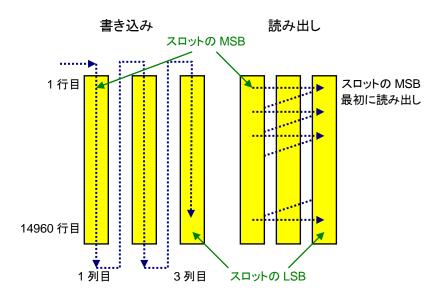


図2.2.1-11 ビットインターリーブ 8PSK (順方向読み出し)

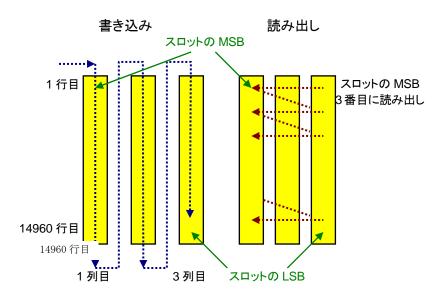


図2.2.1-12 ビットインターリーブ 8PSK (逆方向読み出し)

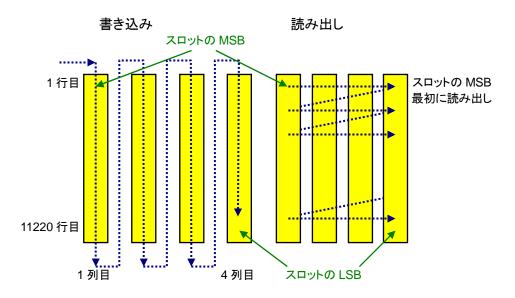


図2.2.1-13 ビットインターリーブ 16APSK (順方向読み出し)

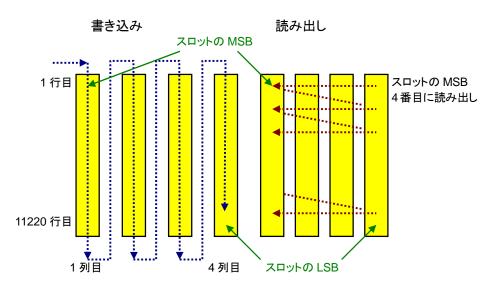


図2.2.1-14 ビットインターリーブ 16APSK (逆方向読み出し)

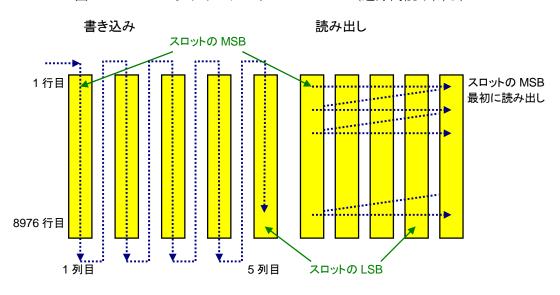


図2.2.1-15 ビットインターリーブ 32APSK (順方向読み出し)

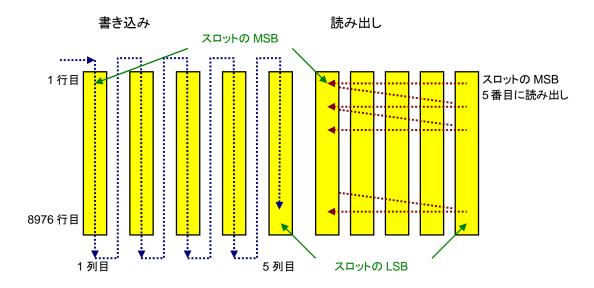


図2.2.1-16 ビットインターリーブ 32APSK (逆方向読み出し)

_		1	20.2.1	1 🗸 🗸	) ) IDE	/ЩО		
	水田				符号化率			
変調	2/5以下	1/2	3/5	2/3	3/4	7/9	4/5以上	
Ī	8PSK	逆	順	順	順	順	順	順
Ī	16APSK	逆	順	順	順	順	順	順
Ī	32APSK	逆	順	順	順	順	逆	順

表 2.2.1-8 インターリーブ読み出し

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				
	フレーム同期				
π/2シフト	パケット同期				
BPSK	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)				
	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				
(32APSK)	ービス時間率を適切に確保するためには、開口				
(02AI SII)	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)  $\sim$  (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。

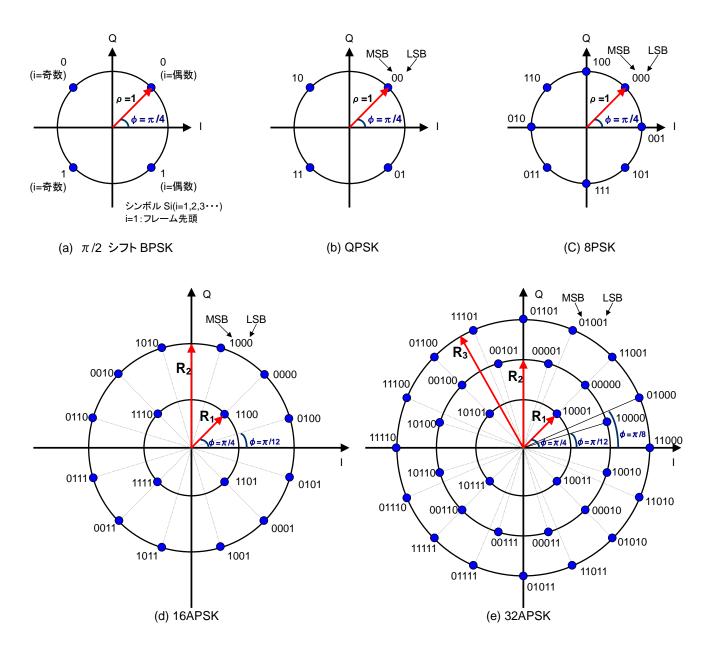


図 2.2.1-17 各変調方式の信号点配置

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γ1	半径比γ2
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

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 π/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、擬似中継器を利用 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
  - ・現行の広帯域伝送方式の運用条件である占有周波数帯幅 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 情報レート 100Mbps 超
  - ・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擬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、「擬似中継器折り返し」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。

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

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

- ・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 0B0 は、衛星中継器シミュレータの TWTA が飽和動作となる 0B0 (8PSK 信号入力時に 最大出力となる 0B0) を適用する。
- ・16APSKの0B0は、実験の前提条件に応じて、以下の2種類を適用する。

0B0 設定1: 広帯域伝送方式への適用を想定し、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0(最適 0B0)を適用する。

0B0 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 0B0 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 BO.1213)。

#### b ロールオフ率及び中継器動作点に対する 16APSK の性能

擬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 0B0 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、 0B0=1.7dB(定格出力 178W 相当)、0B0=2.2dB(定格出力 200W 相当)、0B0=3.0dB(定格出力 240W相当)、0B0=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。0B0 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 0B0 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。

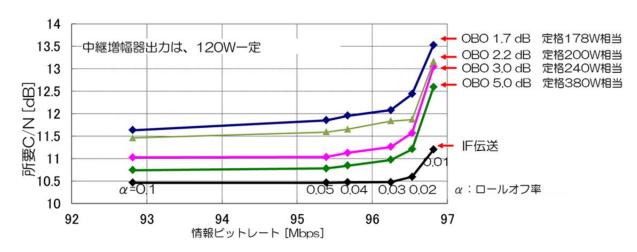


図 2.2.1-18 ロールオフ率及び中継器動作点に対する 16APSK の性能

## 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、16APSK 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。

<u> </u>		区外市田 (1/世間:	DALL WARRENDA
シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	飽和点 OBO[dB]	占有周波数帯幅[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 2.2.1-13 8PSK(3/4)の占有周波数帯幅(中継器動作点は飽和)

表 2.2.1-14 16PSK (3/4) の占有周波数帯幅 (中継器動作点は最適 0B0)

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	最適 OBO[dB]	占有周波数帯幅[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。

ケース1 ケース2 シンボル ロール レート オフ率 キャプチャ C/N ロック C/N キャプチャ C/N ロック C/N [Mbaud] [dB][dB][dB][dB]34.0 -2.5 -2.00.01 -1.8-2.00.02 33.9 -2.0-2.2-1.9-2.00.03 33.8 -2.1-2**.** 1 -2.4-2.40.04 33. 6 -2.1-2.1-2.5-2.50.05 33. 5 -2.1-2.3-2.4-2.432.6 -2.4-2.4-2.3-2.30.1

表 2. 2. 1-15 選定条件(b)の同期特性の評価結果

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

0.03	33.7561 33.8723	上限値 現行衛星システム 上限値 現行衛星システム 上限値	16APSK 16APSK 16APSK 16APSK 8PSK 16APSK	7/9 3/4 3/4 7/9 3/4 3/4 7/9	100.14 96.12 72.09 100.49 96.45 72.33 100.84	99.72         99.52         99.87         99.71         99.46         99.86         99.68	0	竹角画         〇 (8人币送の語台、現作衛車 には届か 校込のサープス時間挙には届か と最低 ないが、100Mbps超と最低限 確求)         〇 (8人币送の語句、現作衛車 校込のサープス時間挙には届か ないが、100Mbps超と最低限 ないが、100Mbps超と最低限 ないが、100Mbps超と最低限 ないが、100Mbps超と最低限 ないが、100Mbps超と最低限	<
60.03	33.7561		16APSK 8PSK	3/4	96.12 7209	99.52 99.87	0		C
0.04	33.6399	現行衛星システム	16APSK 8PSK 16	3/4 3/4	95.78 71.84 10	99.54 99.87 94	0	O (8大石送の語句、現作衡明 放送のサービス時間挙には届か ないが、100Mbps路 と最低 限のサービス時間率は確求)	C
0.05	33.4656	現行衛星システム 上限値※1	16APSK 8PSK 16APSK	3/4 3/4 7/9	9529 71.4 99.62	99.56 99.8 99.73	0	× (100Mbps付近の符号化率 で容量が不足する)	C
車 により 車	シンボルレート [Mbaud]		靐級	符号化率	パットレート [Mbps]	サーガン 時間棒 <mark>※2</mark> [%]	条件 C	か年み	な年

※1 無線通信規則の出力上限値(60dBW) ※2 サービス時間率の計算では、所要C/NIこ中継器シミュレータによる室内実験結果の値を用いた

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Sr 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、

Sr\*(変調次数:1~5)\*(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

## 2.2.1.12 ロールオフ率

搬送波の帯域制限を行うフィルタ特性は、無線設備規則第 37 条の 27 の 19 第 4 項第 3 号に規定する別図第 4 号の 8 の 16 に定めるレイズドコサイン特性とし、そのロールオフ率を 0.03 とする。送信側と受信側でのロールオフ特性の割り当ては、ルート配分とする。なお、送信側で X/SIN(X) ( $f_N$ で示す)のアパーチャ補正を行う。

ナイキスト周波数 f<sub>N</sub>は、16.87805MHz(占有周波数帯幅 34.5MHz)とする。

また、変調器出力の周波数スペクトラムの相対減衰量及び変調器出力フィルタの群遅延特性の 許容値は、図 2. 2-19、及び図 2. 2-20(詳細値は表 2. 2. 1-18)に示す範囲とする。

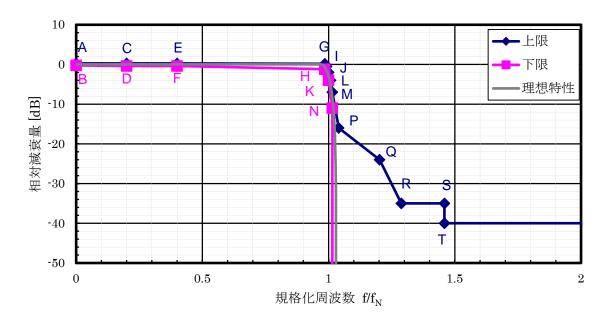


図 2.2-1-19 変調器出力のスペクトラム相対減衰量許容値

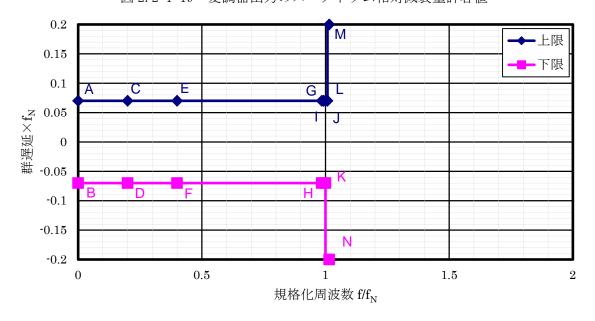


図 2.2.1-20 変調器出力フィルタの群遅延許容値

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
В	0.000 fN	-0. 25	-0.07 / fN	下限
С	0.200 fN	0. 25	+0.07 / fN	上限
D	0.200 fN	-0.40	-0.07 / fN	下限
Е	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
Н	0.985 fN	-1.20	-0.07 / fN	下限
Ι	0.992 fN	-0.50	+0.07 / fN	上限
Ј	1.000 fN	-2.00	+0.07 / fN	上限
K	1.000 fN	-4.00	-0.07 / fN	下限
L	1.008 fN	-4.00	+0.07 / fN	上限
M	1.015 fN	-7.00	+0.20 / fN	上限
N	1.015 fN	-11.00	-0.20 / fN	下限
Р	1.040 fN	-16.00	_	上限
Q	1.202 fN	-24.00	_	上限
R	1.288 fN	-35. 00	_	上限
S	1.459 fN	-35. 00	_	上限
T	1.459 fN	-40.00	_	上限

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 N 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。ただし、スペクトルマスクと理想特性スペクトルとの十分なマージンを確保するため、点 H と点 M を緩和し、周波数点 L  $(1.008f_N)$  に減衰量の拘束点を設けた。

点 Q、R、S、T については、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<sup>2</sup>。

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 <i>/</i> 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

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 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。

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。

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

図 2.2.1-22 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	π/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 $1\sim8$ を割り当てる。また、使用する変調方式が8に満たない場合は、残りの変調方式の値を「1111」、符号化率の値を「1111」、割り当てスロット数を「00000000」、バックオフを「00000000」とする。

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

### (理由)

事業者の要求に応じた変調方式と符号化率の組み合わせを選択、変更できるように、変調方式 と符号化率は独立して指定できるようにした。ただし、製造工程におけるチェック工程削減のた め、実際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。

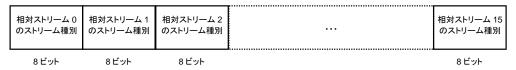


図 2.2.1-23 ストリーム種別/相対ストリーム情報の構成

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

表 2.2.1-22 ストリーム種別

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。

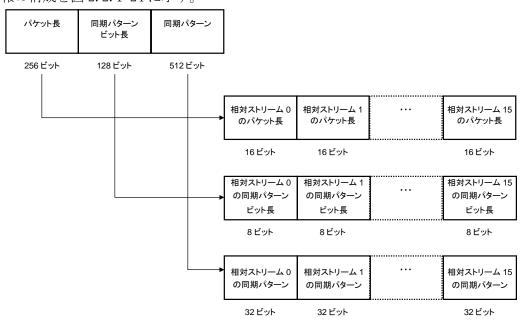


図 2.2.1-24 パケット形式/相対ストリーム情報の構成

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、不具合が発生する場合がある。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

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。

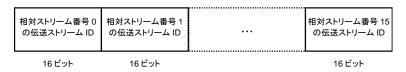


図 2.2.1-27 相対ストリーム/伝送ストリーム番号対応表の構成

### (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	拡張
識別	フィールド

16 ビット 3598 ビット

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
00000000000000001	リザーブ
~1111111111111111	

## (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	21 . 144				
	ンボルレート	33.7561 Mbaud					
	リンク C/N <sup>注1</sup>	30 dB					
計算周	波数	12 GHz					
		2. 2 dB (8PSK 3/4、16APSK 3/4、16APSK 7/9) 、					
出 <i>川</i> ハ 	ックオフ(OBO) <sup>注2</sup>	2.9 dB (32APSK 4/	/5)				
衛星 E	IRP	00 IDW (++) F0	2 1DW (4)	#B #=10	1 白 )	1DW / 117 B	<b>=</b>
(2. 2d	B バックオフ運用時)	60 dBW(東京)、58	s aBW (↑l		L島)、5/	dBW (別)革	朔 <i>)</i>
衛星交	差偏波識別度注3	総合 27 dB					
		札幌 : 38508.8	Km (アン	テナ仰角	31.2 度	E)	
海 長 原 日 同	線伝搬路	東京 : 37935.3	Km (アン	テナ仰角	38.0 度	E)	
再生日	///X 1/21 J//X L/C1	鹿児島: 37278.4	Km (アン	テナ仰角	46.9 度	E)	
		那覇 : 36861.1	Km (アン	テナ仰角	53.6 度	E)	
降雨減	衰	ITU-R P.618-8 計算式による					
受信ア	ンテナ開口径	$45 \operatorname{cm} \phi$ , $60 \operatorname{cm} \phi$ , $75 \operatorname{cm} \phi$ , $90 \operatorname{cm} \phi$ , $120 \operatorname{cm} \phi$					
受信ア	ンテナ開口効率	70%					
受信ア	ンテナ交差偏波識別度	引度 25dB <sup>注 3</sup>					
アンテ	ナ雑音温度	晴天時のアンテナ雑音温度を 50K とし、下記算出式を用いた <sup>注4</sup>					
, , ,	<b> </b>	Ta [K] = To $\{ 1-10^{(-Lr/10)} \} +50$					
LNC 雑	音指数	1 dB					
ナイキ	スト帯域幅	33.7561 MHz					
占有周	波数帯幅(99%電力)	34.5 MHz	ı		T	T	Γ
		アンテナ径	45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
外国衛	星からの干渉 (C/I)	札幌	58. 1dB	60.6dB	62.6dB	64. 2dB	66.7dB
注 5		東京	60.3dB	62.8dB	64.7dB	66.3dB	68.8dB
(韓国	衛星位置:東経 116°)	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
	TC8PSK 2/3 (参考)	10.7 dB <sup>注6</sup>					
所要	8PSK 3/4	9.3 dB (0B0 含まず) <sup>注7</sup>					
C/N	16APSK 3/4	11.8 dB (0B0 含まず) <sup>注7</sup>					
0,11	16APSK 7/9	12.6 dB (0B0 含まず) <sup>注7</sup>					
	32APSK 4/5	17.4 dB (0B0 含まず) <sup>注7</sup>					

- 注1 アップリンク C/N は、所要 C/N に衛星伝送実験結果の値を用いることで考慮した。
- 注2 0B0 の定義は、図 2. 2. 1-30 に示すように、0MUX 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。

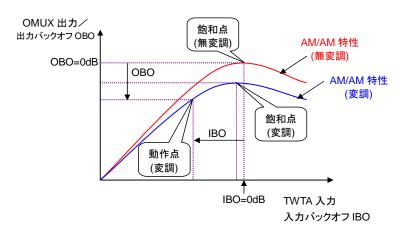


図 2.2.1-30 出力バックオフの定義

- 注3 衛星の交差偏波識別度は、衛星受信(アップリンク)30dB、衛星送信(ダウンリンク)30dB の総合 27dB とした。受信アンテナの交差偏波識別度は、勧告 ITU-R BO. 1213 より引用し 25dB とした。
- 注4 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 5 隣接チャンネル干渉としては、衛星中継器における隣接チャンネル干渉(所要 C/N に衛星伝送実験結果の値を用いることで考慮)と韓国衛星からの干渉を考慮した。

韓国衛星からの干渉 (C/I) = {(日本衛星の e.i.r.p.)

- (韓国衛星の干渉 e. i. r. p.) + (交差偏波識別度) + (周波数重複量)

計算には以下の条件を用いた。

(1) 評価地点

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 BO. 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\*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

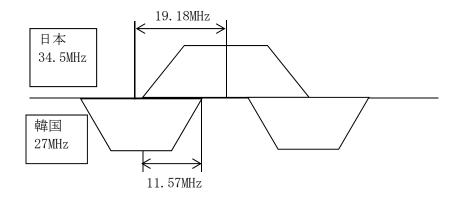


図 2.2.1-31 チャンネル配置

注6 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0B0としている)を含む値として10.7dBを用いた。

注7 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

	e	
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	伝送方式 (0B0)	アンテナ開口径				
	(OBO 2.2dB) [dBW]		45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
札幌	58. 0	TC8PSK (2/3) (2.2dB) (参考)	99. 88%	99. 95%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99. 91%	99. 96%	99. 98%	99. 98%	

		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 78%	99. 91%	99. 95%	99. 97%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 68%	99. 88%	99. 93%	99. 96%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	89. 92%	98. 89%	99. 54%	99. 84%
東京	60. 0	TC8PSK (2/3) (2.2dB) (参考)	99.86%	99. 93%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99.89%	99. 94%	99. 96%	99. 97%	
		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 77%	99.89%	99. 93%	99. 95%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 70%	99. 86%	99. 91%	99. 94%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	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. 70%	99. 85%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99. 76%	99. 88%	99. 92%	99. 95%	
		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 45%	99. 75%	99. 85%	99. 90%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 25%	99. 68%	99. 82%	99. 88%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	87. 77%	97. 80%	98. 96%	99. 59%
那覇	57. 0	TC8PSK (2/3) (2. 2dB) (参考)	99. 46%	99. 74%			
		8PSK (3/4) (2. 2dB)	99. 59%	99. 80%	99. 87%	99. 91%	
		16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 01%	99. 57%	99. 75%	99.84%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	98. 62%	99. 43%	99. 68%	99. 80%	

32APSK (4/5)	受信	受信	95. 43%	98. 08%	00.26%
(2.9dB)	不能	不能	95. 45%	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
衛星EIRP Pe	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	4. 6
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	4. 4
雲による減衰 Lc	dB	0. 1	0. 1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70. 0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0. 1	0. 1
受信機入力 C	dB	-114.6	-118.9
p. f. d.	dBW/m2	-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	233. 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	309.0
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24. 9
性能指数 G/T	dB/K	12. 5	8.6
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	-128.4
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	dB	17.8	9. 5
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	16.6	9.3
所要 C/N	dB	9. 3	9. 3
システムマージン	dB	7.3	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. 1-28 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
衛星EIRP Pe	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ Bo	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	6.3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	6. 1
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-112.4	-118.5
p. f. d.	dBW/m2	-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	268. 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	343. 2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.4
性能指数 G/T	dB/K	12. 5	8.1
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	-128.0
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	dB	19.9	9.5
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	18. 1	9.3
所要 C/N	dB	9. 3	9.3
システムマージン	dB	8.8	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 2.2.1-29 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
衛星EIRP Pe	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ Bo	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	4.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	4.6
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
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114. 3	-118.8
p. f. d.	dBW/m2	-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	239. 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	314.4
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.0
性能指数 G/T	dB/K	12. 5	8.5
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	-128.3
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	dB	18. 1	9.5
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	16.8	9.3
所要 C/N	dB	9.3	9.3
システムマージン	dB	7. 5	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. 1-30 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
衛星EIRP Pe	dBW	57. 0	57.0
出力バックオフ Bo	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	7. 7
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	7. 5
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 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	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. 2
p. f. d.	dBW/m2	-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	288. 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	363. 6
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25. 6
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	-127.7
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	dB	21.6	9. 5
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54. 5
総合 C/(N+I)	dB	19. 2	9. 3
所要 C/N	dB	9.3	9. 3
システムマージン	dB	9. 9	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 2.2.1-31 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
衛星EIRP Pe	dBW	58. 0	58.0
出力バックオフ Bo	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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114.6	-117. 1
p. f. d.	dBW/m2	-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	179.0
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	254. 1
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	-129.3
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	dB	17.8	12. 2
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	16. 6	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	4.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 95
最悪月サービス時間率	%	_	99. 78

表 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
衛星EIRP Pe	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ Bo	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. 2
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	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	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-112.4	-116. 4
p. f. d.	$\mathrm{dBW/m2}$	-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	224. 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	299. 4
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	-128.6
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	dB	19. 9	12. 2
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	18. 1	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	6. 3	0.0
年間サービス時間率	%	_	99. 95
最悪月サービス時間率	%	_	99. 77

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
衛星EIRP Pe	dBW	58. 0	58.0
出力バックオフ Bo	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. 7
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
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114.3	-117.0
p. f. d.	dBW/m2	-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	185. 7
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	260.8
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. 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	dB	18. 1	12. 2
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36. 6
総合 C/(N+I)	dB	16.8	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	5.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.85
最悪月サービス時間率	%	_	99. 45

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
衛星EIRP Pe	dBW	57.0	57.0
出力バックオフ Bo	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. 5
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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 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	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	-116.0
p. f. d.	dBW/m2	-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	254. 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	329. 1
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25. 2
性能指数 G/T	dB/K	17.0	12.8
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. 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	dB	21.6	12. 2
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	19. 2	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	7. 4	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 94
最悪月サービス時間率	%	_	99. 75

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
衛星EIRP Pe	dBW	58.0	58.0
出力バックオフ Bo	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. 3
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	2.0
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
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114.6	-116.6
p. f. d.	dBW/m2	-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	158.8
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	233. 9
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	dB	17.8	13.0
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	16. 6	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
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	%	_	99.68

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
衛星EIRP Pe	dBW	60.0	60.0
出力バックオフ Bo	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	3.6
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	3. 4
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
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-112.4	-115.8
p. f. d.	dBW/m2	-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	206.8
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	281.9
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.5
性能指数 G/T	dB/K	12. 5	9.0
受信帯域幅 B	MHz	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	dB	19.9	13.0
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	18. 1	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
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. 70

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
衛星EIRP Pe	dBW	58. 0	58.0
出力バックオフ Bo	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. 4
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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33. 5
ポインティング損失	dB	0. 1	0.1
受信機入力 C	dB	-114.3	-116.5
p. f. d.	dBW/m2	-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	165. 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	240.7
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	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	dB	18. 1	13.0
隣接チャンネル干渉	dB	36. 6	36. 6
総合 C/(N+I)	dB	16.8	12.6
所要 C/N	dB	12. 6	12.6
システムマージン	dB	4. 2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 78
最悪月サービス時間率	%	_	99. 25

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
衛星EIRP Pe	dBW	57.0	57. 0
出力バックオフ Bo	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	4.8
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	4.6
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
受信アンテナロ径 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	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	-115.3
p. f. d.	dBW/m2	-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	239. 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	314. 5
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25.0
性能指数 G/T	dB/K	17. 0	13.0
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	-128.3
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	dB	21.6	13.0
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54. 5
総合 C/(N+I)	dB	19. 2	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
システムマージン	dB	6.6	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 92
最悪月サービス時間率	%	_	99.68

## 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でに回線設計の計算例を示す。

	· ·	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
項目		計算条件
出力バックオフ(0B0)		0.9 dB (8PSK 3/4), 2.2 dB (16APSK 3/4, 16APSK 7/9),
面刀パックオフ (OBO) 		2.9 dB (32APSK 4/5)
衛星 EI	[RP(飽和出力時)	60 dBW (東京)、58 dBW (札幌、鹿児島)、57 dBW (那覇)
	TC8PSK 2/3 (参考)	10.7 dB <sup>注1</sup>
武曲	8PSK 3/4	9.3 dB (0B0 含まず) <sup>注2</sup>
所要 C/N	16APSK 3/4	11.8 dB (0B0 含まず) <sup>注2</sup>
C/N	16APSK 7/9	12.6 dB (0B0 含まず) <sup>注2</sup>
	32APSK 4/5	17.4 dB (0B0 含まず) <sup>注2</sup>

表 2.2.1-39 BS (現行) 回線計算の前提条件

- 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)、衛星中継器OBO値は衛星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

	EIRP	<i>F</i> >¥ -L-+>	アンテナ開口径				
受信点	受信点 (飽和) (OBO)	伝送方式 (0B0)	45cm	60cm	75cm	90cm	120cm
		TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99.88%	99. 95%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99.88%	99. 95%	99. 97%	99. 98%	
札幌	58. 0	16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 36%	99. 79%	99.89%	99. 94%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	98. 90%	99. 70%	99. 86%	99. 91%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	95. 76%	99. 39%

		TC8PSK (2/3) (0dB) (参考)	99. 86%	99. 93%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99. 86%	99. 93%	99. 95%	99. 97%	
東京	60. 0	16APSK (3/4) (2. 2dB)	99. 50%	99. 78%	99. 87%	99. 92%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	99. 29%	99. 71%	99. 84%	99. 90%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	受信 不能	95. 87%	98. 58%	99. 52%
		TC8PSK(2/3) (0dB) (参考)	99. 70%	99. 85%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99. 69%	99. 85%	99. 91%	99. 93%	
鹿児島	58. 0	16APSK (3/4) (2. 2dB)	98. 62%	99. 48%	99. 72%	99.82%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	97.83%	99. 28%	99. 63%	99. 77%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	93. 51%	98. 68%
		TC8PSK(2/3) (0dB) (参考)	99. 46%	99. 74%			
		8PSK (3/4) (0.9dB)	99. 45%	99. 74%	99.84%	99.89%	
那覇	57. 0	16APSK (3/4) (2. 2dB)	97. 43%	99. 06%	99. 51%	99. 69%	
		16APSK (7/9) (2. 2dB)	95. 48%	98. 69%	99. 34%	99. 60%	
		32APSK (4/5) (2. 9dB)	受信 不能	受信 不能	受信 不能	受信 不能	97. 56%

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
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 L f	dB	205. 7	205.7
大気吸収減衰の合計	dB	0.3	3. 9
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	3. 7
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-115. 5	-119. 2
p. f. d.	dBW/m2	-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	216. 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	291.5
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.6
性能指数 G/T	dB/K	12.5	8.9
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	-128.7
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	dB	16. 9	9.5
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	15. 9	9.3
所要 C/N	dB	9.3	9.3
システムマージン	dB	6.6	0.0
年間サービス時間率	%	_	99. 97
最悪月サービス時間率	%	_	99.88

表 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
衛星EIRP Pe	dBW	59. 1	59. 1
出力バックオフ Bo	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. 5
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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-113. 4	-118.6
p. f. d.	dBW/m2	-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	254. 7
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	329.8
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	dB	19.0	9.5
隣接チャンネル干渉	dB	60.3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	17. 5	9.3
所要 C/N	dB	9.3	9.3
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	%	_	99.86

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
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 L f	dB	205. 5	205. 5
大気吸収減衰の合計	dB	0.2	4. 1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	3. 9
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33. 5
ポインティング損失	dB	0. 1	0.1
受信機入力 C	dB	-115. 2	-119. 1
p. f. d.	dBW/m2	-105.3	-105.3
ボルツマン定数 K	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	222. 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	297. 4
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24. 7
性能指数 G/T	dB/K	12.5	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	dB	17. 2	9. 5
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36. 6
総合 C/(N+I)	dB	16. 1	9.3
所要 C/N	dB	9. 3	9. 3
システムマージン	dB	6.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 92
最悪月サービス時間率	%	_	99. 69

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
衛星EIRP Pe	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	6. 9
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	6. 7
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.4
受信アンテナロ径 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	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	-111.7	-118.3
p. f. d.	dBW/m2	-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	278. 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	353. 2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	25. 5
性能指数 G/T	dB/K	17. 0	12. 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	-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	dB	20.7	9. 5
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54. 5
総合 C/(N+I)	dB	18.6	9. 3
所要 C/N	dB	9.3	9. 3
システムマージン	dB	9.3	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 96
最悪月サービス時間率	%	-	99.84

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
衛星EIRP Pe	dBW	55.8	55.8
出力バックオフ Bo	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	1. 5
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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-116.8	-118. 1
p. f. d.	dBW/m2	-106.9	-106. 9
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	123.6
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	198. 7
受信機雑音温度 Т'	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	21.6	21.6
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	dB	15.6	12.3
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	14. 6	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	2.8	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.82
最悪月サービス時間率	%	_	99. 36

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
衛星EIRP Pe	dBW	57.8	57.8
出力バックオフ Bo	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	2. 7
大気減衰	dB	0.1	0. 1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	2.4
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
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33.5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114.7	-117. 1
p. f. d.	dBW/m2	-104.8	-104.8
ボルツマン定数 K	dB/Hz	-228.6	-228.6
アンテナ雑音温度	K	50.0	174. 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	249. 5
受信機雑音温度 丁'	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	21.6	21.6
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	dB	17. 7	12. 3
隣接チャンネル干渉	dB	60. 3	60. 3
総合 C/ (N+I)	dB	16. 2	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	4.4	0.0
年間サービス時間率	%	_	99.87
最悪月サービス時間率	%		99. 50

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
衛星EIRP Pe	dBW	55.8	55.8
出力バックオフ Bo	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	1.6
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	1.4
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
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-116.5	-117. 9
p. f. d.	dBW/m2	-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	130.7
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	205.8
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23. 1
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.4
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	-130.2
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21.6
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	dB	15. 9	12.3
隣接チャンネル干渉	dB	36. 6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	14.8	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	3.0	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 56
最悪月サービス時間率	%	_	98. 62

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
衛星EIRP Pe	dBW	54.8	54.8
出力バックオフ Bo	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	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 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0.3
受信アンテナロ径 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	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	-113.0	-116.5
p. f. d.	dBW/m2	-107.5	-107.5
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	211. 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	286. 4
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24.6
性能指数 G/T	dB/K	17.0	13.4
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	-128.7
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21.6
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	dB	19. 4	12.3
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54.5
総合 C/(N+I)	dB	17. 3	11.8
所要 C/N	dB	11.8	11.8
システムマージン	dB	5. 5	0.0
年間サービス時間率	%	_	99.87
最悪月サービス時間率	%	_	99. 51

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
衛星EIRP Pe	dBW	55.8	55.8
出力バックオフ Bo	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	1. 1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	0.9
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
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-116.8	-117.6
p. f. d.	dBW/m2	-106.9	-106. 9
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	102. 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	177. 2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	22. 5
性能指数 G/T	dB/K	12.5	11. 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	-130.8
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21.6
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	dB	15. 6	13. 2
隣接チャンネル干渉	dB	58. 1	58. 1
総合 C/(N+I)	dB	14. 6	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
システムマージン	dB	2.0	0.0
年間サービス時間率	%	_	99. 67
最悪月サービス時間率	%	_	98. 90

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
衛星EIRP Pe	dBW	57.8	57.8
出力バックオフ Bo	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	2. 1
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	1. 9
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
受信アンテナロ径 D	cm	45. 0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0.1
受信機入力 C	dB	-114. 7	-116.5
p. f. d.	dBW/m2	-104.8	-104.8
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	153. 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	228.4
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	23.6
性能指数 G/T	dB/K	12. 5	9.9
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	-129.7
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21.6
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	dB	17. 7	13. 2
隣接チャンネル干渉	dB	60. 3	60.3
総合 C/(N+I)	dB	16. 2	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
システムマージン	dB	3.6	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. 1-51 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
衛星EIRP Pe	dBW	55.8	55.8
出力バックオフ Bo	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	1. 2
大気減衰	dB	0.1	0.1
降雨減衰 L r	dB	0.0	1.0
雲による減衰 Lc	dB	0.1	0.1
シンチレーション	dB	0.1	0. 2
受信アンテナロ径 D	cm	45.0	45.0
受信アンテナ開口効率 η	%	70.0	70.0
受信アンテナ利得 Gr	dBi	33. 5	33. 5
ポインティング損失	dB	0.1	0. 1
受信機入力 C	dB	-116.5	-117.5
p. f. d.	dBW/m2	-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	109.0
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	184. 1
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	22. 7
性能指数 G/T	dB/K	12.5	10.8
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	-130.7
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21.6
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	dB	15. 9	13. 2
隣接チャンネル干渉	dB	36.6	36.6
総合 C/(N+I)	dB	14.8	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
システムマージン	dB	2. 2	0.0
年間サービス時間率	%	-	99. 27
最悪月サービス時間率	%	_	97.83

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
衛星EIRP Pe	dBW	54.8	54.8
出力バックオフ Bo	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	3. 1
大気減衰	dB	0. 1	0. 1
降雨減衰 Lr	dB	0.0	2. 9
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
受信アンテナロ径 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	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	-113.0	-115. 9
p. f. d.	$\mathrm{dBW/m2}$	-107. 5	-107. 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	192. 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	267. 2
受信機雑音温度 T'	dBK	21.0	24. 3
性能指数 G/T	dB/K	17. 0	13. 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	-129.0
交差偏波による干渉 C/I	dB	21.6	21. 6
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	dB	19.4	13. 2
隣接チャンネル干渉	dB	54. 5	54. 5
総合 C/(N+I)	dB	17.3	12.6
所要 C/N	dB	12.6	12.6
システムマージン	dB	4. 7	0.0
年間サービス時間率	%	-	99.82
最悪月サービス時間率	%	_	99. 34

## (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 2445	14371 8698	16138 18277	18928 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							
		_ 1000							

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

0.57	054	7110	7001	7051	0.000	0000	10000	10507	15010	1.01.00	17000	17414
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 5450	12867	13486									
1432	6719 3767	10727 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 362	11344 8113	12523 10934									
2330	3931	9632									
2330 1266	3931 3150	963 <i>2</i> 3564									
1200	9190	5504									

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

=0.4	=0.4	2001	0.440	0.500		200=	2225	
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		9621						
4141	7554	9041						

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		5588							
	4847								
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
5104	9119	UUUU

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	1003	1003	0401	0330	0140	1000	0030
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	4236 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
- 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。
- ®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。

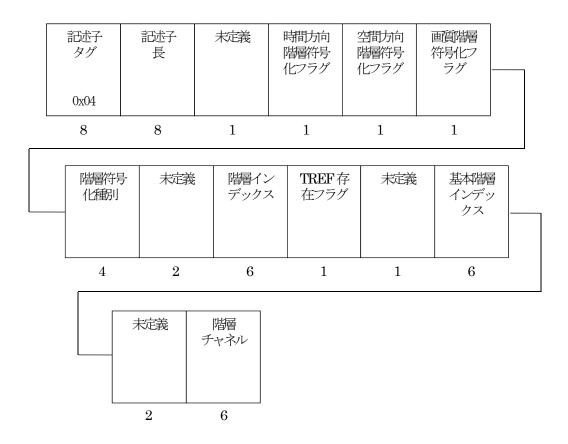


図 2.3-1 階層符号化記述子のデータ構造

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ず、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。

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

表 2.3-2 階層符号化種別

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 チャネルの中から、当該番組要素に関する対象チャネル番号を示す。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。

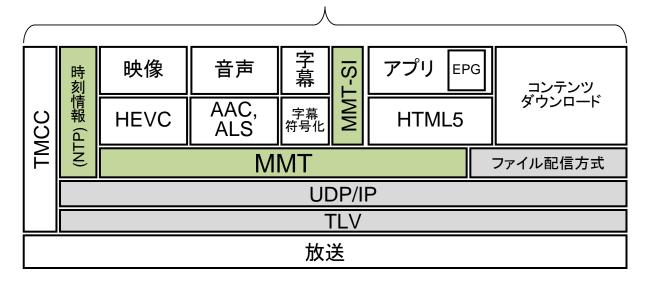
また、両方式の国際標準化の動向についても考慮した。MMT・TLV方式の構成要素である MMT は 2013 年 11 月に FDIS 化され、2014 年 3 月に ISO/IEC での標準化が完了する予定である。一方、拡張 MPEG-2 TS 方式の構成要素である TS タイムライン拡張については、ISO/IEC での標準化の完了 (FDAM) が 2014 年秋になる見込みである。そのため、MMT・TLV 方式を基本としつつ、現行の MPEG-2 TS 方式についても放送・通信連携のための追加規定及び新たな符号化方式のための追加規定を行うこととした。MPEG-2 TS 方式によるハイブリッド配信において、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。

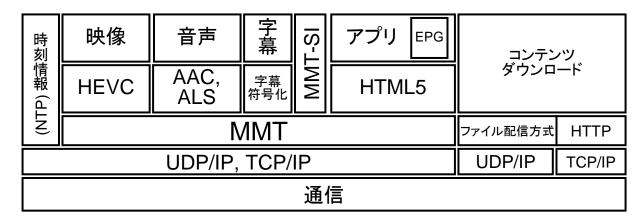


図 2.3-3 MMT・TLV 方式の通信系レイヤーモデル

## (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。

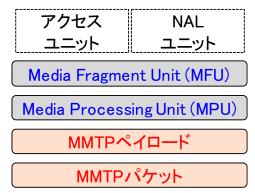


図 2.3-4 MMT における符号化信号の概要

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 ペイロードを乗せることや、 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こととなる。 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。

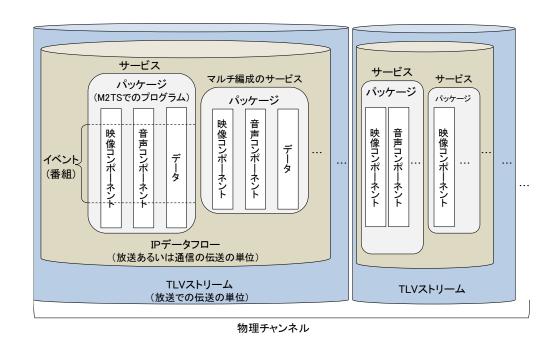


図 2.3-5 放送伝送路での MMT パッケージとサービスの関係

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。

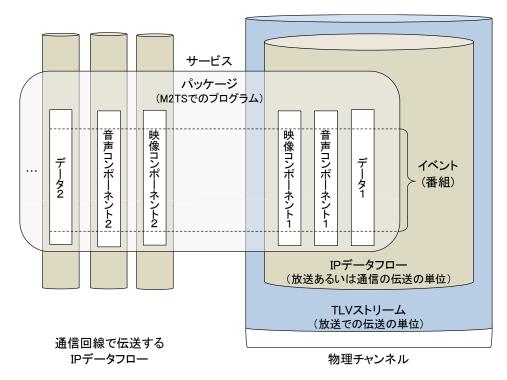


図 2.3-6 放送・通信横断的なサービスの構成

## 2.3.3.1.2 符号化信号

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++) td="" {<=""><td></td><td></td></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	ハケット種別
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

主 9 9-4 パケット 種則

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
IPv4_packet() {		
IPv4_header()		
UDP_header()		
for(i=0;i <n;i++) td="" {<=""><td></td><td></td></n;i++)>		
packet_data_byte	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() {</pre>		
IPv6_header()		
<pre>if(next_header !=0x11) {</pre>		
<pre>IPv6_extension_header()</pre>		
}		
UDP_header()		
for(i=0;i <n;i++) td="" {<=""><td></td><td></td></n;i++)>		
packet_data_byte	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
compressed_ip_packet() {		
CID	12	uimsbf
SN	4	uimsbf
CID_header_type	8	uimsbf
if (CID_header_type==0x20) {		
IPv4_header_wo_length()		
UDP_header_wo_length()		
for(i=0;i <n;i++) td="" {<=""><td></td><td></td></n;i++)>		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
else if (CID_header_type==0x21) {		
identification	16	bslbf
for(i=0;i <n;i++) td="" {<=""><td></td><td></td></n;i++)>		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
else if(CID_header_type==0x60) {		
IPv6_header_wo_length()		
UDP_header_wo_length()		
for(i=0;i <n;i++){< td=""><td></td><td></td></n;i++){<>		
packet_data_byte	8	bslbf
}		
1 (2(0)) (		
else if(CID_header_type==0x61) {		
for(i=0;i <n;i++){< td=""><td></td><td>1 11 0</td></n;i++){<>		1 11 0
packet_data_byte	8	bslbf
}		
}		
}		

## compressed\_ip\_packet の意味

CID: Context IDentification (コンテクスト識別): 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。

次 2.3 8 CID・ヘンク (里が)			
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		

表 2.3-8 CID ヘッダ種別

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。

データ構造	ビット数	データ表記
<pre>IPv4_header_wo_length( ) {</pre>		
version	4	uimsbf
IHL	4	uimsbf
type_of_service	8	bs1bf
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
<u> </u>		

表 2.3-9 IPv4\_header\_wo\_length()の構成

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
<pre>UDP_header_wo_length() {</pre>		
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。

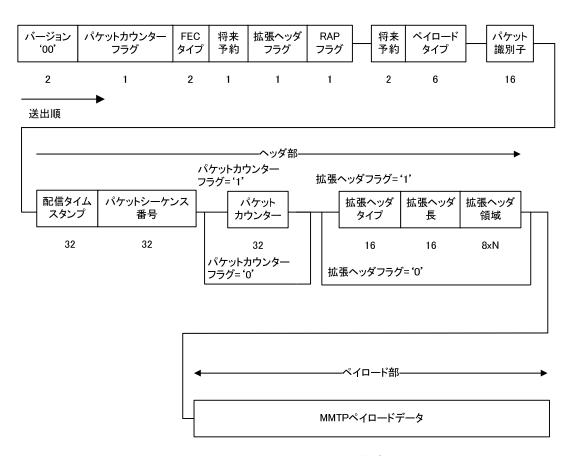


図 2.3-7 MMTP パケットの構成

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++)="" th="" {<=""><th></th><th></th></n;>		
header_extension_byte	8	bslbf

```
}
MMTP_payload ()
}
```

## 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 (パケットカウンターフラグ):パケットカウンター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。

Ī	FEC_type の値	FEC タイプの意味
Ī	0	AL-FEC で保護しない MMTP パケット
Ī	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

表 2.3-13 FEC タイプ

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。

paylod_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

表 2.3-14 ペイロードタイプ

packet\_id (パケット識別子):ペイロードのデータの種類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。

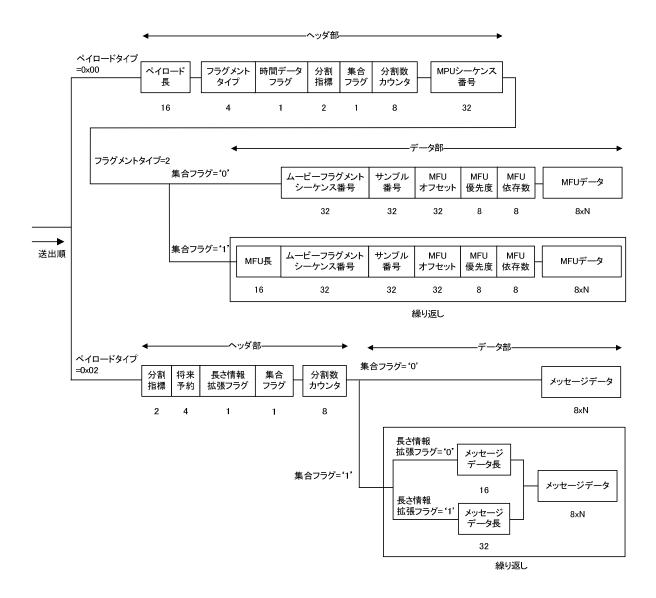


図 2.3-8 MMTP ペイロードの構成

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	uimsbf
fragment_type	4	uimsbf
timed_flag	1	bslbf
fragmentation_indicator	2	bslbf
aggregation_flag	1	bslbf
fragment_counter	8	uimsbf
MPU_sequence_number	32	uimsbf
if (fragment_type == 2) { //MFU		
if (aggregation_flag == 0) {		
movie_fragment_sequence_number	32	uimsbf
sample_number	32	uimsbf

```
offset
                                                        32
                                                                  uimsbf
                                                         8
                priority
                                                                  uimsbf
                dependency_counter
                                                         8
                                                                  uimsbf
                for (j=0; j< M; j++) {
                         MFU_data_byte
                                                         8
                                                                   bslbf
        } else {
        for (i=0; i< N; i++) {
                data_unit_length
                                                         16
                                                                  uimsbf
                movie_fragment_sequence_number
                                                        32
                                                                  uimsbf
                                                        32
                sample_number
                                                                  uimsbf
                offset
                                                        32
                                                                  uimsbf
                                                         8
                                                                  uimsbf
                priority
                dependency_counter
                                                         8
                                                                  uimsbf
                for (j=0; j< M; j++) {
                                                         8
                        MFU_data_byte
                                                                   bslbf
if (payload_type == 0x02) {
/* signalling message */
        fragmentation_indicator
                                                         2
                                                                   bslbf
        reserved
                                                         4
                                                                   bslbf
        length_extension_flag
                                                         1
                                                                   bslbf
        aggregation_flag
                                                         1
                                                                   bslbf
        fragment_counter
                                                         8
                                                                  uimsbf
        if (aggregation_flag == 0) {
                for (j=0; j< M; j++) {
                        message_byte
                                                                   bslbf
        } else {
                for (i=0; i< N; i++) {
                if (length_extension_flag ==1)
                         message_length
                                                        32
                                                                  uimsbf
                else
                                                        16
                                                                  uimsbf
                         message_length
                for (j=0; j<M; j++) {
                         message_byte
                                                         8
                                                                   bslbf
        }
```

## MMTP ペイロードの意味

payload\_length (ペイロード長): このフィールドの直後から、MMTP ペイロードの最後までのバイト数を示す。

fragment\_type (フラグメントタイプ): MMTP ペイロードに格納する情報のフラグメント種別を示

#### し、表 2.3-18 に従って符号化される。

	3,2.010 /// 1///
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

表 2.3-18 フラグメントタイプ

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。

X 1. 0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.		
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	
<b>'11'</b>	分割されたデータの最終部分を含む	

表 2.3-19 分割指標

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。

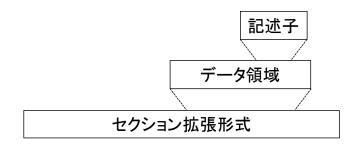


図 2.3-9 TLV-SI のテーブルの構造

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
<b>'1'</b>	1	bslbf
<b>'11'</b>	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
table_id_extension	16	uimsbf
<b>'11'</b>	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++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
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。

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

表 2.3-21 テーブル識別の割り当て

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。

table\_id\_extension テーブル
0x0000 AMT (Address Map Table)
上記以外 reserved

表 2.3-22 テーブル識別拡張の割り当て

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。	
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。	- 告示に規定済み
TDT	現在の日付、時刻の指示。	民間標準化機関で
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。	民间標準化機関で 規定済み

## (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。

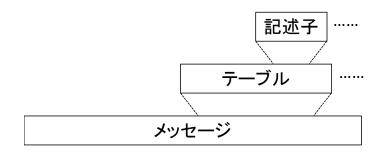


図 2.3-10 メッセージの構成

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	MMT-SI のテーブルを伝送するために用いる。MMT 制御メ	ISO/IEC 23008-1 に
(PA)メッセージ	ッセージのエントリーポイントとなる。	基づき告示に規定
M2 セクションメ	MPEG-2 Systems のセクション拡張形式をそのまま伝送	
ッセージ	するために用いる。	告示に規定
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。	

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		
0x0010 - 0x001F	MPT メッセージ		
0x0200	CRI メッセージ	ISO/IEC 23008-1 に規定	
0x0201	DCI メッセージ	されているが使用しな	
0x0202	AL-FEC メッセージ	<i>V</i> \	
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	告示に規定	
0x8001	CAメッセージ	古亦に規定	
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。

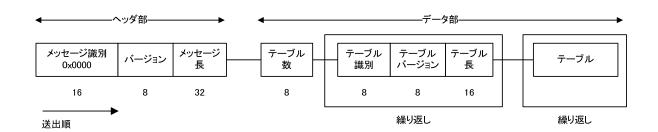


図 2.3-11 PA メッセージの構成

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	uimsbf

```
extension {
        number_of_tables
                                                           8
                                                                    uimsbf
        for (i=0; i< N; i++) {
                 table_id
                                                           8
                                                                    uimsbf
                 table_version
                                                           8
                                                                    uimsbf
                                                          16
                 table_length
                                                                    uimsbf
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。

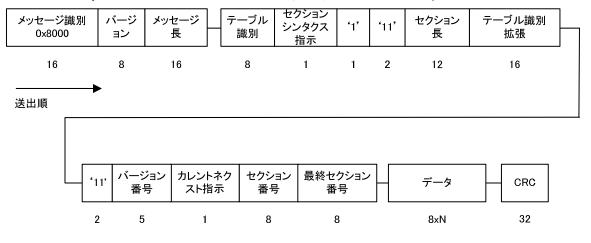


図 2.3-12 M2 セクションメッセージの構成

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++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
signaling_data_byte	8	bs1bf
}		
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	アセットのリストやその位置等パッケージを構成する	ISO/IEC 23008-1 に
(MP)テーブル	情報を与える。	基づき告示に規定
	放送サービスとして提供される MMT パッケージの PA メ	
パッケージリス	ッセージを伝送する IP データフロー及びパケット ID、	
トテーブル	また、IP サービスを伝送する IP データフローの一覧を	民間標準化機関で
	示す。	規定
レイアウト設定	提示のためのレイアウト情報を、レイアウト番号に対応	
テーブル	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。	生 二 2 担 学
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	告示に規定
	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	
0x01	サブセット O MPI テーブル	ISO/IEC 23008-1 に
0x02 - 0x0F	サブセット1MPI テーブル〜サブセット	規定されているが
0x02 - 0x0r	14 MPI テーブル	使用しない
0x10	コンプリート MPI テーブル	
0x11 - 0x1F	サブセット OMP テーブル~サブセット	ISO/IEC 23008-1 に
UXII - UXIF	14 MP テーブル	基づき告示に規定
0x20	コンプリート MP テーブル	基づる 百小に規止 
0x21	CRI テーブル	ISO/IEC 23008-1 に
0x22	DCI テーブル	規定されているが
0x23 - 0x7F	reserved for ISO/IEC	使用しない
0x80	パッケージリストテーブル	民間標準化機関で
0x81	レイアウト設定テーブル	規定
0x82 - 0x83	ECM	四方亦与十十万里
0x84 - 0x85	EMM	限定受信方式に関し
0x86	CAテーブル	して告示に規定
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。

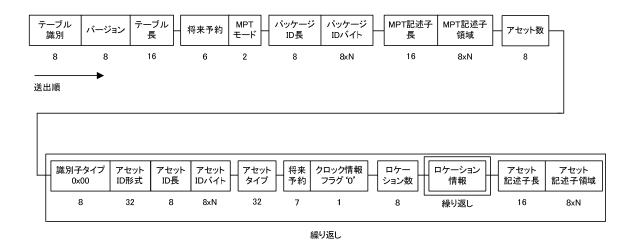


図 2.3-13 MP テーブルの構成

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 () {		, , <u>, , , , , , , , , , , , , , , , , </u>
table_id	8	uimsbf
version	8	uimsbf
length	16	uimsbf
reserved	6	bslbf
MPT_mode	2	bslbf
MMT_package_id_length	8	uimsbf
for (i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
MMT_package_id_byte	8	bslbf
MPT_descriptors_length	16	uimsbf
for ( i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td>8</td><td>bslbf</td></n;>	8	bslbf
<pre>MPT_descriptors_byte }</pre>	0	DSIDI
number_of_assets	8	uimsbf
for $(i=0; i< N; i++)$ {		
identifier_type	8	uimsbf
asset_id_scheme	32	uimsbf
asset_id_length	8	uimsbf
for (j=0; j <m; j++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></m;>		
asset_id_byte	8	uimsbf
}		
asset_type	32	char
reserved	7	bslbf
asset_clock_relation_flag	1	bslbf
location_count	8	uimsbf
for (j=0; j <m; j++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></m;>		
<pre>MMT_general_location_info () }</pre>		
asset_descriptors_length	16	uimsbf
for (j=0; j <m; j++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></m;>		
asset_descriptors_byte	8	bslbf



## 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 により記述されるときは、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のバイト数を示す。 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 の割り当てに従う。

	32.001 MIT C 1
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。
1.1	Pagaryad

表 2.3-31 MPT モード

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。

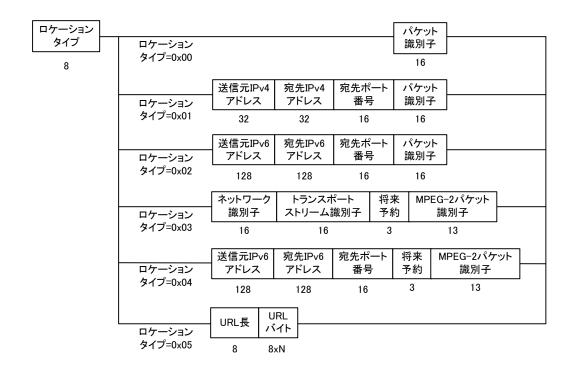


図 2.3-14 MMT\_general\_location\_info(ロケーション情報)の構成

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

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

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 PA データフロー及びパケット PA がびに PA サービスを伝送する PA アローの一覧を示す。

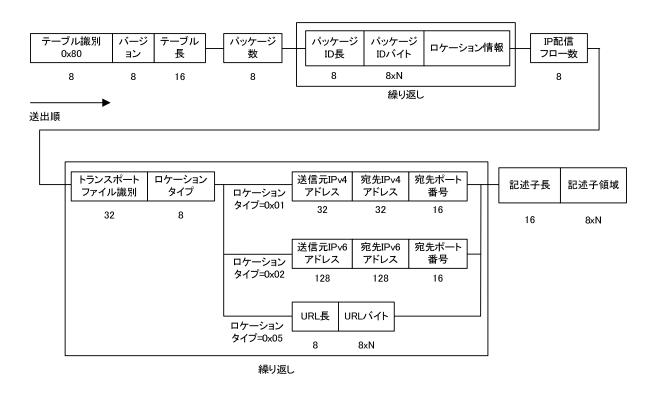


図 2.3-15 パッケージリストテーブルの構成

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++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
MMT_package_id_length	8	uimsbf
for (j=0; j <m; j++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></m;>		
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
                                                         32
                ipv4_dst_addr
                                                                   uimsbf
                dst_port
                                                         16
                                                                   uimsbf
        }
        if (location\_type == 0x02) {
                ipv6_src_addr
                                                         128
                                                                   uimsbf
                ipv6_dst_addr
                                                         128
                                                                   uimsbf
                                                         16
                                                                   uimsbf
                dst_port
        }
        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。

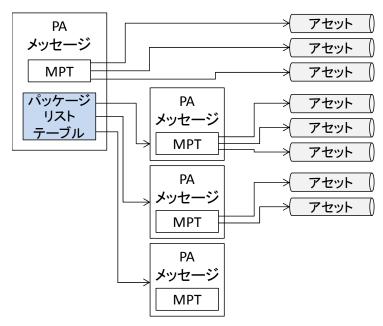


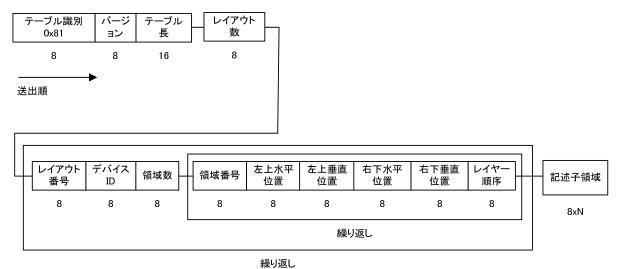
図 2.3-16 パッケージリストテーブルによるパッケージの MPT の参照

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++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
layout_number	8	uimsbf
device_id	8	uimsbf
number_of_region	8	uimsbf
for (j=0; j <m; j++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></m;>		
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。

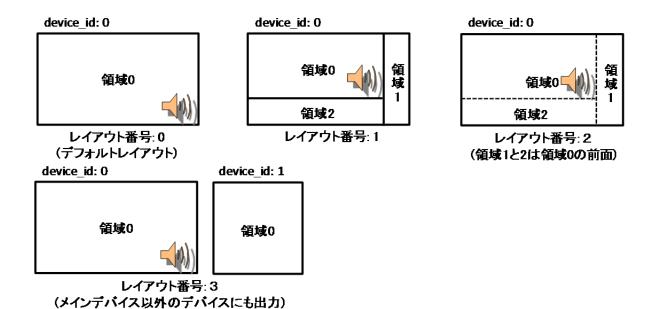


図 2.3-18 レイアウト設定テーブルによるレイアウト番号へのレイアウトの割り当ての例

#### 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。	
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。	民間標準化機関で
パッケージ CRID 記述子	パッケージと CRID の対応を提供する。	規定
MPU 提示領域指 定記述子	MPU の提示位置を提供する。	
MPU タイムスタ ンプ記述子	MPU の提示時刻を提供する。	ISO/IEC 23008-1 に 基づき告示に規定
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。	百小に就足
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
0x0004 - 0x7FFF	reserved for ISO/IEC	規定されているが 使用しない
0x8000	アセットグループ記述子	
0x8001	イベントパッケージ記述子	民間標準化機関で
0x8002	パッケージ CRID 記述子	規定
0x8003	MPU 提示領域指定記述子	
0x8004	アクセス制御記述子	限定受信方式に関
0x8005	スクランブル方式記述子	して告示に規定
0x8006	メッセージ認証方式記述子	民間標準化機関で 規定
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。

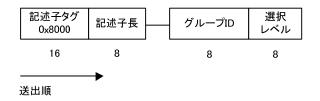


図 2.3-19 アセットグループ記述子の構成

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

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。

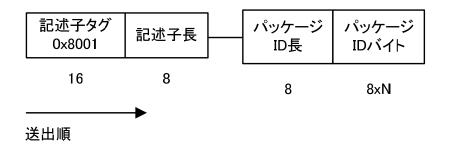


図 2.3-20 イベントパッケージ記述子の構成

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++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
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。

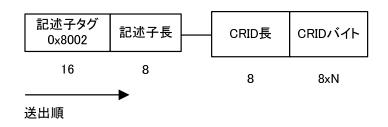


図 2.3-21 パッケージ CRID 記述子の構成

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	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
CRID_length	8	uimsbf
for (i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
CRID_byte	8	uimsbf
}		
}		

# 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。

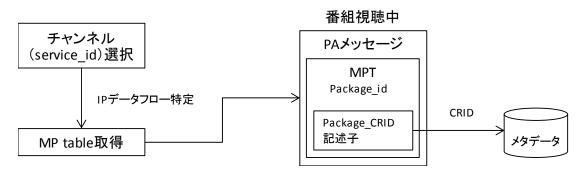


図 2.3-22 パッケージ CRID 記述子によるメタデータの参照

## (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。

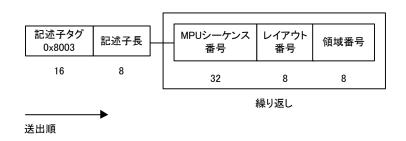


図 2.3-23 MPU 提示領域指定記述子の構成

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	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
for (i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
mpu_sequence_number	32	uimsbf
layout_number	8	uimsbf
region_number	8	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。

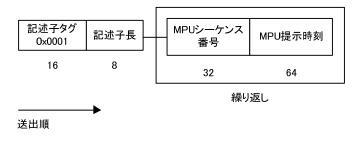


図 2.3-24 MPU タイムスタンプ記述子の構成

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	16	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
for (i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
mpu_sequence_number	32	uimsbf
mpu_presentation_time	64	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。

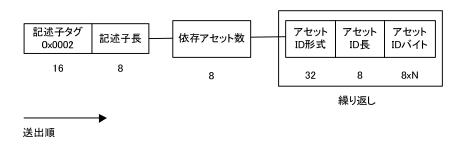


図 2.3-25 依存関係記述子の構成

データ構造 ビット数 データ表記 Dependency\_descriptor () { descriptor\_tag 16 uimsbf descriptor\_length 16 uimsbf num\_dependencies uimsbf 8 for (i=0; i< N; i++) { asset\_id\_scheme 32 uimsbf asset\_id\_length 8 uimsbf for (j=0; j< M; j++) { asset\_id\_byte 8 uimsbf

表 2.3-44 依存関係記述子の構成及び送出手順

## 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 に示す構成とし、MP テーブルの MPT 記述子領域に挿入する。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。

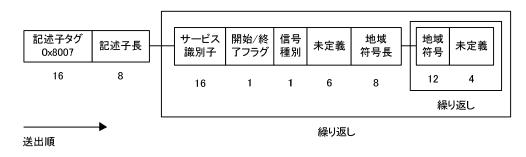


図 2.3-26 緊急情報記述子の構成

データ構造 ビット数 データ表記 emergency\_information\_descriptor() { descriptor\_tag 16 uimsbf descriptor\_length uimsbf 8 for (i=0; i< N; i++) { uimsbf service id 16 bslbf start\_end\_flag 1 bslbf signal\_level 1 reserved\_future\_use 6 bslbf uimsbf area\_code\_length 8 for (j=0; j< N; j++) { area\_code 12 bslbf bslbf reserved\_future\_use 4 } }

表 2.3-45 緊急情報記述子の構成及び送出手順

# 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。

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

表 2.3-46 アセットタイプ

#### (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

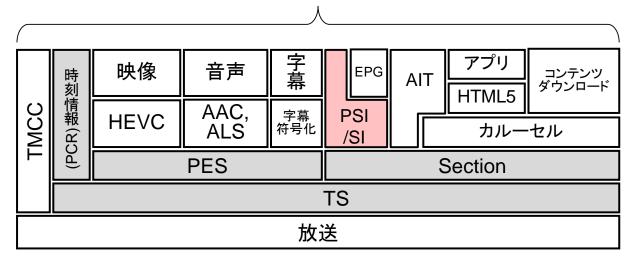
現在のデジタル放送で使用されている PSI/SI (伝送制御信号、番組配列情報) を MMT・TLV 方式で使用するための、これらの移行に関して民間標準化機関において適切に規定されることが望まれる。

#### 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ケット化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。

映像	音声	字幕	PSI	映像	音声	アプリ		
HEVC	AAC, ALS	字幕 符号化	PSI	HEVC	AAC, ALS	7 7 9	ダウンロ·	メタデー
	PES		Section			LITMLE	ード	タ
TTS				MPEG-DASH HTML5				
RTP				HTTP				
UDP/IP			TCP/IP					
通信								

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。

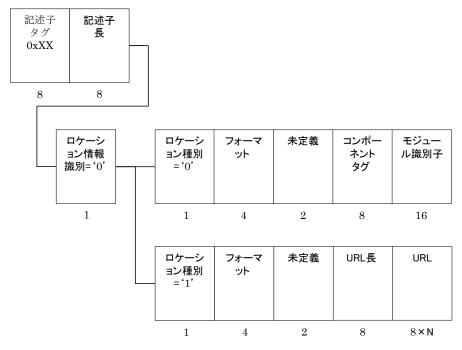


図 2.3-29 通信連携記述子の構成

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	
hybrid_information_descriptor {			
descriptor_tag	8	uimsbf	
descriptor_length	8	uimsbf	
has_location	1	bslbf	
location_type	1	bslbf	
format	4	uimsbf	
reserved	2	bslbf	
if(has_location){			
<pre>if(location_type == 0) {</pre>			
component_tag	8	uimsbf	
module_id	16	uimsbf	
}			
else{			
URL_length	8	uimsbf	
for(i=0;i <n;i++) td="" {<=""><td></td><td></td></n;i++)>			
URL_byte	8	char	
}			
}			
}			
}			

# 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 (IPTVF J 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。

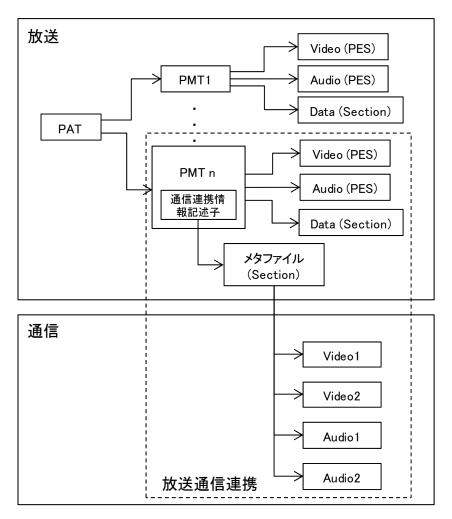


図 2.3-30 ハイブリッド配信におけるプログラム構成例

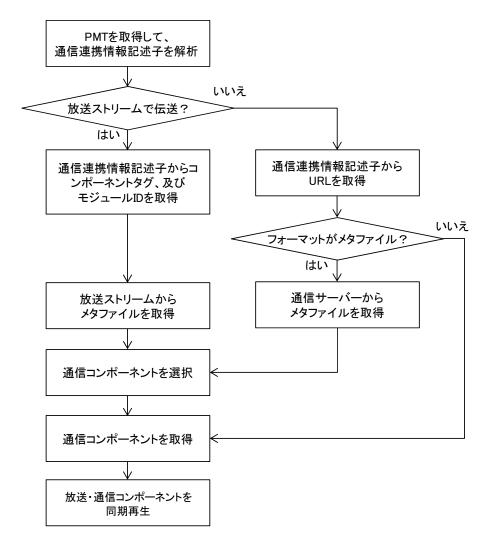


図 2.3-31 通信連携情報記述子を用いる受信動作フロー

#### (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 コントロ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 コントロ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。

syncSt	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。		る。		
	status	処理の結果を返す。		
		0:正常に同期		
		1:同期失敗		
		2:		

callba	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  IETF RFC 791: Internet Protocol, Sep. 1981  IETF RFC 2460: Internet Protocol, Version 6 (IPv6)  Specification, Dec. 1998	. 現行
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<sup>\*2</sup>:

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<sup>※5</sup>:

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<sup>※5</sup>:

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<sup>※2</sup>:

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<sup>※5</sup>:

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<sup>※5</sup>:

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) スク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

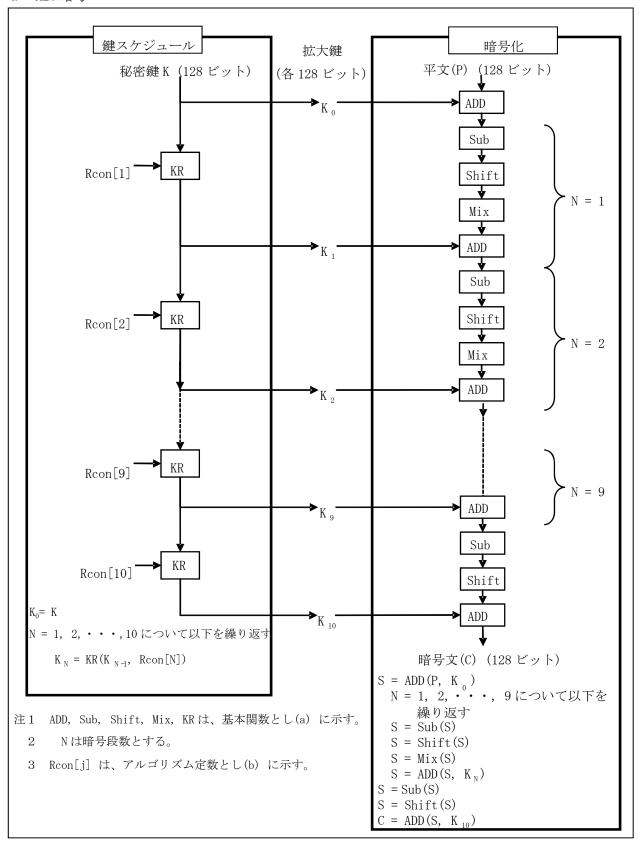


図 2-4-1-1

## (a) 基本関数

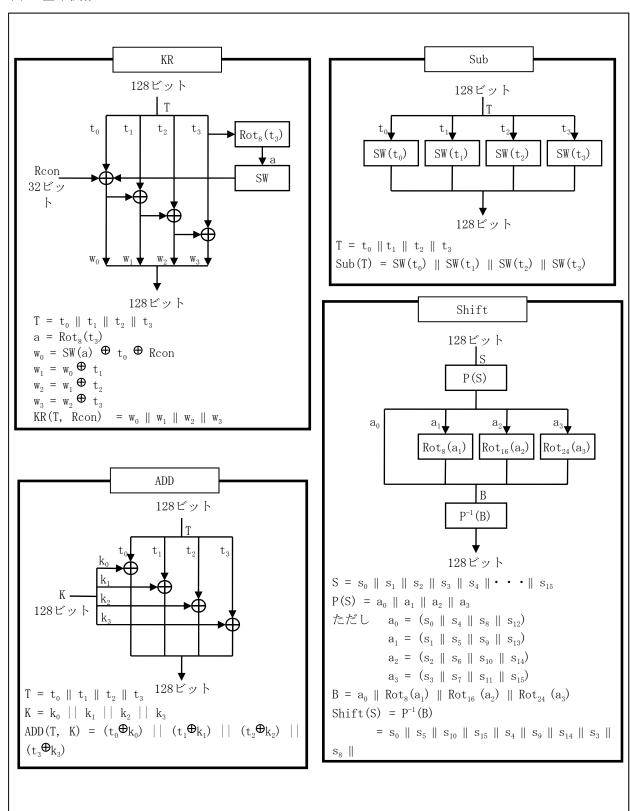
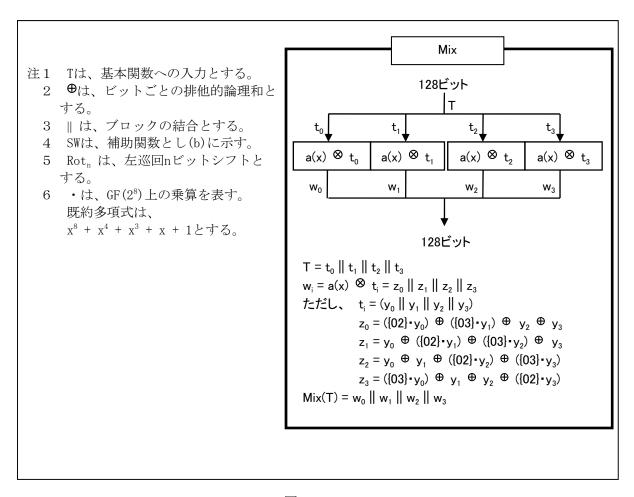


図 2-4-1-2



#### 図 2-4-1-3

### (b) アルゴリズム定数と補助関数

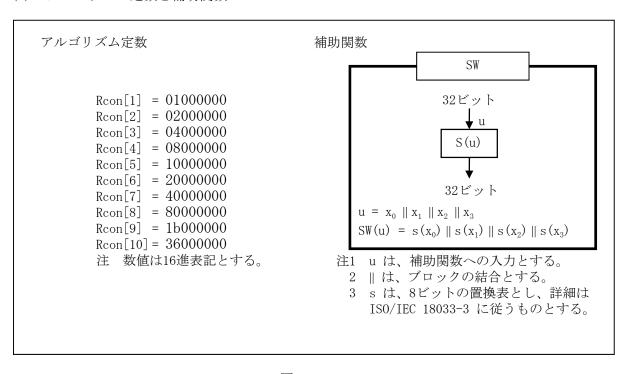


図 2-4-1-4

### b Camellia 暗号

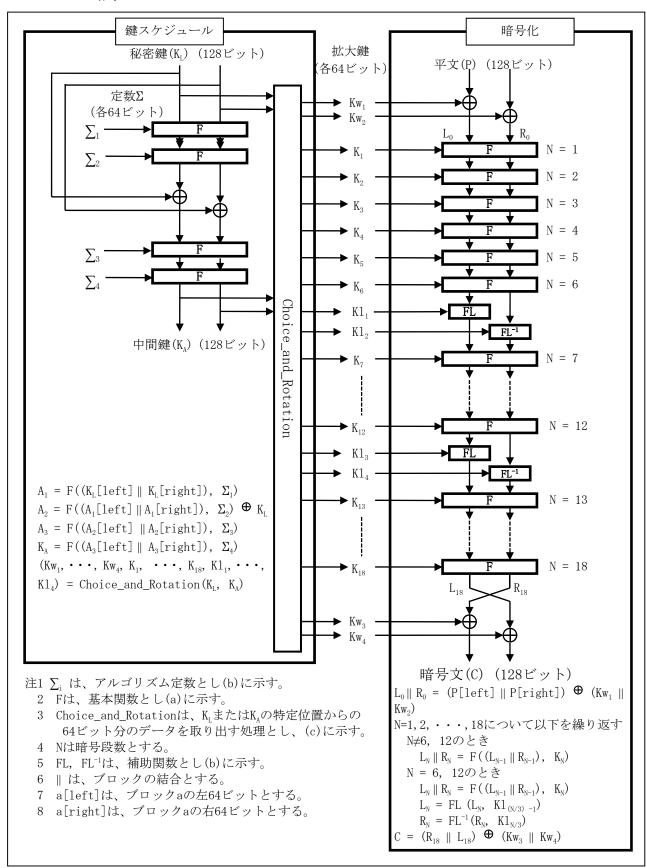
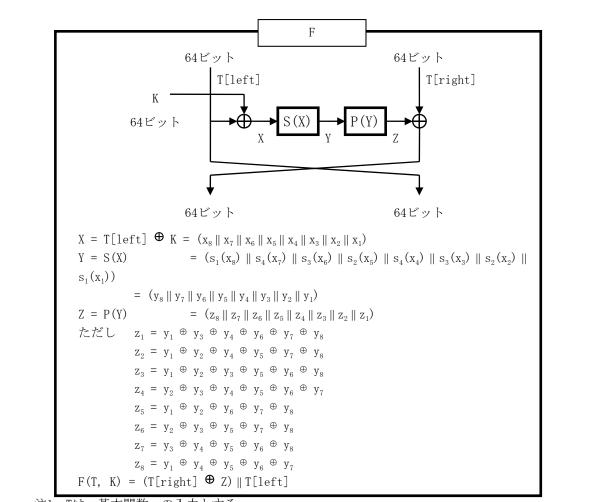


図 2-4-1-5

## (a) 基本関数



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<sub>i</sub> 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。

図 2-4-1-6

# (b) アルゴリズム定数と補助関数

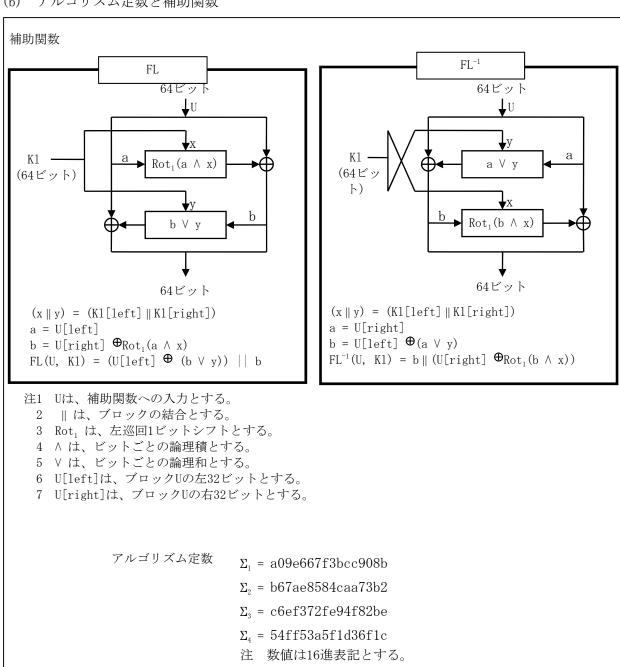


図 2-4-1-7

## (c) Choice\_and\_Rotation

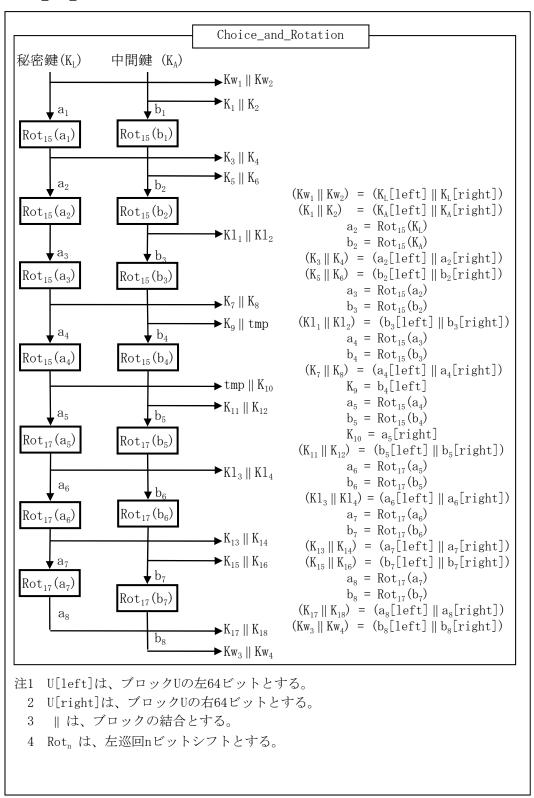


図 2-4-1-8

# (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

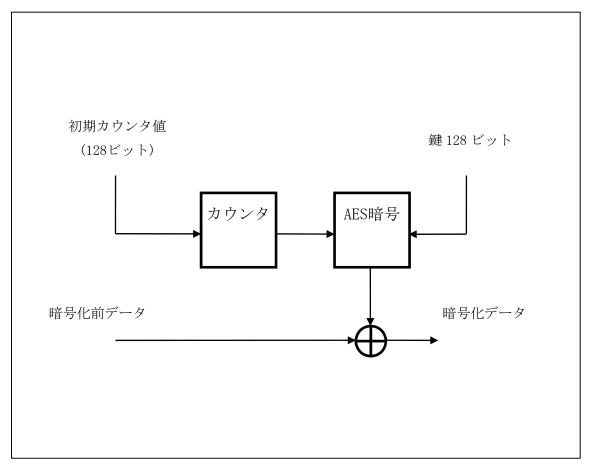


図 2-4-1-9

### b Camellia 暗号を用いたスクランブル手順

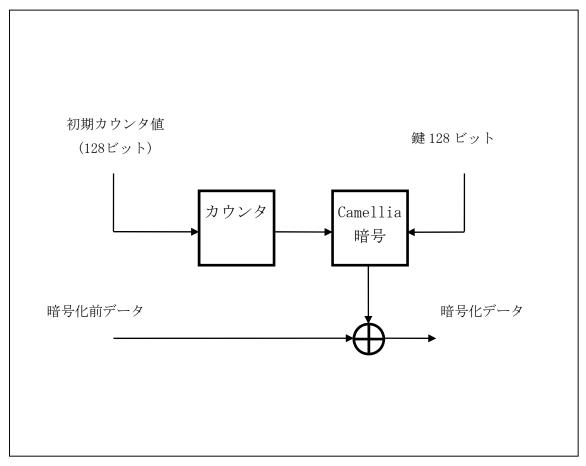


図 2-4-1-10

#### (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

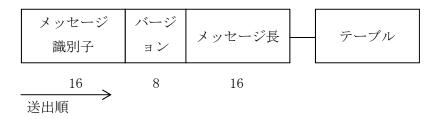
ージ認証コードが付加されない)ことを示す。

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。

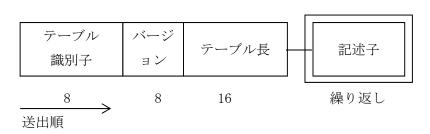
#### (理由)

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。



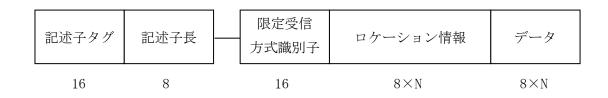
- 注1 メッセージ識別子の値は、CA メッセージを示す 0x8001 とする。
- 注2 テーブル領域には、CA テーブルが配置される。

図 2-4-1-11: CA メッセージの構成



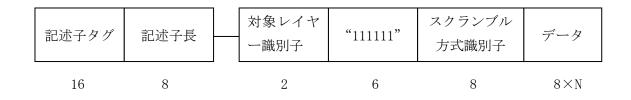
注 テーブル識別子の値は、CA テーブルを示す 0x86 とする。

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 記述子領域若しくは MP テーブルのアセット記述子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 記述子領域若しくは MP テーブルのアセット記述子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

記述子タグ	記述子長	対象し一識別	"11111"	メッセージ認 証方式識別子	データ
16	8	2	6	8	$8 \times N$

- 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 記述子領域若しくは MP テーブルのアセット記述子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+0FB 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

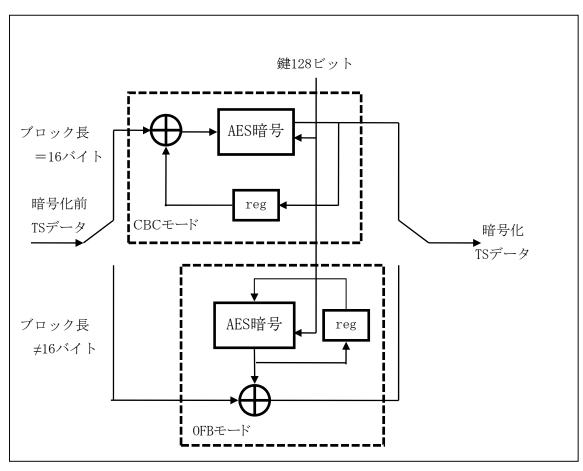


図 2-4-1-16

### b Camellia 暗号を用いたスクランブル手順

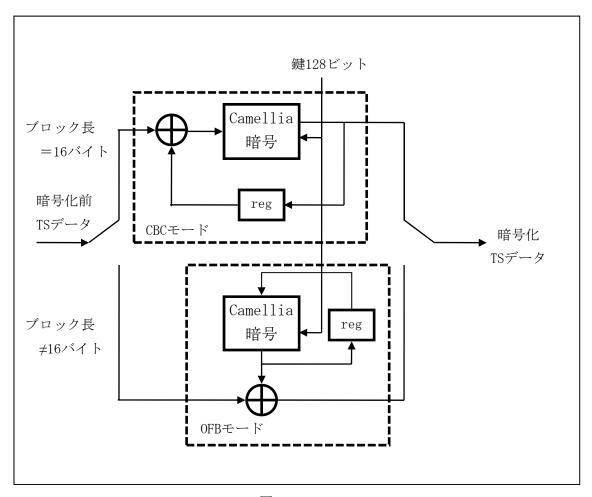


図 2-4-1-17

# (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。

	ヘッダ部	ECM	CRC
	64	$8\times N$	32
j	送出順		

- 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。

	ヘッダ部	EMM1	EMM2	•••	EMMn	CRC
	64	•		8×N		32
j	・ 送出順					

- 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(放送経由/通信経由)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。

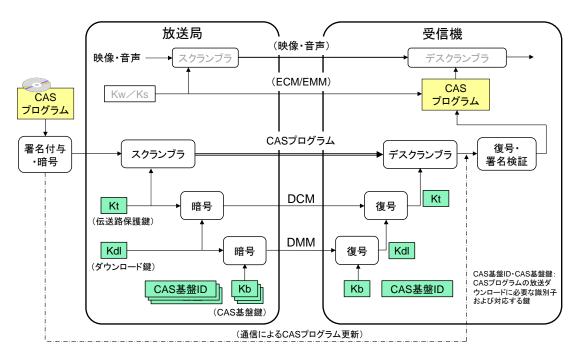


図 2-4-1-21:3 重鍵方式による放送ダウンロードの保護

### (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。

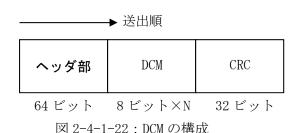
#### ・DCM について

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(Kdl)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須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。



#### ・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須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。



### (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

-		UHD	OTV	HD	TV	
ARIB 標準規格		STD-B56		S-001C		
空間解像度		$7680 \times 4320$ ,	3840×2160	1920 >	1920×1080	
フレーム周	l波数(Hz)	120, 120/1.001%	<b>60</b> , 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)	X	У	X	У	
	Red	0.708	0. 292	0. 640	0. 330	
表色系	Green	0.170	0.797	0. 300	0.600	
	Blue	0.131	0.046	0. 150	0.060	
	White	D65		D65		
	wnite	0.3127	0.3290	0. 3127	0.3290	
信号形式	R' G' B'	4:4:4		4:4	1:4	
1百万沙八	$Y'$ $C'$ $_{B}C'$ $_{R}$	4:4:4, 4:2:2, 4:	2:0 (非定輝度)	4:2	2:2	
		Y' = 0.2627R' + 0.6780G' + 0.0593B'		Y' = 0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'		
輝度・色差信号		$C_B' = \frac{B' - Y'}{1.8814}$		$C_B' = \frac{B' - Y'}{1.8556}$		
		$C_R' = \frac{R' - Y'}{1.4746}$		$C'_R = \frac{I}{1}$	<u>R' - Y'</u> .5748	
画素ビット	数 (bit)	12,	10	10,	8	

<sup>※ 120/1.001</sup> 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。

		>	,	-
	システム	2160/60/P	1080/60/P	1080/60/I
	空間解像度	$3840 \times 2160$	1920>	< 1080
	フレーム周波数 (Hz)	60/1.001	60/1.001	30/1.001
炼皂ル蚰	フィールド周波数 (Hz)			60/1.001
符 号 化 映 像 フォー マット	<b>+</b> <i>D</i> , <b>7</b> ,	従来色域(ITU-R 勧告 BT. 709),広色域(xvYCC)		
	符号化信号形式	Y' C' <sub>B</sub> C' <sub>R</sub> 4:2:2, 4:2:0		
	符号化画素ビット数 (bit)		10, 8	
映像符号	準拠規格	ITU-T 勧告 H. 264   MPEG-4 AVC		
化方式	プロファイル	High4:2:2 (High10, High, Main を包含)		

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

## 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。

システム 1080/P 4320/P 2160/P 1080/I 空間解像度  $7680 \times 4320$  $3840 \times 2160$  $1920 \times 1080$ フレーム周波数 120, 60. 120, 60. 120/1.001 | 60/1.001 | 120/1.001 | 60/1.001 | 60/1.001 | 30/1.001 フィールド周波数 60, (Hz)60/1.001符号化映 従来色域 像フォ、 (ITU-R 勧告 表色系 広色域(ITU-R 勧告 BT. 2020) マット\*1 BT. 709), 広色域(xvYCC<sub>709</sub>) Y' C'  $_{B}C'$   $_{R}$ 符号化信号形式 4:2:0 符号化画素ビット 10 10, 8 数 (bit) MPEG-H HEVC 準拠規格 ITU-T 勧告 H. 265 映像符号 プロファイル Main 10 Main 10, Main \*2 化方式 レベル 6.2 6.1 5.2 5. 1 4. 1

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

#### (理由)

前述の基本的考え方に基づき、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

<sup>\*1</sup> 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。

<sup>\*2</sup> 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。

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 フレームのままで符号化・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  $\mathcal{I}$ ロファイルは 8 ビット、Main 10  $\mathcal{I}$ 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 ステレオホニック信号(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っては、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	Н. 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

	20.1 1 1010/		15 4 2 17 - 1111/4/41V	•
映像	4320/60/P	Н. 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	Н. 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	Н. 265	30 Mbps	40ースロット
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.45 Mbps	16APSK 7/9
データ他			2.55 Mbps	33 Mbps

┃ <b>◆</b> 1 中継器	あたりの伝送レート (10	00Mbps) <b>→</b>
2160/60/P	2160/60/P	2160/60/P
7. 1 AAC	7. 1 AAC	7. 1 AAC
33 Mbps	33 Mbps	33 Mbps
(40 スロット)	(40 スロット)	(40 スロット)

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	Н. 265	34 Mbps	50-スロット
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.45 Mbps	16APSK 7/9
データ他			6.55 Mbps	41 Mbps
映像	1080/60/P	Н. 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

◆ 1 中継器あた	りの伝送レート(94Mbps)	<b></b>
2160/120/P	2160/120/P	1080/60/P
7. 1 AAC	7. 1 AAC	5.1 AAC
41 Mbps	41 Mbps	12 Mbps
(50 スロット)	(50 スロット)	(20 スロット)

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	Н. 265	30 Mbps	50ースロット
音声	5.1 ch	Lossless	4.8 Mbps	16APSK 7/9
データ他			6.2 Mbps	41 Mbps
映像	1080/60/P	Н. 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

◀── 1 中継器あたり	りの伝送レート(94Mbps)	<b></b>
2160/60/P	2160/60/P	1080/60/P
5.1 Lossless	5.1 Lossless	5.1 AAC
41 Mbps	41 Mbps	12 Mbps
(50 スロット)	(50 スロット)	(20 スロット)

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	Н. 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

<b>—</b>	1 中継器	景あたりの伝	送レート(7	2Mbps)	<b></b>
1080/60/P	1080/60/P	1080/60/P	1080/60/P	1080/60/P	1080/60/P
5. 1 AAC	5.1 AAC	5.1 AAC	5.1 AAC	5.1 AAC	5. 1 AAC
12 Mbps					
(20 スロット)					

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	Н. 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	Н. 265	2.5 Mbps	10ースロット
映像音声	540/60/P 2 ch	H. 265 MPEG-4 AAC	2.5 Mbps 0.1 Mbps	10-スロット QSPK 1/2

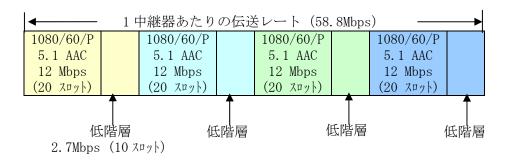


図 3.1-7 階層化伝送による 2K(60P)システムの帯域利用イメージ

# 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

	× 0. – 1 – 10	0,00,1 0.1 1110		
映像	2160/60/P	Н. 265	30 Mbps	opar o /=
音声	5.1 ch	MPEG2-AAC	0.5 Mbps	8PSK 3/5
他			10 Mbps	40.5 Mbps

<b>◆</b> 1 中継器あたりの伝送レート(40.5Mbps) <b>→</b>
2160/60/P
5. 1 AAC
40.5 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	Н. 265	30 Mbps	
音声	7.1 ch	MPEG4-AAC	0.7 Mbps	8PSK 3/5
他			9.8 Mbps	40.5 Mbps

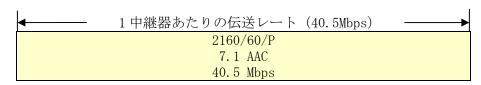


図 3.2-2 4K(60P) +7.1ch システムの帯域利用イメージ

## (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	Н. 265	30 Mbps	ODGW 0 /5
音声	5.1 ch	Lossless	4.8 Mbps	8PSK 3/5
他			5.7 Mbps	40.5 Mbps

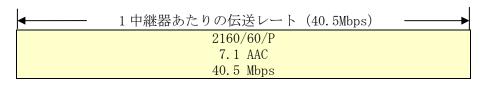


図 3.2-3 4K (60P) ロスレス音声システムの帯域利用イメージ

# (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

	<b>**</b>		114/9404	
映像	1080/60/I	Н. 265	10 Mbps	apar a /=
音声	1 ch	MPEG2-AAC	0.1 Mbps	8PSK 3/5
他			0.03 Mbps	10.13 Mbps

<b>←</b> 1 中継器あたりの伝送レート (40.5Mbps) <b>←</b>				
1080/60/I	1080/60/I	1080/60/I	1080/60/I	
1 AAC	1 AAC	1 AAC	1 AAC	
10.13 Mbps	10.13 Mbps	10.13 Mbps	10.13 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	Н. 265	30 Mbps	opek o /o
音声	5.1 ch	MPEG2-AAC	0.5 Mbps	8PSK 2/3
他			4.37 Mbps	34.87 Mbps
映像	1080/60/I	Н. 265	10 Mbps	opar o /o
音声	1 ch	MPEG2-AAC	0.1 Mbps	8PSK 2/3
他			0.03 Mbps	10.13 Mbps

<b>←</b> 1 中継器あたりの伝送レート (45Mbps)	
2160/60/P	1080/60/I
5. 1 AAC	1 AAC
34.87 Mbps	10.13 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はなく、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り、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 UHDTV 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ことが必要である。

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ことが必要である。

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等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。

# 参考資料

# 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・・・・・・・・・・445
参考資料3	MMT・TLV 方式における選局方法の例・・・・・・・・・・・・・・・・453
参考資料4	TS タイムライン拡張・・・・・・・・・・・・・・・・・・・455
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・・・・462
参考資料 6	広帯域伝送における限定受信方式の要件・・・・・・・・・・・・・468
参考資料7	表色系の比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・470
参考資料8	符号化画素ビット数の比較実験・・・・・・・・・・・・・・・472
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・・・・・・・・・・・・・474
参考資料 10	120/P 映像符号化の性能確認実験・・・・・・・・・・・・・・・489
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・・・・・・・・・・492
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・・・・・・・・・495
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・・・・・・・・497
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・・・・・・・501
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・・・・・・・・・・・503
参考資料 16	略語集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・511

# 参考資料1

伝送路符号化方式実証実験報告

# 本報告の構成

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性能確認を目的として、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中継器シミュレータ室内実験および、実用衛星である CS 及び BS 衛星伝送実験を行った。

本節では、まず、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実験の結果を示す。次に、中継器シミュレータを利用した室内伝送実験の結果を示す。

衛星伝送実験

# 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 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。

# (2) CS 衛星伝送実験における占有周波数帯幅

 $\pi/2$  シフト BPSK〜32APSK の占有周波数帯幅を測定した。全ての変調方式で占有周波数帯幅が 34.5MHz 以内であることを確認した。

# (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 $\pm 5 \text{MHz}$  まで変化させ、8 PSK 3/4、16 APSK 3/4 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、 $-5 \text{MHz} \sim +4 \text{MHz}$  の範囲で、-1 dB 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、16PSK3/4 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 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 衛星折り返し経由での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。

# (2) BS 衛星伝送実験における占有周波数帯幅

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

# (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(50 cm 径) 受信での C/N 対ビット誤り率を 16 APSK7/9 の 1 ケース について測定し、受信マージンは 1.6 dB 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: 衛星折り返し 2014/1/29~2014/2/5: 地球局折り返し

- CS 地球局折り返し、衛星折り返し C/N 対ビット誤り率測定
- CS 地球局折り返し、衛星折り返し 占有周波数帯幅測定
- 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:

2014/1/27:地球局折り返し 2014/1/28:衛星折り返し

- BS 地球局折り返し、衛星折り返し C/N 対ビット誤り率測定
- BS 地球局折り返し、衛星折り返し 占有周波数帯幅測定
- 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<sup>-2</sup>オーダー~10<sup>-8</sup>オーダー
- BER=1E-4 以上における観測ビット数:10<sup>9</sup>ビット
- BER=1E-4 未満かつ BER=10<sup>-5</sup>以上における観測ビット数:5×10<sup>9</sup>ビット
- BER=1E-5以下における観測ビット数:10<sup>10</sup>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 1-2 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ル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 1-3 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1-4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 1-3 の手順  $1 \sim$  手順 3 に示す方法により、スペクトル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 1-1 参照)。

# (2) CS 衛星伝送実験における占有周波数帯幅

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 の占有周波数帯幅を測定した。

# (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  $\pm 5$ 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与干渉信号は 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、与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(50 cm 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 0B0=2.2dB、32APSK については 0B0=2.9dB 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周波数帯幅

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 し経由 (1.5m 車載局アンテナ受信信号 BS-IF ダウンコンバート点) での占有周波数帯幅を測定し た。

# (3) BS 衛星伝送実験における C/N 対ビット誤り率測定

8PSK3/4、16APSK3/4、16APSK7/9、32APSK2/3、32APSK4/5 の 5 ケースについて、BS 衛星折り返し経由での 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。実験構成機器の詳細を測定機器一覧に示す。

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	_	NHK 製作
送信装置		
低ロールオフ率・シンボルレート可変	_	NHK 製作
受信装置		
CS 地球局 HPA	_	NEC
C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard
スペクトルアナライザ	E4448A	Agilent Technology
スペクトルアナライザ(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 1.2.4.2 実験機材一覧 (BS 衛星伝送実験)

		1
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	_	NHK 製作
送信装置		
低ロールオフ率・シンボルレート可変	_	NHK 製作
受信装置		
BS-IF アップコンバーター	3315B	営電
スペクトルアナライザ	E4448A	Agilent Technology
スペクトルアナライザ(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 衛星折り返し(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 π/2 シフト BPSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	CS 衛星折り返し 16APSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定
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 占有周波数帯幅測定	CS 衛星折り返し QPSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	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 占有周波数帯幅測定	ARIB 作業班 実験視察 CS 衛星折り返し 32APSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	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) CS 衛星伝送実験 地球局折り返し(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)

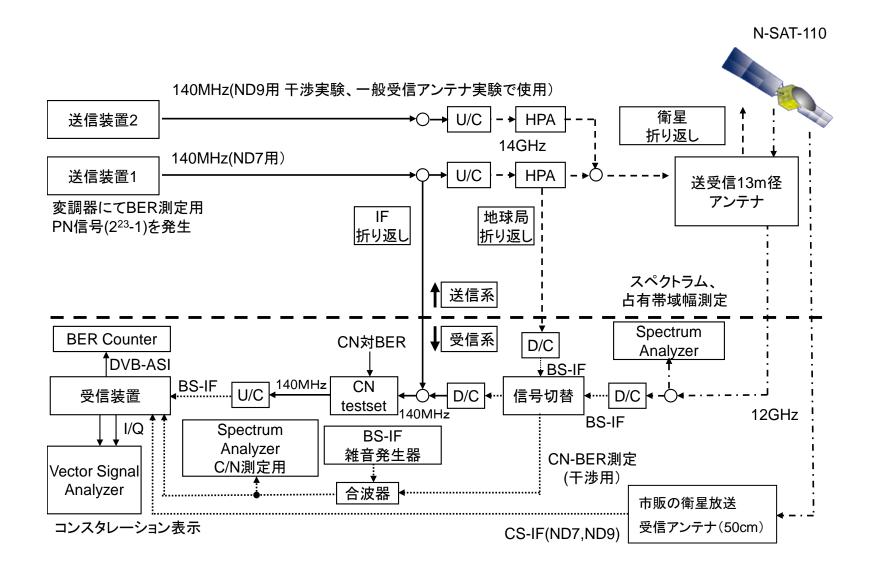
曜日	月	火	水	木	金
日時	2014年1月27日	1月28日	1月29日	1月30日	1月31日
				CS 地球局折り返し	CS 地球局折り返し
実験項目	-	-	実験準備	8PSK	16APSK
<b>夫</b> 被填口			<b>夫</b> 峽	C/N 対 BER 測定	C/N 対 BER 測定
				占有周波数帯幅測定	占有周波数带幅測定
日時	2月3日	2月4日	2月5日		
	CS 地球局折り返し	CS 地球局折り返し	CS 地球局折り返し		
	32APSK	QPSK	$\pi/2$ シフト BPSK		
実験項目	C/N 対 BER 測定	C/N 対 BER 測定	C/N 対 BER 測定		
	占有周波数带幅測定	占有周波数带幅測定	占有周波数带幅測定		

# (3) BS 衛星伝送実験(場所:NHK 放送技術研究所)

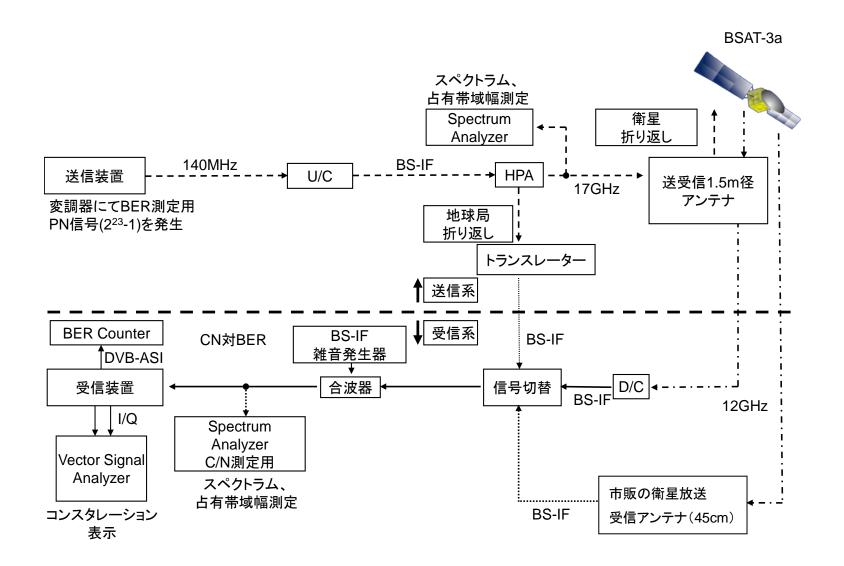
曜日	月	火
日時	1月27日	1月28日
	BS 地球局折り返し	BS 衛星折り返し
	8PSK3/416APSK3/4, 16APSK7/9, 32APSK2/3, 32APSK4/5	8PSK3/416APSK3/4, 16APSK7/9, 32APSK2/3, 32APSK4/5
実験項目	C/N 対 BER 測定	C/N 対 BER 測定
	占有周波数帯幅測定	占有周波数帯幅測定
		市販の衛星放送受信アンテナによる受信確認実験

# 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 地球局折り返し、 衛星折り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 地球局折り返し、 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 地球局折り返し、 衛星折り返し スペクトル確認	CS 衛星折り返しでのスペクトル、占有周波数帯幅、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 地球局折り返し、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 地球局折り返し、衛星折り返しにおける、 $\pi/2$  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  $L\pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の CS 地球局折り返し、衛星折り返しにおける所要 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 L には計算機シミュレーション及び IF 折り返しにおける所要 C/N も併記した。 1. 3. 3. 1 節にL かフト 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

	シミュ	IF折り返し	地球局折り返し	衛星折り返し
符号化率	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] <b>4</b>
1/3	-4. 0	-2.8	-2.8	-2.6
2/5	-3.0	-2.4	-2.3	-2.3
1/2	-1.8	-1.5	-1.5	-1.4
3/5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2
2/3	0.3	0.5	0. 5	0.5
3/4	1.0	1. 1	1.2	1.3
7/9	1.5	1.7	1. 9	1.9
4/5	2.0	2. 1	2. 3	2. 4
5/6	2. 5	2. 6	2. 7	2.8
7/8	2. 9	3. 1	3. 2	3. 2
9/10	3.8	3. 9	4. 0	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③一①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
1/3	1.2	1. 2	0.0	1.4	0. 2
2/5	0.6	0. 7	0. 1	0.7	0.0
1/2	0.3	0.3	0.0	0.4	0. 1
3/5	0.1	0.3	0. 2	0.3	0.0
2/3	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0
3/4	0.1	0.2	0. 1	0.3	0. 1
7/9	0.2	0.4	0. 2	0.4	0.0
4/5	0.1	0.3	0. 2	0.4	0. 1
5/6	0.1	0.2	0. 1	0.3	0. 1
7/8	0.2	0.3	0. 1	0.3	0.0
9/10	0. 1	0. 2	0. 1	0.4	0. 2

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

	シミュ	IF折り返し	地球局折り返し	衛星折り返し
符号化率	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] <b>4</b>
1/3	-1.0	-0.5	-0.4	-0.2
2/5	0.0	0.3	0. 4	0.6
1/2	1.2	1. 4	1. 5	1.6
3/5	2. 5	2. 6	2. 7	2. 9
2/3	3. 3	3. 4	3. 6	3.8
3/4	4.0	4. 2	4. 3	4.5
7/9	4. 5	4. 6	4.8	4. 9
4/5	5. 0	5. 1	5. 3	5. 4
5/6	5. 5	5. 6	5. 7	6. 0
7/8	5. 9	6. 1	6. 2	6. 5
9/10	6.8	6. 9	7. 1	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③一①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
1/3	0.5	0.6	0. 1	0.8	0. 2
2/5	0.3	0. 4	0. 1	0.6	0. 2
1/2	0.2	0.3	0. 1	0.4	0. 1
3/5	0.1	0. 2	0. 1	0.4	0. 2
2/3	0.1	0.3	0. 2	0.5	0. 2
3/4	0.2	0.3	0. 1	0. 5	0. 2
7/9	0.1	0.3	0. 2	0.4	0. 1
4/5	0.1	0.3	0. 2	0.4	0. 1
5/6	0.1	0.2	0. 1	0.5	0.3
7/8	0.2	0.3	0. 1	0.6	0. 3
9/10	0.1	0.3	0. 2	0.5	0. 2

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

	シミュ	IF折り返し	地球局折り返し	衛星折り返し
符号化率	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] <b>4</b>
1/3	2. 2	3. 1	3. 2	3. 4
2/5	3. 1	3.8	4. 1	4.2
1/2	4. 4	5. 1	5. 2	5. 5
3/5	5. 7	6. 2	6. 3	6. 7
2/3	6. 7	7. 0	7. 2	7. 5
3/4	7. 9	8. 1	8. 3	8. 7
7/9	8.6	8.8	8. 9	9. 4
4/5	9. 1	9. 2	9. 4	10.1
5/6	9. 7	9.8	10. 1	10.6
7/8	10. 4	10.5	10.9	11.4
9/10	11. 4	11.5	11. 9	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③一①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
1/3	0.9	1.0	0. 1	1.2	0. 2
2/5	0.7	1.0	0.3	1. 1	0. 1
1/2	0.7	0.8	0. 1	1.1	0.3
3/5	0.5	0.6	0. 1	1.0	0. 4
2/3	0.3	0. 5	0. 2	0.8	0.3
3/4	0.2	0. 4	0. 2	0.8	0. 4
7/9	0.2	0.3	0. 1	0.8	0.5
4/5	0.1	0.3	0. 2	1.0	0.7
5/6	0.1	0. 4	0.3	0.9	0.5
7/8	0.1	0. 5	0. 4	1.0	0.5
9/10	0.1	0. 5	0. 4	1.2	0.7

表 1. 3. 2. 1. 4-1 CS 衛星伝送実験 16APSK 所要 C/N 一覧

	シミュ	IF折り返し	地球局折り返し	衛星折り返し
符号化率	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] <b>④</b>
1/3	4. 1	5. 0	5. 1	5. 5
2/5	5. 1	6. 1	6. 1	6.6
1/2	6.6	7. 5	7.8	8. 1
3/5	8.0	8. 7	8. 9	9.7
2/3	9. 1	9. 6	9.8	10.5
3/4	10. 2	10.6	10.7	11.8
7/9	10.8	11. 1	11.2	12.3
4/5	11. 3	11.7	12. 0	13. 2
5/6	11.9	12. 3	12. 6	13. 7
7/8	12. 5	12.8	13. 2	14. 5
9/10	13. 5	13.8	14. 2	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③-①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
1/3	0.9	1.0	0. 1	1.4	0. 4
2/5	1.0	1.0	0.0	1.5	0. 5
1/2	0.9	1. 2	0.3	1.5	0.3
3/5	0.7	0.9	0. 2	1.7	0.8
2/3	0.5	0. 7	0. 2	1.4	0.8
3/4	0.4	0. 5	0. 1	1.6	1. 1
7/9	0.3	0. 4	0. 1	1.5	1. 1
4/5	0.4	0. 7	0. 3	1.9	1. 2
5/6	0.4	0. 7	0. 3	1.8	1. 1
7/8	0.3	0. 7	0. 4	2.0	1. 3
9/10	0.3	0. 7	0. 4	2. 4	1. 7

表 1. 3. 2. 1. 5-1 CS 衛星伝送実験 32APSK 所要 C/N 一覧

	シミュ	IF折り返し	地球局折返し	衛星折り返し
符号化率	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] <b>④</b>
1/3	6. 4	7. 9	8. 2	8. 5
2/5	7. 2	8. 6	8. 9	9.3
1/2	9. 2	10. 4	10.6	11.9
3/5	10.6	11. 1	11.5	13.0
2/3	11.7	12.3	12. 4	14.0
3/4	12.8	13. 4	13. 7	15.3
7/9	13. 4	13. 9	14. 1	16.3
4/5	14. 0	14. 4	14.8	16.9
5/6	14. 5	15. 0	15. 4	17.8
7/8	15. 3	15.8	16. 3	19. 5
9/10	16. 3	16.8	17. 4	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③一①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
1/3	1.5	1.8	0.3	2.1	0. 3
2/5	1.4	1.7	0.3	2. 1	0. 4
1/2	1.2	1. 4	0. 2	2.7	1. 3
3/5	0.5	0. 9	0. 4	2. 4	1.5
2/3	0.6	0. 7	0. 1	2. 3	1.6
3/4	0.6	0. 9	0. 3	2. 5	1.6
7/9	0.5	0. 7	0. 2	2. 9	2. 2
4/5	0.4	0.8	0. 4	2. 9	2. 1
5/6	0.5	0. 9	0. 4	3. 3	2. 4
7/8	0.5	1. 0	0. 5	4. 2	3. 2
9/10	0.5	1. 1	0.6	6.0	4. 9

# 1.3.2.2 CS 地球局折り返し、衛星折り返しにおける占有周波数帯幅測定

実験内容: CS 地球局折り返し、衛星中継器折り返しにおける、 $\pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の占有周波数帯幅測定を行う。 $\pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK については符号化率によらず飽和点 0B0 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 0B0 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 (π/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 地球局折り返し、衛星中継器折り返しにおける占有周波数帯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 占有周波数帯幅一覧

	然日小赤	地球局折り返し	衛星折り返し
変調方式	符号化率	占有周波数帯幅[MHz]	占有周波数帯幅[MHz]
π/2シフト	1/2	33. 5	33. 6
BPSK	1/2	33. 3	33.0
QPSK	1/2	33. 5	33. 6
8PSK	3/4	33. 5	33. 5
	1/3	33. 5	33. 5
	2/5	33.5	33. 5
	1/2	33. 5	33. 6
	3/5	33.4	33. 6
	2/3	33.4	33. 5
16APSK	3/4	33. 5	33. 5
	7/9	33.4	33. 6
	4/5	33. 4	33. 6
	5/6	33. 5	33. 6
	7/8	33. 5	33. 5
	9/10	33. 4	33. 6
	1/3	33. 5	33. 5
	2/5	33. 5	33. 6
	1/2	33. 4	33, 5
	3/5	33. 5	33. 5
	2/3	33. 5	33. 6
32APSK	3/4	33. 5	33. 5
	7/9	33. 5	33. 5
	4/5	33.4	33. 5
	5/6	33. 5	33. 6
	7/8	33. 4	33. 6
	9/10	33. 4	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

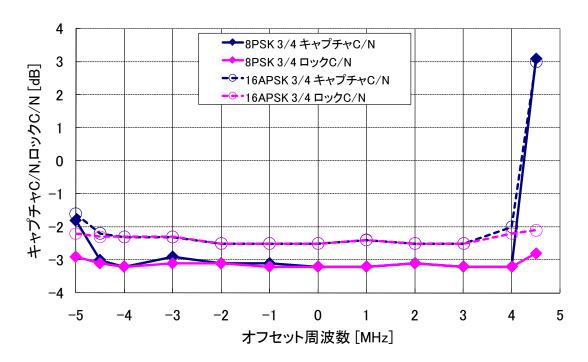


図 1.3.2.3 オフセット周波数対同期限界 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N) 特性

# 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ルを図 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	与干渉信号	干渉なし	干渉あり	所要 C/N
(ND7)	(ND9)	所要 C/N ①	所要 C/N ②	劣化量 (②-①)
		[dB]	[dB]	[dB]
8PSK 3/4		8.6	8. 7	0. 1
8PSK 7/9		9. 3	9. 3	0.0
16APSK 3/4	8PSK 3/4	11.7	11.8	0. 1
16APSK 7/9	orsn 3/4	12. 3	12. 3	0.0
32APSK 7/9		16. 2	16. 3	0. 1
32APSK 4/5		16. 9	17. 0	0. 1

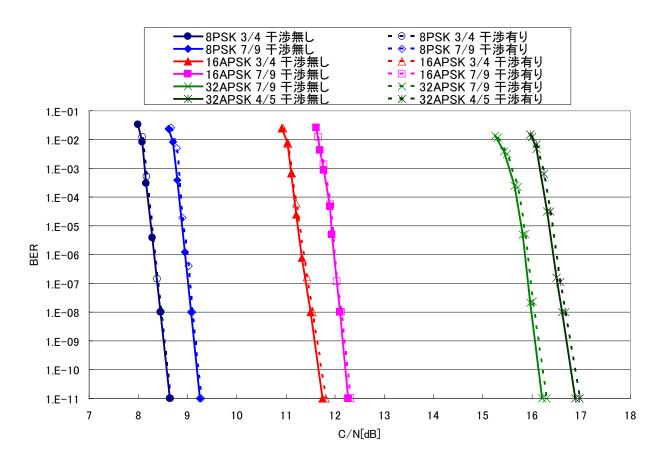


図 1.3.2.4.1 干渉実験 C/N 対ビット誤り率特性

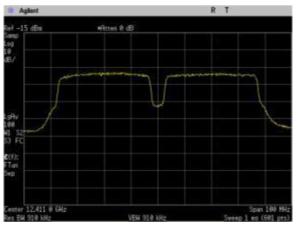


図 1.3.2.4.2-1

被干涉: 8PSK 3/4、与干涉: 8PSK 3/4

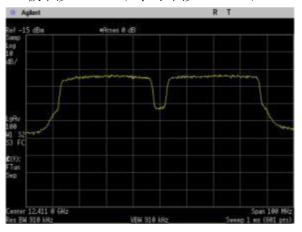


図 1.3.2.4.2-3

被干涉:16APSK 3/4、与干涉:8PSK 3/4

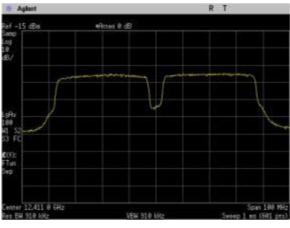


図 1.3.2.4.2-5

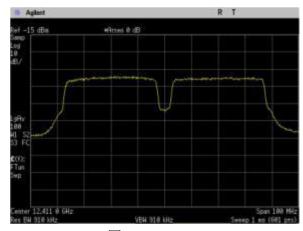


図 1.3.2.4.2-2

被干涉: 8PSK 7/9、与干涉: 8PSK 3/4

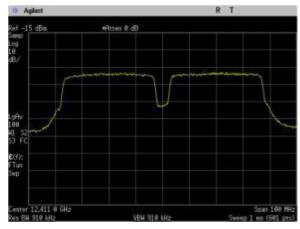


図 1.3.2.4.2-4

被干涉:16APSK 7/9、与干涉:8PSK 3/4

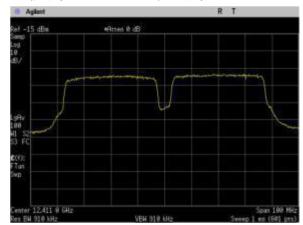


図 1.3.2.4.2-6

被干涉: 32APSK 7/9、与干涉: 8PSK 3/4 被干涉: 32APSK 4/5、与干涉: 8PSK 3/4

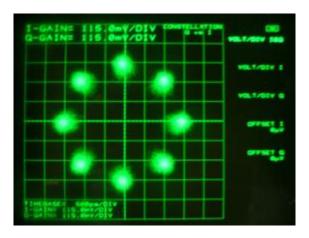


図 1. 3. 2. 4. 3-1

被干渉: 8PSK 3/4、与干渉: 8PSK 3/4

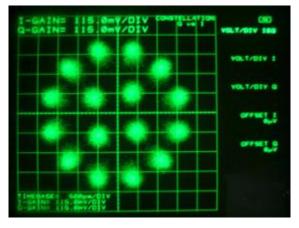


図 1. 3. 2. 4. 3-3

被干涉:16APSK 3/4、与干涉:8PSK 3/4

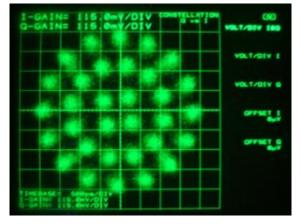


図 1.3.2.4.3-5

被干涉: 32APSK 7/9、与干涉: 8PSK 3/4

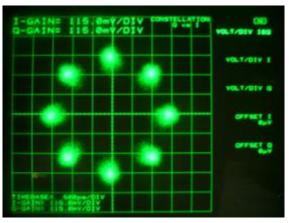


図 1.3.2.4.3-2

被干渉: 8PSK 7/9、与干渉: 8PSK 3/4

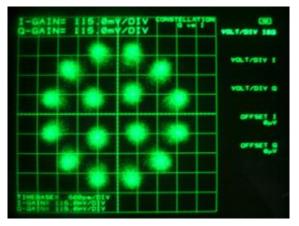


図 1.3.2.4.3-4

被干涉:16APSK 7/9、与干涉:8PSK 3/4

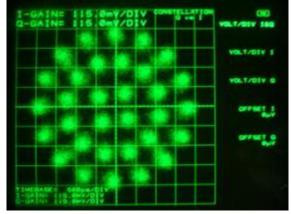


図 1.3.2.4.3-6

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。受信信号スペクトルを図 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・	受信 C/N ①	所要 C/N ②	受信 C/N マージン
符号化率	[dB]	[dB]	(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

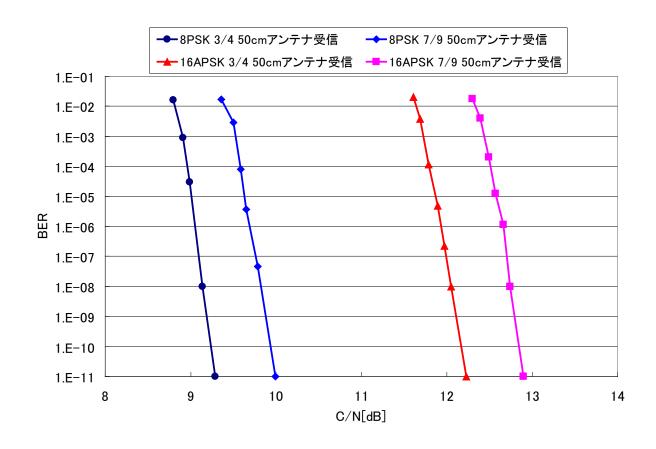


図 1.3.2.5.2 市販の衛星放送受信アンテナ経由 C/N 対ビット誤り率特性

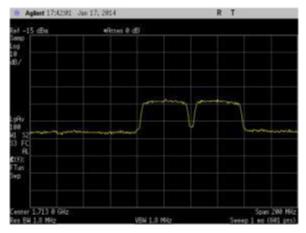


図 1.3.2.5.3-1

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

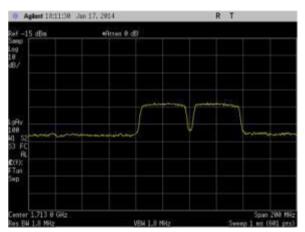


図 1.3.2.5.3-2

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

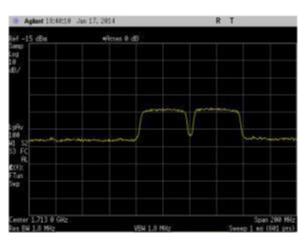


図 1. 3. 2. 5. 3-3

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

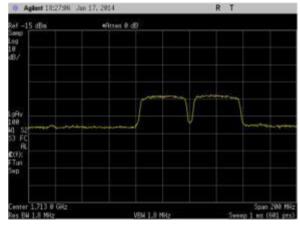


図 1.3.2.5.3-4

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

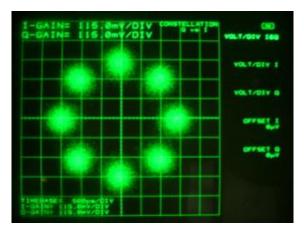


図 1. 3. 2. 5. 4-1 市販受信アンテナでの 受信コンスタレーション

被干涉: 8PSK 3/4、与干涉: 8PSK 3/4

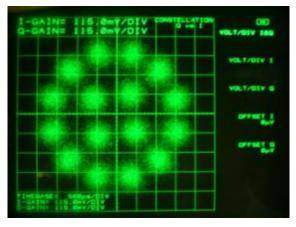


図 1. 3. 2. 5. 4-3 市販受信アンテナでの 受信コンスタレーション

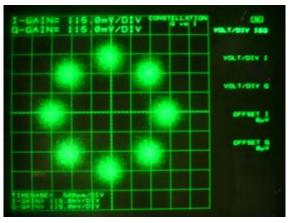


図 1.3.2.5.4-2 市販受信アンテナでの 受信コンスタレーション

被干渉: 8PSK 7/9、与干渉: 8PSK 3/4

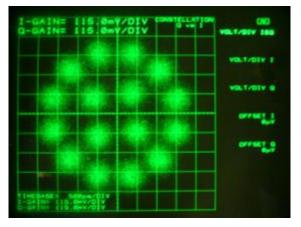


図 1. 3. 2. 5. 4-4 市販受信アンテナでの 受信コンスタレーション

被干涉:16APSK 3/4、与干涉:8PSK 3/4 被干涉:16APSK 7/9、与干涉: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 π/2 シフト BPSK

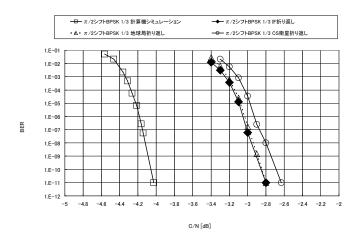


図 1.3.3.1.1-1 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 1/3

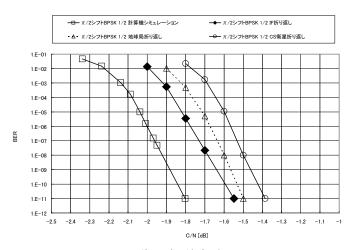


図 1.3.3.1.1-3 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 1/2

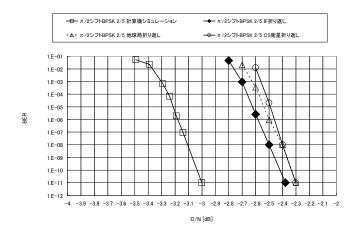


図 1.3.3.1.1-2 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 2/5

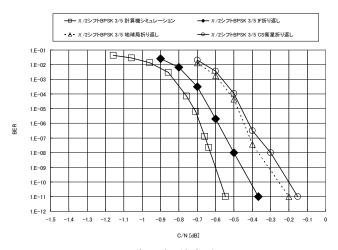


図 1.3.3.1.1.1-4 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 3/5

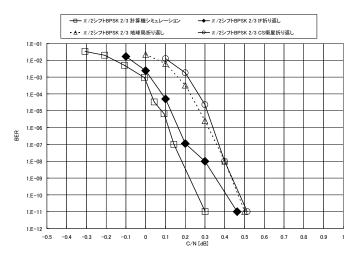


図 1.3.3.1.1-5 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 2/3

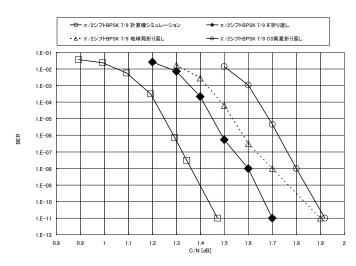


図 1.3.3.1.1-7 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 7/9

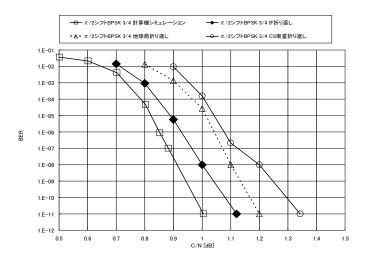


図 1.3.3.1.1-6 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 3/4

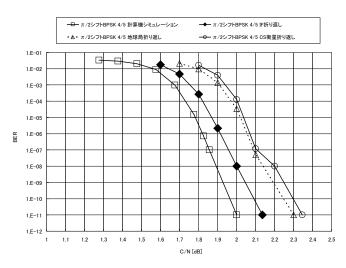


図 1.3.3.1.1-8 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 4/5

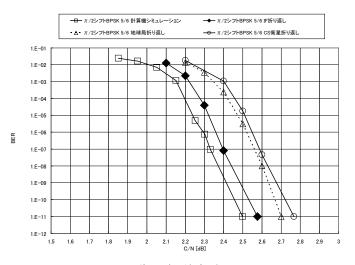


図 1.3.3.1.1-9 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 5/6

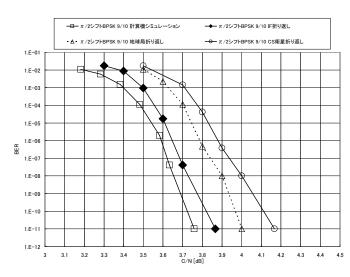


図 1.3.3.1.1-11 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 9/10

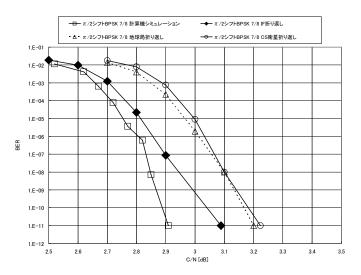


図 1.3.3.1.1-10 CS 衛星伝送実験 π/2 シフト BPSK 7/8

# 1.3.3.1.2 CS 衛星伝送実験 QPSK

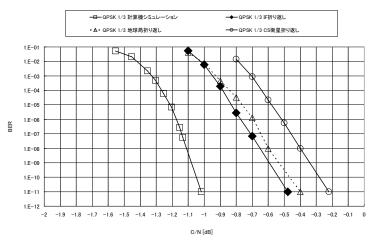


図 1.3.3.1.2-1 CS 衛星伝送実験 QPSK 1/3

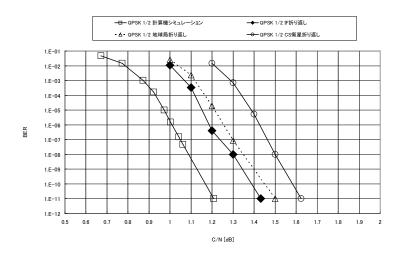


図 1.3.3.1.2-3 CS 衛星伝送実験 QPSK 1/2

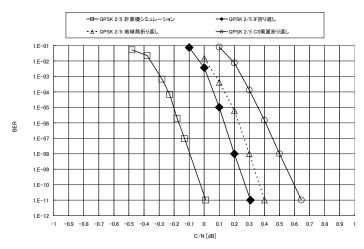


図 1.3.3.1.2-2 CS 衛星伝送実験 QPSK 2/5

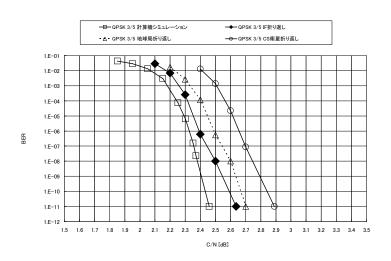


図 1.3.3.1.2-4 CS 衛星伝送実験 QPSK 3/5

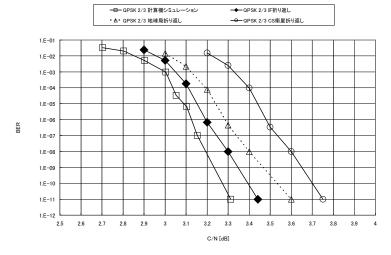


図 1.3.3.1.2-5 CS 衛星伝送実験 QPSK 2/3

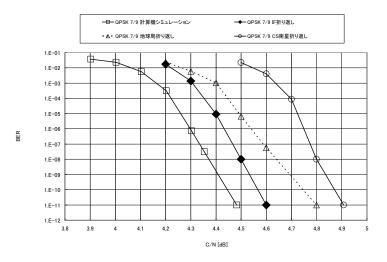


図 1.3.3.1.2-7 CS 衛星伝送実験 QPSK 7/9

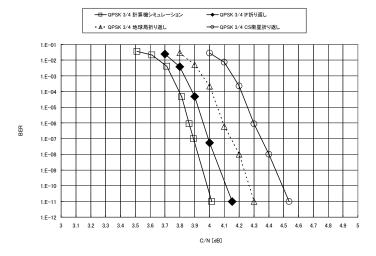


図 1.3.3.1.2-6 CS 衛星伝送実験 QPSK 3/4

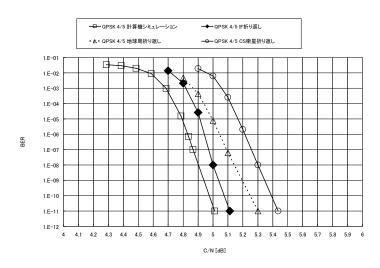


図 1.3.3.1.2-8 CS 衛星伝送実験 QPSK 4/5

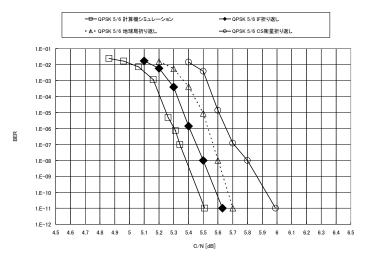


図 1.3.3.1.2-9 CS 衛星伝送実験 QPSK 5/6

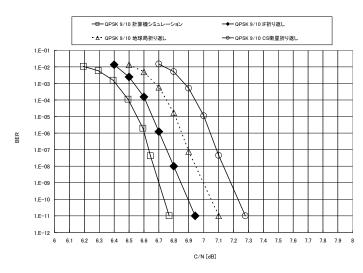


図 1.3.3.1.2-11 CS 衛星伝送実験 QPSK 9/10

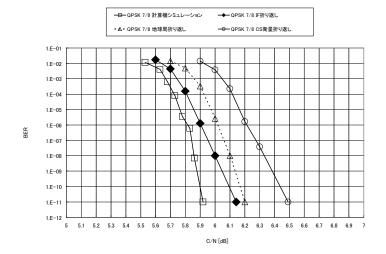


図 1.3.3.1.2-10 CS 衛星伝送実験 QPSK 7/8

# 1.3.3.1.3 CS 衛星伝送実験 8PSK

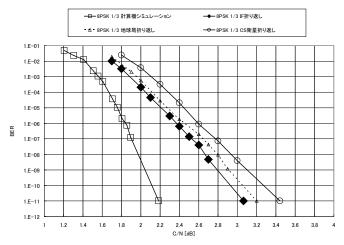


図 1.3.3.1.3-1 CS 衛星伝送実験 8PSK 1/3

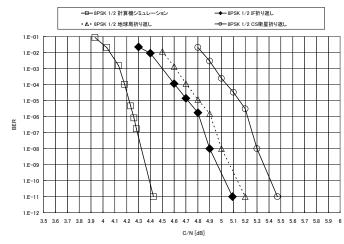


図 1.3.3.1.3-3 CS 衛星伝送実験 8PSK 1/2

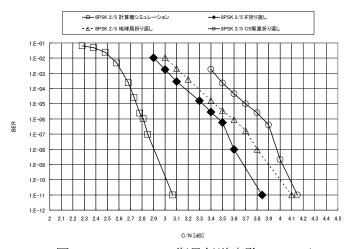


図 1.3.3.1.3-2 CS 衛星伝送実験 8PSK 2/5

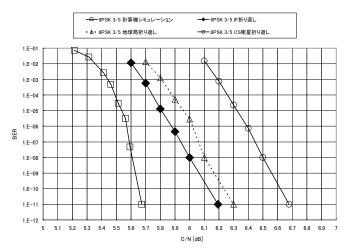


図 1.3.3.1.3-4 CS 衛星伝送実験 8PSK 3/5

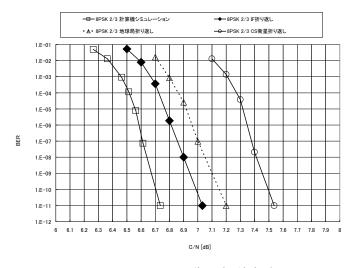


図 1.3.3.1.3-5 CS 衛星伝送実験 8PSK 2/3

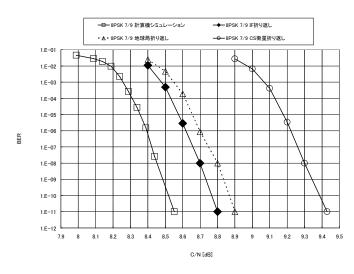


図 1.3.3.1.3-7 CS 衛星伝送実験 8PSK 7/9

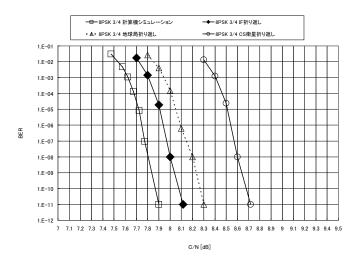


図 1.3.3.1.3-6 CS 衛星伝送実験 8PSK 3/4

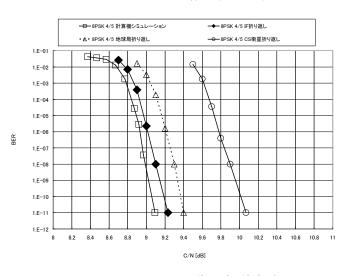


図 1.3.3.1.3-8 CS 衛星伝送実験 8PSK 4/5

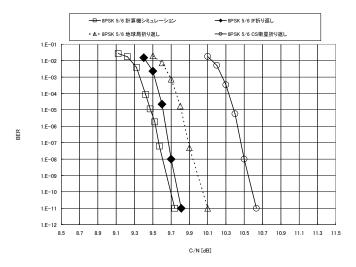


図 1.3.3.1.3-9 CS 衛星伝送実験 8PSK 5/6

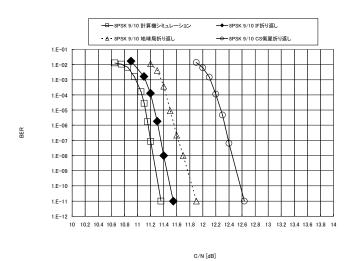


図 1.3.3.1.3-9 CS 衛星伝送実験 8PSK 9/10

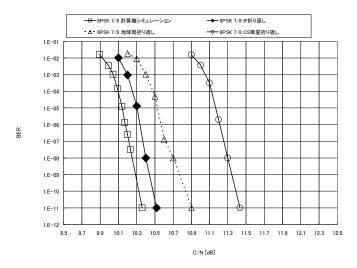


図 1.3.3.1.3-10 CS 衛星伝送実験 8PSK 7/8

# 1.3.3.1.4 CS 衛星伝送実験 16APSK

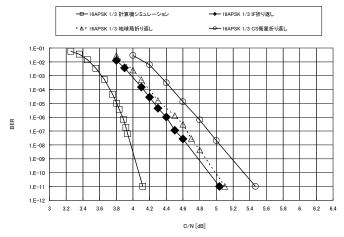


図 1.3.3.1.4-1 CS 衛星伝送実験 16APSK 1/3

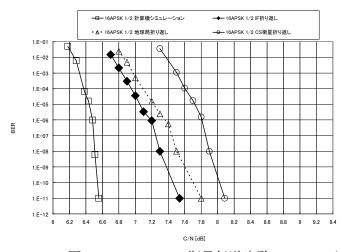


図 1.3.3.1.4-3 CS 衛星伝送実験 16APSK 1/2

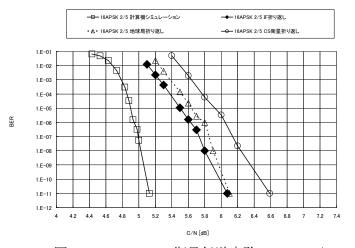


図 1.3.3.1.4-2 CS 衛星伝送実験 16APSK 2/5

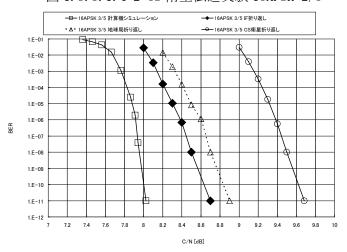


図 1.3.3.1.4-4 CS 衛星伝送実験 16APSK 3/5

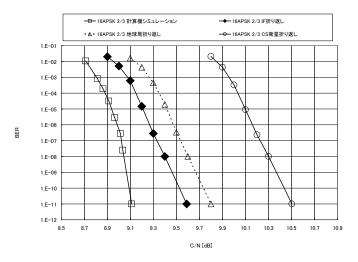


図 1.3.3.1.4-5 CS 衛星伝送実験 16APSK 2/3

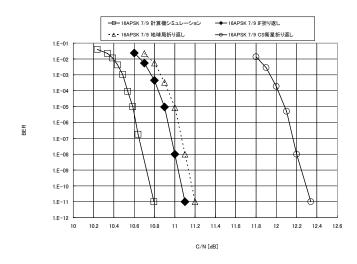


図 1.3.3.1.4-7 CS 衛星伝送実験 16APSK 7/9

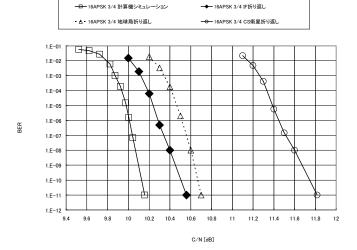


図 1.3.3.1.4-6 CS 衛星伝送実験 16APSK 3/4

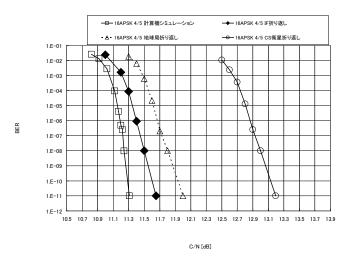


図 1.3.3.1.4-8 CS 衛星伝送実験 16APSK 4/5

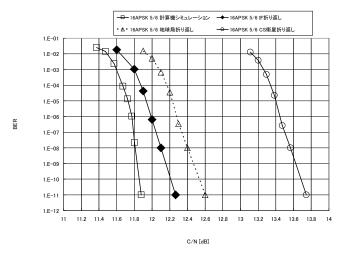


図 1.3.3.1.4-9 CS 衛星伝送実験 16APSK 5/6

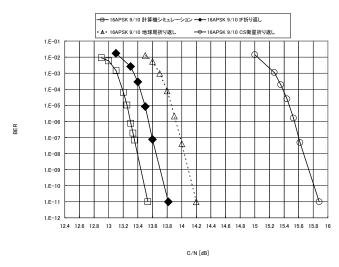


図 1.3.3.1.4-9 CS 衛星伝送実験 16APSK 9/10

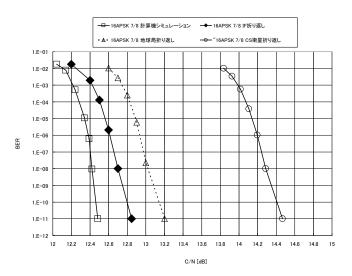


図 1.3.3.1.4-10 CS 衛星伝送実験 16APSK 7/8

# 1.3.3.1.5 CS 衛星伝送実験 32APSK

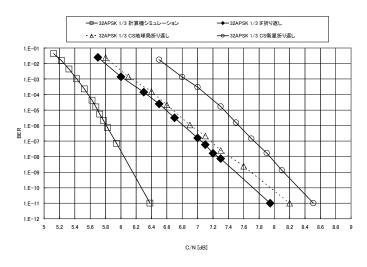


図 1.3.3.1.5-1 CS 衛星伝送実験 32APSK 1/3

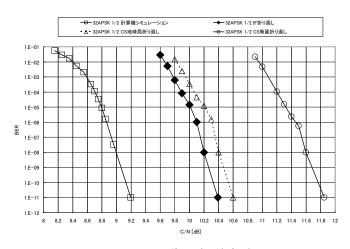


図 1.3.3.1.5-3 CS 衛星伝送実験 32APSK 1/2

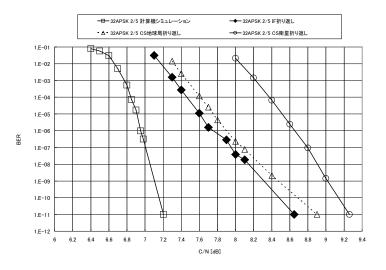


図 1.3.3.1.5-2 CS 衛星伝送実験 32APSK 2/5

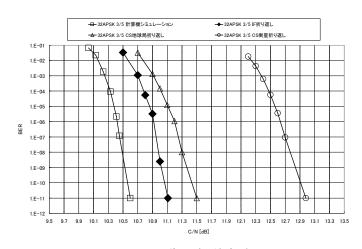


図 1.3.3.1.5-4 CS 衛星伝送実験 32APSK 3/5

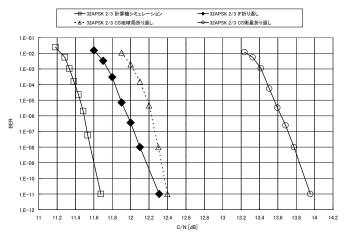


図 1.3.3.1.5-5 CS 衛星伝送実験 32APSK 2/3

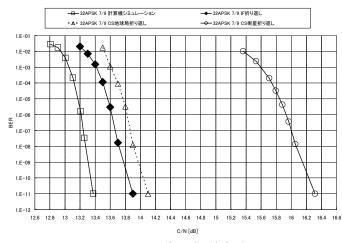


図 1.3.3.1.5-7 CS 衛星伝送実験 32APSK 7/9

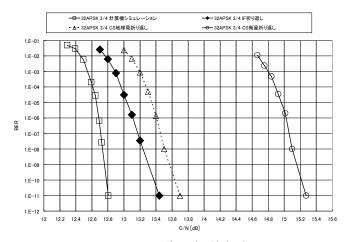


図 1.3.3.1.5-6 CS 衛星伝送実験 32APSK 3/4

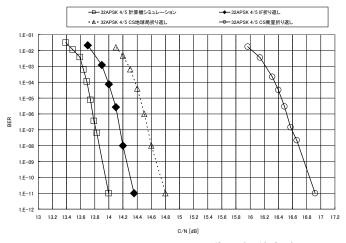


図 1.3.3.1.5-8 32APSK CS 衛星伝送実験 4/5

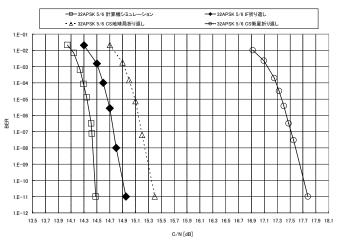


図 1.3.3.1.5-9 CS 衛星伝送実験 32APSK 5/6

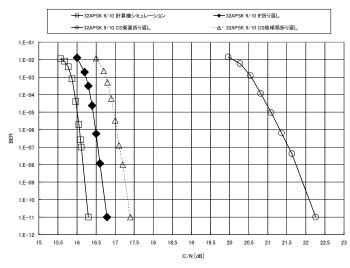


図 1.3.3.1.5-11 CS 衛星伝送実験 32APSK 9/10

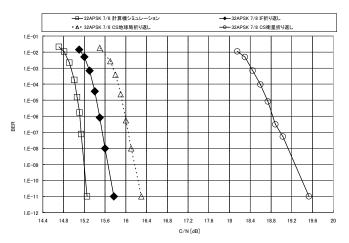


図 1.3.3.1.5-10 CS 衛星伝送実験 32APSK 7/8

### 1.3.3.2 CS 衛星伝送実験 スペクトル

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  $\pi/2$  シフト BPSK

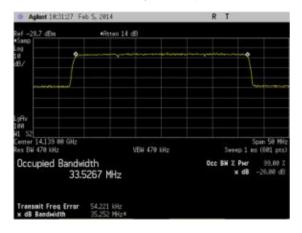


図 1.3.3.2.1-1 CS 地球局折り返し π/2 シフト BPSK 1/2

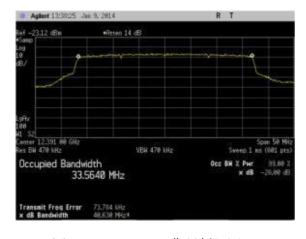


図 1. 3. 3. 2. 1-2 CS 衛星折り返し π/2 シフト BPSK 1/2

#### 1. 3. 3. 2. 2 QPSK

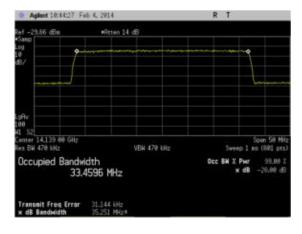


図 1.3.3.2.2-1 CS 地球局折り返し QPSK 1/2

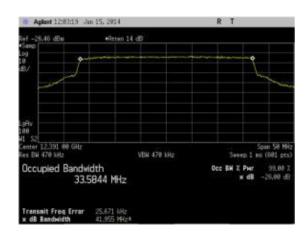


図 1.3.3.2.2-2 CS 衛星折り返し QPSK 1/2

# 1. 3. 3. 2. 3 8PSK

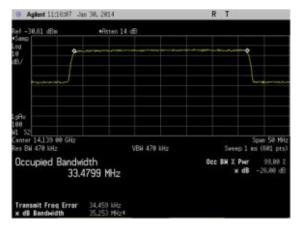


図 1.3.3.2.3-1 CS 地球局折り返し 8PSK 3/4

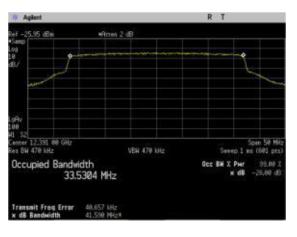


図 1.3.3.2.3-2 CS 衛星折り返し 8PSK 3/4

#### 1. 3. 3. 2. 4 16APSK

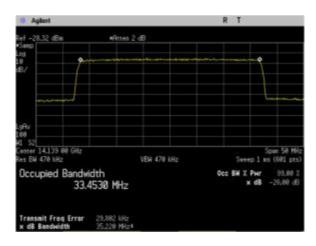


図 1.3.3.2.4.1-1 CS 地球局折り返し 16APSK 1/3

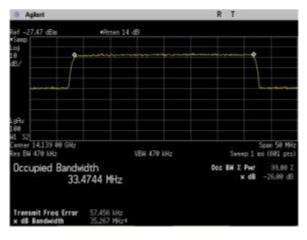


図 1.3.3.2.4.2-1 CS 地球局折り返し 16APSK 2/5

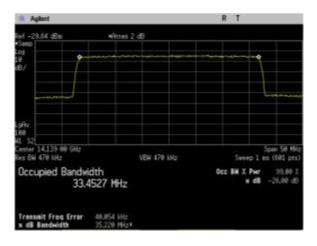


図 1.3.3.2.4.3-1 CS 地球局折り返し 16APSK 1/2

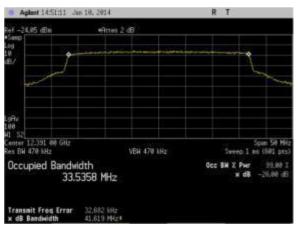


図 1.3.3.2.4.1-2 CS 衛星折り返し 16APSK 1/3

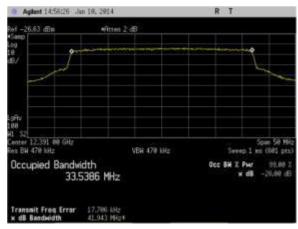


図 1.3.3.2.4.2-2 CS 衛星折り返し 16APSK 2/5

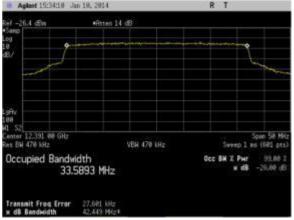


図 1.3.3.2.4.3-2 CS 衛星折り返し 16APSK 1/2

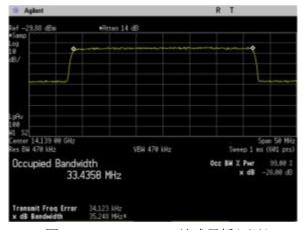


図 1.3.3.2.4.4-1 CS 地球局折り返し

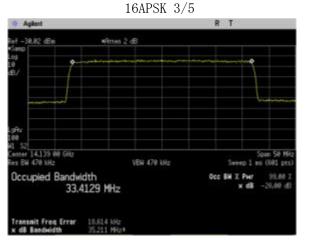


図 1.3.3.2.4.5-1 CS 地球局折り返し 16APSK 2/3

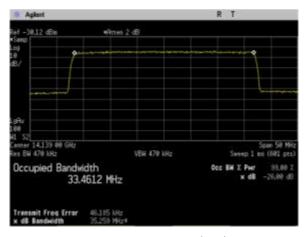


図 1.3.3.2.4.6-1 CS 地球局折り返し 16APSK 3/4

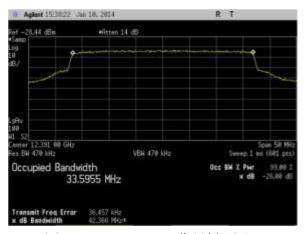


図 1.3.3.2.4.4-2 CS 衛星折り返し

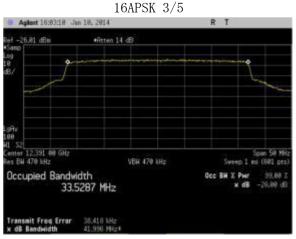


図 1.3.3.2.4.5-2 CS 衛星折り返し 16APSK 2/3

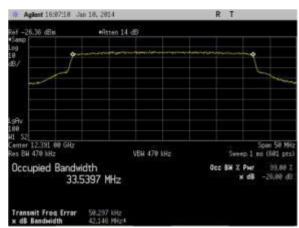


図 1.3.3.2.4.6-1 CS 衛星折り返し 16APSK 3/4

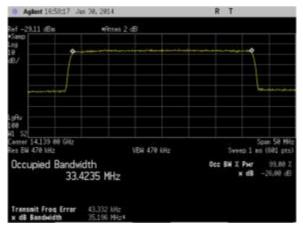


図 1.3.3.2.4.7-1 CS 地球局折り返し

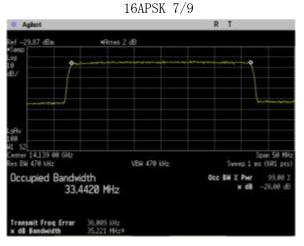


図 1.3.3.2.4.8-1 CS 地球局折り返し 16APSK 4/5

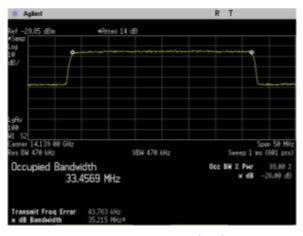


図 1.3.3.2.4.9-1 CS 地球局折り返し 16APSK 5/6

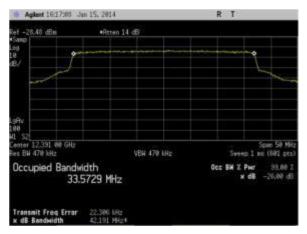


図 1.3.3.2.4.7-2 CS 衛星折り返し

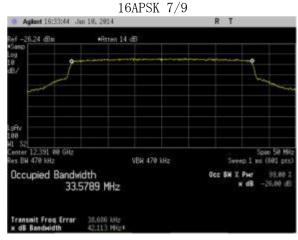


図 1.3.3.2.4.8-2 CS 衛星折り返し 16APSK 4/5

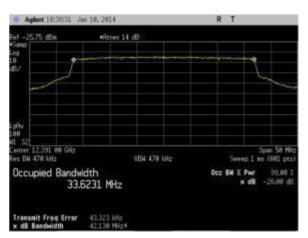


図 1.3.3.2.4.9-2 CS 衛星折り返し 16APSK 5/6

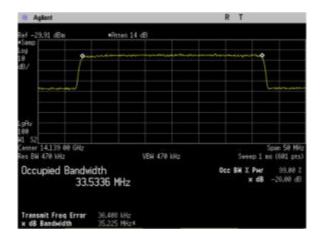


図 1.3.3.2.4.10-1 CS 地球局折り返し 16APSK 7/8

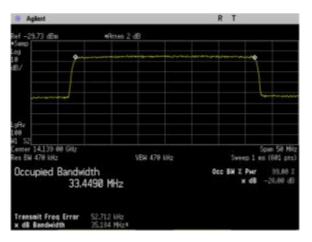


図 1.3.3.2.4.11-1 CS 地球局折り返し 16APSK 9/10

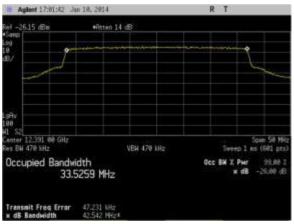


図 1.3.3.2.4.10-2 CS 衛星折り返し 16APSK 7/8

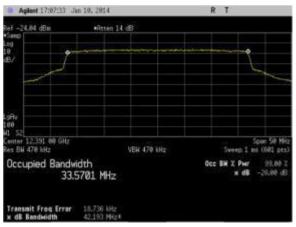


図 1.3.3.2.4.11-2 CS 衛星折り返し 16APSK 9/10

#### 1. 3. 3. 2. 5 32APSK

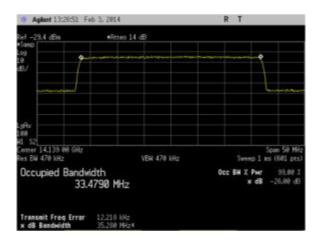


図 1.3.3.2.5.1-1 CS 地球局折り返し 32APSK 1/3

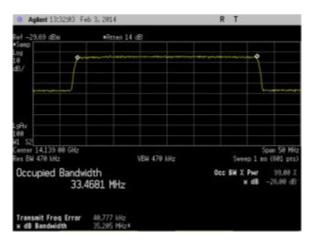


図 1.3.3.2.5.2-1 CS 地球局折り返し 32APSK 2/5

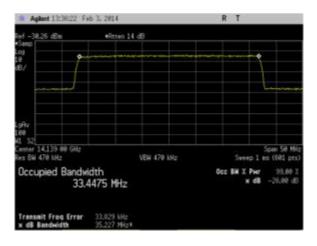


図 1.3.3.2.5.3-1 CS 地球局折り返し 32APSK 1/2

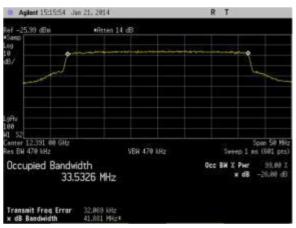


図 1.3.3.2.5.1-2 CS 衛星折り返し 32APSK 1/3

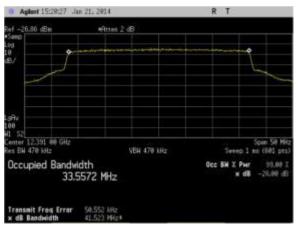


図 1.3.3.2.5.2-2 CS 衛星折り返し 32APSK 2/5

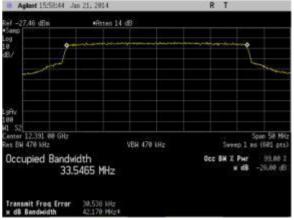


図 1.3.3.2.5.3-2 CS 衛星折り返し 32APSK 1/2

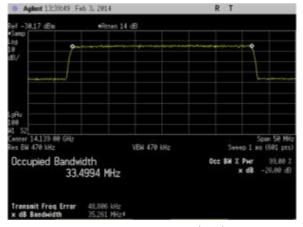


図 1.3.3.2.5.4-1 CS 地球局折り返し

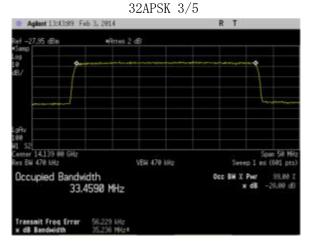


図 1.3.3.2.5.5-1 CS 地球局折り返し 32APSK 2/3

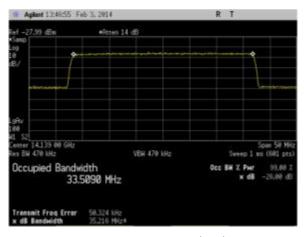


図 1.3.3.2.5.6-1 CS 地球局折り返し 32APSK 3/4

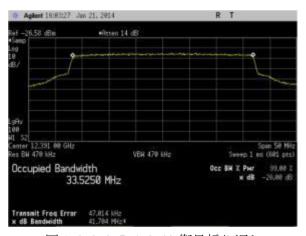


図 1.3.3.2.5.4-2 CS 衛星折り返し 32APSK 3/5

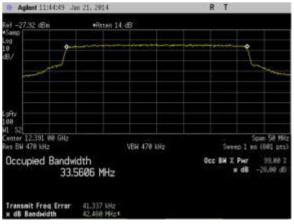


図 1.3.3.2.5.5-2 CS 衛星折り返し 32APSK 2/3

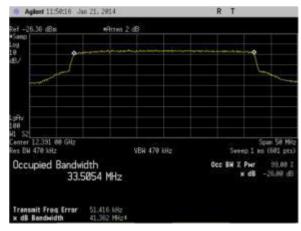


図 1.3.3.2.5.6-1 CS 衛星折り返し 32APSK 3/4

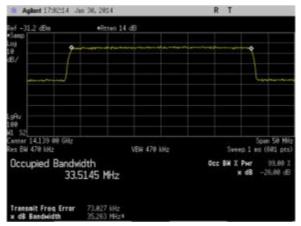


図 1.3.3.2.5.7-1 CS 地球局折り返し

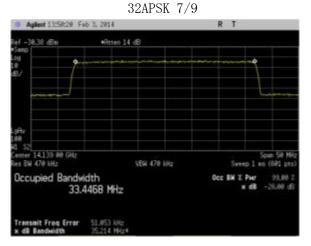


図 1.3.3.2.5.8-1 CS 地球局折り返し 32APSK 4/5

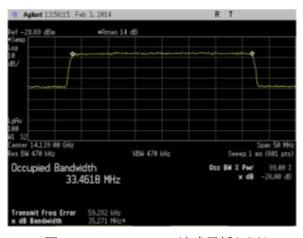


図 1.3.3.2.5.9-1 CS 地球局折り返し 32APSK 5/6

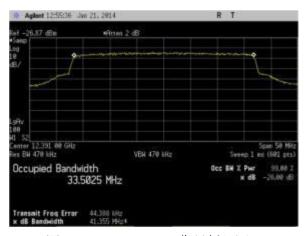


図 1.3.3.2.5.7-2 CS 衛星折り返し

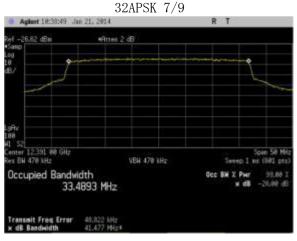


図 1.3.3.2.5.8-2 CS 衛星折り返し 32APSK 4/5

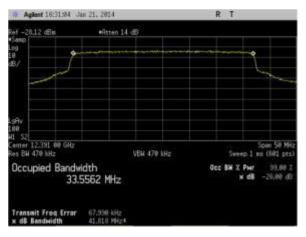


図 1.3.3.2.5.9-2 CS 衛星折り返し 32APSK 5/6

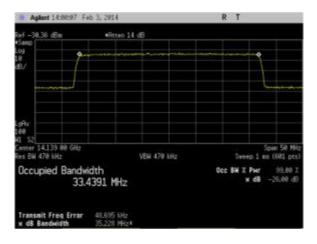


図 1.3.3.2.5.10-1 CS 地球局折り返し 32APSK 7/8

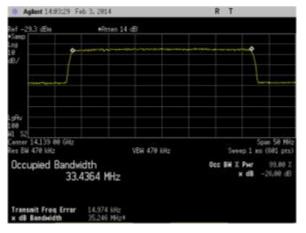


図 1.3.3.2.5.11-1 CS 地球局折り返し 32APSK 9/10

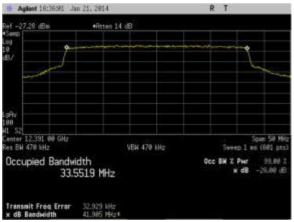


図 1.3.3.2.5.10-2 CS 衛星折り返し 32APSK 7/8

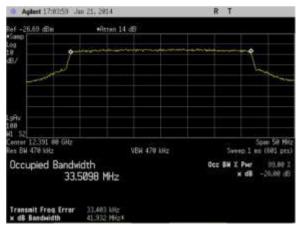


図 1.3.3.2.5.11-2 CS 衛星折り返し 32APSK 9/10

# 1.3.3.3 CS 衛星伝送実験 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、8PSK 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 $\pi/2$ シフト BPSK

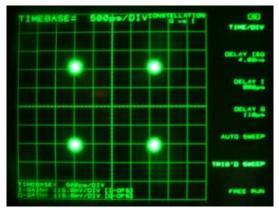


図 1.3.3.3.1-1 CS 地球局折り返し π/2 シフト BPSK 1/2

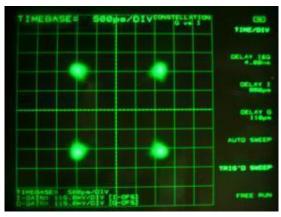


図 1.3.3.3.1-2 CS 衛星折り返し π/2 シフト BPSK 1/2

### 1.3.3.3.2 QPSK



図 1.3.3.3.2-1 CS 地球局折り返し QPSK 1/2

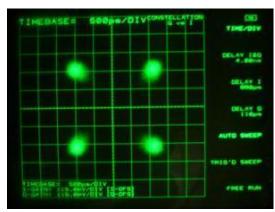


図 1.3.3.3.2-2 CS 衛星折り返し QPSK 1/2

# 1.3.3.3.8 8PSK

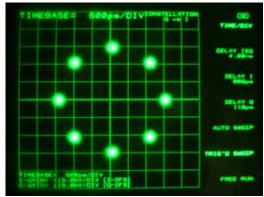


図 1.3.3.3.3-1 CS 地球局折り返し 8PSK 3/4

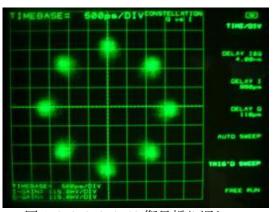


図 1.3.3.3.3-2 CS 衛星折り返し 8PSK 3/4

### 1. 3. 3. 3. 4 16APSK

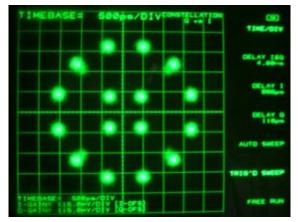


図 1.3.3.3.4.1-1 CS 地球局折り返し 16APSK 1/3

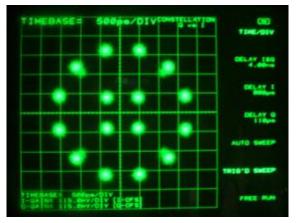


図 1.3.3.3.4.2-1 CS 地球局折り返し 16APSK 2/5

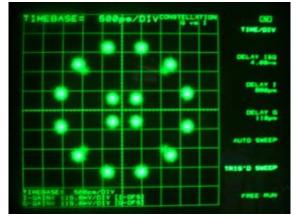


図 1.3.3.3.4.3-1 CS 地球局折り返し 16APSK 1/2

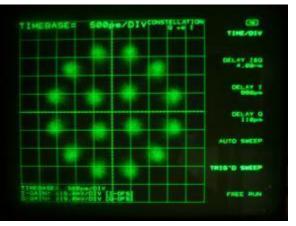


図 1.3.3.3.4.1-2 CS 衛星折り返し 16APSK 1/3

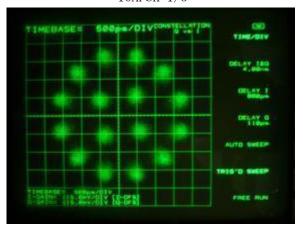


図 1.3.3.3.4.2-2 CS 衛星折り返し 16APSK 2/5

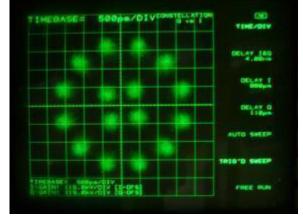


図 1.3.3.3.4.3-2 CS 衛星折り返し 16APSK 1/2

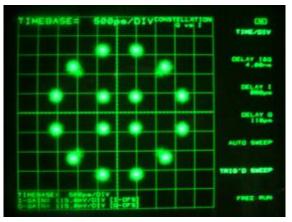


図 1.3.3.3.4.4-1 CS 地球局折り返し 16APSK 3/5

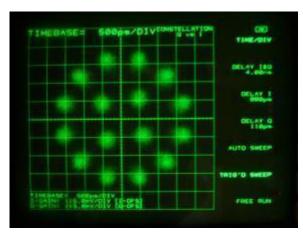


図 1.3.3.3.4.4-2 CS 衛星折り返し 16APSK 3/5

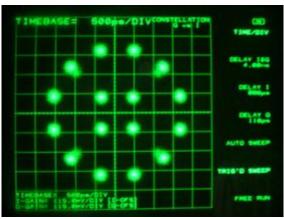


図 1.3.3.3.4.5-1 CS 地球局折り返し 16APSK 2/3

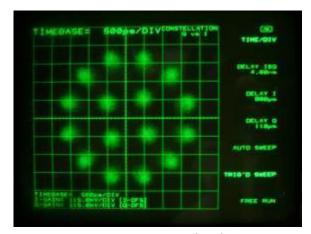


図 1.3.3.3.4.5-2 CS 衛星折り返し 16APSK 2/3

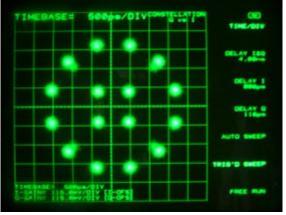


図 1.3.3.3.4.6-1 CS 地球局折り返し 16APSK 3/4

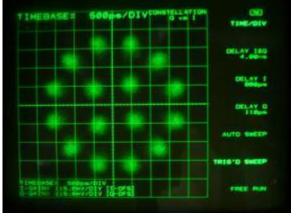


図 1.3.3.3.4.6-1 CS 衛星折り返し 16APSK 3/4

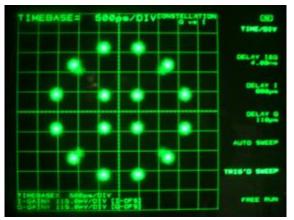


図 1.3.3.3.4.7-1 CS 地球局折り返し 16APSK 7/9

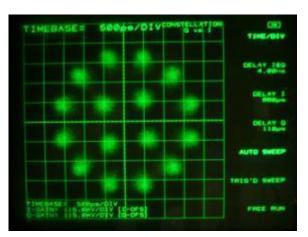


図 1.3.3.3.4.7-2 CS 衛星折り返し 16APSK 7/9

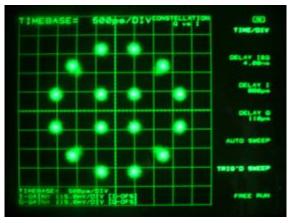


図 1.3.3.3.4.8-1 CS 地球局折り返し 16APSK 4/5

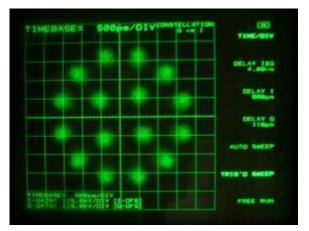


図 1.3.3.3.4.8-2 CS 衛星折り返し 16APSK 4/5

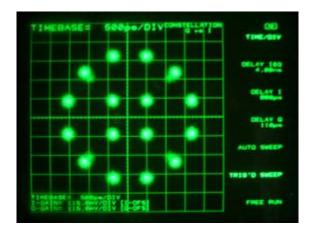


図 1.3.3.3.4.9-1 CS 地球局折り返し 16APSK 5/6

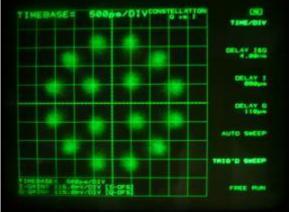


図 1. 3. 3. 3. 4. 9-2 CS 衛星折り返し 16APSK 5/6

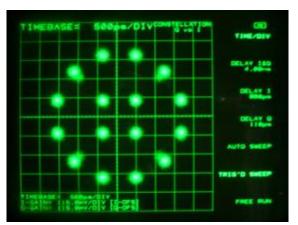


図 1.3.3.3.4.10-1 CS 地球局折り返し 16APSK 7/8

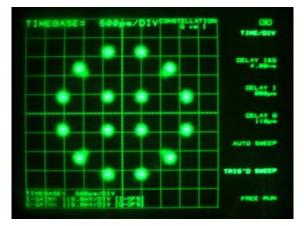


図 1.3.3.3.4.11-1 CS 地球局折り返し 16APSK 9/10

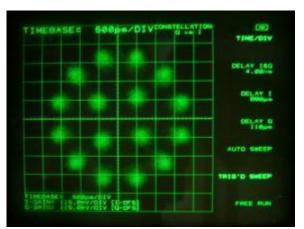


図 1.3.3.3.4.10-2 CS 衛星折り返し 16APSK 7/8

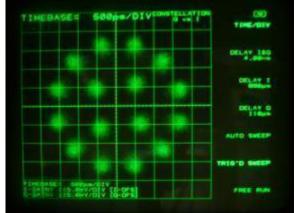


図 1.3.3.3.4.11-2 CS 衛星折り返し 16APSK 9/10

# 1. 3. 3. 3. 5 32APSK

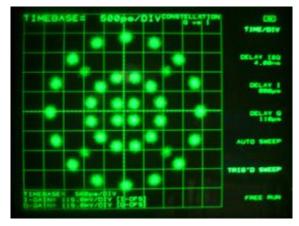


図 1.3.3.3.5.1-1 CS 地球局折り返し 32APSK 1/3

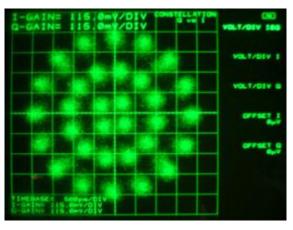


図 1.3.3.3.5.1-2 CS 衛星折り返し 32APSK 1/3

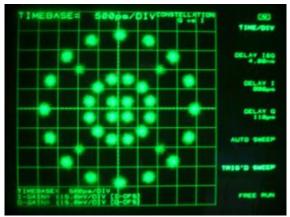


図 1.3.3.3.5.2-1 CS 地球局折り返し 32APSK 2/5

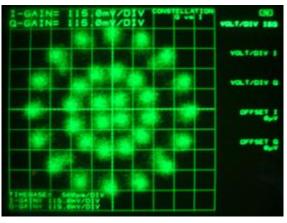


図 1.3.3.3.5.2-2 CS 衛星折り返し 32APSK 2/5

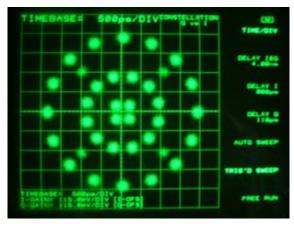


図 1.3.3.3.5.3-1 CS 地球局折り返し 32APSK 1/2

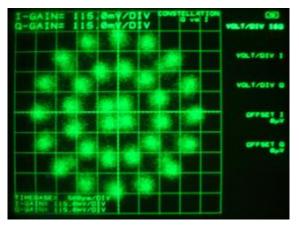


図 1.3.3.3.5.3-2 CS 衛星折り返し 32APSK 1/2

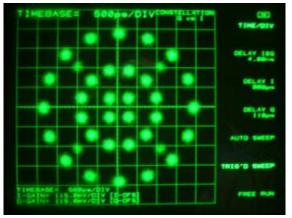


図 1.3.3.3.5.4-1 CS 地球局折り返し 32APSK 3/5

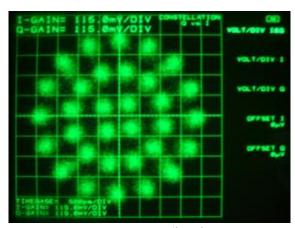


図 1.3.3.3.5.4-2 CS 衛星折り返し 32APSK 3/5

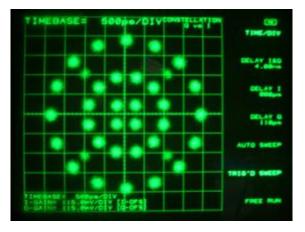


図 1.3.3.3.5.5-1 CS 地球局折り返し 32APSK 2/3

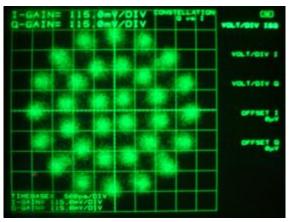


図 1.3.3.3.5.5-2 CS 衛星折り返し 32APSK 2/3

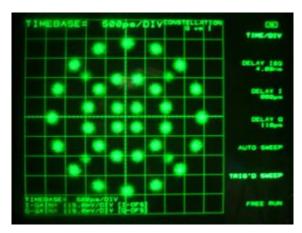


図 1.3.3.3.5.6-1 CS 地球局折り返し 32APSK 3/4

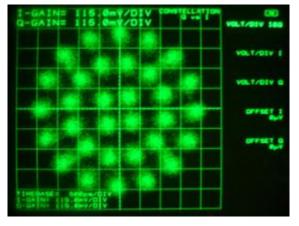


図 1.3.3.3.5.6-1 CS 衛星折り返し 32APSK 3/4

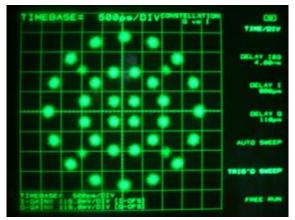


図 1.3.3.3.5.7-1 CS 地球局折り返し 32APSK 7/9

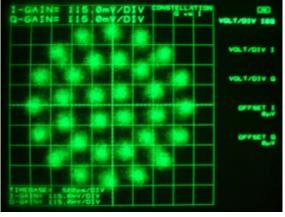


図 1.3.3.3.5.7-2 CS 衛星折り返し 32APSK 7/9

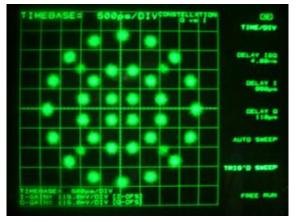


図 1.3.3.3.5.8-1 CS 地球局折り返し 32APSK 4/5

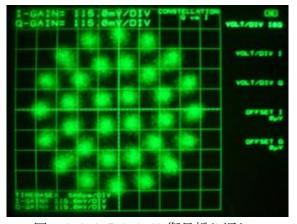


図 1.3.3.3.5.8-2 CS 衛星折り返し 32APSK 4/5

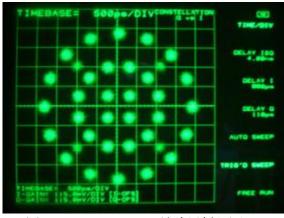


図 1.3.3.3.5.9-1 CS 地球局折り返し 32APSK 5/6

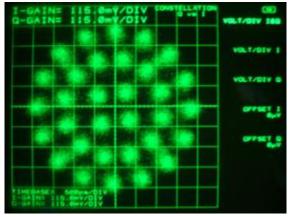


図 1.3.3.3.5.9-2 CS 衛星折り返し 32APSK 5/6

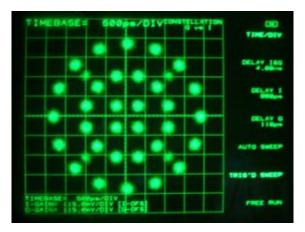


図 1.3.3.3.5.10-1 CS 地球局折り返し 32APSK 7/8

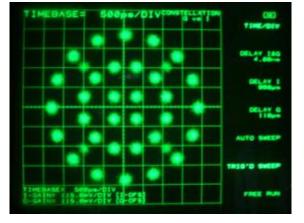


図 1.3.3.3.5.11-1 CS 地球局折り返し 32APSK 9/10

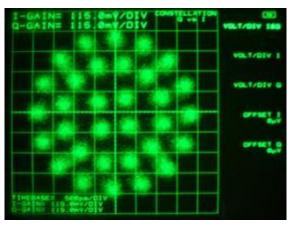


図 1.3.3.3.5.10-2 CS 衛星折り返し 32APSK 7/8

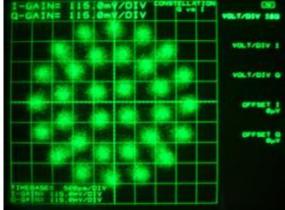


図 1.3.3.3.5.11-2 CS 衛星折り返し 32APSK 9/10

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 地球局折り返し、衛星折り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 地球局折り返し、 衛星折り返し C/N 対ビット誤り率	BS 地球局折り返し、衛星折り返しでの C/N 対ビット誤り率を測定	1. 4. 2
BS 地球局折り返し、 衛星折り返し スペクトル確認	BS 衛星折り返しでの スペクトル、占有周波数帯幅、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 2/3	2.9
32APSK 4/5	2.9

## 1.4.2 BS 地球局折り返し、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: BS 地球局折り返し、衛星折り返しにおける 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 地球局折り返し、衛星折り返しにおける所要 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 折り返しにおける所要 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	シミュ	IF折り返し	地球局折り返し	衛星折り返し
	レーション	所要C/N	所要C/N	所要C/N
符号化率	[dB] ①	[dB] ②	[dB] ③	[dB] ④
8PSK 3/4	7. 9	8. 1	8. 4	9. 3
16APSK 3/4	10. 2	10.6	10.8	11.8
16APSK 7/9	10.8	11. 1	11.3	12.6
32APSK 2/3	11. 7	12. 3	12. 5	14. 2
32APSK 7/9	14. 0	14. 4	14. 7	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] (②一①)	地球局劣化 [dB] (③一①)	地球局 固定劣化 [dB] (③-②)	衛星劣化 [dB] (④-①)	衛星 固定劣化 [dB] (④-③)
8PSK 3/4	0.2	0.5	0.3	1.4	0.9
16APSK 3/4	0.4	0.6	0. 2	1.6	1. 0
16APSK 7/9	0.3	0. 5	0. 2	1.8	1. 3
32APSK 2/3	0.6	0.8	0. 2	2. 5	1.7
32APSK 7/9	0.4	0. 7	0.3	3. 4	2. 7

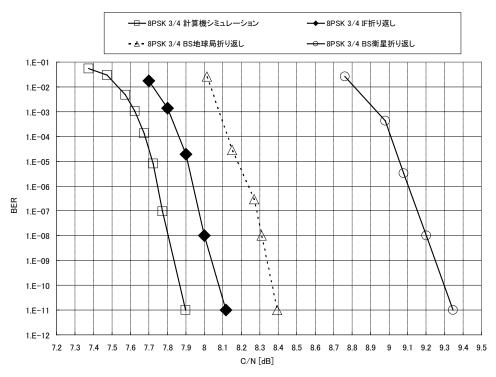


図 1.4.2.1-1 BS 衛星実験 8PSK 3/4 C/N 対ビット誤り率特性

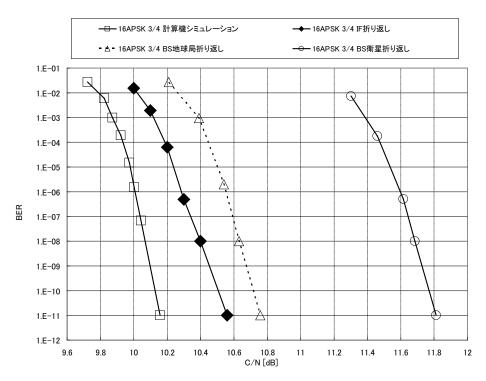


図 1.4.2.1-2 BS 衛星実験 16APSK 3/4 C/N 対ビット誤り率特性

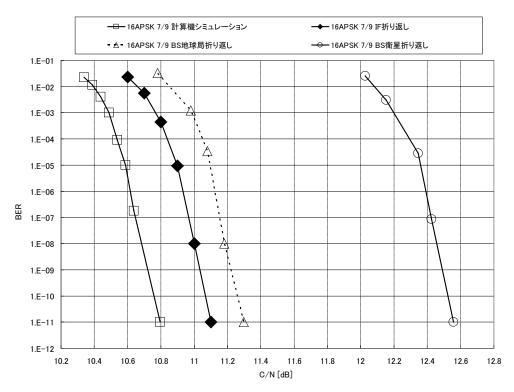


図 1.4.2.1-3 BS 衛星実験 16PSK 7/9 C/N 対ビット誤り率特性

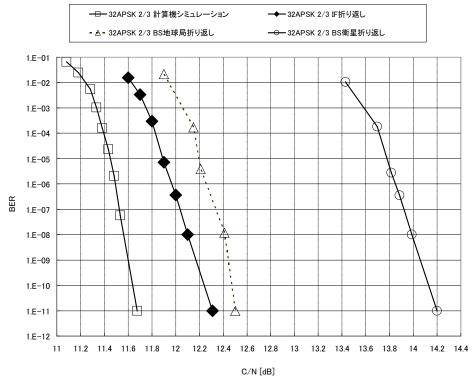


図 1.4.2.1-4 BS 衛星実験 32APSK 2/3 C/N 対ビット誤り率特性

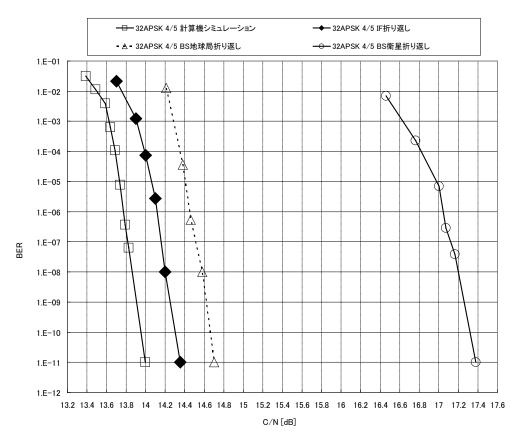


図 1.4.2.1-5 BS 衛星実験 32APSK 4/5 C/N 対ビット誤り率特性

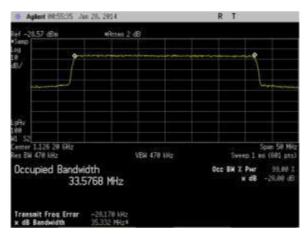


図 1.4.2.2-1

## BS 地球局折り返し 8PSK 3/4

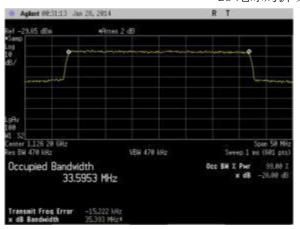


図 1.4.2.2-2

# BS 地球局折り返し 16APSK 3/4

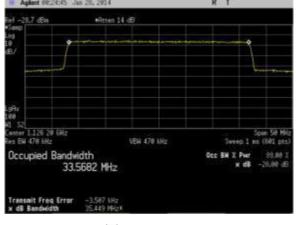


図 1.4.2.2-4

BS 地球局折り返し 32APSK 2/3

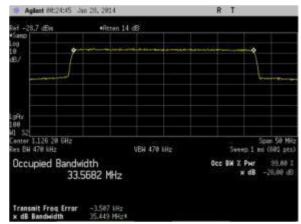


図 1.4.2.2-3

# BS 地球局折り返し 16APSK 7/9

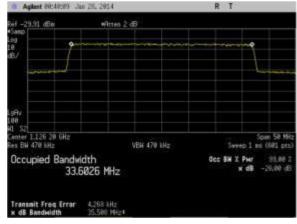


図 1.4.2.2-5

BS 地球局折り返し 32APSK 4/5

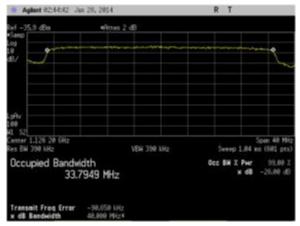


図 1.4.2.3.1-1

## BS 衛星折り返し 8PSK 3/4

(スパン:40MHz)

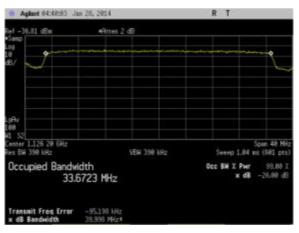


図 1.4.2.3.1-2

BS 衛星折り返し 16APSK 3/4

(スパン:40MHz)

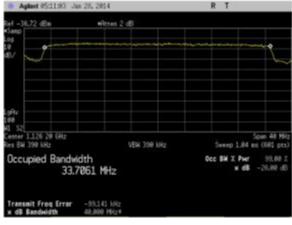


図 1.4.2.3.1-4

BS 衛星折り返し 32APSK 2/3

(スパン:40MHz)

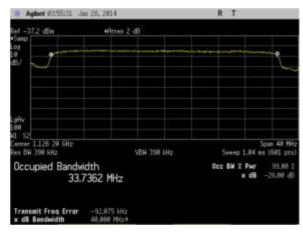


図 1.4.2.3.1-3

BS 衛星折り返し 16APSK 7/9

(スパン:40MHz)

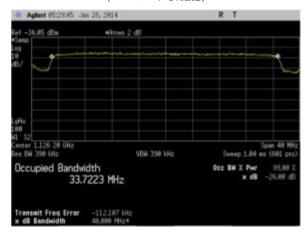


図 1.4.2.3.1-5

BS 衛星折り返し 32APSK 4/5

(スパン:40MHz)

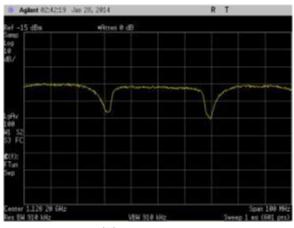


図 1.4.2.3.2-1

## BS 衛星折り返し 8PSK 3/4

(スパン:100MHz)

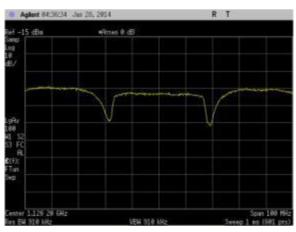


図 1.4.2.3.2-2

BS 衛星折り返し 16APSK 3/4

(スパン:100MHz)

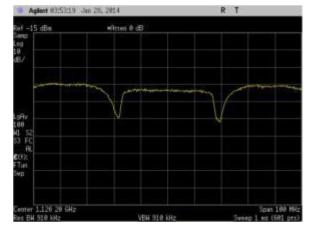


図 1.4.2.3.2-3

BS 衛星折り返し 16APSK 7/9

(スパン:100MHz)

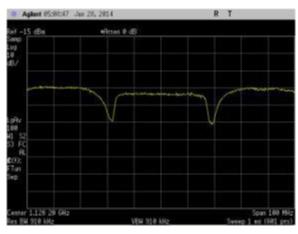


図 1.4.2.3.2-4

BS 衛星折り返し 32APSK 2/3

(スパン:100MHz)

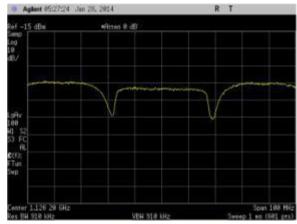


図 1.4.2.3.2-5

BS 衛星折り返し 32APSK 4/5

(スパン:100MHz)



図 1.4.2.4-1 BS 地球局折り返し 8PSK 3/4

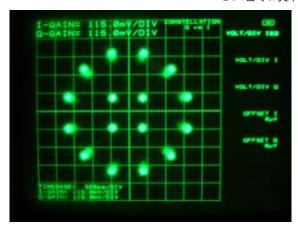


図 1. 4. 2. 4-2 BS 地球局折り返し 16APSK 3/4

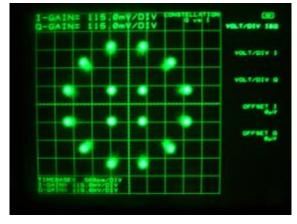


図 1.4.2.4-3 BS 地球局折り返し 16APSK 7/9

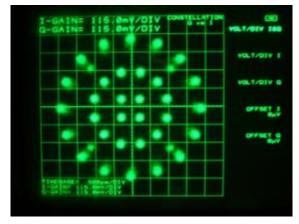


図 1. 4. 2. 4-4 BS 地球局折り返し 32APSK 2/3

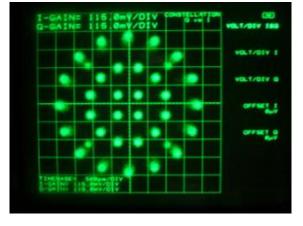


図 1.4.2.4-5 BS 地球局折り返し 32APSK 4/5

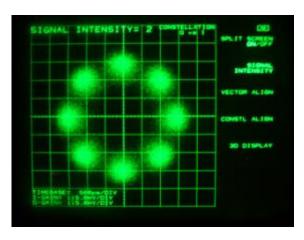


図 1.4.2.5-1 BS 衛星折り返し 8PSK 3/4

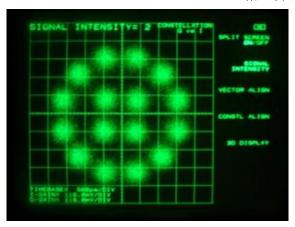


図 1.4.2.5-2 BS 衛星折り返し 16APSK 3/4

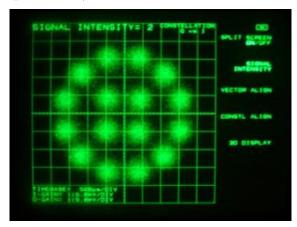


図 1.4.2.5-3 BS 衛星折り返し 16APSK 7/9

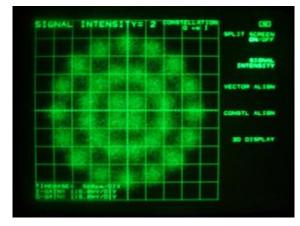


図 1.4.2.5-4 BS 衛星折り返し 32APSK 2/3

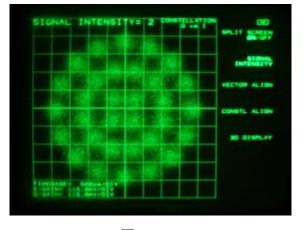


図 1.4.2.5-5 BS 衛星折り返し 32APSK 4/5

## 1.4.3 BS 地球局折り返し、衛星中継器折り返しにおける占有周波数帯幅測定

実験内容: BS 地球局折り返し、衛星中継器折り返しにおける占有周波数帯幅測定を行う。

## 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 地球局折り返し、衛星中継器折り返しにおける占有周波数帯幅測定結果一覧を示す。

表 1.4.3 BS 地球局折り返し、衛星中継器折り返し 占有周波数帯幅一覧

変調方式 符号化率	BS地球局折返し 占有周波数帯幅[MHz]	BS衛星中継器 占有周波数帯幅[MHz]
8PSK 3/4	33. 6	33.8
16APSK 3/4	33. 6	33. 7
16APSK 7/9	33. 6	33. 7
32APSK 2/3	33. 6	33. 7
32APSK 7/9	33. 6	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

G/T

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。

項目	数值	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	

14.5 dB/K

表 1.4.4.1 市販の衛星放送受信アンテナ 仕様



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。受信信号スペクトルを図 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 0B0=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•	受信 C/N ①	所要 C/N	受信 C/N マージン
符号化率	[dB]	測定値[dB]	(2-1) [dB]
16APSK 7/9	16. 0	14. 4	1.6

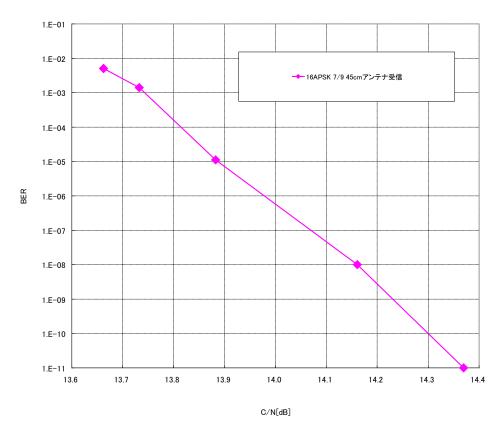
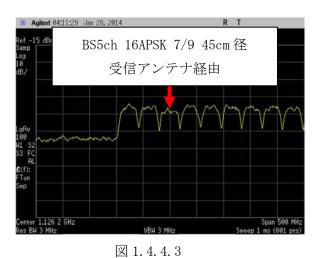


図 1.4.4.2 BS 衛星折り返し 市販の衛星放送受信アンテナ経由 C/N 対ビット誤り率特性



市販受信アンテナでの受信スペクトル 16APSK 7/9 受信スペクトル

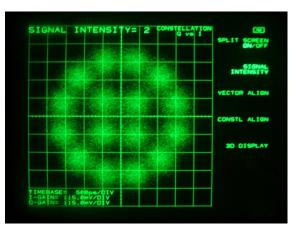


図 1.4.4.4 市販受信アンテナでの受信スペクトル 16APSK 7/9 受信コンスタレーション

# 付録1

#### 付録 1-1: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 0.5 dB 出力を下げたレベルに設定し、実験を行った。

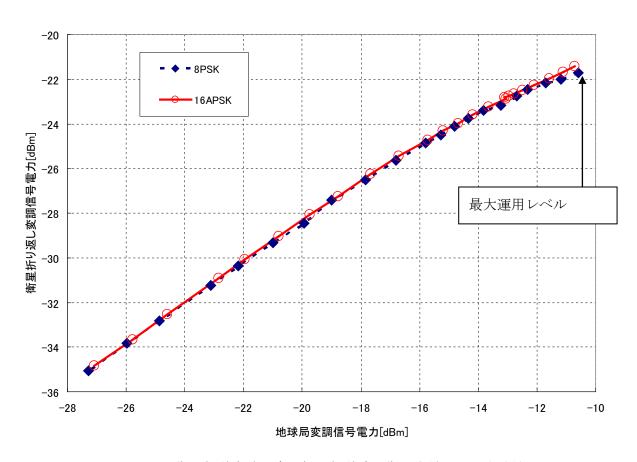


図 A1 CS 衛星伝送実験 変調信号伝送時の衛星中継器入出力特性

#### 付録 1-2: 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 0.1dB 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、 $1\times10^{-8}$ 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、 $1\times10^{-8}$ 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<sup>-11</sup>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。

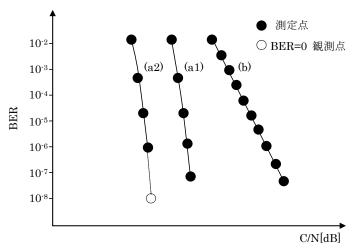


図 A2-1 取得データのパターン

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<sub>1</sub>, BER<sub>1</sub>)、 $P_2$  (CN<sub>2</sub>, BER<sub>2</sub>)、 $P_3$  (CN<sub>3</sub>, BER<sub>3</sub>) 、 $P_4$  (CN<sub>4</sub>,  $10^{-11}$ )、とおくと、所要 C/N は次式で求まる。

所要 
$$C/N = CN_4 = 2 \cdot \frac{\log(10^{-11}) - \log(BER_3)}{\log(BER_2) - \log(BER_1)} + \frac{\log(BER_3) - \log(BER_2)}{CN_2 - CN_1} + \frac{CN_3 - CN_2}{CN_3 - CN_2}$$

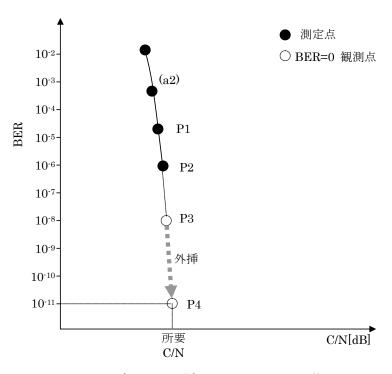


図 A2-2 データの外挿による所要 C/N の導出

付録 1-3: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ルアナライザ(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。

スペクトル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

スペクトル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 Fc 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 Fc-30MHz 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 補正値 $(C/N_{corrected})$ を取得する。

$$C/N_{corrected} = 10\log\left(\frac{10^{(P_{C+N}/10)} - 10^{(P_{N}/10)}}{10^{(P_{N}/10)}}\right)$$
 (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。

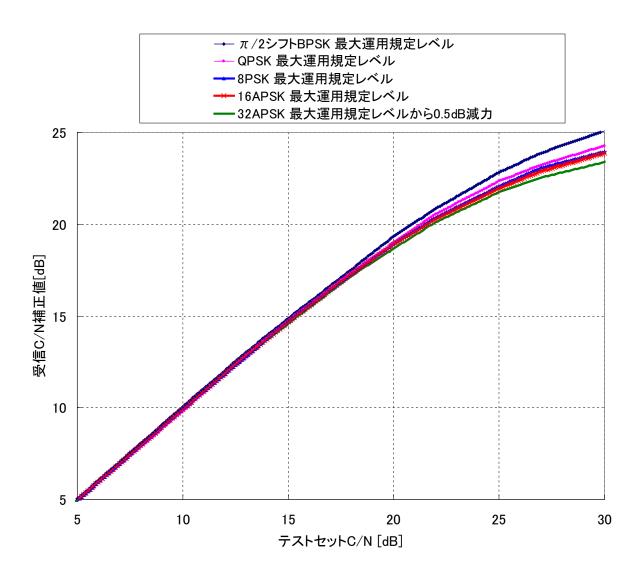


図 A3 CS 衛星伝送実験 衛星折り返し テストセット C/N 対受信 C/N 補正カーブ

## 付録 1-4: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 (Pc / P」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  $P_{C_3h_earth}$  / $P_{I_3ch\ to\ 5ch_earth}$ 、 $P_{C_7ch_earth}$  / $P_{I_7ch\ to\ 5ch_earth}$ 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<sub>C\_7ch\_earth</sub> : 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<sub>I 7ch to 5ch earth</sub>: 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<sub>C</sub> / P<sub>I</sub>

	$P_{C} / P_{I} [dB]$
P <sub>C_3ch_earth</sub> /P <sub>I_3ch to 5ch_earth</sub>	28.7
P <sub>C_7ch_earth</sub> /P <sub>I_7ch to 5ch_earth</sub>	32. 1

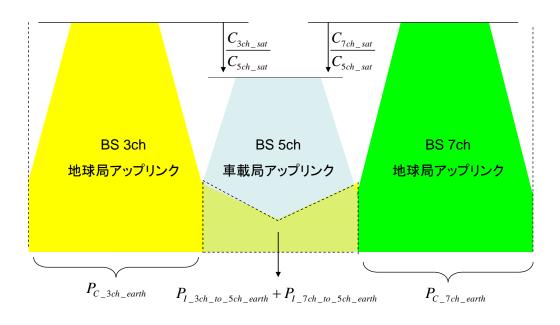


図 A4-1:各チャンネルの信号電力、干渉電力の関係

# 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  $C_{3ch\_sat}$  /  $C_{5ch\_sat}$  /  $C_{5ch\_sat}$  /  $C_{5ch\_sat}$  /  $C_{5ch\_sat}$  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<sub>3ch\_sat</sub>: 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<sub>7ch\_sat</sub>: 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)

• •	111-1-11-11-11-11-11-11-11-11-11-11-11-	- Juli_sat / Juli_mod_sat • 10	ii_sat / Jcii_iiiou_sat
	mod=8PSK [dB]	mod=16APSK [dB]	mod=32APSK [dB]
C <sub>3ch_sat</sub> / C <sub>5ch_mod_sat</sub>	10. 4	9. 0	8. 7
C <sub>7ch sat</sub> / C <sub>5ch mod sat</sub>	10. 4	9. 0	8. 7

表 A4-2:BS 衛星中継器入力における C<sub>3ch sat</sub> / C<sub>5ch mod sat</sub>、 C<sub>7ch sat</sub> / C<sub>5ch mod sat</sub>

 $C_{\rm earth}$  / $I_{\rm earth}$  =  $C_{\rm sat}$  / $I_{\rm sat}$  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。

$$\frac{C_{5ch\_mod\_sat}}{(I_{3ch\_to\_5ch\_sat} + I_{7ch\_to\_5ch\_sat})} = \frac{1}{\frac{C_{3ch\_sat} / C_{5ch\_mod\_sat}}{C_{3ch\_sat} / I_{3ch\_to\_5ch\_sat}}} + \frac{C_{7ch\_sat} / C_{5ch\_mod\_sat}}{C_{7ch\_sat} / I_{7ch\_to\_5ch\_sat}}$$

$$= \frac{1}{\frac{C_{3ch\_sat} / C_{5ch\_mod\_sat}}{C_{3ch\_sat} / I_{3ch\_to\_5ch\_earth}}} + \frac{C_{7ch\_sat} / C_{5ch\_mod\_sat}}{C_{7ch\_sat} / C_{5ch\_mod\_sat}}$$

表 A4-3: 車載局アップリンク C/I

変調方式・	車載局アップリンク
符号化率	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補正値の計算

スペクトル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) 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 補正値 (C/N) 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) measure を用いて求まる。所要 C/N 補正値の計算結果を表 A4-4 に示す。

$$(C/N)_{measure} = \frac{C'}{N_r} = \frac{C+I}{N_r} \qquad ②$$

$$(C/N)_{corrected} = \frac{C}{I+N_r} = \left[ \frac{1}{\frac{1+\frac{1}{C/I}}{(C/N)_{measure}} + \frac{1}{C/I}} \right] \qquad ③$$

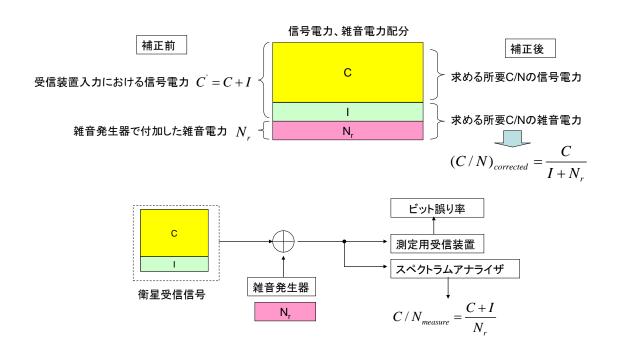


図 A4-2:受信装置入力信号電力 C'、アップリンク干渉成分 I、受信装置側付加白色雑音 N<sub>r</sub>

表 A4-4: 所要 C/N 補正値 計算結果

変調方式•	車載局	BS 衛星折り返し	BS 衛星折り返し所要 C/N
符号化率	アップリンク	所要 C/N 測定値[dB]	補正値[dB]
	C/I [dB]	$\mathrm{C/N}_{\mathrm{measure}}$	$ m C/N_{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

室内伝送実験

#### 1.1 伝送路符号化方式の室内伝送実験結果の概要

「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衛星中継器シミュレータ(以下、中継器シミュレータ)を用いた室内伝送実験を行った。

実験を通じて、シンボルレート・ロールオフ率の暫定値を選定し、暫定方式(案)の性能確認を実施した。実験の結果、シンボルレート 33.7561Mbaud、ロールオフ率 0.03 を選定し、中継器シミュレータ経由において、要求される性能を満足した。

#### 1.1.1 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験の結果概要

シンボルレート・ロールオフ率をパラメータとした室内伝送実験を行い、所要 C/N、占有周波数帯幅、隣接干渉信号及び交差偏波信号が存在時の同期限界 C/N を測定した。測定結果とともに、シンボルレート・ロールオフ率選定の条件として、以下の3つの条件を検討した。

- ・受信機製造上の条件
- ・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
- ・HDTV チャンネル伝送に関するサービス時間率の条件

シンボルレート選定の条件を全て満足し、約 100Mbps の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、シンボルレート 33.7561baud、ロールオフ率 0.03 を選定した。

## 1.1.2 中継器シミュレータ実験の結果概要

シンボルレート 33.7561Mbaud、ロールオフ率 0.03 を適用し、以下の実験を行った。

## (1) C/N 対ビット誤り率測定

 $\pi/2$  シフト BPSK~32APSK の IF 折り返し、中継器シミュレータ折り返し C/N 対ビット誤り率を 測定した。中継器シミュレータの TWTA に適用する出力バックオフ (0B0) は、以下の 2 通りの条件 で測定を行った。

条件 1: 現行の放送衛星への適用を想定し、 $\pi/2$  シフト BPSK〜8PSK は、TWTA が飽和出力となる 0B0 とし、 $16\sim32$ APSK は、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0 (最適 0B0)を適用

条件 2: 衛星中継器定格出力 200W、衛星 EIRP 上限値=60dBW を想定し、変調方式によらず 0B0=2. 2dB を適用

ただし、条件2については、 $\pi/2$ シフトBPSK~16APSKについて測定を行った。

条件 1 の場合、8PSK 3/4 の所要 C/N は 9.1dB、16APSK 3/4 の所要 C/N は 12.0dB、16APSK 7/9 の所要 C/N は 12.5dB、32APSK 4/5 の所要 C/N は 16.6dB であった。

条件2の場合、8PSK 3/4の所要C/N は8.6dB、16APSK 3/4の所要C/N は11.7dB、16APSK 7/9の所要C/N は12.3dBであった。

## (2) 占有周波数带幅測定

 $\pi/2$  シフト BPSK〜32APSK の占有周波数帯幅を測定した。全ての変調方式で占有周波数帯幅が 34.5MHz 以内であることを確認した。

#### (3) 同期限界測定

受信機入力信号を想定するチャンネルの IF 周波数から $\pm 5 MHz$  まで変化させ、8 PSK3/4、16 APSK3/4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、-5 MHz ~+4 MHz の範囲で、0 dB 以下で同期が確保できることを確認した。

#### (4) 干渉実験

隣接チャンネルおよび交差偏波チャンネルからの干渉波が存在する時の C/N 対ビット誤り率を 8PSK 3/4、8PSK 7/9、16APSK 3/4、16APSK 7/9、32APSK 7/9、32APSK 4/5 の 6 ケースについて測 定した。白色雑音と干渉信号の影響を考慮した所要 C/N 劣化量は、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) ODU 挿入時の所要 C/N 劣化測定

ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率を 8PSK 3/4、8PSK 7/9、16APSK 3/4、16APSK 7/9、32APSK 7/9、32APSK 7/9、32APSK 4/5 の 6 ケースについて測定し、ODU 挿入時の所要 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。

## 1.2 室内伝送実験の内容

#### 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」のシンボルレート・ロール オフ率選定及び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 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験

場所: NHK 放送技術研究所

日時:

2013/12/6~2013/12/16

- C/N 対ビット誤り率
- 占有周波数帯幅測定
- 干渉波存在時の同期限界 C/N 測定

## 1.2.2.2 中継器シミュレータ実験

場所:NHK 放送技術研究所

日時:

2013/12/18~2013/12/25

 $2014/2/10 \sim 2014/2/20$ 

- IF 折り返し、中継器シミュレータ折り返し C/N 対ビット誤り率測定
- 中継器シミュレータ折り返し 占有周波数帯幅測定
- 中継器シミュレータ折り返し 同期限界 C/N 測定
- 中継器シミュレータ折り返し 干渉実験

#### 1.2.3 実験項目

## 1.2.3.1 所要 C/N の算出法

#### (1) C/N 対ビット誤り率測定の所要 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<sup>-2</sup>オーダー~10<sup>-8</sup>オーダー
- BER=1E-4 以上における観測ビット数:10<sup>9</sup>ビット
- BER=1E-4 未満かつ BER=10<sup>-5</sup>以上における観測ビット数:5×10<sup>9</sup>ビット
- BER=1E-5以下における観測ビット数:10<sup>10</sup>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 2-1 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) 干渉実験時の所要 C/N 測定方法

干渉実験においては、隣接チャンネルおよび交差偏波チャンネルから加わる干渉信号電力 I の影響を考慮するため、雑音電力 N による所要 C/N の測定に加え、信号電力対干渉信号電力比 C/I を測定し、付録 2-2 に示す手法により所要 C/(N+I) を算出した。

#### 1.2.3.2 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験の実施項目

シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定範囲として、ロールオフ率 0.01~0.05、0.1 の 6 種類について測定した。ロールオフ率毎のシンボルレートは、現行の衛星デジタル放送の占有周波数帯幅 33.77MHz 以内を満足するための最大シンボルレートとして導出した (表 1.2.3.2-1)。尚、広帯域伝送方式の占有周波数帯幅 (99%電力帯域幅) は 34.5MHz 以内 である。

マ 1. 2. 3. 2-1 ロールオノ卒毋のシンホルレート					
	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			

表 1.2.3.2-1 ロールオフ率毎のシンボルレート最大値

評価する変調方式は 8PSK、16APSK の 2 種類、内符号化率は 2/3、3/4、4/5 の 3 種類とし、所要 C/N、最悪月サービス時間率、同期限界 C/N、隣接チャンネル及び交差偏波チャンネルからの影響 という観点から測定を実施した。 8PSK の 0B0 は TWTA が飽和出力となる 0B0 とし、16APSK の 0B0 については、以下に示す 2 種類の 0B0 設定を適用した。

(0B0 設定 1) 衛星 EIRP=60dBW を想定し、衛星中継器出力 120W が維持される 0B0 を適用 (0B0 設定 2) 現行の放送衛星への適用を想定し、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0 (最適 0B0) を適用 なお、最悪月サービス時間率の算出には、第 2 節 2.2.1.15 回線設計例のうち表 2.2.1-24 に記載する BS 回線計算の前提条件を適用した。ただし、受信地域は東京とし、衛星交差偏波識別度、受信アンテナ交差偏波識別度および、外国衛星からの干渉は除外した。

以上のパラメータを用いて、下記項目の測定を実施した。

## (1) 中継器動作点に対する 16APSK の性能測定

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、OBO をパラメータ とした C/N 対ビット誤り率測定結果より求める。設定 OBO は以下の 4 ケースを設定した。

- 0B0=1.7dB (定格出力178W相当)
- 0B0=2.2dB (定格出力 200W 相当)
- 0B0=3.0dB (定格出力 240W 相当)
- 0B0=5.0dB (定格出力 380W 相当)

#### (2) C/N 対ビット誤り率測定

表 1.2.3.2-1 記載のパラメータに従い、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。

#### (3) 占有周波数带幅

中継器シミュレータの OMUX フィルタ出力における 8PSK、16APSK の占有周波数帯幅を測定した。 8PSK は、TWTA が飽和出力となる OBO とし、 $16\sim32$ APSK は、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 適用した。

#### (4) 同期限界測定

(4-1) キャプチャ C/N、ロック C/N 測定方法

シンボルレート・ロールオフ率をパラメータとして、8PSK3/4 及び 16APSK3/4 の 2 ケースについて同期限界 C/N 測定を実施した。

シンボルレート選定の室内実験における同期限界 C/N として、キャプチャ C/N、ロック C/N を用いた。キャプチャ C/N、ロック C/N は以下の定義とした。

- キャプチャ C/N: BS-IF ダウンコンバート用局部発振器の周波数を±1.5MHz 離調した状態において、受信 C/N を-4dB 以下に設定し、受信機が位相同期しないことを確認後、C/N を 0.1dB ステップで上昇し、受信機の位相同期確立が 1 分間保持する最小 C/N
- ロック C/N:キャプチャ C/N 測定後、受信機の位相同期が確立している状態で、再度 C/N を下げていき、受信機の位相同期確立が 1 分間保持する最小 C/N

#### (4-2) 干渉条件

隣接チャンネルからの影響を評価するため、隣接チャンネル用与干渉信号源として、被干渉信号と同一のシンボルレート・ロールオフ率を適用した 8PSK3/4 (ケース 1) と、 ISDB-S (TC8PSK2/3 28.86Mbaud,  $\alpha$ =0.35) (ケース 2) の 2 ケースについて測定を実施した。隣接チャンネル用周波数は、被干渉信号から-38.36MHz オフセットした周波数に設定した。

交差偏波の信号源は ISDB-S とし、交差偏波信号中心周波数は被干渉信号から-19.16MHz オフセットした周波数に設定した。交差偏波信号の電力は、被干渉信号が 8PSK 信号(飽和点出力)の場合の信号電力を基準として、C/I=25dB 相当の電力に設定した。

また、被干渉信号に ODU の位相雑音(-75dBc/Hz (測定信号 12GHz 無変調波、1kHz オフセット値)を付加した。16APSK においては最適 OBO を適用し、8PSK 及び ISDB-S については飽和点 OBO を適用した。

8PSK 3/4、16APSK 3/4 における隣接チャンネルからの被干渉・与干渉組合せを表 1. 2. 3. 2-2、表 1. 2. 3. 2-3 に示す。

表 1.2.3.2-2 16APSK 3/4 同期限界測定における被干渉・与干渉の変調方式の組み合わせ

	与干渉(隣接チャンネル)	被干渉(測定 C/N.vs. BER 対象)
1	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.01$
2	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.01	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.01$
3	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.02$
4	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.02	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.02$
(5)	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.03$
6	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.03	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.03$
7	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.04$
8	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.04	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.04$
9	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.05$
10	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.05	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.05
(1)	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.10
12	16APSK 3/4 $\alpha$ =0.10	16APSK $3/4$ $\alpha = 0.10$

表 1.2.3.2-3 8PSK 3/4 同期限界測定における被干渉・与干渉の変調方式の組み合わせ

	与干渉(隣接チャンネル)	被干涉(測定 C/N . vs. BER 対象)
1	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.01$
2	8PSK 3/4 $\alpha$ =0.01	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.01$
3	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.02$
4	8PSK 3/4 $\alpha$ =0.02	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.02$
(5)	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.03$
6	8PSK 3/4 $\alpha$ =0.03	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.03$
7	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.04$
8	8PSK 3/4 $\alpha$ =0.04	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.04$
9	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.05$
10	8PSK 3/4 $\alpha$ =0.05	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.05$
11)	ISDB-S 8PSK $\alpha$ =0.35	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.10$
12	8PSK 3/4 α=0.10	8PSK $3/4$ $\alpha = 0.10$

#### 1.2.3.3 中継器シミュレータ実験の実施項目

シンボルレート・ロールオフ率の暫定値(33.7561Mbaud、0.03)を適用し、下記項目の測定を 実施した。

#### (1) C/N 対ビット誤り率測定

 $\pi/2$  シフト BPSK~32APSK の IF 折り返し、中継器シミュレータ折り返し C/N 対ビット誤り率を 測定した。中継器シミュレータの TWTA に適用する出力バックオフ (0B0) は、以下の 2 通りの条件 で測定を行った。

条件 1: 現行の放送衛星への適用を想定し、 $\pi/2$  シフト BPSK〜8PSK は、TWTA が飽和出力となる 0B0 とし、16〜32APSK は、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0 (最適 0B0)を適用

条件 2: 衛星中継器定格出力 200W、衛星 EIRP 上限値=60dBW を想定し、変調方式によらず 0B0=2.2dB を適用

ただし、条件 2 については、 $\pi/2$  シフト BPSK~16APSK について測定を行った。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。

#### (2) 占有周波数带幅

中継器シミュレータの OMUX フィルタ出力において、 $\pi/2$  シフト BPSK~32APSK の占有周波数帯幅を測定した。中継器シミュレータの TWTA に適用する出力バックオフ (OBO) は、現行の放送衛星への適用を想定し、 $\pi/2$  シフト BPSK~8PSK は、TWTA が飽和出力となる OBO とし、16~32APSK は、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) を適用した。

## (3) 同期限界測定

8PSK3/4 及び 16APSK3/4 の中継器シミュレータ折り返し出力信号に対し、受信機入力前の局部 発振器の周波数偏差を 0 から  $\pm$  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。

- 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

#### (4) 干渉実験

隣接チャンネルおよび交差偏波チャンネル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。 隣接チャンネル用干渉信号は ISDB-S (ケース 1)、8PSK 3/4 (ケース 2) とし、ケース 2 について は、主信号と同一のシンボルレート・ロールオフ率を適用した。交差偏波チャンネル用干渉信号は ISDB-S を適用し、C/I=25dB 相当の電力に設定した。

## (5) ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定

中継器シミュレータ出力を ODU (-75dBc/Hz (測定信号 12Ghz 無変調波、1kHz オフセット値) に入力し、被干渉信号に ODU の位相雑音を付加した状態での C/N 対ビット誤り率を 8PSK 3/4、8PSK 7/9、16APSK 3/4、16APSK 7/9、32APSK 7/9、32APSK 4/5 の 6 ケースについて測定した。

# 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 に示す。実験構成機器の詳細を測定機器一覧に示す。

表 1.2.4-1 実験機材一覧

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	_	NHK 製作
送信装置		
低ロールオフ率・シンボルレート可変	_	NHK 製作
受信装置		
C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard
中継器シミュレータ(与干渉用)	_	NHK 製作
中継器シミュレータ(被干渉用)	_	NHK 製作
中継器シミュレータ(交差偏波用)	_	NHK 製作
スペクトルアナライザ	E4448A	Agilent Technology
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
電波無響箱	_	NHK 製作

# 1.2.5 実験スケジュール

# (1) シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験(場所:NHK 放送技術研究所)

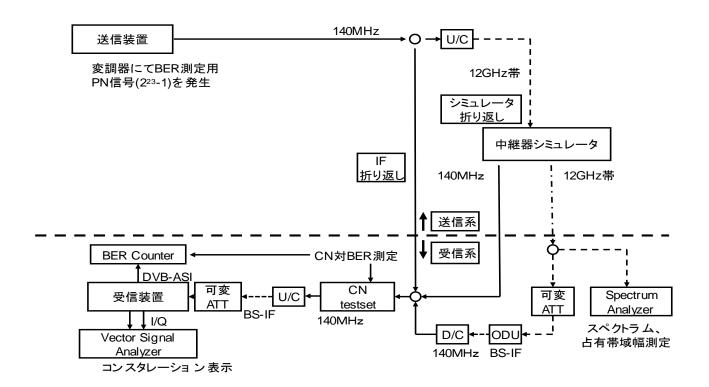
曜日	月	火	水	木	金
日時	2013年12月2日	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日
実験項目	実験準備	実験準備	実験準備	実験準備	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 8PSK 3/4 C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定
日時	12月9日	12月10日	12月11日	12月12日	12月13日
実験項目	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 16APSK 3/4 C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅 測定	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 16APSK 2/3 C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 16APSK 3/4 同期限界測定 (与干渉: ISDB-S)	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 16APSK 4/5 C/N 対 BER 測定 16APSK 3/4 同期限界測定 (与干渉 8PSK)	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 8PSK 2/3 C/N 対 BER 測定 8PSK 3/4 同期限界測定 (与干渉 ISDB-S)
日時	12月16日	12月17日			
実験項目	シンボルレート・ ロールオフ率暫定値 選定実験 8PSK 4/5 C/N 対 BER 測定 8PSK 3/4 同期限界測定 (与干渉 8PSK)	ARIB-TG 打合せ ARIB 作業班打合せ シンボルレート ロールオフ率決定			

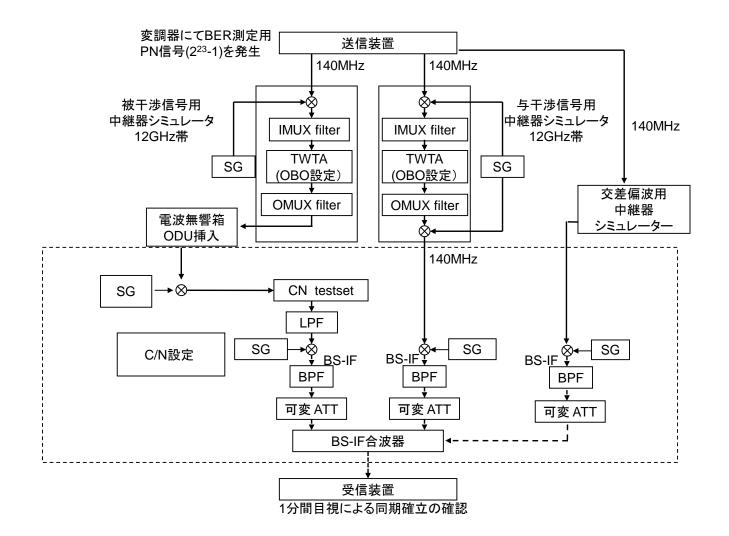
# (2) 中継器シミュレータ実験(場所:NHK 放送技術研究所)

曜日	月		水	木	金
日時			2013年12月18日	2013年12月19日	2013年12月20日
実験項目			π/2 シフト BPSK IF 折り返し C/N 対 BER 測定	QPSK IF 折り返し C/N 対 BER 測定	8PSK IF 折り返し C/N 対 BER 測定
日時	2013年12月23日	2013年12月24日	2013年12月25日		
実験項目	_	16APSK IF 折り返し C/N 対 BER 測定	32APSK IF 折り返し C/N 対 BER 測定		
日時	2014年2月10日	2014年2月11日	2014年2月12日	2014年2月13日	2014年2月14日
実験項目	中継器シミュレータ 折り返し ODU 挿入時所要 C/N 劣化 占有周波数帯幅測定	_	中継器シミュレータ 折り返し 干渉実験 占有周波数帯幅測定	中継器シミュレータ 折り返し 8PSK C/N対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	中継器シミュレータ 折り返し π/2 シフト BPSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定
	2014年2月17日	2014年2月18日	2014年2月19日	2014年2月20日	2014年2月21日
実験項目	中継器シミュレータ 折り返し 16APSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	中継器シミュレータ 折り返し QPSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	中継器シミュレータ 折り返し 同期限界測定 占有周波数帯幅測定	中継器シミュレータ 折り返し 32APSK C/N 対 BER 測定 占有周波数帯幅測定	_

# 1.2.6 実験系統

1.2.6.1 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験、中継器シミュレータ実験(C/N 対ビット誤り率測定、占有周波数帯幅測定、ODU 挿入時の所要 C/N 劣化) 測定系統図





# シンボルレート・ロールオフ率暫定値 選定実験結果

# 1.3. シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験 実験結果

# 1.3.1 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験における測定項目

シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定のために、中継器シミュレータを使った室内実証 実験を行う。測定項目を表 1.3.1 に示す。測定項目の実験パラメータは、1.2.3.2 節 "シンボ ルレート・ロールオフ率暫定値選定実験の実施項目"に記載の値を適用した。

表 1.3.1:シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験における実験項目

測定項目	概要	対応する節
16APSK 衛星 EIRP=60dBW 一定条 件における所要 C/N(0B0 可変)	衛星 EIRP=60dBW 一定の条件で、 中継器定格出力の規模に応じて、中継器動作点を変えた場合の 16APSK 3/4 の所要 C/N を測定	1. 3. 2. 1
16APSK 衛星 EIRP=60dBW 一定条 件における所要 C/N	衛星 EIRP=60dBW 一定の条件で、 定格出力 200W 相当の 0B0=2. 2dB における 16APSK 2/3、16APSK 3/4、16APSK 4/5 の所要 C/N を測定	1. 3. 2. 2
現行の放送衛星を想定し、OBO に伴う出力低下を考慮した条件 における所要 C/N	8PSK には飽和点 OBO を適用し、 16APSK には最適 OBO を適用した場合の、 8PSK 2/3、8PSK 3/4、8PSK 4/5、 16APSK 2/3、16APSK 3/4、16APSK 4/5の所要 C/N を測定	1. 3. 2. 2
現行の放送衛星を想定し、OBO に伴う出力低下を考慮した条件 における占有周波数帯幅	8PSK には飽和点 0B0 を適用し、 16APSK には最適 0B0 を適用した場合の、 占有周波数帯幅を測定	1. 3. 2. 3
同期限界測定	隣接チャンネルに ISDB-S または 8PSK 3/4 が存在し、 交差偏波チャンネルに C/I=25dB 相当の ISDB-S 信号が存在し、 さらに主信号に ODU 位相雑音が付加された環境における、 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. 4

## 1.3.2 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験 実験結果概要

#### 1.3.2.1 中継器動作点に対する 16APSK の性能測定

実験内容: 衛星 EIRP=60dBW 一定の条件で、衛星中継器定格出力の規模に応じて中継器動作点を変えた場合の、16APSK 3/4 の中継器シミュレータ折り返し所要 C/N を測定する。

中継器動作点 (0B0) をパラメータとした、16APSK 3/4 の中継器シミュレータ折り返し所要 C/N 対情報ビットレートを図 1.3.2.1-1 に示す。比較のため、図 1.3.2.1-1 には IF 折り返しの特性も 付記した。想定した 0B0 は以下の通りとした。

- 0B0=1.7dB(定格出力178W相当)
- 0B0=2.2dB(定格出力200W相当)
- 0B0=3.0dB(定格出力240W相当)
- 0B0=5.0dB(定格出力380W相当)

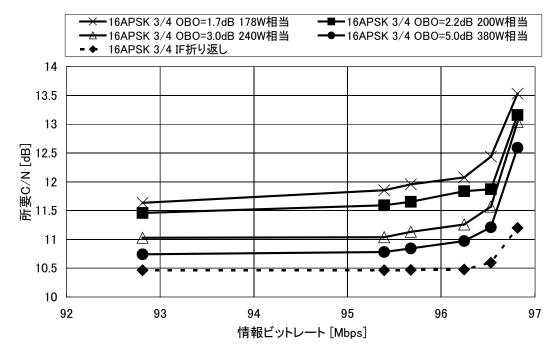


図 1.3.2.1-1 16APSK 衛星 EIRP=60dBW 一定の条件で、衛星中継器定格出力の規模に応じて中継器動作点を変えた場合の情報ビットレート対所要 C/N

#### 1.3.2.2 C/N 対ビット誤り率測定

#### 1.3.2.2.1 衛星 EIRP=60dBW、0B0=2.2dB における 16APSK 所要 C/N

実験内容:衛星 EIRP=60dBW 一定の条件で、定格出力 200W を想定し、0B0=2.2dB に設定した場合の、16APSK 2/3、16APSK 3/4、16APSK 4/5 の中継器シミュレータ折り返し所要 C/N を測定する。

変調方式 16APSK におけるシンボルレート、ロールオフ率、符号化率をパラメータとし、中継器シミュレータ折り返しの所要 C/N、ロールオフ率 0.10 からの所要 C/N 劣化を表 1.3.2.2.1-1~ 1.3.2.2.1-3 に示す。符号化率毎の C/N 対 BER を図 1.3.2.2.1-1~図 1.3.2.2.1-3 に示す。尚、受信コンスタレーションは、1.3.3.2.3 節に掲載した。

表 1.3.2.2.1-1:16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 衛星 EIRP=60dBW 0B0=2.2dB における所要 C/N

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	レート	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	2. 2	12. 1	1.8
0.02	33. 9	2. 2	10.8	0.5
0.03	33.8	2. 2	10.5	0.2
0.04	33. 6	2. 2	10. 4	0.1
0.05	33. 5	2. 2	10.3	0.0
0. 10	32. 6	2. 2	10.3	-

表 1.3.2.2.1-2:16APSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 衛星 EIRP=60dBW 0B0=2.2dB における所要 C/N

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	レート	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	2. 2	13. 2	1.7
0.02	33. 9	2. 2	11.9	0. 4
0.03	33.8	2. 2	11.8	0.3
0.04	33. 6	2. 2	11. 7	0.2
0.05	33. 5	2. 2	11.6	0. 1
0.10	32. 6	2. 2	11.5	-

表 1.3.2.2.1-3:16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 衛星 EIRP=60dBW 0B0=2.2dB における所要 C/N

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	レート	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34.0	2. 2	14. 4	1.6
0.02	33. 9	2. 2	13. 4	0.6
0.03	33.8	2. 2	13. 1	0.3
0.04	33. 6	2. 2	13. 0	0.2
0.05	33. 5	2. 2	12. 9	0.1
0. 10	32. 6	2. 2	12.8	_

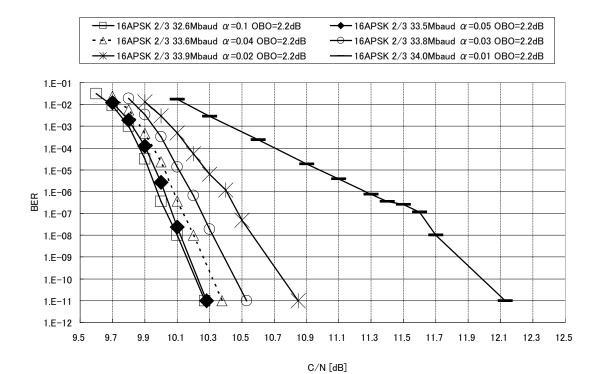


図 1.3.2.2.1-1 16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dB における C/N 対ビット誤り率特性

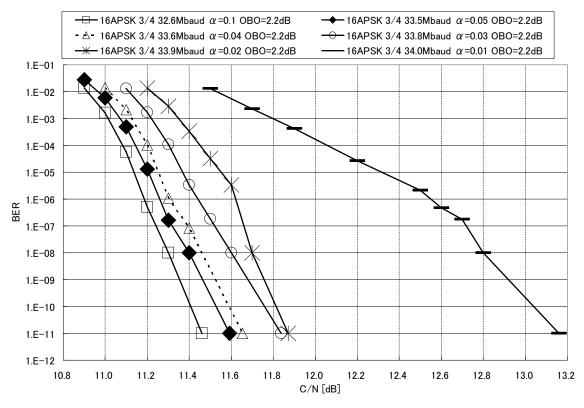


図 1.3.2.2.1-2 16APSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dB における C/N 対ビット誤り率特性

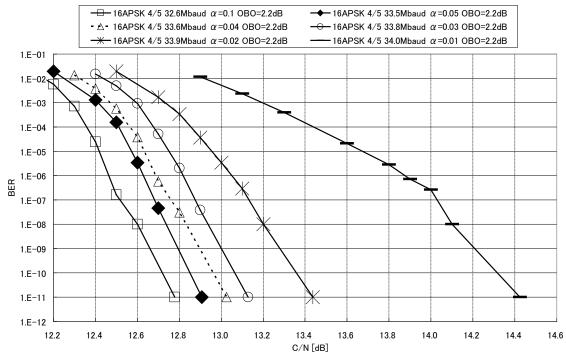


図 1.3.2.2.1-3 16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dB における C/N 対ビット誤り率特性

衛星 EIRP=60dBW を想定し、変調方式 16APSK、0B0=2. 2dB 適用時(定格出力 200W 相当)における中継器シミュレータ折り返し所要 C/N(表 1.3.2.2.1-1~表 1.3.2.2.1-3 参照)から算出した、情報ビットレート対最悪月サービス時間率特性を図 1.3.2.2.1-4、表 1.3.2.2.1-4~表 1.3.2.2.1-6 に示す。

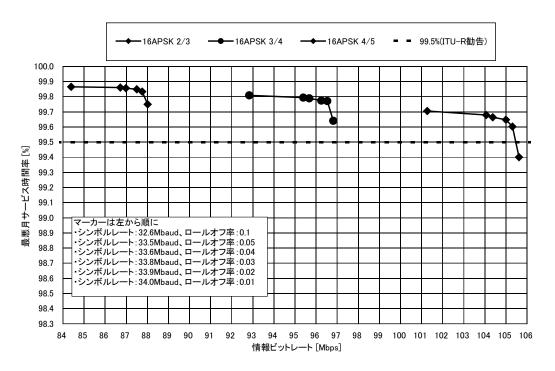


図 1.3.2.2.1-4 16APSK 衛星 EIRP=60dBW 0B0=2.2dB における 情報ビットレート対最悪月サービス時間率

表 1.3.2.2.1-4:16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dB における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	2. 2	12. 1	88. 01	99. 75
0.02	33. 9	2. 2	10.8	87. 75	99. 83
0.03	33.8	2. 2	10. 5	87. 50	99. 85
0.04	33. 6	2. 2	10. 4	86. 98	99.86
0.05	33. 5	2. 2	10.3	86. 72	99. 86
0.10	32. 6	2. 2	10.3	84. 39	99.87

表 1.3.2.2.1-5:16APSK3/4 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dBにおける情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	2. 2	13. 2	96. 82	99. 64
0.02	33. 9	2. 2	11. 9	96. 53	99. 77
0.03	33.8	2. 2	11.8	96. 25	99. 77
0.04	33. 6	2. 2	11. 7	95. 68	99. 79
0.05	33. 5	2. 2	11.6	95. 39	99. 79
0.10	32. 6	2. 2	11.5	92.83	99. 81

表 1.3.2.2.1-6:16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 0B0=2.2dB における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	60dBW 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	2. 2	14. 4	105. 62	99. 40
0.02	33. 9	2. 2	13. 4	105. 31	99. 60
0.03	33.8	2. 2	13. 1	105. 00	99. 65
0.04	33.6	2. 2	13.0	104. 37	99. 66
0.05	33. 5	2. 2	12. 9	104. 06	99. 68
0. 10	32. 6	2. 2	12.8	101. 27	99. 71

1.3.2.2.2 最適 OBO における 16APSK 所要 C/N

実験内容:現行の放送衛星を想定し、OBO に伴い出力が低下することを考慮した条件で、中継器シミュレータ折り返し16APSK 2/3、16APSK 3/4、16APSK 4/5の所要 C/N を測定する。

変調方式 16APSK におけるシンボルレート、ロールオフ率、符号化率をパラメータとし、中継器シミュレータ折り返しの所要 C/N、ロールオフ率 0.10 からの所要 C/N 劣化を表 1.3.2.2.2-1~1.3.2.2.2-3 に示す。符号化率毎の C/N 対 BER を図 1.3.2.2.2-1~図 1.3.2.2.3 に示す。動作点

は最適 OBO (1.3.3.1 節参照) を適用した。尚、受信コンスタレーションは1.3.3.2.3 節に掲載した。

表 1.3.2.2.2-1:16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における所要 C/N

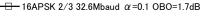
ロール	2008 1 1 1 1 1 m 1	最適 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	シンボルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	1.9	12. 3	0.8
0.02	33. 9	1.9	11. 1	0.6
0.03	33. 8	1.8	10.8	0.3
0.04	33. 6	1.8	10. 7	0.2
0.05	33. 5	1.7	10.6	0. 1
0.10	32. 6	1.7	10. 5	_

表 1.3.2.2.2-2:16APSK3/4 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における所要 C/N

ロール	2004311 1 [M1]	最適 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	シンボルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	2. 1	13.0	1.3
0.02	33. 9	2.0	12. 1	0.3
0.03	33. 8	1.9	12.0	0. 2
0.04	33. 6	1.9	11.9	0. 1
0.05	33. 5	1.9	11. 7	0.0
0.10	32. 6	1.8	11.8	-

表 1.3.2.2.2-3:16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における所要 C/N

ロール	シンボルレート[Mbaud]	最適 0B0	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	ンンホルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	2.5	14. 1	1.0
0.02	33. 9	2. 2	13. 4	0.3
0.03	33. 8	2. 1	13. 2	0. 1
0.04	33. 6	2. 1	13. 1	0.0
0.05	33. 5	2. 1	13.0	0.0
0.10	32. 6	1. 9	13. 1	-



- $\Delta$  16APSK 2/3 33.6Mbaud  $\alpha$  =0.04 OBO=1.8dB
- + 16APSK 2/3 33.9Mbaud  $\alpha$  =0.02 OBO=1.9dB
- ♦- 16APSK 2/3 33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 OBO=1.7dB
- •- 16APSK 2/3 33.8Mbaud lpha=0.03 OBO=1.8dB
- -- 16APSK 2/3 34.0Mbaud  $\alpha$  =0.01 OBO=1.9dB

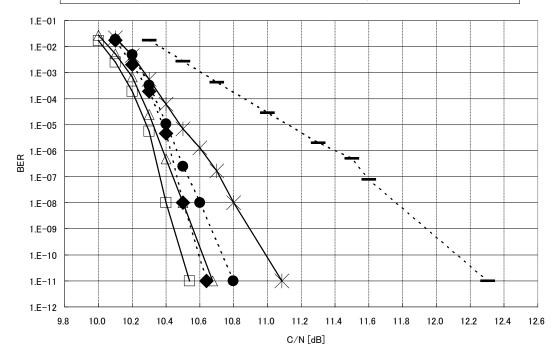


図 1.3.2.2.2-1 16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における C/N 対ビット誤り率特性

 $\blacksquare$  16APSK 3/4 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 OBO=1.8dB

- $-\Delta$  16APSK 3/4 33.6Mbaud lpha =0.04 OBO=1.9dB
- lacktriangle- 16APSK 3/4 33.5Mbaud lpha =0.05 OBO=1.9dB
- •- 16APSK 3/4 33.8Mbaud  $\alpha$ =0.03 OBO=1.9dB
- -- 16APSK 3/4 34.0Mbaud lpha =0.01 OBO=2.1dB

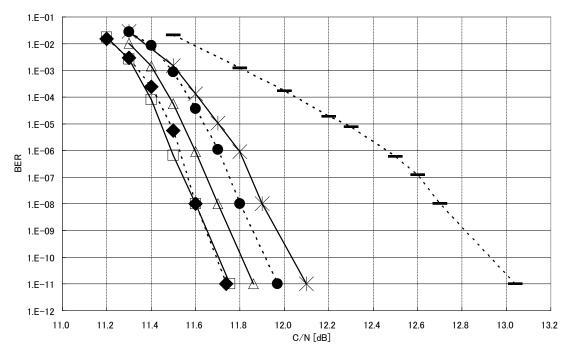


図 1.3.2.2.2-2 16APSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における C/N 対ビット誤り率

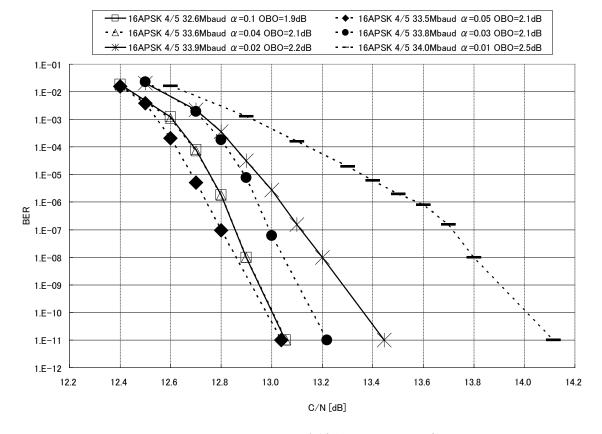


図 1.3.2.2.2-3 16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における C/N 対ビット誤り率

変調方式 16APSK、最適 0B0 適用時における中継器シミュレータ折り返し所要 C/N(表 1.3.2.2.2-1~表 1.3.2.2.2-3 参照) から算出した、情報ビットレート対最悪月サービス時間率特性を図 1.3.2.2.2-4、表 1.3.2.2.2-4~表 1.3.2.2.2-6 に示す。

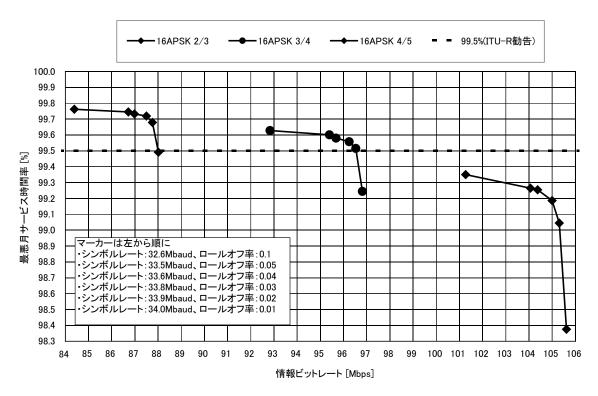


図 1.3.2.2.2-4 16APSK 最適 0BO における情報ビットレート対最悪月サービス時間率

表 1.3.2.2.2-4:16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	最適 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	1.9	12. 3	88. 01	99. 49
0.02	33. 9	1.9	11. 1	87. 75	99. 68
0.03	33.8	1.8	10.8	87. 50	99. 72
0.04	33.6	1.8	10. 7	86. 98	99. 73
0.05	33. 5	1.7	10.6	86. 72	99. 75
0.10	32. 6	1.7	10. 5	84. 39	99. 76

表 1. 3. 2. 2. 2-5: 16APSK3/4 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	最適 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	2. 1	13.0	96. 82	99. 24
0.02	33. 9	2.0	12. 1	96. 53	99. 52
0.03	33.8	1.9	12.0	96. 25	99. 56
0.04	33. 6	1.9	11.9	95. 68	99. 58
0.05	33. 5	1.9	11. 7	95. 39	99. 60
0.10	32.6	1.8	11.8	92.83	99. 63

表 1. 3. 2. 2. 2-6: 16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 最適 0B0 における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	最適 0B0	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34.0	2.5	14. 1	105. 62	98. 38
0.02	33. 9	2. 2	13. 4	105. 31	99. 05
0.03	33.8	2. 1	13. 2	105. 00	99. 19
0.04	33. 6	2. 1	13. 1	104. 37	99. 25
0.05	33. 5	2. 1	13.0	104. 06	99. 26
0.10	32. 6	1.9	13. 1	101. 27	99. 35

### 1.3.2.2.3 飽和点 OBO における 8PSK 所要 C/N

実験内容:現行の放送衛星を想定し、0B0 に伴い出力が低下することを考慮した条件で、中継器シミュレータ折り返し 8PSK 2/3、8PSK 3/4、8PSK 4/5 の所要 C/N を測定する。

変調方式 8PSK におけるシンボルレート、ロールオフ率、符号化率をパラメータとし、中継器シミュレータ折り返しの所要 C/N を表 1.3.2.2.3-1~1.3.2.2.3-3 に示す。符号化率毎の C/N 対 BER を図 1.3.2.2.3-1~図 1.3.2.2.3-3 に示す。動作点は飽和点 0B0 (0B0=0.9dB) を適用した。尚、受信コンスタレーションは 1.3.3.2.3 節に掲載した。

表 1.3.2.2.3-1:8PSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0B0 における所要 C/N

ロール	シンボルレート[Mbaud]	飽和点 OBO	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	ングがルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	0.9	8. 1	0.2
0.02	33. 9	0.9	7. 9	0.0
0.03	33.8	0.9	8.0	0.1
0.04	33. 6	0.9	7.8	0.0
0.05	33. 5	0.9	7.8	0.0
0.10	32. 6	0.9	7. 9	-

表 1.3.2.2.3-2:8PSK3/4 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 OBO における所要 C/N

ロール	2004311   1 FM   11	飽和点 OBO	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	シンボルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	0.9	9.5	0.5
0.02	33. 9	0.9	9.3	0.3
0.03	33. 8	0.9	9.2	0.2
0.04	33. 6	0.9	9. 1	0.1
0.05	33. 5	0.9	9. 1	0.1
0.10	32. 6	0.9	9.0	-

表 1.3.2.2.3-3:8PSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0B0 における所要 C/N

ロール	200421 1 1 IM 1	飽和点 OBO	所要 C/N	ロールオフ率 0.10 からの
オフ率	シンボルレート[Mbaud]	[dB]	[dB]	所要 C/N 劣化[dB]
0.01	34. 0	0.9	10.8	0.4
0.02	33. 9	0.9	10. 7	0.3
0.03	33. 8	0.9	10.6	0.2
0.04	33. 6	0.9	10. 4	0.0
0.05	33. 5	0.9	10. 5	0.1
0.10	32. 6	0.9	10. 4	-

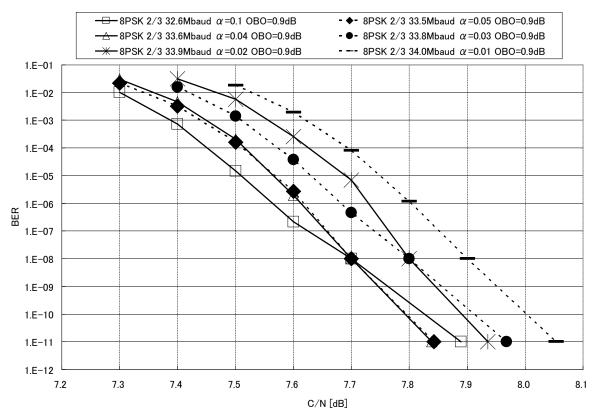


図 1.3.2.2.3-1 8PSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0BO における C/N 対ビット誤り率特性

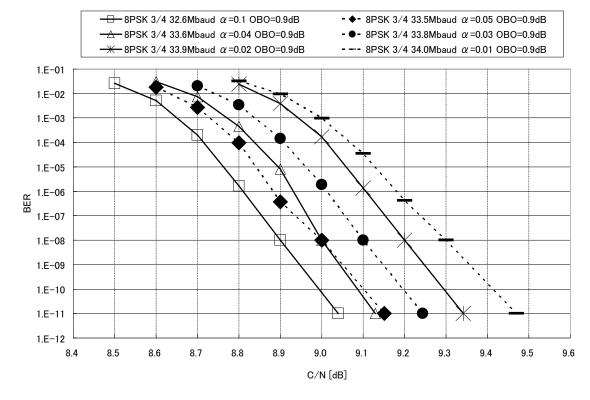


図 1.3.2.2.3-2 8PSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0BO における C/N 対ビット誤り率特性

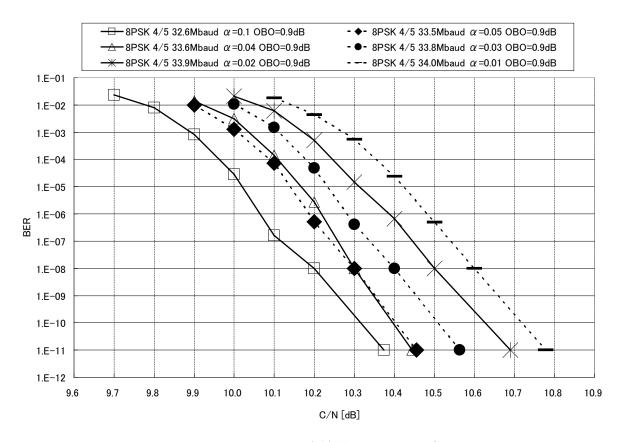


図 1.3.2.2.3-3 8PSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0B0 における C/N 対ビット誤り率特性

変調方式 8PSK、飽和点 0B0 における中継器シミュレータ折り返し所要 C/N(表 1. 3. 2. 2. 3-1~表 1. 3. 2. 2. 3-3 参照) から算出した、情報ビットレート対最悪月サービス時間率特性を図 1. 3. 2. 2. 3-4、表 1. 3. 2. 2. 3-4~表 1. 3. 2. 2. 3-6 に示す。

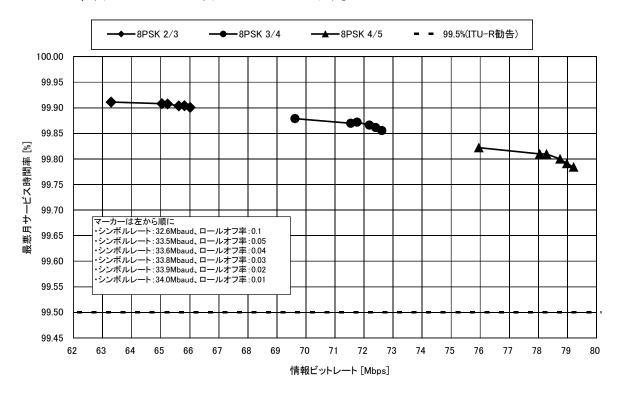


図 1.3.2.2.3-4 8PSK 飽和点 0B0 における情報ビットレート対最悪月サービス時間率

表 1.3.2.2.3-4:8PSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0BO における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	飽和点 OBO	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	0.9	8. 1	66. 01	99. 90
0.02	33. 9	0.9	7. 9	65. 82	99. 90
0.03	33.8	0.9	8.0	65. 62	99. 90
0.04	33.6	0.9	7.8	65. 23	99. 91
0.05	33. 5	0.9	7.8	65. 04	99. 91
0. 10	32. 6	0.9	7. 9	63. 29	99. 91

表 1.3.2.2.3-5:8PSK3/4 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 080 における 情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	飽和点 OBO	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	0.9	9. 5	72. 61	99. 86
0.02	33. 9	0.9	9. 3	72. 40	99. 86
0.03	33.8	0.9	9. 2	72. 18	99. 87
0.04	33. 6	0.9	9. 1	71. 76	99. 87
0.05	33. 5	0.9	9. 1	71. 54	99. 87
0. 10	32.6	0.9	9. 0	69. 62	99. 88

表 1.3.2.2.3-6:8PSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0B0 における情報ビットレート、最悪月サービス時間率

ロール	シンボル	飽和点 OBO	所要 C/N	情報ビット	最悪月サービス
オフ率	レート	[dB]	[dB]	レート[Mbps]	時間率[%]
0.01	34. 0	0.9	10.8	79. 21	99. 78
0.02	33. 9	0.9	10. 7	78. 98	99. 79
0.03	33.8	0.9	10.6	78. 75	99. 80
0.04	33. 6	0.9	10. 4	78. 28	99. 81
0.05	33. 5	0.9	10. 5	78. 05	99. 81
0. 10	32. 6	0.9	10. 4	75. 95	99. 82

#### 1.3.2.3 占有周波数带幅

実験内容:現行の放送衛星を想定し、0B0に伴い出力が低下することを考慮した条件で、8PSK,16APSKの中継器シミュレータ折り返し占有周波数帯幅を測定する。

測定条件:SPAN=50MHz、VBW=470kHz、RBW=470kHz、average=100回

中継器シミュレータ折り返しにおける 16APSK の符号化率毎の占有周波数帯幅を表 1.3.2.3-1~表 1.3.2.3-3 に、8PSK の占有周波数帯幅を表 1.3.2.3-4 に示す。16APSK については、最適 0B0 (1.3.3.1 節参照) を適用し、8PSK については飽和点 0B0 を適用した。8PSK については、符号 化率によらず飽和点 0B0 が一定であることから、符号化率 1 種類 (8PSK 3/4) で測定を行った。16APSK については、符号化率毎に最適 0B0 及び最適半径比が異なることから、符号化率毎に測定を行った。尚、占有周波数帯幅測定時のスペクトラムは 1.3.3.2.2 節に掲載した。

表 1.3.2.3-1 16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における占有周波数帯幅

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	最適 OBO[dB]	占有周波数帯幅[MHz]
34. 0	0.01	1.9	33. 5
33. 9	0.02	1.9	33. 4
33.8	0.03	1.8	33. 4
33. 6	0.04	1.8	33. 3
33. 5	0.05	1.7	33. 3
32. 6	0.10	1.7	33. 1

表 1.3.2.3-2 16APSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における占有周波数帯幅

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	最適 OBO[dB]	占有周波数帯幅[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 1.3.2.3-3 16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 最適 0BO における占有周波数帯幅

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	最適 OBO[dB]	占有周波数帯幅[MHz]
34. 0	0.01	2. 5	33. 5
33. 9	0.02	2. 2	33. 4
33.8	0.03	2. 1	33. 4
33. 6	0.04	2. 1	33. 3
33. 5	0.05	2. 1	33. 3
32. 6	0.10	1.9	33. 0

表 1.3.2.3-4 8PSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 飽和点 0B0 における占有周波数帯幅

シンボルレート[Mbaud]	ロールオフ率	飽和点 OBO[dB]	占有周波数帯幅[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

#### 1.3.2.4 同期限界測定

実験内容:中継器シミュレータ折り返しにおける、シンボルレート・ロールオフ率をパラメータ とした、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)を測定する。 測定条件:

被干渉信号: 8PSK 3/4、16APSK 3/4

隣接チャンネル用与干渉信号: ISDB-S、8PSK 3/4 (被干渉信号と同一のシンボルレート・ロールオフ率を適用)

交差偏波チャンネル用与干渉信号: ISDB-S

交差偏波信号の電力は、被干渉信号が 8PSK 信号(飽和点出力)の場合の信号電力を基準として、 C/I=25dB 相当の電力に設定した (1.3.3.3 節参照)。

16APSK においては最適 0B0 を適用し、隣接チャンネル用与干渉信号である 8PSK 及び ISDB-S については飽和点 0B0 を適用した。

被干渉信号については、衛星中継器シミュレータ OMUX 出力信号を電波無響箱内に設置した ODU に入力し、被干渉信号に ODU の位相雑音を付加して実験を行った。使用した電波無響箱を図 1.3.2.3-1 に、ODU の位相雑音特性を図 1.3.2.4-2 に示す。

16APSK 3/4の同期限界 C/N を表 1.3.2.4-1 に、8PSK 3/4の同期限界 C/N を表 1.3.2.4-2 に示す。



図 1.3.2.4-1 電波無響箱

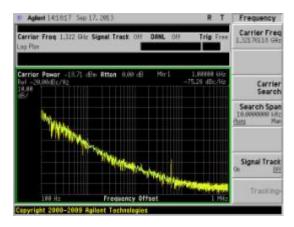


図 1.3.2.4-2 ODU 位相雑音特性

表 1. 3. 2. 4-1:16APSK 3/4 キャプチャ C/N、ロック C/N

被干渉信号	与干渉信号	キャプチャ C/N [dB]		ロック C/N [dB]			
		±0Hz	+1.5MHz	-1.5MHz	±0Hz	+1.5MHz	-1.5MHz
16APSK 3/4	ISDB-S	-1.8	-1.6	-1.6	-2.5	-2.1	-2.2
34.0Mbaud $\alpha$ =0.01	28.86Mbaud $\alpha$ =0.35						
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-2.0	-1.8	-1. 7	-2.0	-2.2	-2.0
34.0Mbaud $\alpha = 0.01$	34.0Mbaud $\alpha$ =0.01	2.0	1.0	1	2. 0	2. 2	2. 0
16APSK 3/4	ISDB-S	-2.0	-1.8	-2.0	-2.2	-1.9	-2.0
33.9Mbaud $\alpha$ =0.02	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-1.9	-2. 1	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0
33.9Mbaud $\alpha$ =0.02	33.9Mbaud $\alpha$ =0.02						
16APSK 3/4	ISDB-S	-2.1	-2.0	-2. 1	-2. 1	-2.1	-2.2
33.8Mbaud $\alpha$ =0.03	28.86Mbaud $\alpha$ =0.35	2. 1	2.0	2. 1			
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-2.4	-2. 0	-2.3	-2.4	-2. 1	-2.4
33.8Mbaud $\alpha$ =0.03	33.8Mbaud $\alpha$ =0.03						
16APSK 3/4	ISDB-S	-2.1	-2. 2	-2.0	-2. 1	-2.3	-2.0
33.6Mbaud $\alpha$ =0.04	28.86Mbaud $\alpha$ =0.35						
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-2.5	-2. 1	-2.5	-2.5	-2.1	-2.5
33.6Mbaud $\alpha$ =0.04	33.6Mbaud $\alpha$ =0.04						
16APSK 3/4	ISDB-S	-2.1	-2. 1	-2.5	-2.3	-2. 1	-2. 5
33.5Mbaud $\alpha$ =0.05	28.86Mbaud $\alpha$ =0.35						
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-2.4	9.4	-2.5	-2.4	-2.3	-2.5
33.5Mbaud $\alpha$ =0.05	33.5Mbaud $\alpha$ =0.05		-2.2				
16APSK 3/4	ISDB-S	-2.4	-2.3	-2.6	-2.4	-2.3	-2.6
32.6Mbaud $\alpha$ =0.1	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
16APSK 3/4	8PSK 3/4	-2.3	-2.6	-2.6	-2.3	-2.6	-2.6
32.6Mbaud $\alpha$ =0.1	32.6Mbaud $\alpha$ =0.1						

表 1. 3. 2. 4-2:8PSK 3/4 ロック C/N、キャプチャ C/N

被干渉信号	与干渉信号	キャプチャ C/N [dB]		ロック C/N [dB]			
		±0Hz	+1.5MHz	-1.5MHz	±0Hz	+1.5MHz	-1.5MHz
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.5	-2. 4	-2.5	-2.6	-2.6	-2. 7
34.0Mbaud $\alpha$ =0.01	28.86Mbaud $\alpha$ =0.35						
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.3	-2. 4	-2. 2	-2.3	-2.4	-2. 2
34.0Mbaud $\alpha$ =0.01	34.0Mbaud $\alpha$ =0.01	-2.3	-2.4	-2. 2	-2. 3	<sup>-</sup> 2.4	-2.2
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.6	-2. 7	-2.5	-2.6	-2.7	-2.5
33.9Mbaud $\alpha$ =0.02	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.3	-2. 5	-2.6	-2.3	-2.5	-2.6
33.9Mbaud $\alpha$ =0.02	33.9Mbaud $\alpha$ =0.02						
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.5	-2. 6	-2.7	-2.5	-2.6	-2.7
33.8Mbaud $\alpha$ =0.03	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$	2. 0					
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.6	-2.4	-2.6	-2.6	-2.5	-2. 6
33.8Mbaud $\alpha$ =0.03	33.8Mbaud $\alpha$ =0.03	-2. 0					
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.7	-2. 5	-2.9	-2. 7	-2.5	-2. 9
33.6Mbaud $\alpha$ =0.04	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.5	-2.4	-2.7	-2.5	-2. 5	-2. 7
33.6Mbaud $\alpha$ =0.04	33.6Mbaud $\alpha$ =0.04						
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.8	-2.6	-2.6	-2.8	-2.6	-2.6
33.5Mbaud $\alpha$ =0.05	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.7	-2.7 -2.6	-2.7	-2.7	-2.6	-2. 7
33.5Mbaud $\alpha$ =0.05	33.5Mbaud $\alpha$ =0.05						
8PSK 3/4	ISDB-S	-2.6	-2.6	-2.9	-2.6	-2.6	-2. 9
32.6Mbaud $\alpha$ =0.1	28.86Mbaud $\alpha = 0.35$						
8PSK 3/4	8PSK 3/4	-2.8	-2.7	-2.7	-2.8	-2.7	-2.7
32.6Mbaud $\alpha$ =0.1	32.6Mbaud $\alpha$ =0.1						

### 1.3.3 シンボルレート・ロールオフ率暫定値選定実験 実験結果詳細

#### 1.3.3.1 最適 OBO 確認用 16APSK OBO 対擬似エラーフリーC/N+OBO

最適 0B0 確認のため、変調方式 16APSK における中継器シミュレータ折り返しの 0B0 対擬似エラーフリーC/N+0B0 を図 1.3.3.1-1~図 1.3.3.1-3 に示す。

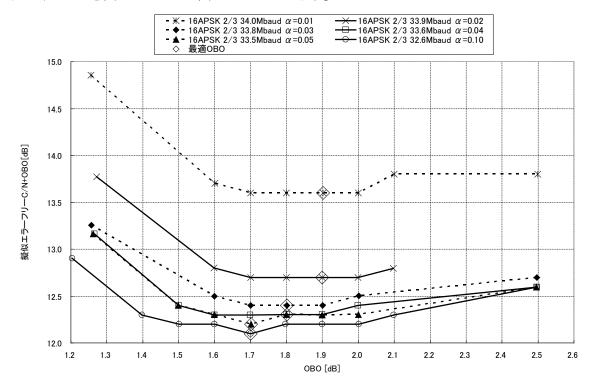


図 1.3.3.1-1 16APSK 2/3 中継器シミュレータ折り返し 0BO 対擬似エラーフリーC/N+0BO

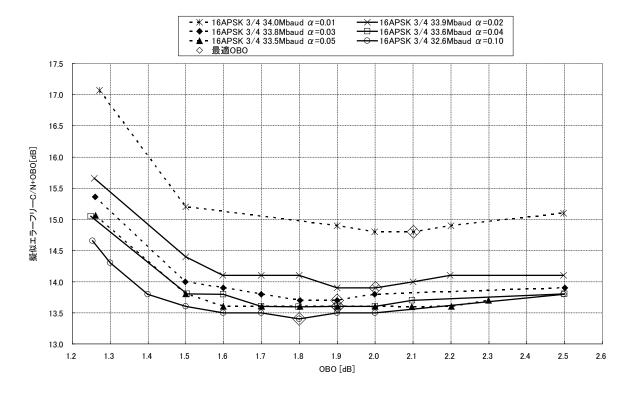


図 1.3.3.1-2 16APSK 3/4 中継器シミュレータ折り返し 0BO 対擬似エラーフリーC/N+0BO

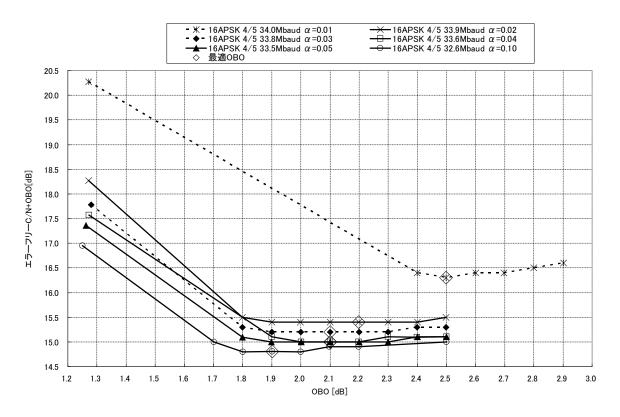


図 1.3.3.1-3 16APSK 4/5 中継器シミュレータ折り返し 0BO 対擬似エラーフリーC/N+0BO

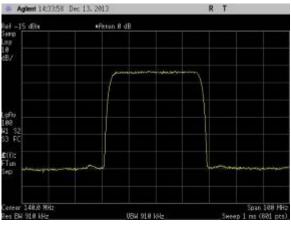
# 1.3.3.2 スペクトル、受信コンスタレーション

# 1.3.3.2.1 送信装置出力スペクトル

送信機出力におけるスペクトルを図 1.3.3.2.1.1~図 1.3.3.2.1.4 に示す。

測定条件:SPAN=100MHz、VBW=910kHz、RBW=910kHz、average=100回

### 1.3.3.2.1.1 16APSK 2/3



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 1-1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1

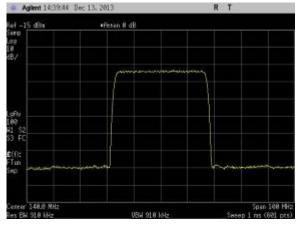
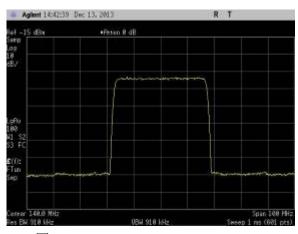
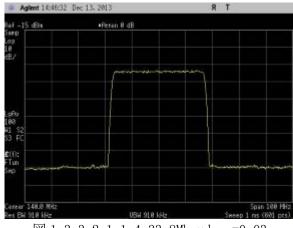


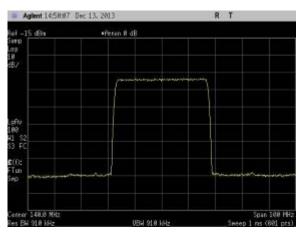
図 1. 3. 3. 2. 1. 1-2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05



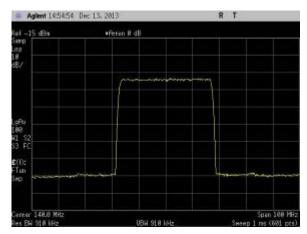
 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 1-3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 1-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 1-5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 1-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01

# 1.3.3.2.1.2 16APSK 3/4

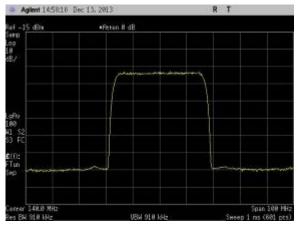
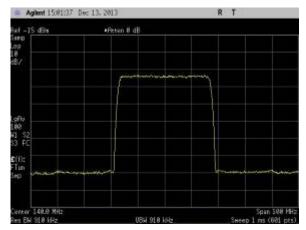
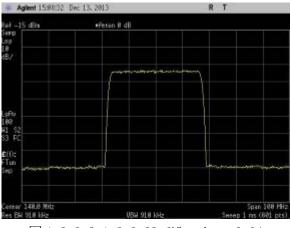


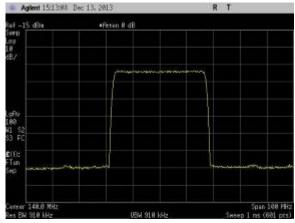
図 1.3.3.2.1.2-1 32.6Mbaud  $\alpha$ =0.1



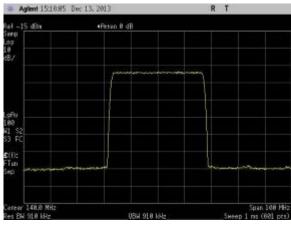
 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 2–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 2-3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 2-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 2-5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02

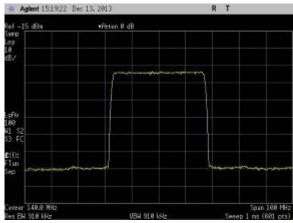
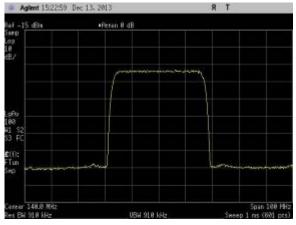


図 1. 3. 3. 2. 1. 2-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  = 0. 01

# 1. 3. 3. 2. 1. 3 16APSK 4/5



⊠ 1. 3. 3. 2. 1. 3–1 32. 6Mbaud α =0. 1

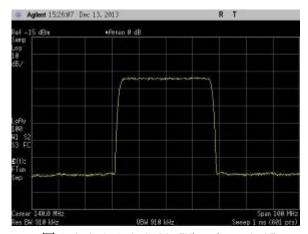
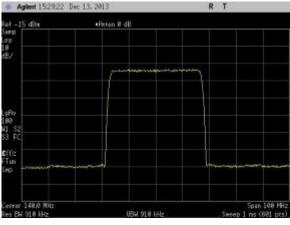
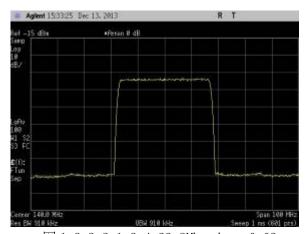


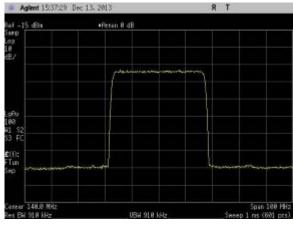
図 1. 3. 3. 2. 1. 3-2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05



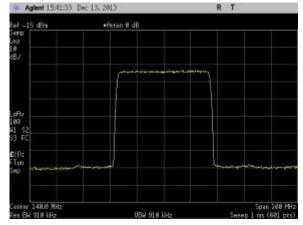
 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 3-3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 3-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03

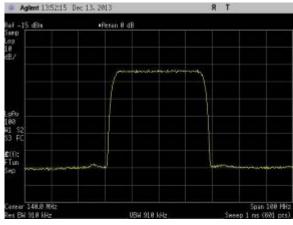


 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 3-5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 3-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01

### 1. 3. 3. 2. 1. 4 8PSK 3/4



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 4-1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1

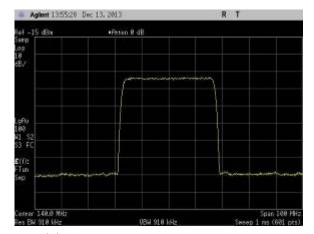
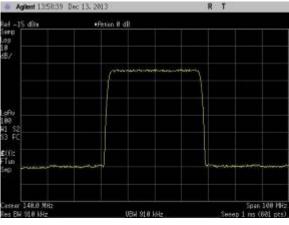
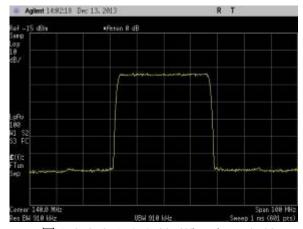


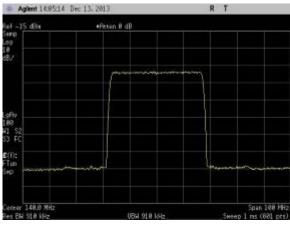
図 1. 3. 3. 2. 1. 4-2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 4-3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 4-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 1. 4-5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02

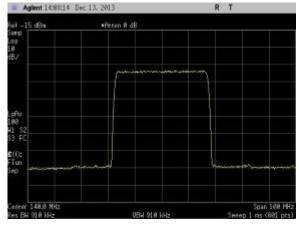


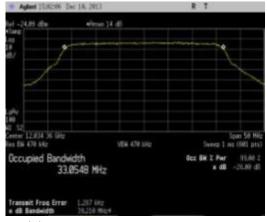
図 1. 3. 3. 2. 1. 4-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01

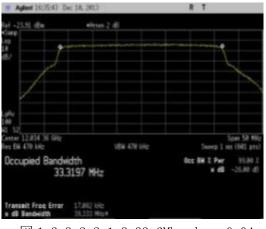
1.3.3.2.2 現行の放送衛星を想定し、0B0 に伴い出力が低下することを考慮した実験における中継器シミュレータ出力スペクトル

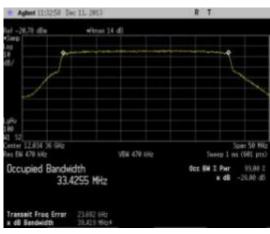
中継器シミュレータ出力(12GHz 帯)におけるスペクトルを図1.3.3.2.2.1~図1.3.3.3.2.4に示す。

測定条件:SPAN=50MHz、VBW=470KHz、RBW=470KHz、average=100回

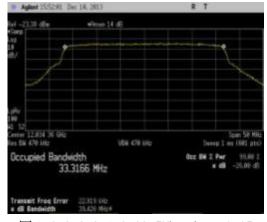
#### 1. 3. 3. 2. 2. 1 16APSK 2/3



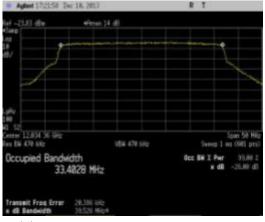


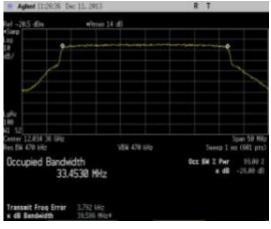


⊠ 1. 3. 3. 2. 2. 1–5 33. 9Mbaud α=0. 02 0B0=1. 9dB



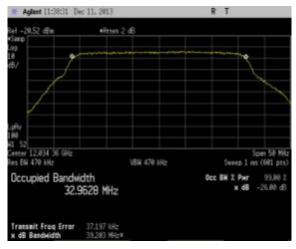
☑ 1. 3. 3. 2. 2. 1–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=1. 7dB



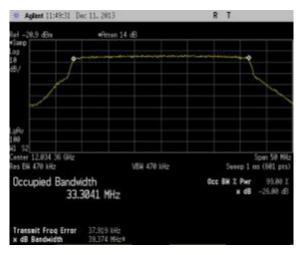


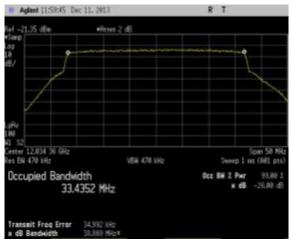
 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 2. 1–6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=1. 9dB

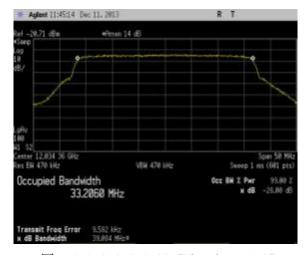
#### 1. 3. 3. 2. 2. 2 16APSK 3/4



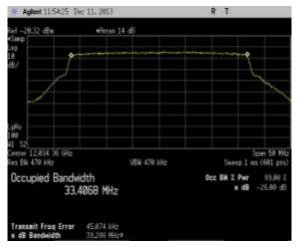
⊠ 1. 3. 3. 2. 2. 2–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=1. 8dB



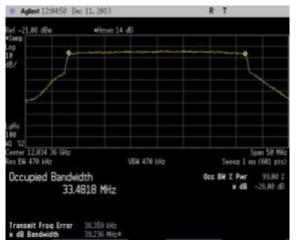




⊠ 1. 3. 3. 2. 2. 2–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=1. 9dB

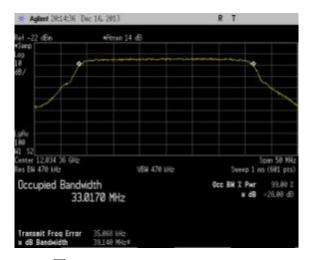


 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 2. 2-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=1. 9dB

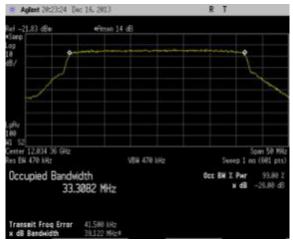


 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 2. 2–6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=2. 1dB

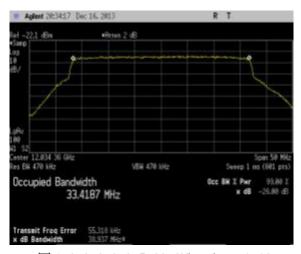
### 1. 3. 3. 2. 2. 3 16APSK 4/5



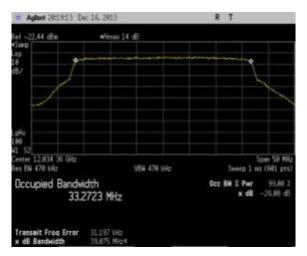
☑ 1. 3. 3. 2. 2. 3-1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 OBO=1. 9dB



⊠ 1. 3. 3. 2. 2. 3–3 33. 6Mbaud α =0. 04 0B0=2. 1dB



☑ 1. 3. 3. 2. 2. 3–5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02 0B0=2. 2dB



 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 2. 3–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=2. 1dB

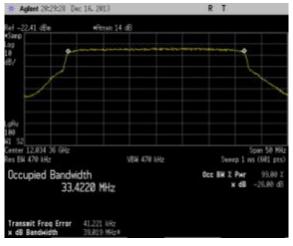
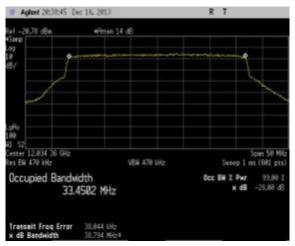
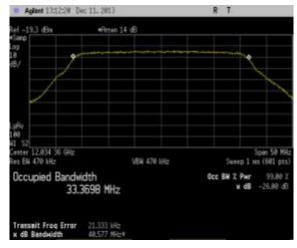


図 1. 3. 3. 2. 2. 3-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=2. 1dB

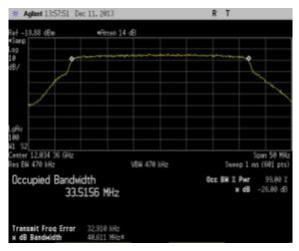


 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 2. 3-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=2. 5dB

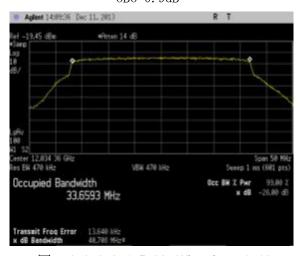
## 1.3.3.2.2.4 8PSK 3/4



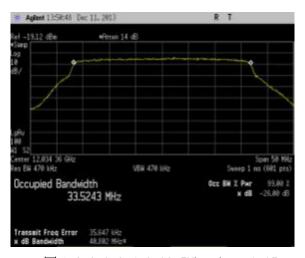
☑ 1. 3. 3. 2. 2. 4–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=0. 9dB



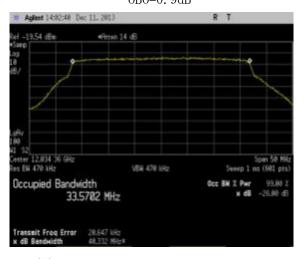
☑ 1. 3. 3. 2. 2. 4–3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04 0B0=0. 9dB



☑ 1. 3. 3. 2. 2. 4–5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02 0B0=0. 9dB



⊠ 1. 3. 3. 2. 2. 4–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=0. 9dB



☑ 1. 3. 3. 2. 2. 4-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=0. 9dB

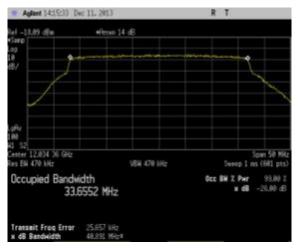
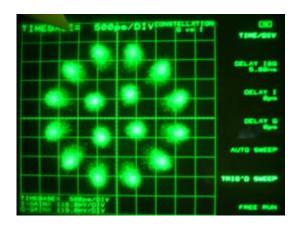


図 1. 3. 3. 2. 2. 4-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=0. 9dB

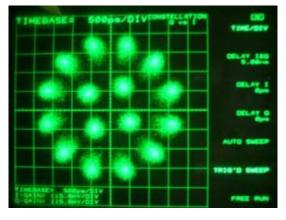
## 1.3.3.2.3 受信コンスタレーション

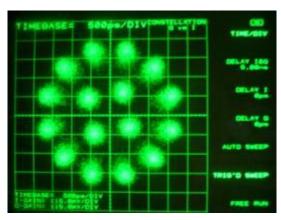
1.3.3.2.3.1 16APSK 衛星 EIRP=60dBW、0B0=2.2dB における受信コンスタレーション中継器シミュレータ折り返し信号入力時の受信コンスタレーションを図 1.3.3.2.3.1.1~図 1.3.3.2.3.1.6 に示す。

1. 3. 3. 2. 3. 1. 1 16APSK 2/3

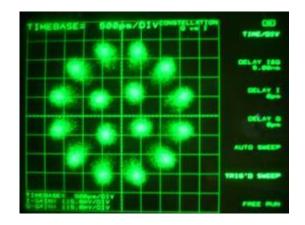


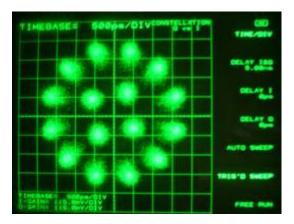
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 1. 1–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=2. 2dB





 $\ensuremath{\boxtimes}$  1. 3. 3. 2. 3. 1. 1–5 33. 9 Mbaud  $\alpha$  =0. 02 OBO=2. 2dB





☑ 1. 3. 3. 2. 3. 1. 1–4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=2. 2dB

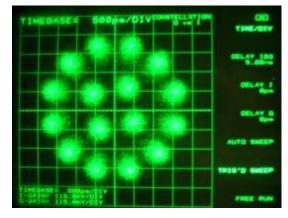
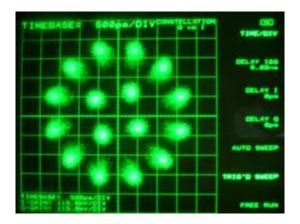
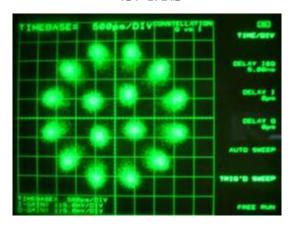
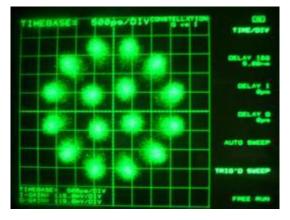


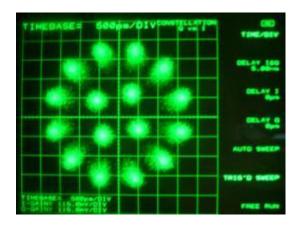
図 1. 3. 3. 2. 3. 1. 1-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=2. 2dB

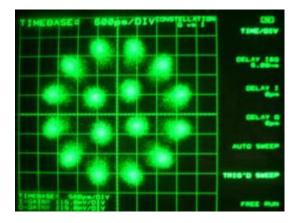
## 1. 3. 3. 2. 3. 1. 1. 2 16APSK 3/4

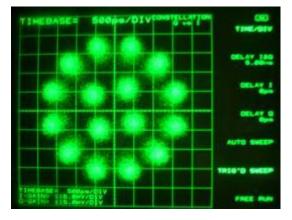




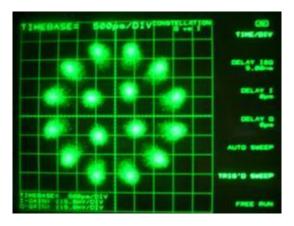


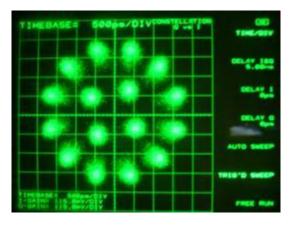


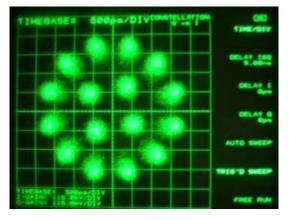


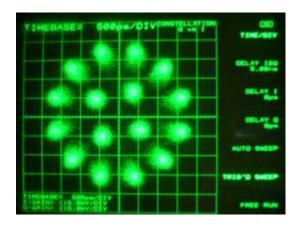


## 1. 3. 3. 2. 3. 1. 3 16APSK 4/5

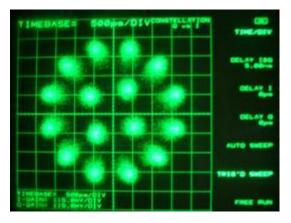


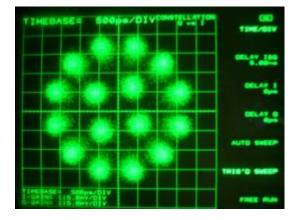






 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 3. 1. 3–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 OBO=2. 2dB

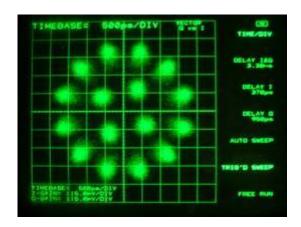




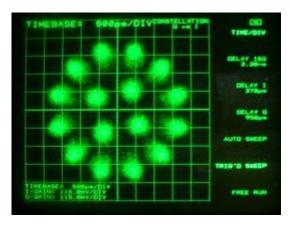
1.3.3.2.3.2 現行の放送衛星を想定し、0B0 に伴い出力が低下することを考慮した実験における受信コンスタレーション

中継器シミュレータ折り返し信号入力時の受信コンスタレーションを図 1.3.3.2.3.2.1~図 1.3.3.2.3.2.6 に示す。

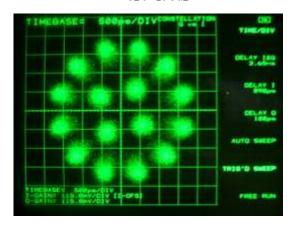
1. 3. 3. 2. 3. 2. 1 16APSK 2/3



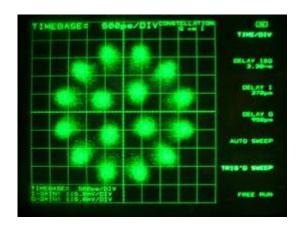
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 1–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=1. 7dB

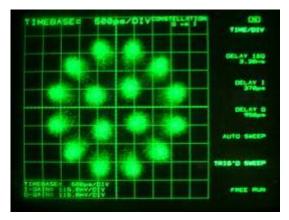


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 1–3 33. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 04 0B0=1. 8dB

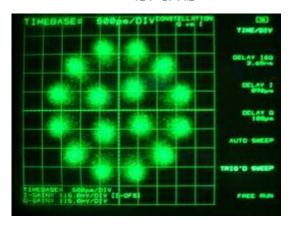


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 1–5 33. 9Mbaud  $\alpha$  =0. 02 0B0=1. 9dB



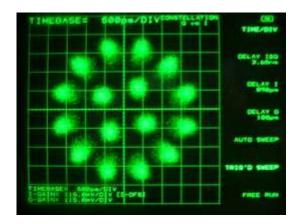


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 1–4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 OBO=1. 8dB

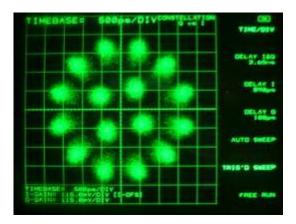


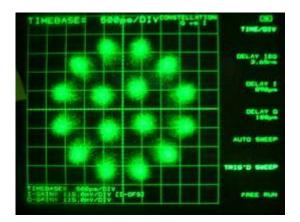
 $\boxtimes$  1. 3. 3. 2. 3. 2. 1-6 34. 0Mbaud  $\alpha$  =0. 01 0B0=1. 9dB

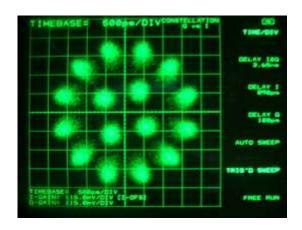
## 1. 3. 3. 2. 3. 2. 2 16APSK 3/4

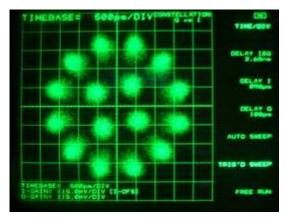


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 2–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=1. 8dB

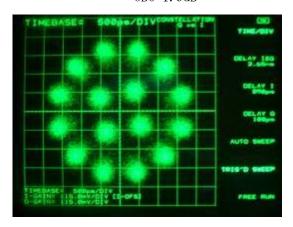




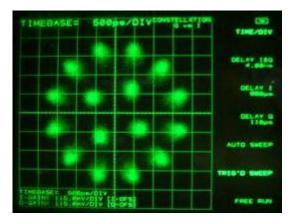




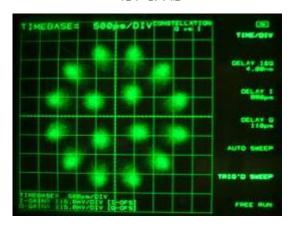
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 2–4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=1. 9dB

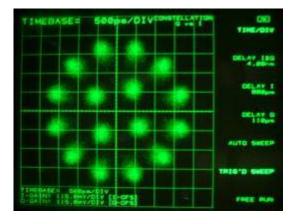


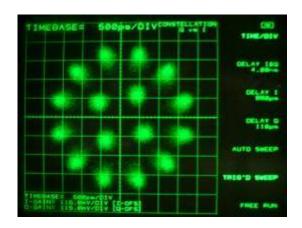
## 1. 3. 3. 2. 3. 2. 3 16APSK 4/5



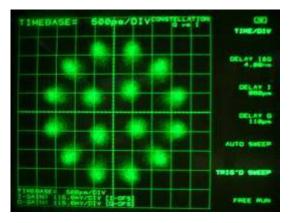
⊠ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 3–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=1. 9dB



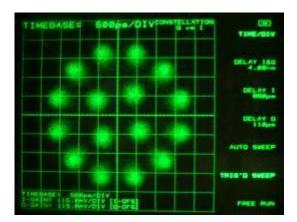




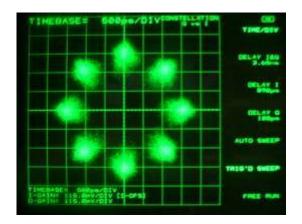
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 3–2 33. 5Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=2. 1dB



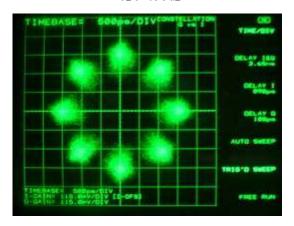
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 3–4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=2. 1dB



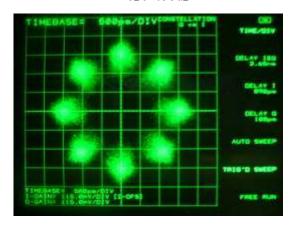
## 1.3.3.2.3.2.4 8PSK 2/3

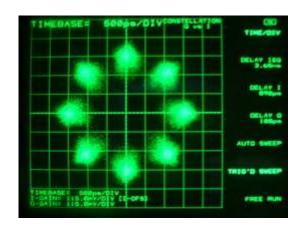


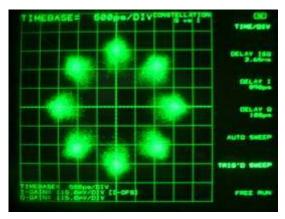
☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 4–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=0. 9dB

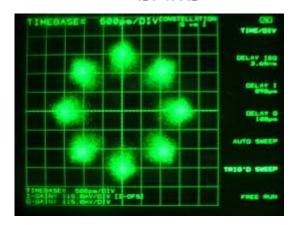


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 4–3 33. 6 Mbaud  $\alpha$  =0. 04 0B0=0. 9dB

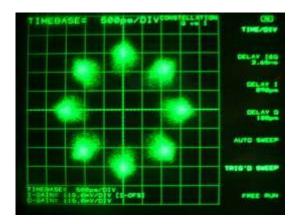




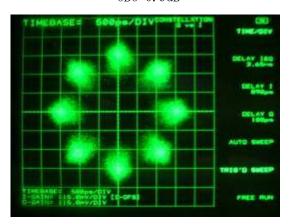




## 1.3.3.2.3.2.5 8PSK 3/4



☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 5–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=0. 9dB



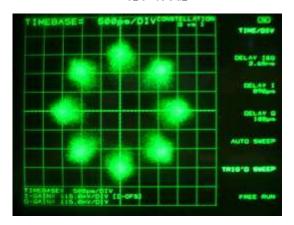
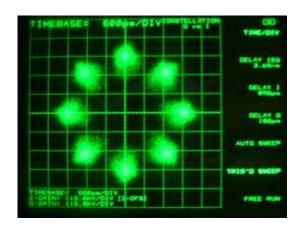
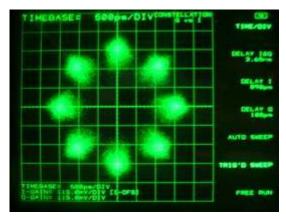
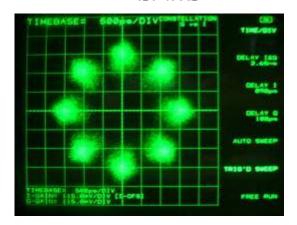


図 1. 3. 3. 2. 3. 2. 5-5 33. 9 Mbaud  $\alpha$  =0. 02 0B0=0. 9dB

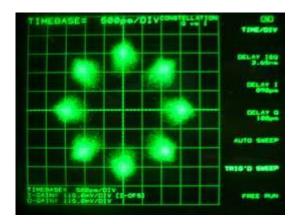


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 5–2 33. 5 Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=0. 9dB

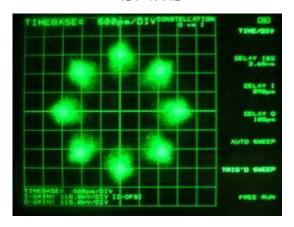




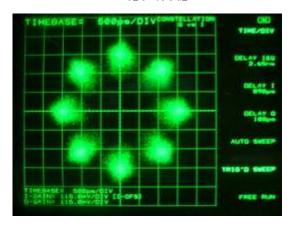
## 1.3.3.2.3.2.6 8PSK 4/5

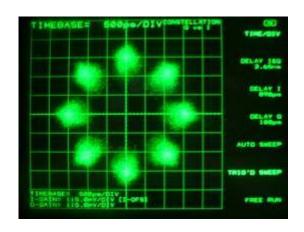


☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 6–1 32. 6Mbaud  $\alpha$  =0. 1 0B0=0. 9dB



☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 6–3 33. 6 Mbaud  $\alpha$  =0. 04 0B0=0. 9dB





☑ 1. 3. 3. 2. 3. 2. 6–2 33. 5 Mbaud  $\alpha$  =0. 05 0B0=0. 9dB

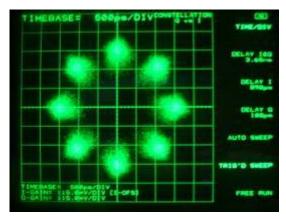
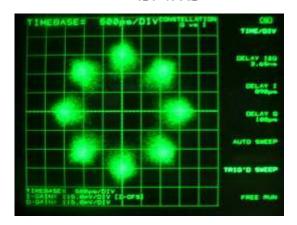


図 1. 3. 3. 2. 3. 2. 6-4 33. 8Mbaud  $\alpha$  =0. 03 0B0=0. 9dB



## 1.3.3.3 同期限界 C/N 測定時の被干渉、与干渉信号スペクトル

測定条件:SPAN=100MHz、VBW=910KHz、RBW=910KHz、average=100回

1.3.3.3.1 16APSK 3/4 同期限界

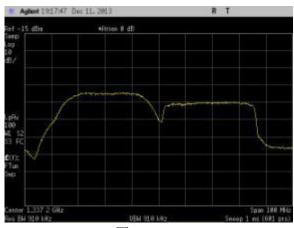
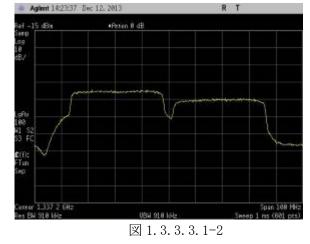


図 1.3.3.3.1-1

被干涉:34.0Mbaud  $\alpha$  =0.01 0B0=2.1dB

与干渉: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35



被干涉:34.0Mbaud  $\alpha$ =0.01 0B0=2.1dB 与干涉:8PSK 3/4 34.0Mbaud  $\alpha$ =0.01

交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

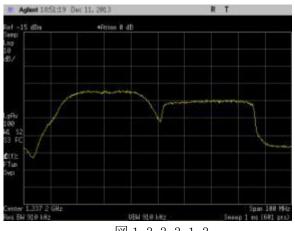


図 1.3.3.3.1-3

被干涉:33.9Mbaud  $\alpha$  =0.02 0B0=2.0dB

与干渉: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35

交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

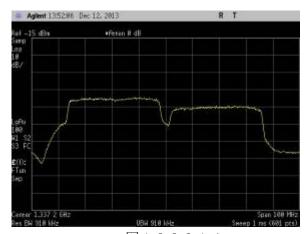


図 1. 3. 3. 3. 1-4

被干渉:33.9Mbaud  $\alpha$ =0.02 0B0=2.0dB

与干渉:8PSK 3/4 33.9Mbaud  $\alpha$ =0.02

交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35

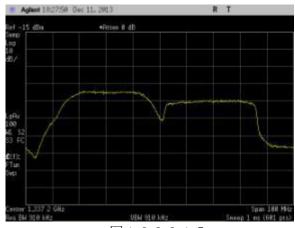
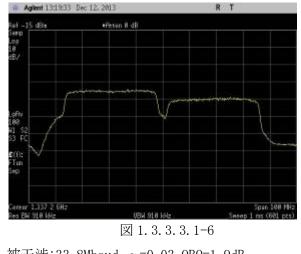


図 1.3.3.3.1-5

被干涉:33.8Mbaud α=0.03 0B0=1.9dB 与干涉: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35



被干涉:33.8Mbaud α=0.03 0B0=1.9dB

与干涉:8PSK 3/4 33.8Mbaud α=0.03 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

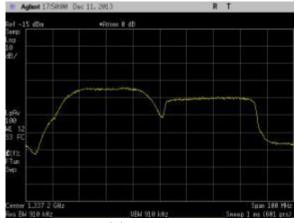


図 1.3.3.3.1-7

被干渉:33.6Mbaud α=0.04 0B0=1.9dB 与干渉: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35



図 1.3.3.3.1-8

被干渉:33.6Mbaud α=0.04 0B0=1.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.6Mbaud  $\alpha$ =0.04 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

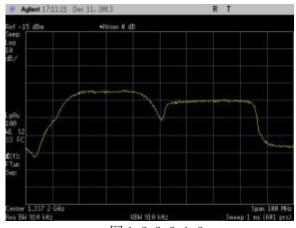


図 1.3.3.3.1-9

被干涉:33.5Mbaud  $\alpha$  =0.05 0B0=1.9dB 与干涉:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

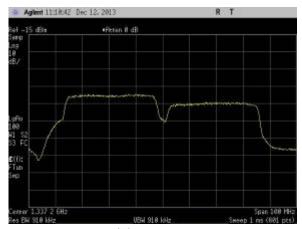


図 1.3.3.3.1-10

被干涉:33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 0B0=1.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35

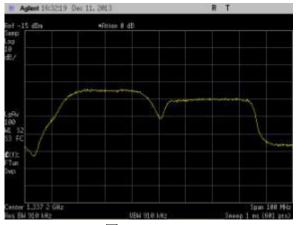


図 1.3.3.3.1-11

被干涉: 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 0B0=1.8dB 与干涉: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

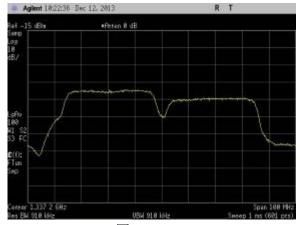


図 1.3.3.3.1-12

被干渉: 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 0B0=1.8dB 与干渉: 8PSK 3/4 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

## 1.3.3.3.2 8PSK 3/4 同期限界

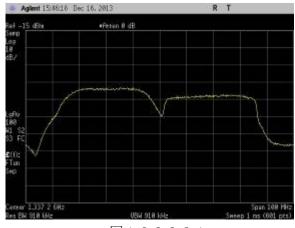
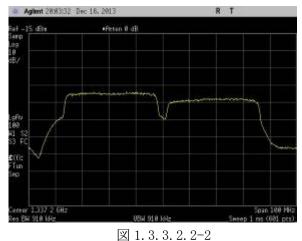


図 1.3.3.3.2-1

被干涉: 34. 0Mbaud α=0. 01 0B0=0. 9dB 与干渉: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35



被干涉:34.0Mbaud α=0.01 0B0=0.9dB 与干渉:8PSK 3/4 34.0Mbaud α=0.01 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

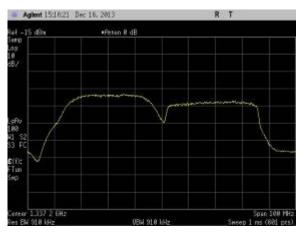


図 1.3.3.3.2-3

被干涉:33.9Mbaud α=0.02 0B0=0.9dB 与干渉: ISDB-S 28.86Mbaud α=0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

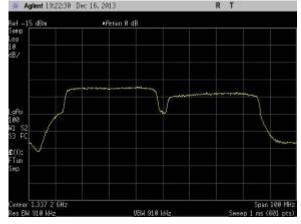


図 1.3.3.3.2-4

被干涉:33.9Mbaud α=0.02 0B0=0.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.9Mbaud α=0.02 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

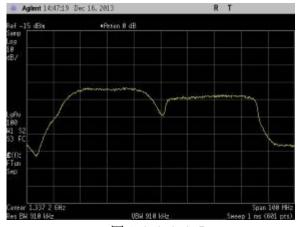


図 1.3.3.3.2-5

被干涉:33.8Mbaud  $\alpha$  =0.03 0B0=0.9dB 与干涉:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35

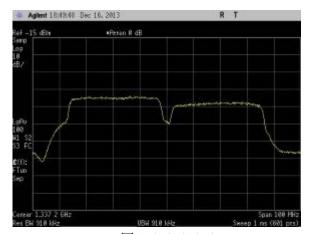


図 1.3.3.3.2-6

被干涉:33.8Mbaud  $\alpha$ =0.03 0B0=0.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.8Mbaud  $\alpha$ =0.03 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35

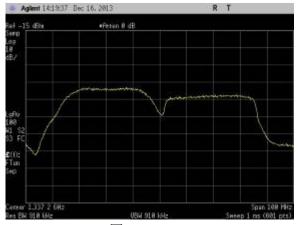


図 1.3.3.3.2-7

被干涉:33.6Mbaud  $\alpha$ =0.04 0B0=0.9dB 与干涉:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35

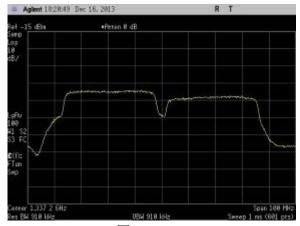


図 1.3.3.3.2-8

被干涉:33.6Mbaud  $\alpha$ =0.04 0B0=0.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.6Mbaud  $\alpha$ =0.04 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35

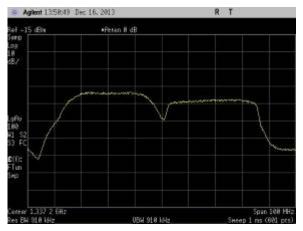
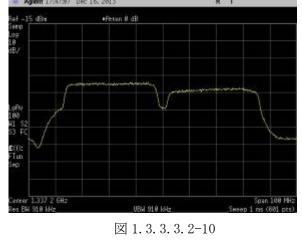


図 1.3.3.3.2-9

被干涉:33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 0B0=0.9dB 与干涉:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35



被干涉:33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 0B0=0.9dB 与干涉:8PSK 3/4 33.5Mbaud  $\alpha$ =0.05 交差偏波:ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$ =0.35

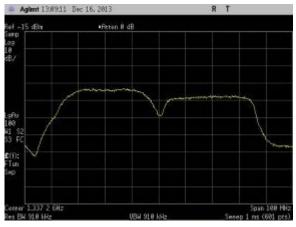


図 1.3.3.3.2-11

被干涉: 32.6Mbaud  $\alpha$  = 0. 1 0B0 = 0. 9dB 与干涉: 1SDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  = 0. 35交差偏波: 1SDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  = 0. 35

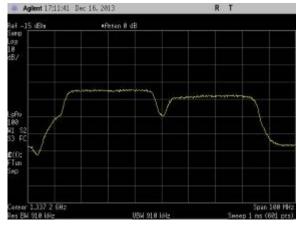


図 1.3.3.3.2-12

被干涉: 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 0B0=0.9dB 与干涉: 8PSK 3/4 32.6Mbaud  $\alpha$  =0.1 交差偏波: ISDB-S 28.86Mbaud  $\alpha$  =0.35 中継器シミュレータ実験結果

# 1.4. 中継器シミュレータ実験 実験結果

# 1.4.1 中継器シミュレータ実験における測定項目

シンボルレート・ロールオフ率暫定値(33.7561Mbaud、0.03)を用いて、中継器シミュレータ 折り返しの受信性能評価を行う。測定項目を表 1.4.1 に示す。

表 1.4.1: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
中継器シミュレータ折り返し	全伝送方式における中継器シミュレータ折り返しでの	1. 4. 2. 1
C/N 対ビット誤り率	C/N 対ビット誤り率を測定	
中継器シミュレータ折り返し スペクトラム確認	中継器シミュレータ折り返しでの スペクトラム、占有周波数帯幅、受信コンスタレーションを測 定	1. 4. 2. 2
中継器シミュレータ折り返し 同期限界測定	中継器シミュレータ折り返しでの 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. 4. 2. 3
中継器シミュレータ折り返し 干渉実験	与干渉信号として、8PSK 信号または ISDB-S 信号が存在し、 交差偏波信号として、ISDB-S 信号が存在する時の 所要 C/N 劣化を確認する。	1. 4. 2. 4
ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率	中継器シミュレータ出力信号を ODU に入力し、 ODU 位相雑音を付加した時の C/N 対ビット誤り率を測定する。	1. 4. 2. 5

#### 1.4.2 中継器シミュレータ実験 実験結果概要

#### 1.4.2.1 C/N 対ビット誤り率測定

実験内容:中継器シミュレータ折り返しにおける、 $\pi/2$  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

中継器シミュレータの TWTA に適用する出力バックオフ(OBO)は、以下の 2 通りの条件で測定を行った。

条件 1: 現行の放送衛星への適用を想定し、 $\pi/2$  シフト BPSK〜8PSK は、TWTA が飽和出力となる 0B0 とし、16〜32APSK は、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0 (最適 0B0)を適用

条件 2: 衛星中継器定格出力 200W、衛星 EIRP 上限値=60dBW を想定し、変調方式によらず 0B0=2.2dB を適用

ただし、条件 2 については、 $\pi/2$  シフト BPSK~16APSK について測定を行った。

表 1.4.2.1.1~表 1.4.2.1.5 に $\pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の中継器シミュレータにおける所要 C/N 及び所要 C/N 劣化量を示す。比較のため、表 1.4.2.1.1~表 1.4.2.1.5 には計算機シミュレーション及び IF 折り返しにおける所要 C/N も併記した。

尚、1.4.3.1 節に $\pi/2$  シフト BPSK~32APSK の C/N 対ビット誤り率特性を示す。1.4.3.2 節に スペクトル写真、1.4.3.3 節にコンスタレーション写真を示す。1.4.3.4 節に最適 0BO の導出時 に測定した 0BO 対エラーフリーC/N+0BO 特性を示す。

表 1. 4. 2. 1. 1-1 中継器シミュレータ実験  $\pi/2$  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	飽和点 OBO [dB]	中継器シミュレータ折り 返し所要 C/N 飽和点 0BO 適用 [dB] ③	EIRP=60dBW 一定 OBO [dB]	中継器シミュレータ 折り返し所要 C/N 0B0=2. 2dB 適用 [dB]④
1/3	-4.0	-2.8		-2.5		-2. 7
2/5	-3.0	-2.4		-2.2		-2. 3
1/2	-1.8	-1.5		-1.4		-1.4
3/5	-0.5	-0.4		-0.1		-0. 2
2/3	0.3	0.5	0 5	0.8	2. 2	0.6
3/4	1.0	1.1	0. 5	1.4	Δ. Δ	1.3
7/9	1.5	1.7		1.9		1.8
4/5	2.0	2.1		2.4		2.4
5/6	2.5	2.6		3.0		2.7
7/8	2.9	3. 1		3. 4		3. 2
9/10	3.8	3. 9		4.4		4. 0

# 表 1. 4. 2. 1. 1-2 中継器シミュレータ実験 $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 [dB] (②-①)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 飽和点 0BO(③-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 飽和点 OBO (③-②)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 0B0=2.2dB(④-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 0B0=2. 2dB(④-②)
1/3	1. 2	1.5	0.3	1. 3	0.1
2/5	0.6	0.8	0. 2	0.7	0. 1
1/2	0.3	0. 4	0. 1	0.4	0. 1
3/5	0. 1	0. 4	0.3	0.7	0. 2
2/3	0. 2	0. 5	0.3	0.3	0. 1
3/4	0. 1	0. 4	0.3	0. 3	0. 2
7/9	0.2	0. 4	0. 2	0. 3	0. 1
4/5	0. 1	0. 4	0.3	0. 4	0.3
5/6	0. 1	0. 5	0. 4	0. 2	0. 1
7/8	0. 2	0. 5	0.3	0.3	0. 1
9/10	0. 1	0.6	0.5	0.2	0.1

表 1.4.2.1.2-1 中継器シミュレータ実験 QPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション 所要 C/N	IF 折り返し 所要 C/N	飽和点 0B0	中継器シミュレータ折り 返し所要 C/N 飽和点 0B0 適用	EIRP=60dBW 一定 0B0	中継器シミュレータ 折り返し所要 C/N OBO=2. 2dB 適用
10-	[dB] ①	[dB] ②	[dB]	[dB] ③	[dB]	[dB] (4)
1/3	-1.0	-0.5		-0.1		-0.2
2/5	0.0	0.3		0.7		0. 7
1/2	1.2	1.4		1.8		1.6
3/5	2.5	2.6		3. 2	2. 2	2. 9
2/3	3. 3	3.4	0. 9	4. 0		3. 7
3/4	4.0	4.2	0.9	4.8		4. 5
7/9	4.5	4.6		5. 2		4. 9
4/5	5. 0	5. 1		5. 7		5. 4
5/6	5. 5	5.6		6.3		5. 9
7/8	5. 9	6. 1		6.8		6. 4
9/10	6.8	6.9		7. 9		7. 3

# 表 1.4.2.1.2-2 中継器シミュレータ実験 QPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 [dB] (②-①)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 飽和点 0BO(③-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 飽和点 OBO(③-②)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 0B0=2.2dB(④-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 0B0=2. 2dB(④-②)
1/3	0. 5	0.9	0. 4	0.8	0.3
2/5	0. 3	0.7	0.4	0.7	0.4
1/2	0. 2	0.6	0.4	0.4	0.2
3/5	0. 1	0.7	0.6	0.4	0.3
2/3	0. 1	0.7	0.6	0. 4	0.3
3/4	0. 2	0.8	0.6	0.5	0.3
7/9	0. 1	0.7	0.6	0. 4	0.3
4/5	0. 1	0.7	0.6	0. 4	0.3
5/6	0. 1	0.8	0.7	0.4	0.3
7/8	0.2	0.9	0.7	0.5	0.3
9/10	0. 1	1.1	1.0	0.5	0.4

表 1.4.2.1.3-1 中継器シミュレータ実験 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	飽和点 OBO [dB]	中継器シミュレータ折り 返し所要 C/N 飽和点 0B0 適用 [dB] ③	EIRP=60dBW 一定 0B0 [dB]	中継器シミュレータ 折り返し所要 C/N 0B0=2. 2dB 適用 [dB]④
1/3	2.2	3. 1		3. 7		3. 4
2/5	3. 1	3.8		4. 4		4. 2
1/2	4. 4	5. 1		5.8		5. 5
3/5	5. 7	6.2		7. 0		6. 6
2/3	6. 7	7.0	0. 9	8. 0	2. 2	7. 4
3/4	7.9	8. 1	0. 9	9. 1	2. 2	8. 6
7/9	8.6	8.8		9.9		9. 2
4/5	9. 1	9. 2		10.6		9. 9
5/6	9. 7	9.8		11. 4		10. 4
7/8	10. 4	10.5		12. 3		11. 2
9/10	11. 4	11.5		13. 7		12. 4

# 表 1.4.2.1.3-2 中継器シミュレータ実験 8PSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 [dB] (②-①)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 飽和点 0BO(③-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 飽和点 0BO(③-②)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 0B0=2.2dB(④-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 0B0=2. 2dB(④-②)
1/3	0. 9	1.5	0.6	1. 2	0.3
2/5	0. 7	1. 3	0.6	1. 1	0.4
1/2	0. 7	1. 4	0.7	1. 1	0.4
3/5	0. 5	1. 3	0.8	0.9	0.4
2/3	0.3	1.3	1.0	0.7	0.4
3/4	0. 2	1. 2	1.0	0.7	0.5
7/9	0. 2	1.3	1. 1	0.6	0.4
4/5	0. 1	1.5	1.4	0.8	0.7
5/6	0. 1	1.7	1.6	0.7	0.6
7/8	0.1	1.9	1.8	0.8	0.7
9/10	0.1	2.3	2. 2	1.0	0.9

表 1.4.2.1.4-1 中継器シミュレータ実験 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	最適 0B0 [dB]	中継器シミュレータ折り 返し所要 C/N 最適 0B0 適用 [dB] ③	EIRP=60dBW 一定 0B0 [dB]	中継器シミュレータ 折り返し所要 C/N OBO=2. 2dB 適用 [dB]④
1/3	4. 1	5. 0	1. 5	5. 9		5. 5
2/5	5. 1	6. 1	1. 5	6.8		6. 7
1/2	6.6	7. 5	1. 7	8.5		8. 2
3/5	8.0	8. 7	1. 7	9.8		9. 6
2/3	9. 1	9.6	1.8	10.8	0.0	10.5
3/4	10. 2	10.6	1. 9	12. 0	2. 2	11.7
7/9	10.8	11. 1	2. 1	12. 5		12.3
4/5	11. 3	11. 7	2. 1	13. 2		13. 1
5/6	11.9	12. 3	2. 2	13. 9		13. 9
7/8	12. 5	12.8	2. 4	14. 5		14.8
9/10	13. 5	13.8	2. 7	15. 7		16. 3

# 表 1.4.2.1.4-2 中継器シミュレータ実験 16APSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 [dB] (②-①)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 最適 0B0(③-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 最適 0BO(③-②)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 0B0=2.2dB(④-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 0B0=2. 2dB(④-②)
1/3	0. 9	1.8	0. 9	1.4	0.5
2/5	1.0	1.7	0.7	1.6	0.6
1/2	0.9	1.9	1.0	1.6	0.7
3/5	0. 7	1.8	1. 1	1.6	0.9
2/3	0.5	1.7	1.2	1.4	0.9
3/4	0.4	1.8	1.4	1.5	1. 1
7/9	0.3	1.7	1.4	1.5	1.2
4/5	0.4	1.9	1.5	1.8	1.4
5/6	0.4	2. 0	1.6	2. 0	1.6
7/8	0.3	2. 0	1.7	2. 3	2. 0
9/10	0.3	2. 2	1.9	2.8	2. 5

表 1.4.2.1.5-1 中継器シミュレータ実験 32APSK 所要 C/N 一覧

	シミュレーション	IF折り返し	最適	中継器シミュレータ折り返し所要 C/N
符号	所要 C/N	所要 C/N	0B0	最適 OBO 適用
化率	[dB] ①	[dB] ②	[dB]	[dB] ③
1/3	6. 4	7. 9	2. 0	9. 7
2/5	7. 2	8.6	2. 4	9. 9
1/2	9. 2	10. 4	2. 4	12. 3
3/5	10.6	11. 1	3. 0	12.8
2/3	11. 7	12. 3	3. 1	13. 9
3/4	12.8	13. 4	3. 3	15. 2
7/9	13. 4	13. 9	3. 5	15. 9
4/5	14. 0	14. 4	3. 5	16.6
5/6	14. 5	15. 0	3. 7	17. 2
7/8	15. 3	15.8	4. 1	18. 0
9/10	16. 3	16.8	4. 4	19. 4

表 1.4.2.1.5-2 中継器シミュレータ実験 32APSK 所要 C/N 劣化量一覧

	1 1		
符号 化率	IF 劣化 [dB] (②-①)	中継器シミュレータ 劣化 [dB] 最適 0BO(③-①)	中継器シミュレータ 固定劣化 [dB] 最適 0BO(③-②)
1/3	1.5	3. 3	1.8
2/5	1. 4	2. 7	1. 3
1/2	1. 2	3. 1	1. 9
3/5	0. 5	2. 2	1. 7
2/3	0.6	2. 2	1.6
3/4	0.6	2. 4	1.8
7/9	0. 5	2. 5	2. 0
4/5	0. 4	2. 6	2. 2
5/6	0. 5	2. 7	2. 2
7/8	0. 5	2.7	2. 2
9/10	0.5	3. 1	2. 6

#### 1.4.2.2 占有周波数带幅測定

実験内容:中継器シミュレータ折り返しにおける、 $\pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の占有周波数帯幅測定を行う。

## 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

中継器シミュレータの TWTA に適用する出力バックオフ(OBO)は、以下の 2 通りの条件で測定を行った。

条件 1:現行の放送衛星への適用を想定し、 $\pi/2$  シフト BPSK〜8PSK は、TWTA が飽和出力となる 0B0 とし、16〜32APSK は、衛星中継器の 0B0 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 0B0 の合計値が最小となる 0B0 (最適 0B0)を適用

条件 2: 衛星中継器定格出力 200W、衛星 EIRP 上限値=60dBW を想定し、変調方式によらず 0B0=2.2dB を適用

ただし、条件 2 については、 $\pi/2$  シフト BPSK~16APSK について測定を行った。

表 1.4.2.2-1  $に \pi/2$  シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の中継器シミュレータ折り返しにおける占有周波数帯幅測定結果一覧を示す。

表 1.4.2.2-1 中継器シミュレータ折り返し 占有周波数帯幅一覧

変調方式 π/2シフ トBPSK	符号化率	飽和点0B0、 最適0B0 0.5	飽和点0B0、 最適0B0 適用時の 占有周波数 帯幅[MHz]	EIRP=60dBW 一定 0B0 [dB]	0B0=2.2dB 適用時の 占有周波数帯幅 [MHz] 33.3
QPSK	1/2	0. 9	33. 6		33. 4
8PSK	3/4	0.9	33. 6		33. 4
	1/3	1. 5	33. 4		33. 3
	2/5	1. 5	33. 4		33. 4
	1/2	1. 7	33. 4		33. 4
	3/5	1. 7	33. 4	2. 2	33. 4
	2/3	1.8	33. 4		33. 4
16APSK	3/4	1. 9	33. 4		33. 3
	7/9	2. 1	33. 4		33. 4
	4/5	2. 1	33. 4		33. 4
	5/6	2. 2	33. 3		33. 3
	7/8	2. 4	33. 4		33. 4
	9/10	2. 7	33. 3		33. 4
	1/3	2. 0	33. 5		
	2/5	2. 4	33. 4		
	1/2	2. 4	33. 4		
	3/5	3. 0	33. 3		
	2/3	3. 1	33. 3		
32APSK	3/4	3. 3	33. 3		
	7/9	3. 5	33. 3		
	4/5	3. 5	33. 4		
	5/6	3. 7	33. 3		
	7/8	4. 1	33. 3		
	9/10	4. 4	33. 2		

### 1.4.2.3 同期限界測定

実験内容:中継器シミュレータ折り返しにおける、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

出力バックオフ: 8PSK 飽和点 0BO、16APSK 最適 0BO (0B0=1.9dB)

・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(キャプチャ C/N、ロック C/N)特性を図 1.4.2.3-1 に示す。8PSK 3/4 の同期限界測定結果を表 1.4.2.3-1 に、16APSK 3/4 の同期限界測定結果を表 1.4.2.3-2 に示す。

表 1.4.2.3-1 8PSK 3/4 同期限界測定 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N)

3 1. 1. 2. 0 1 of on o/ 1 1/1/3/12/3/12/3/12/3/12/3/12/3/12/3/							
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. 7	-2.2					
-4.5	-2.3	-2.5					
-4.0	-2. 4	-2.5					
-3.0	-2.6	-2.6					
-2.0	-2. 7	-2. 7					
-1.0	-2.6	-2.6					
0	-2.6	-2.6					
+1.0	-2. 7	-2. 7					
+2.0	-2.6	-2.6					
+3.0	-2.4	-2.4					
+4.0	-2. 2	-2.5					
+4.5	3.0	-2. 2					

表 1.4.2.3-2 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	-0.6	-1.9
-4.5	-1.2	-1.8
-4.0	-1.7	-2.0
-3.0	-2.0	-2.1
-2.0	-2. 2	-2.3
-1.0	-2.5	-2.6
0	-2.2	-2.2
+1.0	-2. 1	-2.2
+2.0	-2.0	-2.3
+3.0	-1.8	-2.1
+4.0	-1. 1	-1.9
+4.5	2.8	-2.1

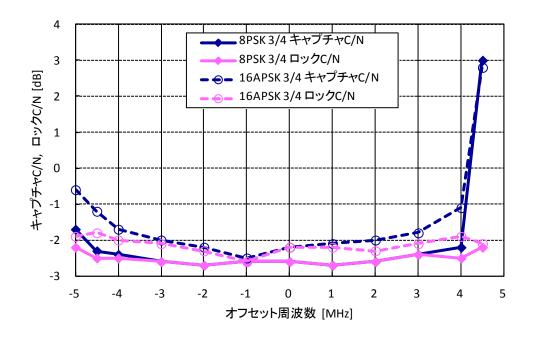


図 1.4.2.3-1 オフセット周波数対同期限界 C/N (キャプチャ C/N、ロック C/N) 特性

## 1.4.2.4 干渉実験

実験内容:中継器シミュレータ折り返しにおける、隣接干渉波および交差偏波が存在する時の 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

隣接チャンネル用干渉波: ISDB-S、8PSK 3/4

交差偏波チャンネル用干渉波: ISDB-S

出力バックオフ: ISDB-S・8PSK 飽和点 OBO、16APSK・32APSK 最適 OBO

16APSK 3/4 0B0=1.9dB 16APSK 7/9 0B0=2.1dB 32APSK 7/9 0B0=3.5dB 32APSK 4/5 0B0=3.5dB

交差偏波識別度:25dB

干渉実験の所要 C/N、所要 C/(N+I) (付録 2-2 参照) およびそれぞれの C/N 劣化量を表 1. 4. 2. 4-1 および表 1. 4. 2. 4-2 に示し、干渉実験の C/N 対ビット誤り率特性を図 1. 4. 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. 4. 2. 4. 2 に、受信コンスタレーションを図 1. 4. 2. 4. 3 に示す。表 1. 4. 2. 4-1 より、白色雑音および干渉雑音の両方を考慮した C/N 劣化量は、全てのケースで 0. 1 dB 以下であることを確認した。

表 1.4.2.4-1 干渉実験 所要 C/N 一覧

隣接チャンネル用干渉波: ISDB-S、交差偏波チャンネル用干渉波: ISDB-S

	干渉なし	干渉 C/I	干渉あり	所要 C/N 劣化量	干渉あり	所要 C/N 劣化量
	所要 C/N	(測定値)	所要 C/N	(C/N 基準)	所要 C/(N+I)	(C/(N+I)基準)
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
8PSK 3/4	9. 1	24. 1	9. 3	0. 2	9. 2	0. 1
8PSK 7/9	9.9	24. 1	10. 1	0. 2	10.0	0. 1
16APSK 3/4	12. 0	23. 2	12. 4	0. 4	12. 0	0.0
16APSK 7/9	12. 5	22. 9	12. 9	0. 4	12. 5	0.0
32APSK 7/9	15. 9	21.6	17. 4	1. 5	16. 0	0.1
32APSK 4/5	16. 6	21. 5	18. 2	1.6	16. 5	0.0

表 1.4.2.4-2 干渉実験 所要 C/N 一覧

隣接チャンネル用干渉波:8PSK 3/4、交差偏波チャンネル用干渉波:ISDB-S

	干渉なし	干渉 C/I	干渉あり	所要 C/N 劣化量	干渉あり	所要 C/N 劣化量
	所要 C/N	(測定値)	所要 C/N	(C/N 基準)	所要 C/(N+I)	(C/(N+I)基準)
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
8PSK 3/4	9. 1	24. 3	9. 3	0. 2	9. 2	0. 1
8PSK 7/9	9. 9	24. 3	10. 1	0. 2	10.0	0. 1
16APSK 3/4	12. 0	23. 2	12. 3	0. 3	11.9	0.0
16APSK 7/9	12. 5	23. 0	12. 9	0. 4	12. 5	0.0
32APSK 7/9	15. 9	21.6	17. 4	1.5	16. 0	0. 1
32APSK 4/5	16. 6	21.6	18. 1	1.5	16. 5	0.0

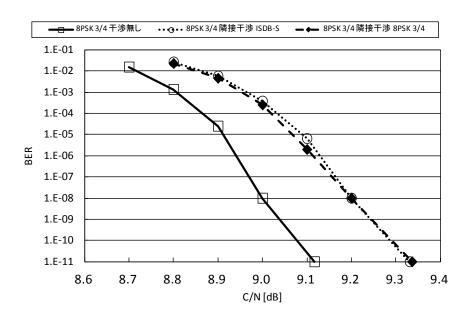


図 1.4.2.4.1-1 干渉実験 8PSK 3/4 C/N 対ビット誤り率特性

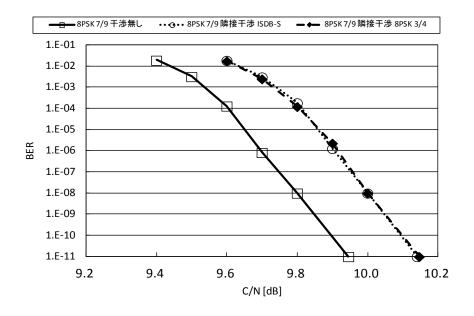


図 1.4.2.4.1-2 干渉実験 8PSK 7/9 C/N 対ビット誤り率特性

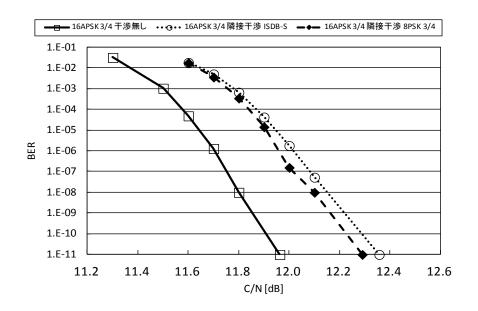


図 1.4.2.4.1-3 干渉実験 16APSK 3/4 C/N 対ビット誤り率特性

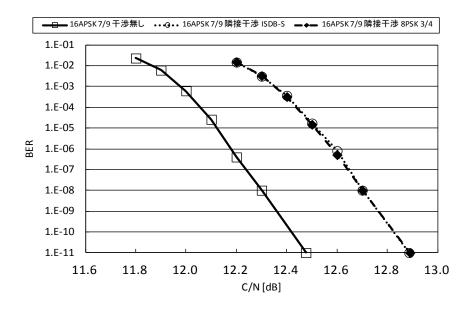


図 1.4.2.4.1-4 干渉実験 16APSK 7/9 C/N 対ビット誤り率特性

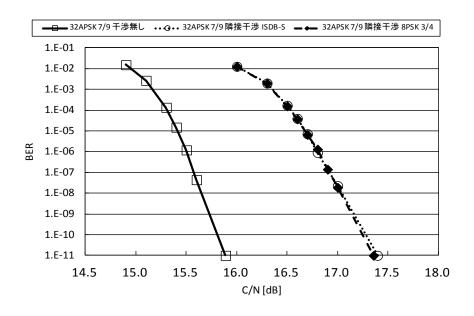


図 1.4.2.4.1-5 干渉実験 32APSK 7/9 C/N 対ビット誤り率特性

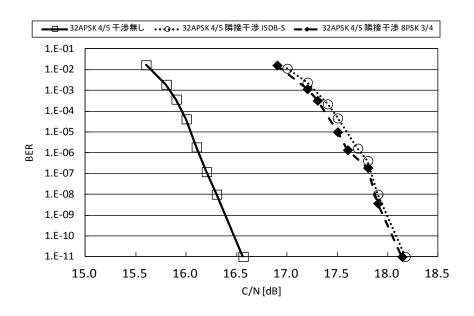


図 1.4.2.4.1-6 干渉実験 32APSK 4/5 C/N 対ビット誤り率特性

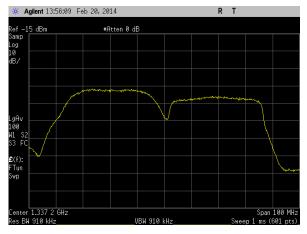


図 1.4.2.4.2-1 8PSK 3/4

隣接干渉波: ISDB-S、交差偏波: ISDB-S

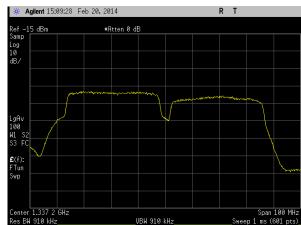


図 1.4.2.4.2-2 8PSK 3/4

隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

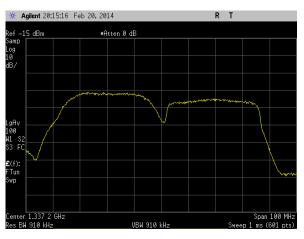


図 1.4.2.4.2-3 8PSK 7/9

隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

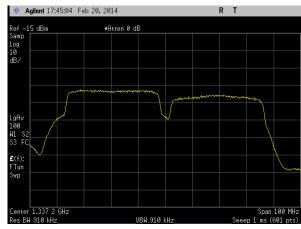


図 1.4.2.4.2-4 8PSK 7/9

隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

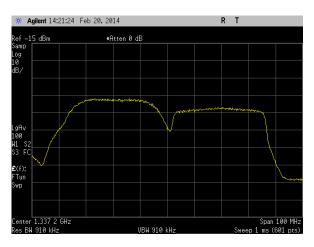


図 1.4.2.4.2-5 16APSK 3/4

隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

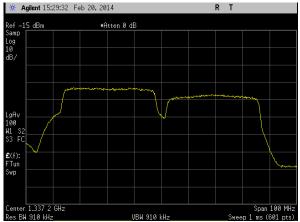


図 1.4.2.4.2-6 16APSK 3/4

隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

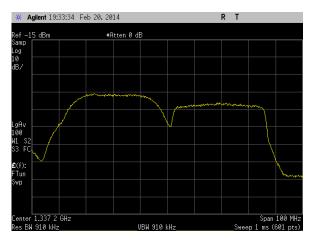


図 1.4.2.4.2-7 16APSK 7/9 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

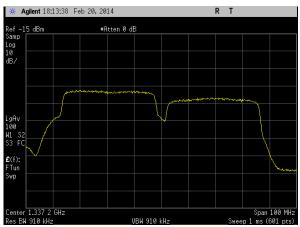


図 1.4.2.4.2-8 16APSK 7/9

隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

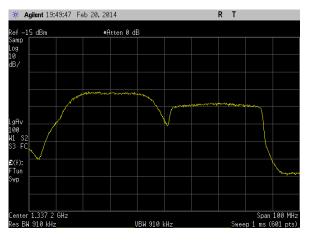


図 1.4.2.4.2-9 32APSK 7/9 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

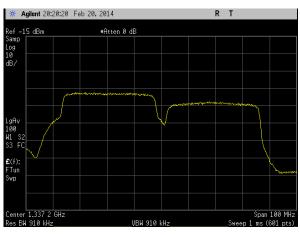


図 1.4.2.4.2-10 32APSK 7/9 隣接干渉波: 8PSK 3/4、交差偏波: ISDB-S

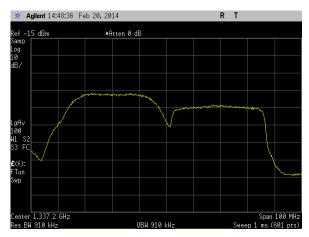


図 1. 4. 2. 4. 2-11 32APSK 4/5 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

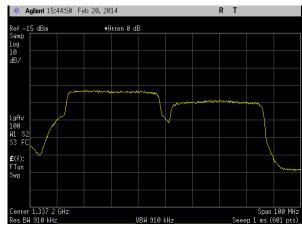


図 1.4.2.4.2-12 32APSK 4/5 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

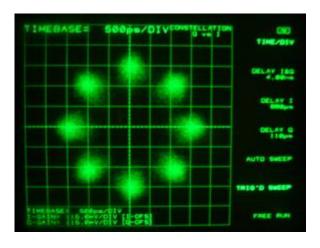


図 1.4.2.4.3-1 8PSK 3/4 隣接干渉波: ISDB-S、交差偏波: ISDB-S

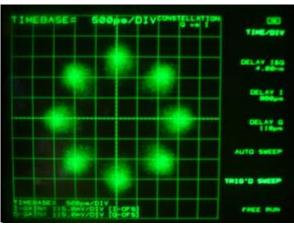


図 1.4.2.4.3-2 8PSK 3/4 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

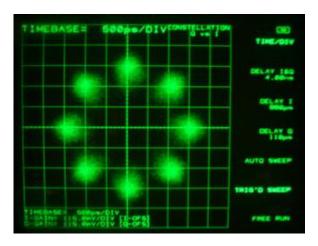


図 1. 4. 2. 4. 3-3 8PSK 7/9 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

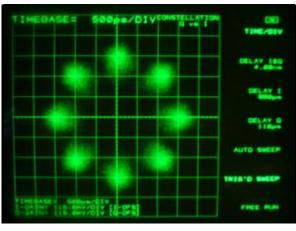


図 1.4.2.4.3-4 8PSK 7/9 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

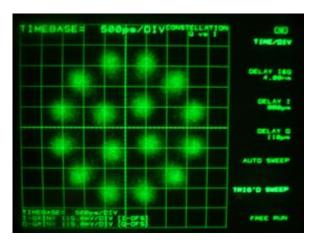


図 1.4.2.4.3-5 16APSK 3/4 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

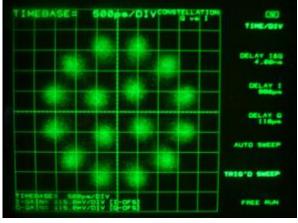


図 1. 4. 2. 4. 3-6 16APSK 3/4 隣接干渉波: 8PSK 3/4、交差偏波: ISDB-S

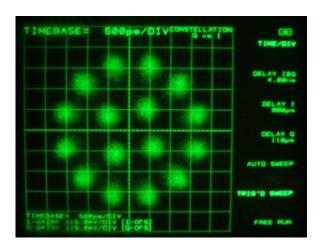


図 1.4.2.4.3-7 16APSK 7/9 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

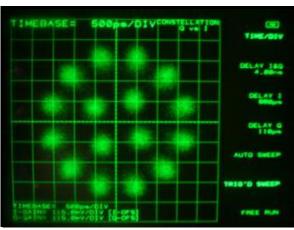


図 1.4.2.4.3-8 16APSK 7/9 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

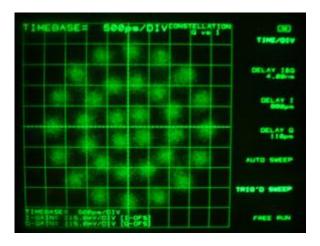


図 1.4.2.4.3-9 32APSK 7/9 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

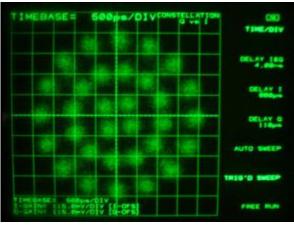


図 1.4.2.4.3-10 32APSK 7/9 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

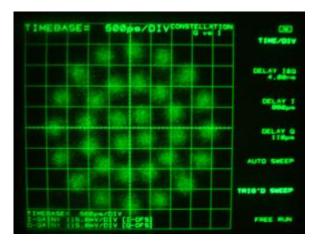


図 1. 4. 2. 4. 3-11 32APSK 4/5 隣接干渉波:ISDB-S、交差偏波:ISDB-S

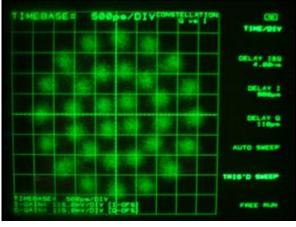


図 1.4.2.4.3-12 32APSK 4/5 隣接干渉波:8PSK 3/4、交差偏波:ISDB-S

## 1.4.2.5 ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定

実験内容:衛星中得機器シミュレータ折り返しにおける ODU 挿入時の所要 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

出力バックオフ: 8PSK 飽和点 0BO、16APSK・32APSK 最適 0BO

16APSK 3/4 0B0=1.9dB 16APSK 7/9 0B0=2.1dB 32APSK 7/9 0B0=3.5dB 32APSK 4/5 0B0=3.5dB

ODU 挿入時の所要 C/N および C/N 劣化量を表 1.4.2.5.1 に、C/N 対ビット誤り率特性を図 1.4.2.5.1 に示す。また、受信信号スペクトラムを図 1.4.2.5.2 に、受信コンスタレーションを図 1.4.2.5.3 に示す。表 1.4.2.5.1 より、ODU 挿入時の C/N 劣化量は、全てのケースで 0.1 dB 以下であることを確認した。

表 1.4.2.5.1 干渉実験 所要 C/N 一覧 ODU 挿入時

	ODU なし所要 C/N	ODU あり所要 C/N	所要 C/N 劣化量
	[dB]	[dB]	[dB]
8PSK 3/4	9. 1	9. 2	0. 1
8PSK 7/9	9. 9	9. 9	0.0
16APSK 3/4	12. 0	12. 0	0.0
16APSK 7/9	12. 5	12. 5	0. 1
32APSK 7/9	15. 9	16. 0	0. 1
32APSK 4/5	16. 6	16. 7	0. 1

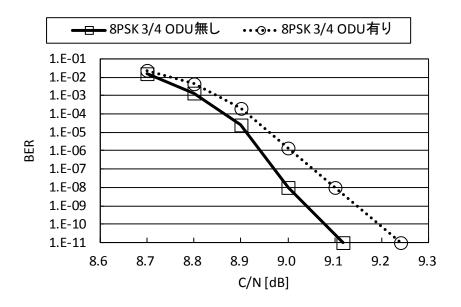


図 1.4.2.5.1-1 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 8PSK 3/4

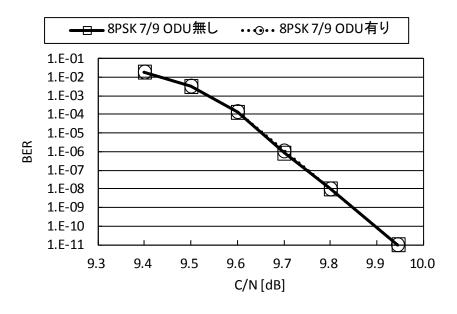


図 1.4.2.5.1-2 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 8PSK 7/9

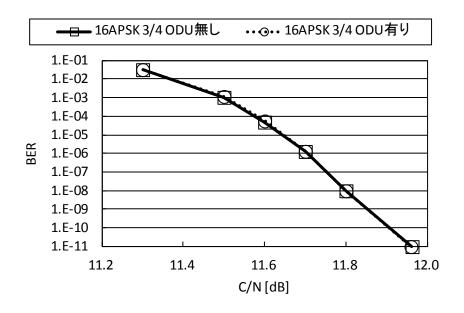


図 1.4.2.5.1-3 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 16APSK 3/4

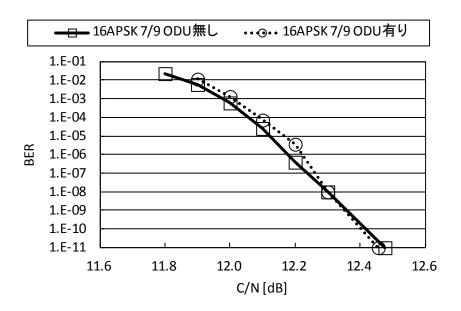


図 1.4.2.5.1-4 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 16APSK 7/9

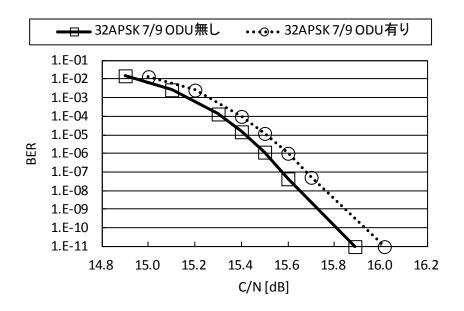


図 1.4.2.5.1-5 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 32APSK 7/9

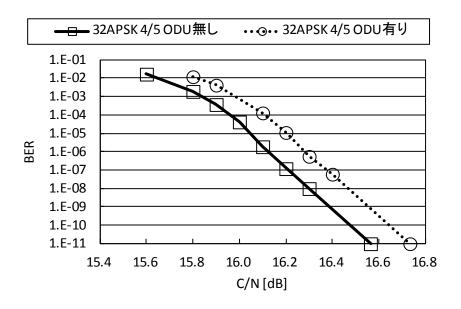


図 1.4.2.5.1-6 ODU 挿入実験 C/N 対ビット誤り率特性 32APSK 4/5

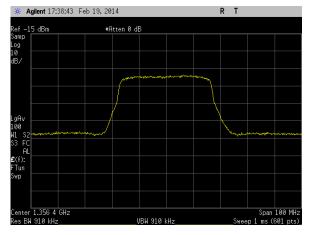


図 1.4.2.5.2-1 8PSK 3/4 ODU 有り

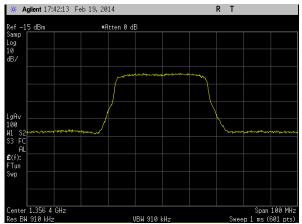


図 1.4.2.5.2-2 8PSK 7/9 ODU 有り

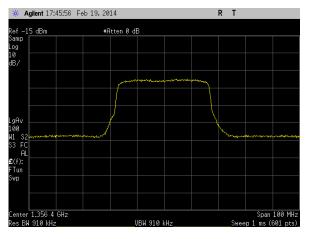


図 1.4.2.5.2-3 16APSK 3/4 ODU 有り

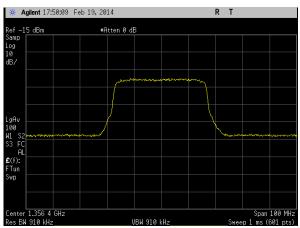


図 1.4.2.5.2-4 16APSK 7/9 ODU 有り

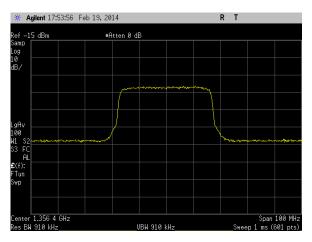


図 1.4.2.5.2-5 32APSK 7/9 ODU 有り

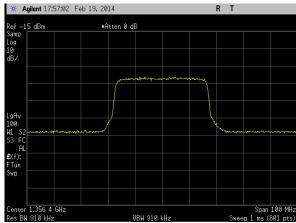


図 1.4.2.5.2-6 32APSK 4/5 ODU 有り

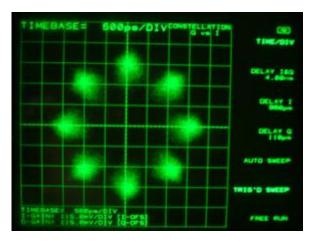


図 1.4.2.5.4-1 8PSK 3/4 OUD 有り

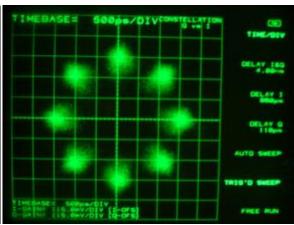


図 1.4.2.5.4-2 8PSK 7/9 OUD 有り

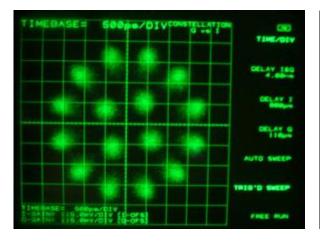


図 1.4.2.5.4-3 16APSK 3/4 OUD 有り

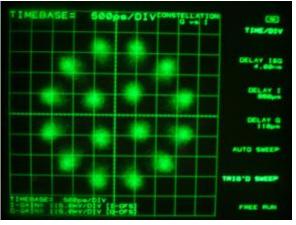


図 1.4.2.5.4-4 16APSK 7/9 OUD 有り

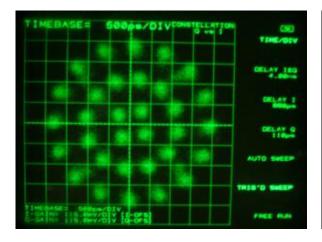


図 1.4.2.5.4-5 32APSK 7/9 OUD 有り

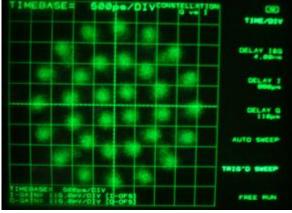


図 1.4.2.5.4-6 32APSK 4/5 OUD 有り

## 1.4.3 中継器シミュレータ実験 実験結果詳細

- 1.4.3.1 中継器シミュレータ実験 C/N 対ビット誤り率特性
  - 1.4.3.1.1 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK

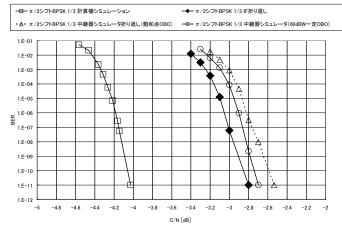


図 1.4.3.1.1-1 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 1/3

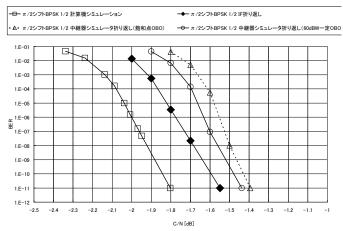


図 1.4.3.1.1-3 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 1/2

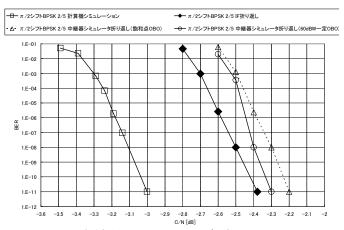


図 1.4.3.1.1-2 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 2/5

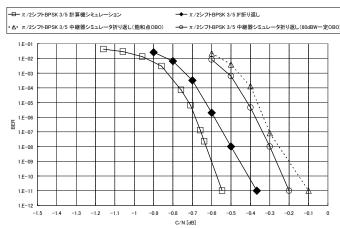


図 1.4.3.1.1-4 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 3/5

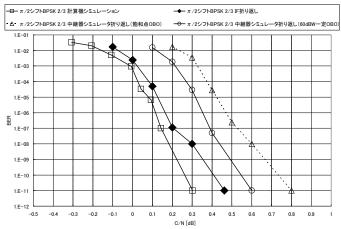


図 1.4.3.1.1-5 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 2/3

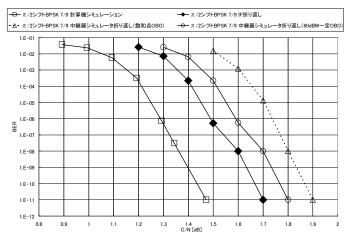


図 1.4.3.1.1-7 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 7/9

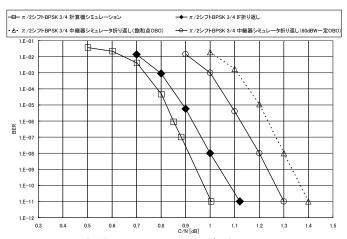


図 1.4.3.1.1-6 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 3/4

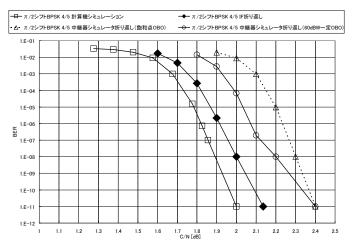


図 1.4.3.1.1-8 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 4/5

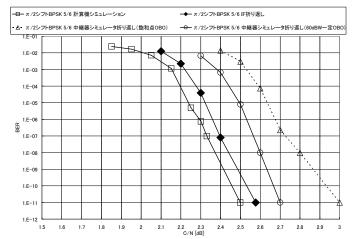


図1.4.3.1.1-9 中継器シミュレータ実験 π/2シフトBPSK 5/6

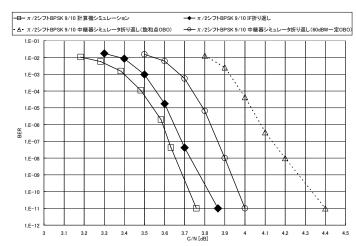


図 1.4.3.1.1-11 中継器シミュレータ実験 π/2 シフト BPSK 9/10

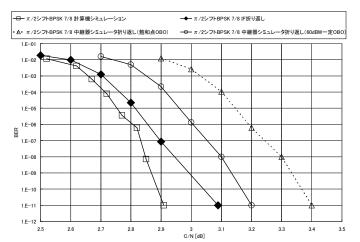


図1.4.3.1.1-10中継器シミュレータ実験 π/2シフトBPSK 7/8

## 1.4.3.1.2 中継器シミュレータ実験 QPSK

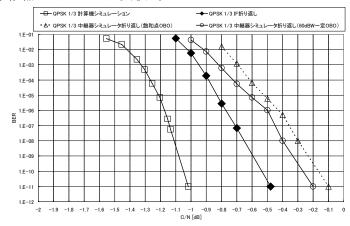


図 1.4.3.1.2-1 中継器シミュレータ実験 QPSK 1/3

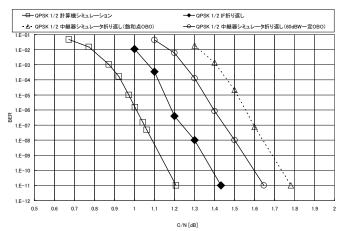


図 1.4.3.1.2-3 中継器シミュレータ実験 QPSK 1/2

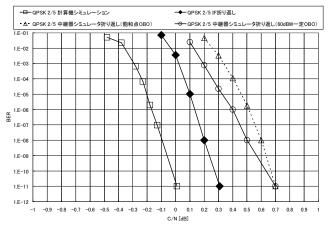


図 1.4.3.1.2-2 中継器シミュレータ実験 QPSK 2/5

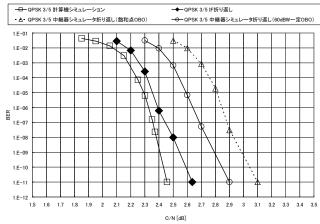


図 1.4.3.1.2-4 中継器シミュレータ実験 QPSK 3/5

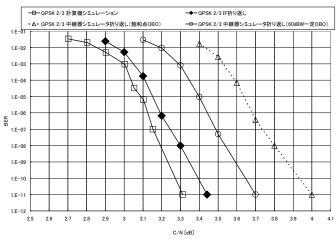


図 1.4.3.1.2-5 中継器シミュレータ実験 QPSK 2/3

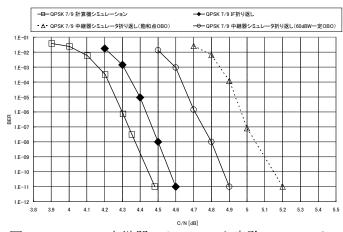


図 1.4.3.1.2-7 中継器シミュレータ実験 QPSK 7/9

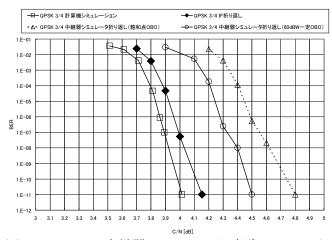


図 1.4.3.1.2-6 中継器シミュレータ実験 QPSK 3/4

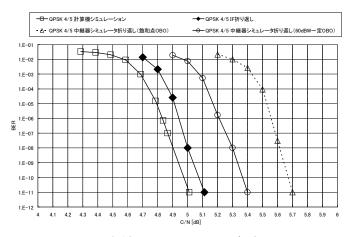


図 1.4.3.1.2-8 中継器シミュレータ実験 QPSK 4/5

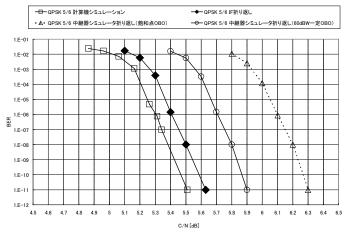


図 1.4.3.1.2-9 中継器シミュレータ実験 QPSK 5/6

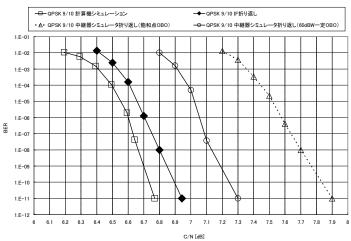


図 1.4.3.1.2-11 中継器シミュレータ実験 QPSK 9/10

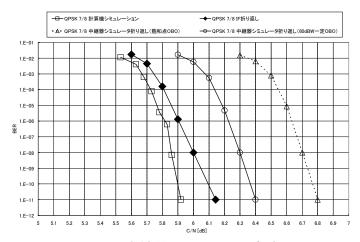


図 1.4.3.1.2-10 中継器シミュレータ実験 QPSK 7/8

# 1.4.3.1.3 中継器シミュレータ実験 8PSK

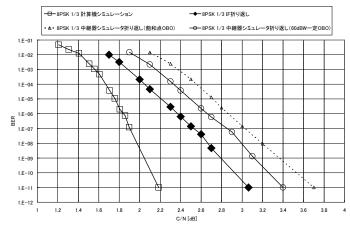


図 1.4.3.1.3-1 中継器シミュレータ実験 8PSK 1/3

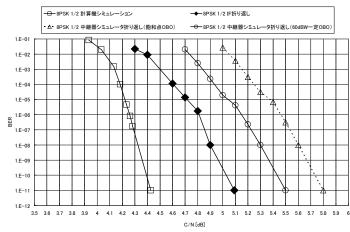


図 1.4.3.1.3-3 中継器シミュレータ実験 8PSK 1/2

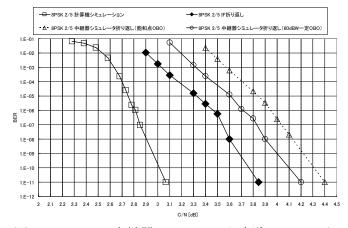


図 1.4.3.1.3-2 中継器シミュレータ実験 8PSK 2/5

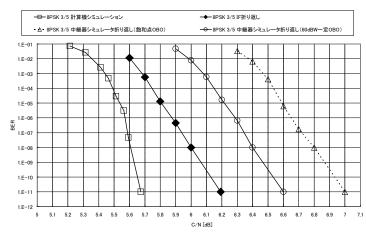


図 1.4.3.1.3-4 中継器シミュレータ実験 8PSK 3/5

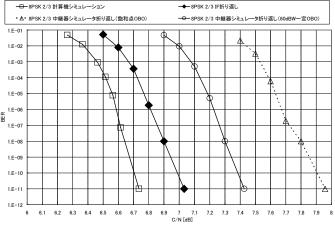


図 1.4.3.1.3-5 中継器シミュレータ実験 8PSK 2/3

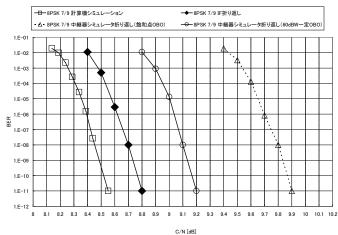


図 1.4.3.1.3-7 中継器シミュレータ実験 8PSK 7/9

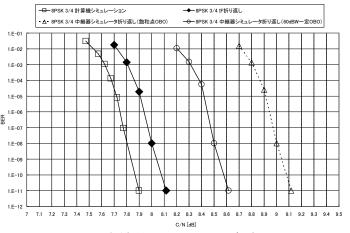


図 1.4.3.1.3-6 中継器シミュレータ実験 8PSK 3/4

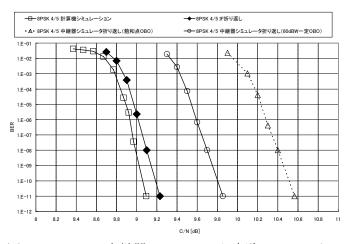


図 1.4.3.1.3-8 中継器シミュレータ実験 8PSK 4/5

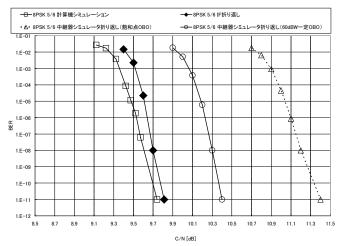


図 1.4.3.1.3-9 中継器シミュレータ実験 8PSK 5/6

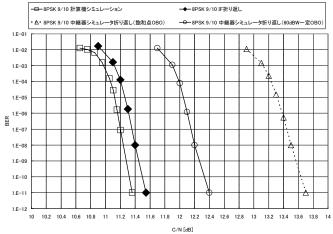


図 1.4.3.1.3-11 中継器シミュレータ実験 8PSK 9/10

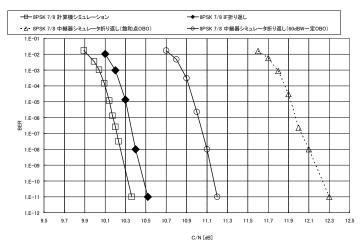


図 1.4.3.1.3-10 中継器シミュレータ実験 8PSK 7/8

## 1.4.3.1.4 中継器シミュレータ実験 16APSK

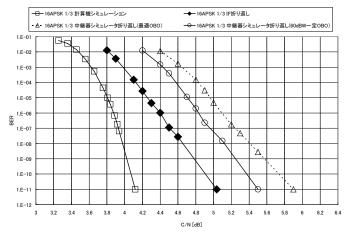


図 1.4.3.1.4-1 中継器シミュレータ実験 16APSK 1/3

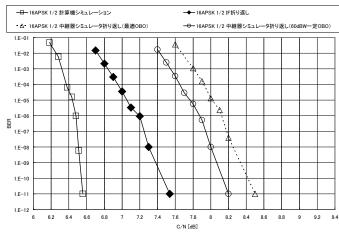


図 1.4.3.1.4-3 中継器シミュレータ実験 16APSK 1/2

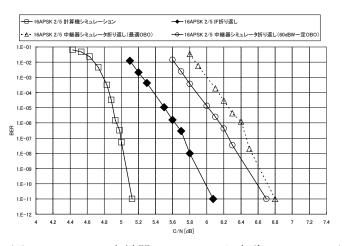


図 1.4.3.1.4-2 中継器シミュレータ実験 16APSK 2/5

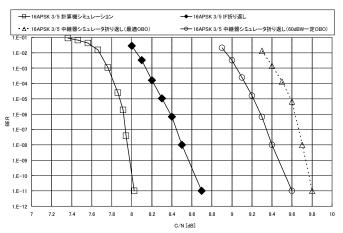


図 1.4.3.1.4-4 中継器シミュレータ実験 16APSK 3/5

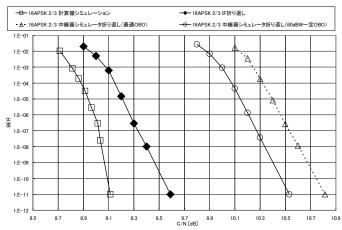


図 1.4.3.1.4-5 中継器シミュレータ実験 16APSK 2/3

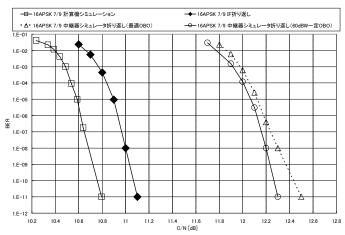


図 1.4.3.1.4-7 中継器シミュレータ実験 16APSK 7/9

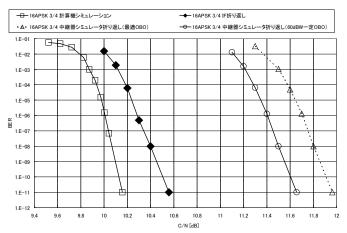


図 1.4.3.1.4-6 中継器シミュレータ実験 16APSK 3/4

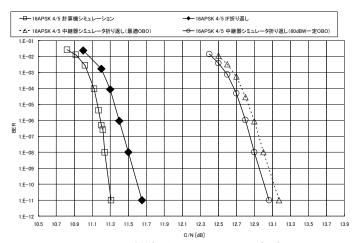


図 1.4.3.1.4-8 中継器シミュレータ実験 16APSK 4/5

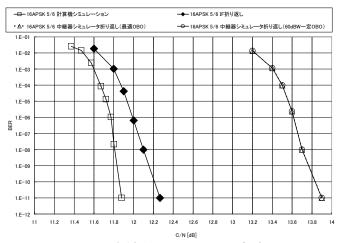


図 1.4.3.1.4-9 中継器シミュレータ実験 16APSK 5/6

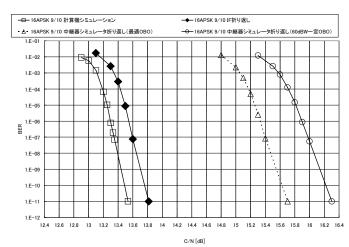


図 1.4.3.1.4-11 中継器シミュレータ実験 16APSK 9/10

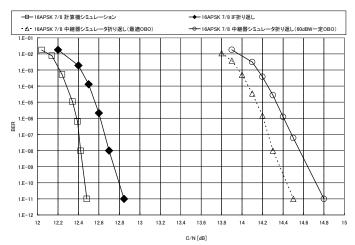


図 1.4.3.1.4-10 中継器シミュレータ実験 16APSK 7/8

# 1.4.3.1.5 中継器シミュレータ実験 32APSK

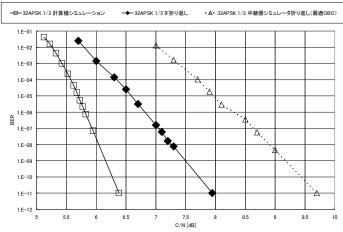


図 1.4.3.1.5-1 中継器シミュレータ実験 32APSK 1/3

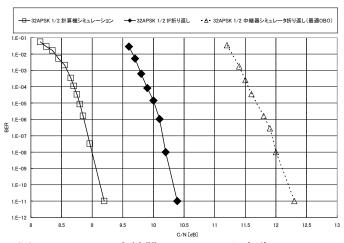


図 1.4.3.1.5-3 中継器シミュレータ実験 32APSK 1/2

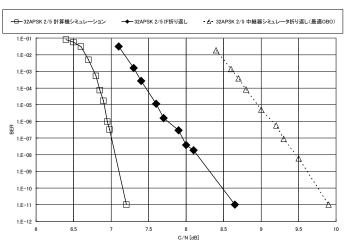


図 1.4.3.1.5-2 中継器シミュレータ実験 32APSK 2/5

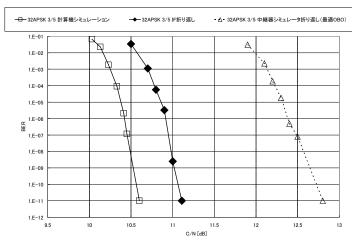


図 1.4.3.1.5-4 中継器シミュレータ実験 32APSK 3/5

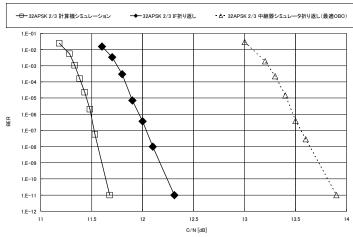


図 1.4.3.1.5-5 中継器シミュレータ実験 32APSK 2/3

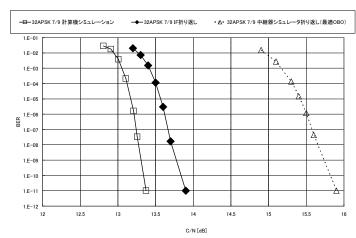


図 1.4.3.1.5-7 中継器シミュレータ実験 32APSK 7/9

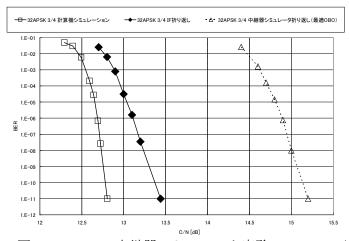


図 1.4.3.1.5-6 中継器シミュレータ実験 32APSK 3/4

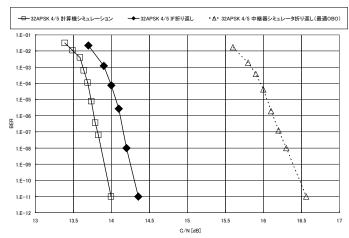


図 1.4.3.1.5-8 中継器シミュレータ実験 32APSK 4/5

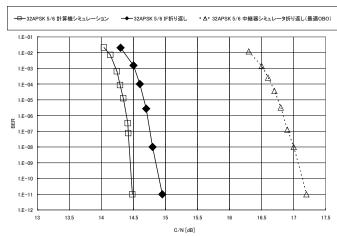


図 1.4.3.1.5-9 中継器シミュレータ実験 32APSK 5/6

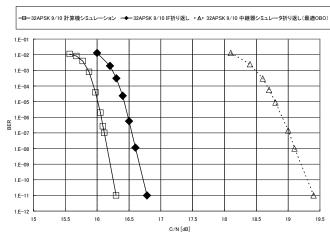


図 1.4.3.1.5-11 中継器シミュレータ実験 32APSK 9/10

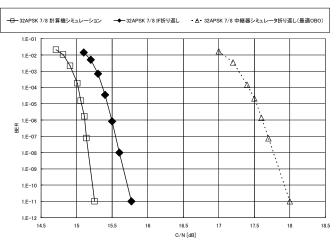


図 1.4.3.1.5-10 中継器シミュレータ実験 32APSK 7/8

### 1.4.3.2 中継器シミュレータ実験 スペクトル

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. 4. 3. 2. 1 $\pi/2$ シフト BPSK

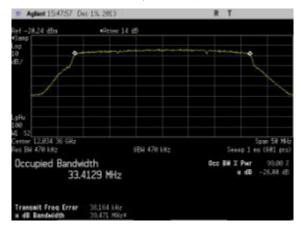


図 1.4.3.2.1-1 中継器シミュレータ折り返し π/2 シフト BPSK 1/2 飽和点 0B0 (0B0=0.5dB)

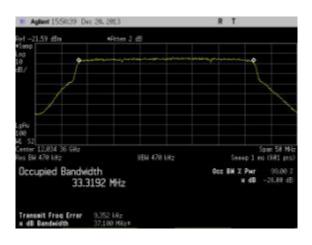


図 1.4.3.2.1-2 中継器シミュレータ折り返し π/2 シフト BPSK 1/2 0B0=2.2dB

#### 1. 4. 3. 2. 2 QPSK

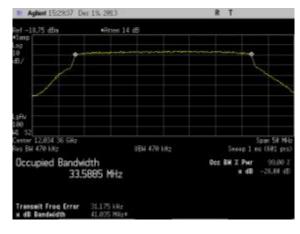


図 1.4.3.2.2-1 中継器シミュレータ折り返し QPSK 1/2 飽和点 0B0 (0B0=0.9dB)

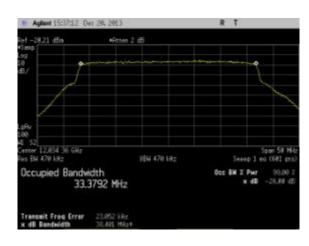


図 1.4.3.2.2-2 中継器シミュレータ折り返し QPSK 1/2 0B0=2.2dB

# 1.4.3.2.3 8PSK

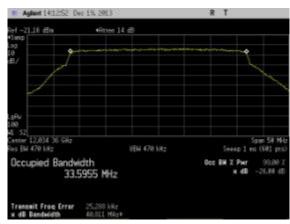


図 1.4.3.2.3-1 中継器シミュレータ折り返し 8PSK 3/4 飽和点 0B0 (0B0=0.9dB)

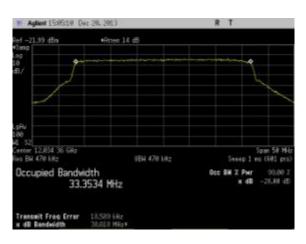


図 1.4.3.2.3-2 中継器シミュレータ折り返し 8PSK 3/4 0BO=2.2dB

#### 1. 4. 3. 2. 4 16APSK

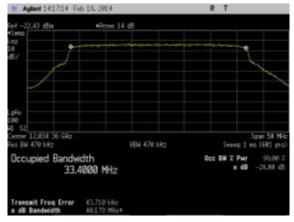


図 1.4.3.2.4.1-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/3 最適 0B0 (0B0=1.5dB)



図 1.4.3.2.4.2-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/5 最適 0B0 (0B0=1.5dB)

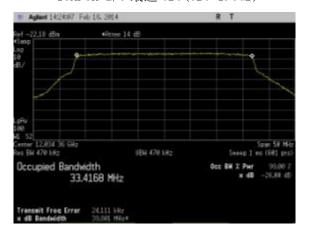


図 1.4.3.2.4.3-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/2 最適 0B0 (0B0=1.7dB)

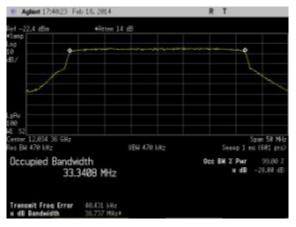


図 1.4.3.2.4.1-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/3 0BO=2.2dB

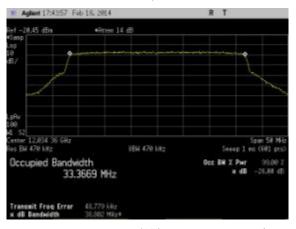


図 1.4.3.2.4.2-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/5 OBO=2.2dB

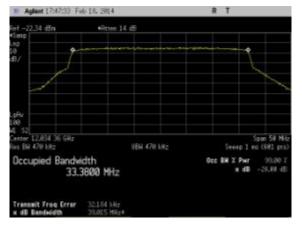


図 1.4.3.2.4.3-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/2 0B0=2.2dB

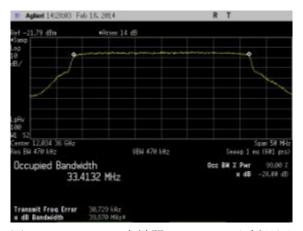


図 1.4.3.2.4.4-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/5 最適 0B0 (0B0=1.7dB)

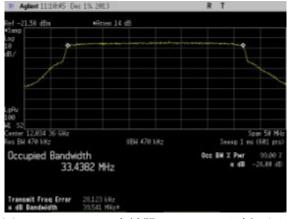


図 1.4.3.2.4.5-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/3 最適 0B0 (0B0=1.8dB)

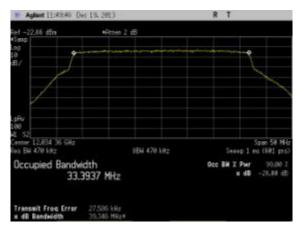


図 1.4.3.2.4.6-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/4 最適 0B0(0B0=1.9dB)

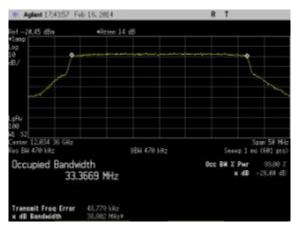


図 1.4.3.2.4.4-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/5 OBO=2.2dB

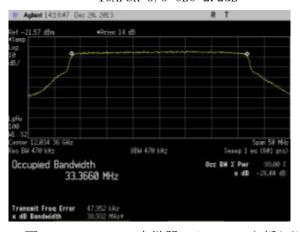


図 1.4.3.2.4.5-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/3 0BO=2.2dB

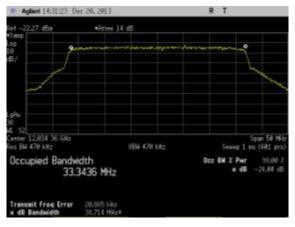


図 1.4.3.2.4.6-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/4 0B0=2.2dB

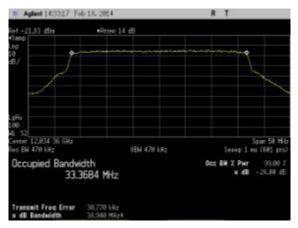


図 1.4.3.2.4.7-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/9 最適 0B0 (0B0=2.1dB)

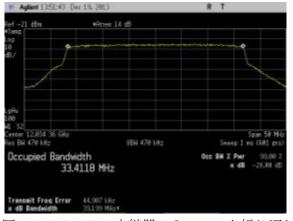


図 1.4.3.2.4.8-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 4/5 最適 0B0 (0B0=2.1dB)

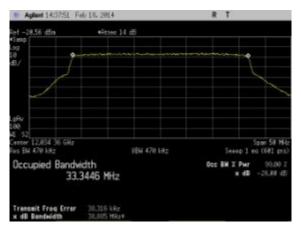


図 1.4.3.2.4.9-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 5/6 最適 0BO(0BO=2.2dB)

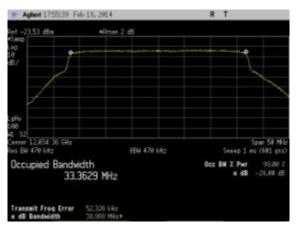


図 1.4.3.2.4.7-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/9 OBO=2.2dB

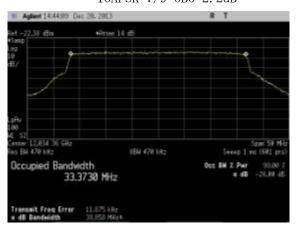


図 1.4.3.2.4.8-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 4/5 0BO=2.2dB

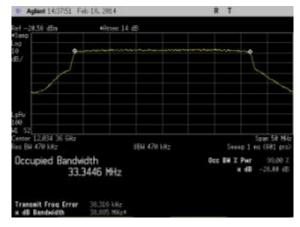


図 1.4.3.2.4.9-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 5/6 0B0=2.2dB

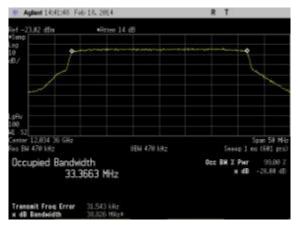


図1.4.3.2.4.10-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/8 最適 0B0 (0B0=2.4dB)

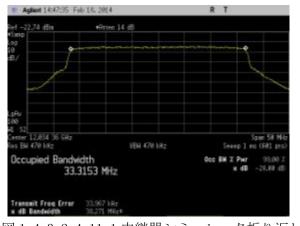


図 1.4.3.2.4.11-1 中継器シミュレータ折り返し 図 1.4.3.2.4.11-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 9/10 最適 0B0(0B0=2.7dB)

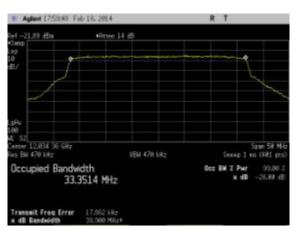
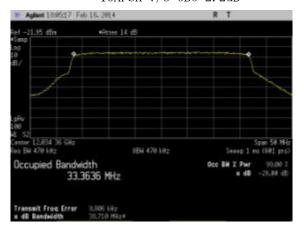


図 1.4.3.2.4.10-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/8 OBO=2.2dB



16APSK 9/10 OBO=2.2dB

#### 1.4.3.2.5 32APSK



図 1.4.3.2.5.1 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 1/3 最適 0BO (0BO=2.0dB)

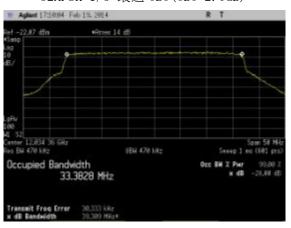


図 1.4.3.2.5.3 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 1/2 最適 0B0 (0B0=2.4dB)

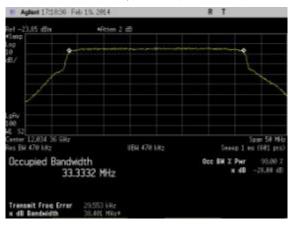


図 1.4.3.2.5.5 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 2/3 最適 0BO (0B0=3.1dB)

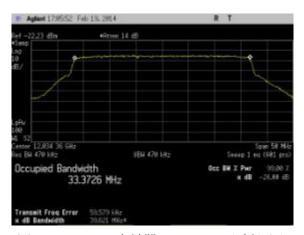


図 1.4.3.2.5.2 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 2/5 最適 0BO (0BO=2.4dB)

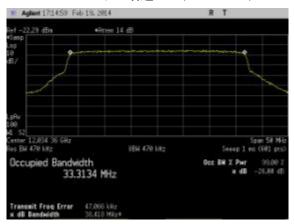


図 1.4.3.2.5.4 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 3/5 最適 0BO (0BO=3.0dB)

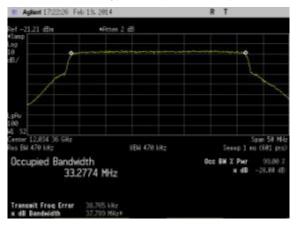


図 1.4.3.2.5.6 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 3/4 最適 0BO (0BO=3.3dB)

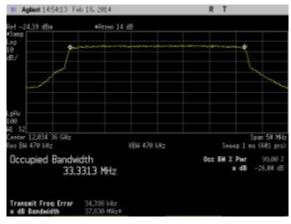


図 1.4.3.2.5.7 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 7/9 最適 0B0 (0B0=3.5dB)

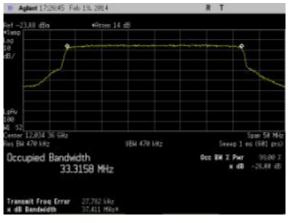


図 1.4.3.2.5.9 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 5/6 最適 0B0 (0B0=3.7dB)

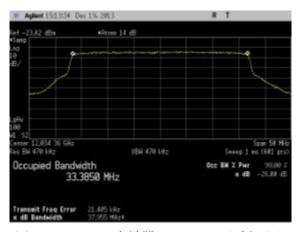


図 1.4.3.2.5.8 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 4/5 最適 0B0(0B0=3.5dB)

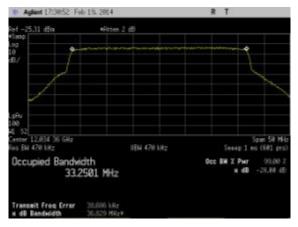


図 1.4.3.2.5.10 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 7/8 最適 0BO (0BO=4.1dB)

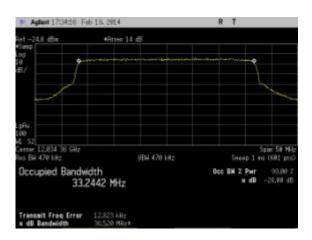


図 1.4.3.2.5.11 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 9/10 最適 0B0 (0B0=4.4dB)

## 1.4.3.3 中継器シミュレータ実験 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 π/2シフトBPSK、QPSK、8PSK は符号化率1種類で測定。

16APSK、32APSK は符号化率毎に測定。

1.4.3.3.1  $\pi/2$  シフト BPSK

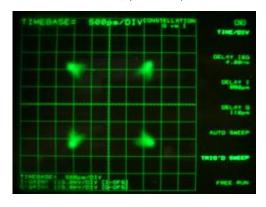
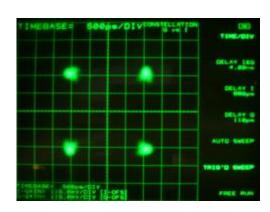


図 1.4.3.3.1-1 中継器シミュレータ折り返し 図 1.4.3.3.1-2 中継器シミュレータ折り返し π/2 シフト BPSK 1/2 飽和点 OBO (OBO=0.5dB)



 $\pi/2$  シフト BPSK 1/2 OBO=2.2dB

### 1.4.3.3.2 QPSK

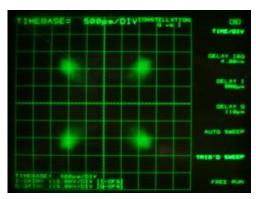
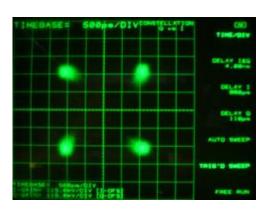


図 1.4.3.3.2-1 中継器シミュレータ折り返し 図 1.4.3.3.2-2 中継器シミュレータ折り返し QPSK 1/2 飽和点 OBO (OBO=0.9dB)



QPSK 1/2 0B0=2.2dB

### 1.4.3.3.3 8PSK

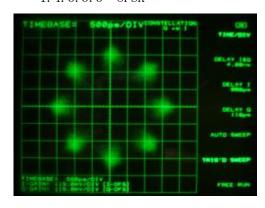
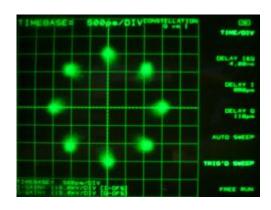


図 1.4.3.3.3-1 中継器シミュレータ折り返し 図 1.4.3.3.3-2 中継器シミュレータ折り返し 8PSK 3/4 飽和点 0B0(0B0=0.9dB)



8PSK 3/4 0B0=2.2dB

## 1.4.3.3.4 16APSK

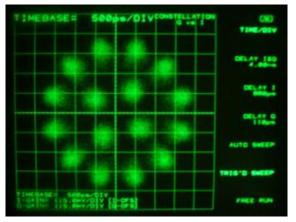


図 1.4.3.3.4.1-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/3 最適 0BO (0BO=1.5dB)

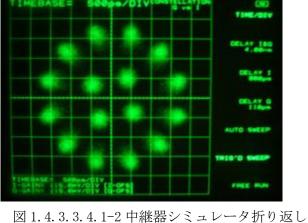


図 1.4.3.3.4.1-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/3 0B0=2.2dB

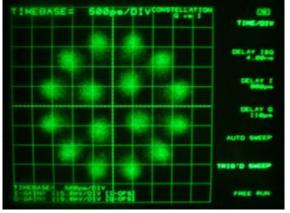


図 1.4.3.3.4.2-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/5 最適 0B0 (0B0=1.5dB)

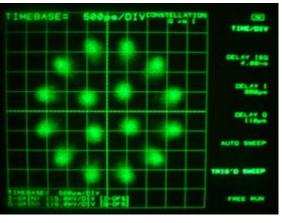


図 1.4.3.3.4.2-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/5 0BO=2.2dB

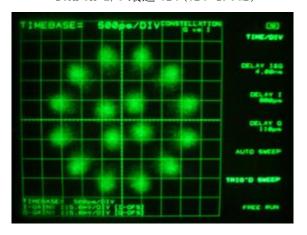


図 1.4.3.3.4.3-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/2 最適 0B0(0B0=1.7dB)

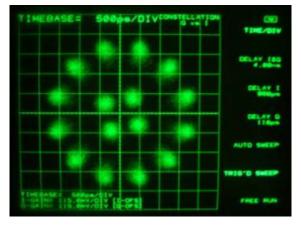


図 1.4.3.3.4.3-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 1/2 0B0=2.2dB

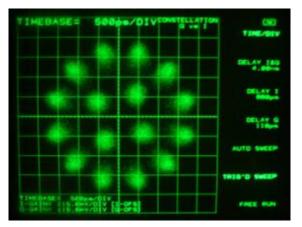


図 1.4.3.3.4.4-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/5 最適 0B0 (0B0=1.7dB)

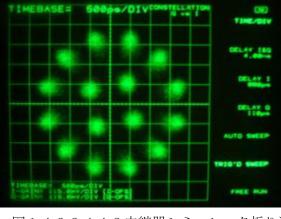


図 1.4.3.3.4.4-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/5 0B0=2.2dB

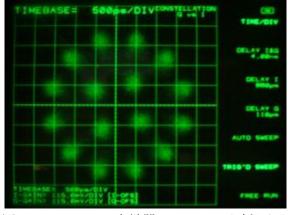


図 1.4.3.3.4.5-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/3 最適 0B0 (0B0=1.8dB)

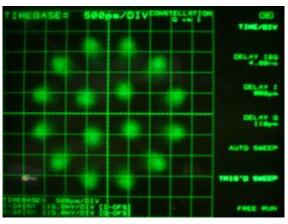


図 1.4.3.3.4.5-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 2/5 OBO=2.2dB

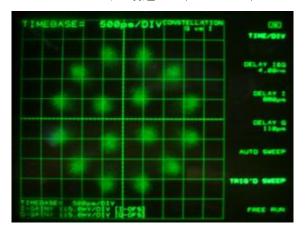


図 1.4.3.3.4.6-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/4 最適 0B0(0B0=1.9dB)

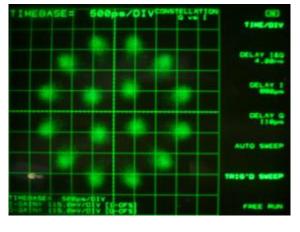


図 1.4.3.3.4.6-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 3/4 0B0=2.2dB

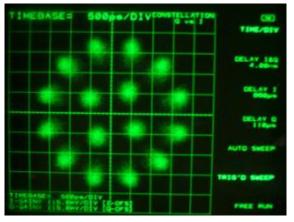


図 1.4.3.3.4.7-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/9 最適 0B0 (0B0=2.1dB)

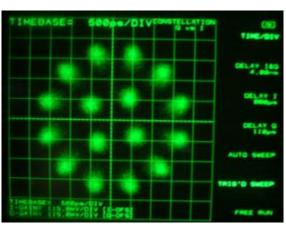


図 1.4.3.3.4.7-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/9 0B0=2.2dB

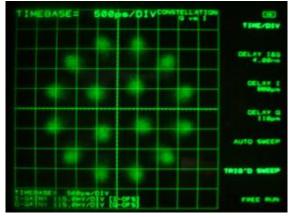


図 1.4.3.3.4.8-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 4/5 最適 0B0 (0B0=2.1dB)

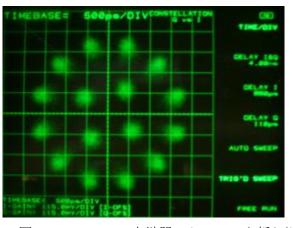


図 1.4.3.3.4.8-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 4/5 0B0=2.2dB

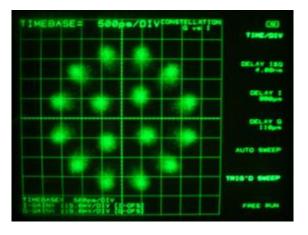


図 1.4.3.3.4.9-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 5/6 最適 0BO(0B0=2.2dB)

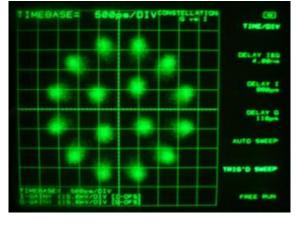


図 1.4.3.3.4.9-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 5/6 0B0=2.2dB

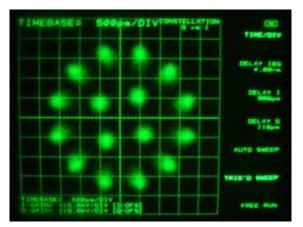


図1.4.3.3.4.10-1 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/8 最適 0B0 (0B0=2.4dB)

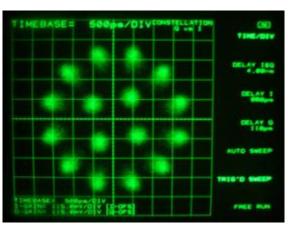
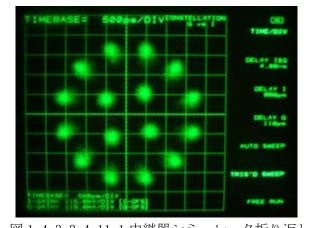


図 1.4.3.3.4.10-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 7/8 OBO=2.2dB



16APSK 9/10 最適 0B0(0B0=2.7dB)

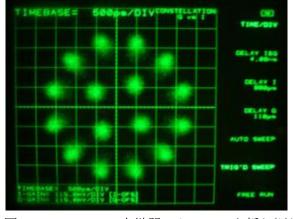


図 1.4.3.3.4.11-1 中継器シミュレータ折り返し 図 1.4.3.3.4.11-2 中継器シミュレータ折り返し 16APSK 9/10 OBO=2.2dB

## 1.4.3.3.5 32APSK

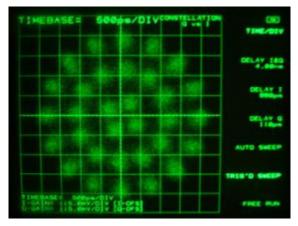


図 1.4.3.3.5.1 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 1/3 最適 0BO (0BO=2.0dB)

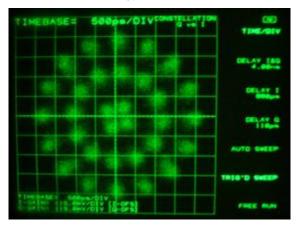


図 1.4.3.3.5.3 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 1/2 最適 0B0 (0B0=2.4dB)

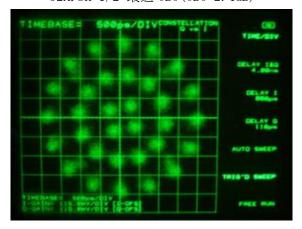


図 1.4.3.3.5.5 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 2/3 最適 0BO (0BO=3.1dB)

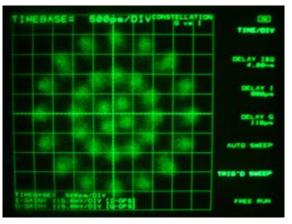


図 1.4.3.3.5.2 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 2/5 最適 0BO(0BO=2.4dB)

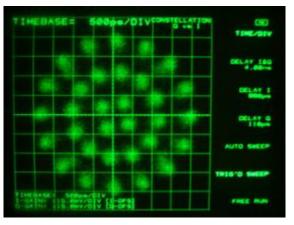


図 1.4.3.3.5.4 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 3/5 最適 0B0 (0B0=3.0dB)

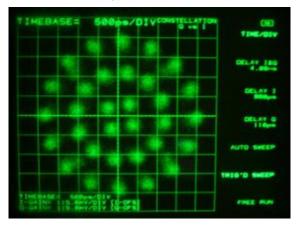


図 1.4.3.3.5.6 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 3/4 最適 0B0 (0B0=3.3dB)

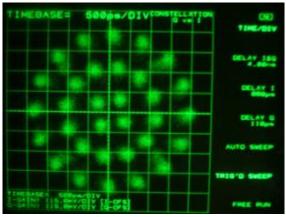


図 1.4.3.3.5.7 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 7/9 最適 0BO(0BO=3.5dB)

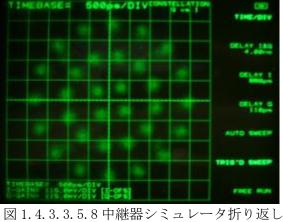


図 1.4.3.3.5.8 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 4/5 最適 0B0(0B0=3.5dB)

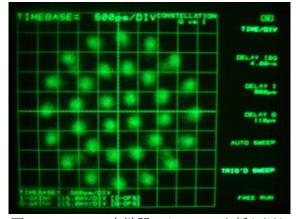


図 1.4.3.3.5.9 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 5/6 最適 0BO (0BO=3.7dB)

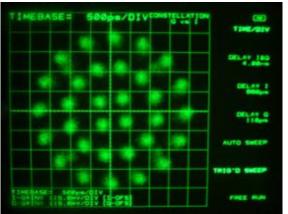


図 1.4.3.3.5.10 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 7/8 最適 0B0 (0B0=4.1dB)

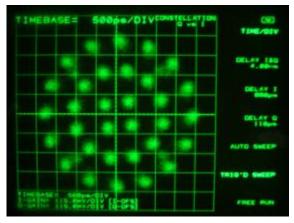


図 1.4.3.3.5.11 中継器シミュレータ折り返し 32APSK 9/10 最適 0B0 (0B0=4.4dB)

## 1.4.3.4 中継器シミュレータ実験 最適 OBO

測定条件:シンボルレート 33.7561Mbaud、ロールオフ率 0.03 擬似エラーフリーC/N:  $1 \times 1010$  ビット伝送時にエラーフリーとなる C/N

### 1.4.3.4.1 16APSK 最適 OBO

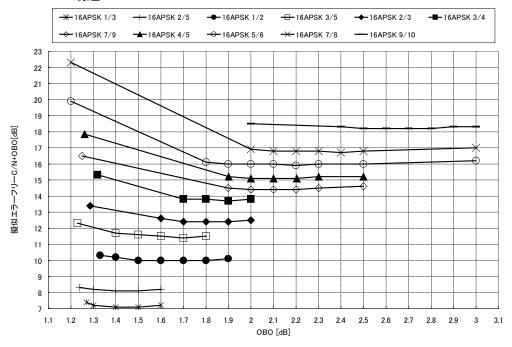


図 1.4.3.4.1 16APSK 0BO 対疑似エラーフリーC/N+0BO

## 1.4.3.4.2 32APSK 最適 OBO

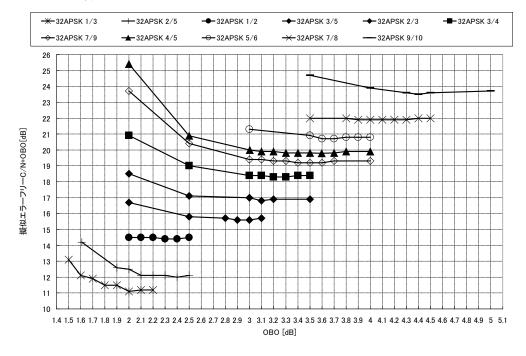


図 1.4.3.4.2 32APSK 0BO 対疑似エラーフリーC/N+0BO

# 付録2

付録 2-1: 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 0.1dB 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、 $1\times10^{-8}$ 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、 $1\times10^{-8}$ 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 A1-1 (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<sup>-11</sup>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。

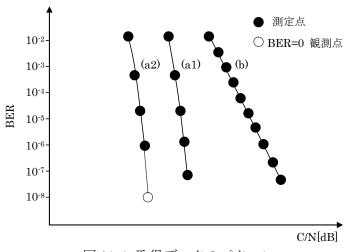
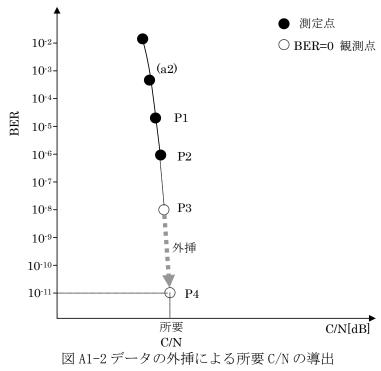


図 A1-1 取得データのパターン

図 A1-2 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<sub>1</sub>, BER<sub>1</sub>)、 $P_2$  (CN<sub>2</sub>, BER<sub>2</sub>)、 $P_3$  (CN<sub>3</sub>, BER<sub>3</sub>) 、 $P_4$  (CN<sub>4</sub>,  $10^{-11}$ )、とおくと、所要 C/N は次式で求まる。

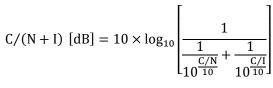
所要
$$C/N = CN_4 = 2 \cdot \frac{\log(10^{-11}) - \log(BER_3)}{\frac{\log(BER_2) - \log(BER_1)}{CN_2 - CN_1} + \frac{\log(BER_3) - \log(BER_2)}{CN_3 - CN_2} + CN_3}$$



付録 2-2: 中継器シミュレータを用いた干渉実験における C/N と C/(N+I)の関係

中継器シミュレータを用いた干渉実験では、C/N テストセットにて C/N[dB]の雑音を付加後、C/I[dB]の干渉波を付加することで隣接干渉波および交差偏波による干渉を模擬した(図 A2-1)。 受信機へは、C/(N+I)[dB]の信号が入力される。

受信機入力 C/(N+I)[dB]は、干渉条件下での測定値 C/I[dB]を用いると以下の式により得られる。



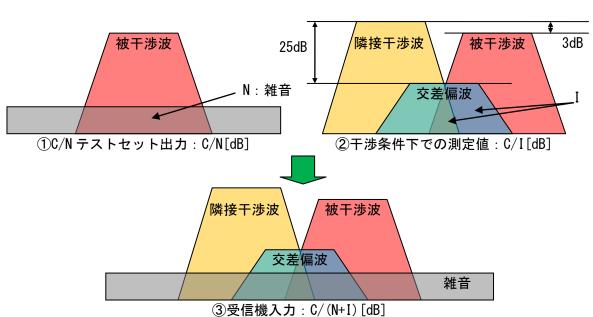


図 A2-1:受信機入力 C/(N+I) 概念図

測定機器一覧

# 実験構成機器

1.1:送信装置、受信装置

図 1.1-1 に送信装置の外観を示す。図 1.1-2 に受信装置の外観を示す。



図 1.1-1 変調器



図 1.1-2 復調器

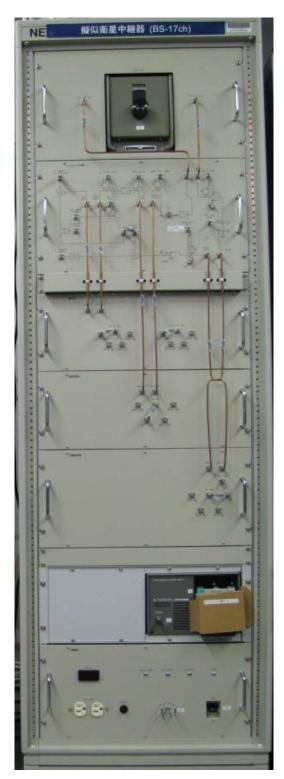
### 1.2:中継器シミュレータ

中継器シミュレータ (BS15ch および BS17ch)の仕様を表 1.2 に、外観を図 1.2.1 に、構成を図 1.2.2 (BS15ch)、図 1.2.3 (BS17ch)に示す。また BS15ch、BS17ch 中継器の TWTA の特性をそれぞれ 図 1.2.4、図 1.2.5 に、IMUX フィルタの特性を図 1.2.6、図 1.2.7 に、OMUX フィルタの特性を図 1.2.8、図 1.2.9 に示す。C/N 対誤り率特性などは BS17ch を用いて測定し、BS15ch は隣接チャンネル用干渉波用として用いた。

表 1.2 中継器シミュレータ仕様

項目	仕様値			
	BS15ch	BS17ch		
局発周波数	11856. 00MHz	11894. 36MHz		
RF 周波数	11996.00MHz	12034. 36MHz		
IF 周波数	140MHz	140MHz		
IF 入力電力	−10dBm	-10dBm		
局発入力電力	+14dBm	+14dBm		
IF 出力電力	−10dBm	−20dBm		
TWTA 出力電力	40W	40W		
IMUX 中心周波数	11996.00MHz	12034. 36MHz		
OMUX 中心周波数	11996. 00MHz	12034. 36MHz		





BS15ch BS17ch

図 1.2.1 中継器シミュレータ外観

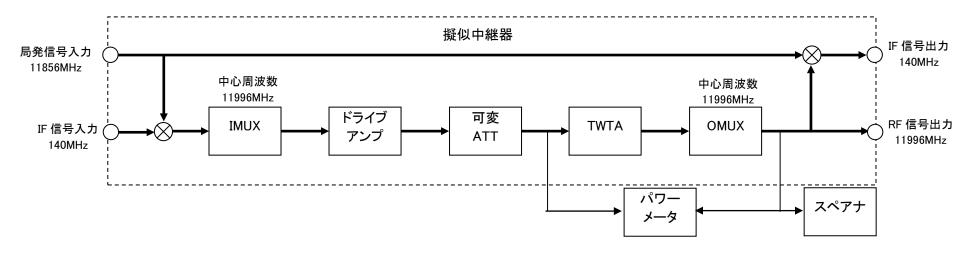


図 1.2.2 擬似中継器系統図 (BS15ch)

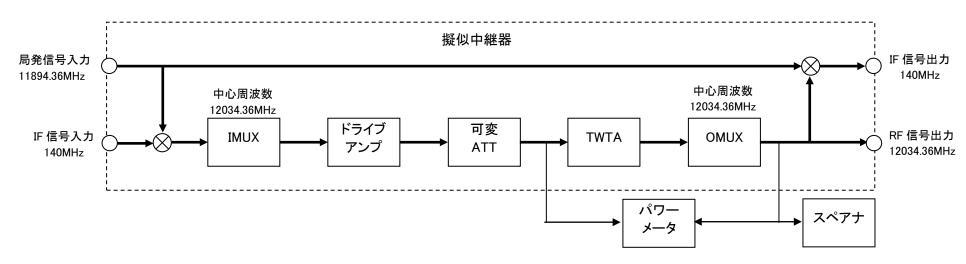
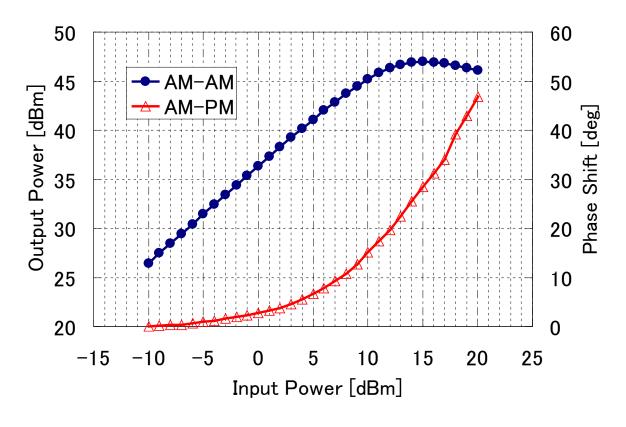


図 1.2.3 擬似中継器系統図 (BS17ch)



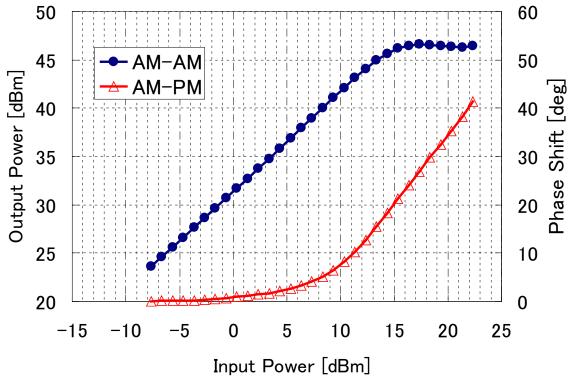


図 1.2.5 TWTA の AM-AM および AM-PM 特性 (BS17ch)

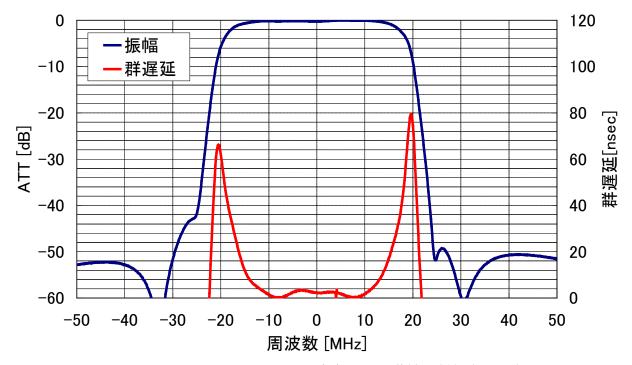


図 1.2.6 IMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)

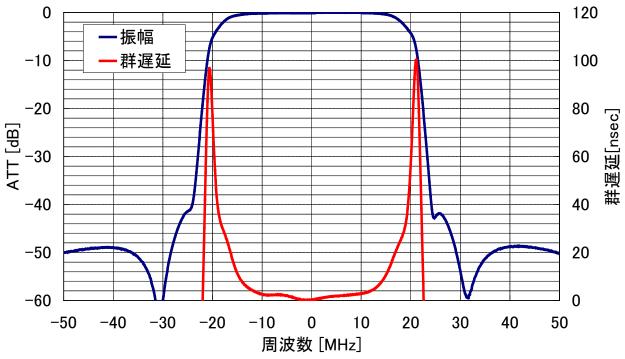


図 1.2.7 IMUX フィルタの振幅および群遅延特性(BS17CH)

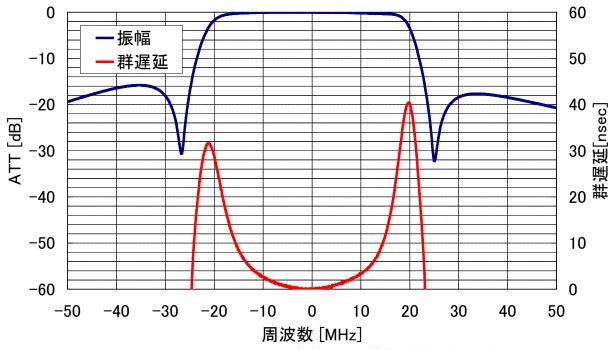
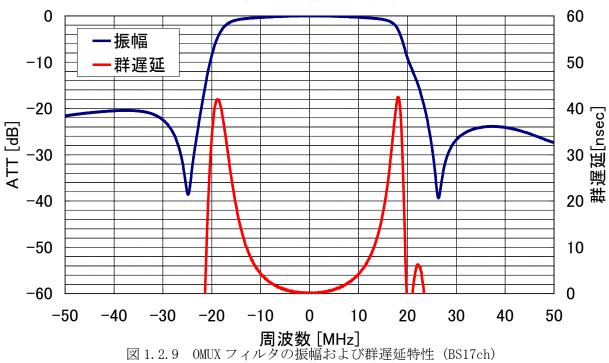


図 1.2.8 OMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)



### 1.3: デジタルシミュレータ

デジタルシミュレータの外観を図 1.3 に示す。デジタルシミュレータは IMUX フィルタ、TWTA、および OMUX フィルタの特性を事前に設定することで、リアルタイムに衛星中継器の非線形歪が付加された変調信号を出力することが可能である。本実験においては、BS17ch 用中継器シミュレータ用 TWTA の AM-AM 特性、AM-PM 特性、IMUX フィルタ、OMUX フィルタの振幅および群遅延特性を本機器に適用し、交差偏波チャンネル用干渉信号源(ISDB-S 信号)に非線形歪を付加した。



図1.3 デジタルシミュレータ

# 1.4:CS 衛星伝送実験 地球局特性

表 1.4.1 に CS 伝送実験に使用した地球局のアップリンク用アップコンバータ、HPA およびアンテナの仕様を示す。また図 1.4.1 に地球局 HPA の写真、図 1.4.2 に信号系統図を示す。

表	1.	4.	1	地球局の仕様
1	⊥.	т.	_	

	項目	仕様
アップコンバータ	入力周波数	$140 \pm 36  \mathrm{MHz}$
	出力周波数	14.0~14.5GHz
HPA	形式	クライストロン型
	周波数	14.0~14.5GHz
	帯域幅	60MHz以上 (-1dB点)
	飽和出力	2. 2 k W 以上 (フランジ出力)
アンテナ	形式	13mカセグレンアンテナ



図 1.4.1 地球局 HPA

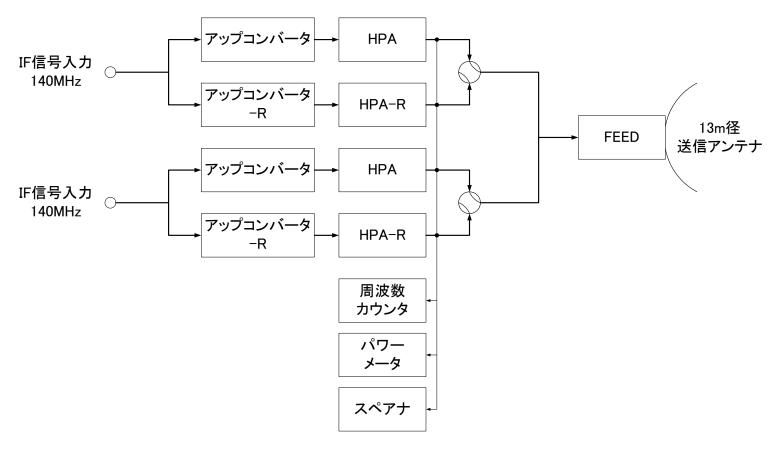


図 1.4.2:地球局系統図

1.5:CS 衛星伝送実験 本実験に使用した衛星の伝送特性

1.5.1: 衛星概要

CS 伝送実験に使用した N-SAT-110 衛星について次に示す。

## 衛星概要

N-SAT-110衛星は、米国ロッキード・マーチン社の製作で2000年10月7日 (日本時間) に南米仏領ギアナからアリアン4ロケットにより打ち上げられた。

表 1.5.1 N-SAT-110の主要諸元

項目	N-SAT-110
軌道位置	東経 110 度
打ち上げ日(日本時	2000年10月7日
間)	
打ち上げロケット	アリアン4
衛星バス	Lockeed A2100AX
周波数帯	Kuバンド
增幅器出力	120W
形状及び寸法	3 軸姿勢制御型 南北:26.4m 東西:8.3m

図 1.5.1 N-SAT-110 の概観図



## 1.6:BS 衛星伝送実験 地球局(車載局)特性

表 1.6.1 に地球局のアップリンク用 HPA およびアンテナの仕様を示す。また図 1.6.1 に車載局の外観機器実装写真、図 1.6.2 に信号系統図を示す。図 1.6.3 に HPA の入出力特性を示す。図 1.6.3 では、周波数 1740420MHz の搬送波を通したとき、ピーク値からの入力電力低下量 IB0 [dB] を横軸とし、出力電力低下量 0B0 [dB] を縦軸とした。HPA はブロックアップコンバータ、ドライバアンプ、リニアライザ、TWTA からなり、入力電力は、HPA の入力部での電力とし、出力電力は装置出力とした。

表 1.6.1: TWTA およびアンテナ仕様

	項目	仕様				
	周波数	17GHz 帯 BS1ch ~ BS23ch				
TWTA	動作点	OBO 3.4dB(1波)				
	出力	300W (0B0 3.4dB で 1 波のときの電力値)、 装置最大出力 650W				
アンテナ	形式	1.5m 径オフセットパラボラアンテナ				







図 1.6.1: 車載地球局外観、機器実装図観

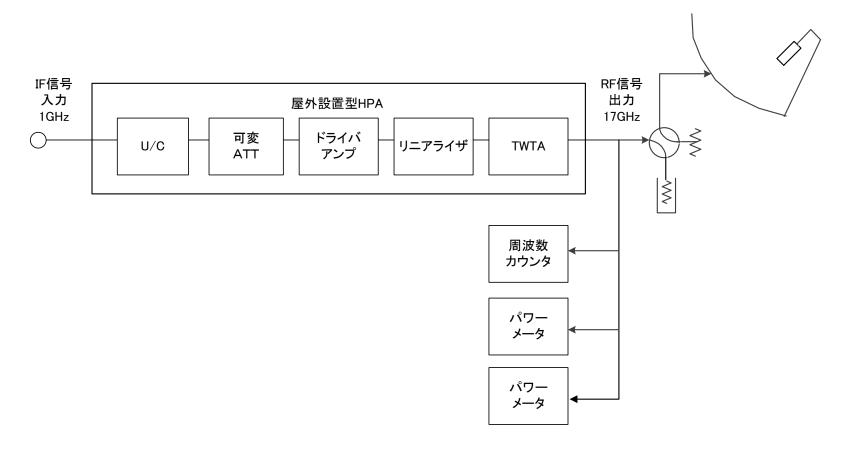


図 1.6.2:地球局系

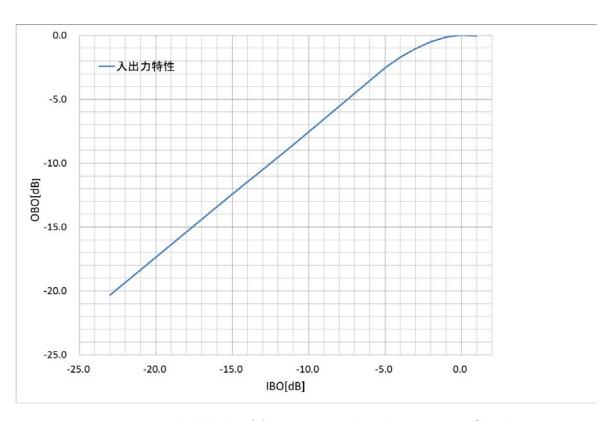


図 1.6.3: HPA、入出力特性 (周波数 1740420MHz (BS5ch) リニアライザあり) \*0B0 0dBをピークとし、HPA 最大出力電力 650W とする

### 1.7:BS 衛星伝送実験 本実験に使用した衛星の伝送特性

本実験に使用した BSAT-3a 衛星に係わる特性を次に示す。

### 1.7.1: 衛星概要

BSAT-3a 衛星は、米国ロッキード・マーチン社の製作で平成19年8月15日(日本時間)に南米仏領ギアナからアリアン5ロケットにより打ち上げられた。

BSAT-3a 項目 寸法 全長(展開後) 14.65m 軌道上初期重量 約 1,230kg 放送用周波数(上/下) 17/12 GHz 中継器数 14本(予備6本) 送信出力 120W 設計寿命 13 年以上 主契約メーカー ロッキードマーチン (米国) 打ち上げロケット アリアン 5ECA

表 1.7.1 BSAT-3a の主要緒元

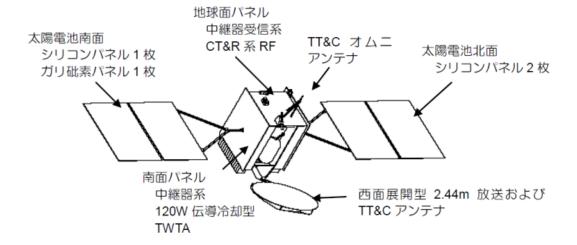


図 1.7.1 BSAT-3a の外観図

## 1.7.2:チャンネル周波数

通信系は、次表に中心周波数を示す 12 個の衛星放送チャンネルの中の任意の 8 チャンネル (コマンドで選択可能) の信号が伝送できる。

チャンネル番号 送信周波数 (GHz) 受信周波数 (GHz) 1 11.72748 17. 32748 3 11.76584 17.36584 5 11.80420 17.40420 11.84256 17.44256 9 11.88092 17.48092 11 11. 91928 17.51928 13 11. 95764 17.55764 17.59600 11.99600 15 17 12.03436 17.63436

17.67272

17.71108

17.74944

表 1.7.2 チャンネル中心周波数

### 1.7.3: 周波数変換

1921

23

衛星受信機は、17GHz 帯の受信電波を、5600MHz の局部発振器により 12GHz 帯の送信電 波に周波数変換する。

### 周波数変換誤差と安定度

±10PPM 以下 (衛星の設計寿命の全期間、初期設定誤差を含む)

12.07272

12. 11108

12. 14944

±2PPM 以下 (24 時間以内における誤差、食の影響を含む)

## 1.7.4: 送信信号特性

各チャンネルにおける周波数振幅特性は、表 1.7.2 に示す値を満足する。

表 1.7.2 周波数振幅特性

	減衰量 (dB)				
周波数帯域	帯域内		帯域外		
	±10.00MHz 以内	-14. 43 ~ -10. 00 MHz +10. 00 ~ +14. 43 MHz	-17. 25 ~ -14. 43 MHz +14. 43 ~ +17. 25 MHz	-25.00 ~ -19.18 MHz +19.18 ~ +25.00 MHz	±25MHz 以外
総合	+0.3	+0.3 -1.1	+0. 3 -4. 0	-5. 0	-55

<sup>(</sup>注) 帯域内については表の値以内、帯域外については表の値以上

各中継器における群遅延時間特性は、表 1.7.3 に示す値以下である。

表 1.7.3 群遅延時間特性

周波数帯域	群遅延時間 (ns)								
	±10.00MHz 以内	-14.43 ~-10.00 MHz +10.00 ~+14.43 MHz	-17. 25~-14. 43 MHz +14. 43~+17. 25 MHz						
総 合 (入出力)	10	31	90						

チャンネル中心周波数における単一搬送波入力について、AM/PM 変換係数は、表 1.7.4 に示す値以下である。

表 1.7.4 AM/PM 変換係数

TWTA 入力バックオフ	AM/PM 変換係数				
$0\sim$ -10 dB	5.0度/dB (目標 4.0度/dB)				

# 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		女送・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	祖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。	0	UHDTV サービスの伝送可能。	0	UHDTV サービスの伝送可能。	〇(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。	0	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。	0	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。	〇(同左)		
1(3)	通信系のサービスとの連携 を考慮すること。	0	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。	0	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		女送・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。	〇(同左)
		0	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。	×(同左)
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。	0	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。	0	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。	〇(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)	0	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。	0	現状と同様に送出信号の独立性を確保可能。	〇(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。	0	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。	〇(同左)
		$\triangle$	受信機のためのデバイス開発、ソフトウェア開発、テスト等に必要な期間を考慮すると、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		ズ送・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。	0	110 度 BS/CS に適用可能な高度 BS 伝送 方式(TLV)を採用。	0	110 度 BS/CS に適用可能な高度 BS 伝送 方式(MPEG-2 TS)を採用。	〇(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。	0	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。	0	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。)	〇(同左)
			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。		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	
		$\triangle$	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。		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。	
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。	0	MMT は放送・通信連携に対応した国際標準規格として策定。	0	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。	×
		$\triangle$	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。	$\triangle$	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。	0	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。	〇(同左)
		$\triangle$	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	<b>送の基本機能</b>					
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。	0	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。	0	既存放送システムと同じ方式である。	〇(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。	0	多重可能。	0	既存放送システムと同じ方式である。	〇(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。	0	必要十分なメタ情報の配信が可能。	0	既存放送システムと同じ方式である。	〇(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。	0	従来放送と同程度のサービス起動・切 り替えが実現可能。	0	既存放送システムと同じ方式である。	〇(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。	0	従来放送と同程度以上のサービスおよ び告知が可能。	0	既存放送システムと同じ方式である。	〇(同左)

No.	要件	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	長性・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。	0	MMT、IP、TLV の各レイヤで、拡張性が 十分に確保される。	$\triangle$	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。	0	様々なフォーマットの映像・音声を安 定して伝送可能。	0	様々なフォーマットの映像・音声を安 定して伝送可能。	〇(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。	0	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。	0	サーバ型放送のようにデータカルーセルによる任意のファイルコンテンツの 伝送が可能。	〇(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。	0	新たな CAS/DRM に対応可能。	0	新たな CAS/DRM に対応可能。	〇(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がある。	△ 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 /	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 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。	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。	を組み合わせたプログラム構成が可	○ 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。		<ul><li>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。)</li></ul>
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。		○ 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。
2.6(7)	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。		○ 例えば PMT に通信伝送スケーラブルコ 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ーラブル 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 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。		○ 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 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。	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	○ 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。	<ul><li>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。</li></ul>	○ MPEG-2 TS 方式によるハイブリッドキャ ○ (同左) ストが実現済。		
2.7 通信	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。	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。		

#### 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。

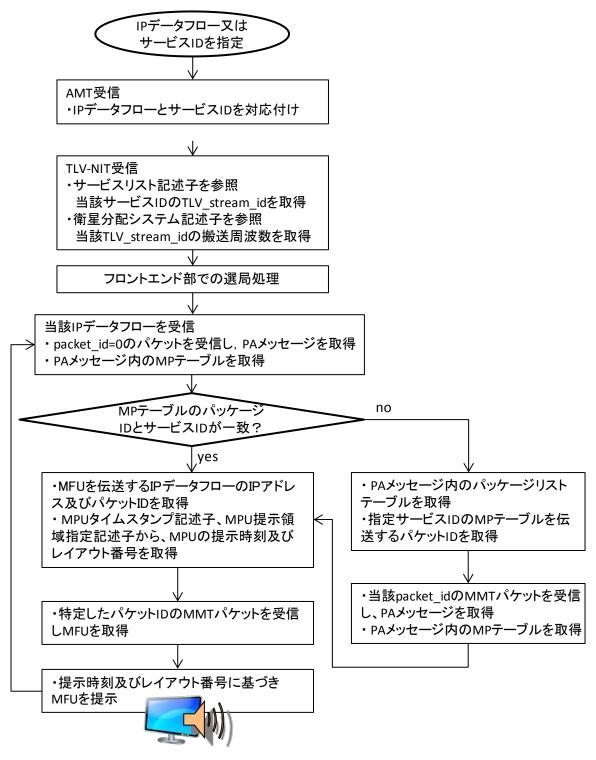


図1 放送サービス受信開始時の動作フロー

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、通信コンポーネッ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ッ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、放送コンポーネッ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\_schime 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。

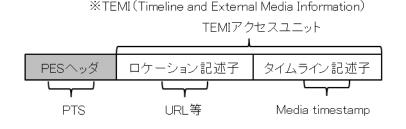


図1 タイムライン拡張 PES パケットの構成例

#### 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
TEMI_AU {		
CRC_flag	1	bslbf
reserved	7	bslbf
for (i=0; i <n; i++)="" td="" {<=""><td></td><td></td></n;>		
temi_descriptor();		
}		
if (CRC_flag) {		
CRC_32	32	uimsbf
}		
}		

## 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
temi_timeline_descriptor{		
temi_descr_tag	8	uimsbf
temi_descr_length	8	uimsbf
has_timestamp	2	uimsbf
has_ntp	1	bslbf
has_ptp	1	bslbf
has_timecode	2	uimsbf
force_reload	1	bslbf
reserved	1	bslbf
timeline_id	8	uimsbf
<pre>if (has_timestamp) {</pre>		
timescale	32	uimsbf
if (has_timestamp==1) {		
media_timestamp	32	uimsbf
} else if (has_timestamp==2) {		
media_timestamp	64	uimsbf
}		
}		
if (has_ntp) {		
ntp_timestamp	64	uimsbf
}		
if (has_ptp) {		
ptp_timestamp	80	uimsbf
}		
if (has_timecode) {		
drop	1	bslbf

frames_per_tc_seconds	15	uimsbf
duration	16	uimsbf
if (has_timecode==1) {		
short_time_code	24	uimsbf
} else if (has_timecode==2) {		
long_time_code	64	uimsbf
}		
}		
}		

#### 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++) td="" {<=""><td></td><td></td></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\_annoucement: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。

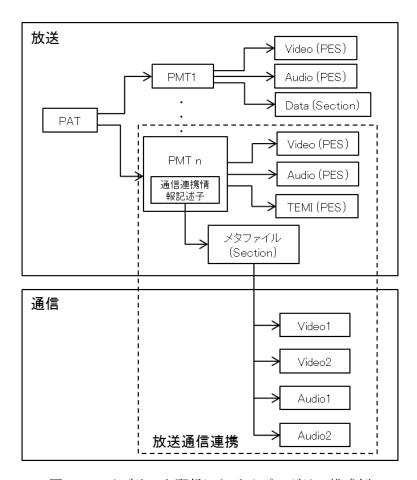


図2 ハイブリッド配信におけるプログラム構成例

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。

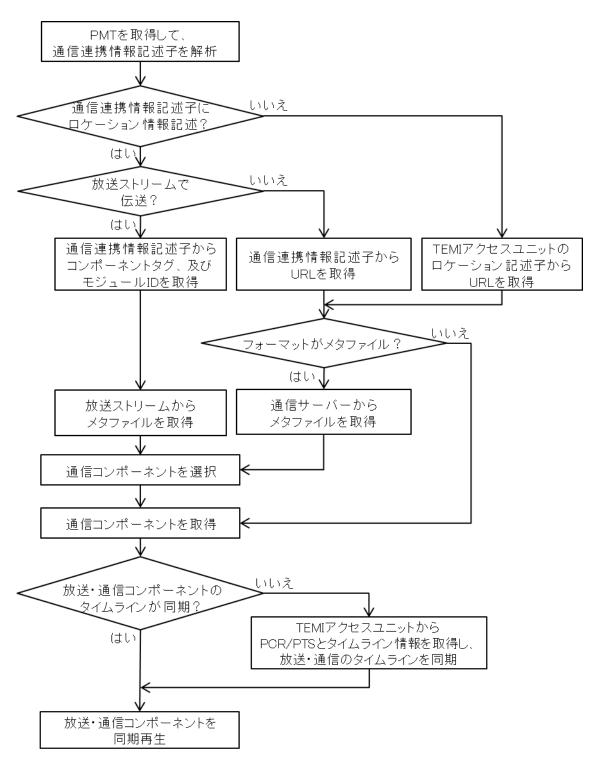


図3 通信連携情報記述子を用いる受信動作フロー

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の前提であったが、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。

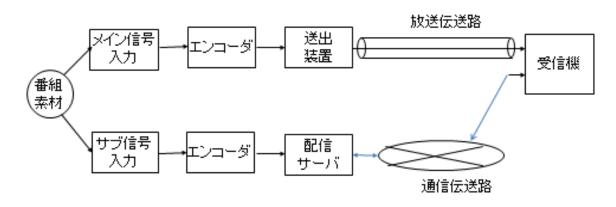


図1 放送・通信ハイブリッド伝送のシステム構成

### 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 t0 に固定の遅延量 Td 分オフセットを与えた t1 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 t1 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。

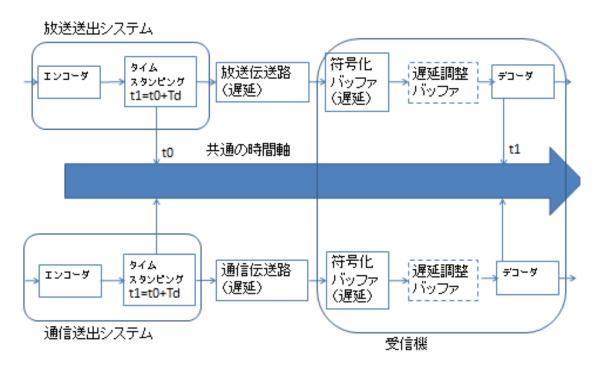


図2 ストリーム同期モデル

### 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。

#### 受信機 ストリーム 放送 STC PCR 生成 同期制御 Video/Audio ディレイ 符号化 デコーダ 調整 バッファ デマルチヴI クサ 通信 Video/Audio ディレイ 符号化 デコーダ バッファ 調整

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)の特定のパケット 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 に相当するディレイ追加を行った上で、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) の特定のパケット 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に相当するディレイ追加を行った上で、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。

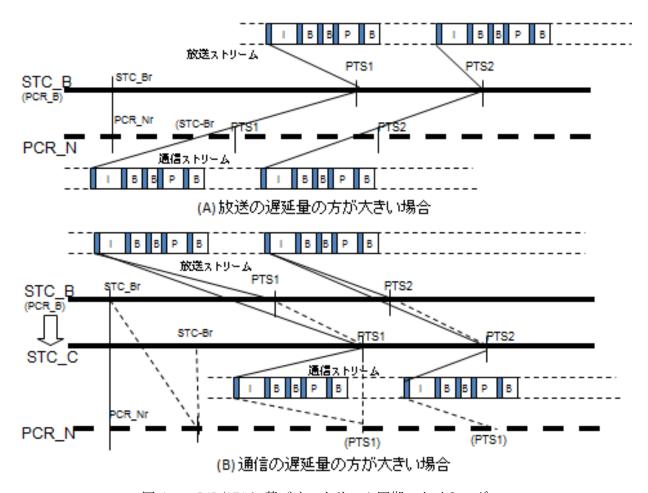


図4 PCR/STC に基づくストリーム同期のタイミング

## 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。

## 受信機

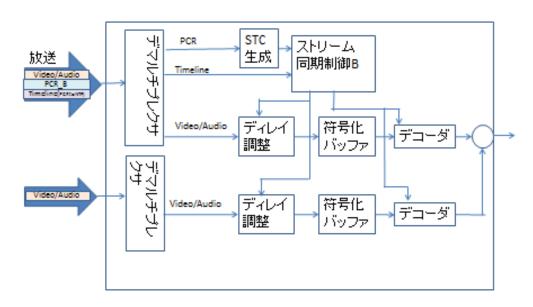


図5 受信機におけるストリーム同期再生系

### 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に行う。

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に行う。

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。

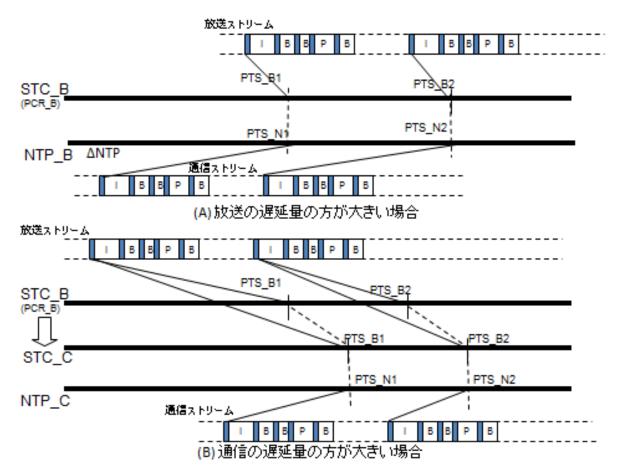


図6 PCR/STC と NTP のマッピングに基づくストリーム同期のタイミング

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
・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。	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。  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。	<ul><li>(情報通信審議会)</li><li>・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</li><li>・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)</li></ul>

# (関連情報サブシステム:[アクセス制御機能に関する事項])

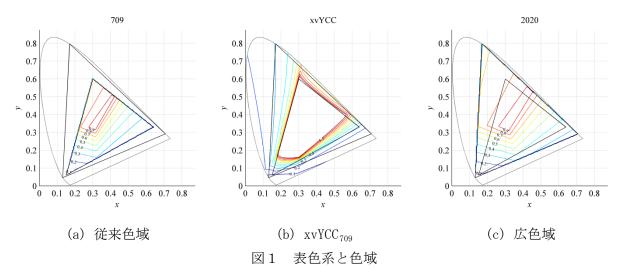
限定受信方式の要件	検討結果	適合
<ul> <li>・現行の方式と同等のサービス・機能が実現できること。</li> <li>・RMPとして利用する際に、十分な安全性が確保されていること。</li> <li>・関連情報が放送波以外でも送信できるように考慮すること。</li> <li>・契約者/非契約者へのコミュニケーションツールが用意されていること(自動表示メッセージ)。</li> <li>・関連情報の暗号化においては、関連情報の内容を知り、又は改変することが容易でなく、かつ短期間で暗号化方式の変更が必要とならないこと。</li> <li>・複数事業者が、それぞれのサービスに適した(異なる)方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。</li> </ul>	<ul><li>・現行の3重鍵方式を提案する。</li><li>・柔軟度が高い関連情報(ECM、EMM) のフォーマットを導入する。</li></ul>	<ul><li>(情報通信審議会)</li><li>・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)</li><li>(民間規格等)</li><li>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。</li></ul>

(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)])

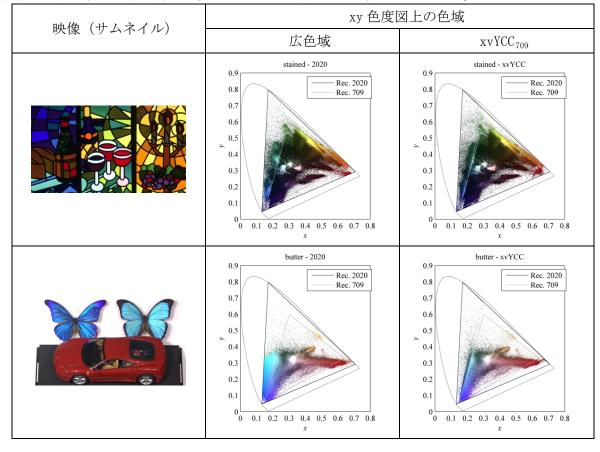
限定受信方式の要件	検討結果	適合
関連情報伝送や限定受信機能において十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。 ・暗号化の安全性を継続的に維持・改善できること。 ・限定受信システムとして、安全性を継続的に維持・改善できること。 ・関連情報サブシステムは、セキュリティが破られた場合の対策手段を持ち、その対策手段は、技術的、経済的に容易に実現できること。 ・万が一セキュリティが破られた場合においても、その影響を限定できる工夫が施されていること。更に、セキュリティが破られた場合の対策手段が備えられており、その対策手段は、技術的かつ経済的に容易に実施できること。 ・次世代放送・新サービスへの対応(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。	・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更新を使ってソフトウェアを通信を使ってソフトウェアを更新手段の3つに大通信を使って安全にソフトウェでもある。	(情報通信審議会) ・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  (民間規格等) 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。
<ul><li>・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。</li><li>・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。</li></ul>	・上記提案と独立に検討が可能である。	(民間規格等) 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。

# 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。



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。



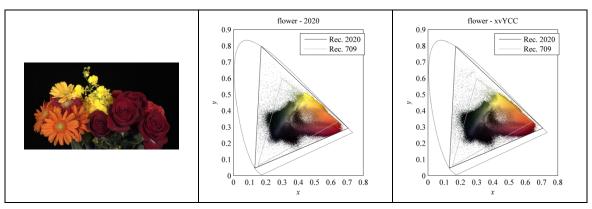


図2 表色系と色域

### 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 ビットのままで符号化する場合と、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。

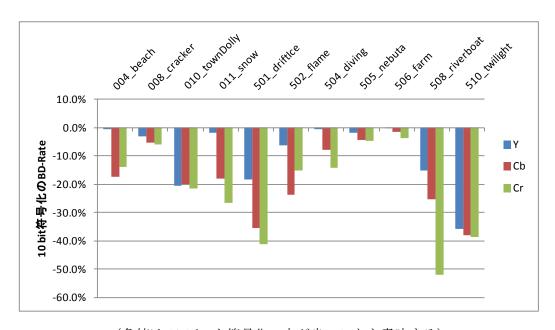
8 ビット符号化の場合の PSNR は、8 ビットから 10 ビットに変換(2 ビットシフト)した 10 ビットと原画像の 10 ビットとの間で求めた。

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-Rate<sup>1</sup>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。

<sup>1 4</sup>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

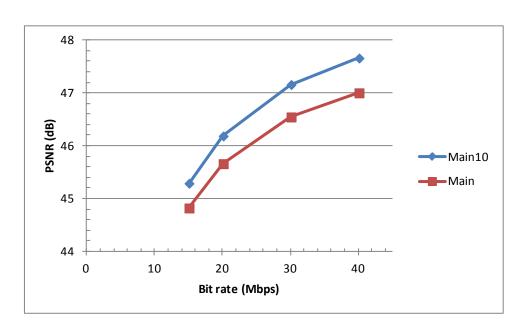


図 2 ビットレート対輝度信号 PSNR (テスト画像: 010\_townDolly)

## 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。

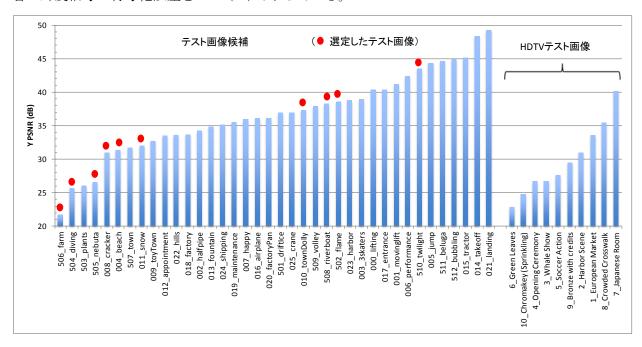


図1 テスト画像の符号化難易

最終的に選定した10個のテスト画像を図2に示す。



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

	フォーマット	Y' C' BC' R 4	:2:0, 10 ビット			
·	表色系	ITU-R 勧告 BT.	ITU-R 勧告 BT. 709			
映像	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)				
	ノハト画像	1080/60/I の参 3 参照)	送考として、ITE 標準動画像 3 種類、各 10 秒(図			
	エンコーダ	HEVC Test Mod	HEVC Test Model HM11.0			
·	デコーダ	HEVC Test Mod	HEVC Test Model HM11.0			
•	プロファイル	Main10 (10 ビット, 4:2:0)				
·	特記	1080/60/I はつ	7ィールドピクチャとして符号化			
符号化		1080/60/I	3, 5, 7, 10 Mbps			
	ビットレート	1080/60/P	4, 7, 10, 15 Mbps			
ビットレート	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				
	1080/60/P	25-inch 有機 EL			
ディスプレイ	2160/60/P	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。

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)<br/>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

表 4 画質評価実験条件

## 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。

NHK 放送技術研究所

### 3 符号化結果

実施場所

輝度信号の符号化誤差を PSNR (dB)で図4~7に示す。

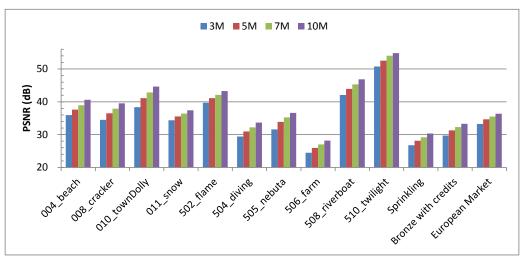


図4 輝度信号の符号化誤差 (1080/60/I)

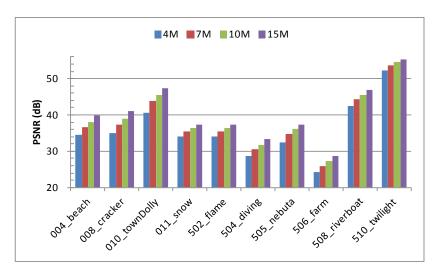


図 5 輝度信号の符号化誤差 (1080/60/P)

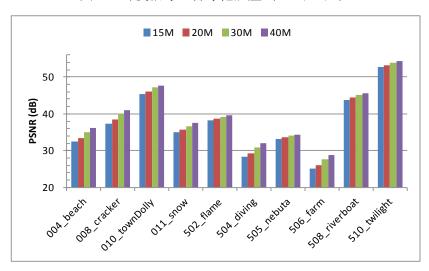


図 6 輝度信号の符号化誤差 (2160/60/P)

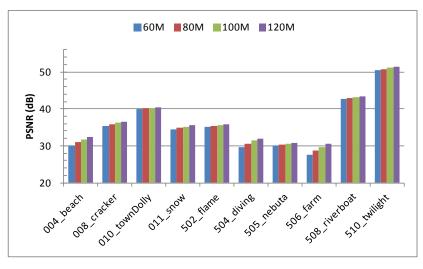
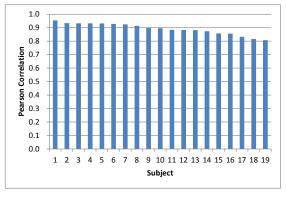


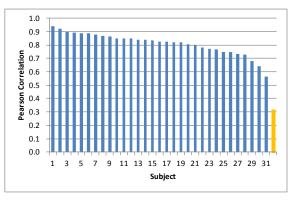
図7 輝度信号の符号化誤差 (4320/60/P)

## 4 評価結果

### 4.1 評価者のスクリーニング

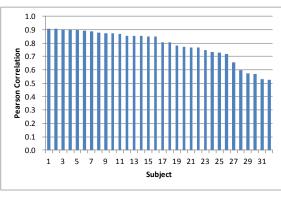
1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P(0.75H)、4320/60/P(1.5H)の実験ごとに評価者のスクリーニングを行った。図 8 に実験ごとの各評価者の評価結果と評価者間平均値の Pearson 相関を示す。Pearson 相関が 0.4 未満の評価者の評価結果を除外することとし、32 名の評価者のうち、1080/60/Pで1名、4320/60/P(0.75H)で3名、4320/60/P(1.5H)で9名の評価結果が除外された。

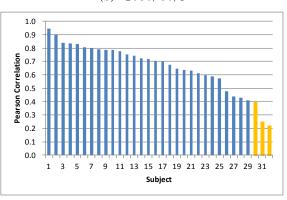






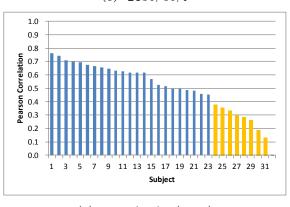






### (c) 2160/60/P

(d) 4320/60/P (0.75H)



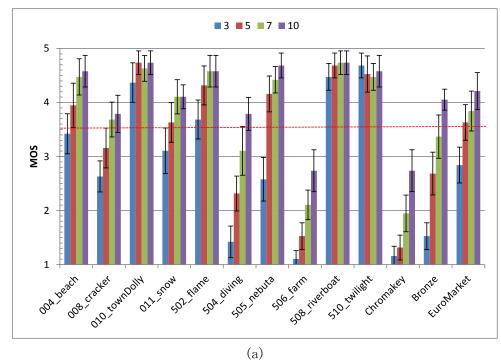
(e) 4320/60/P (1.5H)

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。



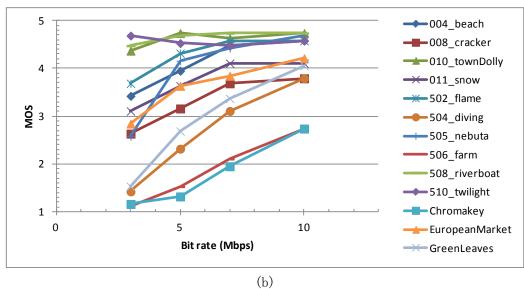


図9 1080/60/Iのビットレートと画質(平均値と95%信頼区間)

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\_nebuta」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				
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 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。

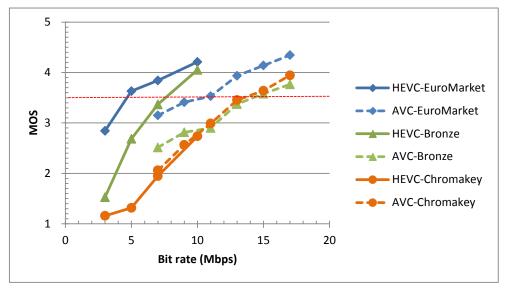
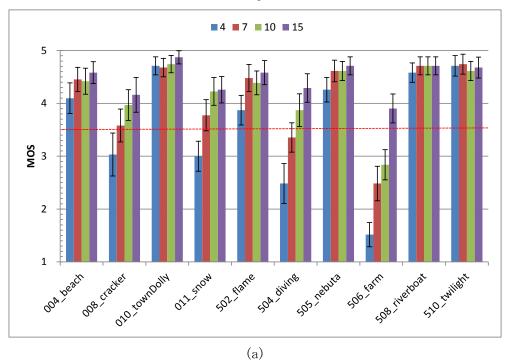


図 11 1080/60/I の MPEG-4 AVC と HEVC の符号化画質の比較

## 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 7 Mbps の有効評価者数は 23 である。



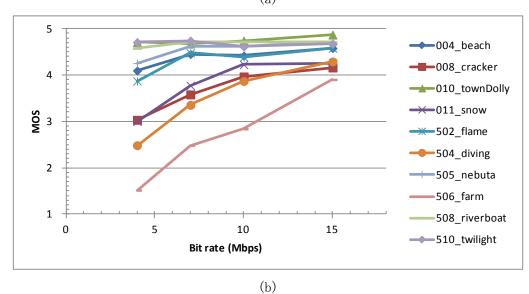


図 12 1080/60/P のビットレートと画質(平均値と 95%信頼区間)

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				
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 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。

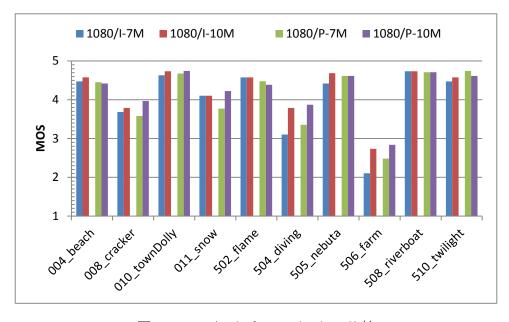
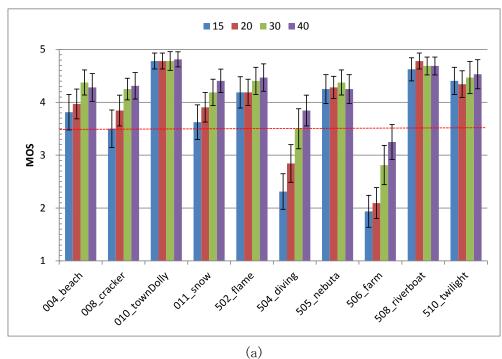


図 14 1080/60/I と 1080/60/P の比較

### 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。



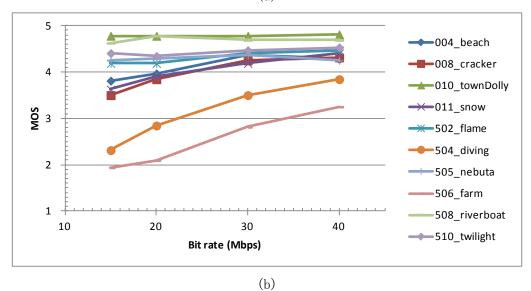


図 15 2160/60/P のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

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 表 7

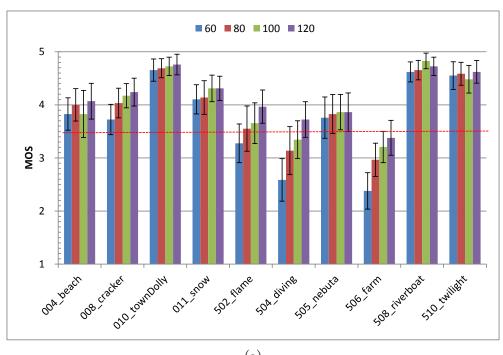
2160/60/P	15Mbps	20Mbps	30Mbps	40Mbps
3.5以上	8/10	8/10	9/10	10/10
3.0 未満	2/10	1/10	0/10	0/10

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。



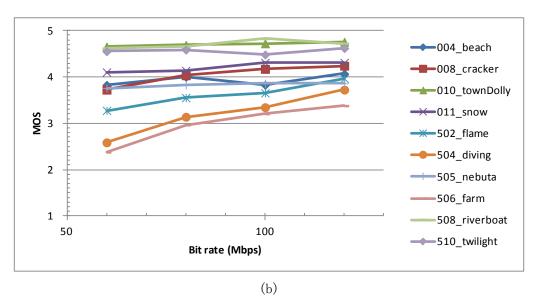


図 17 4320/60/P (0.75H)のビットレートと画質(平均値と 95%信頼区間)

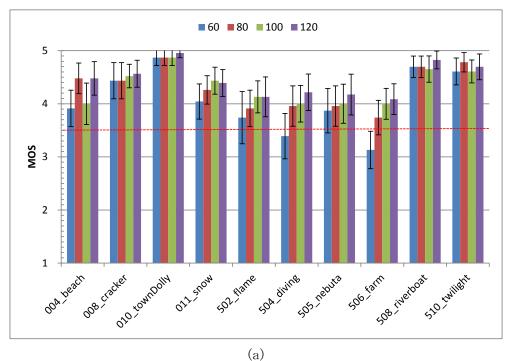
表8 4320/60/P (0.75H)のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

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				
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 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。



5 → 004\_beach ----008\_cracker **★**010\_townDolly → 011\_snow **WOS** 3 <del>─</del> 502\_flame 504\_diving 2 505\_nebuta -506\_farm 1 -508\_riverboat 50 100 510\_twilight Bit rate (Mbps)

(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)

表 9 4320/60/P (1.5H)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 (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。



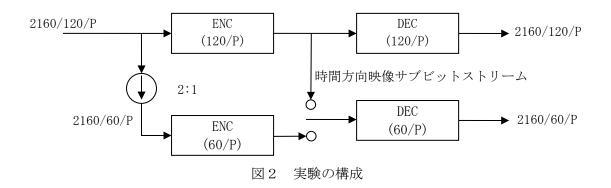
図1 2160/120/Pのテスト画像

## 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	⊦
<i>₹</i>		↦

映像	フォーマット	Y' C' BC' 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)	



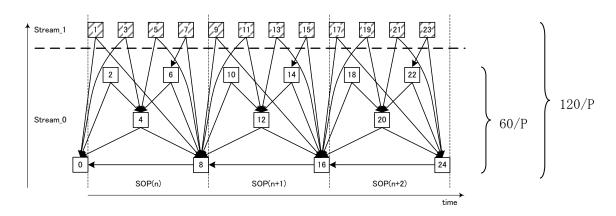


図3 予測構造

#### 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  $0.6\sim1$  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。

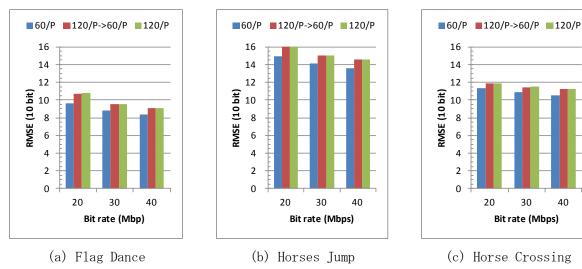


図4 120/P 映像と 60/P 映像の符号化誤差の比較

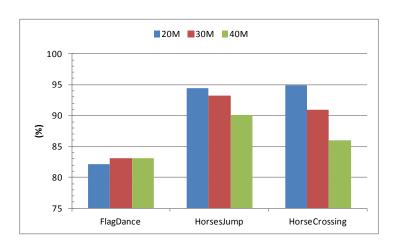


図5 120/P ストリーム中の 60/P ストリームが占めるビットレートの割合

## 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 サンプリング周波数についても、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 サンプリング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	MPEG-4 ALS による平均ビッ
	トレート (注1)	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	・ 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
音声エンコーダ	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	・ LATM/LOAS 形式の音声ストリーム信号を入力。
音声デコーダ	<ul><li>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</li></ul>
	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

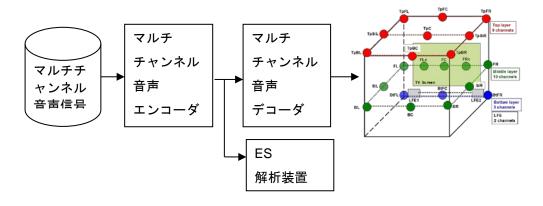
符号化方式	MPEG-4 AAC
プロファイル	AAC-LC (Low Complexity)プロファイル
ビットストリーム形式	LATM/LOAS ストリーム形式
最大符号化チャンネル数	1ES(Elementary Stream)あたり最大 22.2 チャンネル

# 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。

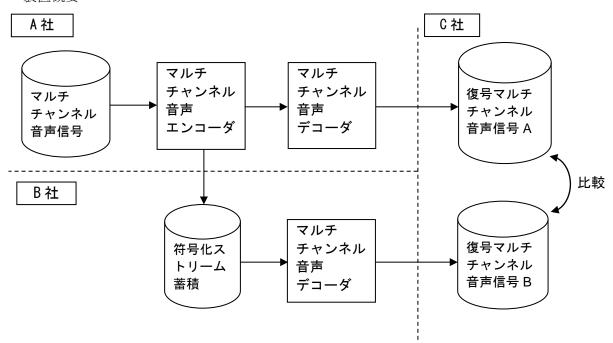
#### 2. 実験の内容

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	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	エレメント	スピーカ	信号
	番号		インデックス	
データ長	1	SCE	FC	正弦波 500Hz
30sec	2	CPE	FLc	正弦波 1000Hz
信号レベル	3		FRc	正弦波 1500Hz
-6dB	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	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	チャンネ	エレメント	スピーカ	信号
	ル番号		インデックス	
データ長	1	SCE	FC	正弦波 500Hz
30sec	2	CPE	FLc	正弦波 1000Hz
信号レベル	3		FRc	正弦波 1500Hz
-6dB	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	ТрС	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	総サンプル数	一致サンプル数	誤差 LSB 1 ビット	誤差 LSB 2 ビット
番号		(割合%)	サンプル数(割合%)	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	総サンプル数	一致サンプル数	誤差 LSB 1 ビット	誤差 LSB 2ビット
番号		(割合%)	サンプル数(割合%)	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

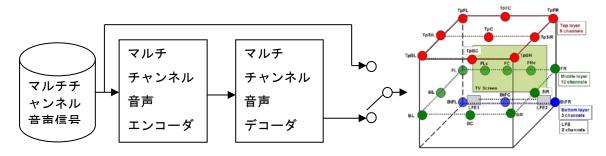
項目	符号化・復号化条件
MPEG-4 AAC エンコーダ	A 社製のソフトウェアエンコーダ
ビットレート	448kbps

#### 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。

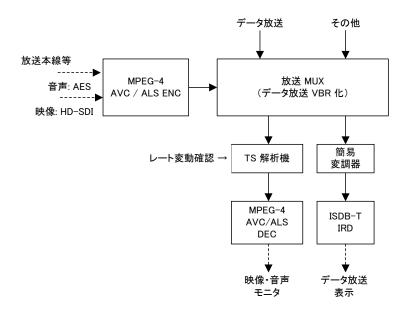


図1:実験構成図

#### (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ル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。

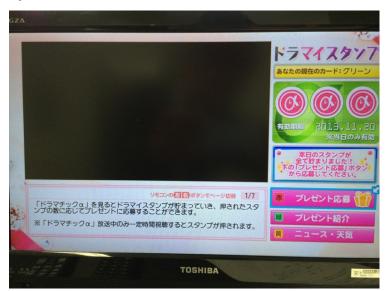


図3:データ放送の正常表示を確認

【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、データ放送カルーセル (PID=0x810, 0x811, 0x816, 0x81B, 0x81F) と音声 (PID=0x112) の送出レートを確認した (図4)。

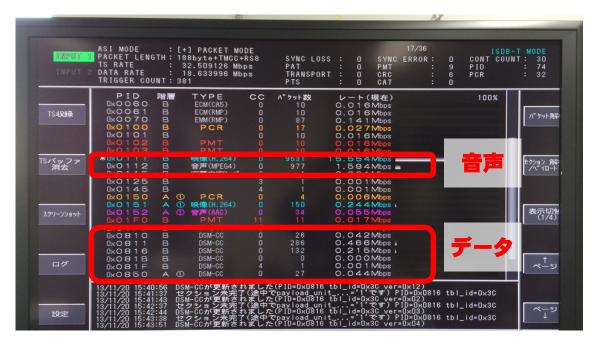


図4:データ放送と音声の TS レート確認

### 【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 *0x0111 0x0112	BBB	PMT 映像(H. 264) 音声(MPEG4)	0	9530 1214	O. O 1 6 Mbps 1 5. 5 5 2 Mbps 1. 9 8 1 Mbps
0x0115	В	字幕文字スーパ	2	1	0.001 Mbps
0x0125	В				O. O O 1 Mbps
0x0145	В		4		0.001 Mbps
0x0150	A ①	PCR	0	4	0.006Mbps
0x0151	A ①	映像(H. 264)	0	149	0.243Mbps i
0x0152	A ①	音声(AAC)		33	0.053Mbps
0x01F0		PMT		12	0.019Mbps
0x01FF	В	PCR	0	12	0.019Mbps
0x0810	В	DSM-CC		14	0.022Mbps
0x0811	В	DSM-CC		155	0.252Mbps i
0x0816	В	DSM-CC		71	0.115Mbps
0x081B	В	DSM-CC	0	0	0.000Mbps
0x081F	В	DSM-CC	4		0.001 Mbps
0.0850	A D	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

000		FIVI			U. U I 6 IVIDDS
*0×0 1 1 1	В	映像(H. 264)		9494	15.494Mbps
0x0112	В	音声(MPEG4)	0	974	1.589Mbps =
0xO115	В	字幕文字スーパ			0.001 Mbps
0x0125	В				0.001 Mbps
0x0145	В				0.001 Mbps
0x0150	AO	PCR	0	4	0.006Mbps
0x0151	A ①	映像(H. 264)		150	0.244Mbps
0x0152	AO	音声(AAC)		33	0.053Mbps
0x01F0		PMT			0.017Mbps
0xO1FF	В	PCR	0	11	0.017Mbps
0x0810	В	DSM-CC	0	28	0.045 Mbps
0x0811	В	DSM-CC		308	0.502Mbps
0x0816	В	DSM-CC		142	0.231 Mbps i
0x081B	В	DSM-CC	0	0	0.000Mbps
0x081F	В	DSM-CC			0.001 Mbps
0x0850	A 1	DSM-CC	n	28	0.045 Mhns

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



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的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、データ放送カルー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  $0.70\sim1.25Mbps$  程度の帯域をデータ放送カルーセルに余分に割り当てることができた。

コンテンツ	SMPTE-302M	MPEG-4 ALS レート	データ放送レート
	伝送レート	(SMPTE-302M 比)	(=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

表1:今回の実験のESレート測定結果まとめ

- 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。

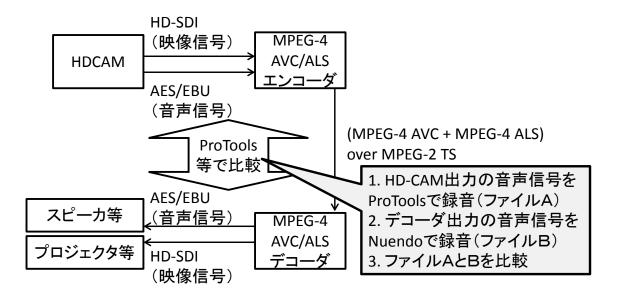


図5:実験構成図

#### (5) 実験結果

- ① ドラマの番組素材を実験に用い、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用い、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 チャンネル音声が原音(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	Randomm 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