

情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会
報 告 (案)

目 次

I	審議事項	1
II	委員会構成	1
III	審議経過	1
IV	審議概要	2
V	審議結果	2
	別表（委員会構成）	3
	別紙（審議概要）	7
	はじめに	9
1.	衛星デジタル放送の高度化に関する要求条件	10
1.1	要求条件	10
1.2	要求条件との整合性	15
2.	技術的条件	23
2.1	周波数使用条件	23
2.1.1	伝送帯域幅とシンボルレート	23
2.1.2	搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値	23
2.1.3	干渉許容値	23
2.1.4	不要発射	23
2.2	伝送路符号化方式	24
2.2.1	伝送路符号化方式検討の基本的考え方	24
2.2.2	採用する伝送路符号化方式の概要	24
2.2.3	伝送路符号化部の基本構成	26
2.2.4	多重信号のフレーム構成	26
2.2.5	変調信号のフレーム構成	30
2.2.6	誤り訂正方式	33
2.2.7	TMCC 誤り訂正方式	36
2.2.8	エネルギー拡散方式	36
2.2.9	インターリーブ	38
2.2.10	変調方式	41
2.2.11	伝送シンボルレートと許容偏差	45
2.2.12	ロールオフ率	48
2.2.13	パイロット信号	50
2.2.14	TMC C 信号	50
	（付録） LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル	59
2.3	多重化方式	78
2.3.1	多重化方式選定の基本的な考え方	78
2.3.2	リアルタイム型放送サービスのための多重化方式	78
2.3.3	蓄積型放送サービスのための新多重化方式	81
2.4	限定受信方式	100
2.5	情報源符号化方式	101
2.5.1	映像符号化方式	101
2.5.2	音声符号化方式	112
2.5.3	データ符号化方式	115
3.	回線設計例	116

4.	将来想定される高度なサービスイメージ例	129
5.	今後の課題	131
5.1	多重化方式	131
5.2	限定受信方式	131
5.3	音声符号化方式	131
5.4	データ符号化方式	132

I 審議事項

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

II 委員会構成

別表のとおり。

III 審議経過

1. 放送システム委員会での審議

本件に関する放送システム委員会の審議経過は、次のとおりである。

第 5 回（平成 19 年 3 月 13 日）

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

第 7 回（平成 19 年 7 月 5 日）

衛星デジタル放送高度化のための要求条件について審議を行った。

第 9 回（平成 19 年 10 月 19 日）

高度衛星デジタル放送方式検討の中間報告（案）について審議を行った。

第 11 回（平成 20 年 1 月 25 日）

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

第 12 回（平成 20 年 6 月 23 日）

報告書（案）について審議を行った。

第 13 回（平成 20 年 7 月 25 日）

報告書（案）の取りまとめを行った。

2. 衛星放送システム作業班での審議

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

衛星放送システム作業班の審議経過は、次のとおりである。

第 1 回（平成 19 年 3 月 27 日）

作業班における検討事項、検討スケジュールについて審議を行った。

第 2 回（平成 19 年 5 月 22 日）

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

第 3 回（平成 19 年 10 月 3 日）

高度衛星デジタル放送方式検討の中間報告（案）について審議を行った。

第 4 回（平成 20 年 1 月 18 日）

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

第 5 回（平成 20 年 6 月 20 日）

報告書（案）について審議を行った。

IV 審議概要

別紙のとおり。

V 審議結果

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

**情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会 構成員**

(敬称略、専門委員は五十音順)

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

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

（敬称略、構成員は五十音順）

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

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

審議概要

はじめに

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

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

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

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

1. 衛星デジタル放送の高度化に関する要求条件

1.1 要求条件

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

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

表 1-1 高度衛星デジタル放送方式に関する要求条件

1 システム

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

2 放送品質

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

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

3 技術方式

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

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

4 受信機

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

1.2 要求条件との整合性

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

表 1-2 要求条件との整合性比較

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

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

	<ul style="list-style-type: none"> 放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて多様な受信機制御が可能でな方式とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> TMCC 信号により送出側の設定に従って受信機を制御可能な方式とすることで、放送事業者による伝送方式の選択や組合せの変更が可能でな方式とした。
	<ul style="list-style-type: none"> 送出する映像、音声、データの容量やチャネル数などを任意に選択、変更できること。 	<ul style="list-style-type: none"> チャネル数やビットレートの配分を柔軟に設定可能である。
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> 放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能を実現可能である。
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> 双方向サービスや限定受信の関連情報サブシステムなどにおける、受信者の個人情報について考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送と同様の機能を実現可能である。
国際展開	<ul style="list-style-type: none"> 諸外国も容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 各国の放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を柔軟に行うことが可能な方式とした。
2 放送品質		
画質	<ul style="list-style-type: none"> 現行のデジタルHDTVと同等又はそれ以上の画質が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。さらに、現行のデジタルHDTVを超える高画質サービスも可能であること。 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の 1920x1080/60/I に加え、1920x1080/60/P や 3840x2160/60/P を基本フォーマットとし、7680x4320/60/P については実験用とした。 現行方式との互換性を確保しつつ、広い色域を表現可能な方式を採用した。 種々のテスト画像を用いた主観評価実験により、これら映像フォーマット毎のビットレート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できる。 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である。

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

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

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

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

4 受信機

<p>操作性</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 操作が簡単であること。 • 受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。 • 高齢者、障害者など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。 • 番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能を持つこと。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格および受信機設計において考慮されることを想定した。
<p>処理系</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 必要に応じてコンテンツ蓄積系の構成が選択できること。 • 記録メディアの性能向上に伴うコンテンツ蓄積系の拡張、変更が容易であること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格および受信機設計において考慮されることを想定した。
<p>蓄積系</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 映像、音声出力については、既存の受信機における表示について考慮すること。また、適切な著作権保護を実現する機能を有すること。 • 限定受信システムのインターフェース機能を考慮すること。 • 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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格および受信機設計において考慮されることを想定した。
<p>インターフェース</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格および受信機設計において考慮されることを想定した。
<p>拡張性</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格および受信機設計において考慮されることを想定した。
<p>仕様</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 受信機が満たすべき条件が開示されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 民間規格において考慮されることを想定した。

2. 技術的条件

2.1 周波数条件

2.1.1 伝送帯域幅とシンボルレート

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

(理由)

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

2.1.2 搬送周波数の位置と周波数偏差の許容値

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

(理由)

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

2.1.3 干渉許容値

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

(理由)

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

※ 平成 7 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「12.2GHz を超え 12.75GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」平成 7 年 7 月 24 日および平成 9 年度 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち「11.7GHz を超え 12.2GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星デジタル放送方式の技術的条件」平成 10 年 2 月 9 日 等

2.1.4 不要発射

不要発射の強度の許容値は無線設備規則第 7 条に準拠する。

(理由)

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

2.2 伝送路符号化方式

2.2.1 伝送路符号化方式検討の基本的な考え方

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

2.2.2 採用する伝送路符号化方式の概要

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

表 2.2-1 伝送路符号化方式の概要

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

※1 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

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

表 2.2-2 対応する変調方式

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

△ 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

2.2.3 伝送路符号化部の基本構成

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

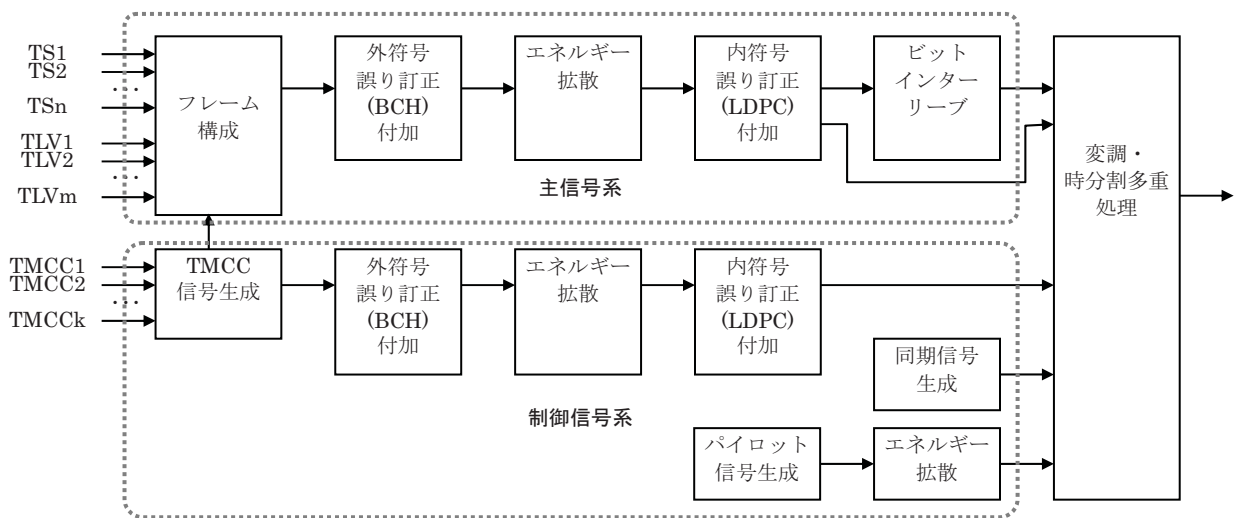


図 2.2-1 伝送路符号化基本構成 (信号処理)

(理由)

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

2.2.4 多重信号のフレーム構成

(1) 主信号のフレーム構成

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

データには、MPEG-2 TS または 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 2.2-3 に、また、スロットの割り当て規則を表 2.2-4 に示す。スロットへの変調方式の割り当ては 5 スロット単位とし、複数の変調方式・符号化率で伝送する場合のスロットへの変調方式・符号化率の割り当てについては、TMCC 信号により、スロット番号 1 から昇順に、

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

から順にスロットへの割付を行う。

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

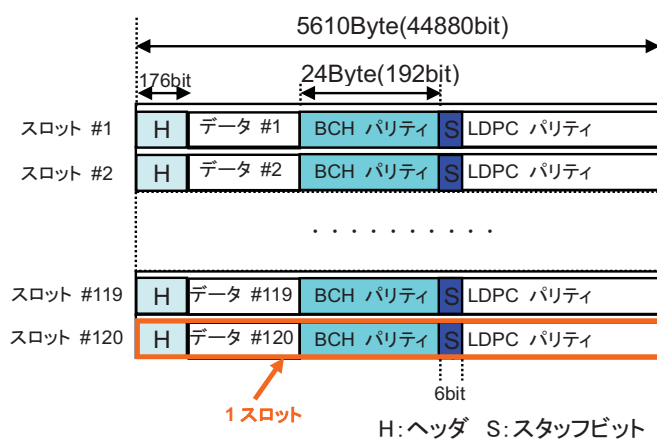


図 2.2-2 主信号のフレーム構成

表 2.2-3 各符号化率のロット構成

符号化率	ロット長=LDPC符号長						総合符号化率 ※3	LDPC 符号化率※2	BCH+ヘッダ +スタッフ 符号化率※1	参考
	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					
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 (27/40)	0.988	2/3=66.67%
3 / 4	44880	176	32912 (22)	192	6	11594	0.733	0.742 (89/120)	0.989	3/4=75%
4 / 5	44880	176	35904 (24)	192	6	8602	0.800	0.808 (97/120)	0.990	4/5=80%
5 / 6	44880	176	37400 (25)	192	6	7106	0.833	0.842 (101/120)	0.990	5/6=83.33%
7 / 8	44880	176	38896 (26)	192	6	5610	0.867	0.875 (7/8)	0.990	7/8=87.5%
9 / 10	44880	176	40392 (27)	192	6	4114	0.900	0.908 (109/120)	0.991	9/10=90%

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

※2 (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)

※3 (a)×(b)

表 2.2-4 スロット割り当て規則

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

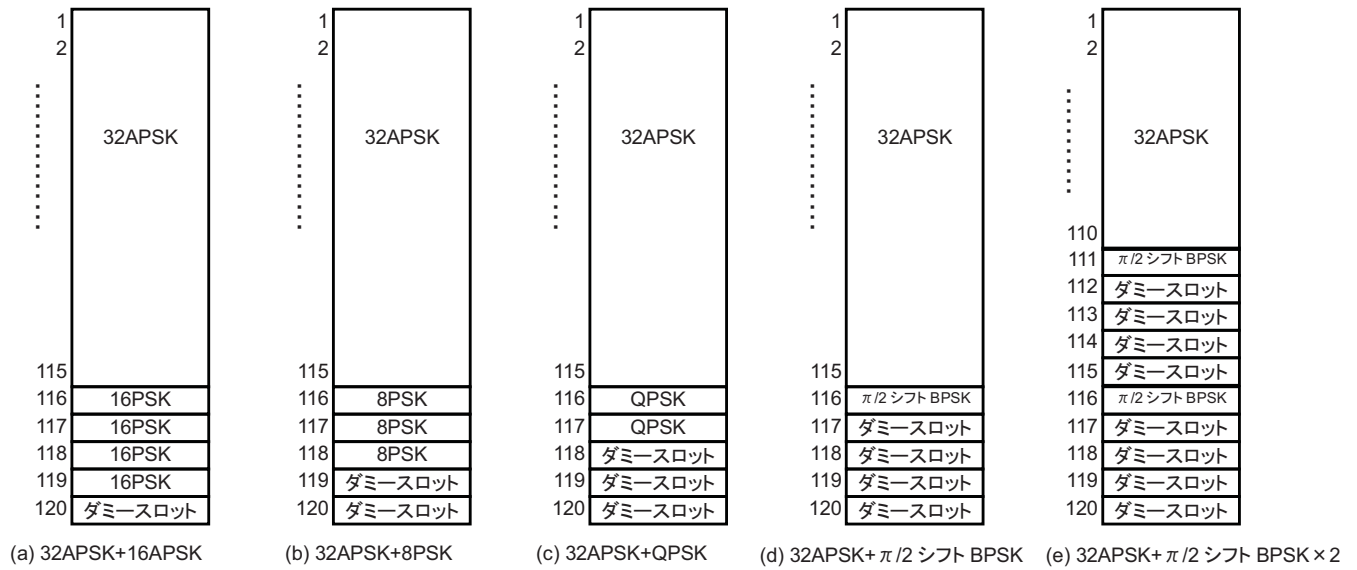


図 2.2-3 スロット割り当ての例

(2) 制御信号のフレーム構成

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

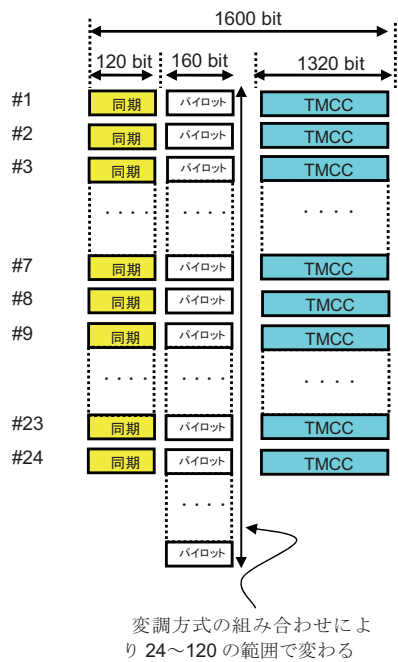


図 2.2-4 制御信号のフレーム構成

(理由)

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

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

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

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

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

2.2.5 変調信号のフレーム構成

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

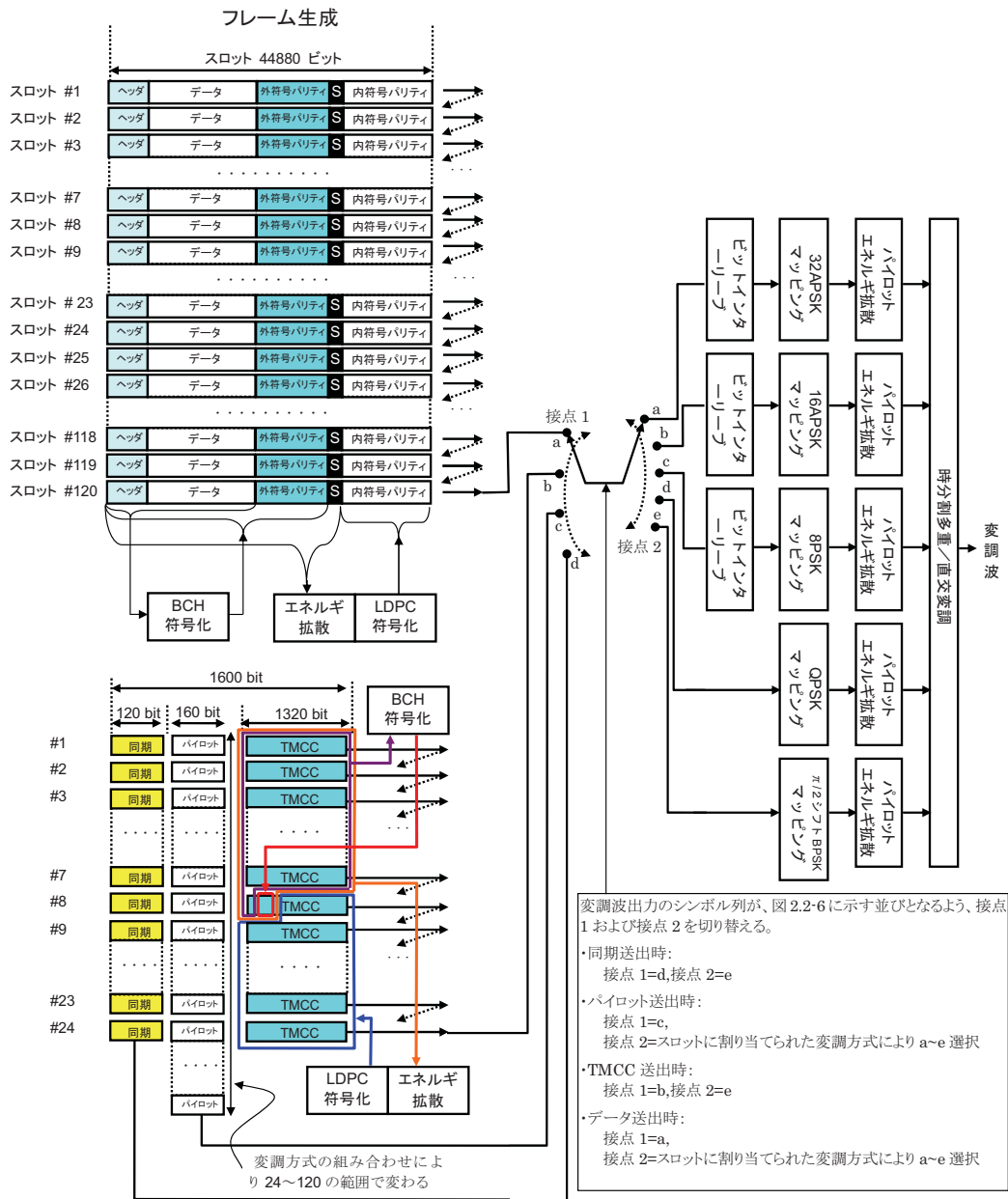


図 2.2-5 変調信号の生成

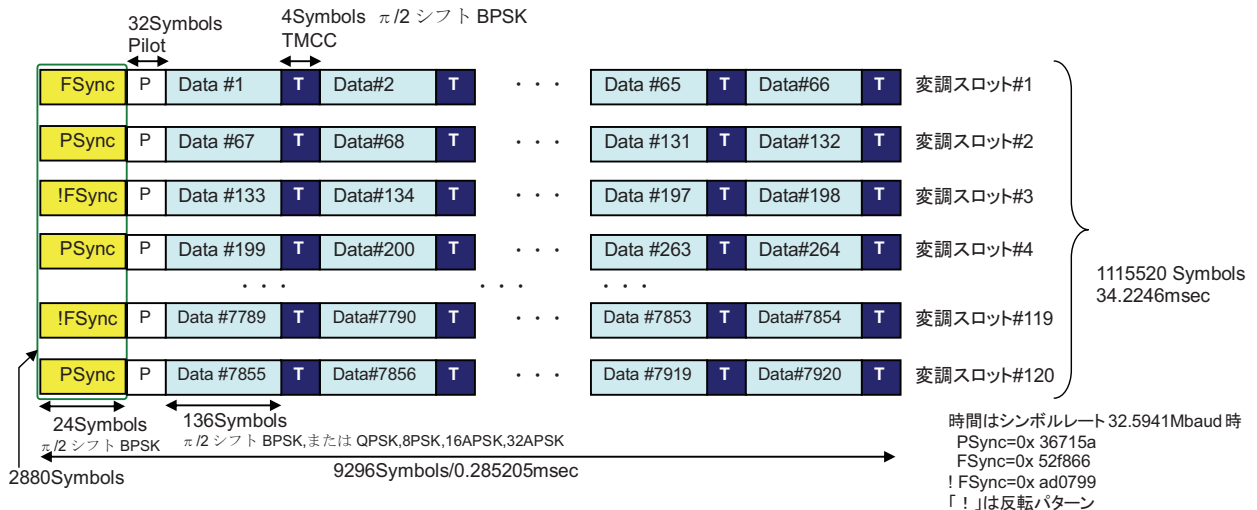


図 2.2-6 変調信号のフレーム構成

(理由)

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.6 誤り訂正方式

(1) 外符号符号化方式

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

表 2.2-5 BCH符号の多項式リスト

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

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

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

上へのBCH符号化を行う。

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

(2) 内符号符号化方式

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

表2.2-6 内符号の符号化率

符号化率（公称値）	真値
1/3	41/120
2/5	49/120
1/2	61/120
3/5	73/120
2/3	27/40
3/4	89/120
4/5	97/120
5/6	101/120
7/8	7/8
9/10	109/120

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- $i=1$ から開始し、次の演算を順次実行する。

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

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

表 2.2-7 q 値

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

(理由)

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

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

2.2.7 TMCC 用誤り訂正方式

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

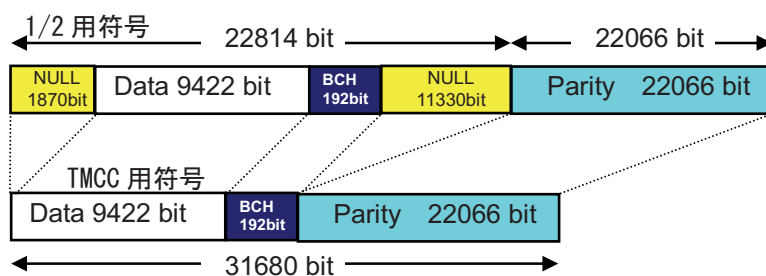


図 2.2-7 TMCC 符号化

(理由)

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

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

2.2.8 エネルギー拡散方式

(1) 主信号用

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

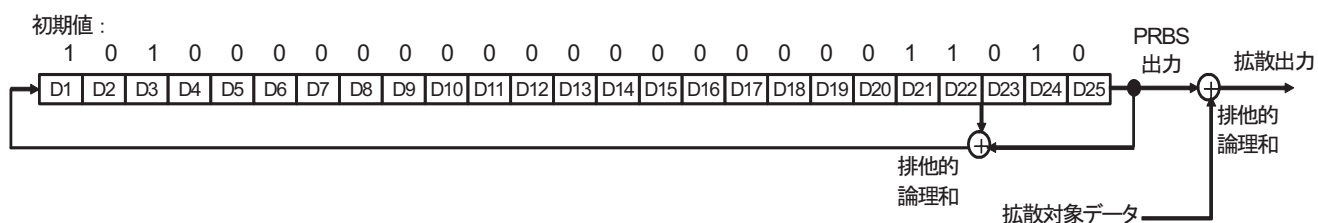


図 2.2-8 エネルギー拡散 (スロットデータ用)

(2) TMCC 信号用

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

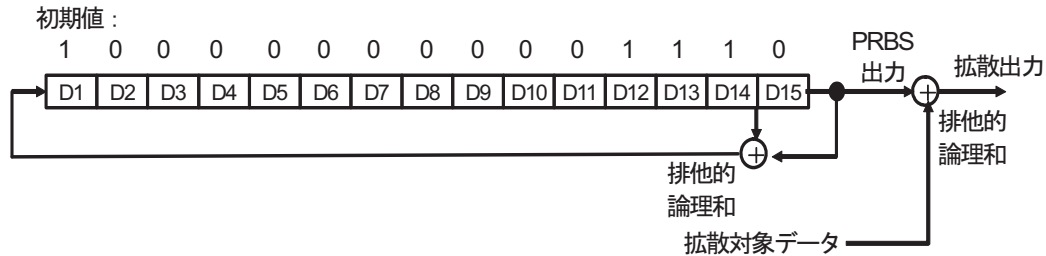


図 2.2-9 エネルギー拡散 (TMCC 用)

(3) パイロット信号用

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

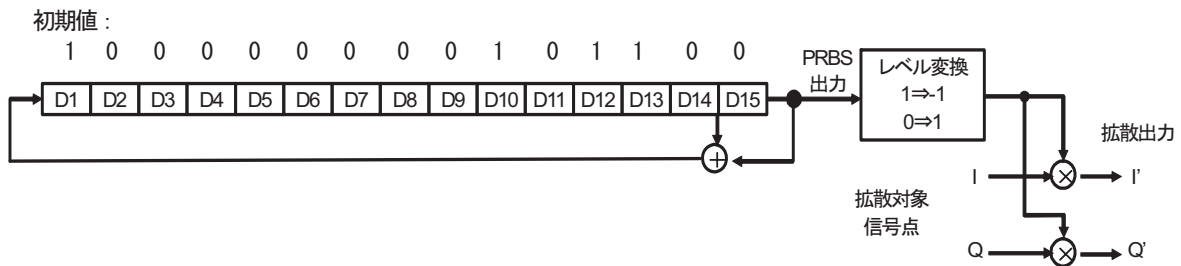


図 2.2-10 エネルギー拡散 (パイロットシンボル用)

(理由)

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

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

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

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

2.2.9 インターリーブ

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

表 2.2-8 ビットインターリーブ

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

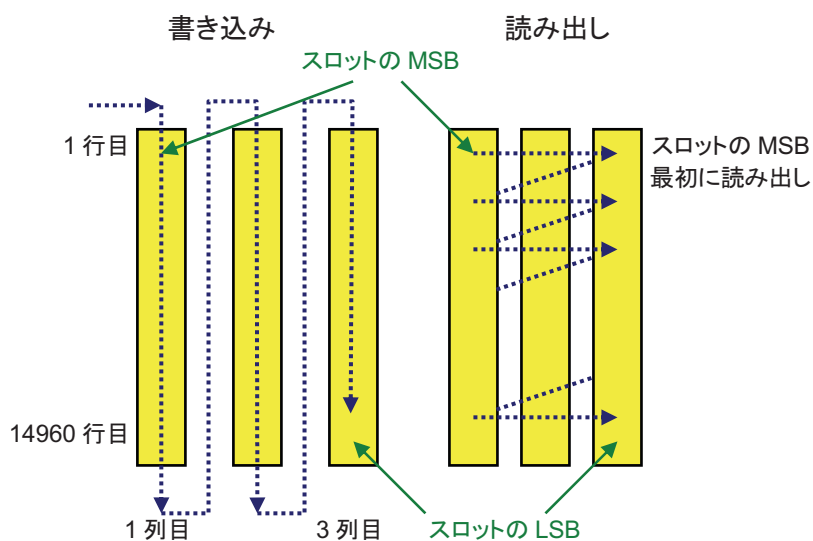


図 2.2-11 ビットインターリーブ 8PSK (順方向読み出し)

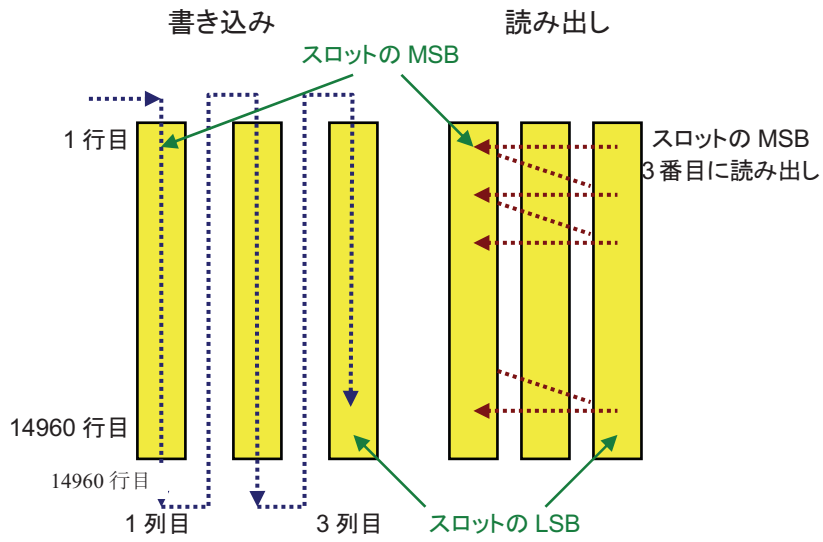


図2. 2-12 ビットインターリーブ 8PSK (逆方向読み出し)

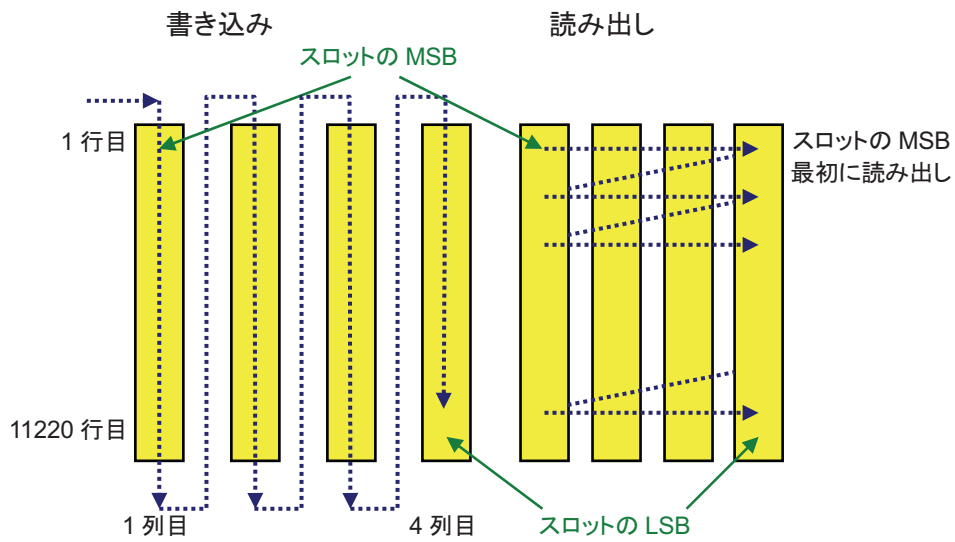


図2. 2-13 ビットインターリーブ 16APSK (順方向読み出し)

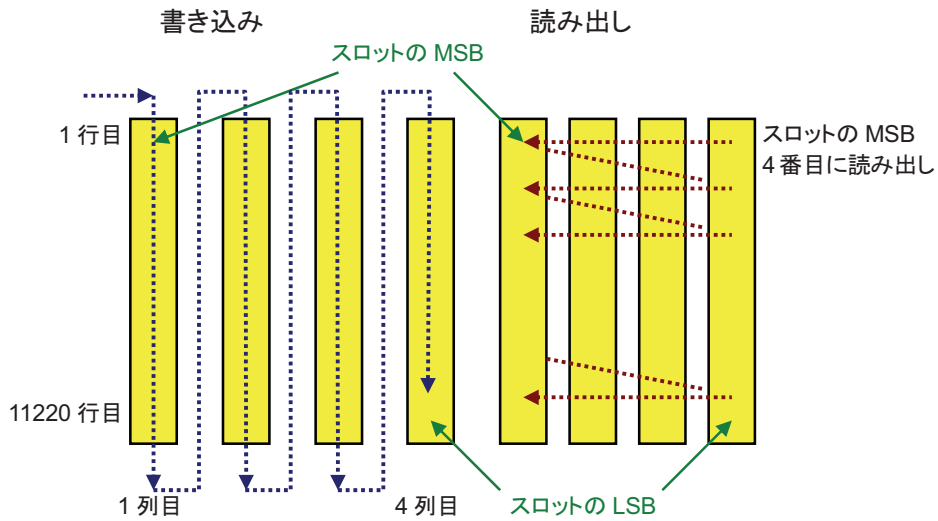


図2.2-14 ビットインターリーブ 16APSK (逆方向読み出し)

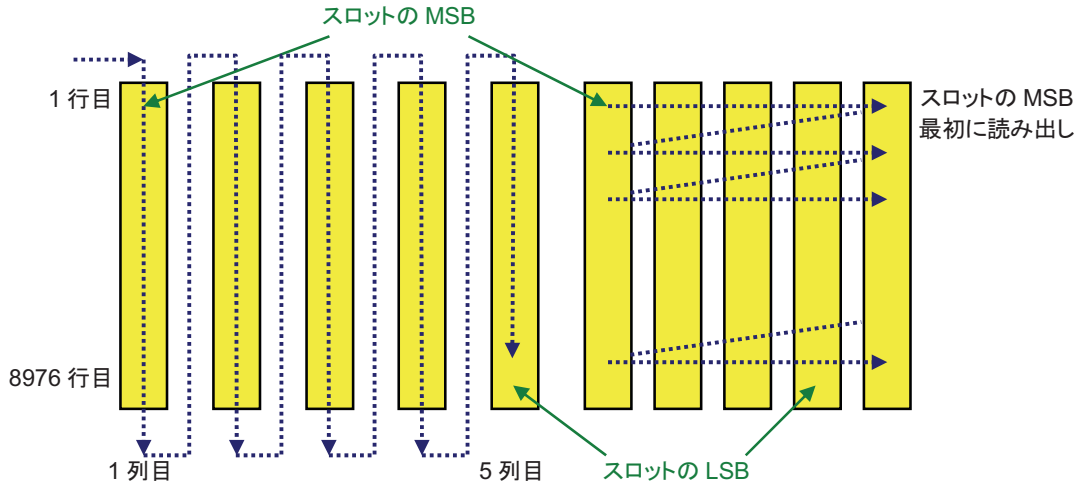


図2.2-15 ビットインターリーブ 32APSK (順方向読み出し)

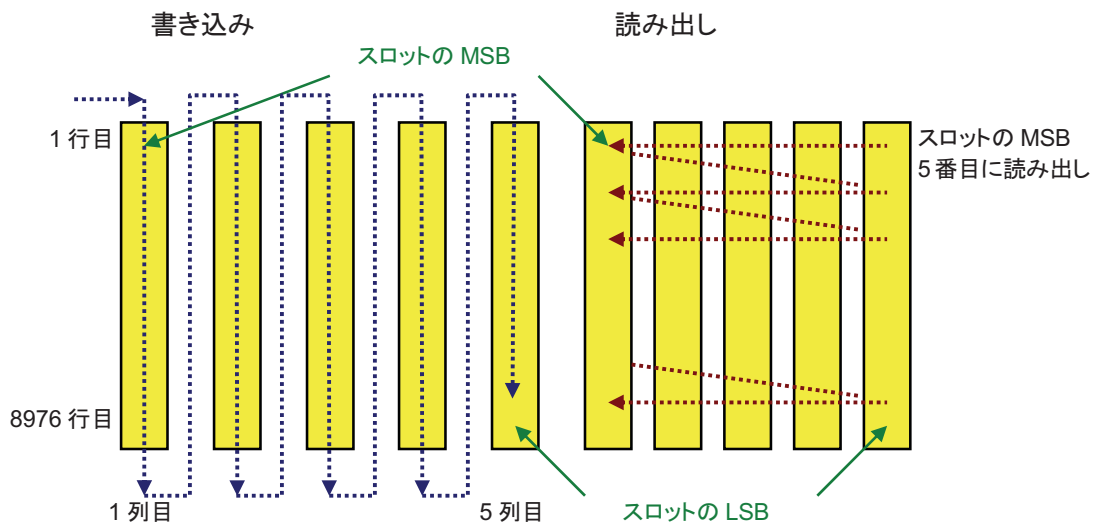


図2.2-16 ビットインターリーブ 32APSK (逆方向読み出し)

表 2.2-9 インターリーブ読み出し

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

(理由)

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

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

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

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

2.2.10 変調方式

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

表 2.2-10 変調方式(基本方式)

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

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

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

表 2.2-12 変調方式

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

△ 今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

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

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

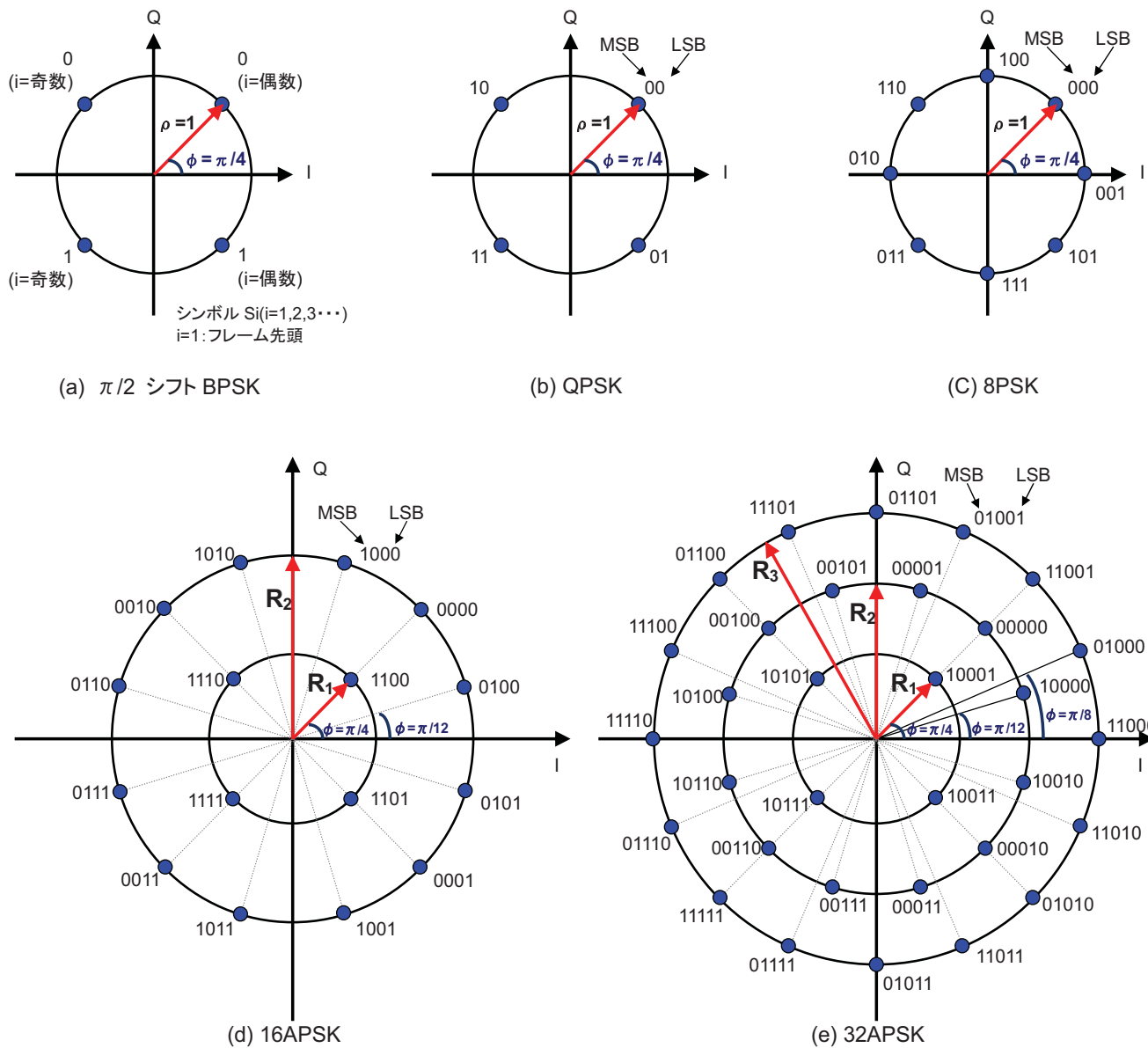


図 2.2-17 各変調方式の信号点配置

表 2. 2-13 16APSK の半径比

符号化率	半径比 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
4/5	2.73
5/6	2.67
7/8	2.76
9/10	2.69

表 2. 2-14 32APSK の半径比

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

(理由)

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

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

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

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

2.2.11 伝送シンボルレートと許容偏差

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

許容偏差は±20ppm とする。

(理由)

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

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

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

(1) 擬似中継器による室内伝送実験

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

表 2.2-15 占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレート

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

測定は、以下の条件において行なった。

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

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の実験結果を図 2.2-18 および図 2.2-19 に示す。なお、8PSK 3/4 の場合の所要 C/N₀ の値は 85.30dBHz 以下(受信アンテナ 45cm、最悪月サービス時間率 99.7%以上)、

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

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

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

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

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

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

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

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

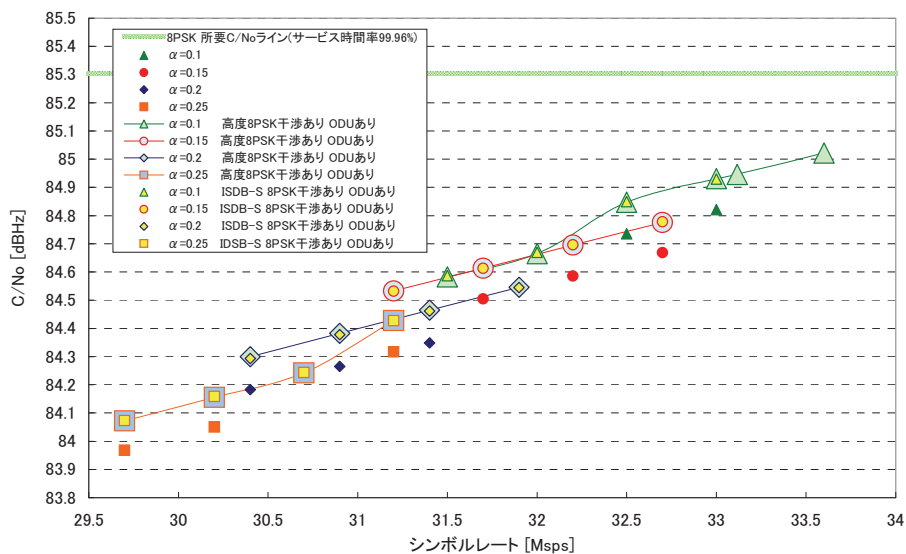


図 2.2-18 擬似中継器実験結果(8PSK)

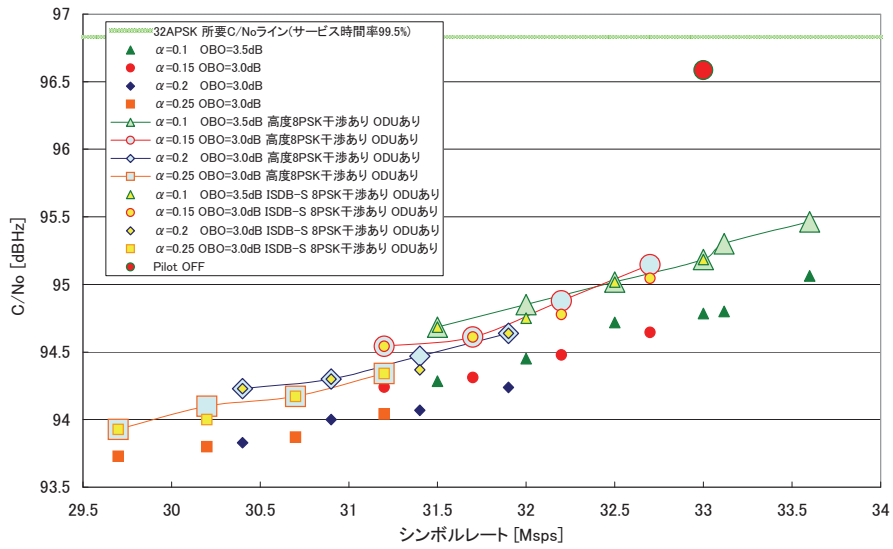


図 2.2-19 擬似中継器実験結果 (32APSK)

(2) シンボルレートの決定

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

また、シンボルレートの検討にあたっては、以下の条件も考慮する。

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

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

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

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

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

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

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

以上の結果より、

ロールオフ率 0.1

シンボルレート 32.5941 Mbaud

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

表 2.2-16 情報ビットレート

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

注 120slot 全てを同一変調方式とした場合の値

2.2.12 ロールオフ率

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

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

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

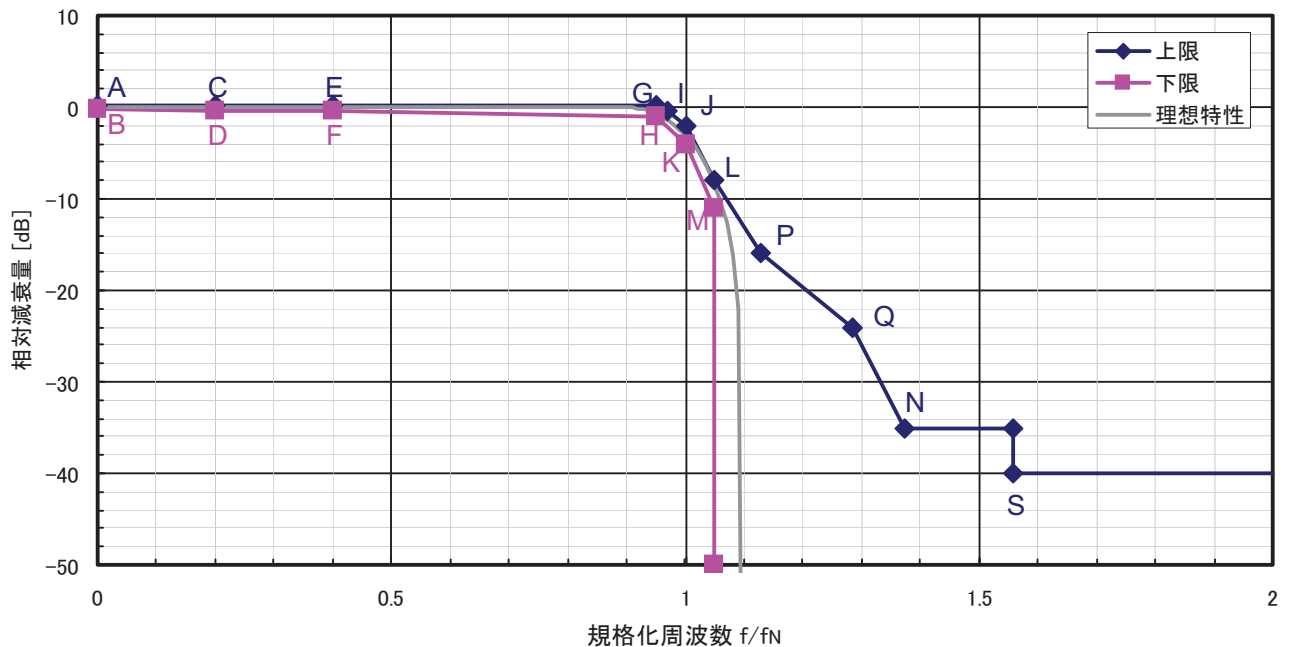


図 2.2-20 変調器出力のスペクトラム相対減衰量許容値

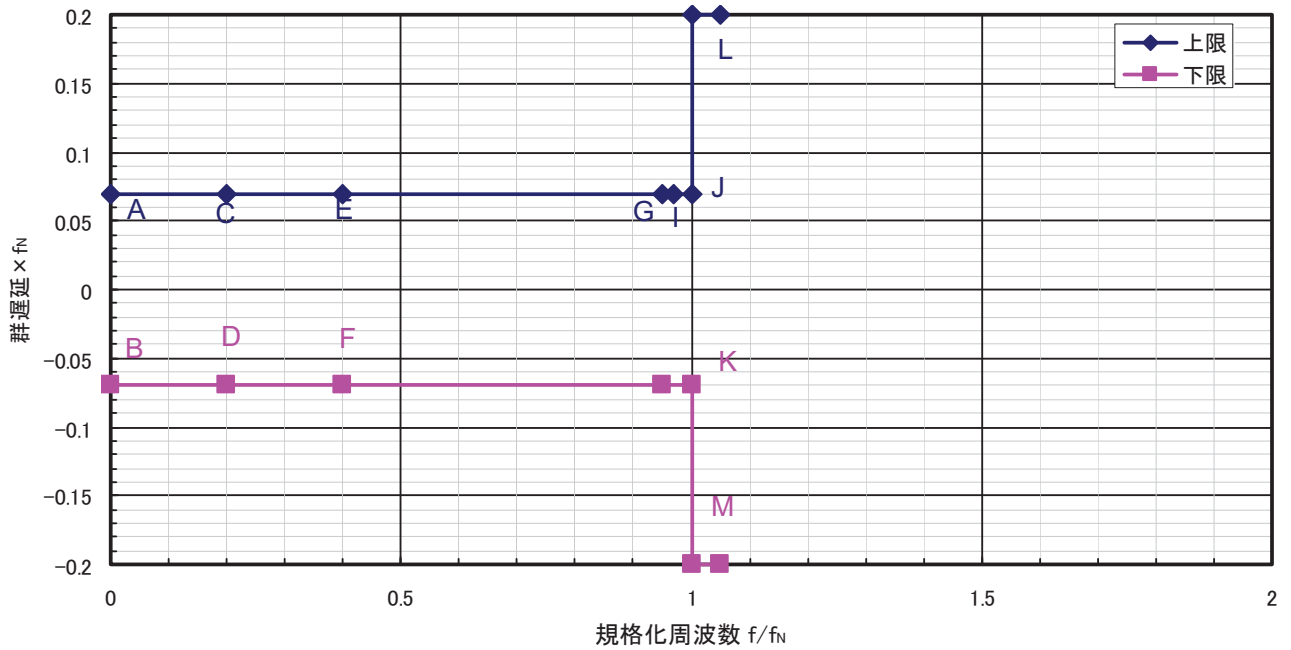


図 2.2-21 変調器出力フィルタの群遅延許容値

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

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

(理由)

ロールオフ率については前小節で述べた理由により決定した。

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

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

2.2.13 パイロット信号

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

(理由)

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

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

2.2.14 TMCC 信号

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

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

TMCC 信号の制御情報の構成を図 2.2-22 に示す。

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

図 2.2-22 TMCC 信号の制御情報の構成

(理由)

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

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

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

(1) 変更指示

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

(理由)

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

(2) 伝送モード／スロット情報

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

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

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

図 2.2-23 伝送モード／スロット情報の構成

表 2.2-18 伝送モードの変調方式

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

表 2.2-19 伝送モードの符号化率

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

表 2.2-20 伝送モードの衛星出力バックオフ

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

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

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

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

(理由)

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

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

(3) ストリーム種別／相対ストリーム情報

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

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

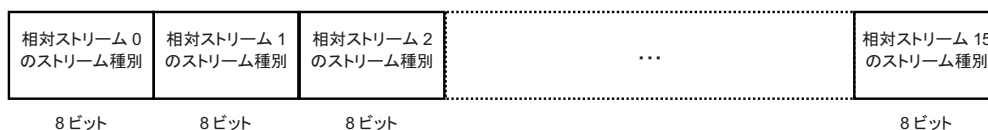


図 2.2-24 ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成

表 2.2-21 ストリーム種別

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

(理由)

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

(4) パケット形式／相対ストリーム情報

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

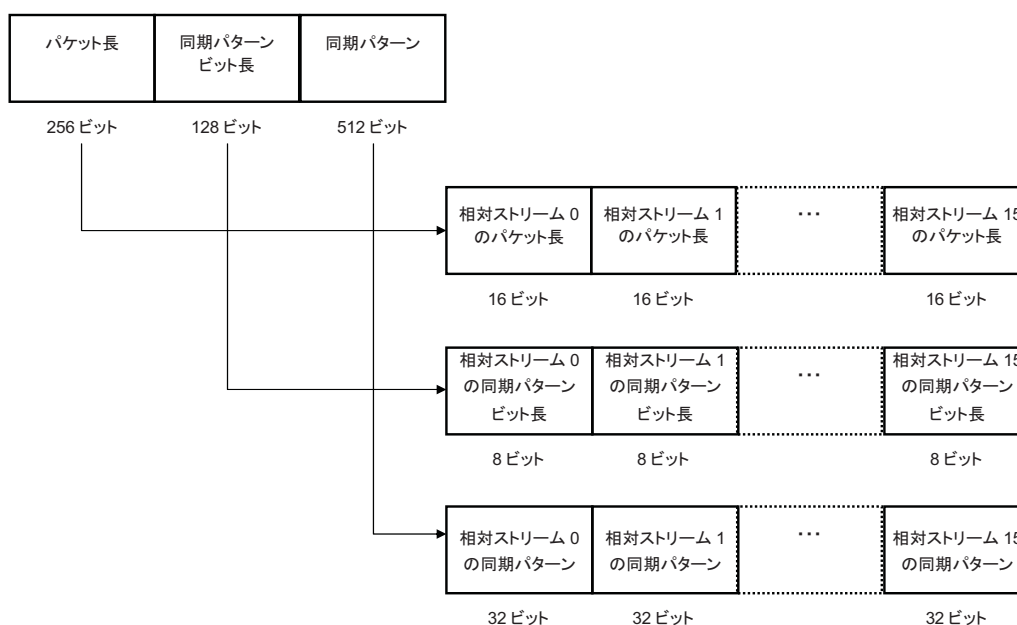


図 2.2-25 パケット形式／相対ストリーム情報の構成

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

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

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

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

(理由)

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

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

(5) ポインタ／スロット情報

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

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

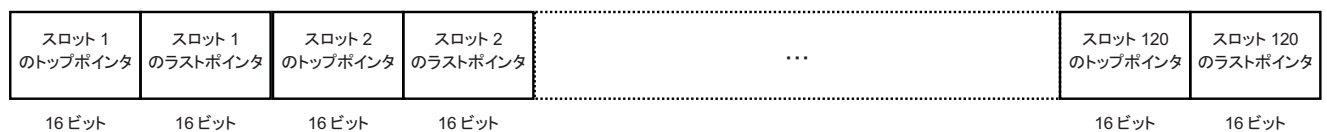


図 2.2-26 ポインタ／スロット情報の構成

(理由)

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

(6) 相対ストリーム／スロット情報

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

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

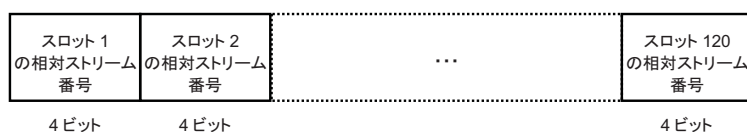


図 2.2-27 相対ストリーム／スロット情報の構成

(理由)

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

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

(7) 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表

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

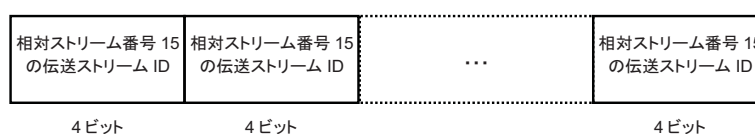


図 2.2-28 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表の構成

(理由)

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

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

(8) 送受信制御情報

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

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

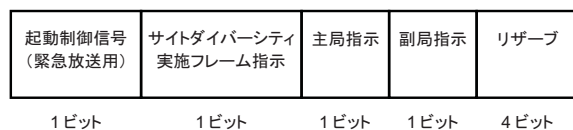


図 2.2-29 送受信制御情報の構成

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

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

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

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

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

(理由)

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

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

(9) 拡張情報

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

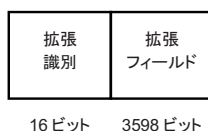


図 2.2-30 拡張情報の構成

表 2.2-22 拡張識別

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

(理由)

将来の拡張用として、十分な要領を確保した。

付録（LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル）

本方式で採用するLDPC符号の検査行列を定義する符号テーブルを付表 1～付表 11に示す。

付表 1 符号化率1/3の符号テーブル

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

付表 2 符号化率2/5の符号テーブル

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

付表 3 符号化率1/2の符号テーブル

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

付表 3 符号化率1/2の符号テーブル (つづき)

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

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル

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

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル (つづき)

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

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル

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

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル (つづき)

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

付表 6 符号化率3/4の符号テーブル

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

付表 6 符号化率3/4の符号テーブル (つづき)

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

付表 7 符号化率4/5の符号テーブル

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

付表 7 符号化率4/5の符号テーブル (つづき)

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

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル

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

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル (つづき)

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

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル

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

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル (つづき)

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

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル

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

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

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル (つづき)

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

2.3 多重化方式

2.3.1 多重化方式選定の基本的な考え方

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

2.3.2 リアルタイム型放送サービスのための多重化方式

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

（理由）

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

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

2.3.2.1 伝送制御信号および識別子の追加規定

2.3.2.1.1 衛星分配システム記述子

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

表 2.3-1 衛星の変調方式

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

表 2.3-2 FEC (内符号)

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

(理由)

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

述する。

2.3.2.1.2 システム管理記述子

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

表 2.3-3 放送の標準方式の種別

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

(理由)

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

2.3.2.2 その他

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

表 2.3-4 追加規定が必要な識別子等

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

2.3.3 蓄積型放送サービスのための新多重化方式

2.3.3.1 方式選定にあたっての考え方

2.3.3.1.1 想定するアプリケーション

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

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

通信ネットワーク経由のオンデマンド視聴の場合、視聴者個々のニーズに応じた番組を提供できるという利点があるが、リクエストが多い場合はアクセスの集中によるネットワークの輻輳や送出能力を上回る送出負荷が発生しサービス低下を招く。これを回避するにはコンテンツの容量やリク

エスト数に応じて大規模にインフラ整備を行う必要があり配信コストが増大する。一方、大容量の放送伝送経路の一斉配信は、このようなアクセス集中の問題が発生しないことから視聴者ニーズが高い番組や高品質番組の配信に効果的である。

2.3.3.1.2 蓄積型放送サービスのための新多重化方式の要求条件

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

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

2.3.3.2 TLV (Type Length Value) 多重化方式

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

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

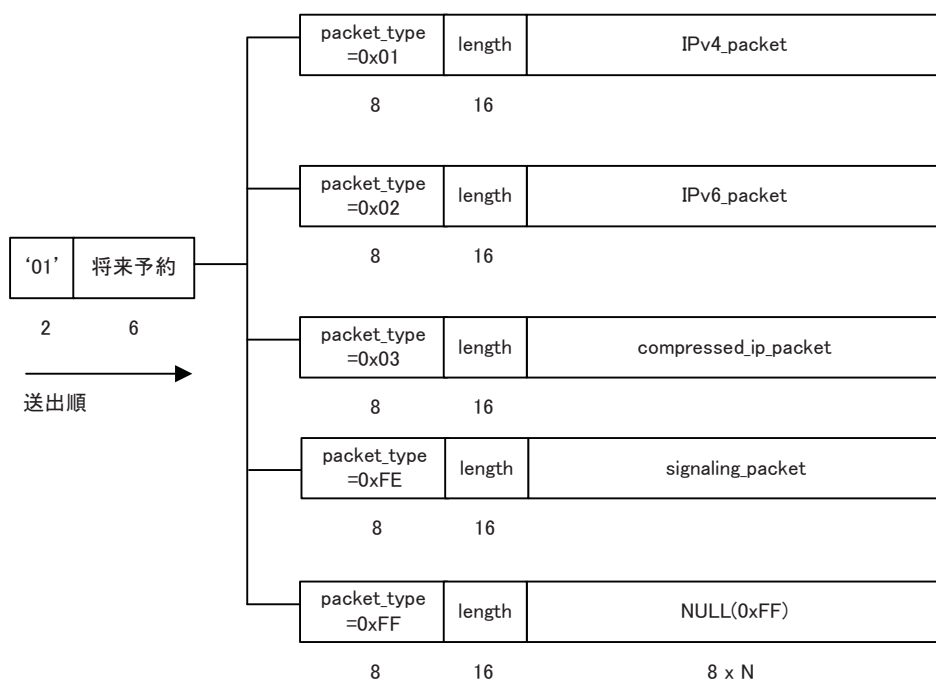


図 2.3-1 TLV の構成

表 2.3-5 TLV の構成および送出手順

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

TLV の意味

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

表 2.3-6 パケット種別

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

- length (データ長) : 16bit のフィールドで、本データ長フィールドの直後から TLV の最後までバイト数を示す。
- IPv4_packet () (IPv4 パケット) : 参考資料 3 の 1 参照。
- IPv6_packet () (IPv6 パケット) : 参考資料 3 の 2 参照。
- compressed_ip_packet () (ヘッダ圧縮した IP パケット) : 2.3.3.3 参照。
- signaling_packet () (伝送制御信号パケット) : 2.3.3.4 参照。
- NULL (ヌル) : データ長に示される長さの 0xFF のバイト列とする。

(理由)

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

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

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

IP パケットを伝送可能とすることで、ヘッダ拡張した IP パケットなど任意の IP パケットの伝送

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

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

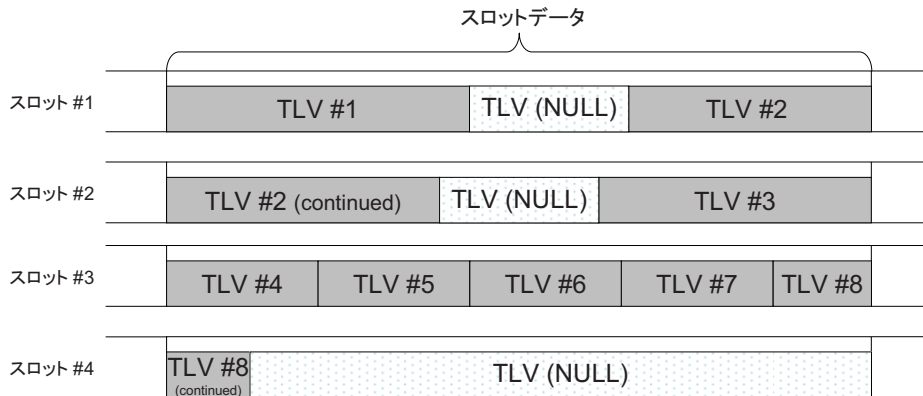


図 2.3-2 TLV のスロットへの多重例

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

2.3.3.3 IP packet のヘッダ圧縮方式

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

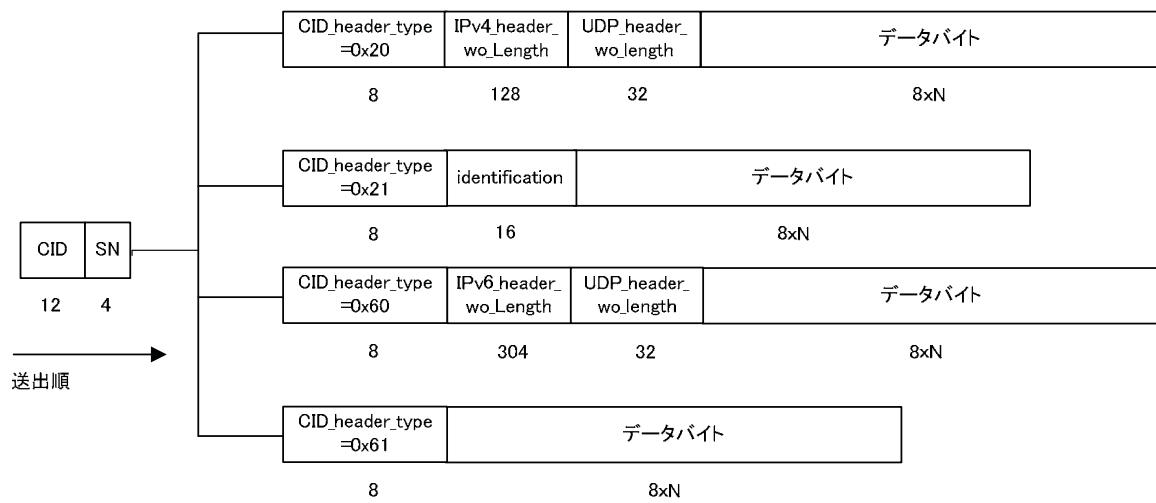


図 2.3-3 ヘッダ圧縮した IP パケットの構成

表 2.3-7 ヘッダ圧縮した IP パケットの構成および送出手順

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

`compressed_ip_packet` の意味

- CID : Context IDentification (コンテキスト識別) : ヘッダ圧縮をおこなったフローを特定する ID。フローとは、IP ヘッダおよび UDP ヘッダの「IPv4 ヘッダでは protocol フィールド、IPv6 ヘッダでは next_header フィールドにより示されるプロトコル種別、source_address、destination_address、source_port、destination_port」の 5 つのフィールドの値がユニークな組み合わせを持つ IP パケットの集合とする。
- SN : Sequence Number (シーケンス番号) : 同一 CID を持つヘッダ圧縮パケットの順序を示す。
- CID_header_type (CID ヘッダ種別) : 圧縮 IP パケットに付加されるヘッダ情報のタイプ

を示し、表 2.3-8 に従って符号化される。

表 2.3-8 CID ヘッダ種別

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

- identification : IPv4Header () の identification を格納する。
- IPv4_header_wo_length () : IPv4 ヘッダから total_length、header_checksum、option_or_padding のフィールドを除いたものであり、図 2.3-4 および表 2.3-9 に示す通り。

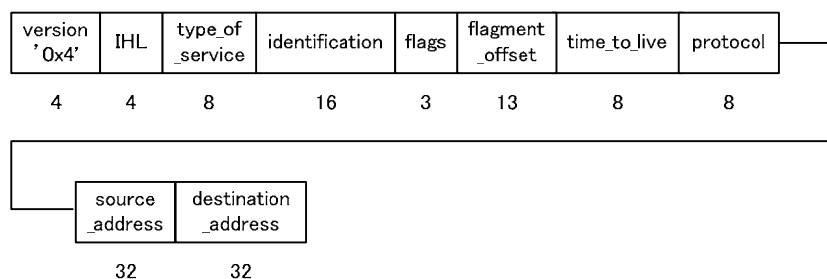


図 2.3-4 IPv4_header_wo_length () の構成

表 2.3-9 IPv4_header_wo_length () の構成および送出手順

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

- IPv6_header_wo_length () : IPv6 ヘッダから payload_length フィールドを除いたものであり、図 2.3-5 および表 2.3-10 に示す通り。

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

図 2.3-5 IPv6_header_wo_length()の構成

表 2.3-10 IPv6_header_wo_length()の構成および送出手順

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

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

source_port	destination_port
16	16

図 2.3-6 UDP_header_wo_length()の構成

表 2.3-11 UDP_header_wo_length()の構成および送出手順

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

(理由)

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

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

ッダ情報を復元する。

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

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

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

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

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

2.3.3.4 伝送制御信号の伝送

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

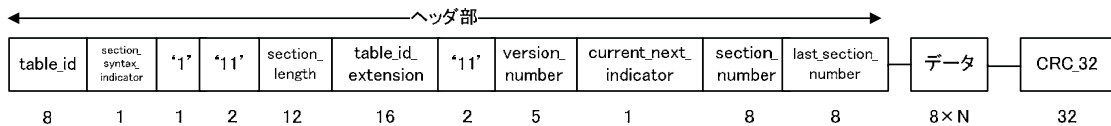


図 2.3-7 伝送制御信号パケットの構成

表 2.3-12 伝送制御信号パケットの構成および送出手順

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

signaling_packet()の意味

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

表 2.3-13 テーブル識別の割り当て

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

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

表 2.3-14 テーブル識別拡張の割り当て

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

- version_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current_next_indicator (カレントネクスト指示) : テーブルが現在使用可能である場合は '1' とし、テーブルが現在使用不可であり次に有効となることを示す場合は '0' とする。
- section_number (セクション番号) : テーブルを構成するセクション番号を書き込む領域とする。
- last_section_number (最終セクション番号) : テーブルを構成する最後のセクション番号を書き込む領域とする。
- signaling_data_byte (伝送制御信号データ) : 伝送制御信号データの伝送のために使用する。
- CRC_32 (CRC) : ITU-T 勧告 H222.0 に従い CRC を書き込む領域とする。

2.3.3.5 伝送制御信号の構成

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

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

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

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

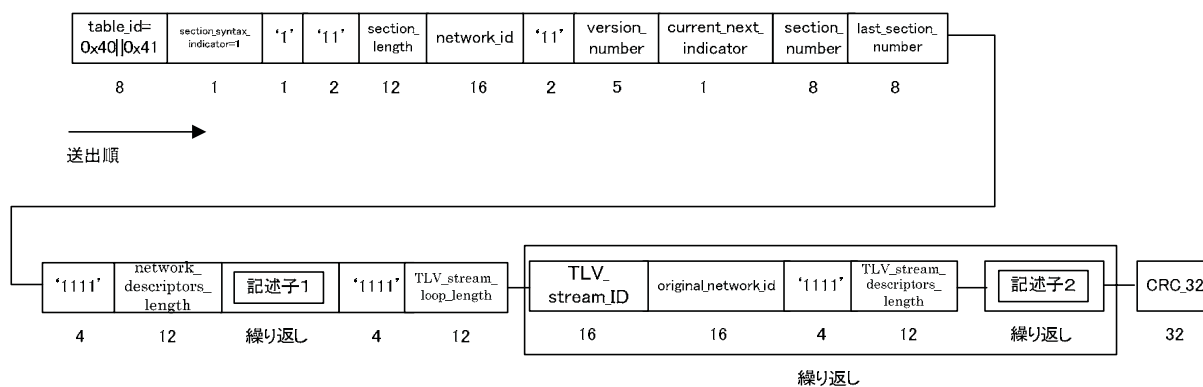


図 2.3-8 TLV-NIT の構成

表 2.3-15 TLV-NIT の構成および送出手順

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

TLV_network_information_table()の意味

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

- version_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current_next_indicator (カレントネクスト指示) : ' 1 ' の場合はそのテーブルが現在有効であることを示す。' 0 ' の場合は、送られているテーブルはまだ適用されず、次に有効となる予定のテーブルであることを示す。
- section_number (セクション番号) : セクションの番号を表す。サブテーブル中の最初のセクションのセクション番号は 0x00 である。セクション番号は、同一のテーブル識別とネットワーク識別を持つセクションの追加ごとに 1 加算される。
- last_section_number (最終セクション番号) : そのセクションが属するサブテーブルの最後のセクション(すなわち、最大のセクション番号を持つセクション)の番号を規定する。
- network_descriptors_length (ネットワーク記述子長) : 最初の 2 ビットは ' 00 ' で、残りの 10 ビットを次に続く記述子の全バイト数を書き込む領域とする。
- TLV_stream_loop_length (TLV ストリームループ長) : 最初の 2 ビットは ' 00 ' で、残りの 10 ビットを、CRC_32 の最初のバイトの直前に終わる TLV ストリームループの全バイト数を書き込む領域とする。
- TLV_stream_id (TLV ストリーム識別) : 当該 TLV ストリームの識別番号を示す。
- original_network_id (オリジナルネットワーク識別) : 当該 TLV ストリームの元のネットワークの識別番号を示す。
- TLV_stream_descriptors_length (TLV ストリーム記述子長) : この領域直後の当該 TLV ストリームの全記述子のバイト長を示す。ただし、最初の 2 ビットは、' 00 ' とする。
- CRC_32 (CRC) : ITU-T 勧告 H222.0 に従い CRC を書き込む領域とする。

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

表 2.3-16 NIT と TLV-NIT の対応

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

TLV-NIT に配置する記述子は、以下の(1)～(3)とする。

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

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

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

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

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

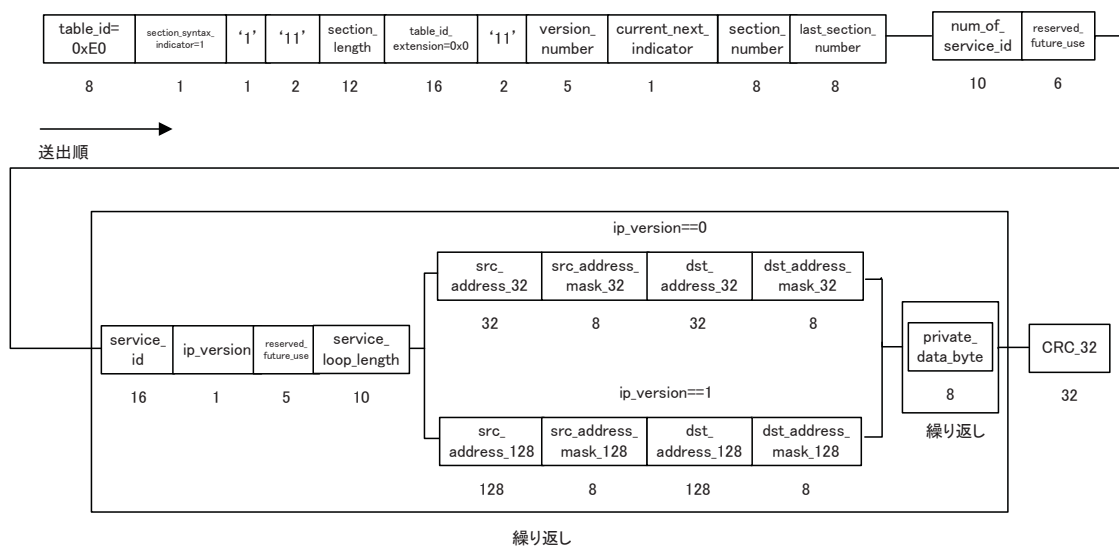


図 2.3-9 AMT の構成

表 2.3-17 AMT の構成および送出手順

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

アドレスマップテーブルの意味

- table_id (テーブル識別) : テーブル識別拡張の値によりテーブルを識別することを示す 0xFE とする。(表 2.3-13 参照)
- section_syntax_indicator (セクションシンタクス指示) : 拡張形式を示す ‘1’ とする。

- section_length (セクション長) : セクション長フィールドの直後から CRC_32 を含む最後まで
のセクションのバイト数を規定する。
- table_id_extension (テーブル識別拡張) : AMT (Address Map Table)を示す 0x0000 とする (表
2.3-14 参照)。
- version_number (バージョン番号) : テーブルのバージョン番号を書き込む領域とする。テーブル
内の情報に変化があった場合に 1 加算される。その値が 31 になった場合は、その次は 0 に戻る。
- current_next_indicator (カレントネクスト指示) : ' 1 ' の場合はそのテーブルが現在有効であ
ることを示す。' 0 ' の場合は、送られているテーブルはまだ適用されず、次に有効となる予定の
テーブルであることを示す。
- section_number (セクション番号) : セクションの番号を表す。最初のセクションのセクション番
号は 0x00 である。セクション番号は同一のテーブル識別とテーブル識別拡張を持つセクションの
追加ごとに 1 加算される。
- last_section_number (最終セクション番号) : そのセクションが属するテーブルの最後のセクシ
ョン(すなわち、最大のセクション番号を持つセクション)の番号を規定する。
- num_of_service_id (サービス識別数) : このアドレスマップテーブルに記述される service_id
の数を示す。
- service_id (サービス識別) : サービスを識別するためのラベルの役割をする。サービスリスト記
述子に記述されるサービス識別と同一の役割を持つ。
- ip_version (IP バージョン) : リストに記述する IP パケットのバージョンを示し、表 2.3-18 に
従って符号化される。

表 2.3-18 IP バージョン

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

- service_loop_length (サービスループ長) : このフィールドの直後から、次のサービス識別フ
ィールドの直前までのバイト長を示す。
- src_address_32 (送信元 IPv4 アドレス) : サービスを構成する IPv4 パケットの送信元 IP アド
レスを記述する。
- src_address_mask_32 (送信元 IPv4 アドレスマスク) : 送信元 IPv4 アドレスに指定する IP アド
レスに対し、有効となる先頭(MSB)からのビット数を指定する。32 より大きな値を取らない。
- dst_address_32 (宛て先 IPv4 アドレス) : サービスを構成する IPv4 パケットの宛て先 IP アド
レスを記述する。
- dst_address_mask_32 (宛て先 IPv4 アドレスマスク) : 宛て先 IPv4 アドレスに指定する IP アド
レスに対し、有効となる先頭(MSB)からのビット数を指定する。32 より大きな値を取らない。なお、

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

- src_address_128 (送信元 IPv6 アドレス) : サービスを構成する IPv6 パケットの送信元 IP アドレスを記述する。
- src_address_mask_128 (送信元 IPv6 アドレスマスク) : 送信元 IPv6 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭 (MSB) からのビット数を指定する。128 より大きな値を取らない。
- dst_address_128 (宛て先 IPv6 アドレス) : サービスを構成する IPv6 パケットの宛て先 IP アドレスを記述する。
- dst_address_mask_128 (宛て先 IPv6 アドレスマスク) : 宛て先 IPv6 アドレスに指定する IP アドレスに対し、有効となる先頭 (MSB) からのビット数を指定する。128 より大きな値を取らない。なお、サービスを構成するマルチキャストグループは、送信元 IPv6 アドレスマスクにより有効と識別される送信元 IPv6 アドレス、および宛て先 IPv6 アドレスマスクにより有効と識別される宛て先 IPv6 アドレスの両方のアドレスに合致するマルチキャストグループとする。
- private_data_byte : 個別に定義されたデータを格納する。

(AMT の構成の考え方)

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

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

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

連続するアドレスを効率的に記述するためにアドレスマスクを設けた。アドレスマスクを使うことで、図 2.3-10 に示すように、複数のグループアドレスのリストを 1 行のリストで記述可能となる。

さらに、IPv4 では mask=32、IPv6 では mask=128 とすれば、マスクを使用しないことと等価になる。
 また、src_address_mask=0 とすることで送信元を設定しないことと等価の設定も可能になる。

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

(a) マスクを用いない場合

(b) マスクを用いる場合

図 2.3-10 マスクによるグループアドレスの効率的な記述例

2.3.3.6 サービス形式種別の追加規定

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

2.4 限定受信方式

限定受信方式としては、現行BSデジタル放送^{※1}や広帯域CSデジタル放送^{※2}で利用されている方式に準拠するものとする。

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

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

（理由）

当該方式は、現行BSデジタル放送や広帯域CSデジタル放送で利用されている方式であり、引き続き採用することとした。

2.5 情報源符号化方式

2.5.1 映像符号化方式

2.5.1.1 映像入力フォーマットおよび符号化方式選定の基本的な考え方

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

2.5.1.1.1 映像入力フォーマット

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

表 2.5.1-1 検討対象とした映像入力フォーマット（時空間フォーマット）

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

表 2.5.1-2 検討対象とした映像入力フォーマット（信号方式）

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

表 2.5.1-3 検討対象とした映像入力フォーマット（カラリメトリ）

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

2.5.1.1.2 映像符号化方式

ITU-T H. 264|ISO/IEC 14496-10 を、高度衛星デジタル放送の映像符号化方式として検討した。H. 264 のプロファイルおよびレベルの選定にあたっては、H. 264 コーデックの技術動向を調査・予測すると共に、検証実験を踏まえて検討した。検討対象としたプロファイルおよびレベルを表 2.5.1-4、表 2.5.1-5 に示す

表 2.5.1-4 検討対象とした H. 264 のプロファイル

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

表 2.5.1-5 検討対象とした H. 264 のレベル

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

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

2.5.1.1.3 その他

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

2.5.1.2 映像入力フォーマット

2.5.1.2.1 映像の時空間フォーマット

(1) 高度衛星デジタル放送の基本映像フォーマット

高度衛星デジタル放送の基本映像フォーマットを表 2.5.1-6 に示す。

表 2.5.1-6 高度衛星デジタル放送の基本映像フォーマット

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

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

(理由)

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

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

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

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

(2) 高度衛星デジタル放送のマルチサービス専用映像フォーマット

高度衛星デジタル放送のマルチサービス専用映像フォーマットを表 2.5.1-7 に示す。

表 2.5.1-7 高度衛星デジタル放送のマルチサービス専用映像フォーマット

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

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

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

(理由)

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

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

(3) 高度衛星デジタル放送の実験用映像フォーマット

高度衛星デジタル放送の実験用映像フォーマットを表 2.5.1-8 に示す。

表 2.5.1-8 高度衛星デジタル放送の実験用映像フォーマット

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

(理由)

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

2.5.1.2.2 映像の信号方式

高度衛星デジタル放送の映像入力フォーマットの信号方式を表 2.5.1-9 に示す。

表 2.5.1-9 映像入力フォーマットの信号方式

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

(理由)

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

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

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

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

2.5.1.2.3 カラリメトリ

高度衛星デジタル放送の映像入力フォーマットのカラリメトリを表 2.5.1-10 に示す。

表 2.5.1-10 映像入力フォーマットのカラリメトリ

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

(理由)

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

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

三原色を変更することによって広い色域を表現することはできるが、三原色を変更しなくとも、三原色信号(RGB)に負値や1を超える値を許容することで広い色域を表現することが可能で

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

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

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

2.5.1.3 映像符号化方式

2.5.1.3.1 準拠規格

高度衛星デジタル放送の映像符号化方式は、ITU-T H. 264 | ISO/IEC 14496-10 に準拠するものとする。

(理由)

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

2.5.1.3.2 H. 264 のプロファイルとレベル

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

表 2.5.1-11 映像入力フォーマットと H.264 のレベル

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

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

(理由)

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

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

高度衛星デジタル放送における最上位のプロファイルの選定にあたり、特に、対応すべきクロマフォーマットの選定が課題であった。従来、輝度信号と色差信号の所要帯域比は、主観評価実験の結果に基づく 3:1 が定説となっており、一般にスタジオ制作や素材伝送では 4:2:2、放送・配信では 4:2:0 が用いられている。色差信号帯域幅の拡大は、符号化画素数の増加による所要ビットレートの増加、あるいは同一ビットレートでは符号化歪の増加を伴う可能性がある。そこで、実証実験によって、4:2:0、4:2:2、4:4:4 の画質や所要ビットレートを比較検討した。実験の結果、一部の映像については、4:4:4 とすることにより、限定的であるが色エッジの再現性や質感の向上などの効果が認められた。一方、符号化時には、クロマフォーマットの差よりも符号化歪みが検知されやすい場合があった。したがって、4:4:4 の使用が効果的なサービスは、原画像が極めて高画質であると共に、符号化画像も極めて劣化が少ない高画質であることが必須と考えられる。4:2:2 は、特に飛越走査信号において 4:2:2⇔4:2:0 のための垂直フィルタ処理に起因する画質劣化を改善するのに効果的である。これらを考慮し、High 4:2:2 を最上位のプロファイルとすることとした。なお、High 4:2:2 プロファイルは、量子化ビット数 10-bit まで対応しているが、符号化時の 8-bit を超える量子化ビット数の必要性については、現時点では明確な根拠を見いだすに至っておらず、今後の検討に委ねることとした。放送チェーンの各段階におけるクロマフォーマットや量子化ビット数の選定については、今後体系的な

検討が求められる。

H.264 のレベルは、映像入力フォーマットに応じてそれに対応する最下位のレベルが定まる。なお、現在はレベル 5.1 が規格化されている最上位のレベルであるが、これは解像度 3840×2160 の場合 30P までしか対応していない。したがって、3840×2160/60/P および 7680×4320/60/P に対応するレベルの追加規定が必要である。

2.5.1.3.3 H.264 の制約条件

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

表 2.5.1-12 カラリメトリに関する制約条件

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

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

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

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

2.5.1.4 映像入力フォーマットの信号規定

2.5.1.4.1 映像信号特性

映像入力フォーマットの映像信号特性を表 2.5.1-13 に示す。

表 2.5.1-13 映像信号特性

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

2.5.1.4.2 輝度信号および色差信号の量子化特性

輝度信号および色差信号の量子化特性を表 2.5.1-14 に示す。

表 2.5.1-14 輝度信号および色差信号の量子化特性

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

2.5.1.4.3 原色信号の量子化特性

原色信号の量子化特性を表 2.5.1-15 に示す

表 2.5.1-15 原色信号の量子化特性

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

(注1) 映像入力フォーマットとしては輝度・色差信号のみを規定している (2.5.1.4.1(4))。RGB原色信号の量子化特性は、デジタルRGB原色信号による相互接続や信号処理のためのガイドラインとして示している。

2.5.2 音声符号化方式

2.5.2.1 音声入力信号

2.5.2.1.1 最大入力音声チャンネル数

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

2.5.2.1.2 入力サンプリング周波数

48kHz とする。

2.5.2.1.3 入力量子化ビット数

16、20、24 ビットとする。

2.5.2.1.4 音声モード

音声モードは、以下の通りとする。

*モノラル

*ステレオ

*マルチチャンネルステレオ^(注)

0-3/0/0-0.0 (3.0), 0-2/0/1-0.0 (3.0),

0-3/0/1-0.0 (4.0), 0-2/0/2-0.0 (4.0),

0-3/0/2-0.0 (5.0), 0-3/0/2-0.1 (5.1),

0-3/0/3-0.1 (6.1), 2/0/0-2/0/2-0.1 (6.1),

0-5/0/2-0.1 (7.1), 0-3/2/2-0.1 (7.1),

2/0/0-3/0/2-0.1 (7.1), 0/2/0-3/0/2-0.1 (7.1),

2/0/0-3/2/3-0.2 (10.2), 3/3/3-5/2/3-3/0/0.2 (22.2)

*2 音声 (デュアルモノラル)

※下線は推奨音声モードを示す

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

上層—中層—下層.LFE

割り当てチャンネルがない層は0 とし、割り当てチャンネルがある層のチャンネル数を次のように表す。
フロント/サイド/バック

なお、括弧内は従来の表記。

(理由)

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

2.5.2.2 音声符号化方式

2.5.2.2.1 音声符号化方式（基本サービス用）

(1) 準拠規格

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

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

(2) 符号化における制約条件

最大音声符号化チャンネル数：22.2 チャンネルとする。

（理由）

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

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

注：周波数有効利用等の観点から課題がある方式

(1) 準拠規格

(ア) 非圧縮符号化方式

リニア PCM 音声符号化方式とする。

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

(イ) ロスレス符号化方式

MPEG-4（ISO/IEC 14496-3）ALS 方式を候補とする。

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

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

(2) 符号化における制約条件

最大音声符号化チャンネル数：5.1 チャンネルとする。

(理由)

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

(留意すべき事項)

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

2.5.3 データ符号化方式

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

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

3. 回線設計例

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

表 3-1 回線計算の前提条件

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

注)

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

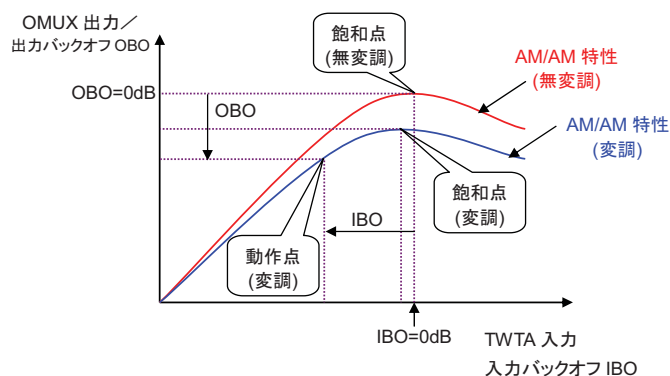


図 3-1 出力バックオフの定義

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

計算には以下の条件を用いた。

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

(5) 交差偏波識別度 (勧告 ITU-R B0.1213)

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

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

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

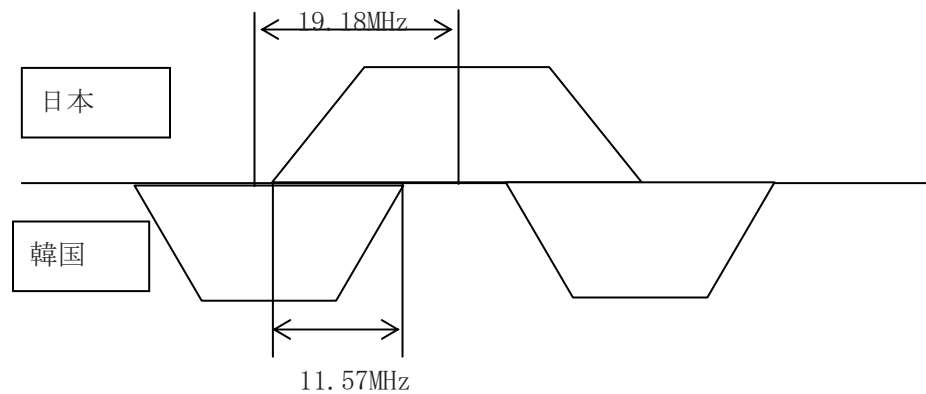


図 3-2 チャンネル配置

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

表3-2 受信点の降雨減衰量

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

表 3-3 受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率^(注)との関係

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. 将来想定される高度なサービスイメージ例

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

(1) 1080/60/I + 5.1 AAC

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

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

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

(3) 1080/60/P + 5.1 AAC

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

(4) 1080/60/I + 5.1 AAC + 低階層

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

(5) 2160/60/P + 22.2 AAC

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

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

図 4-1 「1080/60/I + 5.1 AAC」 x 4 チャンネル

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

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

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

↑
低階層
1.3Mbps (5slot)

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

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

図 4-4 リアルタイム型放送と蓄積型放送

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

5. 今後の課題

5.1 伝送路符号化方式

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

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

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

5.2 多重化方式

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

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

5.3 限定受信方式

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

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

5.4 映像符号化方式

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

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

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

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

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

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

5.5 音声符号化方式

5.5.1 音声入力フォーマット

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

5.5.2 音声符号化方式 (基本サービス用)

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

5.5.3 音声符号化方式 (非圧縮・ロスレス高音質サービス用)

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

なお、本方式に係る技術的課題としては以下のものが考えられる。

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

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

による実現性の検証も必要である。

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

- ・リニア PCM 方式における音声メタ情報の伝送

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

5.6 データ符号化方式

今後、ARIB において以下の項目の詳細な検討を進める必要がある。

- ・ARIB-J 規格（ARIB STD-B23）の拡張

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

- ・BML（ARIB STD-B24）との関係の整理

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

- ・国際標準との整合性

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

参 考 资 料

目 次

- 参考資料 1 伝送路符号化方式 補足資料
- 参考資料 2 伝送路符号化方式実証実験報告
- 参考資料 3 IP パケットの一般的構成
- 参考資料 4 衛星伝送路への TS パケットおよび TLV の多重
- 参考資料 5 サービスとマルチキャストグループアドレスの考え方
- 参考資料 6 TLV 多重化方式における選局方法の例
- 参考資料 7 H. 264 やディスプレイの技術動向
- 参考資料 8 負 RGB 方式による広色域化
- 参考資料 9 映像符号化方式実証実験
- 参考資料 10 音声サービスの想定利用ケース
- 参考資料 11 電波産業会デジタル放送開発部会音声符号化方式作業班における検討経緯等
- 参考資料 12 リニア PCM 音声の PES 伝送方式
- 参考資料 13 22.2 チャンネル音声デモンストレーション
- 参考資料 14 リニア PCM 音声符号化・伝送実証実験報告
- 参考資料 15 AES3 のユーザビットを用いたリニア PCM 音声関連メタ情報の伝送
- 参考資料 16 ロスレス音声符号化に関する提案方式（2 方式）の技術概要および方式比較
- 参考資料 17 ロスレス音声符号化・圧縮性能実証実験報告
- 参考資料 18 ロスレス音声符号化・TS 生成実証実験報告
- 参考資料 19 データ放送の想定利用ケース
- 参考資料 20 電波産業会デジタル放送システム開発部会データ放送方式作業班における検討経緯

伝送路符号化方式 補足資料

目 次

参考資料 1-1	スロットの割り当て規則
参考資料 1-2	PCR の管理
参考資料 1-3	PCR 付け替え方法の例
参考資料 1-4	シンボルレートと帯域幅の関係
参考資料 1-5	信号点配置
参考資料 1-6	TMCC 符号化方式の伝送性能
参考資料 1-7	TMCC 信号のストリーム制御機能
参考資料 1-8	パイロット信号による受信特性の改善
参考資料 1-9	バルク伝送
参考資料 1-10	バルク伝送の運用イメージと今後の課題
参考資料 1-11	APSK を小型受信アンテナで受信する場合のサービス時間率向上について
参考資料 1-12	略語・用語集

スロットの割り当て規則

複数の変調方式を同一搬送波で伝送する場合は、多値数の多い変調方式の順、また、ひとつの変調方式の中で複数の符号化率を併用する場合には、符号化率の高い順に、各情報を伝送フレーム内の先頭スロットから順に配置する。

無効(ダミー)スロットが必要な方式の場合、有効スロットを割当てスロット内の最初に配置する。(参考例 図1 参照)

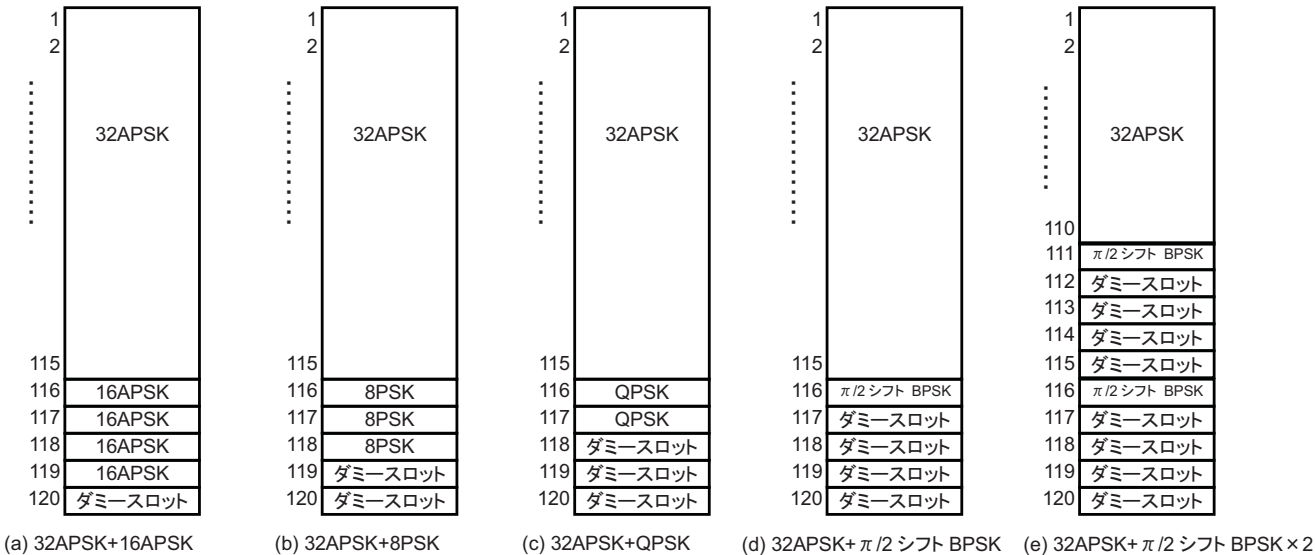


図1 スロット割り当ての例

複数の変調方式を伝送する複数 TS の合成においては、各 TS の時間基準を送受間で保持するため、それぞれの TS でのダミー スロットをヌルパケットとして PCR を設定する。(参考例 図2 参照)

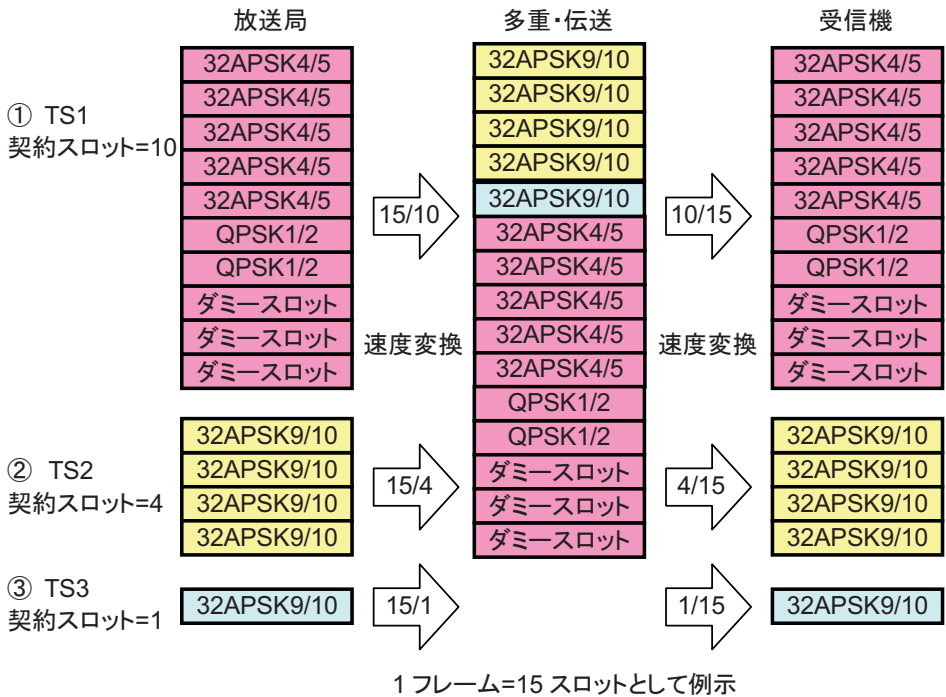


図2 複数 TS 合成の例

PCR の管理

受信機の負担を軽くするため、受信機側では簡単な速度変換のみを行うだけで、適切な PCR 値を含む MPEG-2 TS を再生できることが望ましい。

図 1(a)に示すように、スロット#1~#5 を使って、変調方式 16APSK、符号化率 1/3 で伝送する場合を考えると、受信機側で再生される信号は同図(b)のようになり、同期バイトを除く 187 バイト長 TS がバースト状に得られることになる。受信機内では、この TS の先頭に同期バイトを付加した上で、適切な PCR 値を含む等間隔の TS パケットとして MPEG デコーダに渡す必要がある。このような条件を満足する PCR に付け替える方法を参考資料 1-3 に示す。

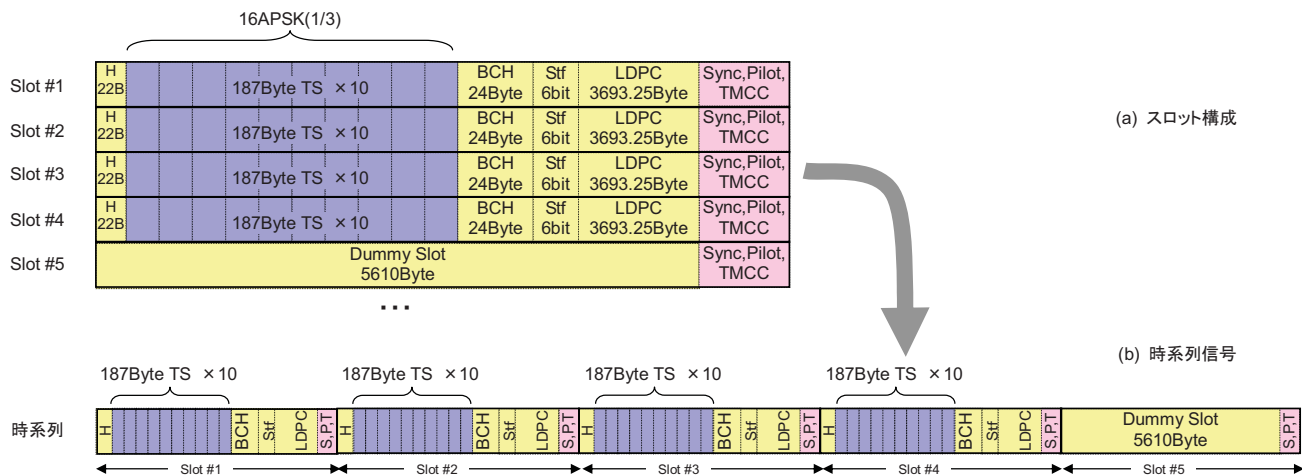


図 1 受信機で再生されるストリームの例

PCR の付け替え方法の例

変調方式 16ASPK、符号化率 1/3 により、1 フレーム中 5 スロット(有効スロットは 4 スロット)を割り当てられた委託事業者が、MPEG-2 TS を伝送する場合を例に説明する。

表 1 各符号化率のスロット構成

符号化率	スロット長=LDPC符号長					総合符号化率※3	LDPC符号化率※2	BCH+ヘッダ+スタッフ符号化率※1	参考	
	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					
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 (27/40)	0.988	2/3=66.67%
3 / 4	44880	176	32912 (22)	192	6	11594	0.733	0.742 (89/120)	0.989	3/4=75%
4 / 5	44880	176	35904 (24)	192	6	8602	0.800	0.808 (97/120)	0.990	4/5=80%
5 / 6	44880	176	37400 (25)	192	6	7106	0.833	0.842 (101/120)	0.990	5/6=83.33%
7 / 8	44880	176	38896 (26)	192	6	5610	0.867	0.875 (7/8)	0.990	7/8=87.5%
9 / 10	44880	176	40392 (27)	192	6	4114	0.900	0.908 (109/120)	0.991	9/10=90%

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

※2 (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)

※3 (a)×(b)

表 1 によれば、符号化率 1/3 で伝送できる 1 スロットあたりの TS パケットは 10 パケットである。したがって、有効 4 スロットを使って伝送できるパケット数は図 1(a)に示すように 10×4=40 パケットとなる。

受託放送事業者は、このパケットストリームをスロット割り当てする前に、PCR の付け替えを行う。PCR の付け替えは 5 スロット(同期、パイロット、TMCC を含む)分のメモリ(5810×5Byte=46480×5bit=232400bit、図 2 を参照)上で行う。

5 スロット分の時間に含まれる 188×8×40=60160 ビットのデータを同時間内に 232400 ビットのメモリ上に展開するため、図 1(b)に示すように、232400/60160=2905/752 の速度変換を行う。また展開を行う際、1TS を書き込む毎に、19.5 バイト分の間隙をあけて、次の TS を書き込む。ここで書き込んだ TS とそれに後続する 19.5 バイトの間隙を合わせてここではセルと呼ぶことにすると、展開に使うメモリ 1 スロットは 28 のセルで構成され、ここでは最初の 10 セルのみ使い、残り 18 セルには NULL パケットを書き込むこととする。以上のメモリ上への展開が完了したら、展開された TS に対し適切な値をとる PCR に付け替えを行う。

PCR の付け替えが完了したら、同図(c)に示すように、書き込んだときの 120/5 倍の速度で読み出しを行い、他の同様の処理を施した TS と共に、フレームのスロット上へ PCR を付け替えた TS を先頭の同期バイトを除去して配置する。この状態で受託放送事業者の伝送路符号化部への信号受け渡しを行う。

伝送路符号化部では、この信号に伝送路符号化を行い送信する。また受信機では、この信号を受信し、

120/5 に時間伸張する。すなわち、受信機側でも同図(c)の信号が得られることになる。

受信機では同図(c)の信号に対し、同図(d)の 232400bit 上のセルに同期バイトを付加した TS を展開する。展開を行う際、1TS を書き込む毎に、19.5 バイト分の間隙をあけて、次の TS を書き込む。また 10 セル書き込んだ後の 18 セルには同様の間隙を設けながら、NULL パケットを充填する。

展開が終了したら、メモリ上から間隙を廃棄しながら、207.5/188 の時間伸張を行う。これにより、適切な PCR を含む等間隔の 188 バイト長 TS のストリームが復元できる。

なお、複数の 5 スロット単位を跨いでストリームが多重されている場合や、さらに複数のストリームが混在している場合については、5 スロット単位で同様の処理を行うものとし、PCR の打ち直しに際しては、同一のストリーム内で PCR の処理を行い、異なるストリームのパケットは NULL パケットとみなして処理する。またストリームとして抽出する場合には、それ以外のストリームのパケットは NULL パケットに置換する。

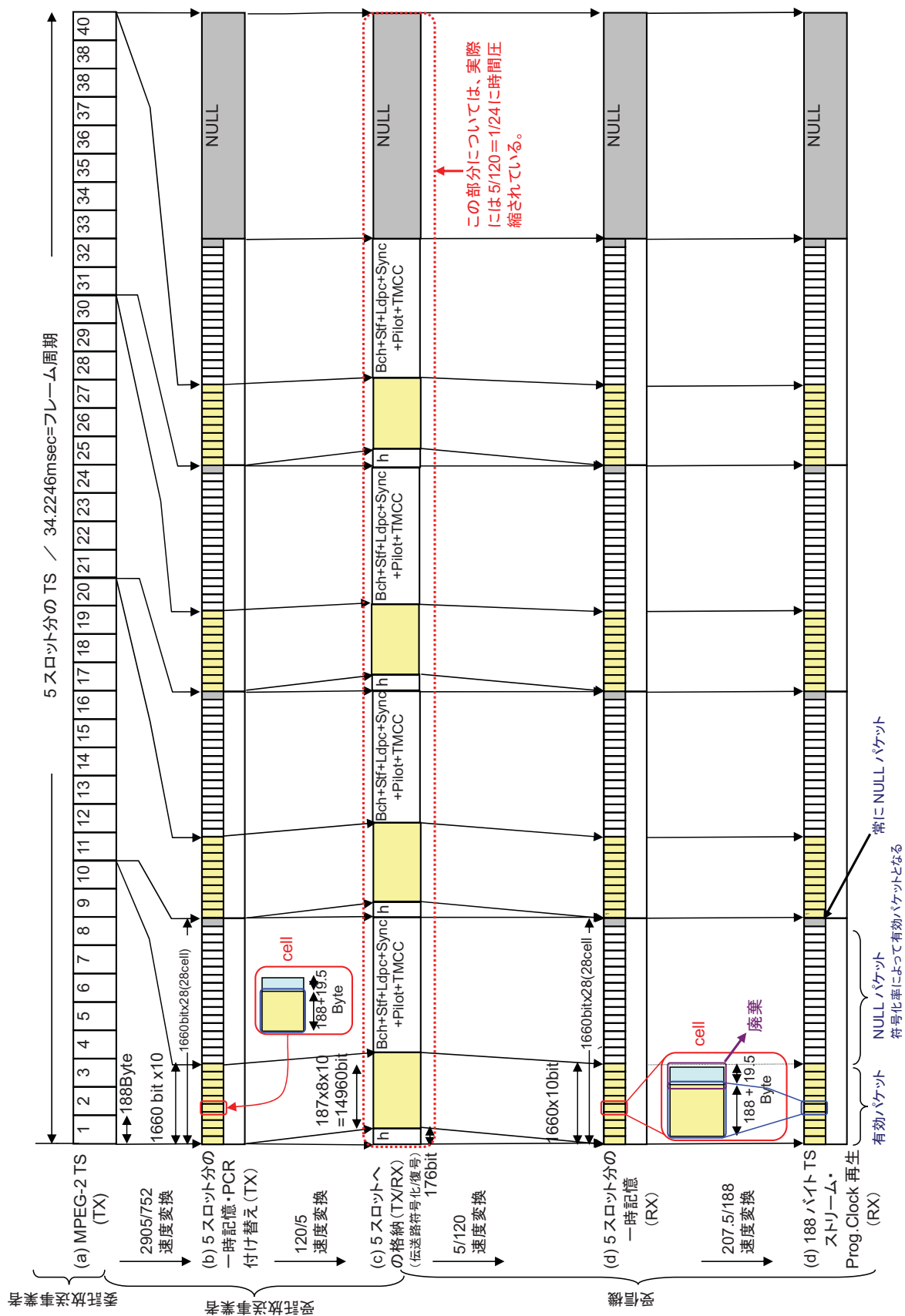


図 1 PCR 付け替えの例

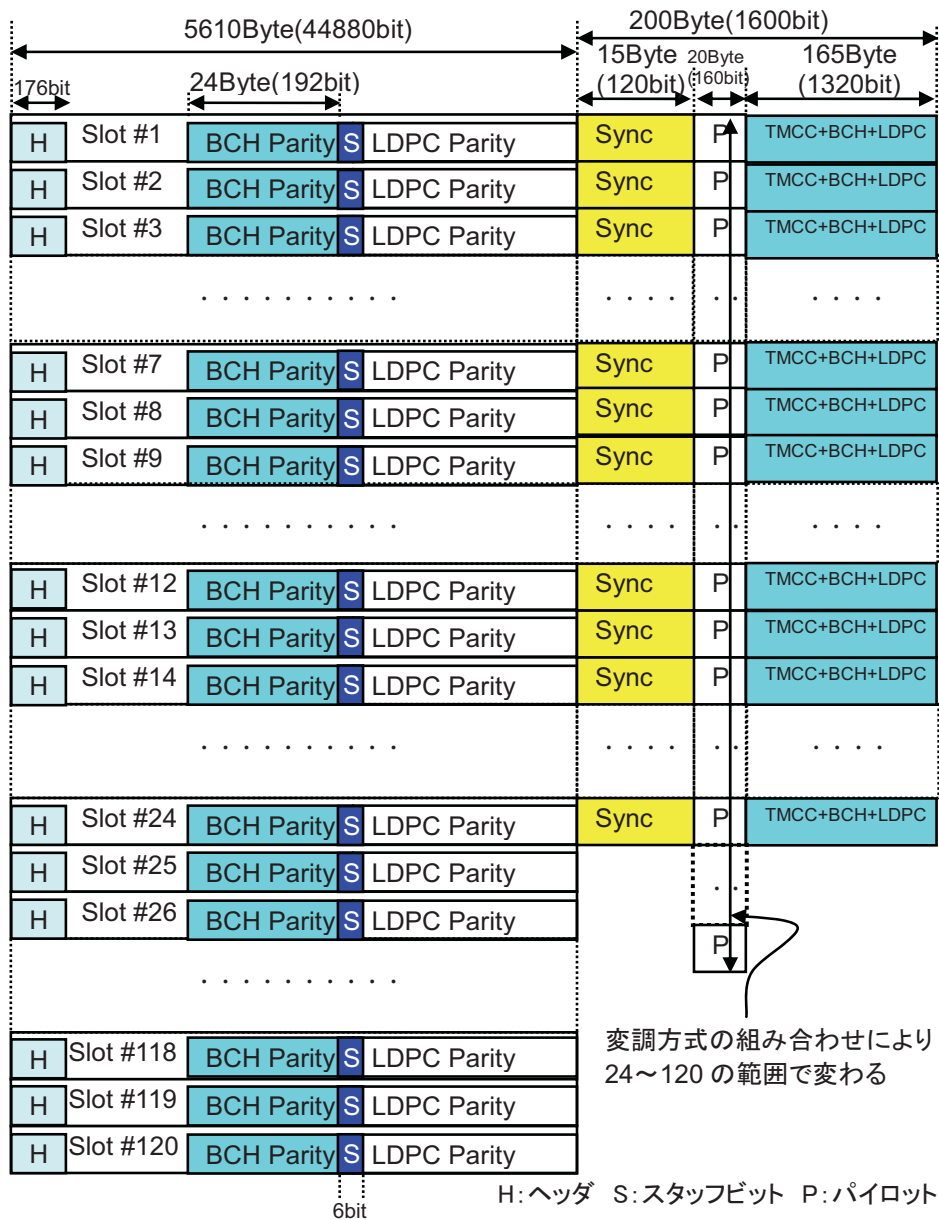


図2 フレーム構成

シンボルレートと帯域幅の関係

1. シミュレーション系統図

シンボルレートに対する占有帯域幅を求めるために用いたシミュレーションの系統図を図 1 に示す。変調器のルートロールオフフィルタのロールオフ率は 0.1, 0.15, 0.2, および 0.25 とし、デジタル変調方式として BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, $\pi/2$ シフト BPSK についてシミュレーションを行なった。なお、衛星中継器は放送衛星の IMUX フィルタ、TWTA、および OMUX フィルタで構成した。TWTA の動作点は、OMUX フィルタ出力が変調波において最大となる動作点とした。

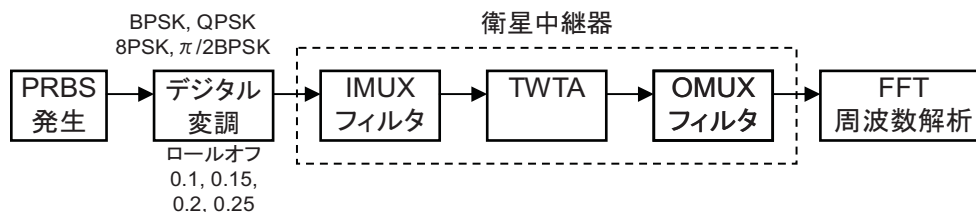


図 1 シミュレーション系統図

2. 各変調方式のシンボルレートと帯域幅

ロールオフ率 0.1 とし、変調時の出力飽和点を動作点としたときの、各変調方式のシンボルレートと占有帯域幅の関係を図 2 及び表 1 に示す。32Mbaud 付近で、BPSK は QPSK および 8PSK に比べ、約 3.7% 占有帯域幅が広がっていること、逆に、 $\pi/2$ シフト BPSK は QPSK および 8PSK に比べ、約 1% 占有帯域幅が狭まっていることが確認できる。

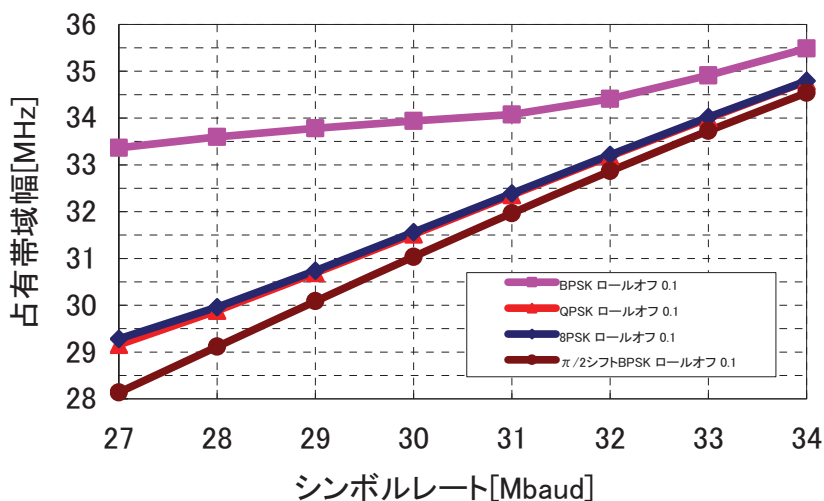


図 2 シミュレーション結果

表 1 シミュレーション結果

シンボルレート [Mbaud]	BPSK ロールオフ 0.1 帯域幅 [MHz]	QPSK ロールオフ 0.1 帯域幅 [MHz]	8PSK ロールオフ 0.1 帯域幅 [MHz]	$\pi/2$ シフトBPSK ロールオフ 0.1 帯域幅 [MHz]
27	33.361	29.156	29.277	28.134
28	33.599	29.883	29.962	29.118
29	33.783	30.692	30.742	30.087
30	33.937	31.516	31.560	31.036
31	34.077	32.355	32.389	31.965
32	34.414	33.188	33.215	32.867
33	34.913	33.995	34.023	33.729
34	35.486	34.784	34.797	34.544

3. シミュレーション結果とシンボルレート候補値

以上の結果から、占有帯域幅を決定する変調方式は QPSK および 8PSK となるが、この 2 方式については、同一シンボルレートで、ほぼ同じ占有帯域幅となる。ここでは、主に利用される変調方式である 8PSK について、シンボルレートと帯域幅の関係を求めた。シミュレーション結果を図 3 に示す。この結果から、ロールオフ率 0.2 において、占有帯域幅が 34.5MHz 以内となる最大シンボルレートは、31.9MBaud となる。したがって、実証実験におけるシンボルレートの候補としては、31.9MBaud 以下とする。同様にロールオフ率を 0.1~0.25 とした場合の、最大シンボルレートを表 2 にまとめる。

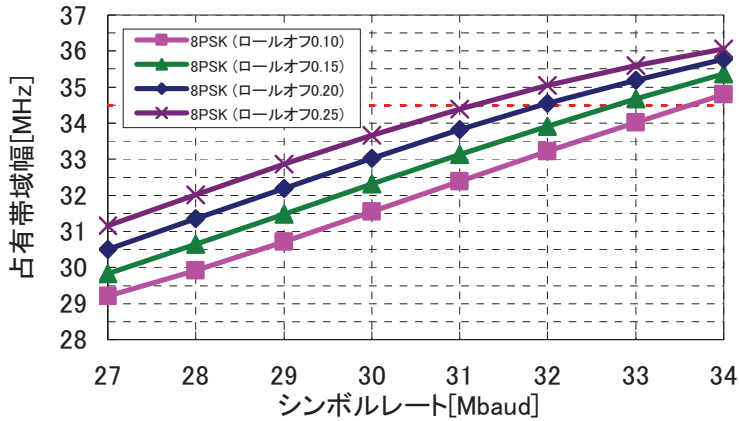


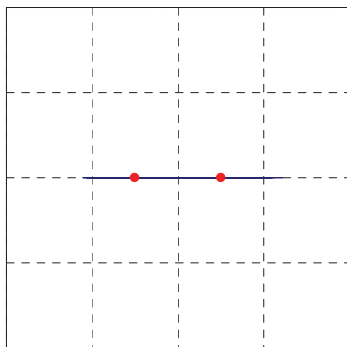
表 2 ロールオフ率と最大シンボルレートの関係

表 2 ロールオフ率と最大シンボルレートの関係

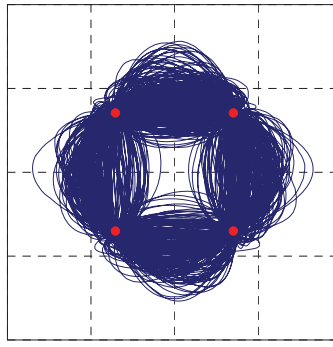
ロールオフ率	最大シンボルレート [MBaud]
0.1	33.6
0.15	32.7
0.2	31.9
0.25	31.1

図 3 シミュレーション結果

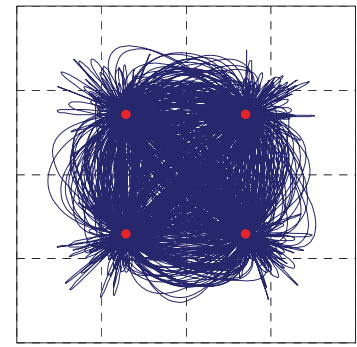
参考. 各変調方式の信号点の軌跡(理想伝送路、ロールオフ率 : 0.1)



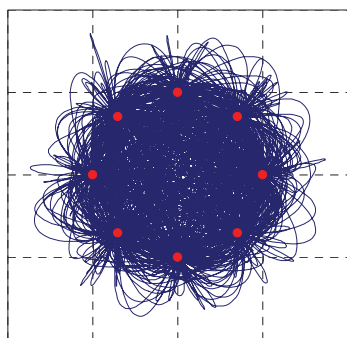
(a) BPSK



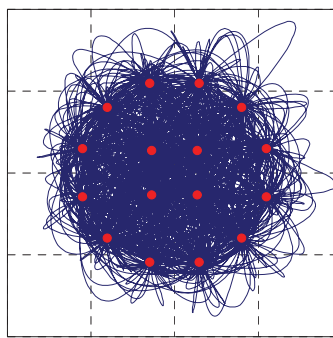
(b) $\pi/2$ シフト BPSK



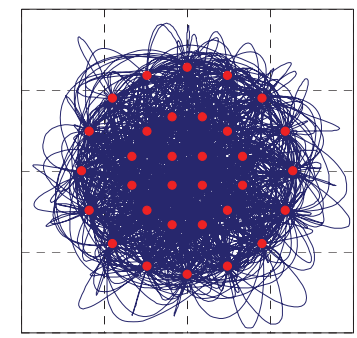
(c) QPSK



(d) 8PSK



(e) 16APSK



(a) 32APSK

信号点配置

1. BPSK 変調の信号点配置の変更について

当初案では、同期、TMCC 信号伝送用に BPSK 変調が提案されている。また、主信号伝送用変調方式のひとつとしても BPSK が利用可能となっている。BPSK 変調は信号点の遷移において、50%の確率でゼロクロスすることから、非線形特性をもつ衛星伝送路において飽和点増幅を行った場合、QPSK や 8PSK に比べ占有帯域幅が約 3%拡大する。したがって、占有帯域幅の要求値に対して BPSK がシンボルレートを決定する主要因となる。一方、 $\pi/2$ シフト BPSK では原理的にゼロクロスを生じないため、帯域幅は QPSK や 8PSK に比べ占有帯域幅が約 1.5%縮小することから、シンボルレートは 8PSK や QPSK によって決定される。そこで、BPSK 変調を $\pi/2$ シフト BPSK に変更することを提案する。

2. APSK 信号点配置の半径比の決定について

APSK の信号点配置は、提案する LDPC 符号を適用したときにおいて最適な特性となるよう設計した*。

16APSK および 32APSK の信号点配置を図 1・表 1 および 図 2・表 2 に示す。

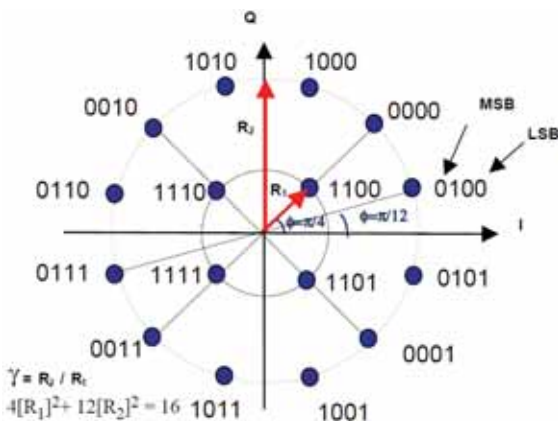


図 1 16APSK の信号点配置

表 1 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
4/5	2.73
5/6	2.67
7/8	2.76
9/10	2.69

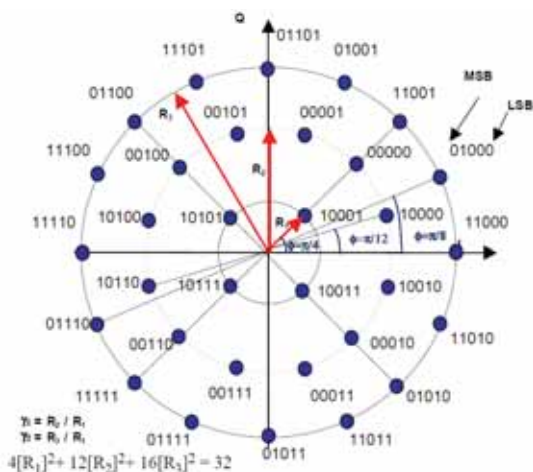


図 2 32APSK の信号点配置

表 2 32APSK の半径比

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

* DVB-S2 においては、APSK の信号点配置を、使用する符号化率を決め、そのときの所要 C/N が理想的な符号化・変調がなされたときに最小となるように設計している。

TMCC 用誤り訂正方式の伝送性能

高度衛星デジタル放送方式におけるTMCC信号の誤り訂正符号としては、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1参照)。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)、および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。

短縮化するデータの位置については、伝送性能が良くなるよう適切な位置を選んで短縮化を行った。

図2にTMCC符号化方式のC/N対ビット誤り率特性を示す。図2には同等の符号化率を有する $\pi/2$ シフトBPSK 符号化率 1/3 の特性も併せて示す。図2より、TMCC符号化方式の所要C/Nは-4.4dB、 $\pi/2$ シフトBPSK 符号化率 1/3 の所要C/Nは-4dBであり、本方式が通常の符号化率 1/3 よりも性能が改善していることが分かる。

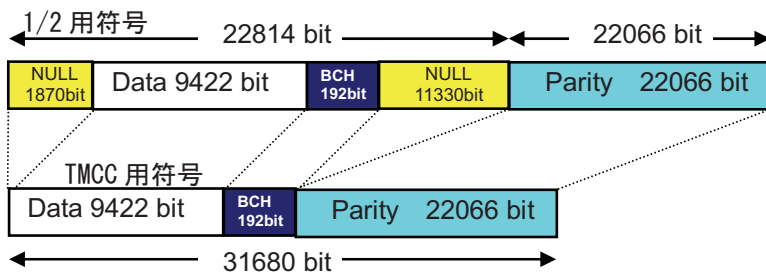


図1: TMCC 符号化方式

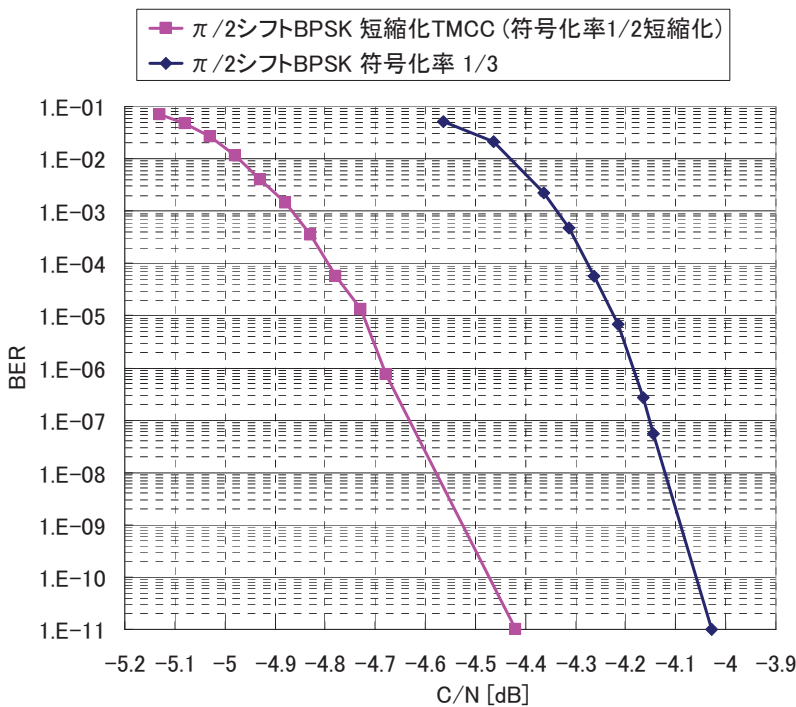


図2: TMCC 符号化方式 C/N 対ビット誤り率特性

TMCC 信号によるストリーム制御機能

1 ストリーム制御の必要性

放送用途で主流となっているパケットは図 1 に示すように、188 バイトの固定長で、その先頭には 8 ビットのユニークワードが同期バイトとして付加されている。こうした、固定長で、かつ同期バイトが付加されるパケットストリームにおいては、既知の同期バイトが既知のパケット長間隔で捕捉できるポイントを探索することで、容易にパケット先頭を捕捉できる。

一方、図 2 に示す IP パケットの例を挙げると、パケット先頭に同期符号に相当するものがなく、またパケット長も可変である。こうしたパケットストリームを送受信する場合、パケットの先頭を知るため、同期バイトを付加する、あるいはパケット先頭が分かる信号を別途伝送する、といった対策が必要となる。同期バイトを付加する場合、その到来周期がパケット長によって変化するため、擬似同期の検出が困難となる。

そこで、高度衛星デジタル放送方式においては、各スロットの何バイト目からパケットが多重されているかを示すポインタ情報を TMCC 信号により伝送している。さらに、IP パケット以外の可変長パケットストリームや MPEG-2 TS パケットストリームなど、スロット単位で複数割り当て伝送できる仕組みなども取り入れている。以下の章では TMCC 信号によるストリーム制御機能について説明する。

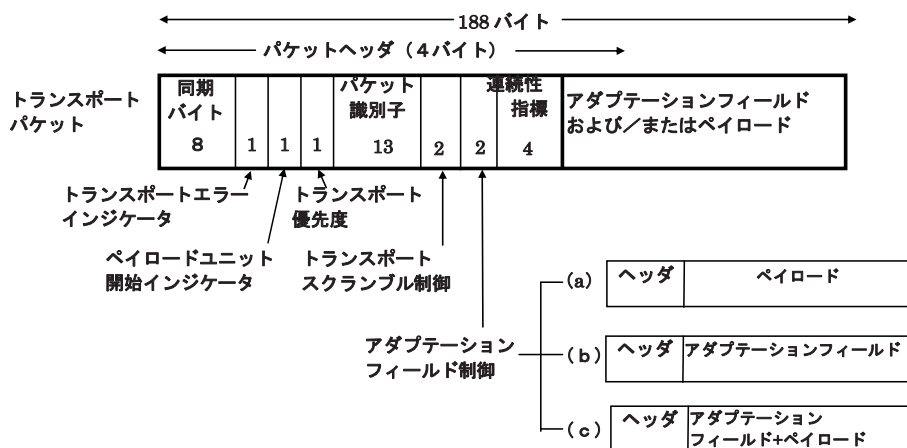
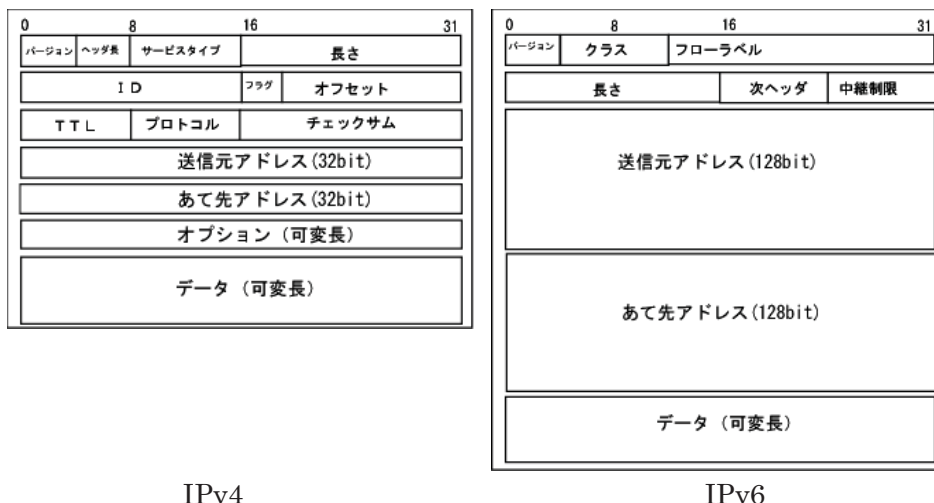


図 1 MPEG-2 TS の構造



IPv4

IPv6

図 2 IP パケットの構造

2 TMCC 信号のストリーム制御関連情報

TMCC 信号のストリーム制御関連情報を表 1 にまとめる。

表 1 TMCC 信号のストリーム制御関連情報

名称	bit	内訳	bit	備考
スロット/ 相対Stream番号 対応表	480	スロット1の相対ストリーム番号	4	相対Stream番号：0-15
			
		スロット120の相対ストリーム番号	4	
相対Stream番号/ Transmission_ StreamID 対応表	256	相対ストリーム番号0の Transmission Stream ID	16	MPEG-2 TSの場合TS_ID TLVの場合TLV_Stream_ID
		
		相対ストリーム番号15の Transmission Stream ID	16	
スロット/ Stream種別 情報	128	相対ストリーム0のストリーム種別	8	Stream種別 00000000: reserved 00000001: MPEG-2 TS 00000010: TLV 00000011-11111110: reserved 11111111: 割当なし
		
		相対ストリーム15のストリーム種別	8	
ポインタ 情報	3840	スロット1のトップポインタ	16	トップポインタ：スロット中の最初のパケットの先頭バイトを指定。ただし、0xFFFFは先頭バイト不在。 ラストポインタ：スロット中の最後の配置完了パケットの最終バイト+1を指定。ただし、0xFFFFは最終バイト不在。
		スロット1のラストポインタ	16	
		
		スロット120のトップポインタ	16	
		スロット120のラストポインタ	16	
パケット長	256	相対ストリーム0のパケット長	16	パケット長をバイト単位で指定。 不定長の場合、0x0000。
		
		相対ストリーム15のパケット長	16	
同期パターン ビット長	128	相対ストリーム0の同期パターンビ ット長	8	ヌル置換を行う際、その先頭数バイトには同期パタ ーンを置く必要がある場合、その同期パターンの長 さを0(0x00)~32(0x20)のビット長で記載する
		
		相対ストリーム15の同期パターンビ ット長	8	
同期パターン	512	相対ストリーム0の同期パターン	32	同期パターンを記載。MSBから同期パターンビット 長分のビット数を有効とする。
		
		相対ストリーム15の同期パターン	32	

(1) 複数ストリーム伝送

高度衛星デジタル放送方式においては、最大 16 のストリームをひとつの衛星中継器で伝送可能である。

「スロット/相対 Stream 番号対応表」は、多重フレームを構成する 120 のスロットそれぞれに対して、0 から 15 のいずれかの相対ストリーム番号を割り当て、同一の相対ストリーム番号をもつスロットのデータは、ひとつのストリームであることを示す。

また、「相対 Stream 番号/Transmission_Stream_ID 対応表」は、相対 Stream 番号 0~15 の各ストリームに 16 ビットの識別番号 Transmission_Stream_ID を割り当てられるようにしている。Stream が MPEG-2 TS の場合、Transmission_Stream_ID は TS_ID とし、また、TLV の場合には TLV_Stream_ID とする。

「スロット/Stream 種別情報」は、各相対ストリーム番号のストリームの種別を表し、0x01 を MPEG-2 TS、0x02 を TLV、0xff を割り当てなしとし、それ以外を将来に備え予約としている。

(2) パケット同期

「ポインタ情報」は各スロットに対するトップポインタとラストポインタで構成され、主にパケット同期とパケット無効化に用いられる。

図 3 にスロットのデータ領域にパケットを収納する例を示す。トップポインタは各スロットに収納されるパケットのうち、最初のパケット先頭バイト位置を示す。またラストポインタは各スロットに収納されるパケットのうち、最後のパケット末尾バイト位置+1を示す。

これらのうち、パケット同期は主にトップポインタを使って行われラストポインタは、後述のパケットの無効化で利用される。

(3) パケットの無効化

LDPC 符号+BCH 符号による誤り訂正能力を超えた誤りが発生し、受信不能なスロットが発生した場合、これをそのまま以降の処理に流してしまうと、ビット誤りによってパケット識別などが別サービスのパケット識別に偶然一致し、別サービスに悪影響を与える場合がある。したがって、訂正できなかったスロットに格納されたパケットについては、ヌルパケットまたはヌルデータに置換するか、パケット内にエラーインジケータフラグがある場合、これをエラー有りにセットすることにより、パケットの無効化をしてから以降の処理に受け渡す必要がある。

パケット無効化の方法を図 4 に示す。各スロットについて、BCH 符号の復号を行う場合、正しく復号できたかどうか判定が行う。ここで訂正不能であった場合、当該スロットで伝送されたパケットの無効化を行う。パケット無効化の範囲は、訂正不能であったスロットに全体または一部が含まれるパケットすべてが対象となる。したがって、スロット#N が訂正不能であった場合、スロット#N-1 のラストポインタからスロット#N+1 のトップポインタ-1 がパケット無効化の範囲となり、MPEG-2 TS の場合、トランスポートエラーインジケータに 1 をセットし、それ以外の場合ヌルデータに置換する。

TLV 伝送時のパケットの無効化では、TLV 形式の NULL パケットに置換するものとする。NULL パケットの長さは、4 バイト~65535 バイトの任意のバイト長に選ぶことができる。

TLV 伝送時のパケット無効化の具体例を図 5 に示す。同図の例ではスロット#N+1 およびスロット#N+2 が BCH 訂正不能であった場合を示している。この場合、スロット#N のラストポインタから、スロット#N+3 のトップポインタまでが、無効化の対象となる。無効化に当たっては、TLV に規定された NULL パケットに置換することになるが、その方法としては、(a)に示す、スロットごとに NULL パケットで置換する方法や、(b) に示す、ひとつの NULL パケットで置換する方法などが考えられるが、TLV インターフェースではいずれの方法でも、無視される対象は共通となることから、受信機側ではいずれの方法によっても構わない。ただし、TLV の最低バイト長が 4 バイトであるため、(a)の方法による場合、TLVnull#1 および TVLnull#4 が 4 以下となる場合、TLVnull#1 と TLVnull#2 および TLVnull#3 と TLVnull#4 を連結し、1 つの TLVnull パケットに置換するなど例外処理が必要となる。

なお、TMCC 信号の「パケット長」は各相対ストリームのパケットが固定長である場合、そのパケット長を、「同期パターン長」は各相対ストリームのパケット先頭に同期バイトがある場合に、その同期バイト長を、また「同期パターン」は各相対ストリームのパケット先頭に同期バイトがある場合に、その同期パターンを示す。これらの情報から、パケット長が固定値であって、同期バイトが指定されている場合、ヌルデータに置換した部分の先頭に指定された同期バイトを上書きすることで、未知の TS や TLV 以外の未知のストリームであっても、パケットの形式に整えて、以降の処理に受け渡すことも可能である。

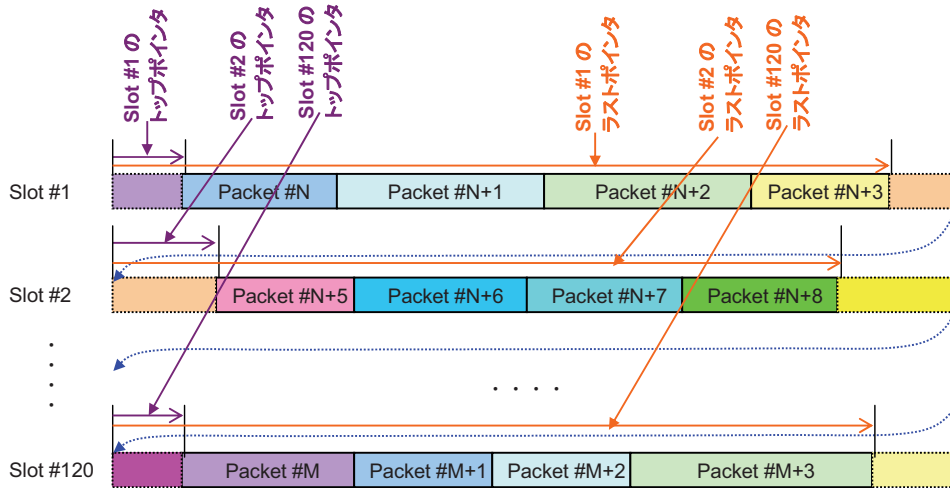


図3 トップポインタとラストポインタ

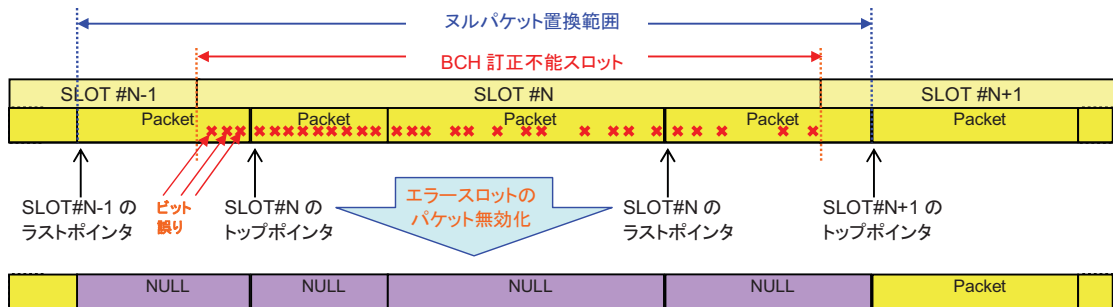


図4 受信機におけるヌルパケット置換

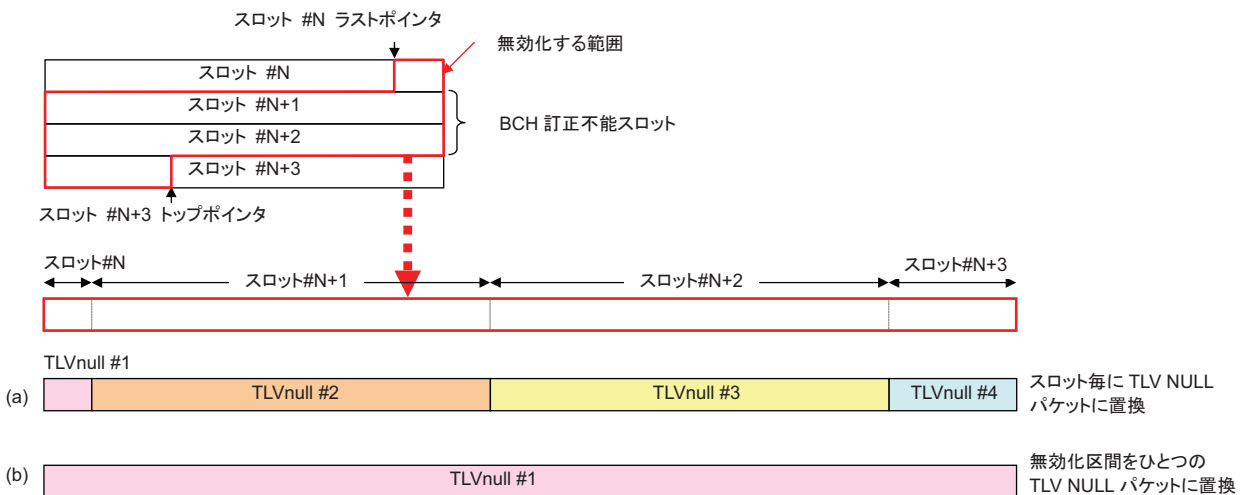


図5 無効化区間の TLV NULL パケットへの置換

パイロット信号による受信特性の改善

1. 想定される受信機の同期確立プロセスの概要

想定される受信機の初期同期の動作フローを図 1 に示す。

受信機は電源が投入(a)された後、まずシンボル同期が確立される(b)。その後、スロット同期の捕捉が試行(c)される。場合によっては、受信機の同期範囲設計目標の周波数範囲をステップスキャンし、捕捉できるポイントを探す(d)。

スロット同期が捕捉されると、スロット同期またはフレーム同期の変調シンボルの多重されている位置がわかるため、これら信号位置のゲート信号を、AGC 回路に与え(e)、AGC 回路はこれをもとに同期信号シンボルの電力を測定し、これをもとに AGC 利得の調節を行う。これは、バックオフ運用される変調方式が時分割多重されると、衛星中継器の ALC が誤動作するのと同様の理由で、受信機の AGC においても誤動作するためである。

この後、フレーム同期を捕捉する(f)。同期捕捉後、同期シンボルの信号点位置の受信位相回転量からキャリア再生用発振器の周波数誤差を検出することが可能である。ここで、周波数誤差を±115kHz 以内に合

わせ込む必要ことが望ましい。これは、この後 TMCC バーストを使ったキャリア再生に移行したとき、擬似同期がバースト周期分の 1 の周波数間隔で発生するためである(g)。

また、この時点では TMCC バーストの位置が判別できるようになるので、同期および TMCC の $\pi/2$ シフト BPSK シンボル区間を示すゲート信号を生成(h)、 $\pi/2$ シフト BPSK 区間のみでゲートをかけて $\pi/2$ シフト BPSK によるキャリア再生を行うことが可能となる(i)。ここで位相同期のロック検出を行ないながら、キャリア再生周波数の微調整を行う(j)。

キャリア再生がロックした後、TMCC 信号の復号を行う(k)。TMCC 信号には、すべての変調シンボルの変調方式やバックオフ量に関する情報が含まれているので、この情報をもとに、各変調方式区間を判別するためのゲート信号を生成し(l)、キャリア再生を同期と TMCC だけでなく、すべてのシンボルを使ってキャリア再生を行う(m)。このとき使用する位相誤差テーブルは、16APSK および 32APSK については、初動用の位相誤差テーブルを使用するものとし、TMCC に含まれる APSK 変調のバックオフ情報(n)を考慮し生成されるものとする。これにより、位相ジッタの少ないキャリア再生に移行することができる。また、同期・TMCC 以外に飽和増幅する変調方式があれば、それらも含めた区間を示すゲート信号を生成し、AGC 回路に与える(o)ことで、AGC レベル設定の精度を上げる

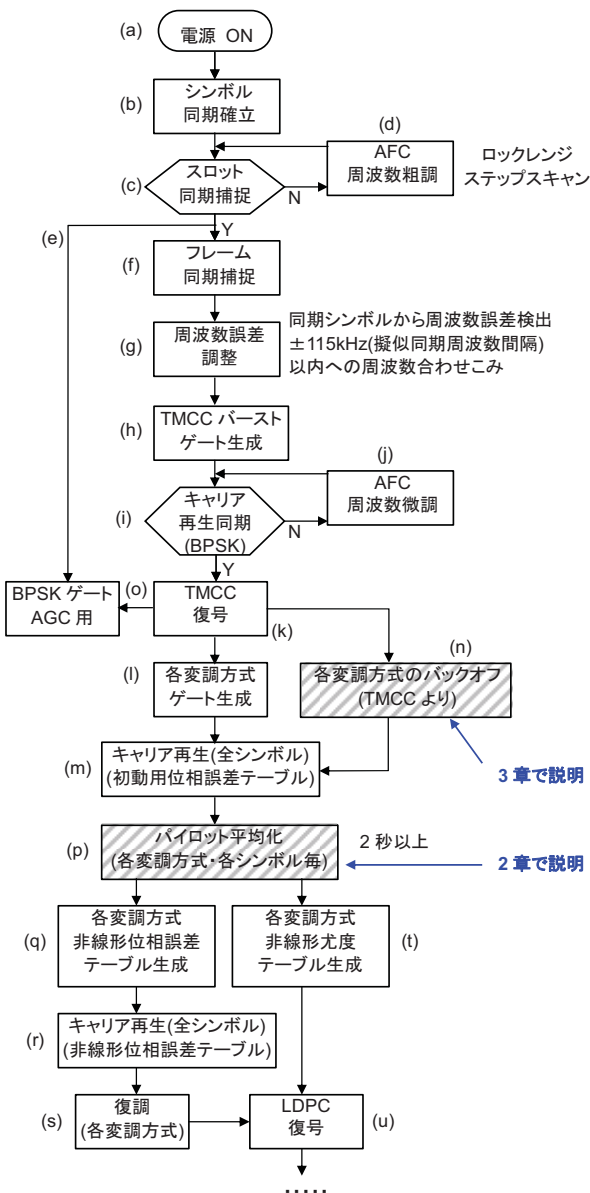


図 1 想定する受信フロー

ことができる。

16APSK と 32APSK の受信信号点については、衛星中継器の非線形の影響を受けているため、内周円上の信号点に比べ外周円上の信号点は振幅・位相歪を含んでいるため、キャリア再生におけるサイクルスリップや、受信特性の劣化の原因となる。そこで、パイロットシンボルを数秒間にわたり平均化して(p)、非線形の影響を受けた後の信号点配置を求め、これをもとに、キャリア再生に用いる位相誤差テーブルを非線形を受けた後の信号点配置に対応するように書き換えて(q)キャリア再生を行い(r)、復調する(s)ことで、サイクルスリップを抑え、また LDPC 復号を行う際の尤度テーブルについても同様に書き換える(t)ことで、LDPC 復号(u)時の劣化を抑圧することができる。

以下の2~3章では、以上の動作のうち、補足が必要な部分について詳しく説明する。

2. パイロット信号

2.1 パイロット信号の機能

高度衛星デジタル放送の伝送方式では、図 2 に示すように、各フレームの変調スロットごとに、32シンボルを使ってパイロット信号を伝送している。32APSK については、各シンボルを 1 回伝送する(図 3 参照)。また、その他の変調方式についても 32 シンボルを使い、16APSK については各シンボルを 2 回、8PSK については各シンボルを 4 回、QPSK については各シンボルを 8 回、 $\pi/2$ シフト BPSK については各シンボルを 16 回伝送している。受信機側でこのパイロット信号を平均化することで、非線形の影響を受けたあとの信号点配置を知ることができる。

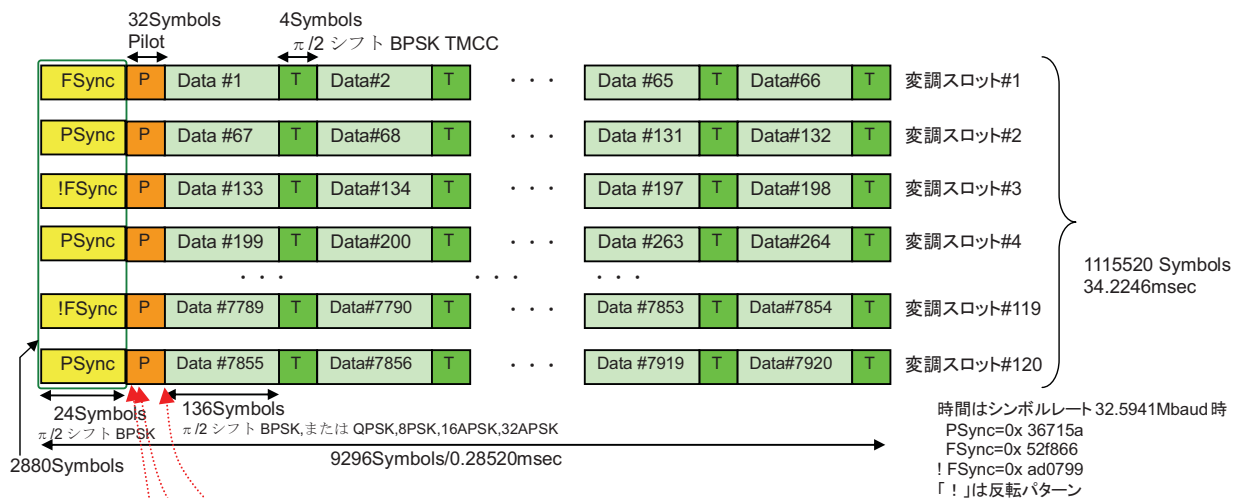


図 2 変調信号形式

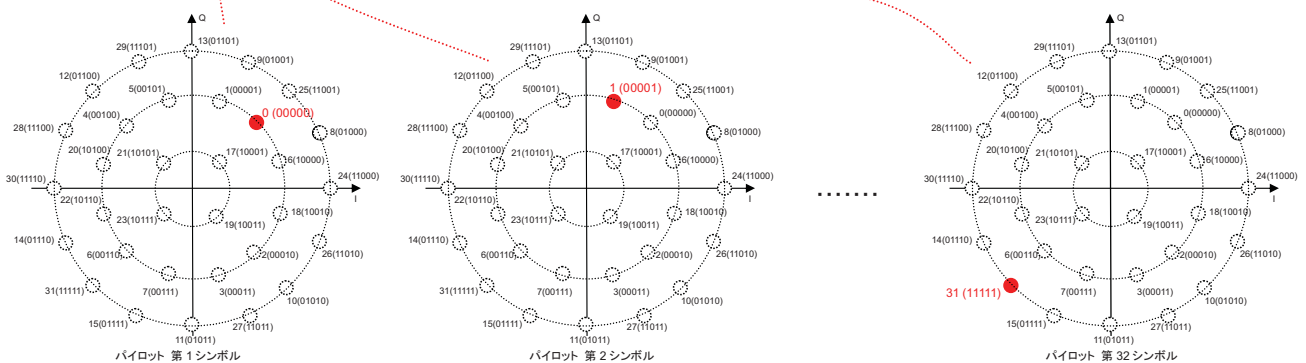
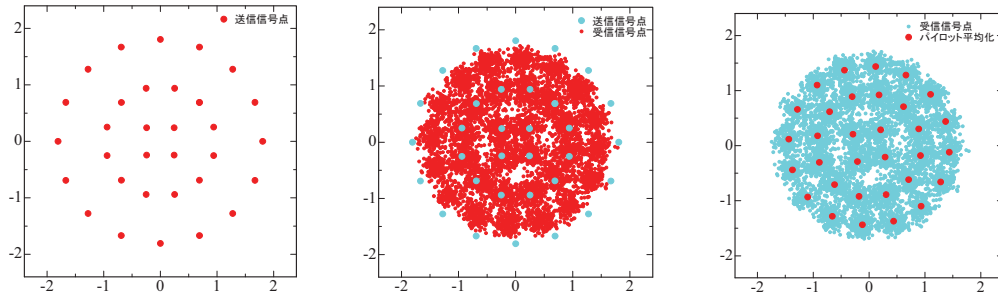


図 3 パイロットシンボルの例(32APSK)



(a) 送信信号点 (b) 受信信号点 (非線形通過後) (c) パイロット平均化

図4 パイロット平均化による非線形通過後の信号点配置の取得

図4に(a)送信時の信号点配置、(b)非線形伝送路通過後の受信信号点、(c)パイロット平均化後の信号点配置の例を示す。(b)においては、外周円ほど信号点が内側に抑圧され、位相が回転している。また、(c)においてはパイロット平均化によって得られた信号点配置が受信信号点のほぼ中央に得られていることが確認できる。パイロット平均化で得られた信号点をもとに、LDPC復号に用いる尤度テーブルおよび同期再生用位相誤差テーブルを更新することで、非線形によるC/N-BER特性およびサイクルスリップ特性の劣化を抑圧できる。なお、信号点配置が変更になった場合にも、受信機側でその変更を認識し、それに合わせた受信を行うことも可能である。

2.2 尤度テーブルおよび位相誤差テーブルへの応用

上述のように、パイロット信号から、変調方式毎に各シンボルの信号点を取得し、これを同一シンボルについて、数十フレーム間で平均化することで雑音を除去することで、伝送路の非線形性の影響を受けたあとの信号点配置を知ることができる。図5に受信機の一般的な構成を示す。このうち、チャンネル選択後の直交検波を行う際に用いる位相誤差テーブルやLDPC符号復号の際に用いる尤度テーブルをパイロットから取得した信号点配置をもとに生成することで、非線形の影響を極力排除した搬送波再生およびLDPC符号復号が可能となる。

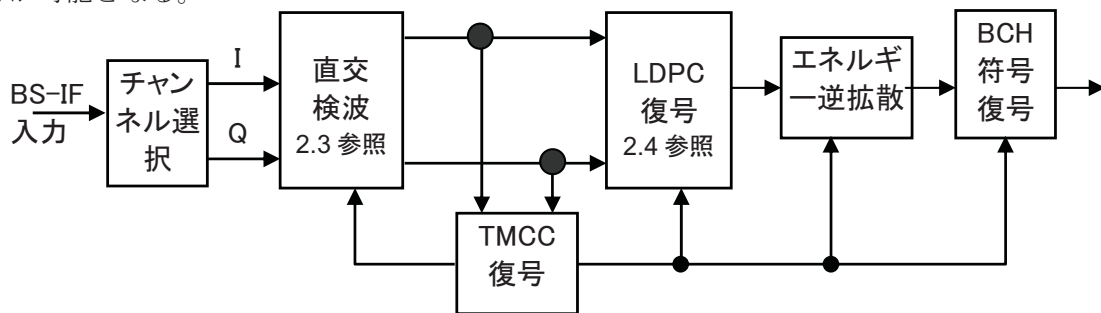


図5 受信機の構成

2.3 キャリア再生用位相誤差テーブル

図5の受信機構成の直行検波回路の詳細を図6に示す。パイロットによる非線形補償を行う場合に必要となる部分を「追加部分」とした。通常、ルートロールオフフィルタの出力を図7に示すような位相誤差テーブルを使って、受信された信号点Pと理想的な信号点との位置関係から、再生キャリアの位相誤差(+/-)を検出し、周波数誤差が小さくなるように、数値制御発振器を制御する。この場合、APSK変調を非線形伝送路で伝送すると、外周の円上の信号点ほど、振幅の抑圧を受け、更に位相回転を受けることから、理想伝送路を想定した図7の位相誤差テーブルを使ってキャリア再生を行うと、同期限界C/Nの上昇や、サイクルスリップ確率の上昇などの弊害を生ずる。

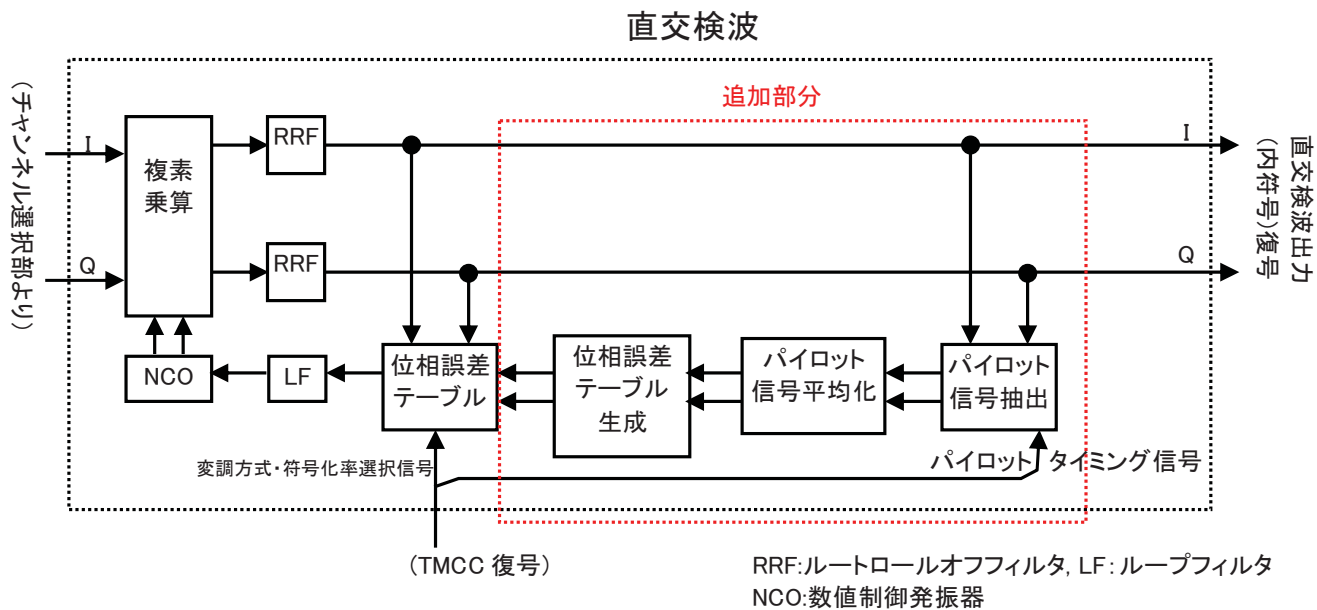


図6 パイロットによる補償を行う場合の直交検波の構成例

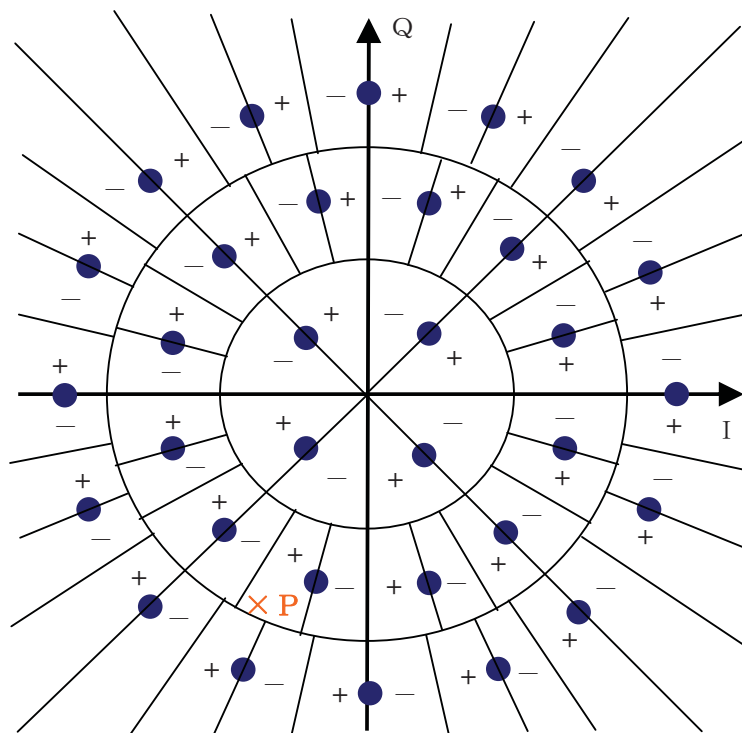


図7 位相誤差テーブルの例(32APSK)

パイロット信号を利用する場合、ルートロールオフフィルタの出力からパイロット信号を抽出し、スロット内の同一シンボル毎に平均化を行う。平均化された信号点情報をもとに、位相誤差テーブルを構成するデータを生成し、位相誤差テーブルを書き換える。

2.4 LDPC 復号用尤度テーブル

図5の受信機構成の直行LDPC復号回路の詳細を図8に示す。パイロットによる非線形補償を行う場合に必要となる部分を「追加部分」とした。通常、LDPC復号を行う場合、その信号が伝送されている変調方式、符号化率、およびその変調方式のシンボルを構成する各ビット(32APSKの場合であれば5ビット)ごとに、尤度テーブルを用意し、ルートロールオフフィルタから出力される受信信号点に対し、シンボルを構成する各ビットの、1と思われる確率と0と思われる確率の対数比LLR(Log Likelihood Ratio)を求め、このLLRに対してLDPC復号を行う。この場合、APSK変調を非線形伝送路で伝送すると、外周の円上の信号点ほど、振幅の抑圧を受け、更に位相回転を受けることから、理想伝送路を想定した尤度テーブルを使ってLDPC復号を行うと、所要C/Nの上昇などの弊害を生ずる。

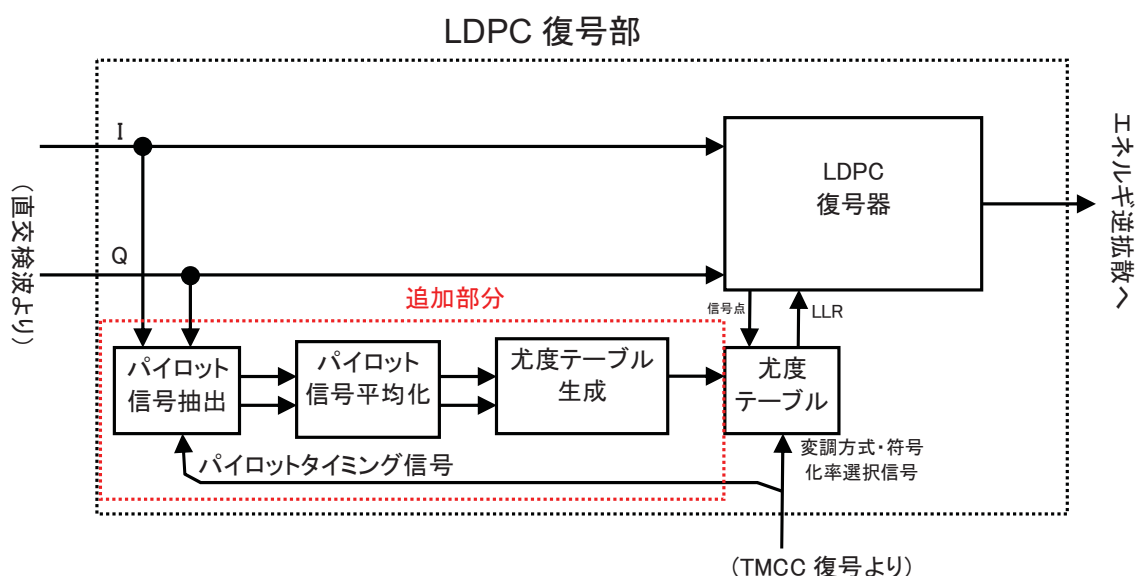


図8 パイロットによる補償を行う場合のLDPC復号の構成

パイロット信号を利用する場合、ルートロールオフフィルタの出力からパイロット信号を抽出し、スロット内の同一シンボル毎に平均化を行う。平均化された信号点情報をもとに、尤度テーブルを構成するデータを生成し、尤度テーブルを書き換える。

2.5 パイロットの所要平均時間

パイロットの平均化不足による所要C/N劣化量が0.1dB以下となる所要平均化時間を求めると、32APSK4/5については、平均フレーム回数を44回(所要時間1.52秒)、16APSK3/4では22回(所要時間0.756秒)、8PSK3/4では11回(所要時間0.378秒)、QPSK1/2では6回(所要時間0.206秒)、 $\pi/2$ シフトBPSK1/2では3回(所要時間0.103秒)、QPSK1/4では6回(所要時間0.206秒)となる。したがって、2秒程度のパイロット平均化でいずれの場合もほぼ十分な精度が得られる。

3 TMCC信号における衛星中継器のバックオフ情報

3.1 TMCC信号

2.5節の検討結果によれば、パイロットから信号点情報を抽出するのに2秒程度かかることになり、それまで全変調シンボルを使ったジッタの少ないキャリア再生ができないことになる。そこで、TMCC信号に表7に示す「スロット/変調方式情報」が含まれている。これにより、各フレームのスロットごとに、変調

方式、符号化率、およびバックオフが指定できる。受信機側では、この情報を使って初期受信用にバックオフを考慮した位相誤差テーブルと尤度テーブルを生成できるようにしている。

変調方式の指定に当たっては、表 8 に示すように、32APSK 以外の変調方式を割り当てる場合は、5 スロット単位とし、32APSK に比べ効率が低下する割合をダミースロットに置き換える。たとえば 16APSK をスロットに割り当てるときには、5 スロットのうちデータ伝送に使用できるのは 4 スロットで、残り 1 スロットにはダミーデータを挿入するものとする。このダミーデータは実際には伝送されないが、フレームのビットレートを一定にする効果を持つため、現行の衛星デジタル放送でも同様な考え方が用いられている。

表 7 TMCC 信号のスロット/変調方式情報

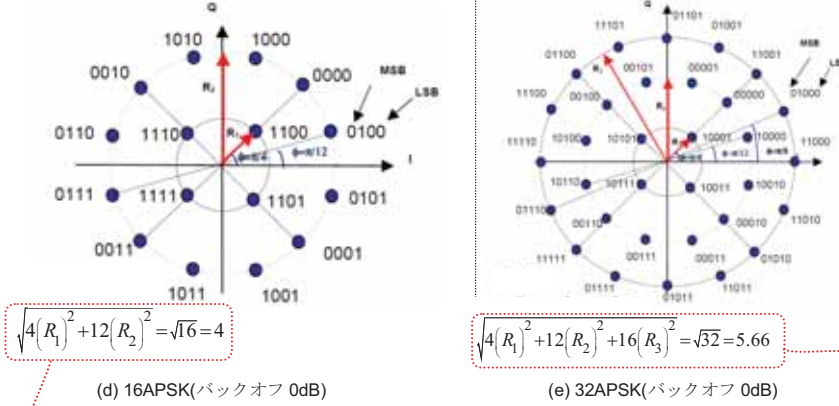
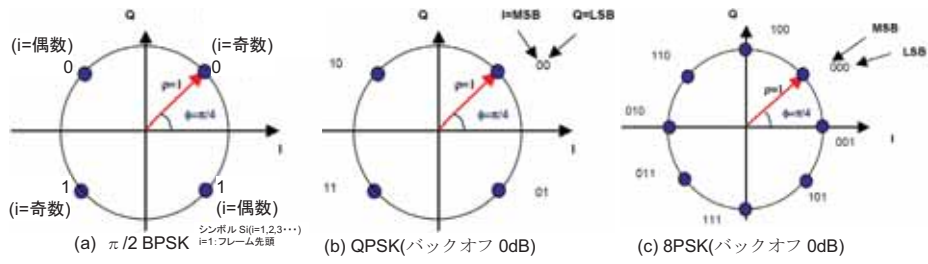
名称	bit	内訳	bit	備考
伝送モード/ スロット 情報	192	伝送モード1(変調)	4	変調方式5種類 0000 : reserved 0001: $\pi/2$ シフトBPSK 0010: QPSK 0011: 8PSK 0100: 16APSK 0101: 32APSK 0110-1110: reserved 1111: 割当なし 内符号11種類 0000: reserved 0001: 1/3 0010: 2/5 0011: 1/2 0100: 3/5 0101: 2/3 0110: 3/4 0111: 4/5 1000: 5/6 1001: 7/8 1010: 9/10 1011-1110: reserve バックオフ(OBO=0~25.5dB) (8bit) OBO[dB]×10を2進数表示
		伝送モード1(符号化率)	4	
		伝送モード1への割り当てスロット数 (5の整数倍)	8	
		伝送モード1の衛星出力バックオフ	8	
		
		伝送モード8(変調)	4	
		伝送モード8(符号化率)	4	
		伝送モード8への割り当てスロット数(5の整数 倍)	8	
伝送モード8の衛星出力バックオフ	8			

表 8 スロット割り当て規則

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

符号化率とバックオフについても、5 スロット単位での指定が可能である。ここでいうバックオフは、衛星中継器における当該変調方式の増幅動作点を指し、変調飽和増幅レベルを基準にした平均電力を dB 表示したものである。符号化率ごとにバックオフ指定ができるようにしているのは、同じ変調方式であっても、符号化率が大きいほど、大きなバックオフを必要とするからである。

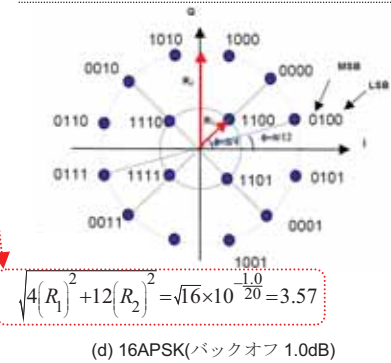
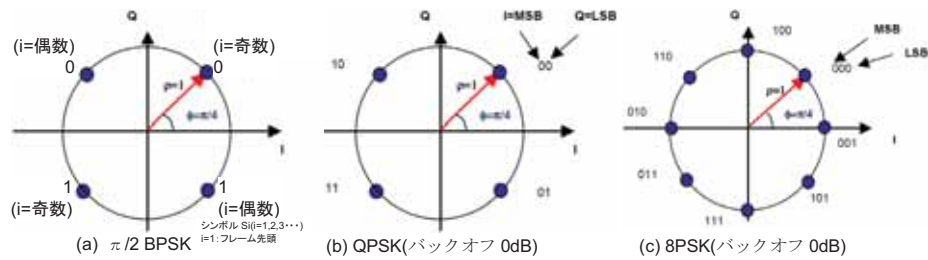
受信機では TMCC 信号のバックオフ情報を使い、図 9 に示すように基準となる信号点配置を更新し、これに合わせた位相誤差テーブルおよび尤度テーブルを生成または選択し初期受信を行う。



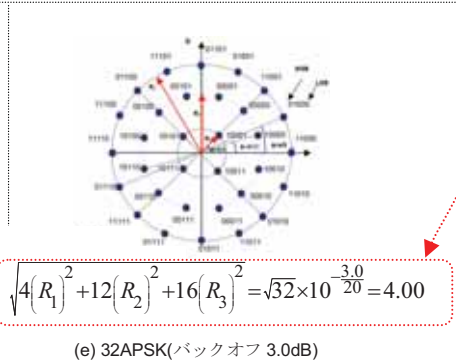
$$\sqrt{4(R_1)^2 + 12(R_2)^2} = \sqrt{16} = 4$$

$$\sqrt{4(R_1)^2 + 12(R_2)^2 + 16(R_3)^2} = \sqrt{32} = 5.66$$

位相誤差テーブル・尤度テーブルの基準信号点 (TMCC 受信前)



$$\sqrt{4(R_1)^2 + 12(R_2)^2} = \sqrt{16} \times 10^{-\frac{1.0}{20}} = 3.57$$



$$\sqrt{4(R_1)^2 + 12(R_2)^2 + 16(R_3)^2} = \sqrt{32} \times 10^{-\frac{3.0}{20}} = 4.00$$

位相誤差テーブル・尤度テーブルの基準信号点

図9 TMCC 信号「スロット/変調方式情報」による位相誤差テーブル・尤度テーブル用基準信号点の更新

バルク伝送

1. バルク伝送

高度衛星デジタル放送の伝送方式においては、サービス時間率を確保しつつ大容量のデータを伝送する実験を行うため、TMCC 信号の拡張情報を利用することでバルク (bulk) 伝送技術の導入が可能である。バルク伝送は、複数の伝送路を合成してひとつの伝送路として使い、HDTV を超える超高精細度映像 (7680×4320/60/P) などの大容量データの伝送実験を行う技術である。

2. 高度衛星デジタル放送におけるバルク伝送

高度衛星デジタル放送においては、図 1(a)に示すような単純な複数チャンネル合成のほか、同図(b)のように、スロット単位での合成伝送も可能である。

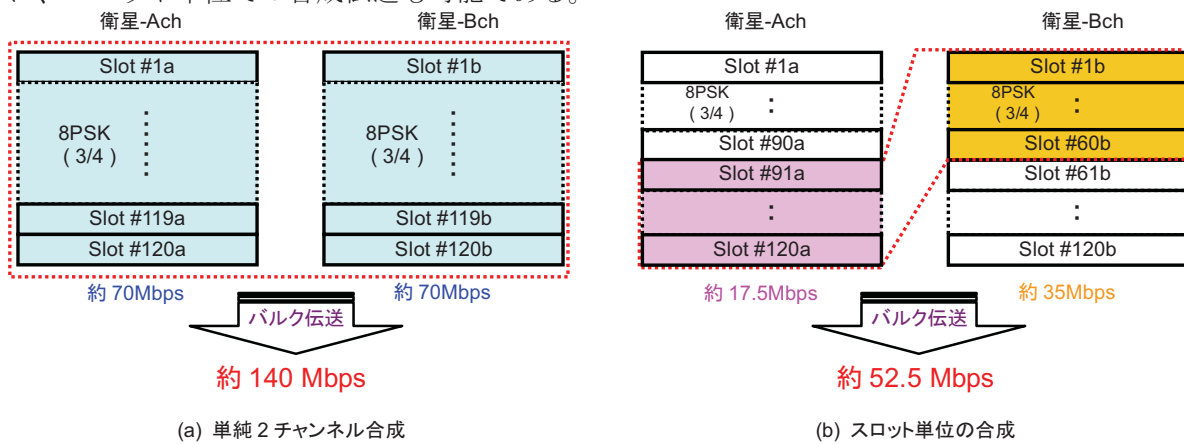


図 1 高度衛星デジタル放送のバルク伝送

2. バルク伝送のための TMCC 信号の拡張情報

TMCC 信号の拡張情報として表 2.2-22 に示す拡張識別の値を表 1 のようにバルク伝送に割り当てる。

表 1 拡張識別

値	ストリーム種別
0000000000000000	割り当てなし
0000000000000001	バルク伝送
0000000000000010 ~1111111111111111	リザーブ

また、バルク伝送用の拡張フィールドの構成を図 2 に示す。

フレーム カウンタ	ストリーム接続/ 相対ストリーム 情報	スタッフ ビット
8ビット	512ビット	3078ビット

図 2 バルク伝送用の拡張フィールドの構成

(1) フレームカウンタ

フレームカウンタは、1 フレーム毎に 1 ずつ加算される信号とし、その値が「11111111」の次は「00000000」に戻る。バルク伝送において接続されるチャンネル間では同一の値にセットする。

バルク伝送を行う場合、バルク伝送時に使用する複数の衛星中継器間で動作クロックが同期している必要がある。さらに、送信機の電源投入タイミングなどにより生じる遅延時間差については、受信機側で遅延補償をする必要がある。フレームカウンタを導入し、バルク伝送時に使用する複数の衛星中継器間のカウンタ値を同一値にセットして伝送することで、受信機側でフレーム単位の遅延補正が可能となる。

(2) ストリーム接続／相対ストリーム情報

ストリーム接続／相対ストリーム情報は、バルク伝送を行う際の相対ストリーム番号 0 から 15 についてのストリームの接続情報である。ストリーム接続／相対ストリーム情報の構成を図 3 に示す。

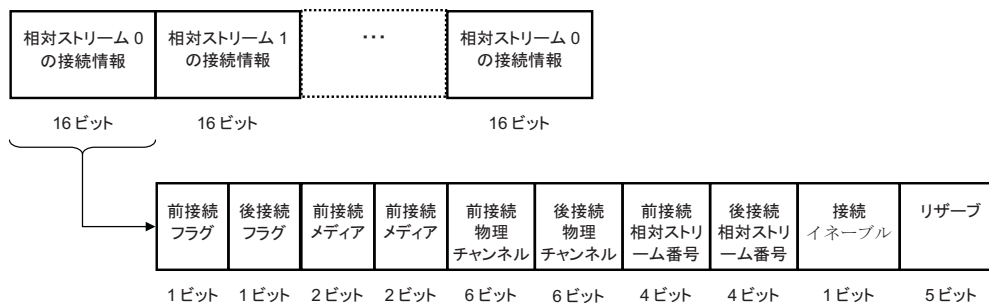


図 3 ストリーム接続／相対ストリーム情報の構成

各相対ストリームについて、以下の情報を伝送する。

- ア 前接続フラグ：当該相対ストリームの前に接続して受信すべきストリームが存在する場合 1、それ以外は 0 とする。
- イ 後接続フラグ：当該相対ストリームの後に接続して受信すべきストリームが存在する場合 1、それ以外は 0 とする。
- ウ 前接続メディア：前接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの種別を示す。接続メディア種別の値を表 2.2-24 に示す。
- エ 後接続メディア：後接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの種別を示す。接続メディア種別の値を表 2 に示す。

表 2 接続メディア種別

値	ストリーム種別
00	BS
01	110 度 CS
10,11	リザーブ

- オ 前接続物理チャンネル：前接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの物理チャンネルを示す。接続物理チャンネルの値を表 2.2-25 に示す。
- カ 後接続物理チャンネル：後接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの物理チャンネルを示す。接続物理チャンネルの値を表 3 に示す。
- キ 前接続相対ストリーム：前接続フラグが 1 である場合に、接続先の物理チャンネルの相対ストリーム番号を示す。
- ク 後接続相対ストリーム：後接続フラグが 1 である場合に、接続先の物理チャンネルの相対ストリーム番号を示す。
- ケ 接続イネーブル：前接続フラグまたは後接続フラグが 1 になった後、実際にバルク伝送が開始され

るタイミングを示す。接続イネーブルが 0 から 1 に変わった 2 フレーム後からバルク伝送が開始される。また、1 から 0 に変わった 2 フレーム後からバルク伝送が解除される。

表 3 接続物理チャンネル

値	BS の場合	110 度 CS の場合
000000	割り当てチャンネルなし	
000001	BS-1	ND1
000010	BS-2	ND2
000011	BS-3	ND3
000100	BS-4	ND4
000101	BS-5	ND5
000110	BS-6	ND6
000111	BS-7	ND7
001000	BS-8	ND8
001001	BS-9	ND9
001010	BS-10	ND10
001011	BS-11	ND11
001100	BS-12	ND12
001101	BS-13	ND13
001110	BS-14	ND14
001111	BS-15	ND15
010000	BS-16	ND16
010001	BS-17	ND17
010010	BS-18	ND18
010011	BS-19	ND19
010100	BS-20	ND20
010101	BS-21	ND21
010110	BS-22	ND22
010111	BS-23	ND23
011000	BS-24	ND24
011001～ 111111	割り当てチャンネルなし	

現行衛星デジタル放送では、1 つの中継機内で柔軟な伝送制御が可能となっている。ここでは複数衛星中継器間で柔軟な伝送制御を可能とするため、スロットを制御単位とするバルク伝送機能を導入した。また、バルク伝送により受信した複数のストリームを正しく接続するため、各ストリームについて前および後に接続すべきストリームがあるか否かを示す前接続フラグおよび後接続フラグを導入した。さらに、接続先の伝送メディアを選択指定する前接続メディアおよび後接続メディア、前接続物理チャンネル番号および後接続物理チャンネル番号、前接続相対ストリーム番号および後接続相対ストリーム番号を導入し、接続先のストリームまで特定できるようにした。バルク伝送を開始する場合、接続先のストリームを伝送するチャンネルの受信を開始するために一定の時間を要するため、予め、バルク伝送に関する以上のパラメータを TMCC 信号にセットした後、実際のバルク伝送開始のタイミングを受信機に通知するための接続イネーブル信号も導入した。

バルク伝送の運用イメージと今後の課題

高度衛星デジタル放送の伝送路符号化方式においては、1 中継器の伝送容量を超えるコンテンツの伝送や複数の中継器間にわたる柔軟な伝送スロットの割り当てが可能なバルク伝送の実験を行うことが可能である。本資料では、バルク伝送の運用イメージと今後の課題を示す。

1. バルク伝送の運用イメージ

図 1 にバルク伝送を含む番組編成のイメージを例示する。この例では、編成 1 から編成 3 が時間枠により変わる“まだら運用”を想定している。

編成 1：中継器 A および中継器 B で、各々HDTV(1080/60/I)番組を 4 番組伝送する。

編成 2：中継器 A および中継器 B で、各々UHDTV(2160/60/P)の番組を 1 番組伝送する。

編成 3：中継器 A と中継器 B にまたがって、バルク伝送による UHDTV(4320/60/P)番組を 1 番組伝送する。

時間枠については、数時間の場合から数日にわたる場合など様々な場合が想定され、これらは各映像フォーマットのコンテンツの供給バランスや編成意図などによって決まるものと考えられる。

	中継器A				中継器B			
XX:00-YY:00	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV
YY:00-ZZ:00	UHDTV(2160/60/P)				UHDTV(2160/60/P)			
ZZ:00-AA:00	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV
AA:00-BB:00	UHDTV(4320/60/P)バルク伝送							
BB:00-CC:00	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV	HDTV

図 1 番組編成イメージ例

2. 今後の課題

衛星デジタル放送高度化作業班における議論において、バルク伝送の運用を想定した場合の以下のような課題が提起された。

- ・ 通常の運用とバルク伝送による運用を時間枠ごとに切替える“まだら運用”とするか固定運用とするか。
- ・ 通常の運用とバルク伝送の運用を切り替える際に必要なシームレス性。
- ・ EPG による予約録画などを行う場合に、バルク伝送による運用であることや受信に必要なチューナーの数（利用するトラポン数）の受信機への告知の手段。
- ・ バルク伝送非対応受信機の存在を想定する場合の、非対応受信機の動作。

今後、バルク伝送の運用を検討する場合には、その要求条件を整理し、標準規格および運用規定策定時において運用形態も含めた議論を行う必要がある。

APSK を小型受信アンテナで受信する場合の サービス時間率向上について

16APSK および 32APSK は所要 C/N が高いこととともに、衛星中継器動作において 3dB 程度の出力バックオフが必要であることから、所定のサービス時間率を得るためには、現状の衛星中継器システムでは大きな受信アンテナが必要である。16APSK および 32APSK を用いる場合の小型デジタル放送用受信アンテナによる受信でサービス時間率を向上する方法として以下が考えられる。

ただし、これらの方策の実現のためには、今後、機器の研究開発が必要であり、また、経済性の見地からも検討が必要である。

(1) 衛星搭載中継器の定格出力の増大

所要の出力バックオフ時に衛星 e.i.r.p.が規定値となるように、定格出力の大きな中継器を衛星に搭載する。手段としては、定格出力の大きな TWT または、複数の TWT 出力を合成する

(2) サービスエリア内の衛星 e.i.r.p.の均一化

現状のサービスエリアの衛星 e.i.r.p.が、ビーム中心部に比べてサービスエリア端部では約 3dB 程度低いため、サービスエリア端部においては大きな開口径の受信アンテナが必要となる。中心部とエリア端部における衛星 e.i.r.p.の差を小さくする手段として、衛星搭載アンテナの放射パターンを全国均一化するとともに、中継器出力を増大させる方法がある。

(3) アップリンクの高 C/N 化

アップリンクとダウンリンクの合計で、所要の C/N を確保するために、アップリンク側でも高い C/N を確保する必要がある。このため、アップリンク地球局において、高出力の送信機を用いることやサイトダイバーシティ技術の検討などの方法がある。

表 1(a)、表 1(b)に方法(1)と放送(3)を組み合わせた場合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を示す。なお、アップリンクの C/N を 29dB と仮定した。表 1(a)より、16APSK (3/4) の場合は、東京で 45cm、那覇、対馬で 60cm アンテナで概ね最悪月 99.5%のサービス時間率を確保できる。

表 1(a) 方法(1)と(3)の場合の受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率の関係(16APSK)

受信点	EIRP	伝送方式	アンテナ 開口径 45cm	アンテナ 開口径 60cm	アンテナ 開口径 75cm	アンテナ 開口径 90cm	アンテナ 開口径 120cm
東京	60dBW	16APSK(3/4)	99.80 %	99.89 %	99.93 %	99.95 %	99.97 %
那覇	57dBW	(OBO が 1.7 dB のとき、中 心部で e.i.r.p. が 60dBW とな るような定格 出力)	99.20 %	99.64 %	99.79 %	99.85 %	99.88 %
対馬	57dBW		99.47 %	99.78 %	99.88 %	99.92 %	99.96 %

表 1(b)より、32APSK (4/5) の場合は、東京で 60cm、那覇、対馬で 90cm アンテナで概ね最悪月 99.5% のサービス時間率を確保できる。

表 1(b) 方法(1)と(3)の場合の受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率の関係(32APSK)

受信点	EIRP	伝送方式	アンテナ 開口径 45cm	アンテナ 開口径 60cm	アンテナ 開口径 75cm	アンテナ 開口径 90cm	アンテナ 開口径 120cm
東京	60dBW	32APSK(4/5) (OBO が 2.9 dB のとき、中 心部で e.i.r.p. が 60dBW とな るような定格 出力)	98.94 %	99.53 %	99.75 %	99.84 %	99.92 %
那覇	57dBW		84.01 %	97.93 %	99.10 %	99.48 %	99.75 %
対馬	57dBW		75.29 %	98.44 %	99.40 %	99.67 %	99.85 %

表 2 (a)、表 2(b)に方法(1)、方法(2)および方法(3)を組み合わせ、サービスエリア全体を e.i.r.p.が 60dBW でフラットに照射した場合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を示す。なお、アップリンクの C/N を 29dB と想定した。表 2(b)より、16APSK (3/4) の場合は、東京、那覇、対馬ともに 45cm の受信アンテナで最悪月 99.5%のサービス時間率を確保できる。

表 2(a) 方法(1)と(2)と(3)を組み合わせた場合の受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率の関係(16APSK)

受信点	EIRP	伝送方式	アンテナ 開口径 45cm	アンテナ 開口径 60cm	アンテナ 開口径 75cm	アンテナ 開口径 90cm	アンテナ 開口径 120cm
東京	60dBW	16APSK(3/4) (OBO が 1.7 dB のとき、 e.i.r.p. が 60dBW となる ような定格出 力)	99.80 %	99.89 %	99.93 %	99.95 %	99.97 %
那覇	60dBW		99.69 %	99.84 %	99.89 %	99.92 %	99.95 %
対馬	60dBW		99.81 %	99.91 %	99.94 %	99.96 %	99.98 %

表 2(b)より、32APSK (4/5) の場合は、東京で 60cm、那覇で 75cm、対馬で 60cm の受信アンテナで最悪月 99.5%のサービス時間率を確保できる。

表 2(b) 方法(1)と(2)と(3)を組み合わせた場合の受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率の関係(32APSK)

受信点	EIRP	伝送方式	アンテナ 開口径 45cm	アンテナ 開口径 60cm	アンテナ 開口径 75cm	アンテナ 開口径 90cm	アンテナ 開口径 120cm
東京	60dBW	32APSK(4/5)	98.94 %	99.53 %	99.75 %	99.84 %	99.92 %
那覇	60dBW	(OBO が 2.9 dB のとき、 e.i.r.p. が 60dBW となる ような定格出力)	98.38 %	99.38 %	99.66 %	99.78 %	99.88 %
対馬	60dBW		98.75 %	99.59 %	99.79 %	99.87 %	99.93 %

略語・用語集

本報告書で使用される略語の綴りと意味を示す。

16APSK	16-ary Amplitude and Phase Shift Keying 振幅・位相の異なる 16 点の信号点配置で構成されるデジタル振幅位相変調方式。
32APSK	32-ary Amplitude and Phase Shift Keying 振幅・位相の異なる 32 点の信号点配置で構成されるデジタル振幅位相変調方式。
8PSK	8-ary Phase Shift Keying 8 相のデジタル位相変調方式。
AGC	Automatic Gain Control 自動利得制御。入力信号レベルが変化しても、出力信号レベルが一定になるよう、増幅器の利得を制御する回路。
ALC	Automatic Level Control 自動レベル制御。入力信号レベルが変化しても、出力信号レベルが目的の値となるよう、利得を制御する回路。
BER	Bit Error Ratio ビット誤り率
BCH code	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code ランダム誤り検出/訂正用のブロック符号方式の 1 つ。
BPF	Band Pass Filter ある周波数範囲の周波数の信号だけを通過させ、それ以外の周波数の信号を減衰させるフィルタ。
BPSK	Binary Phase Shift Keying 2 相のデジタル位相変調方式。
BS	Broadcasting Satellite 11.7-12.2GHz のチャンネルプランされた周波数帯での衛星放送サービスまたは衛星放送のための衛星本体。
C/N	Carrie-to-Noise power ratio CN 比。搬送波電力と雑音電力の比。
DVB-S2	Digital Video Broadcasting via Satellite (2nd generation) DVB が策定したデジタル衛星放送・衛星素材伝送の仕様。
FEC	Forward Error Correction 一定のアルゴリズムにより受信側でビット誤りを訂正すること、またはそのための符号化方式の総称。

IBO	Input Back Off 入力バックオフ
IMUX	Input Multiplexer 入力マルチプレクサ
IP	Internet Protocol インターネットプロトコル
ISDB-S	Integrated Services Digital Broadcasting for Satellite 現在の BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送方式
LDPC	Low Density Parity Check (codes) 低密度パリティ検査符号。非常に疎な検査行列により定義される線形符号。
LSB	Least Significant Bit 数値をバイナリで表現した場合の最下位ビット
MPEG-2	Moving Picture Experts Group phase 2 MPEG により策定された規格のひとつ。映像圧縮、音声圧縮、多重化技術などからなる
MSB	Most Significant Bit 数値をバイナリで表現した場合の最上位ビット
OBO	Output Back Off 出力バックオフ
ODU	Out-Door Unit BS 受信アンテナの周波数コンバーター部。
OMUX	Output Multiplexer 出力マルチプレクサ
PCR	Program Clock Reference MPEG-2 システムの基準クロックを送受で同期させるために伝送する時間基準信号
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying 4 相のデジタル位相変調方式。
TMCC	Transmission and Multiplexing Configuration Control 複数の伝送モード(変調方式・誤り訂正符号化率)など伝送や多重に関する制御を行う制御信号。
TS	Transport Stream MPEG-2 のシステムのパケットストリーム。
TLV	Type Length Value 可変長パケットを伝送するための信号形式。後続するデータの形式、バイト長を示す情報の後にデータが続く。
TWTA	Traveling Wave Tube Amplifier 進行波管増幅器。特に衛星通信・放送で用いられ、マイクロ波帯用の増幅器として利用される。

伝送路符号化方式実証実験報告

2-1 実験概要	172
2-1-1 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験の結果概要	172
2-1-2 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験（RF実験含む）の結果概要	173
2-2 実験内容	175
2-2-1 実験の目的	175
2-2-2 実験場所、日程	175
2-2-2-1 擬似中継器実験	175
2-2-2-2 衛星伝送実験 1	175
2-2-2-3 衛星伝送実験 2	176
2-2-2-4 擬似中継器を用いた高度衛星デジタル放送暫定方式のデモンストレーション	176
2-2-3 実験項目概要	177
2-2-3-1 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験の実施項目概要	177
2-2-3-2 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験（RF実験含む）の実施項目概要	179
2-2-4 実験機材一覧	182
2-2-5 実験スケジュール	184
2-2-6 実験系統図	186
2-2-6-1 擬似中継器実験 測定系統図(1波伝送用)	186
2-2-6-2 擬似中継器実験 測定系統図(干渉実験用)	187
2-2-6-3 衛星伝送実験 測定系統図	188
2-3 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験 実験結果	190
2-3-1 パイロット信号による性能改善評価	190
2-3-2 シンボルレート、ロールオフ率の暫定値の選定	190
2-3-2-1 伝送特性における制約条件	190
2-3-2-2 多重化における制約条件	191
2-3-2-3 擬似中継器による実験	191
2-3-2-4 シンボルレートの検討	196
2-3-3 シンボルレート、ロールオフ率暫定値での干渉波の影響確認	198
2-3-4 擬似中継器折返しにおける占有帯域幅測定	199
2-3-5 IFおよび擬似中継器折返しにおけるC/N対ビット誤り率測定	201
2-3-6 ODU挿入時におけるC/N劣化量の測定	205
2-3-7 同期限界測定	206
2-3-8 遅延時間測定	207

付録 1 擬似中継器実験付録.....	209
付録 1-1 所要 C/N の定義.....	209
付録 1-1-1 ARIB 実証実験における取得データ	209
付録 1-1-2 所要 C/N の導出手法.....	210
付録 1-2 ARIB 実験で使用した ODU 性能一覧	211
付録 1-3 スペクトラム写真	213
付録 1-3-1 干渉実験 (3.3 節)	213
付録 1-3-2 擬似中継器折返し スペクトラム 占有帯域幅 (3.4 節)	215
付録 1-4 コンスタレーション写真(3.5 節).....	220
付録 1-5 IF 折返し、擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率特性	229
付録 1-6 16/32APSK の最適 OBO 値測定について.....	244
2-4 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験 実験結果.....	247
2-4-1 RF 実験および衛星伝送実験の主要パラメータ	247
2-4-2 RF 実験および衛星伝送実験における占有帯域幅測定	247
2-4-3 RF 実験および衛星実験における C/N 対ビット誤り率測定.....	250
2-4-4 ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定	259
2-4-5 同期限界測定	261
2-4-6 TLV 機能の動作検証.....	262
2-4-7 総合試験特性	265
2-4-7-1 衛星伝送実験における総合試験特性 (8PSK および低階層用 QPSK)	265
2-4-7-2 衛星伝送実験における総合試験特性 (32APSK および 8PSK バルク伝送) ..	269
2-4-7-3 擬似中継器による高度衛星デジタル放送暫定方式のデモンストレーション ..	275
付録 2 衛星伝送実験	282
付録 2-1 スペクトラム写真 (4.2 節)	282
付録 2-2 コンスタレーション写真 (4.3、4.4 節)	291
付録 2-3 衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率特性 (4.3 節)	301
付録 2-4 衛星伝送実験、擬似中継器折返し 所要 C/N 一覧 (3.4 節、4.3 節)	316
付録 3 実験構成機器	322
付録 3-1 変調器、復調器.....	322
付録 3-2 擬似中継器実験.....	323
付録 3-3 地球局特性	329
付録 3-4 本実験に使用した衛星の伝送特性について	333
付録 3-4-1 衛星概要.....	333

付録 3-4-2 チャンネル周波数	334
付録 3-4-2-1 周波数変換	334
付録 3-4-2-2 送信信号特性	335

2-1 実験概要

高度衛星デジタル放送暫定方式の機能および性能を実証するため、本暫定方式（案）に基づいて試作した伝送装置による衛星伝送実験を行った。実験は伝送路符号化部実験を中心とし、先ず始めに、擬似中継器を用いた室内伝送実験を行い、シンボルレート・ロールオフ率の暫定値の選定および暫定方式（案）の性能確認を実施した。続いて、BSAT-3a 中継器による衛星伝送実験を実施し、衛星伝送路における暫定方式の性能確認および映像・音声素材を用いた総合試験を実施した。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機能および性能を満足していることを確認した。

2-1-1 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験の結果概要

(1) パイロット信号の特性改善評価

暫定方式で規定するパイロット信号による所要 C/N 改善の評価のための測定を行った。32APSK 4/5 において、パイロット信号 ON の場合は OFF の場合に比べて 1.4dB 改善した。以後の実験は全てパイロット信号 ON で実験を行うこととした。

(2) シンボルレート、ロールオフ率暫定値の選定

ロールオフ率 0.1、0.15、0.2、0.25 について、要求条件を満たすシンボルレートを検討した。検討の結果、要求条件を満たす値としてロールオフ率 0.1、シンボルレート 32.5941Mbaud を暫定値とした。

(3) シンボルレート、ロールオフ率暫定値での干渉波の影響確認

複数の干渉波が存在する条件で擬似エラーフリーC/N^注を測定し、干渉波の影響が小さいことを確認した。

注：本実験では 10^{10} ビット観測時にエラーが発生しない最小 C/N を擬似エラーフリーC/N とした。

(4) 擬似中継器折返しにおける占有帯域幅測定

擬似中継器折返しにおける $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK の占有帯域幅を測定した。測定した全ての場合で占有帯域幅が 34.5MHz 以内であることを確認した。

(5) IF 折返し、擬似中継器折返しにおける C/N 対ビット誤り率測定

$\pi/2$ シフト BPSK～32APSK の IF 折返しおよび擬似中継器折返しにおける C/N 対ビット誤り率を測定した。16APSK および 32APSK の擬似中継器折返しについては、事前に符号化率毎に所要 C/N+OBO 値が最小となる OBO 値（最適 OBO 値 付録 1.6 参照）を測定し、最適 OBO 値を適用して C/N 対ビット誤り率を測定した。測定の結果、8PSK 3/4 の所要 C/N は 9.3dB、16APSK 3/4 の所要 C/N は 11.8dB、32APSK 4/5 の所要 C/N は 16.4dB であった。

(6) ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の 3 方式について、ODU を挿入した場合の所要 C/N の劣化量を測定した。測定の結果、8PSK 3/4 の C/N 劣化量は 0.0dB、16APSK 3/4 の C/N 劣化量は 0.1dB、32APSK 4/5 の C/N 劣化量は 0.4dB であり、ODU による C/N 劣化量が十分小さい事を確認した。

(7) 同期限界測定

受信機入力前の局部発振器の周波数を 0 から±4.5MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 のキャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N を測定した。いずれの場合でも -1dB 以下で同期が確保できる事を確認した。

(8) 遅延時間測定

8PSK 3/4、32APSK 4/5 の画像エンコーダー/デコーダー折返し、I F 折返し、擬似中継器折返しでの遅延時間を測定した。8PSK 3/4 の遅延時間は 0.15sec 以下、32APSK 4/5 の遅延時間は 0.12sec 以下であり、いずれの場合でも伝送装置における遅延時間が十分小さいことを確認した。

2-1-2 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験（RF 実験含む）の結果概要

(1) RF 実験および衛星伝送実験の主要パラメータ

擬似中継器実験の測定結果を反映し、シンボルレート 32.5941Mbaud、ロールオフ率 0.1 の暫定値を適用し、全ての変調方式においてパイロット信号 ON で測定を実施した。また、中継器の動作点については、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK については飽和動作とし、16APSK および 32APSK については符号化率毎に最適 OBO に近い値を設定した。

(2) RF 実験および衛星伝送実験における占有帯域幅測定

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

(3) RF 実験および衛星伝送実験における C/N 対ビット誤り率測定

RF 実験および衛星伝送実験において $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK の C/N 対ビット誤り率を測定した。測定の結果、衛星伝送実験において、8PSK 3/4 の所要 C/N は 8.7dB、16APSK 3/4 の所要 C/N は 11.6dB、32APSK 4/5 の所要 C/N は 16.2dB であった。

(4) ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

衛星伝送実験において 8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の 3 方式について、ODU(Out-Door Unit)を挿入した場合の所要 C/N の劣化量を測定した。測定の結果、8PSK 3/4 の C/N 劣化量は 0.1dB、16APSK 3/4 の C/N 劣化量は 0.1dB、32APSK 4/5 の C/N 劣化量は 0.2dB であり、ODU による C/N 劣化量が十分小さい事を確認した。

(5) 同期限界測定

衛星伝送実験において受信機入力前の局部発振器の周波数を 0 から±4.5MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 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-1dB 以下で同期が確保できる事を確認した。

(6) TLV 機能の動作検証

衛星伝送実験において TLV(Type Length Value)機能の検証を実施した。TLV 機能については、188byte の TLV パケットが伝送可能であり、ノイズで主信号パケットが誤った場合に N U L L パケットに置換可能であることを確認した。

(7) 総合試験特性

映像・音声番組を使用した総合試験を実施した。映像・音声番組伝送については 8PSK 3/4 による HDTV 4 番組の 1 中継器伝送および QPSK 1/2 による階層伝送、32APSK 4/5 による SHV (スーパーハイビジョン)^(注) 1 番組の 1 中継器伝送、8PSK 3/4 による SHV1 番組の 2 中継器バルク伝送の 3 種類のケースで伝送実験を実施した。全ての場合において、正常に伝送できる事を確認した。

(注) SHV (スーパーハイビジョン) : NHK が開発中の 7680x4320/60/P の映像と 22.2 マルチチャンネル音響からなるシステム。本実証実験で使用した映像信号は、G 画素ずらしにより G1/G2/B/R の各コンポーネントが 3840x2160 画素から構成されている。

2-2 実験内容

2-2-1 実験の目的

本実験は、高度衛星デジタル放送暫定方式の基本機能および基本性能の確認を行うことを目的とする。

2-2-2 実験場所、日程

2-2-2-1 擬似中継器実験

場所：NHK放送技術研究所

日時：

2007/11/26～2007/12/6：

- パイロット信号の特性改善評価
- シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定
- 干渉波の影響確認

2007/12/10～2007/12/12：

- I F 折返し C/N 対ビット誤り率特性の測定

2007/12/13～2007/12/20：

- 擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率特性の測定
- ODU 挿入時の C/N 劣化量測定

2007/12/21：

- 同期限界測定
- 遅延時間測定

2-2-2-2 衛星伝送実験 1

場所：NHK放送センター

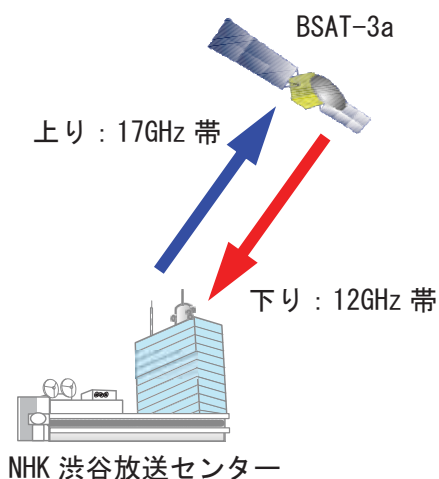
日時：

2008/2/4～2008/2/8：衛星伝送実験

- 占有帯域幅測定
- C/N 対ビット誤り率特性の測定
(32APSK 1/4、1/3、2/5 を除く)
- ODU 挿入時の C/N 劣化量測定
(8PSK 3/4、16APSK 3/4)

2008/2/25～2008/2/27：R F 実験

- トランスレータ折返し 占有帯域幅測定
- トランスレータ折返し C/N 対ビット誤り率特性の測定



2-2-2-3 衛星伝送実験 2

場所：NHK放送センター

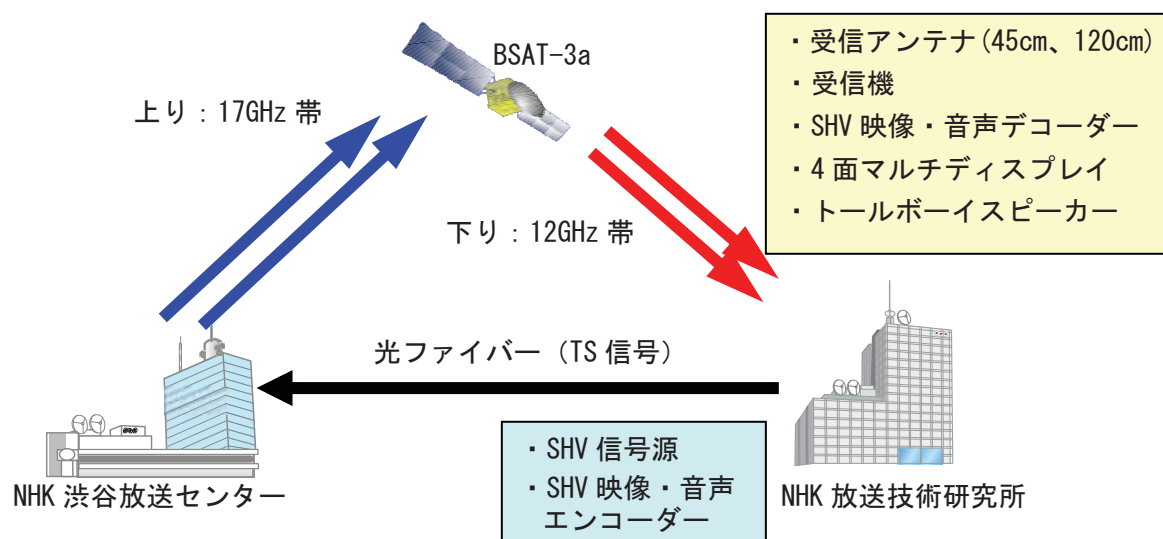
日時：2008/4/22～2008/4/24

- C/N 対ビット誤り率特性の測定 (32APSK 1/4、1/3、2/5)
- ODU 挿入時の C/N 劣化量測定 (32APSK 4/5)
- 同期限界測定
- TLV 動作検証
- 総合試験 (8PSK HDTV 4 番組伝送)

場所：NHK放送センター (送信)、NHK放送技術研究所 (受信)

日時：2008/5/15

- 総合試験
 - 32APSK SHV1 番組伝送
 - 8PSK バルク SHV1 番組伝送)



2-2-2-4 擬似中継器を用いた高度衛星デジタル放送暫定方式のデモンストレーション

場所：NHK放送センター

日時：2008/2/20～2008/2/22

- 擬似中継器折返しによる 8PSK HDTV 4 番組伝送デモ
- 擬似中継器折返しによる 32APSK SHV 1 番組伝送
- 擬似中継器折返しによる 8PSK バルク SHV1 番組伝送デモ

2-2-3 実験項目概要

2-2-3-1 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験の実施項目概要

(1) パイロット信号の特性改善評価

パイロット信号による所要 C/N 改善の評価のため、32APSK 4/5 について、擬似中継器折返しにおけるパイロット信号 ON と OFF の場合の擬似エラーフリー C/N の測定を実施した。測定条件は以下のとおりである。

- 32APSK 4/5
- シンボルレート：33Mbaud
- ロールオフ率：0.1
- OBO：3.5dB
- ODU 位相雑音：-81.25dBc/Hz (1kHz オフセット)

(2) シンボルレート、ロールオフ率暫定値の選定

ロールオフ率 0.1、0.15、0.2、0.25 について、8PSK 3/4、32APSK 4/5 の擬似中継器折返しにおける擬似エラーフリー C/N₀ を複数のシンボルレートについて測定した。測定においては以下の要求条件を課して測定を実施した。

- シンボルレートは占有帯域幅が 34.5MHz 以内であり、ISDB-S の占有帯域幅 (33.77MHz、シミュレーション値)を超えない最大シンボルレートを初期値とし、他に初期値より小さいシンボルレートを 3 点程度選定する
- 8PSK 3/4 の擬似エラーフリー C/N₀ は、85.3dBHz (現行 BS デジタル放送のナイキスト帯域幅 28.86MHz あたりの C/N 値 10.7dB 相当) 以下とする
- 32APSK 4/5 の擬似エラーフリー C/N₀ は、96.83dBHz (120cm 受信アンテナで最悪月サービス時間率 99.5%に相当) 以下とする
- 擬似エラーフリー C/N₀ の評価は、干渉波による影響、ODU の影響を考慮し、各々の干渉が同時に存在する場合の C/N₀ を測定する
- 擬似中継器の動作点設定は、8PSK は飽和点動作、32APSK は OBO=3.5dB とする

(3) シンボルレート、ロールオフ率暫定値での干渉波の影響確認

シンボルレートとロールオフ率の暫定値を適用し、干渉波あり/無しの 2 種類の条件で擬似エラーフリー C/N を測定し、C/N 劣化量を求めた。与干渉波と被干渉波の組み合わせは複数種類検証した。本結果より、干渉波の影響が小さいことを確認した。

(4) 擬似中継器折返しにおける占有帯域幅測定

擬似中継器の OMUX フィルタ出力における $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz 以内であることを確認した。

(5) IF 折返し、擬似中継器折返しにおける C/N 対ビット誤り率測定

$\pi/2$ 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 に対するビット誤り率を測定した。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=10⁻⁵ 以上では観測ビット数 10⁹ ビット程度でビット誤り率が一定値に収束するため、ビット誤り率測定は以下の条件で実施した。

- ビット誤り率の測定範囲：BER=10⁻² オーダー～10⁻⁸ オーダー
- BER=10⁻⁴ 以上における観測ビット数：10⁹ ビット
- BER=10⁻⁴ 未満かつ BER=10⁻⁵ 以上における観測ビット数：5×10⁹ ビット
- BER=10⁻⁵ 以下における観測ビット数：10¹⁰ 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。導出方法は付録 1-1 に示す。

(6) ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

市販の受信アンテナから ODU 部のみ取り外し、ODU 部を電波無響箱に備え付けた受信装置に擬似中継器出力信号を入力し、8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の 3 ケースについて ODU 部有り/無しにおける C/N 劣化量を測定した。

(7) 同期限界測定

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の擬似中継器出力信号に対し、受信機入力前の局部発振周波数変換器におけるローカル周波数偏差を 0 から ±4.5MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 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。周波数偏差は 0.5MHz ステップとし、キャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N は以下の定義とした。

- 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

(8) 遅延時間測定

8PSK 3/4、32APSK 4/5 の画像エンコーダー/デコーダー折返し、I F 折返し、擬似中継器折返しでの遅延時間測定を実施した。遅延時間は MPEG-2 TS エンコーダー入力点のタイムコードを T₀、MPEG-2 デコーダー出力点のタイムコードを T_e とし、各種折返しにおいて、遅延時間=T₀-T_e を測定した。

2-2-3-2 伝送路符号化部実験—衛星伝送実験（RF実験含む）の実施項目概要

（1）RF実験および衛星伝送実験の主要パラメータ

擬似中継器実験の測定結果を反映し、シンボルレート 32.5941Mbaud、ロールオフ率 0.1 の暫定値を適用し、全ての変調方式においてパイロット信号 ON で測定を実施した。また、中継器の動作点については、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK については飽和動作とし、16APSK および 32APSK については符号化率毎に最適 OBO に近い値を設定した。

（2）RF実験および衛星伝送実験における占有帯域幅測定

RF実験については、トランスレータ出力における $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz を満たすことを確認した。

衛星伝送実験については、衛星伝送実験用 7m 受信アンテナ出力における $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz を満たすことを確認した。

（3）RF実験および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 に対するビット誤り率を測定した。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。ビット誤り率測定は擬似中継器試験と同様の方法で実施した。

（4）ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

市販の受信アンテナから ODU 部のみ取り外し、ODU 部を電波無響箱に備え付けた受信装置に衛星伝送実験用 7m 受信アンテナ出力信号を入力し、8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の 3 ケースについて ODU 部有り／無しにおける C/N 劣化量を測定した。

（5）同期限界測定

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の衛星伝送実験用 7m 受信アンテナ出力信号に対し、受信機入力前の局部発振周波数変換器におけるローカル周波数偏差を 0 から ± 4.5 MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 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。周波数偏差は 0.5MHz ステップとし、キャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N は以下の定義とした。

- 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

(6) TLV 機能の動作検証

8PSK 3/4 で TLV モード (パケットサイズ: 188Byte) の信号を伝送し、正しく復調できていることをロジックアナライザにより確認した。また、TLV モードの信号がビット誤りを起こした場合、正しく NULL 化が行われることを確認するため。伝送信号に白色雑音を印加してビット誤りを再現し、NULL パケットの置換状況をロジックアナライザにより確認した。

(7) 総合試験特性

映像・音声番組を使用した総合試験を実施した。映像・音声番組伝送については 8PSK 3/4 による HDTV 4 番組の 1 中継器伝送および QPSK 1/2 による階層伝送、32APSK 4/5 による SHV1 番組の 1 中継器伝送、8PSK 3/4 による SHV1 番組の 2 中継器バルク伝送の 3 種類のケースで伝送実験を実施した。また、開口径の異なる BS 受信アンテナ(45cm/120cm) で受信を行い、正常に受信できることを確認した。

表 1 実験項目一覧

表 1-1 擬似中継器実験

番号	実験項目	概要
(1)	パイロット信号の特性 改善評価	擬似中継器折返しにて 32APSK 4/5 における パイロット信号 ON/OFF での特性改善確認
(2)	シンボルレート・ロールオフ率 暫定値の選定	ロールオフ率毎に要求条件を満たすシンボルレート を選定し、擬似エラーフリーC/No を測定
(3)	干渉波がある場合の C/N 対ビット誤り率	干渉波がある状態で C/N 対ビット誤り率を測定
(4)	占有帯域幅測定	擬似中継器の OMUX フィルタ出力において、 $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK のスペクトラム、占有待機幅を測定
(5)	IF 折返し、擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率測定	IF 折返し、擬似中継器折返しにおける $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK の全符号化率に対する C/N 対ビット誤 り率を測定
(6)	ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定	擬似中継器折返しにおける 8PSK 3/4、16APSK 3/4、 32APSK 4/5 の ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定
(7)	同期限界測定	擬似中継器折返しにおける 8PSK 3/4、32APSK 4/5 の キャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N 測定
(8)	遅延時間測定	8PSK 3/4、32APSK 4/5 のエンコーダー/デコーダー折 返し、IF 折返し、擬似中継器折返しでの遅延時間測 定

表 1-2 衛星伝送実験 (RF 実験含む)

番号	実験項目	概要
(2)	RF 実験、衛星伝送実験 占有帯域幅測定	トランスレータ出力、衛星伝送実験の $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK のスペクトラム、占有帯域幅を測定
(3)	RF 実験、衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率測定	RF 実験、衛星伝送実験における $\pi/2$ シフト BPSK~ 32APSK の全符号化率に対する C/N 対ビット誤り率測定
(4)	ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定	衛星伝送実験における、8PSK 3/4 16APSK 3/4 32APSK 4/5 ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率測定
(5)	同期限界測定	衛星伝送実験における、8PSK 3/4、32APSK 4/5 のキャ プチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N 測定
(6)	TLV 機能動作確認	衛星伝送実験における、8PSK 3/4 TLV パケットサイズ 確認、エラー発生時の NULL パケット置換動作確認
(7)	総合試験特性	衛星伝送実験における各種映像・音声番組の伝送試験

2-2-4 実験機材一覧

実験に使用した主な機材を表 2～表 4 に示す。

表 2 実験機材一覧（擬似中継器実験）

種別	型式	メーカー名
変調器	—	NHK 製作
復調器	—	NHK 製作
C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard
擬似中継器シミュレーター (BS15ch 用)	—	NHK 製作
擬似中継器シミュレーター (BS17ch 用)	—	NHK 製作
スペクトラムアナライザ	8560E	Hewlett-Packard
スペクトラムアナライザ	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
MPEG-2 エンコーダー	BDX-2300	ソニー
MPEG-2 デコーダー	BDX-2300	ソニー
遅延時間評価用モニタ	DM-3000	アストロデザイン
D5 テープ再生機	HD2000	松下電器産業

表 3 実験機材一覧（衛星伝送実験）

種別	型式	メーカー名
変調器	—	NHK 製作
復調器	—	NHK 製作
地球局 HPA		NEC
C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard
スペクトラムアナライザ	8560E	Hewlett-Packard
スペクトラムアナライザ	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
ロジックアナライザ	1661A	Hewlett-Packard
E/O 装置 (140MHz 用)	OMT-101	東芝
O/E 装置 (140MHz 用)	OMR-101	東芝
E/O 装置 (BS-IF 用)	NH-ES001	松下電器産業
O/E 装置 (BS-IF 用)	NH-ES001	松下電器産業

表4 実験機材一覧（衛星伝送実験（映像・音声機材関連））

種別	型式	メーカー名
HDTV・低階層用番組 関連機材		
HDTV用 TS ストリーマー	VSC-ASI	サイラック
HDTV用 TS ストリーマー	Mercury	トムソングラスバレー
TS スイッチャー	ISS-18800	イメージニクス
HDTV用 H. 264 エンコーダー	4CATER BROADCAST 3	Envivio
低階層番組用 H. 264 エンコーダー	4CATER BROADCAST 3	Envivio
HDTV用 H. 264 デコーダー	IP-9500	富士通
低階層番組用 H. 264 デコーダー	4CATER BROADCAST 4054	Envivio
HDTV用 CRT モニタ	BVM-D32	ソニー
リニア PCM 番組用モニタ	PDP-5000EX	パイオニア
5.1ch スピーカー	MO-01	Musik electronics
5.1ch スピーカー	YST-SW500	YAMAHA
5.1ch モニターシステム	M906	GRACEDESIGN
リニア PCM スピーカー	RL922K BASIS2	Musik electronic
リニア PCM モニターシステム	M906	GRACEDESIGN
SHV 関連機材		
SHV用映像ハードディスクレコーダー	UDR-2E	計測技研
SHV用音声ハードディスクレコーダー	MERLIN	フェアライト
SHV用 H. 264 エンコーダー	AH2101	ATEME
SHV用 H. 264 デコーダー	IP-9500	富士通
56inch LCD ディスプレイ	DM3400	アストロデザイン
SHV用 4面マルチディスプレイ	8K-LCD	計測技研
SHV用 22.2ch スーパーツール型 スピーカー	77WER	BOSE
SHV用 22.2ch モニターシステム	Control System	BOSE
MPEG-TS 伝送用 O/E 装置	77070E-HD	Everts Microsystems
MPEG-TS 伝送用 E/O 装置	7707E0-HD	Everts Microsystems

2-2-5 実験スケジュール

・疑似中継器実験 (場所：NHK 放送技術研究所)

曜日	月	火	水	木	金
日時	2007年11月26日	11月27日	11月28日	11月29日	11月30日
実験項目	(1)パイロット信号の特性改善評価	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定
日時	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日
実験項目	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定	(2)シンボルレート・ロールオフ率暫定値の選定	ARIB-TG 打合せ シンボルレート ロールオフ率決定	(3)干渉波実験 C/N 対ビット誤り率	衛星高度化作業班開催 TGより中間報告&実験設備 見学(NHK技研)
日時	12月10日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日
実験項目	(5) IF折返し C/N 対ビット誤り率 ($\pi/2$ シフト BPSK)	(5) IF折返し C/N 対ビット誤り率 (QPSK 8PSK)	(5) IF折返し C/N 対ビット誤り率 (16APSK 32APSK)	(4)占有帯域幅測定 (5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 ($\pi/2$ シフト BPSK)	(4)占有帯域幅測定 (5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (QPSK 8PSK) (6) ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率 (8PSK)
日時	12月17日	12月18日	12月19日	12月20日	12月21日
実験項目	(5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (32APSK) 最適 OBO 検証	(5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (16APSK) 最適 OBO 検証	(4) 占有帯域幅測定 (5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (16APSK) (6) ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(4) 占有帯域幅測定 (5) 疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (32APSK) (6) ODU 挿入時の C/N 対ビット誤り率 (32APSK)	(7) 同期限界 (8) 遅延時間

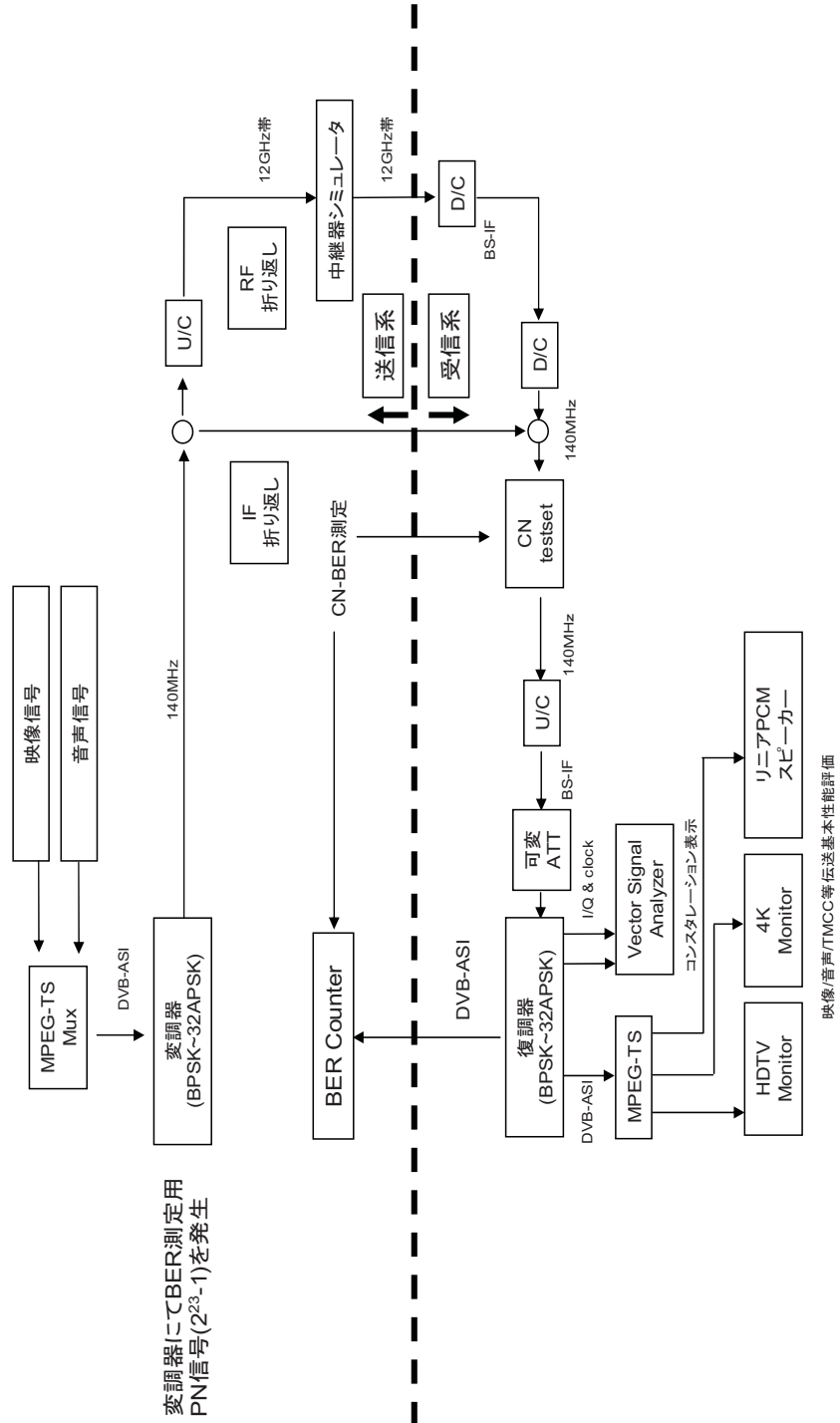
・衛星伝送実験、擬似中継器による高度衛星伝送方式デモンストレーション（場所：NHK 放送センター）

曜日	月	火	水	木	金
日時	2008年2月4日	2月5日	2月6日	2月7日	2月8日
実験項目	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 ($\pi/2$ シフト BPSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (QPSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (8PSK) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (16APSK) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (32APSK)
日時	2月18日	2月19日	2月20日	2月21日	2月22日
実験項目	-	-	擬似中継器による 高度衛星デジタル放送暫定方式 デモンストレーション	擬似中継器による 高度衛星デジタル放送暫定方式 デモンストレーション	擬似中継器による 高度衛星デジタル放送暫定 方式 デモンストレーション

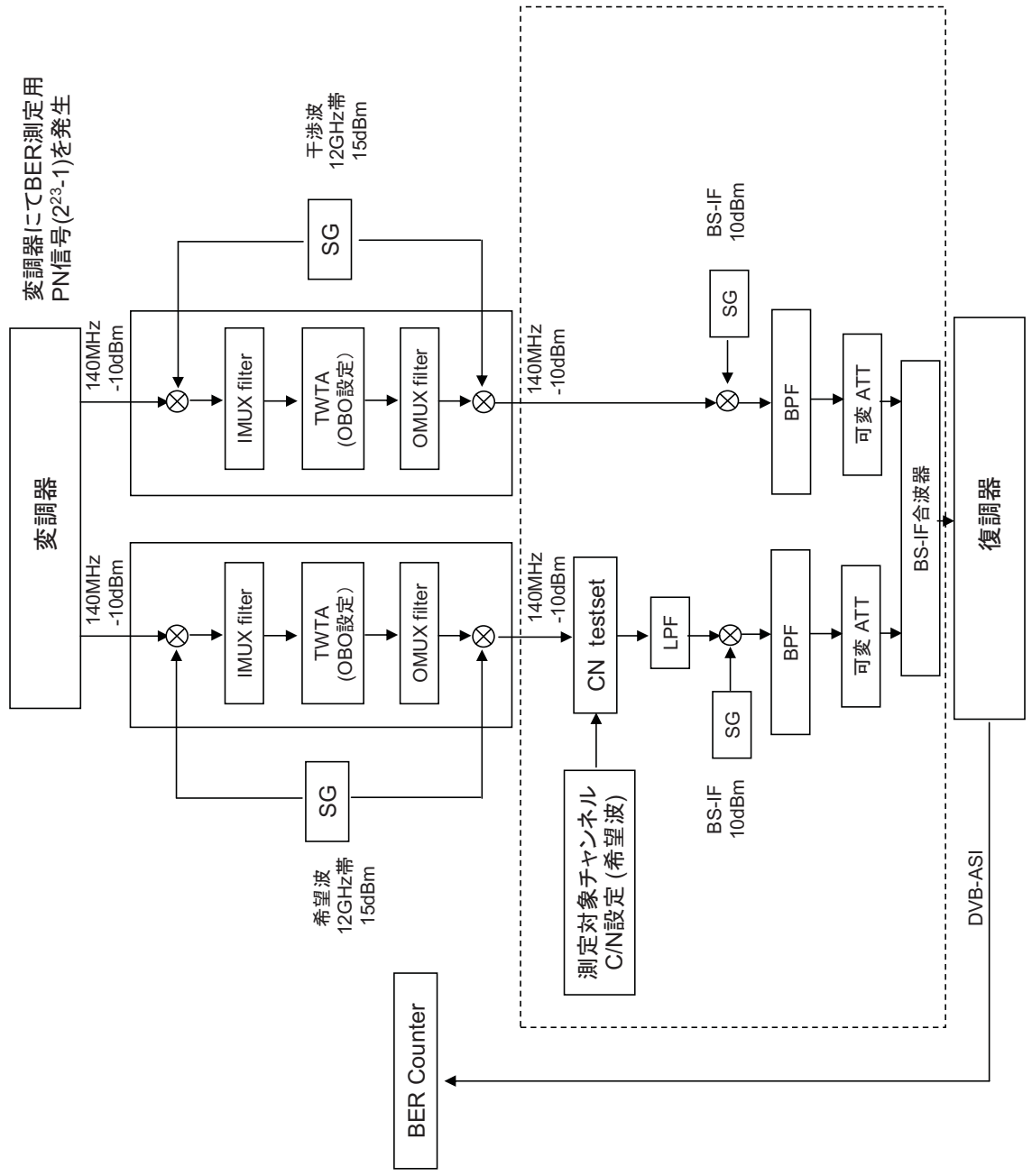
・衛星伝送追試実験（場所：NHK 放送センター、NHK 放送技術研究所 (5/15のみ)）

曜日	月	火	水	木	金
日時	2008年4月21日	4月22日	4月23日	4月24日	4月25日
実験項目	-	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (32APSK 1/4 1/3 2/5) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(5) 同期限界測定	(6) TLV 動作検証 (7) 総合試験 (8PSK HDTV 4 番組伝送 階層伝送、 リニア PCM (H.264 5.1ch))	-
日時	5月12日	5月13日	5月14日	5月15日	5月16日
実験項目	-	-	-	(7) 総合試験 32APSK SHV 伝送 8PSK バルク SHV 伝送	-

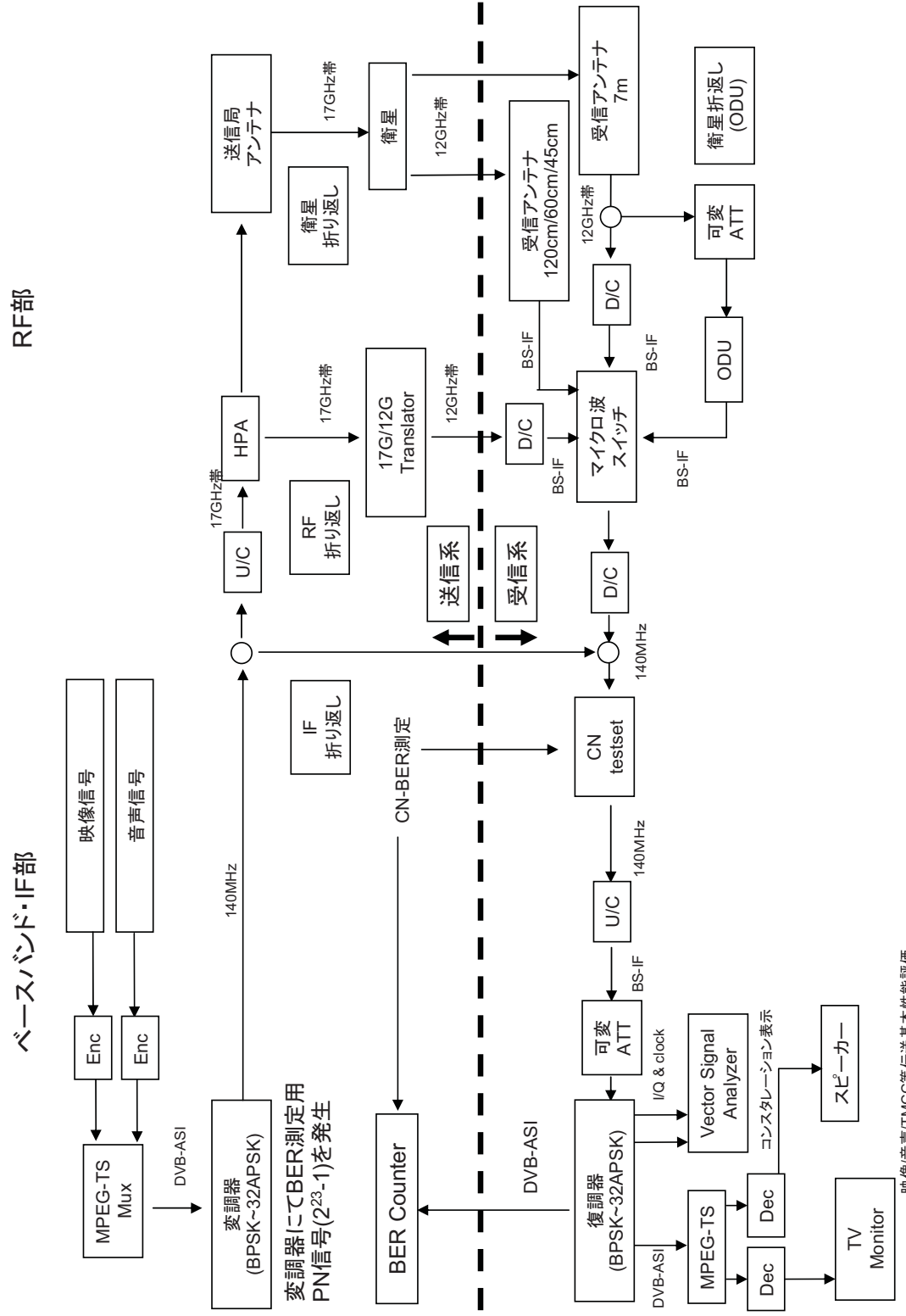
2-2-6 実験系統図
 2-2-6-1 疑似中継器実験 測定系統図 (1 波伝送用)



2-2-6-2 疑似中継器実験 測定系統図 (干渉実験用)



2-2-6-3 衛星伝送実験 測定系統図



映像/音声/TMCC等伝送基本性能評価

擬似中継器実験 詳細結果報告

2-3 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験 実験結果

2-3-1 パイロット信号による性能改善評価

パイロット信号による所要 C/N 改善の評価のための測定を行った。なお、本報告書では、 10^{10} ビット観測してエラーが発生しない最小 C/N を擬似エラーフリーC/N とした。

測定条件を以下に示す。

- ・ 32APSK 4/5
- ・ シンボルレート : 33Mbaud
- ・ ロールオフ率 : 0.1
- ・ OBO : 3.5dB
- ・ ODU 位相雑音 : -81.25dBc/Hz (1kHz オフセット) (付録 1-2 参照)

比較結果を表 5 に示す。パイロット ON の場合は OFF の場合に比べて 1.4dB の改善があった。従って、以後の実験は全てパイロット信号 ON で実験を行うこととした。

表 5 パイロット信号の有無による擬似エラーフリーC/N 比較結果

	ODU 有り [dB]
パイロット ON	16.5
パイロット OFF	17.9

2-3-2 シンボルレート、ロールオフ率の暫定値の選定

2-3-2-1 伝送特性における制約条件

シンボルレートを選定するにあたっては、以下に示す条件を考慮することとする。

- 占有帯域幅 (99%電力帯域幅) は 34.5MHz 以下 (電波法による制約)
- 占有帯域幅は現行の放送方式と同等 (現行方式との整合性)
- 放送衛星の出力は現行の衛星と同じ (電力の条件)
- 8PSK (3/4) のサービス時間率は現行方式と同等 (最悪月 99.7%) (サービス条件)
所要 C/N 10.7dB 以下 (TC8PSK)、45cm 受信アンテナ
- 32APSK については、120cm 受信アンテナで最悪月 99.5%以上 (サービス条件)
- チャンネル間干渉が小さい

上記制約条件を反映したシンボルレートの選定条件を以下に示す。

(1) 干渉波がある場合の所要 C/N の条件 (干渉の条件は表 6 参照)

- 8PSK (3/4) の場合の所要 C/N が ISDB-S (TC 8 PSK、10.7dB/28.86Mbaud (所要 C/No=85.30dBHz)、最悪月 99.7%、受信アンテナ径 45cm) 以下
- 32APSK(4/5)の所要 C/N が 22.2dB/28.86Mbaud (所要 C/No=96.83dBHz、最悪月 99.5%、受信アンテナ径 120cm) 以下
- 所要 C/N の評価は干渉波による影響、ODU (Out-Door Unit)
- パイロット信号 (符号判定の参照信号) は ON とする

(2) 同期特性による条件

- 所要 C/N の評価は干渉波による影響、ODU の影響を考慮
- ISDB-S の同期限界以下であること

- (3) 占有帯域幅による条件
 - 占有帯域幅が 34.5MHz を超えない
- (4) ロールオフ率は 0.1、0.15、0.2、0.25 について検討し、これらの中から 1 つを選定する。
- (5) 現行方式との整合の条件
 - 占有帯域幅が ISDB-S を超えない値とする(33.77MHz、シミュレーション値)

表 6 干渉実験の条件

被干渉（所要 C/N の測定対象）	与干渉
高度 8PSK (3/4)	高度 8PSK (3/4)
高度 8PSK (3/4)	ISDB-S (TC8PSK)
高度 32APSK (4/5)	高度 8PSK (3/4)
高度 32APSK (4/5)	ISDB-S (TC8PSK)

注 1：32APSK の TWT 動作点はバックオフ（OBO）3.5dB とした。

注 2：ISDB-S のシンボルレートは 28.86Mbaud

2-3-2-2 多重化における制約条件

放送事業者のビットレート管理のしやすさという観点から以下を考慮する。

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

2-3-2-3 擬似中継器による実験

実験内容は、各ロールオフ率 α につき占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレート以下の 4 点をロールオフ率ごとに選定し、各シンボルレートに対する擬似エラーフリー C/N を測定した。表 7 に占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレートを示す。

表 7 占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレート

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

測定は、以下の条件において行なった。

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

実験に使用する ODU は付録を参照。

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の実験結果を図 1、表 8、および図 2、表 9 に示す。なお、測定値は C/No に換算して示した。同図において、プロットを線で結んだものは、同一シンボルレートの高度衛星方式 8PSK を干渉波として多重し、さらに ODU を通した状態で擬似エラーフリー C/N を測定したものである。また、干渉波を ISDB-S (28.86Mbaud、 $\alpha=0.35$) とした場合も同図に示す。

図 1 より、高度衛星デジタル放送方式および ISDB-S を干渉波とした場合の所要 C/No はほぼ同じ値であった。8PSK については、表 2 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

図 2 より、高度衛星デジタル放送方式を干渉波とした場合の所要 C/No は、ISDB-S を干渉波とした場合に比べて 0.1dB 程度劣化した。32APSK についても、表 2 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

なお、32APSK については、(3)の条件で 33Mbaud、 $\alpha=0.1$ 、パイロットを使った受信機能を OFF とした場合の結果も図 2 に併記した(凡例の PILOT OFF 参照)。パイロット ON にした場合は、約 1.4dB の性能改善が見られた。

併せて、 $\alpha=0.1$ 、0.2 について、1.5MHz 離調からの同期限界 C/N を求める実験も行った。結果を表 10 に示す。シンボルレート、ロールオフ率の組み合わせとして、33Mbaud $\alpha=0.1$ (ケース 1) および 31.9Mbaud $\alpha=0.2$ (ケース 2) の 2 通りについて測定した。

○ケース 1 (33Mbaud $\alpha=0.1$) キャプチャ C/N=-2.6dB、ロック C/N=-2.8dB

○ケース 2 (31.9Mbaud $\alpha=0.2$) キャプチャ C/N=-3.7dB、ロック C/N=-3.9dB

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

○8PSK についてのシンボルレート対 C/No 測定結果

測定条件

8PSK 3/4(120slot) シンボルレート : 29.5Mbaud~33.6Mbaud

OB0 : 約 0.7dB ODU 位相雑音 : A (-81.25dBc/Hz(1kHz オフセット))

与干渉波 : 高度衛星デジタル放送 8PSK 3/4(120slot) / ISDB-S の 2 種類

C/No : エラーフリーC/N+OB0+10log(シンボルレート)

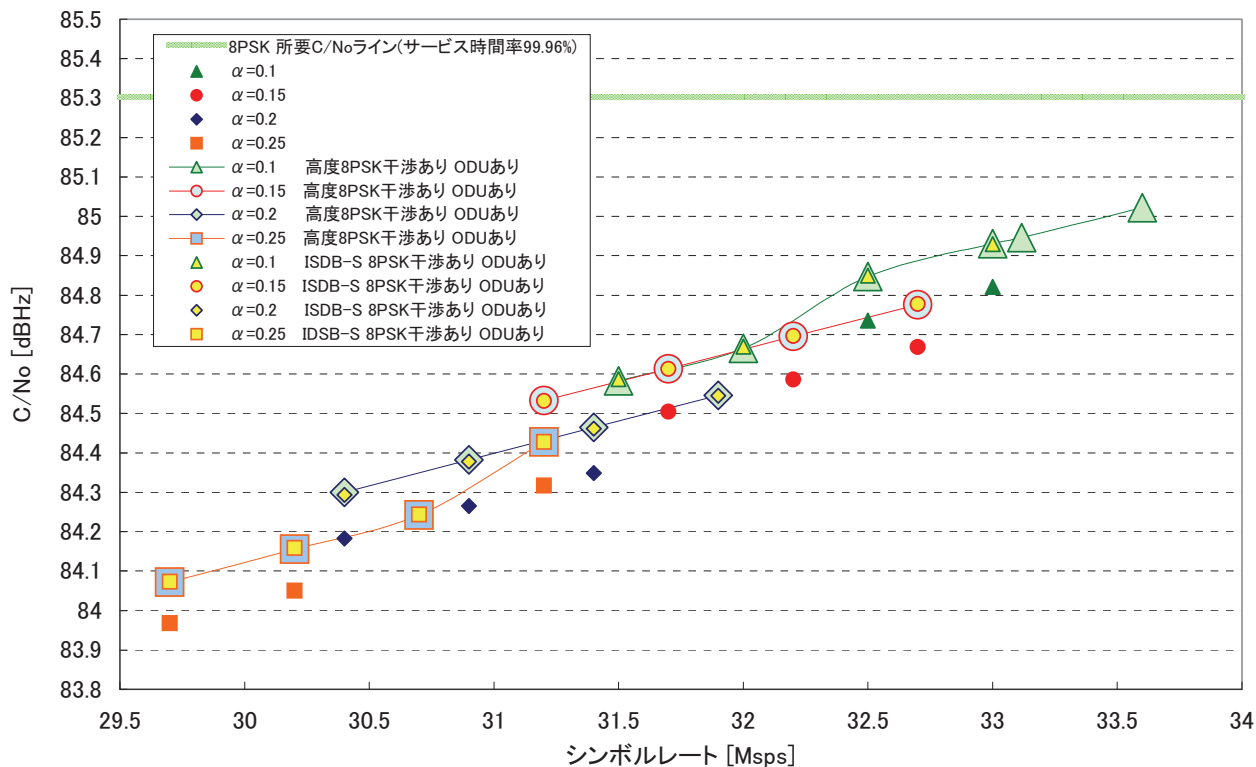


図 1 擬似中継器実験結果 (8PSK)

表 8 干渉波が存在時の 8PSK エラーフリーC/N 測定結果一覧

	エラーフリーC/N +OB0[dB]	干渉波(高度衛星 デジタル放送) (C/N 劣化量) [dB]	干渉波(高度衛星 デジタル放送)+ODU (C/N 劣化量) [dB]	干渉波(ISDB-S)+ODU (C/N 劣化量) [dB]
$\alpha=0.1$ 33.6Mbaud	9.6	0.0	0.1	0.1
$\alpha=0.15$ 32.7Mbaud	9.5	0.0	0.1	0.1
$\alpha=0.2$ 31.9Mbaud	9.5	0.0	0.0	0.0
$\alpha=0.25$ 31.2Mbaud	9.4	0.0	0.1	0.1

注:測定はすべてパイロット ON で実施した

○32APSK についてのシンボルレート対 C/No 測定結果

測定条件

32APSK 4/5(120slot) シンボルレート : 29.5Mbaud~33.6Mbaud

OBO : 3.5dB ($\alpha=0.1$) / 3.0dB ($\alpha=0.15, 0.2, 0.25$)

ODU 位相雑音 : A (-81.25dBc/Hz (1kHz オフセット))

与干渉波 : 高度衛星デジタル放送 8PSK 3/4

(シンボルレート、ロールオフ率は被干渉波と同一)/ISDB-S

C/No : エラーフリー C/N+OBO+10log(シンボルレート)

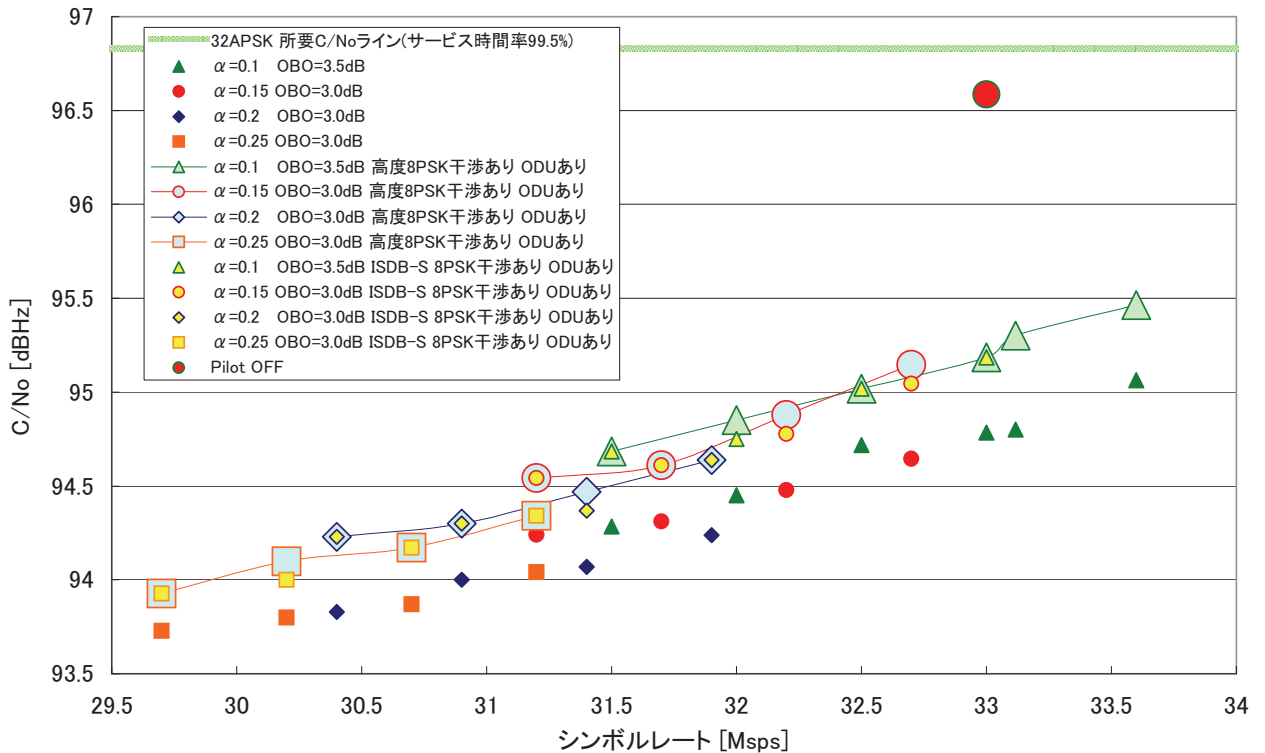


図 2 擬似中継器実験結果 (32APSK)

表 9 干渉波が存在時の 32APSK エラーフリーC/N 測定結果一覧

	エラーフリーC/N +OBO [dB]	干渉波(高度衛星 デジタル放送) (C/N 劣化量) [dB]	干渉波(高度衛星 デジタル放送)+ODU (C/N 劣化量) [dB]	干渉波(ISDB-S)+ODU (C/N 劣化量) [dB]
$\alpha=0.1$ 33.6Mbaud	19.6	0.1	0.4	0.4
$\alpha=0.15$ 32.7Mbaud	19.5	0.2	0.5	0.4
$\alpha=0.2$ 31.9Mbaud	19.2	0.2	0.4	0.4
$\alpha=0.25$ 31.2Mbaud	19.1	0.1	0.3	0.3

注:測定はすべてパイロット ON で実施した

○同期限界 C/N 測定結果

測定条件

32APSK 4/5(120slot)

OBO : 3.5dB

受信周波数 : BS17ch (fc=1356MHz)

ODU (2種類) : A -81.25dBc/Hz(1kHz オフセット)、H -60.51dBc/Hz(1kHz オフセット)の2種類

与干渉波 : 高度衛星デジタル放送 8PSK 3/4 (シンボルレート、ロールオフ率は被干渉波と同一)

周波数オフセット : 0Hz、+1.5Hz、-1.5Hz の3種類

想定ケース1 : シンボルレート 33Mbaud、ロールオフ率 0.1

想定ケース2 : シンボルレート 31.9Mbaud、ロールオフ率 0.2

同期限界 C/N 測定方法

▶ キャプチャレンジ C/N

手順1 : ノイズテストセットの C/N 値を-5dB に設定

手順2 : 受信機の電源を OFF/ON する

手順3 : 同期が確立するまで C/N を上げ、同期確立後、1 分間保持する値をキャプチャ C/N とする

▶ ロックレンジ C/N

手順4 : 手順3 のキャプチャレンジ C/N から C/N を 0.1dB ステップで劣化させ、同期がはずれた C/N をロックレンジ C/N とする

表 10 同期限界 C/N 測定結果

	ODU A -81.25dBc/Hz(1kHz オフセット)							
	ケース1 33Mbaud $\alpha=0.1$				ケース2 31.9Mbaud $\alpha=0.2$			
	Pilot ON		Pilot OFF		Pilot ON		Pilot OFF	
	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]
$\Delta f=0\text{Hz}$	-2.4	-2.9	-2.6	-2.9	-	-	-	-
$\Delta f=+1.5\text{MHz}$	-2.6	-2.8	-2.6	-2.9	-3.7	-3.9	-	-
$\Delta f=-1.5\text{MHz}$	-2.6	-2.9	-2.7	-3.1	-	-	-	-

	ODU H -60.51dBc/Hz(1kHz オフセット)	
	ケース1 33Mbaud $\alpha=0.1$	
	Pilot ON	
	キャプチャ C/N[dB]	ロック C/N[dB]
$\Delta f=+1.5\text{MHz}$	-3.4	-3.9

2-3-2-4 シンボルレートの検討

擬似中継器実験においては、8PSK3/4、32APSKともに表7に示す最大シンボルレート以下において、設定したC/No値を満足した。したがって、最も高いビットレートが確保できる $\alpha=0.1$ 、シンボルレート33.6Mbaudという条件も選択肢となるが、現行BSデジタル放送の占有帯域幅(33.77MHz、シミュレーション値)も考慮してシンボルレートを検討する。従って、ロールオフ率0.1において、BSデジタル放送の占有帯域幅33.77MHzとなるシンボルレート(32.68Mbaud、シミュレーション値)以下とした。

また、シンボルレートの検討にあたっては、以下の条件も考慮する。

- (a) スロットあたりのビットレートが整数となること
 - (b) シンボルレート[Mbps]の小数点以下が4桁以内となること
- (a)、(b)は放送事業者のビットレート管理のしやすさを考慮した条件である。

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

$$\begin{aligned} & S_r \times 5 / 120 \times (8, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) / 5810 \times 188 \\ & = (8, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) \times 188 \times 5 \times S_r / 120 / 5810 \\ & = (8, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27) \times S_r \times 47 / 34860 \end{aligned}$$

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

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

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

以上の結果より、

ロールオフ率 0.1
シンボルレート 32.5941 Mbaud

とするのが望ましいと考えられる。

なお、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11に示す。

表 11 情報ビットレート

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

注 120slot 全てを同一変調方式とした場合の値

2-3-3 シンボルレート、ロールオフ率暫定値での干渉波の影響確認

実験内容：シンボルレートとロールオフ率の暫定値を適用し、干渉波の影響が小さいことを、所要 C/N 測定で確認する。

測定条件

シンボルレート：32.5941Mbaud

ロールオフ率：0.1

パイロット信号：ON

8PSK OBO：0.7dB、 16APSK OBO：1.5dB、 32APSK OBO：3.5dB

被干渉 ch：BS17ch

与干渉 ch：BS15ch

評価方法：干渉波を あり/なし の 2 種類の条件で所要 C/N を測定し、C/N 劣化量を求める
干渉波あり/なしにおける所要 C/N の測定結果を表 12 に示す。付録 1-3 にスペクトル写真を示す。

表 12 干渉波がある場合の所要 C/N 測定結果

測定 番号	被干渉 (BS17ch) (測定 C/N 対ビット誤り率対象)	与干渉 (BS15ch)	干渉なし C/N[dB]	干渉あり C/N[dB]	C/N 劣化[dB]
1	高度 32APSK 4/5	高度 32APSK 4/5	16.1	16.2	0.1
2	高度 32APSK 4/5	高度 16APSK 3/4	16.1	16.2	0.1
3	高度 32APSK 4/5	ISDB-S	16.1	16.3	0.2
4	高度 32APSK 4/5	高度 8PSK 3/4	16.1	16.4	0.3
5	高度 16APSK 3/4	高度 8PSK 3/4	11.9	11.9	0.0
6	高度 8PSK 3/4	高度 8PSK 3/4	9.0	9.0	0.0
7	ISDB-S	高度 8PSK 3/4	10.1	10.1	0.0

2-3-4 擬似中継器折返しにおける占有帯域幅測定

実験内容：擬似中継器の OMUX フィルタ出力における $\pi/2$ シフト BPSK~32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz を満たすことを確認する。

擬似中継器実験の主要パラメータを表 13 に示す。各変調方式の衛星中継器バックオフを表 14 に示す。なお、擬似中継器実験における 16APSK および 32APSK のバックオフは、擬似エラーフリーC/N+OBO が最小となる OBO (最適 OBO) を事前に測定し、最適 OBO 値を適用した。(付録 1-6 参照)

表 13：擬似中継器実験の主要パラメータ

シンボルレート	32.5941Mbaud
ロールオフ率	0.1
変調方式	$\pi/2$ シフト BPSK QPSK 8PSK 16APSK 32APSK
符号化率	1/4 1/3 2/5 1/2 3/5 2/3 3/4 4/5 5/6 7/8 9/10

表 14：各変調方式の衛星中継器 OBO 値一覧

符号化率	$\pi/2$ BPSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
1/4	0.4	0.7	0.7	1.2	1.8
1/3				1.2	1.9
2/5				1.2	2.0
1/2				1.4	2.1
3/5				1.5	2.7
2/3				1.6	2.9
3/4				1.7	2.9
4/5				1.9	3.4
5/6				1.9	3.7
7/8				1.9	4.1
9/10				2.4	4.4

表 13 のパラメータを適用し、擬似中継器シミュレーター出力における変調信号の占有帯域幅を測定した。測定結果を表 15 に示す。また、付録 1-3 にスペクトラム写真を示す。

表 15 : 擬似中継器折返し 占有帯域幅一覧

変調方式	符号化率	占有帯域幅 [MHz]
$\pi/2$ シフト BPSK	1/2	33.4
QPSK	3/4	33.5
8PSK	3/4	33.5
16APSK	1/4	33.3
16APSK	1/3	33.3
16APSK	2/5	33.4
16APSK	1/2	33.2
16APSK	3/5	33.2
16APSK	2/3	33.1
16APSK	3/4	33.2
16APSK	4/5	33.2
16APSK	5/6	33.2
16APSK	7/8	33.2
16APSK	9/10	33.1
32APSK	1/4	33.2
32APSK	1/3	33.2
32APSK	2/5	33.2
32APSK	1/2	33.2
32APSK	3/5	33.1
32APSK	2/3	33.0
32APSK	3/4	33.1
32APSK	4/5	33.1
32APSK	5/6	33.0
32APSK	7/8	32.9
32APSK	9/10	33.0

2-3-5 IF および擬似中継器折返しにおける C/N 対ビット誤り率測定

実験内容：IF 折返しおよび擬似中継器折返しにおける、 $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の C/N 対ビット誤り率測定を行う。16APSK および 32APSK の擬似中継器折返しについては、事前に全符号化率毎に最適 OBO 値（付録 1-6 参照）を所要 C/N を基準に測定し、最適 OBO 値を適用して 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：32.5941Mbaud

ロールオフ率：0.1

パイロット信号：ON

OBO： $\pi/2$ シフト BPSK：0.4dB、QPSK：0.7dB、8PSK：0.7dB

なお、今回の実験ではハードウェアの都合上、16APSK における符号化率 1/2 以下の符号化率については、符号化率 3/5 と同じ半径比を適用し、32APSK における符号化率 3/5 以下の符号化率については、符号化率 2/3 と同じ半径比を適用した。

表 16~表 20 に $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK の IF 折返し及び擬似中継器折返しにおける所要 C/N の測定結果一覧を示す。（所要 C/N の導出は付録 1-1 参照）擬似中継器折返しにおいては、所要 C/N に OBO を加えた値を記載した。図 3 に IF 折返しおよび擬似中継器折返しにおける所要 C/N 対周波数利用効率を示す。付録 1-3 にスペクトル写真、付録 1-4 にコンスタレーション写真を示す。付録 1-5 に $\pi/2$ シフト BPSK ~32APSK の C/N 対ビット誤り率特性を示す。

表 16： $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	所要 C/N 固 定劣化 (②-①)	擬似中継器 折返し ③	OBO	擬似中継器 折返し+OBO ④	擬似中継器 所要 C./N+OBO 劣化 (④-②)
1/4	-5.1	-2.8	2.3	-2.6	0.4	-2.2	0.6
1/3	-4.0	-2.8	1.2	-2.5	0.4	-2.1	0.7
2/5	-3.0	-2.4	0.6	-2.2	0.4	-1.8	0.6
1/2	-1.8	-1.5	0.3	-1.3	0.4	-0.9	0.6
3/5	-0.5	-0.3	0.2	-0.1	0.4	0.3	0.6
2/3	0.3	0.4	0.1	0.8	0.4	1.2	0.8
3/4	1.0	1.2	0.2	1.4	0.4	1.8	0.6
4/5	2.0	2.2	0.2	2.4	0.4	2.8	0.6
5/6	2.5	2.6	0.1	2.9	0.4	3.3	0.7
7/8	2.9	3.1	0.2	3.4	0.4	3.8	0.7
9/10	3.8	3.9	0.1	4.2	0.4	4.6	0.7

表 17 : QPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	所要 C/N 固 定劣化 (②-①)	擬似中継器 折返し ③	0B0	擬似中継器 折返し+0B0 ④	擬似中継器 所要 C./N+0B0 劣化 (④-②)
1/4	-2.1	-1.2	0.9	-1.0	0.7	-0.3	0.9
1/3	-1.0	-0.6	0.4	-0.2	0.7	0.5	1.1
2/5	0.0	0.3	0.3	0.6	0.7	1.3	1.0
1/2	1.2	1.4	0.2	1.7	0.7	2.4	1.0
3/5	2.5	2.6	0.1	3.1	0.7	3.8	1.2
2/3	3.3	3.5	0.2	3.8	0.7	4.5	1.0
3/4	4.0	4.2	0.2	4.8	0.7	5.5	1.3
4/5	5.0	5.3	0.3	5.8	0.7	6.5	1.2
5/6	5.5	5.6	0.1	6.3	0.7	7.0	1.4
7/8	5.9	6.1	0.2	6.7	0.7	7.4	1.3
9/10	6.8	6.9	0.1	7.6	0.7	8.3	1.4

表 18 : 8PSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	所要 C/N 固 定劣化 (②-①)	擬似中継器 折返し ③	0B0	擬似中継器 折返し+0B0 ④	擬似中継器 所要 C./N+0B0 劣化 (④-②)
1/4	1.1	2.6	1.5	3.0	0.7	3.7	1.1
1/3	2.2	3.2	1.0	3.6	0.7	4.3	1.1
2/5	3.1	4.0	0.9	4.4	0.7	5.1	1.1
1/2	4.4	5.1	0.7	5.7	0.7	6.4	1.3
3/5	5.7	6.2	0.5	6.9	0.7	7.6	1.4
2/3	6.7	7.0	0.3	7.8	0.7	8.5	1.5
3/4	7.9	8.2	0.3	9.3	0.7	10.0	1.8
4/5	9.1	9.3	0.2	10.5	0.7	11.2	1.9
5/6	9.7	9.9	0.2	11.1	0.7	11.8	1.9
7/8	10.4	10.7	0.3	12.1	0.7	12.8	2.1
9/10	11.4	11.6	0.2	13.5	0.7	14.2	2.6

表 19 : 16ASK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	所要 C/N 固 定劣化 (②-①)	擬似中継器 折返し ③	OB0	擬似中継器 折返し+OB0 ④	擬似中継器 所要 C./N+OB0 劣化 (④-②)
1/4	2.9	3.8	0.9	5.2	1.2	6.4	2.6
1/3	4.1	5.0	0.9	6.0	1.2	7.2	2.2
2/5	5.1	6.0	0.9	7.0	1.2	8.2	2.2
1/2	6.6	7.7	1.1	9.1	1.4	10.5	2.8
3/5	8.0	8.8	0.8	9.8	1.5	11.3	2.5
2/3	9.1	9.4	0.3	10.5	1.6	12.1	2.7
3/4	10.2	10.6	0.4	11.8	1.7	13.5	2.9
4/5	11.3	11.6	0.3	13.2	1.9	15.1	3.5
5/6	11.9	12.2	0.3	13.7	1.9	15.6	3.4
7/8	12.5	12.9	0.4	14.6	1.9	16.5	3.6
9/10	13.5	13.8	0.3	15.6	2.4	18.0	4.2

表 20 : 32ASK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	所要 C/N 固 定劣化 (②-①)	擬似中継器 折返し ③	OB0	擬似中継器 折返し+OB0 ④	擬似中継器 所要 C./N+OB0 劣化 (④-②)
1/4	5.5	7.2	1.7	8.3	1.8	10.1	2.9
1/3	6.4	7.7	1.3	9.3	1.9	11.2	3.5
2/5	7.2	8.4	1.2	10.5	2.0	12.5	4.1
1/2	9.2	10.2	1.0	12.0	2.1	14.1	3.9
3/5	10.6	11.3	0.7	13.0	2.7	15.7	4.4
2/3	11.7	12.1	0.4	13.8	2.9	16.7	4.6
3/4	12.8	13.4	0.6	15.5	2.9	18.4	5.0
4/5	14.0	14.3	0.3	16.4	3.4	19.8	5.5
5/6	14.5	14.9	0.4	17.1	3.7	20.8	5.9
7/8	15.3	15.8	0.5	17.9	4.1	22.0	6.2
9/10	16.3	16.8	0.5	19.2	4.4	23.6	6.8

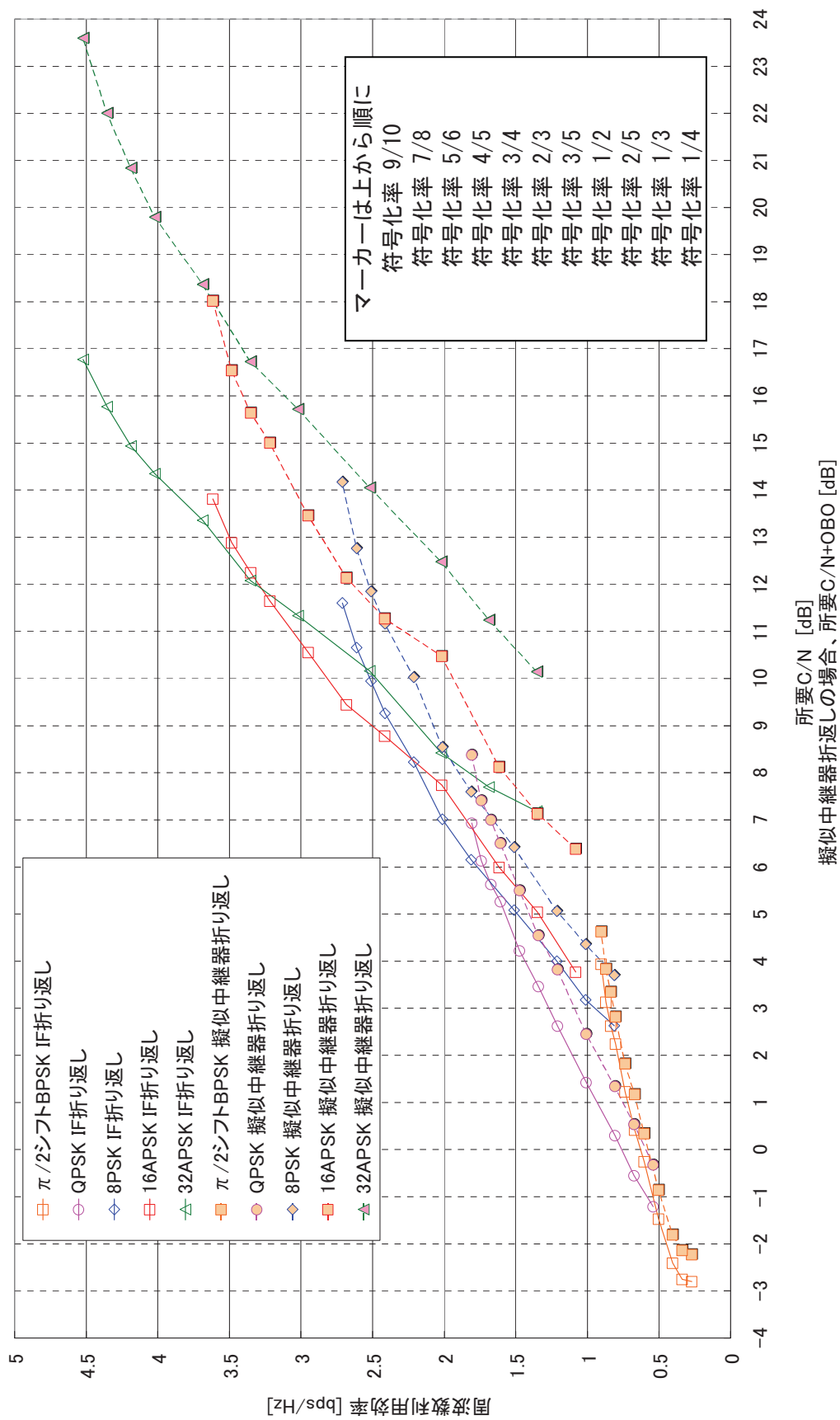


図 3 : I F 折返し/擬似中継器折返し 所要 C/N 対周波数利用効率

2-3-6 ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

実験内容：擬似中継器折返しにおいて、8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の計3方式について、ODU を挿入し、パイロット信号 ON における C/N 対ビット誤り率測定を行い、C/N 劣化量を求める。

ODU 挿入 あり/なし における擬似中継器折返しの C/N 対ビット誤り率測定結果を図4に示す。ODU の有無による所要 C/N の測定結果を表22に示す。

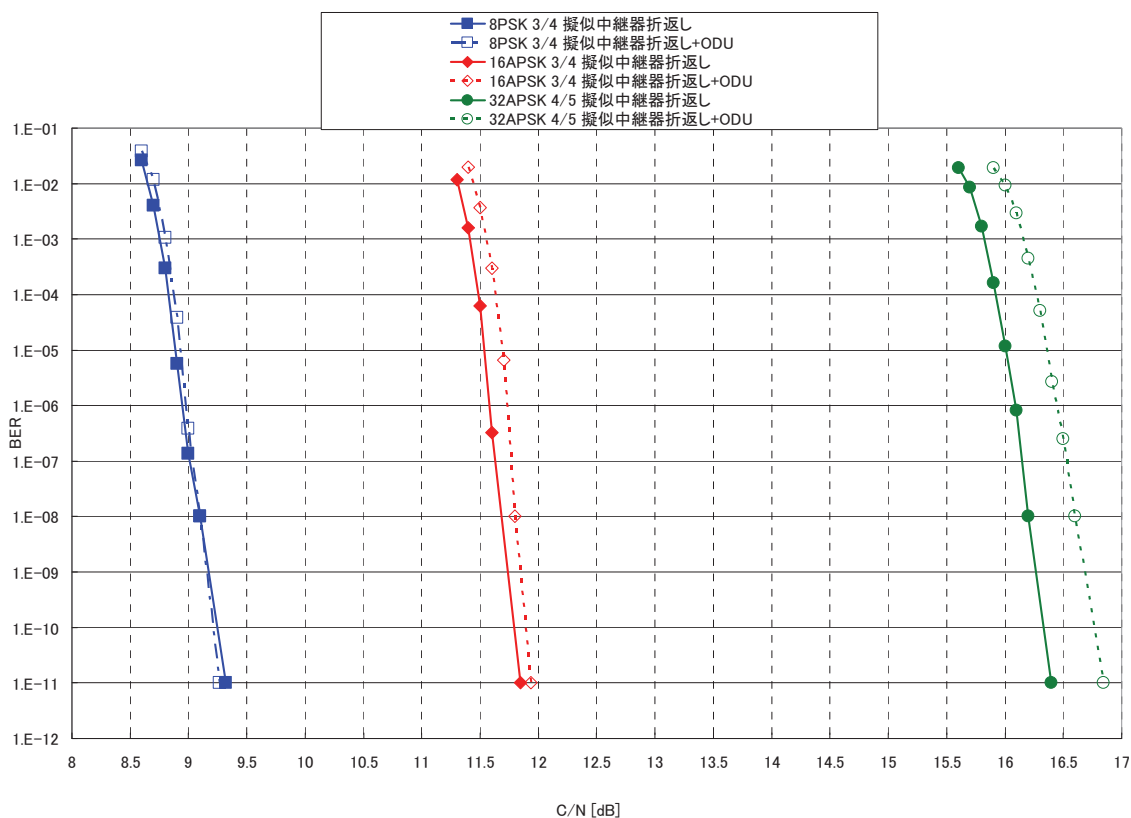


図4：ODU 挿入時の8PSK 3/4 16APSK 3/4 32APSK 4/5
擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率

表22：8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 ODU の有無による所要 C/N 一覧

伝送方式	ODU なし 所要 C/N[dB]	ODU あり 所要 C/N[dB]	C/N 劣化量[dB]
8PSK 3/4	9.3	9.3	0.0
16APSK 3/4	11.8	11.9	0.1
32APSK 4/5	16.4	16.8	0.4

2-3-7 同期限界測定

実験内容：8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の擬似中継器出力信号に対し、受信機入力前の局部発振器の周波数を 0 から±4.5MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 のキャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N の測定を実施する。

測定方法：受信機入力前の局部発振周波数変換器におけるローカル周波数偏差を 0 から±4.5MHz まで変化させ（表 23 参照）、C/N を-4dB に設定し、C/N を 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（キャプチャレンジ C/N）を測定する。続いて、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（ロックレンジ C/N）を測定する。

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 におけるキャプチャ C/N およびロック C/N の測定結果を表 23 に示す。

表 23-1：8PSK 3/4 キャプチャレンジ C/N ロックレンジ C/N 測定結果

周波数オフセット [MHz]	ローカル周波数 [MHz]	変調方式	周波数オフセット [MHz]	キャプチャ C/N	ロック C/N [dB]	備考
0	0	8PSK 120slot	0.0	-3.0	-3.1	C/N=∞で、周波数オフセット+5.5MHzのときにLockせず、+5.0MHzでLock。 周波数オフセット-5.5MHzのときにLockせず、-5.0MHzでLock。
1	1217.36		1.0	-2.9	-2.9	
-1	1215.36		-1.0	-2.9	-2.9	
2	1218.36		2.0	-2.8	-3.0	
-2	1214.36		-2.0	-2.8	-2.9	
3	1219.36		3.0	-2.8	-2.8	
-3	1213.36		-3.0	-2.8	-2.9	
4	1220.36		4.0	-2.8	-2.9	
-4	1212.36		-4.0	-2.7	-2.9	
4.5	1220.86		4.5	-2.0 -1.6(2回)	-2.8	
-4.5	1211.86		-4.5	-1.9	-2.5	

表 23-2：32APSK 4/5 キャプチャレンジ C/N ロックレンジ C/N 測定結果

周波数オフセット [MHz]	ローカル周波数 [MHz]	変調方式	周波数オフセット [MHz]	キャプチャ C/N	ロック C/N [dB]	備考
0	0	32APSK 120slot	0.0	-2.8	-2.8	
1	1217.36		1.0	-2.7	-2.7	
-1	1215.36		-1.0	-2.7	-2.7	
2	1218.36		2.0	-2.7	-2.7	
-2	1214.36		-2.0	-2.7	-2.7	
3	1219.36		3.0	-2.7	-2.7	
-3	1213.36		-3.0	-2.7	-2.7	
4	1220.36		4.0	-2.7	-2.7	
-4	1212.36		-4.0	-2.7	-2.7	
4.5	1220.86		4.5	-1.3	-2.0	
-4.5	1211.86		-4.5	-1.4	-2.4	

2-3-8 遅延時間測定

実験内容：8PSK(3/4)、32APSK(4/5)の画像エンコーダー/デコーダー折返し、I F折返し、擬似中継器折返しでの遅延時間測定。

測定方法：MPEG-2エンコーダー入力点のタイムコードを T_0 、MPEG2デコーダー出力点のタイムコードを T_e とし、上記3種類の折返しにおいて、遅延時間= T_0-T_e を測定する。測定に用いたモニター画面を図5に示す。



図5 測定に用いたモニタ画面

遅延時間測定結果を表24に示す。数値はフレームを時間に換算して示した。

表24：8PSK 3/4 32APSK 4/5 遅延時間測定結果

伝送方式	TS レート [Mbps]	映像レート [Mbps]	遅延時間					
			画像エンコーダー/ デコーダー折返し		IF 折返し		RF 折返し	
			[Frame]	[Sec]	[Frame]	[Sec]	[Frame]	[sec]
8PSK 3/4	22	20	32	1.07	36.5	1.22	36.5	1.22
8PSK 3/4	17	15	32	1.07	36	1.20	36	1.20
8PSK 3/4	69	65	32	1.07	35	1.17	36.3	1.21
32PSK 4/5	69	65	32	1.07	35.5	1.18	35.6	1.19

擬似中継器実験 付録

付録 1：擬似中継器実験付録

付録 1-1：所要 C/N の定義

付録 1-1-1：ARIB 実証実験における取得データ

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、 1×10^{-8} を補った。これは、 10^{-7} 台の BER であればビット誤りが観測される可能性が非常に高いと予想されるため、 1×10^{-8} である可能性が高いためである。

こうして得られた C/N 対 BER 特性の最も典型的なパターンは、図 6(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。しかし、中には、LDPC 符号の急峻なウォーターフォール特性のため、図 6(b)のように測定点が 10^{-2} 台と 10^{-4} 台の 2 ポイントしか測定できないものも含まれている(例. BPSK 2/5 など)。一方、多値変調方式と、低符号化率 LDPC の組み合わせについては、図 6(c)のように、ウォーターフォール特性が緩やかになる(例. 32APSK 1/4 など)。

こうしたデータから、一般に所要 C/N の定義に使われることの多い、BER= 10^{-11} を満たす C/N 値を求める必要がある。

そこで、本実証実験においては、以下に述べる手法により所要 C/N を求めることとした。

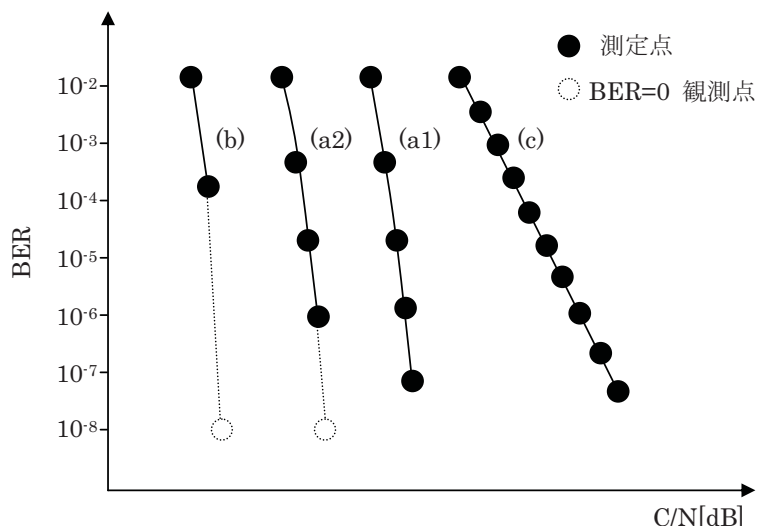


図 6 取得データのパターン

付録 1-1-2 : 所要 C/N の導出手法

図 7 に示すように、C/N の高い方から 3 点のサンプル(P₁、P₂、P₃)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、P₁~P₂間の勾配および P₂~P₃間の勾配の平均値を勾配とし、P₃を始点とする直線が BER=10⁻¹¹ と交差する点を P₄とし、P₄に対応する C/N を所要 C/N とした。

ここで、各点の CN、BER を、P₁(CN₁、BER₁)、P₂(CN₂、BER₂)、P₃(CN₃、BER₃)、P₄(CN₄、10⁻¹¹)、とおくと、所要 C/N は次式で求まる。

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

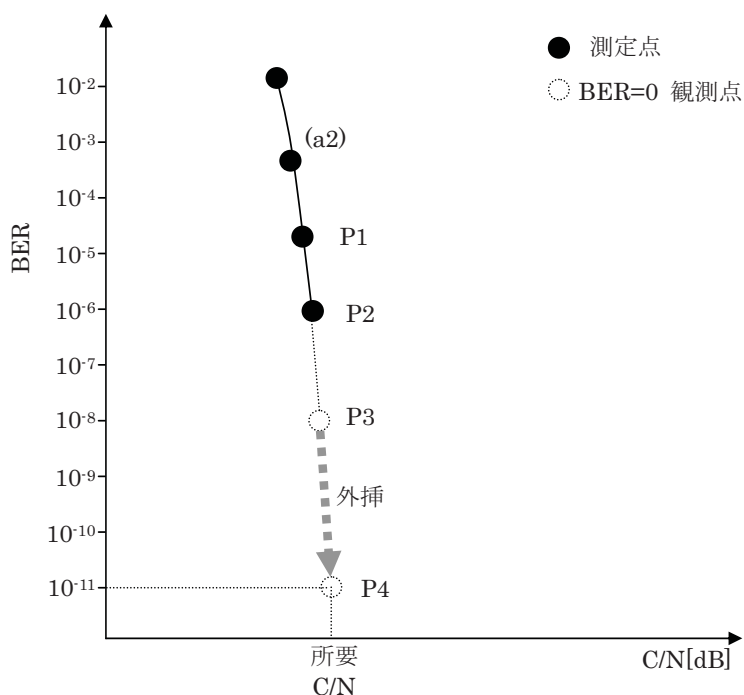


図 7 データの外挿による所要 C/N の導出

付録 1-2 : ARIB 実験で使用した ODU 性能一覧

市販の 7 式の衛星放送受信アンテナの ODU 部のみを取り外し、電波無響箱における受信実験を行った。また、同波管タイプの ODU についても同様に実験を行った。各 ODU の 1kHz オフセットでの位相雑音値を表に示す。また、位相雑音特性を図 8-A~H に示す。

位相雑音特性の類似性から、大きく 4 つのグループに分けられる。

第 1 グループ : E

第 2 グループ : C、F

第 3 グループ : A、B、D、G

第 4 グループ : H

今回はサンプル数の多い第 3 グループから A を選択し、位相雑音特性の最も悪いサンプルとして H を選択した。

表 25 位相雑音特性一覧

種別	位相雑音 (dBc/Hz 1kHz オフセット)
A	-81.25
B	-79.99
C	-77.58
D	-83.11
E	-85.95
F	-78.51
G	-80.79
H	-60.51

図 8-A : 位相雑音特性

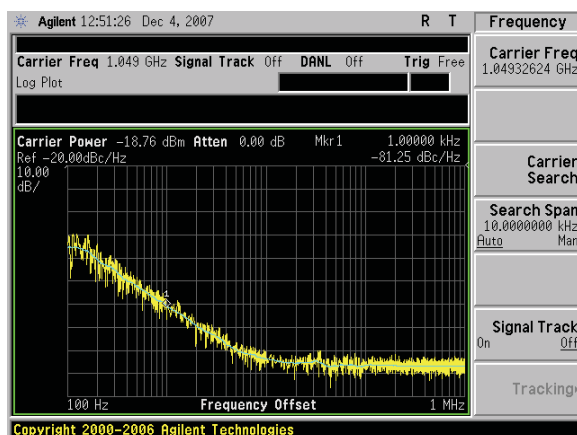


図 8-B : 位相雑音特性

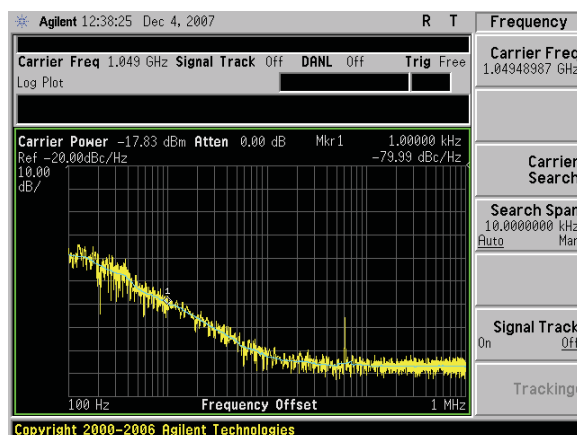


図 8-C : 位相雑音特性

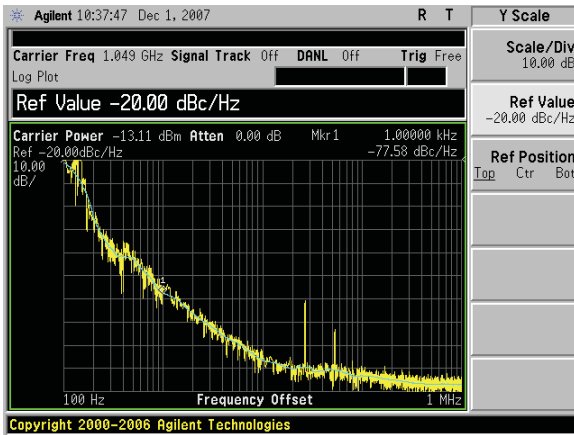


図 8-D : 位相雑音特性

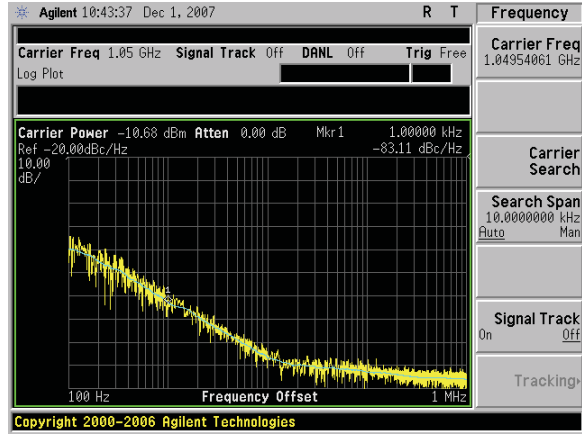


図 8-E : 位相雑音特性

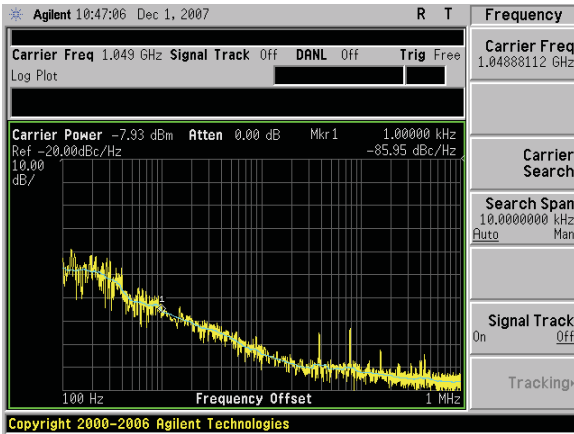


図 8-F : 位相雑音特性

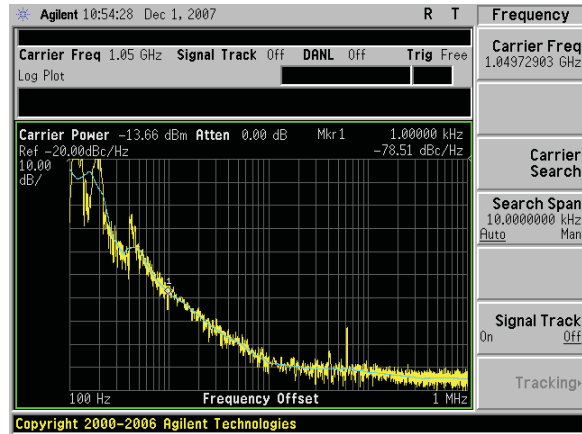


図 8-G : 位相雑音特性

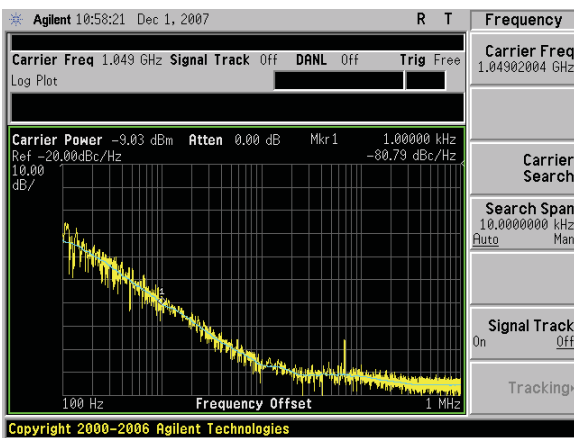
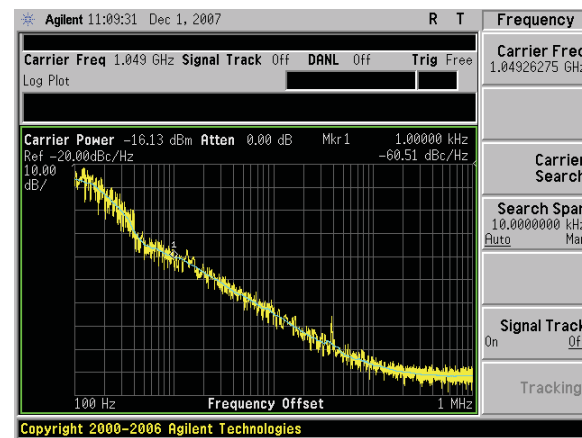


図 8-H (同波管接続) : 位相雑音特性



付録 1-3 : スペクトラム写真
 付録 1-3-1 : 干渉実験 (3.3 節)



写真 1-1.

与干渉 32APSK(15ch) ⇒ 被干渉 32APSK(17ch)

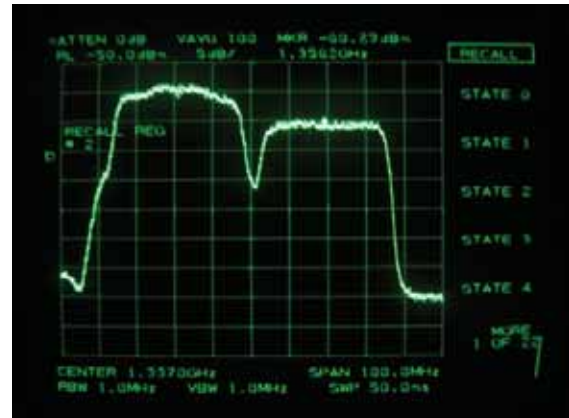


写真 1-4

与干渉 8PSK(15ch) ⇒ 被干渉 32APSK(17ch)



写真 1-2

与干渉 16APSK(15ch) ⇒ 被干渉 32APSK(17ch)



写真 1-5

与干渉 8PSK(15ch) ⇒ 被干渉 16APSK(17ch)

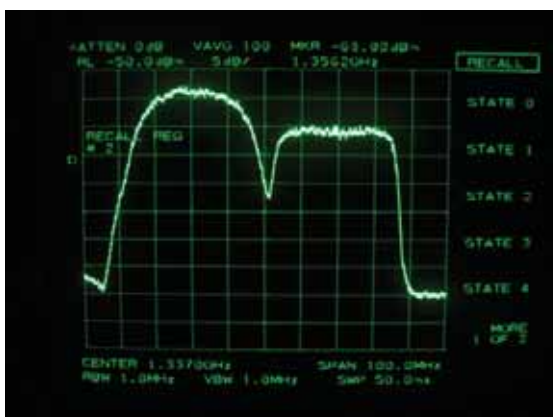


写真 1-3

(与干渉 ISDB-S(15ch) ⇒ 被干渉 32APSK(17ch))



写真 1-6

与干渉 8PSK(15ch) ⇒ 被干渉 8PSK(17ch)

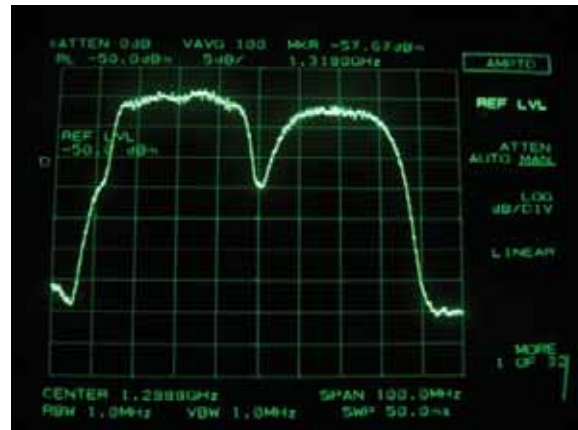


写真 1-7

与干涉 8PSK (15ch) ⇒ 被干涉 ISDB-S 8PSK (17ch)

付録 1-3-2 : 擬似中継器折返し スペクトラム 占有帯域幅 (3.4 節)

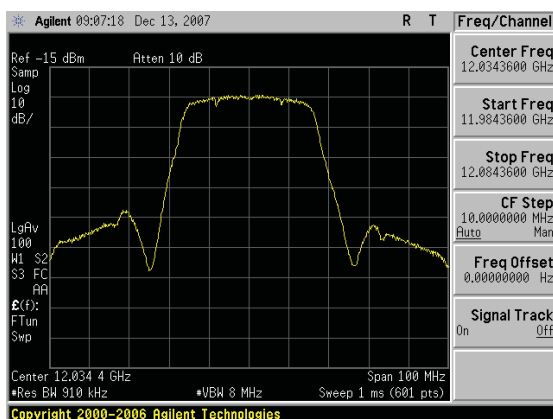


写真 2-1 BPSK(1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

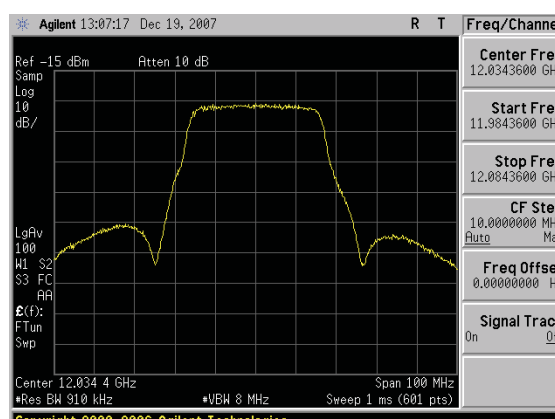


写真 2-4 16APSK(1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

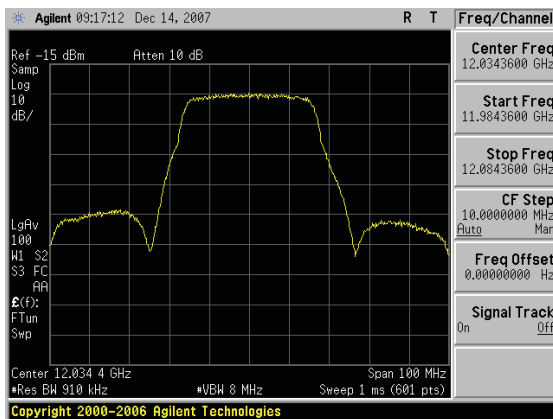


写真 2-2 QPSK(3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

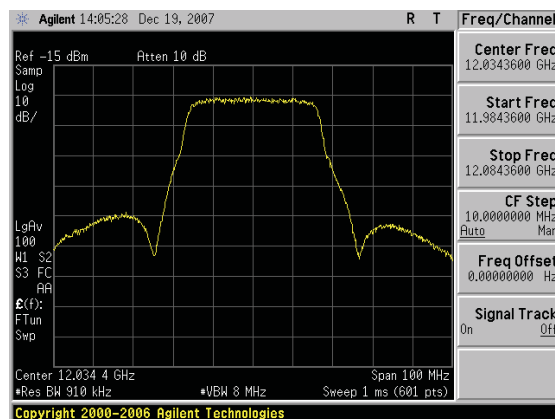


写真 2-5 16APSK(1/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

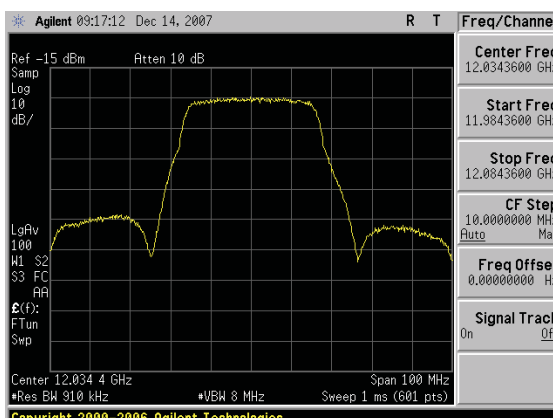


写真 2-3 8PSK(3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

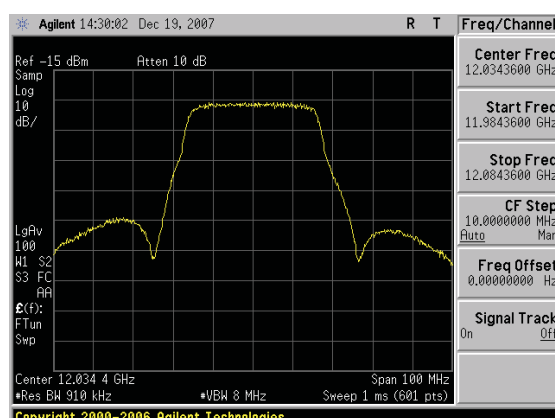


写真 2-6 16APSK(1/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

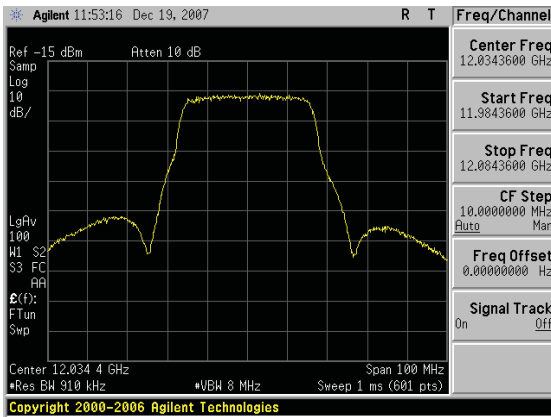


写真 2-7 16APSK (2/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

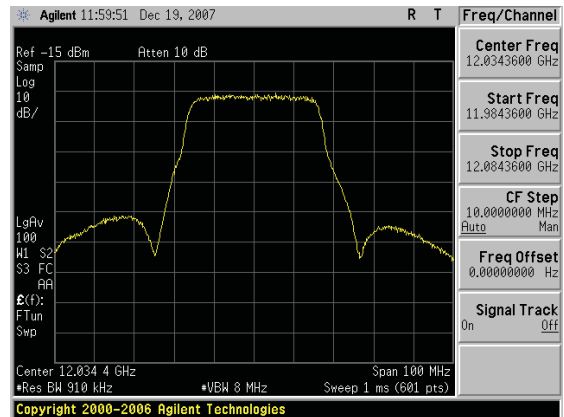


写真 2-9 16APSK (3/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

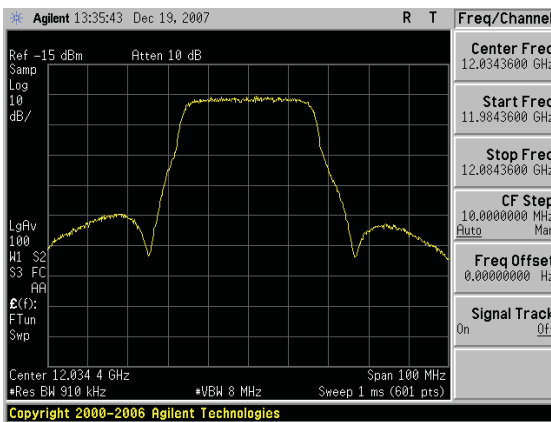


写真 2-8 16APSK (2/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

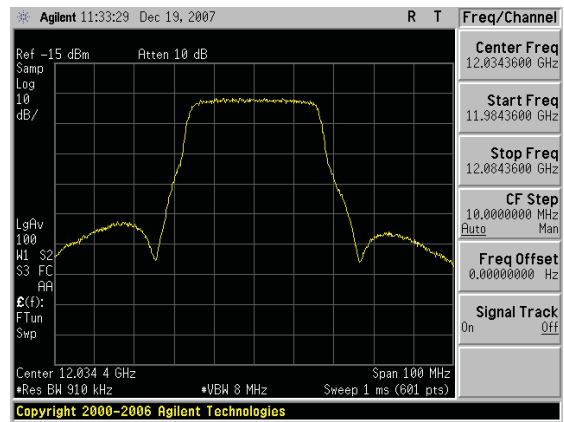


写真 2-10 16APSK (4/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

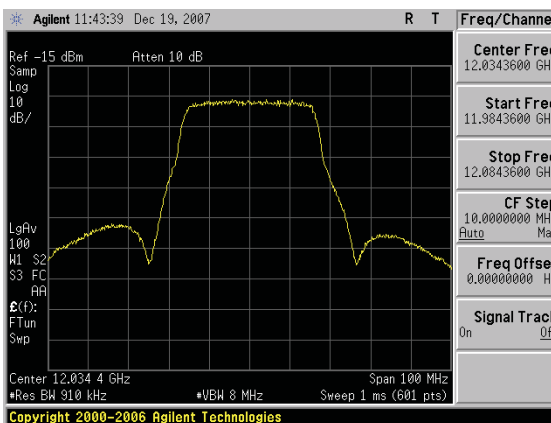


写真 2-9 16APSK (3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

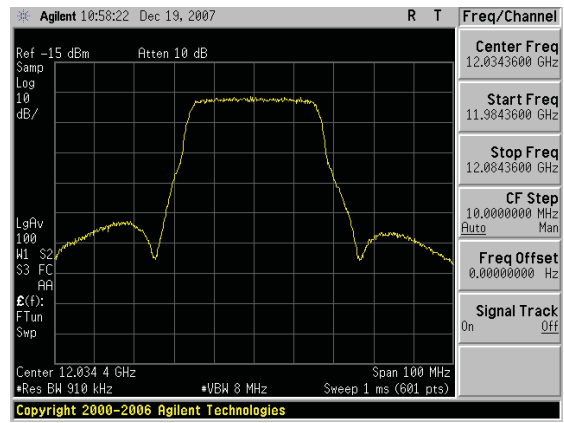


写真 2-11 16APSK (5/6) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

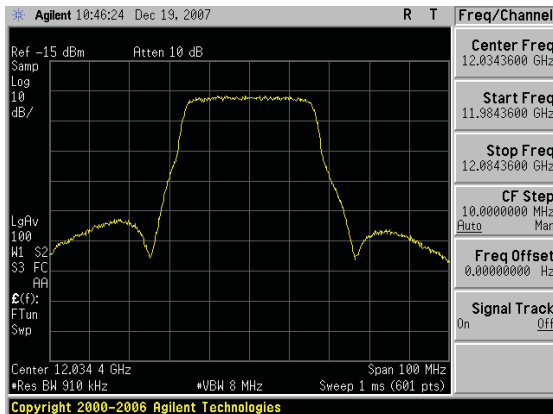


写真 2-12 16APSK (7/8) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

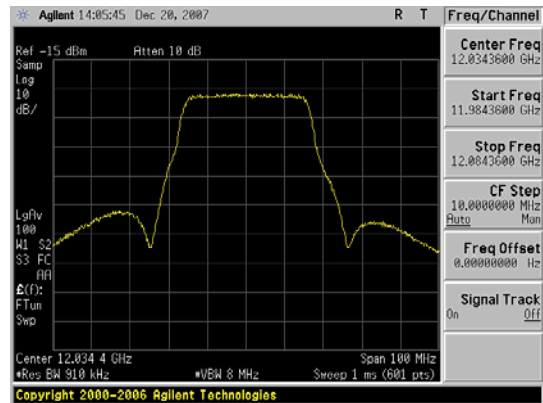


写真 2-15 32APSK (1/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

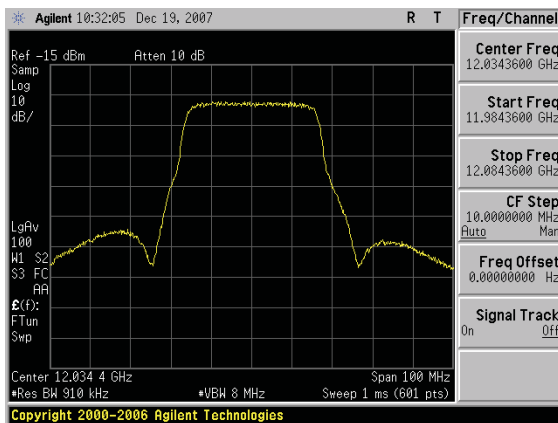


写真 2-13 16APSK (9/10) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

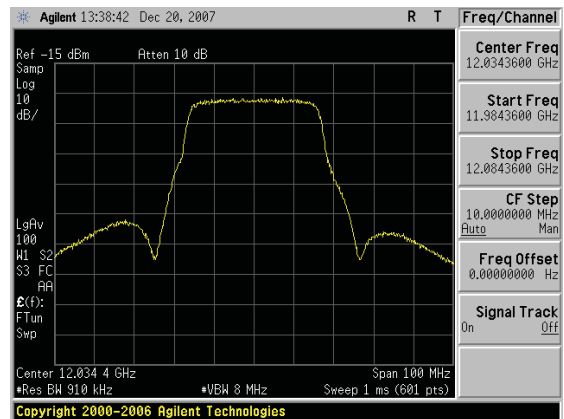


写真 2-16 32APSK (2/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

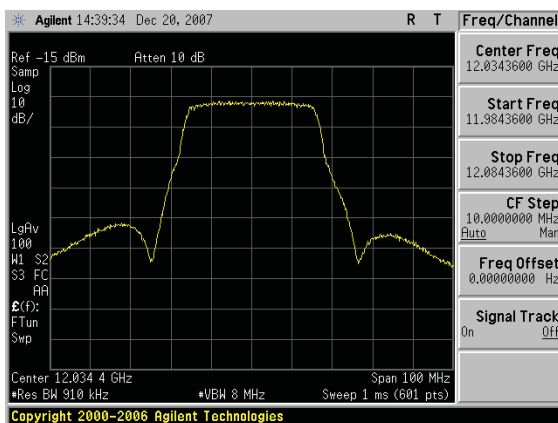


写真 2-14 32APSK (1/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

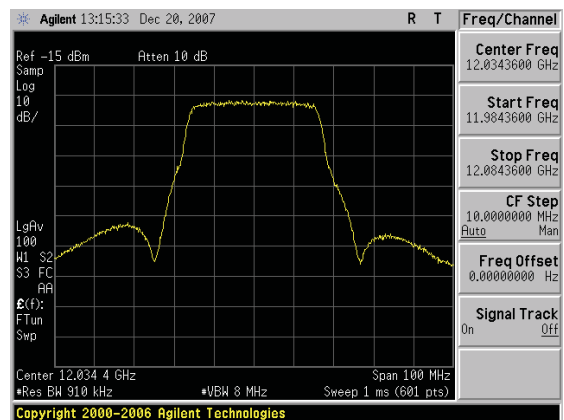


写真 2-17 32APSK (1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

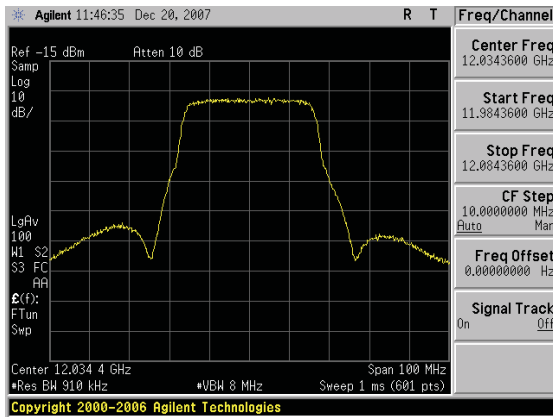


写真 2-18 32APSK (3/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

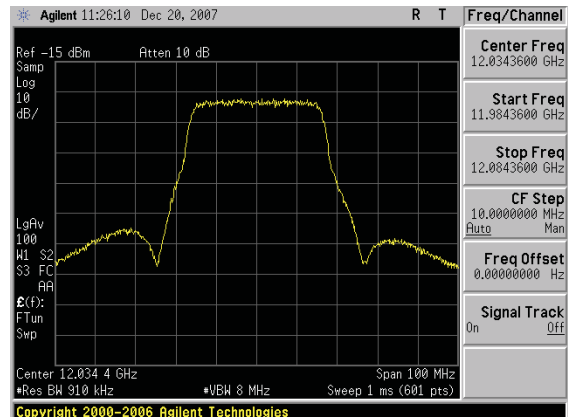


写真 2-20 32APSK (3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

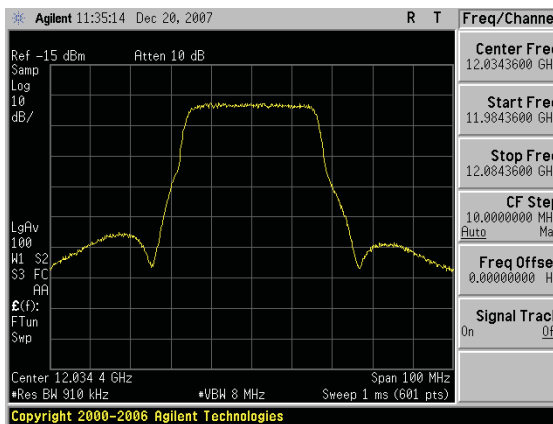


写真 2-19 32APSK (2/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

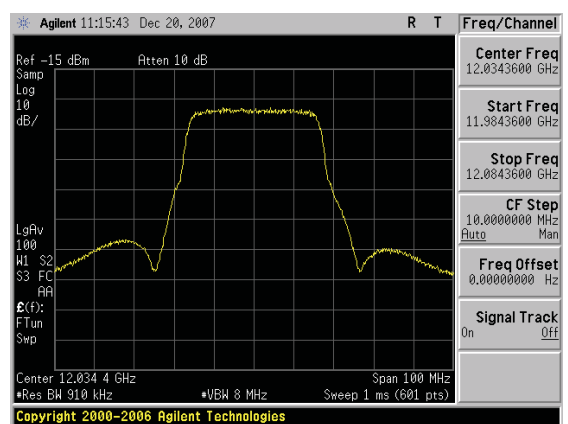


写真 2-21 32APSK (4/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

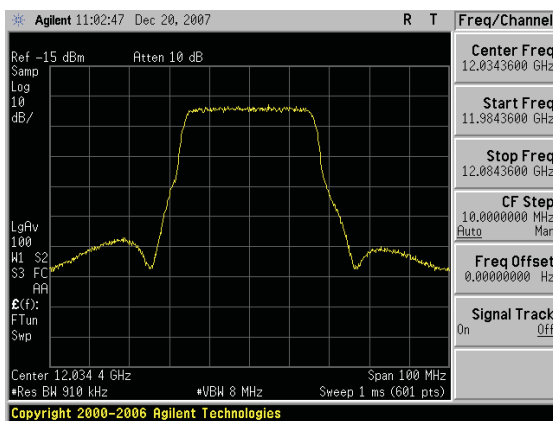


写真 2-22 32APSK (5/6) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

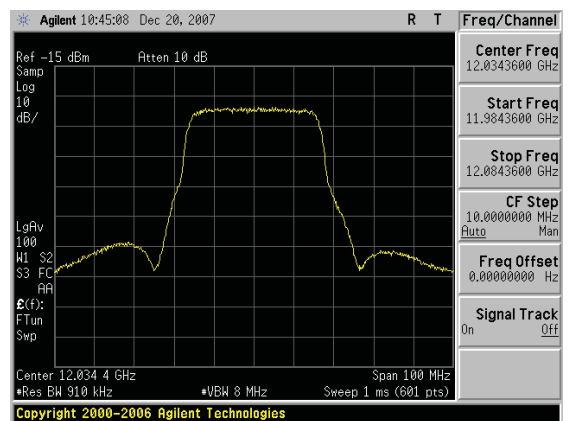


写真 2-23 32APSK (7/8) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=32.9MHz)

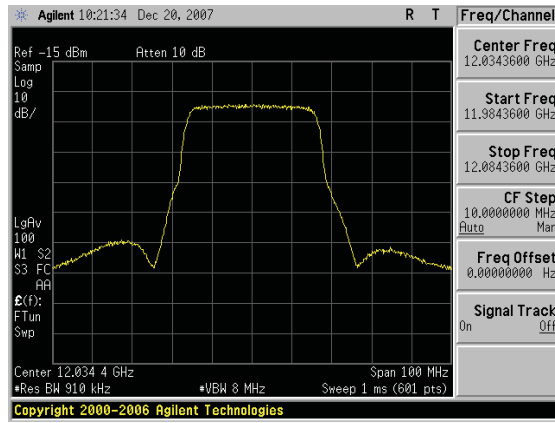


写真 2-24 32APSK(9/10) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

付録 1-4 : コンスタレーション写真(3.5 節)

・ $\pi/2$ シフト BPSK

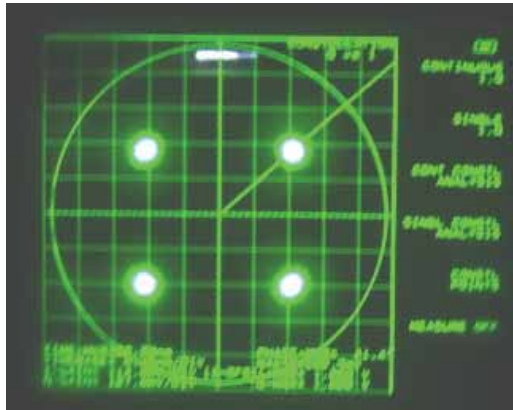


写真 3-1 BPSK IF 折返し
のコンスタレーション

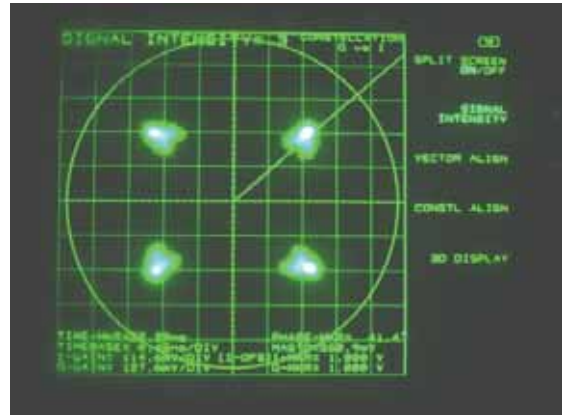


写真 3-2 BPSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ QPSK

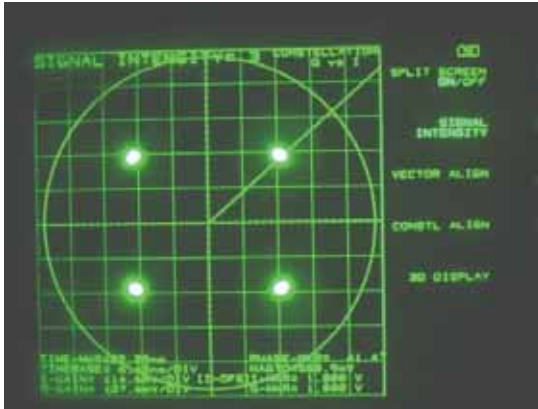


写真 4-1 QPSK IF 折返し
のコンスタレーション



写真 3-5 QPSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ 8PSK

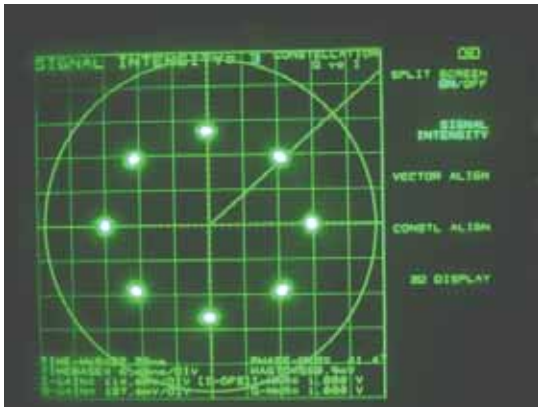


写真 5-1 8PSK IF 折返し
のコンスタレーション



写真 5-2 8PSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

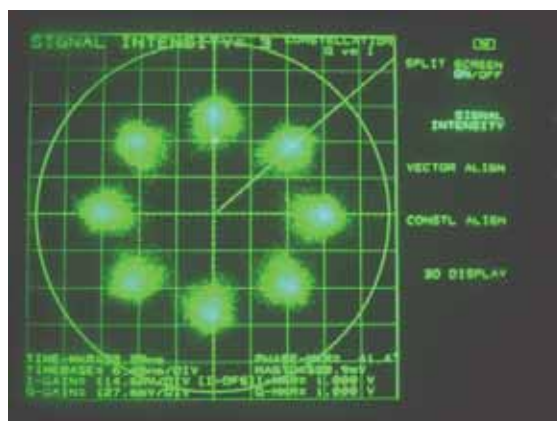


写真 5-3 8PSK 擬似中継器折返しのコスタレーション(ODU あり)

・ 16APSK



写真 6-1-1 16APSK(1/4) IF 折返しの
コスタレーション

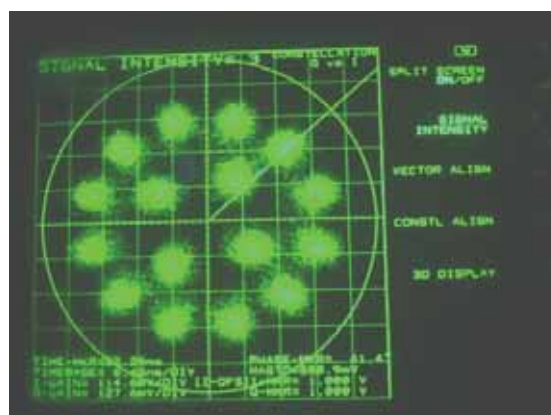


写真 6-1-2 16APSK(1/4) 擬似中継器
折返しのコスタレーション



写真 6-2-1 16APSK(1/3) IF 折返しの
コスタレーション



写真 6-2-2 16APSK(1/3) 擬似中継器
折返しのコスタレーション

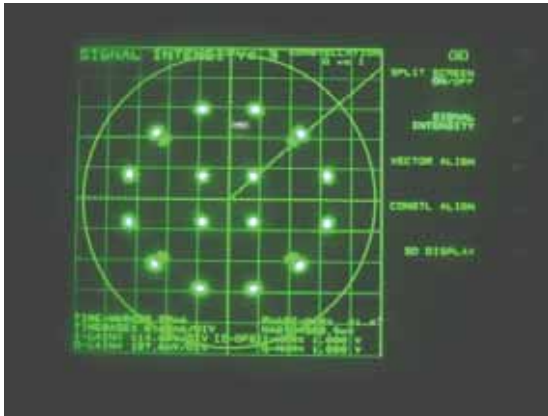


写真 6-3-1 16APSK(2/5) IF 折返しの
コンスタレーション

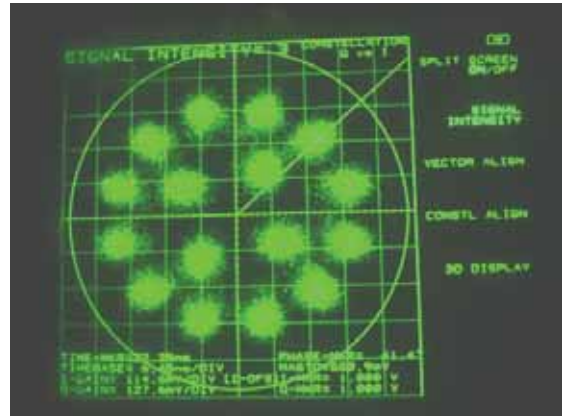


写真 6-3-2 16APSK(2/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

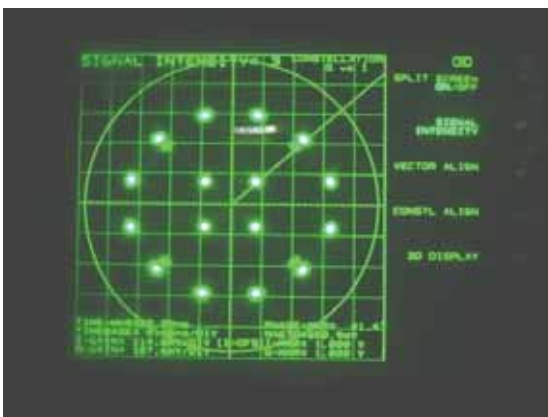


写真 6-4-1 16APSK(1/2) IF 折返しの
コンスタレーション

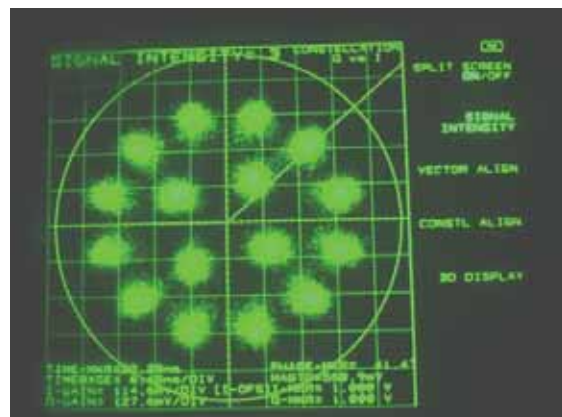


写真 6-4-2 16APSK(1/2) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション



写真 6-5-1 16APSK(3/5) IF 折返しの
コンスタレーション



写真 6-5-2 16APSK(3/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

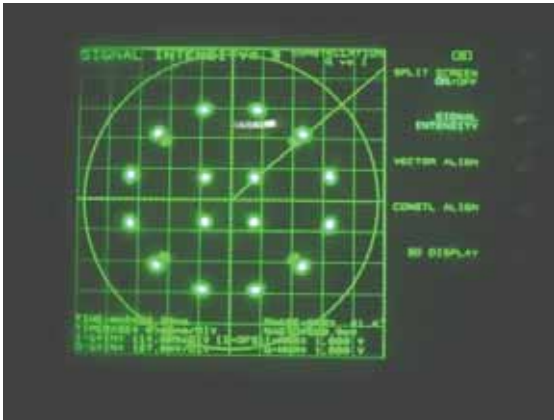


写真 6-6-1 16APSK(2/3) IF 折返しの
コンスタレーション

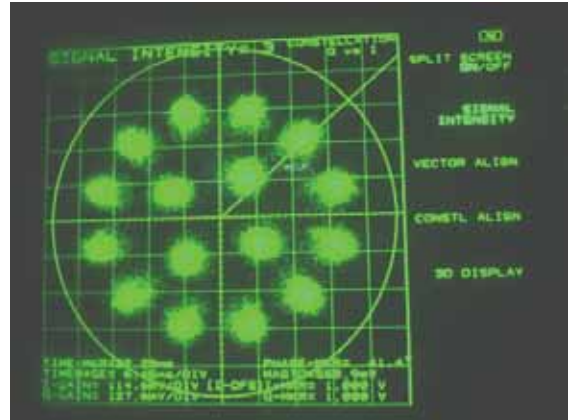


写真 6-6-2 16APSK(2/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

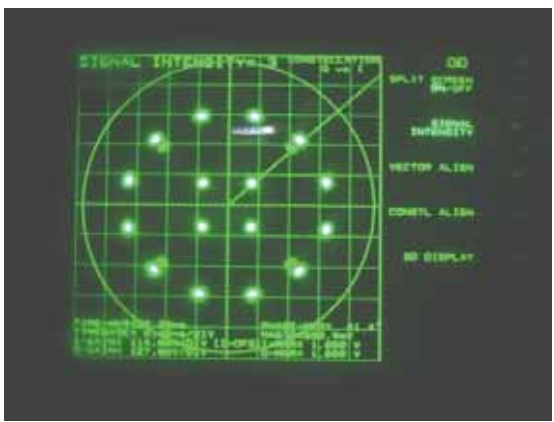


写真 6-7-1 16APSK(3/4) IF 折返しの
コンスタレーション

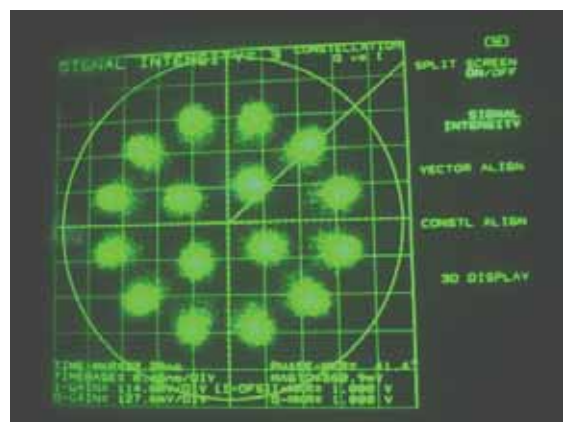


写真 6-7-2 16APSK(3/4) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

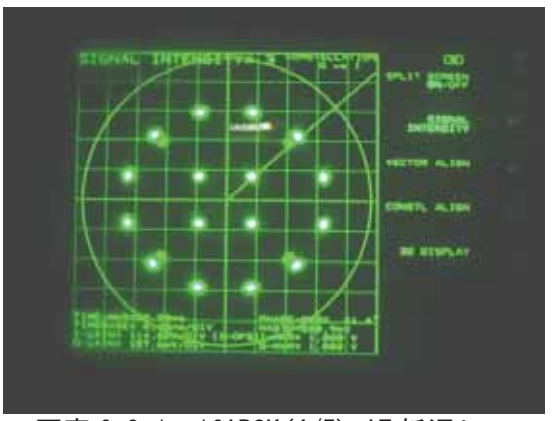


写真 6-8-1 16APSK(4/5) IF 折返しの
コンスタレーション

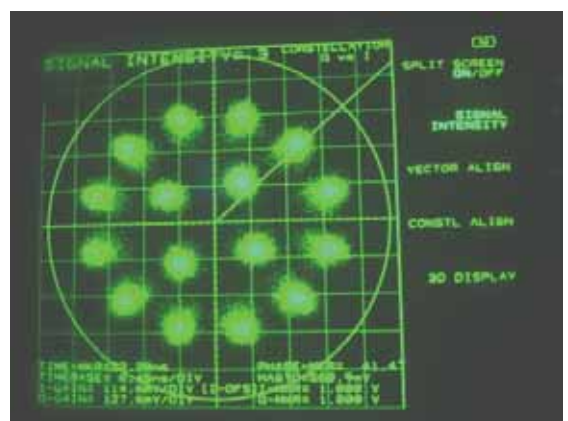


写真 6-8-2 16APSK(4/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

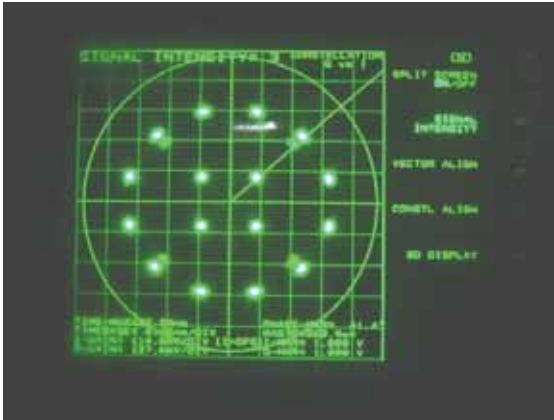


写真 6-9-1 16APSK(5/6) IF 折返しの
コンスタレーション

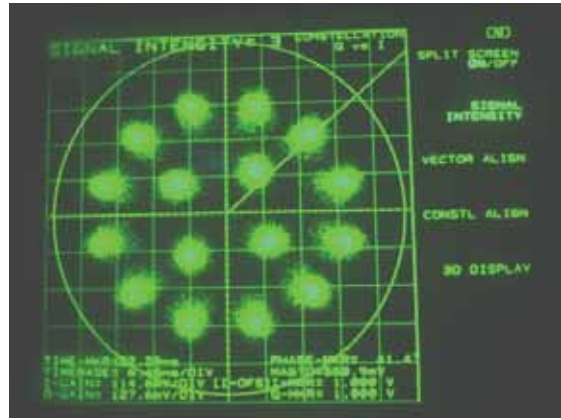


写真 6-9-2 16APSK(5/6) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

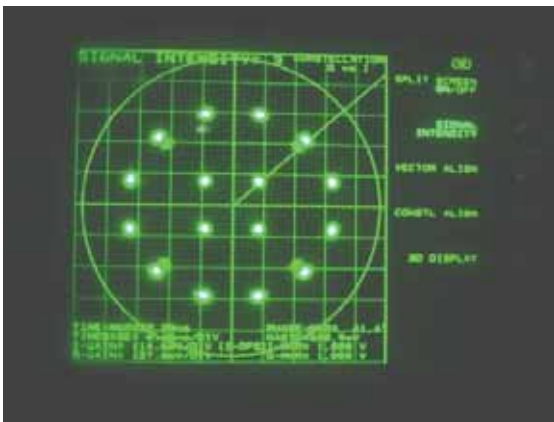


写真 6-10-1 16APSK(7/8) IF 折返しの
コンスタレーション

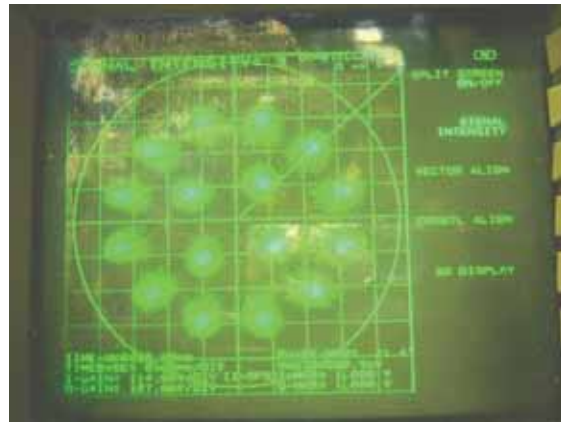


写真 6-10-2 16APSK(7/8) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション



写真 6-11-1 16APSK(9/10) IF 折返しの
コンスタレーション

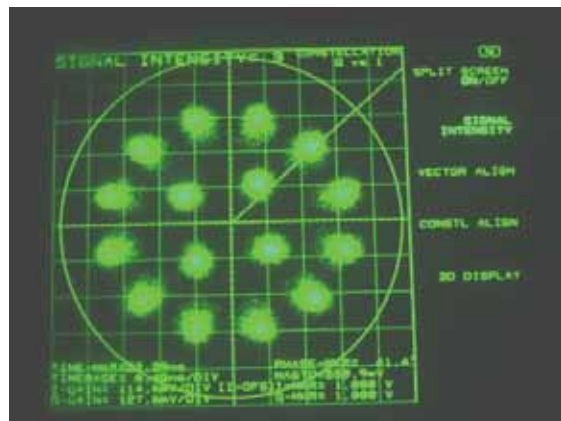


写真 6-11-2 16APSK(9/10) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ 32APSK

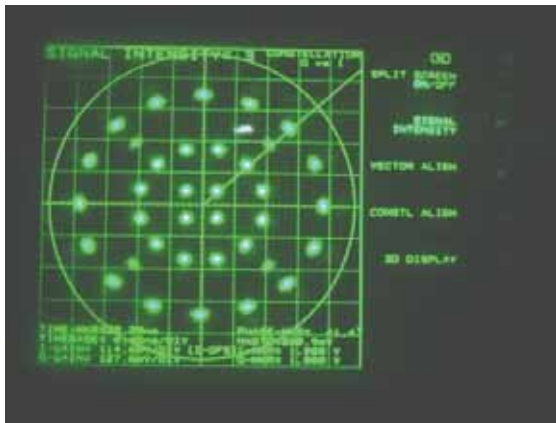


写真 7-1-1 32APSK(1/4) IF 折返しの
コンスタレーション

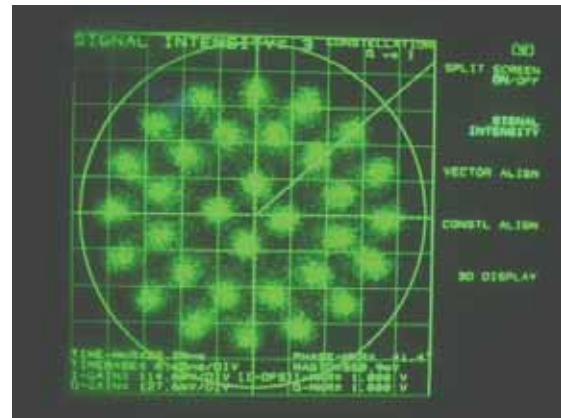


写真 7-1-2 32APSK(1/4) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

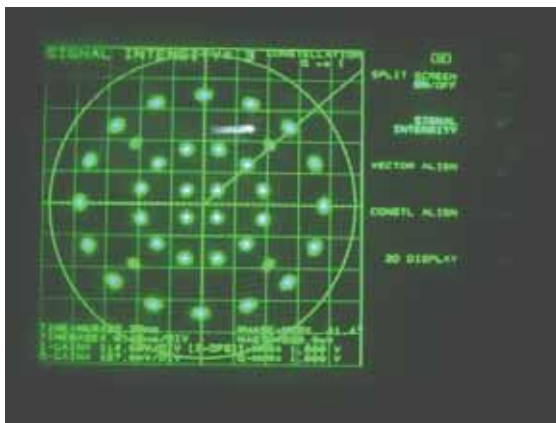


写真 7-2-1 32APSK(1/3) IF 折返しの
コンスタレーション

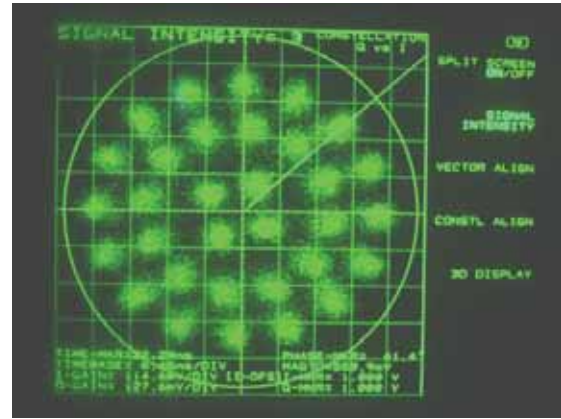


写真 7-2-2 32APSK(1/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

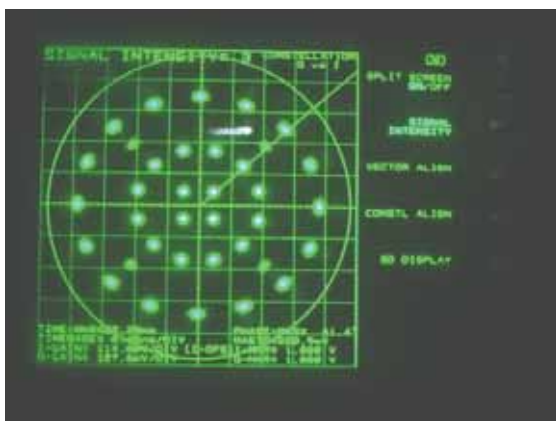


写真 7-3-1 32APSK(2/5) IF 折返しの
コンスタレーション

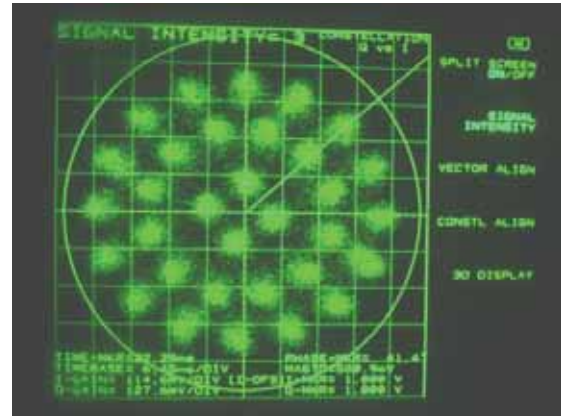


写真 7-3-2 32APSK(2/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

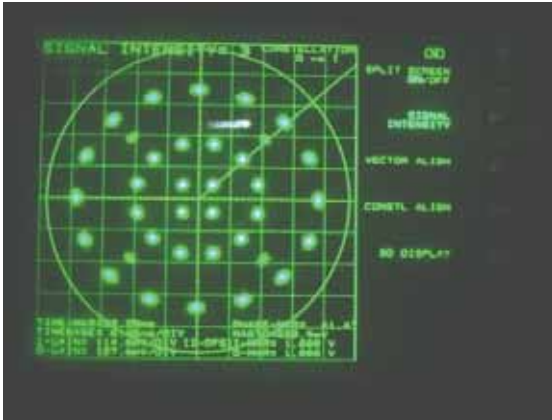


写真 7-4-1 32APSK(1/2) IF 折返しの
コンスタレーション

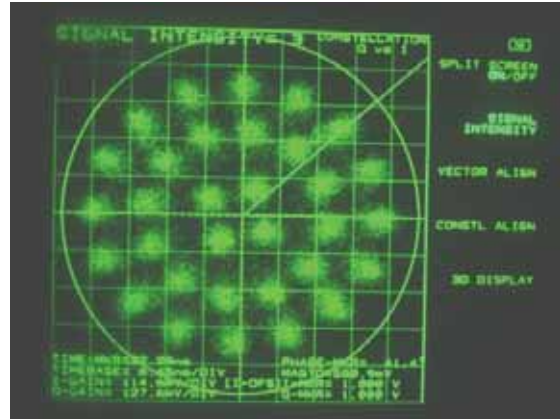


写真 7-4-2 32APSK(1/2) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

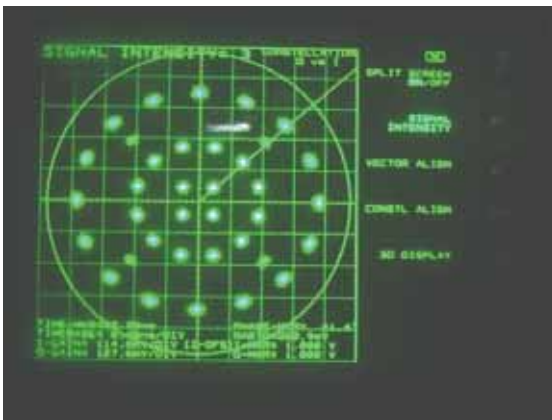


写真 7-5-1 32APSK(3/5) IF 折返しの
コンスタレーション

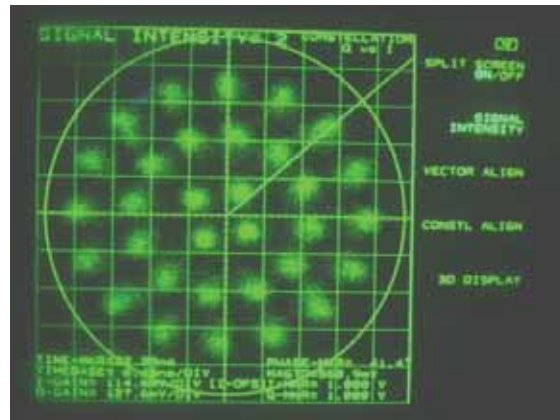


写真 7-5-2 32APSK(3/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

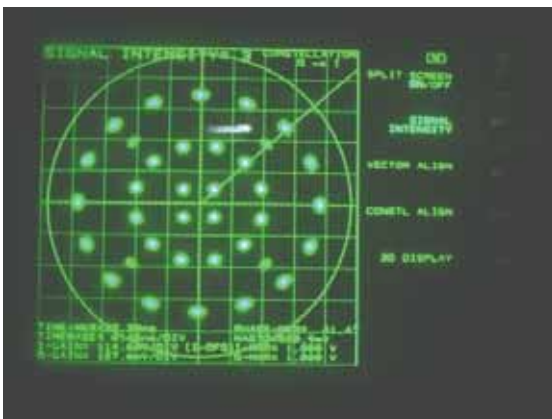


写真 7-6-1 32APSK(2/3) IF 折返しの
コンスタレーション

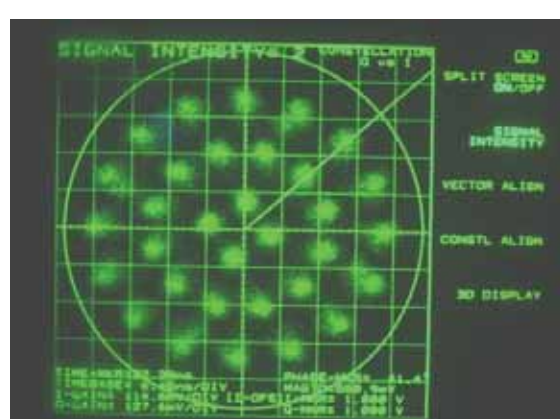


写真 7-6-2 32APSK(2/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

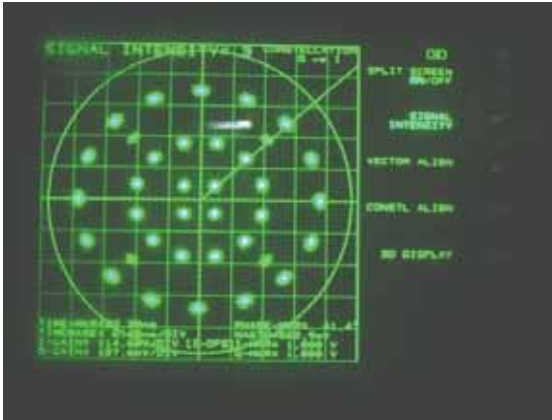


写真 7-7-1 32APSK(3/4) IF 折返し
のコンスタレーション

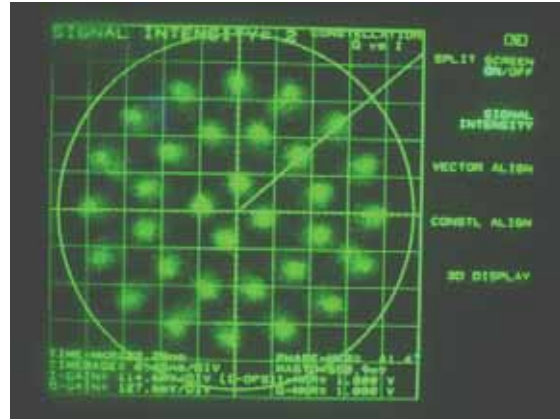


写真 7-7-2 32APSK(3/4) 擬似中継器
折返しコンスタレーション

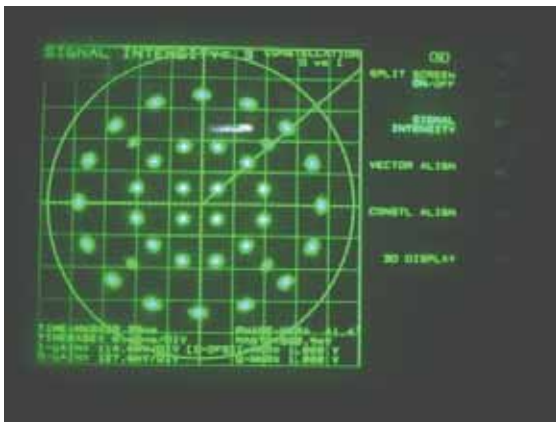


写真 7-8-1 32APSK(4/5) IF 折返し
のコンスタレーション

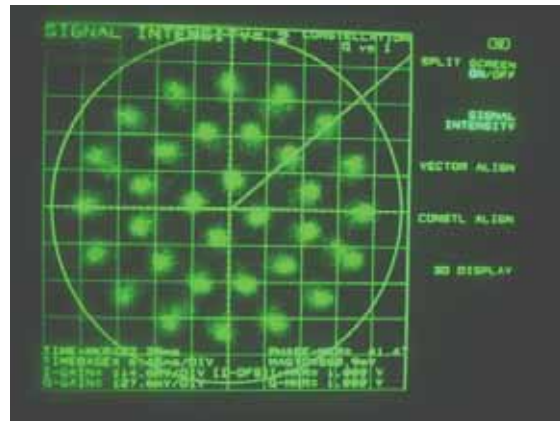


写真 7-8-2 32APSK(4/5) 擬似中継器
折返しコンスタレーション

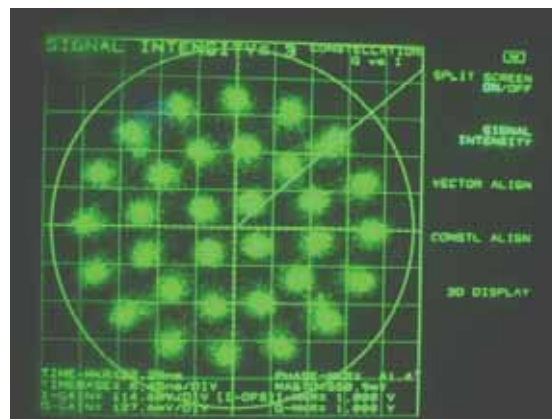


写真 7-8-3 32APSK(4/5) 擬似中継器
折返しコンスタレーション (ODU 入り)

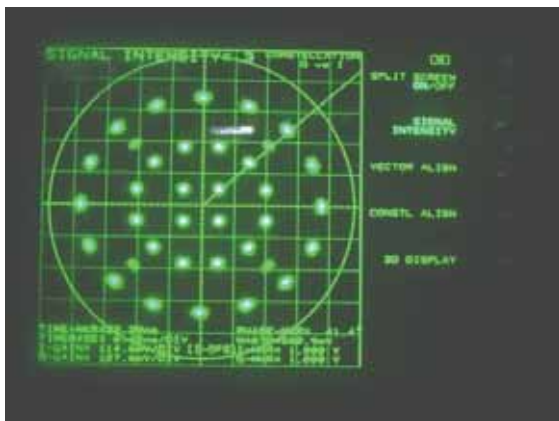


写真 7-9-1 32APSK(5/6) IF折返しの
コンスタレーション

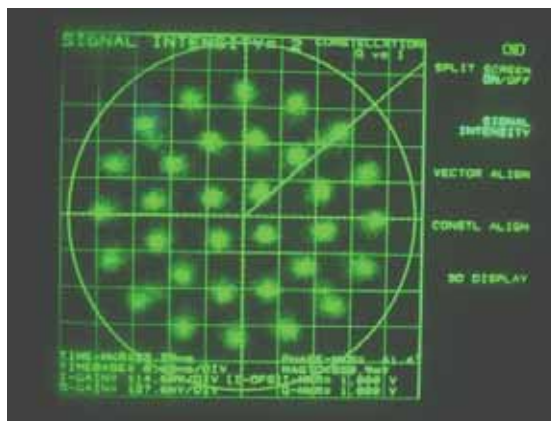


写真 7-9-2 32APSK(5/6) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

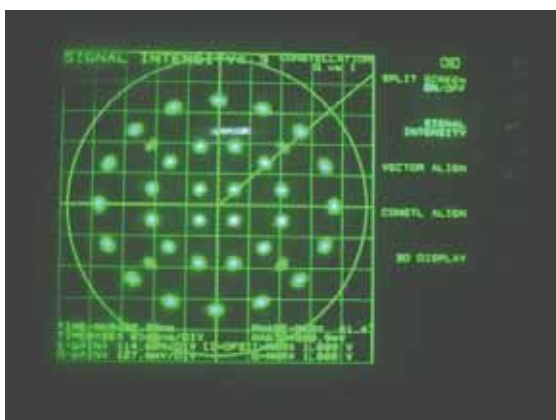


写真 7-10-1 32APSK(7/8) IF折返しの
コンスタレーション



写真 7-10-2 32APSK(7/8) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

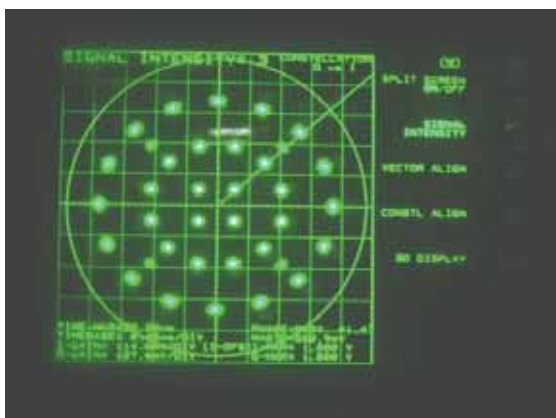


写真 7-11-1 32APSK(9/10) IF折返しの
コンスタレーション

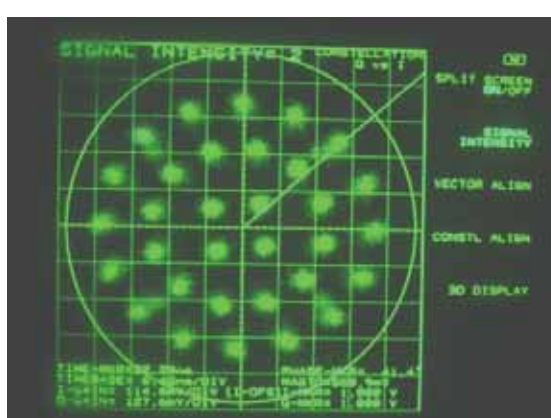


写真 7-11-2 32APSK(9/10) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

付録 1-5 IF 折返し、疑似中継器折返し C/N 対ビット誤り率特性

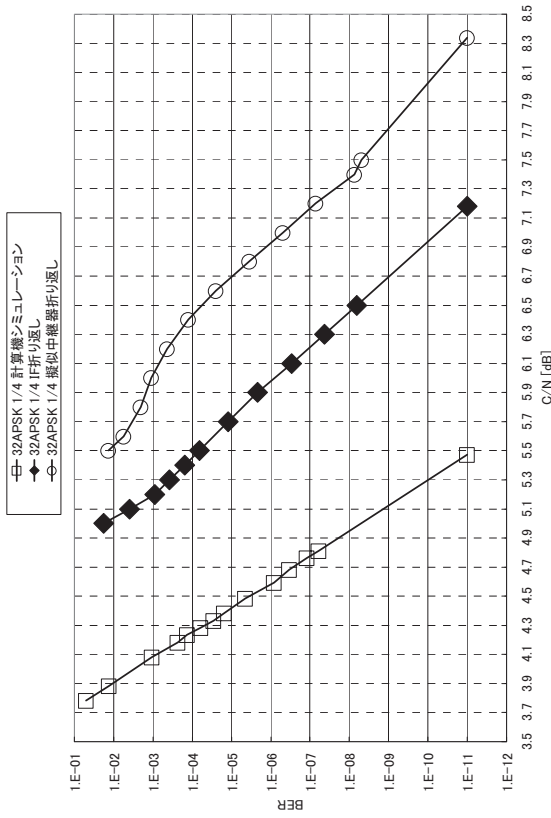


図 9a $\pi/2$ シフト BPSK1/4

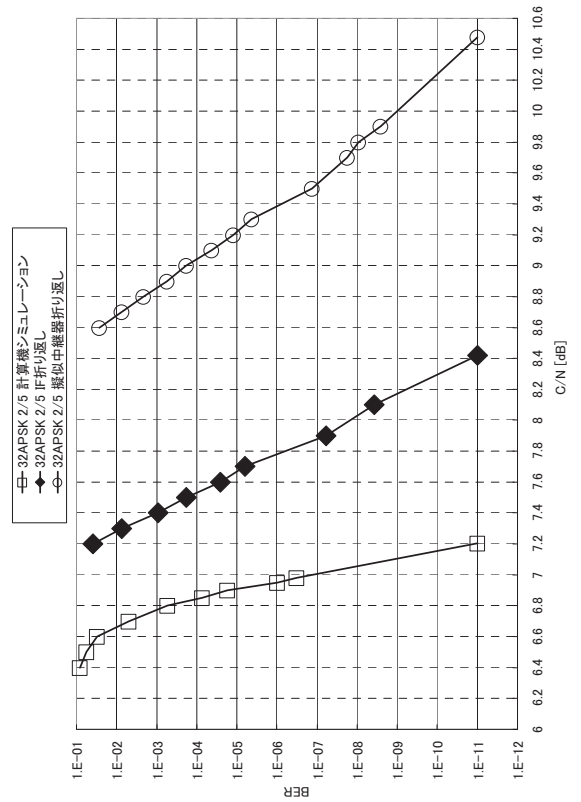


図 9c $\pi/2$ シフト BPSK2/5

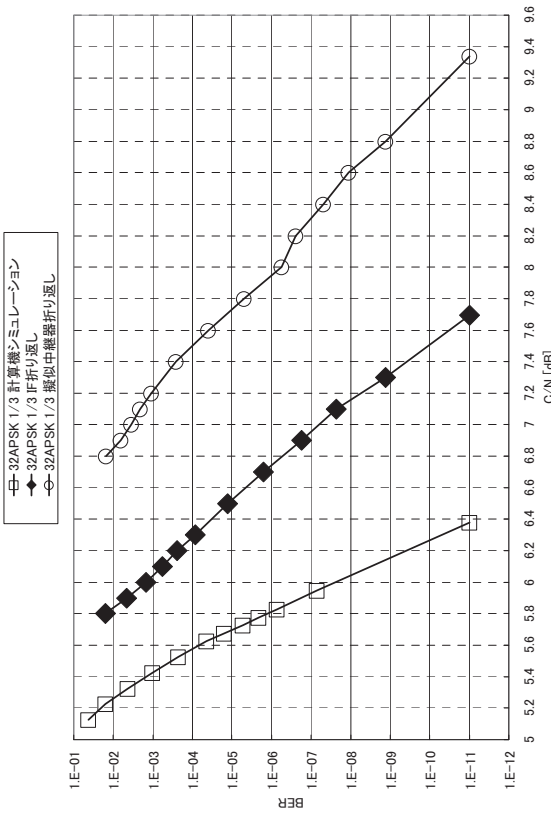


図 9b $\pi/2$ シフト BPSK1/3

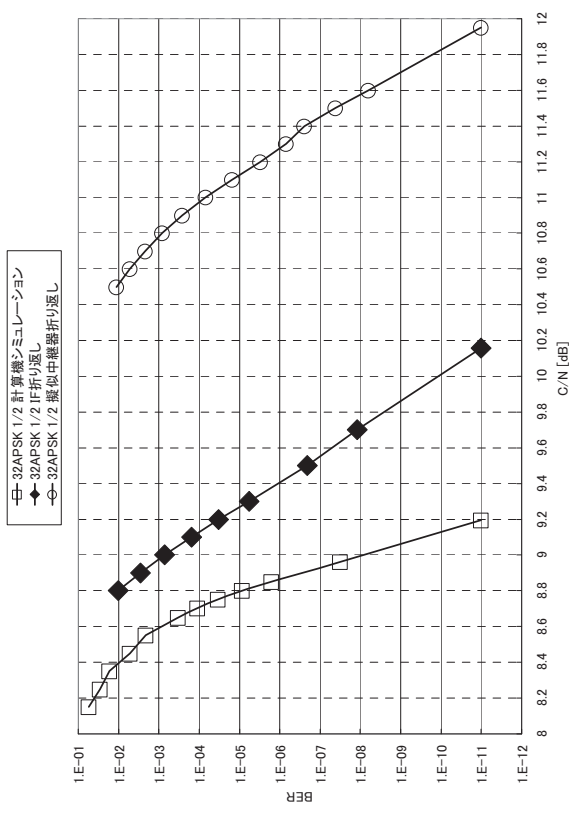


図 9d $\pi/2$ シフト BPSK1/2

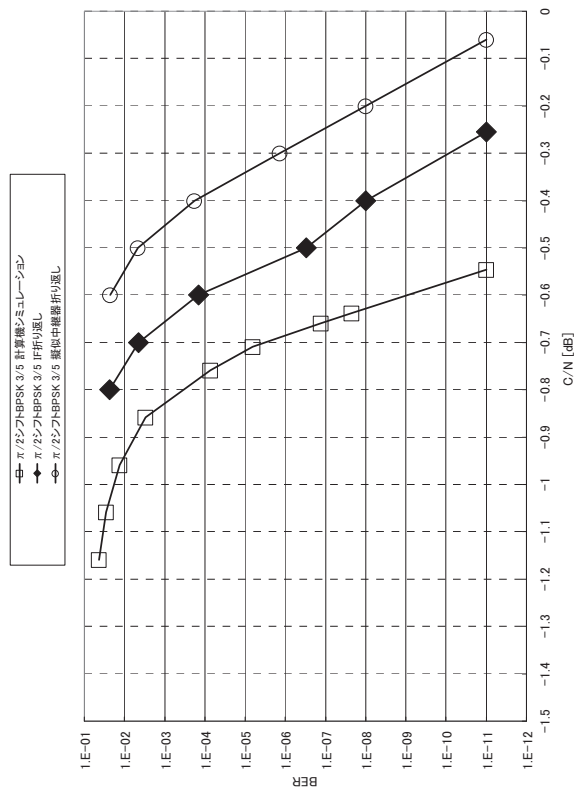


図 9e $\pi/2$ シフト BPSK3/5

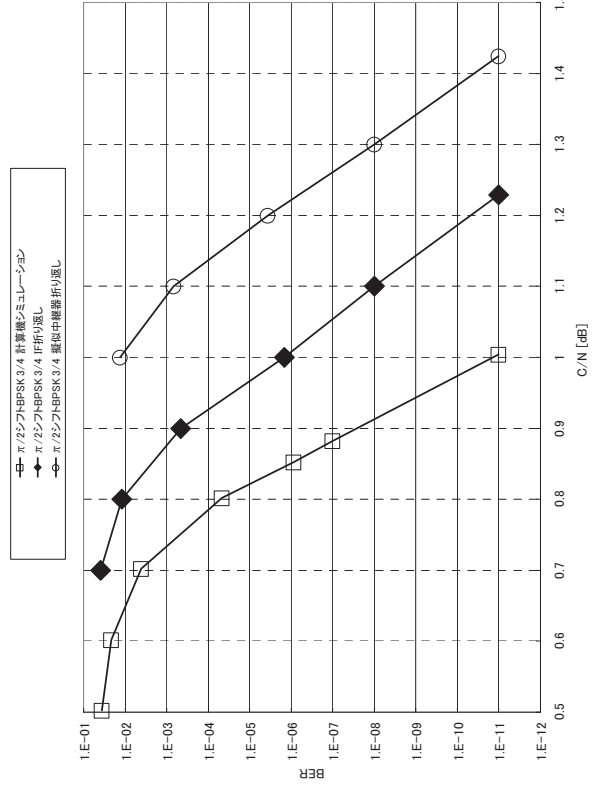


図 9g $\pi/2$ シフト BPSK3/4

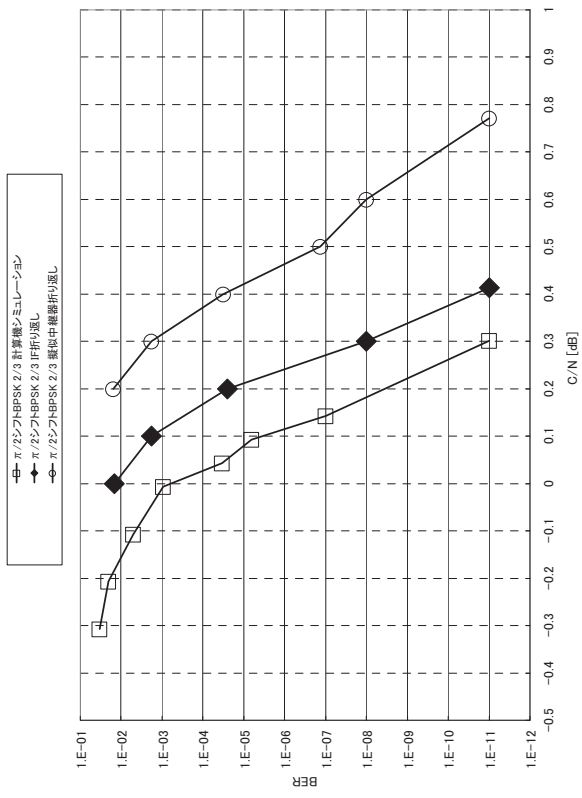


図 9f $\pi/2$ シフト BPSK2/3

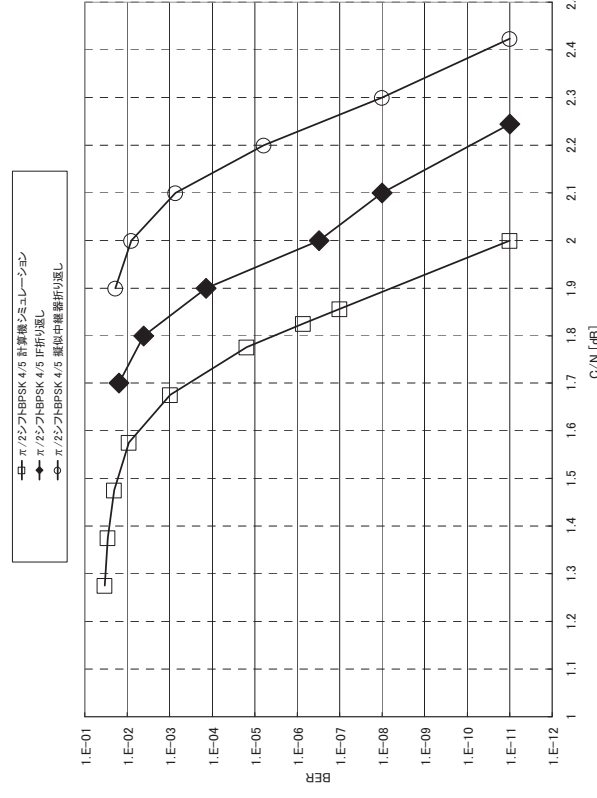


図 9h $\pi/2$ シフト BPSK4/5

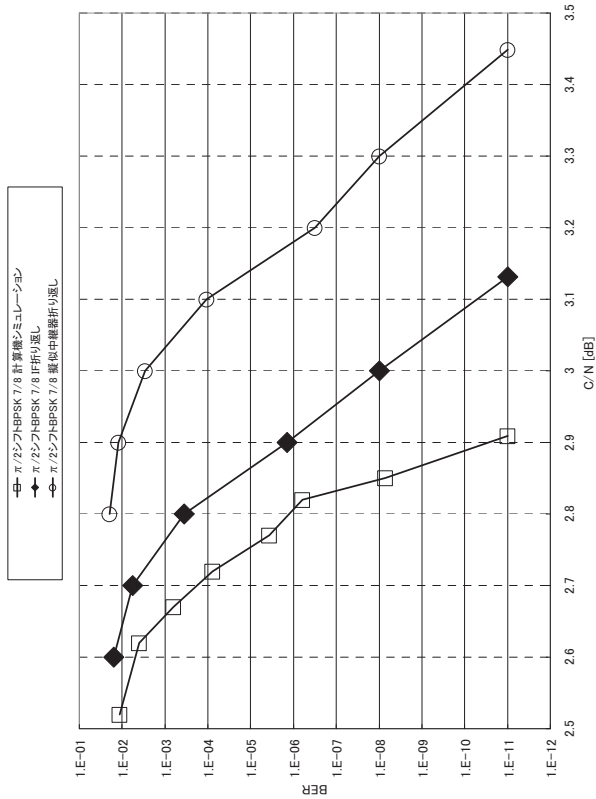


図 9j $\pi/2$ シフト BPSK 7/8

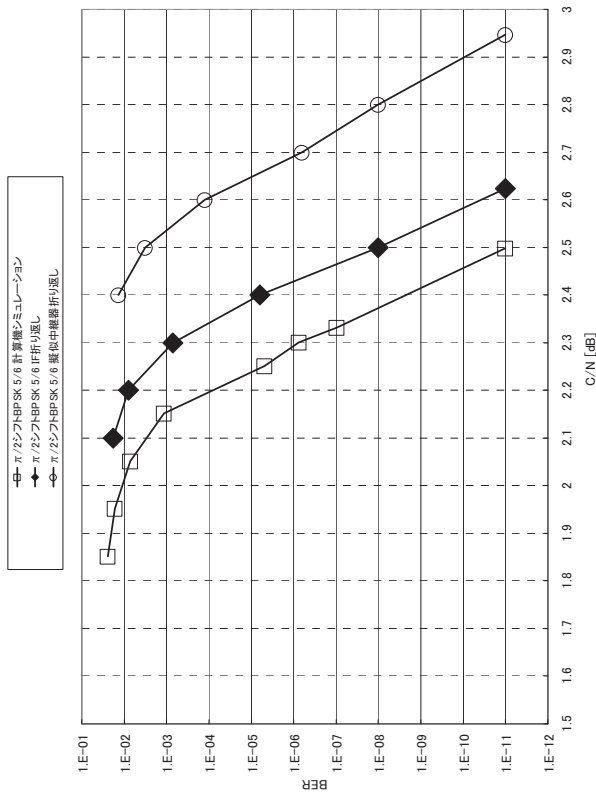


図 9i $\pi/2$ シフト BPSK 5/6

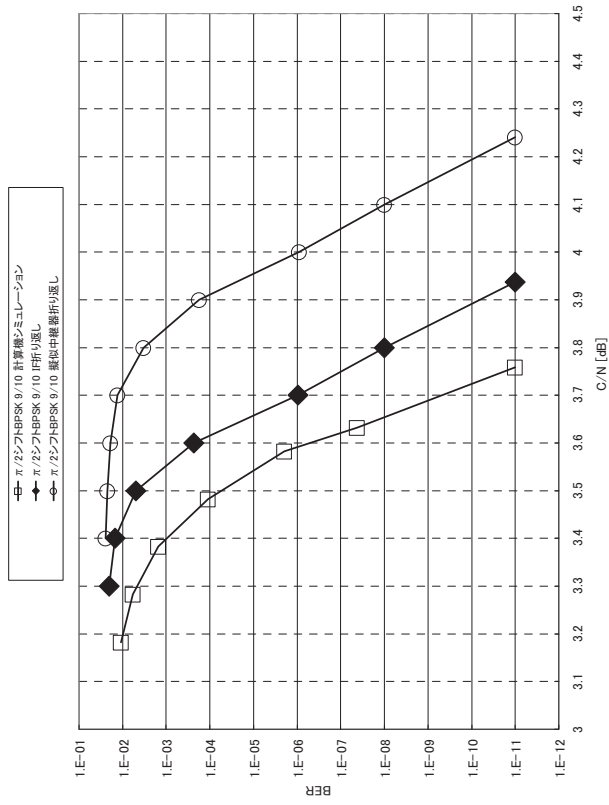


図 9k $\pi/2$ シフト BPSK 9/10

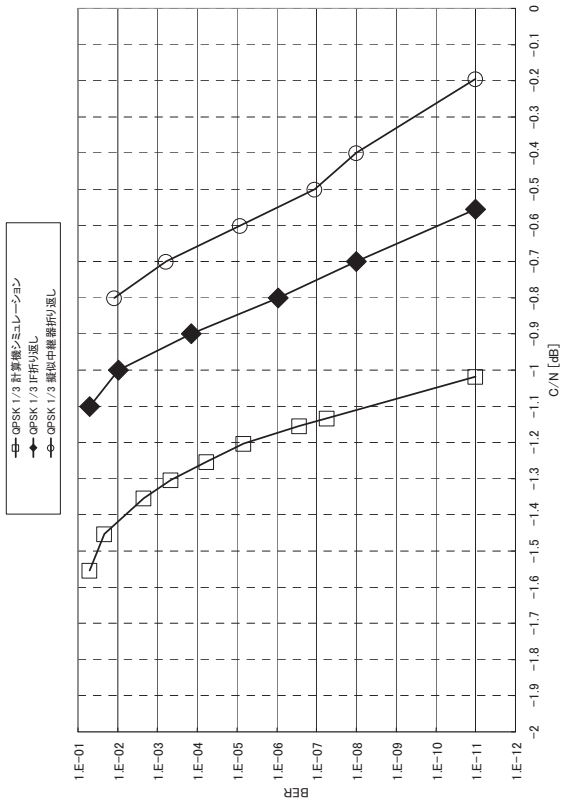


図 10b QPSK 1/3

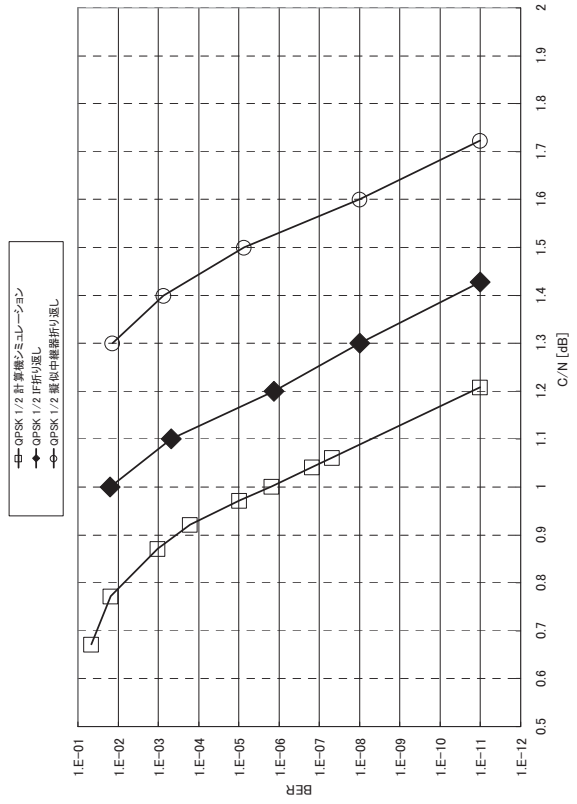


図 10d QPSK 1/2

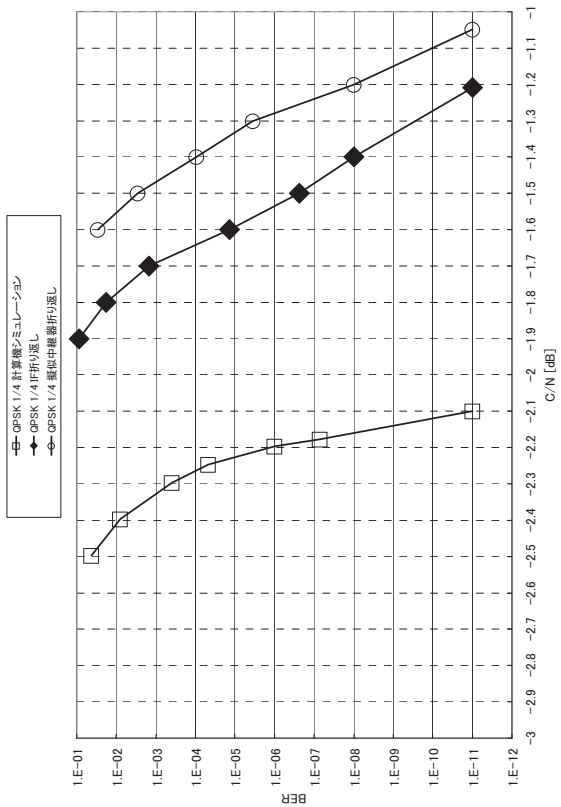


図 10a QPSK 1/4

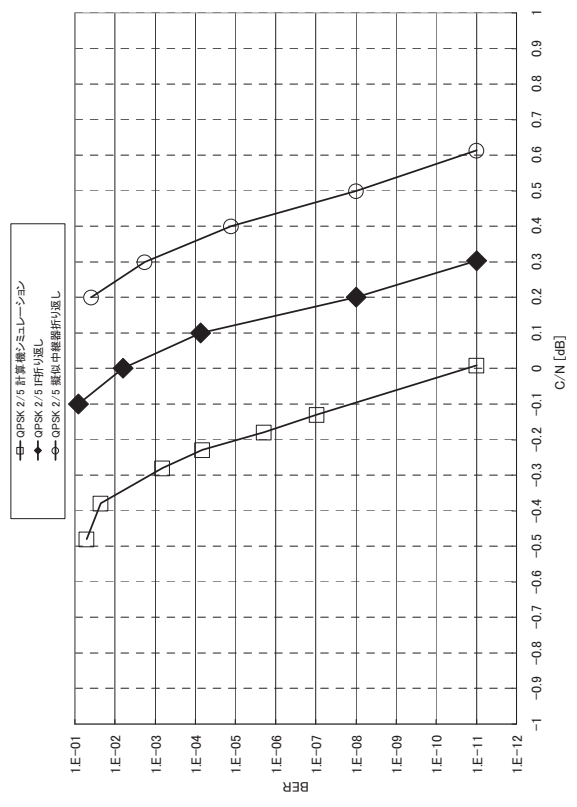


図 10c QPSK 2/5

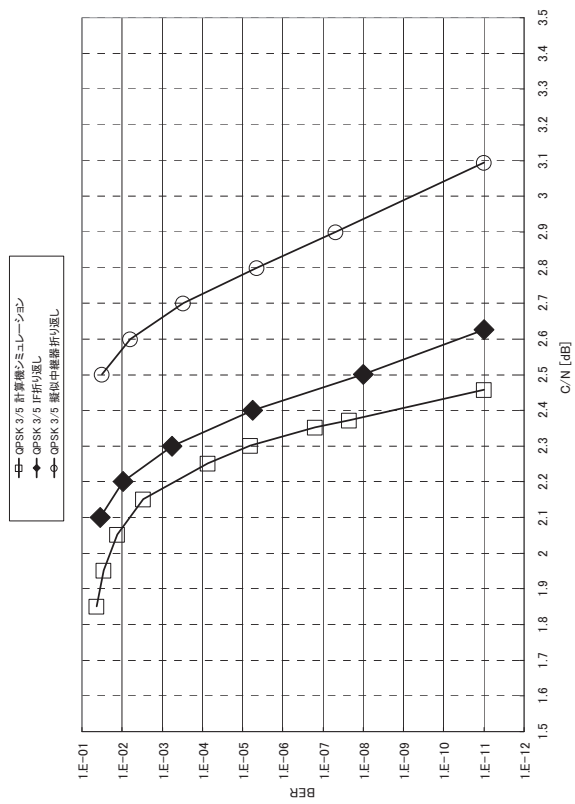


図 10e QPSK3/5

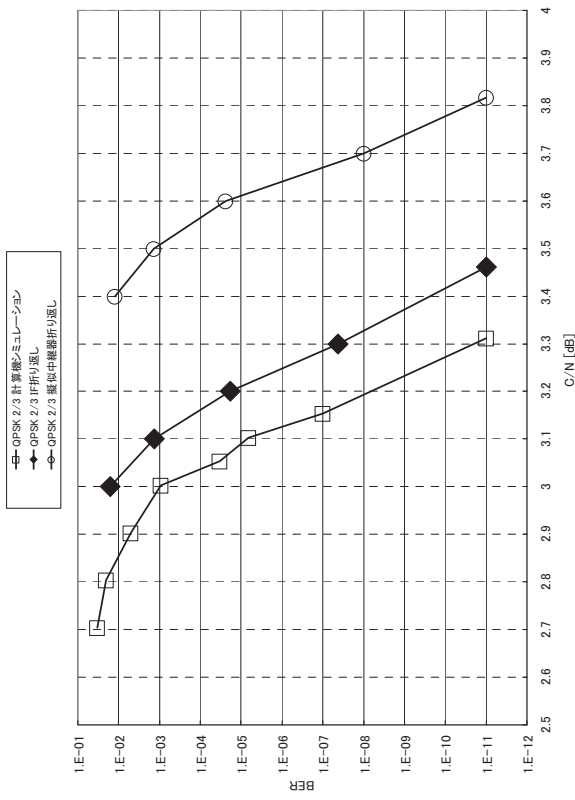


図 10f QPSK2/3

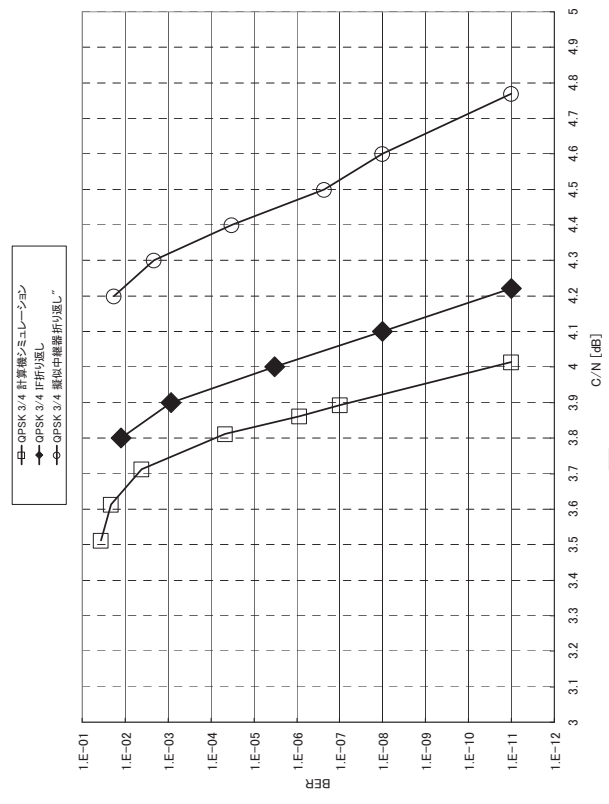


図 10g QPSK3/4

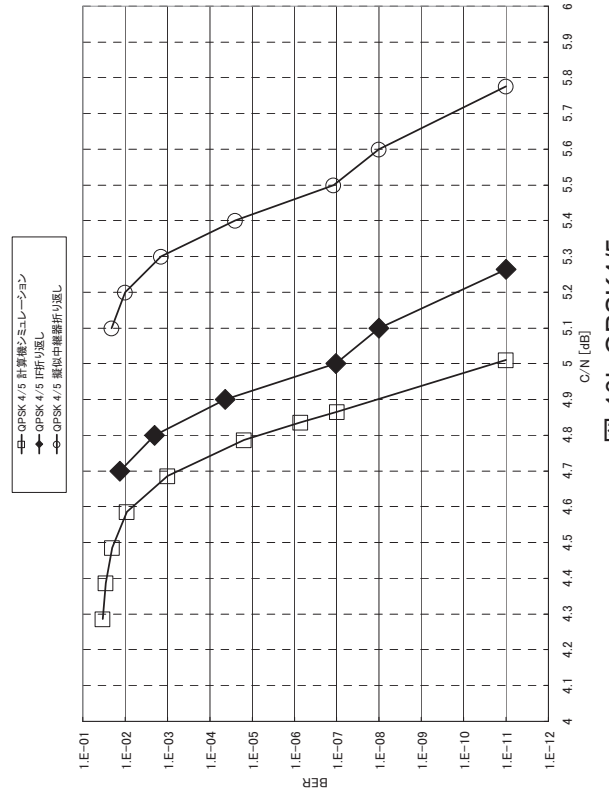


図 10h QPSK4/5

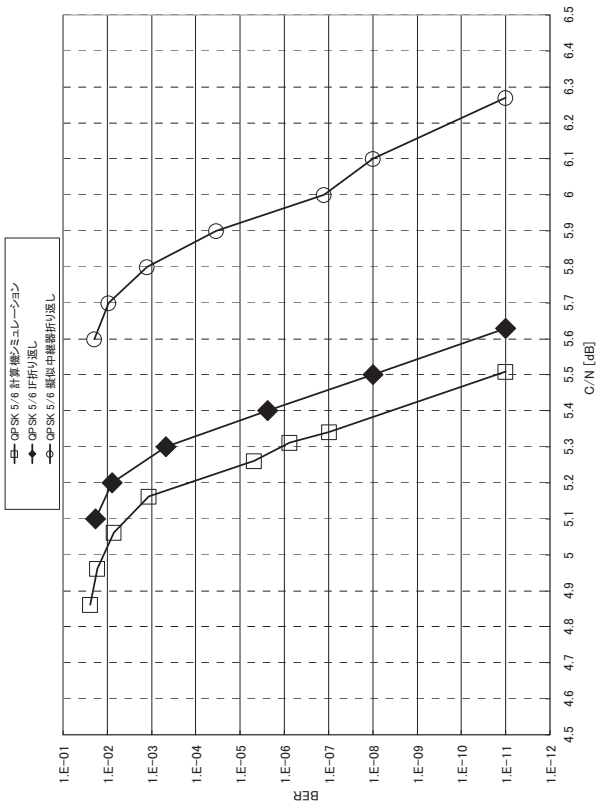


図 10i QPSK 5/6

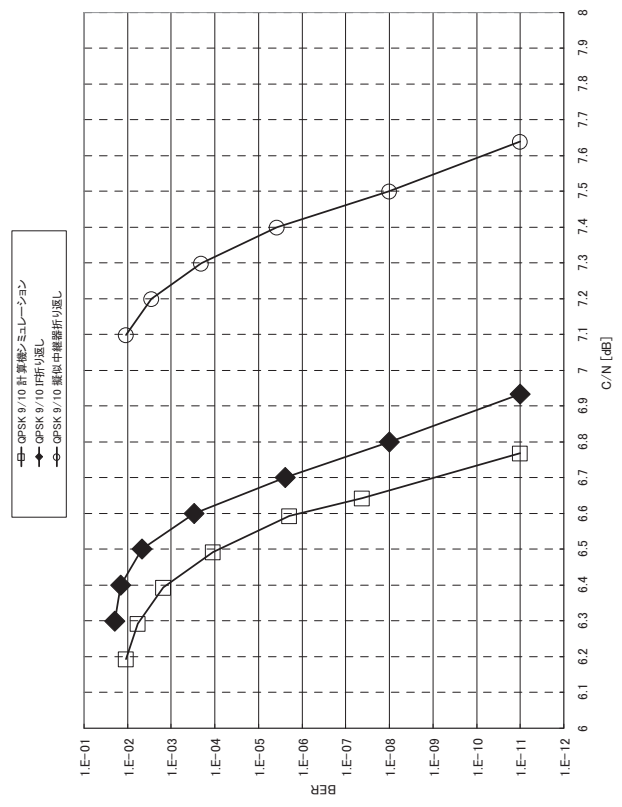


図 10k QPSK 9/10

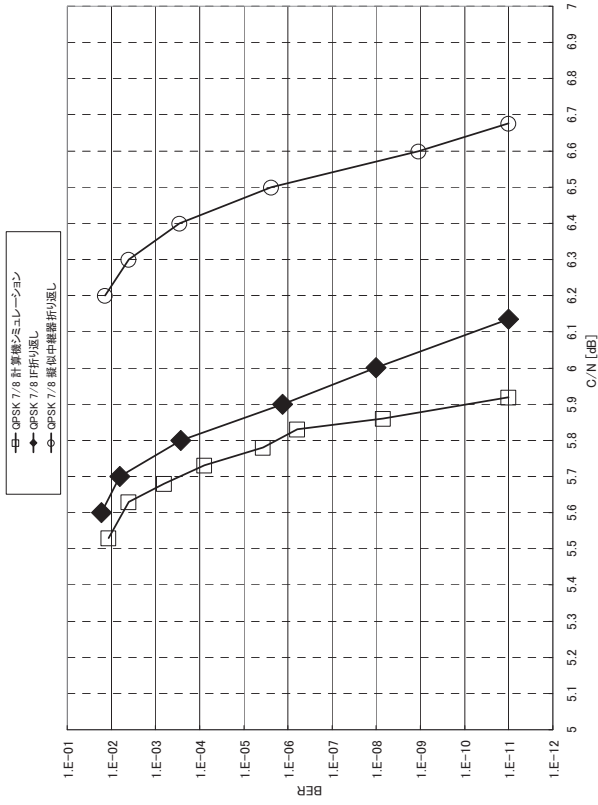


図 10j QPSK 7/8

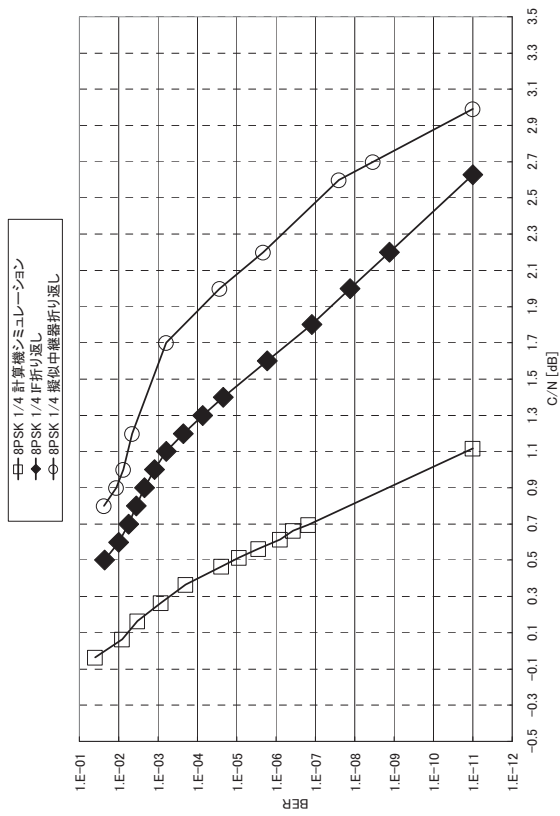


図 11a 8PSK 1/4

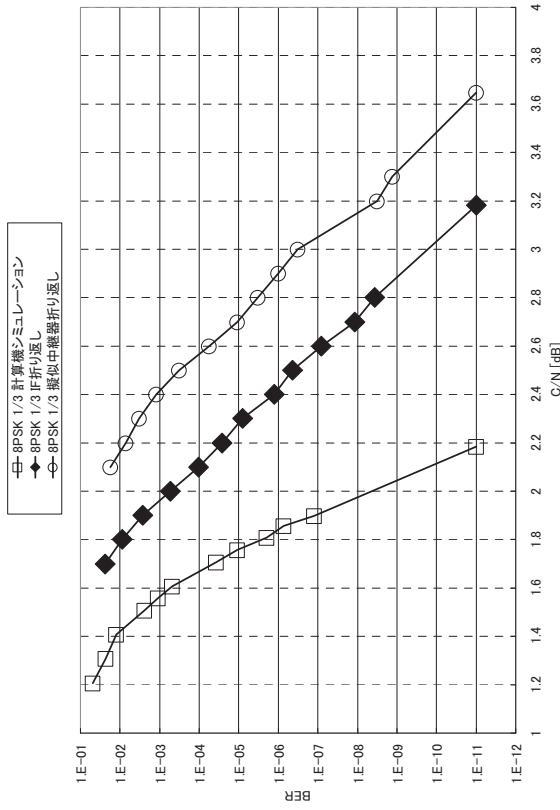


図 11b 8PSK 1/3

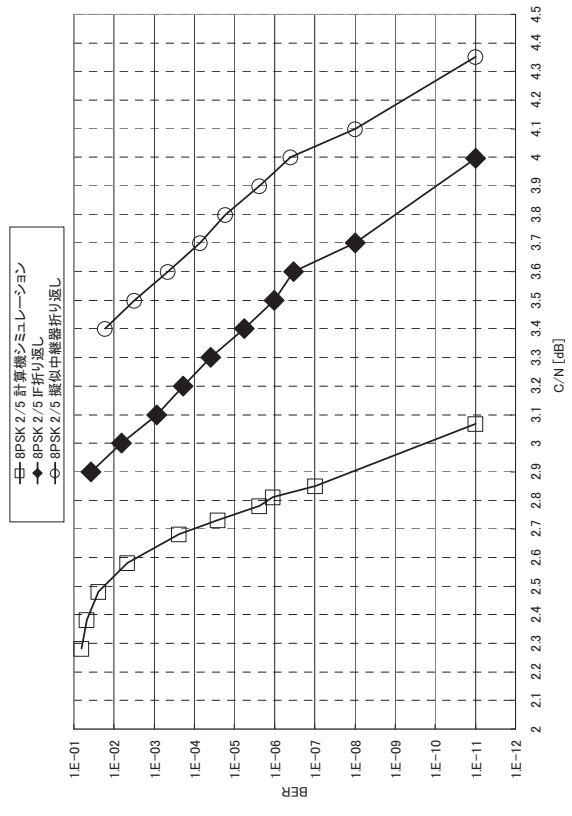


図 11c 8PSK 2/5

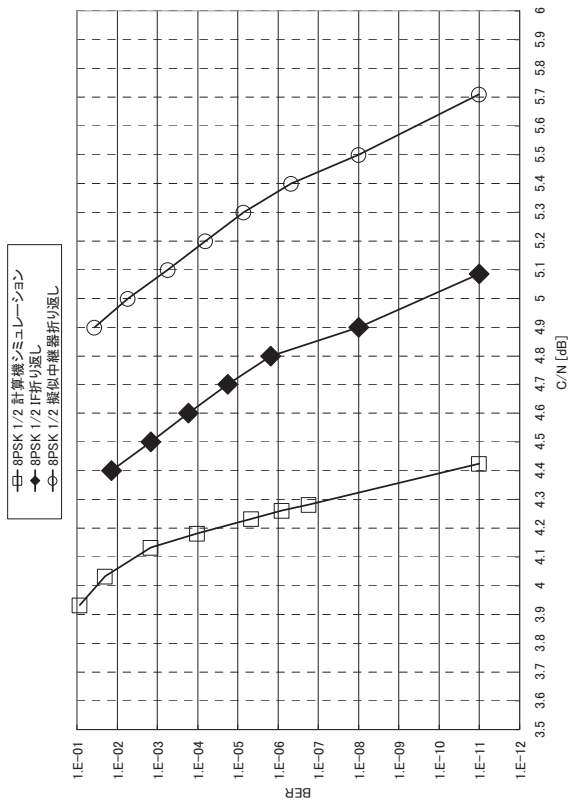


図 11d 8PSK 1/2

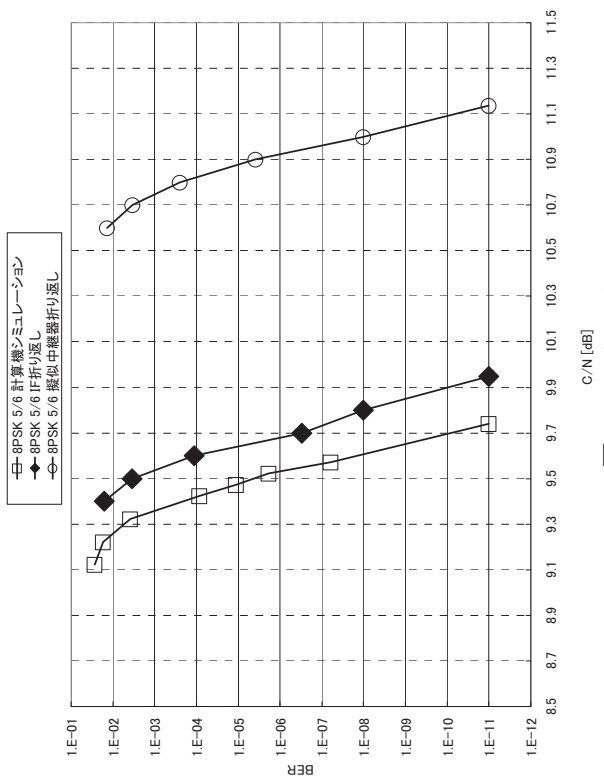


図 11i 8PSK 5/6

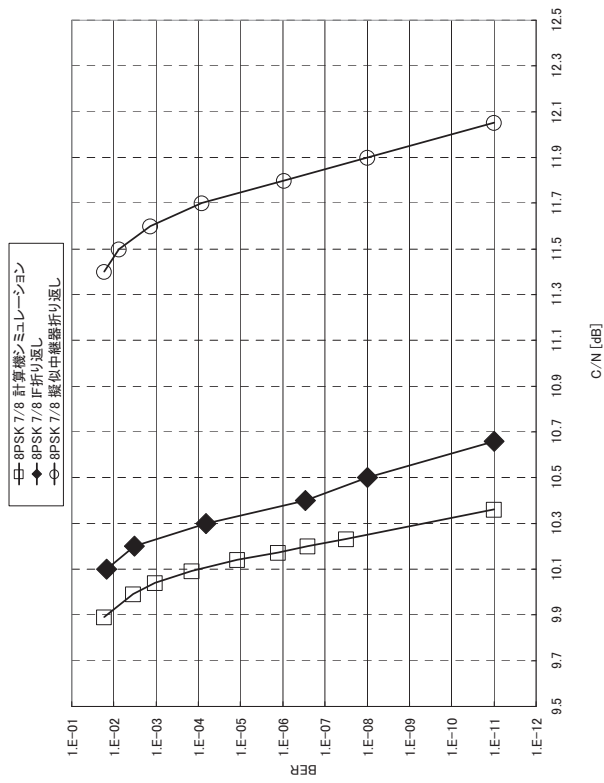


図 11j 8PSK 7/8

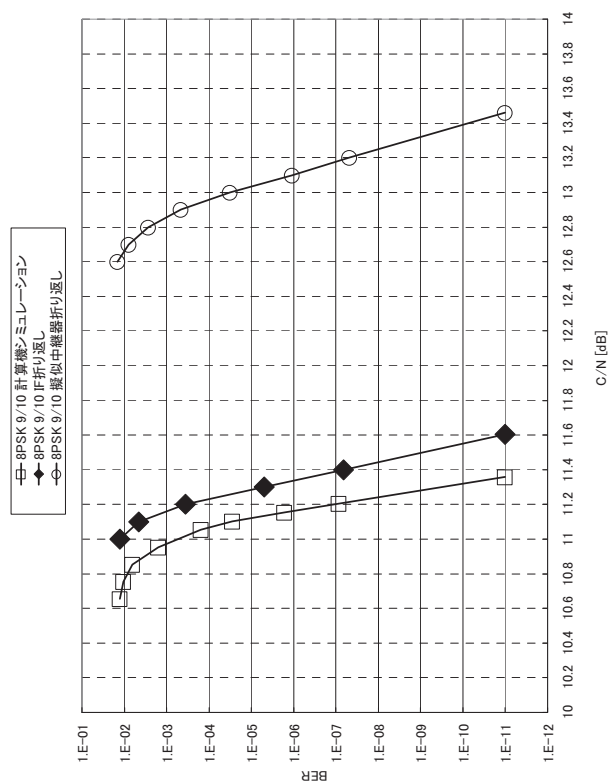


図 11k 8PSK 9/10

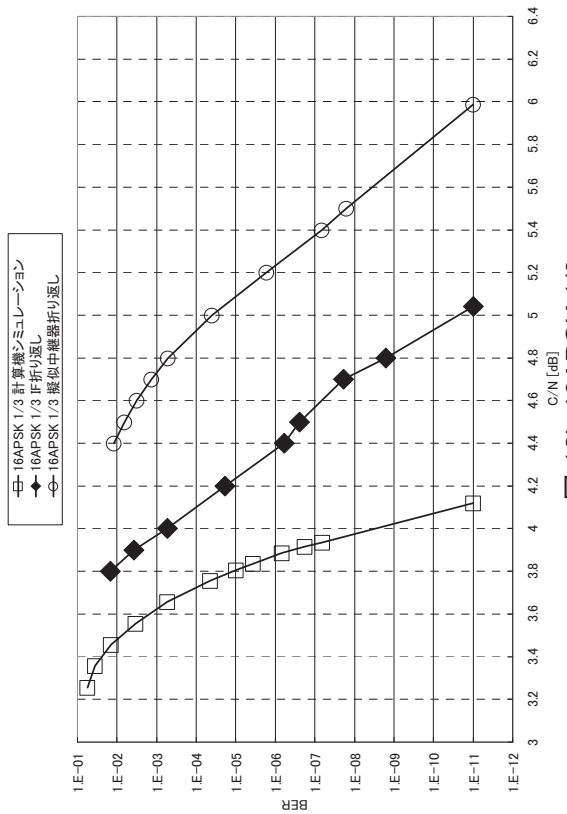


図 12b 16APSK 1/3

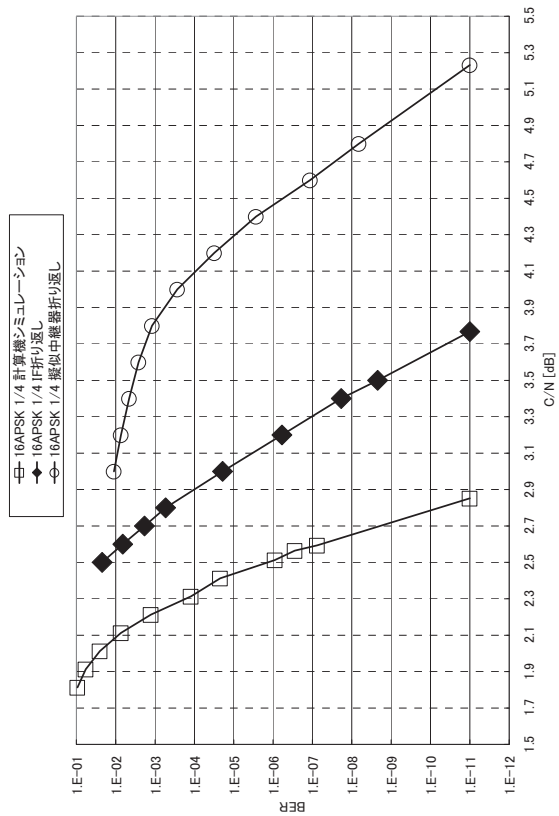


図 12a 16APSK 1/4

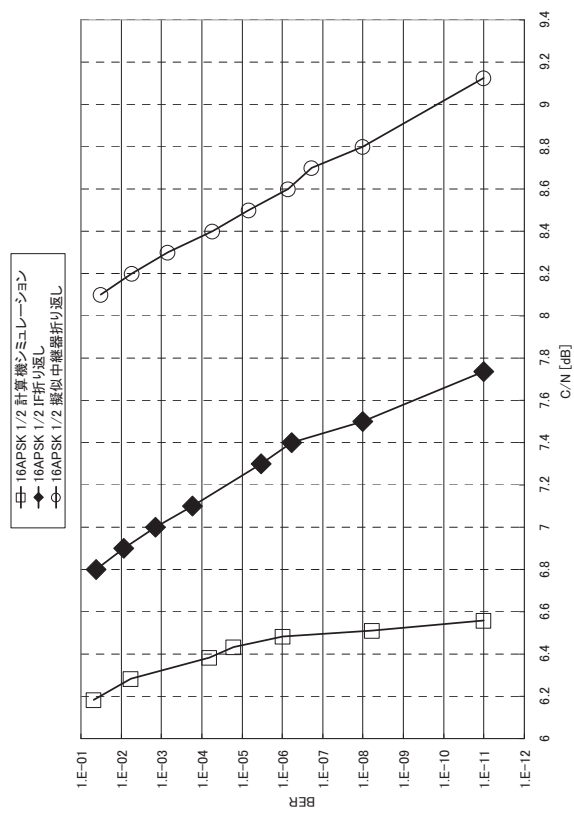


図 12d 16APSK 1/2

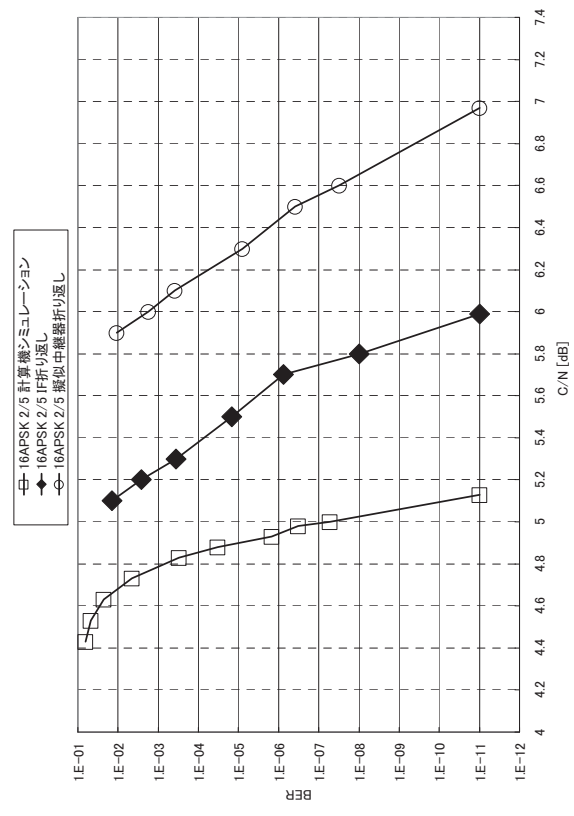


図 12c 16APSK 2/5

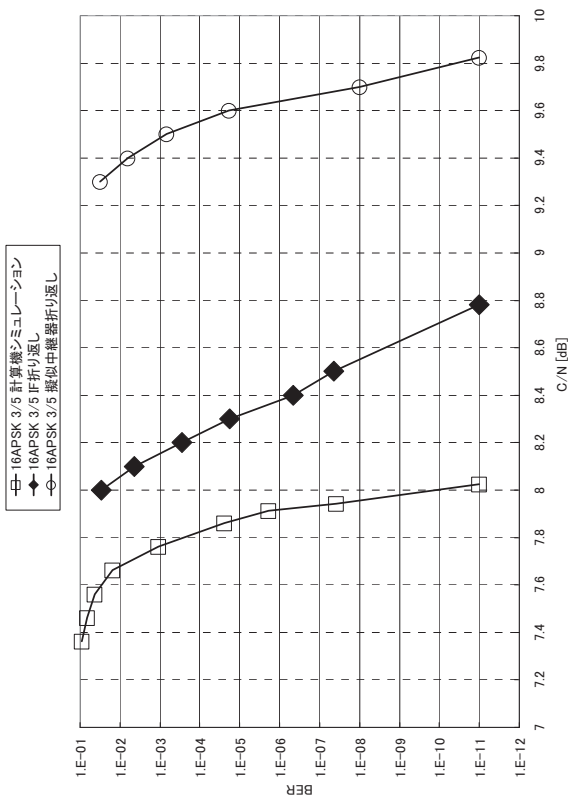


図 12e 16APSK3/5

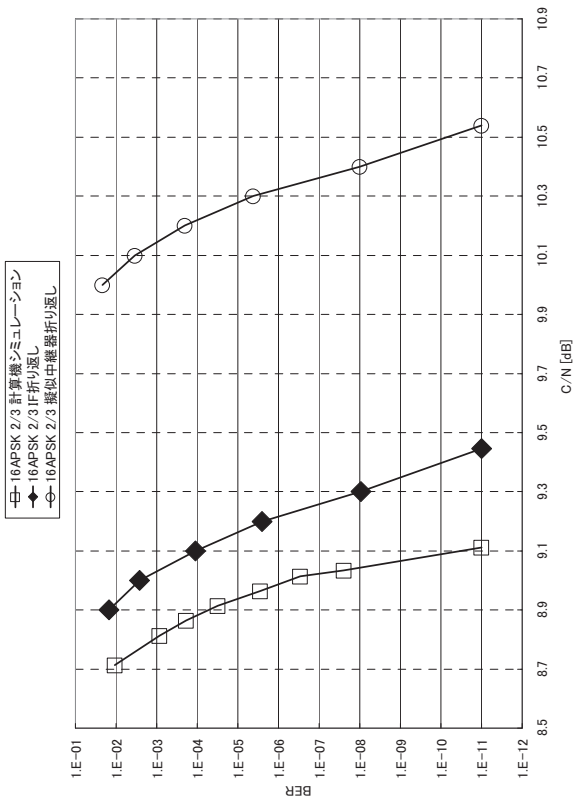


図 12f 16APSK 2/3

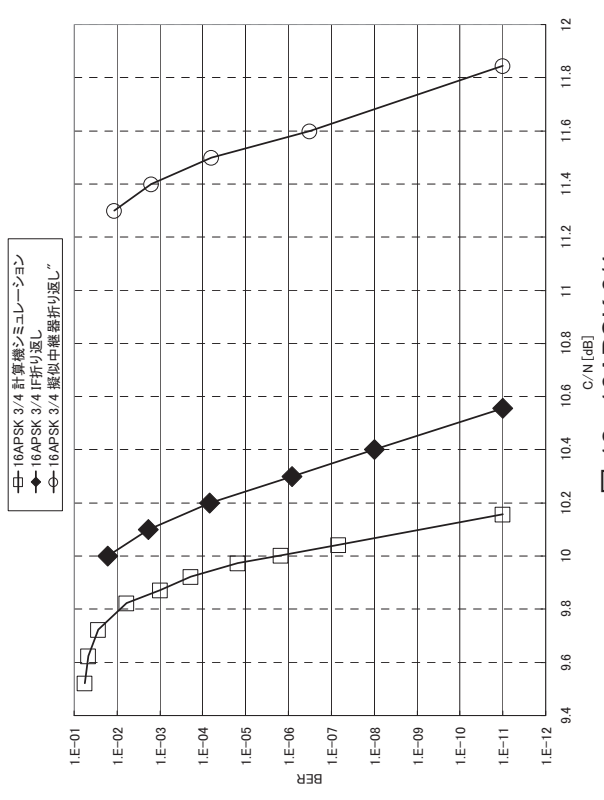


図 12g 16APSK 3/4

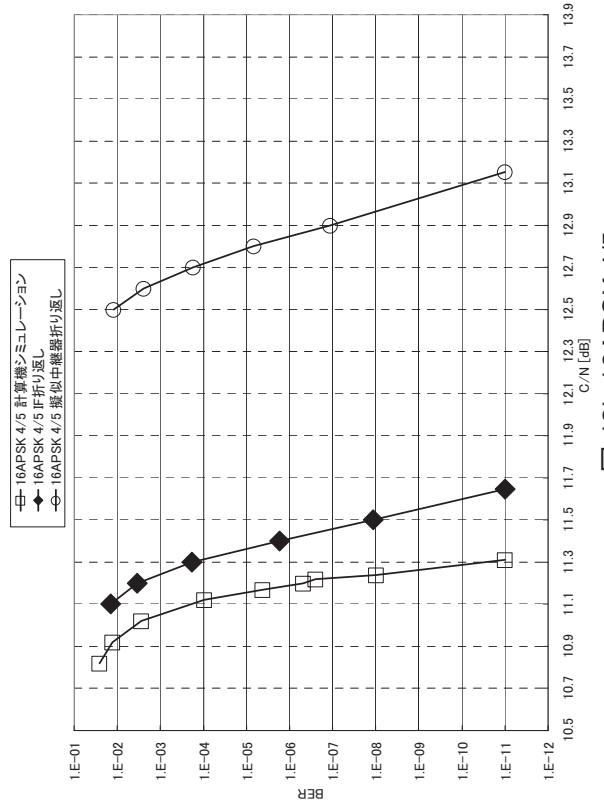


図 12h 16APSK 4/5

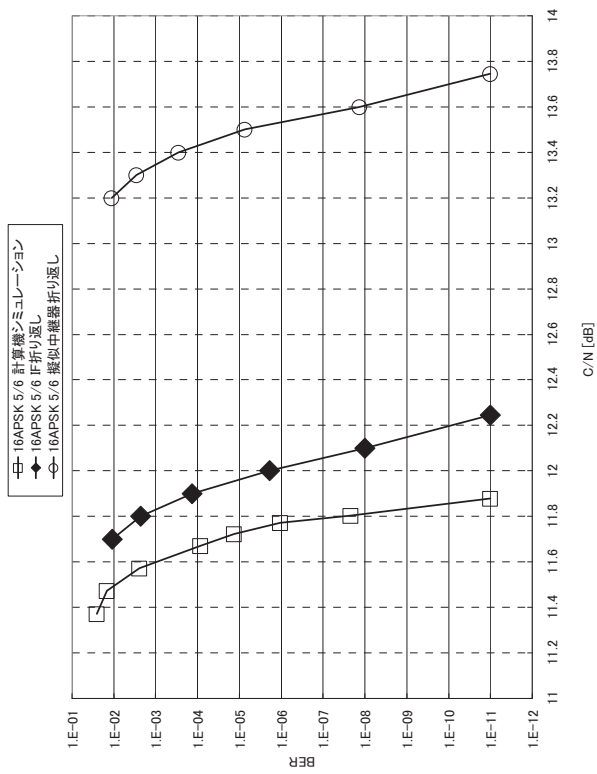


図 12i 16APSK 5/6

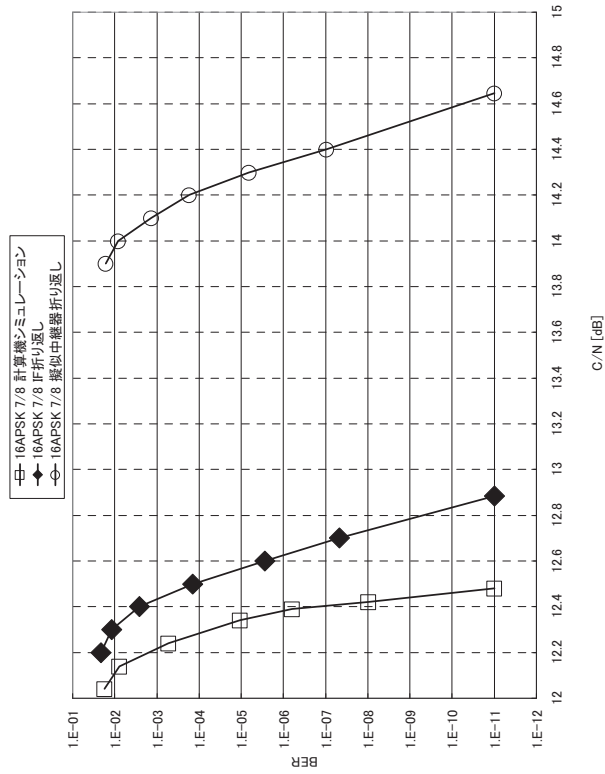


図 12j 16APSK 7/8

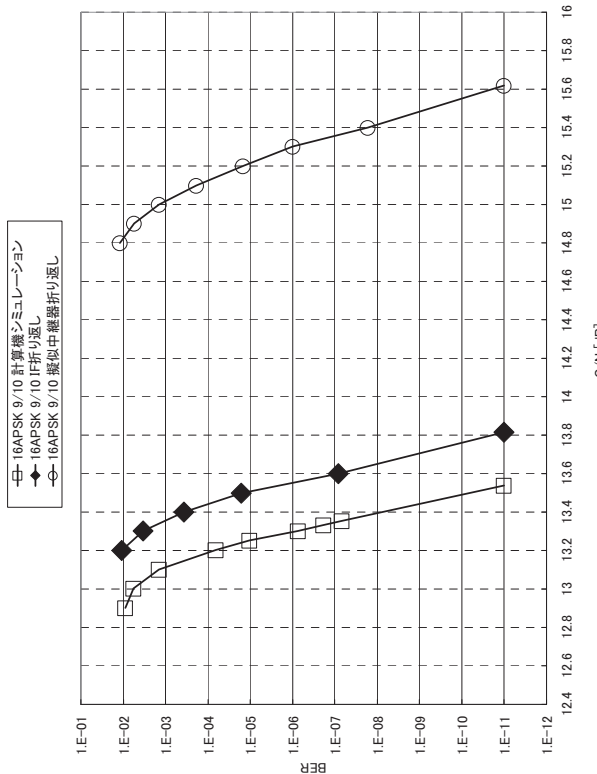


図 12k 16APSK 9/10

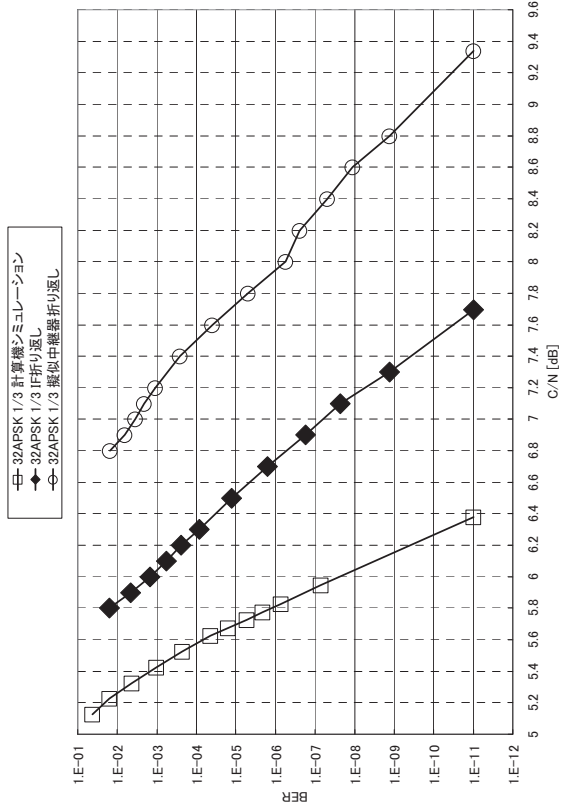


図 13b 32APSK 1/3

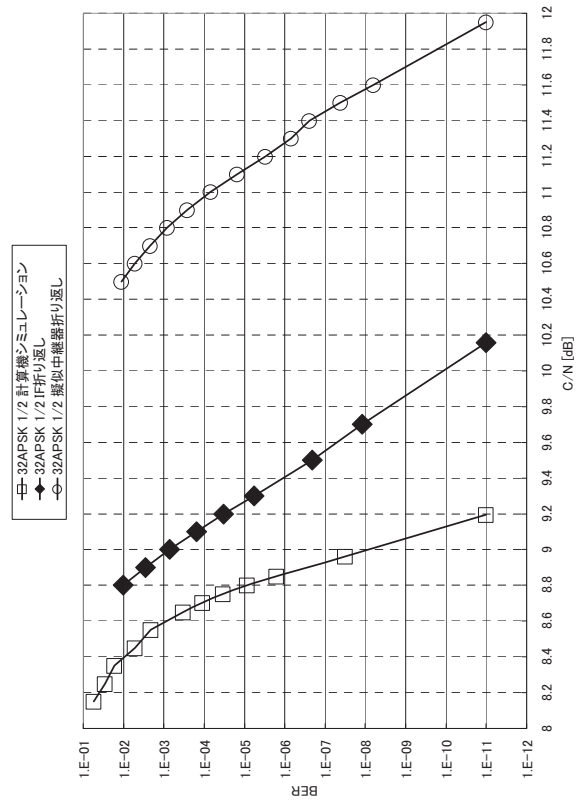


図 13d 32APSK 1/2

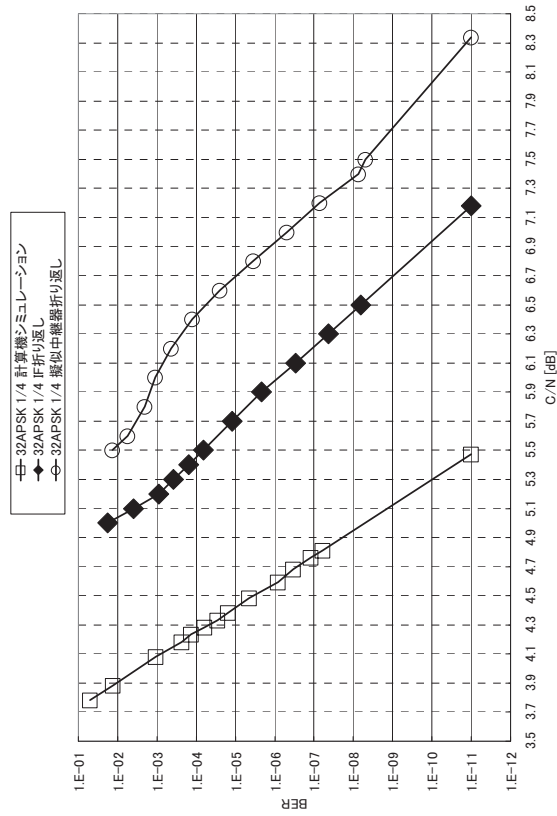


図 13a 32APSK 1/4

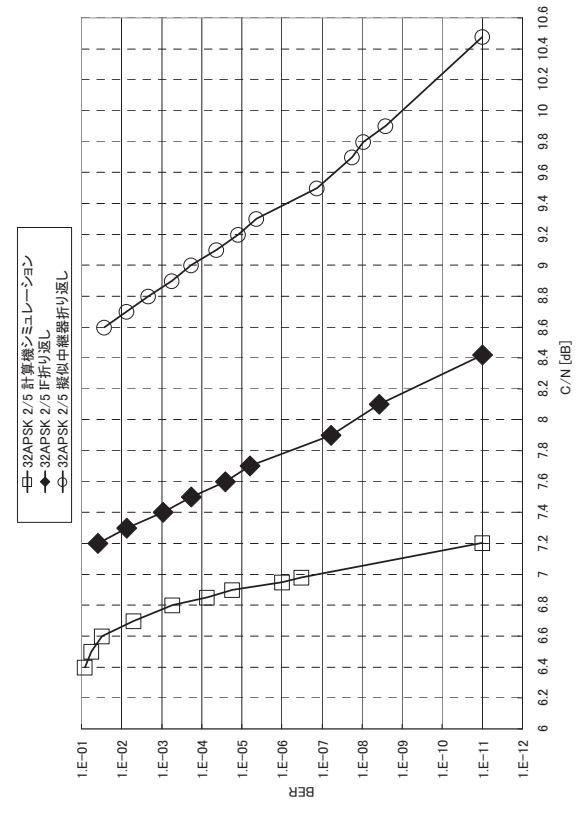


図 13c 32APSK 2/5

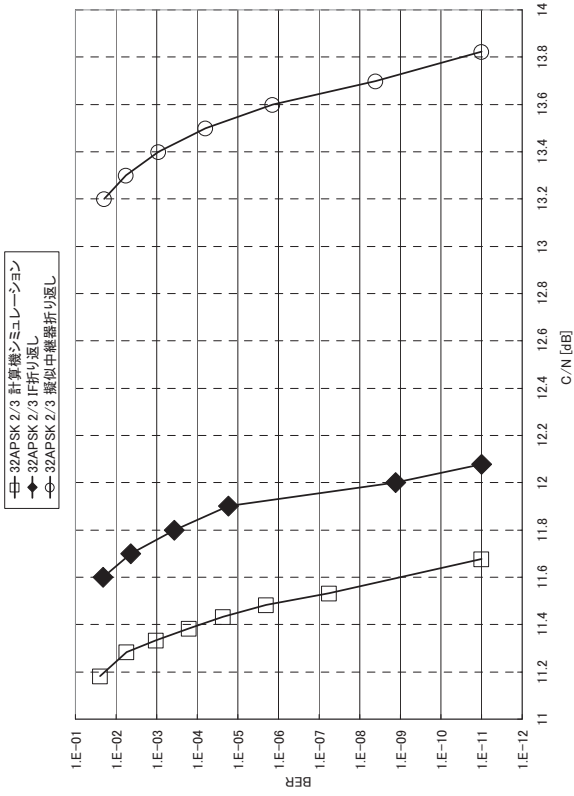


図 13f 32APSK 2/3

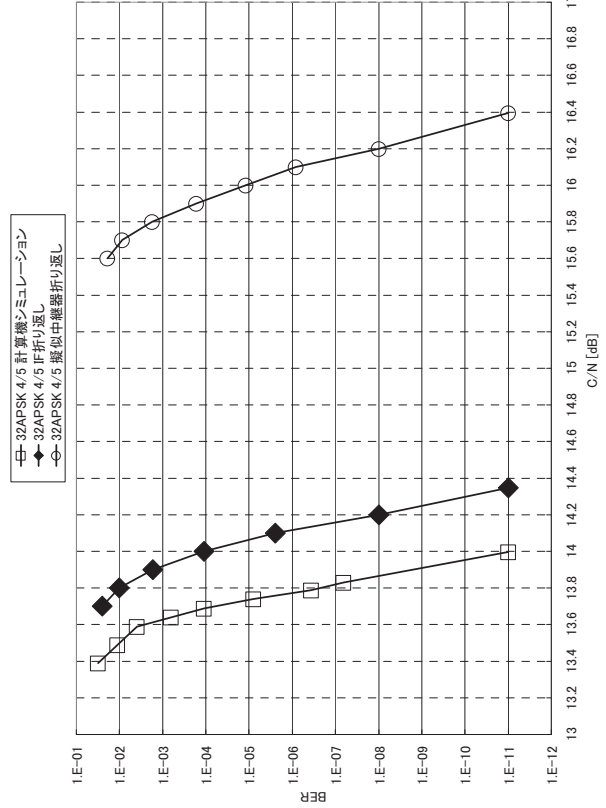


図 13h 32APSK 4/5

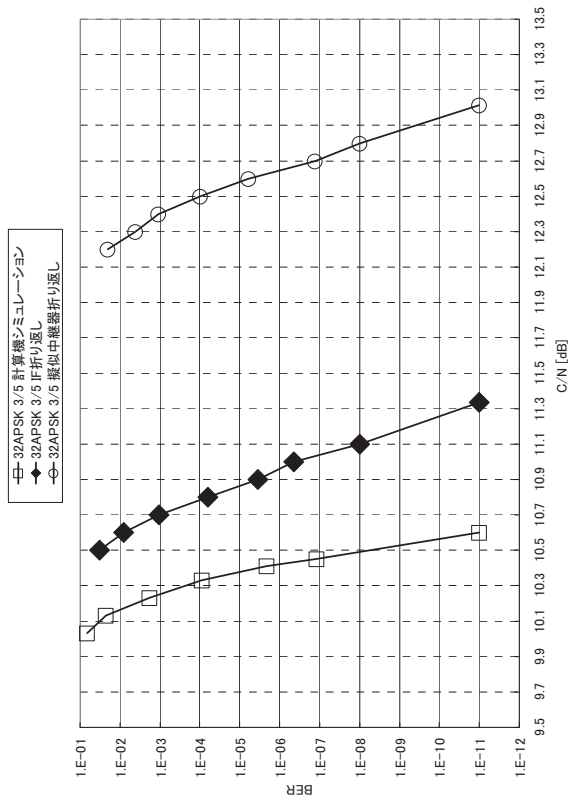


図 13e 32APSK 3/5

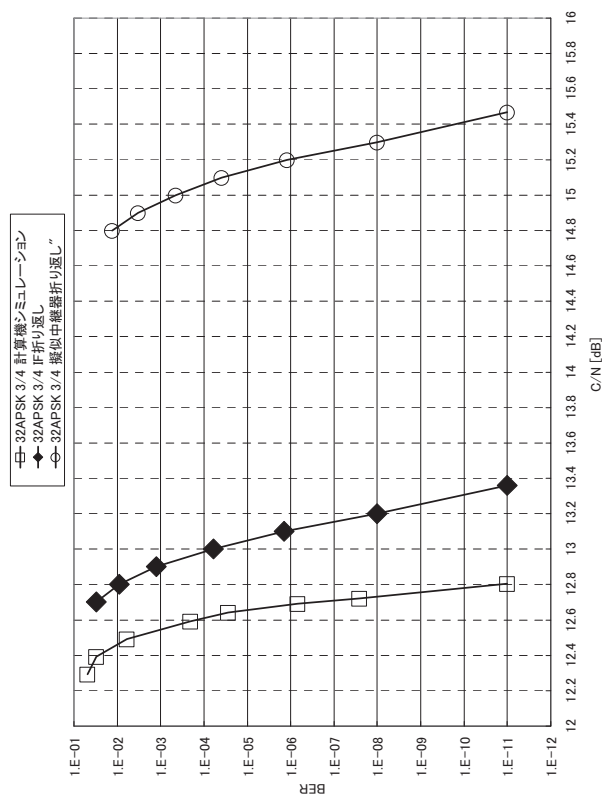


図 13g 32APSK 3/4

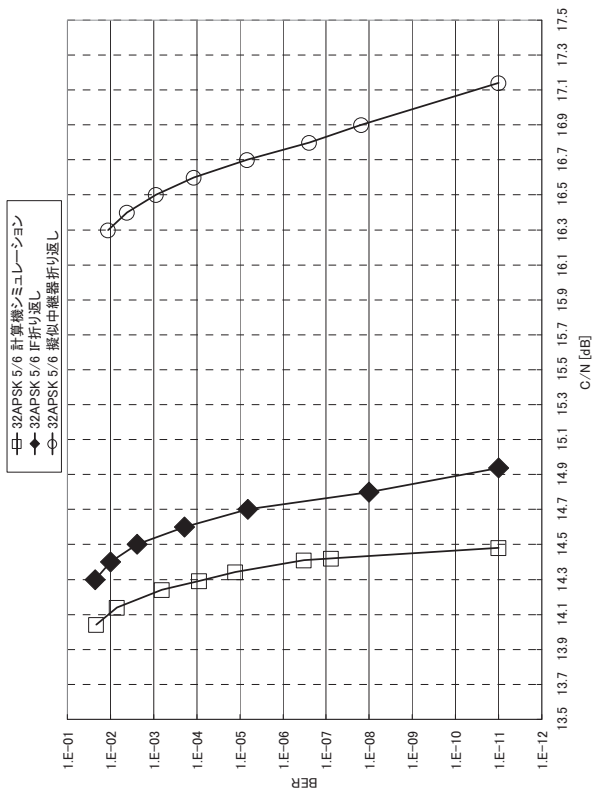


図 13i 32APSK 5/6

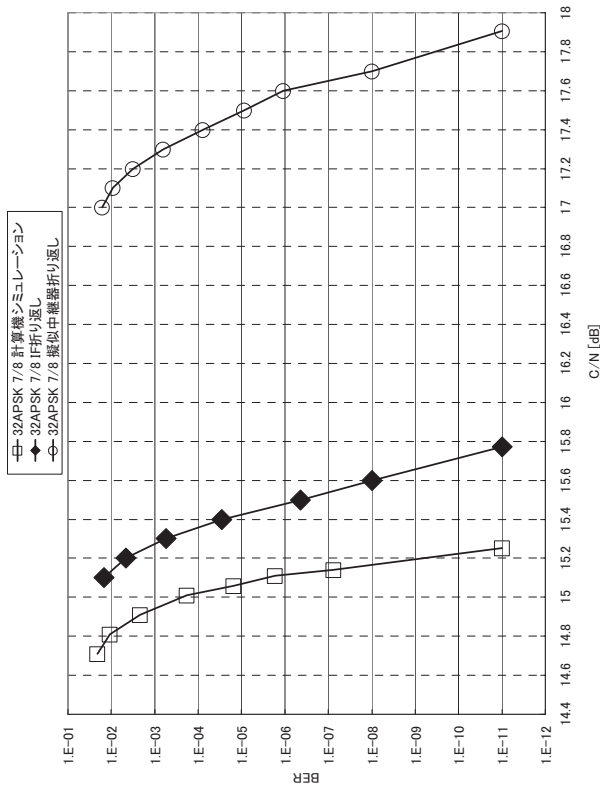


図 13j 32APSK 7/8

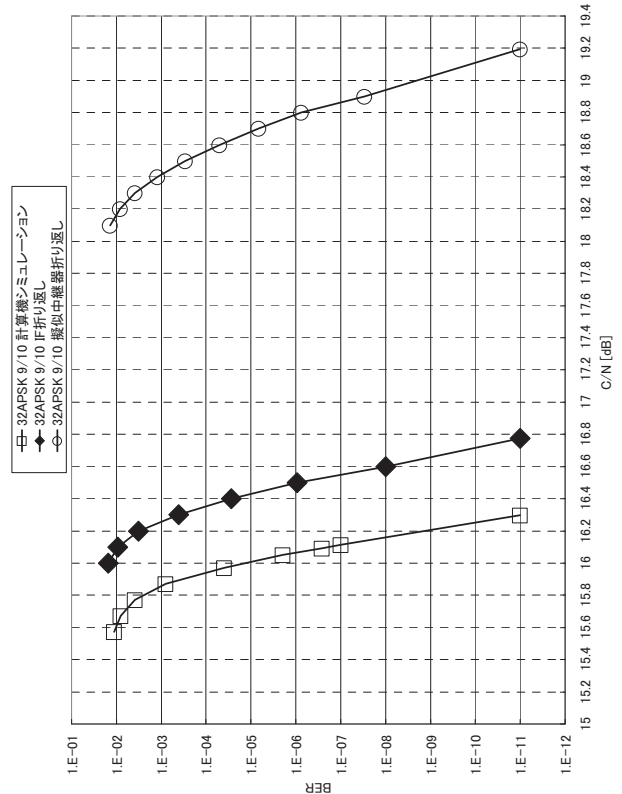


図 13k 32APSK 9/10

付録 1-6 16/32APSK の最適 OBO 値測定について

測定方法：16/32APSK の疑似中継器折返し (BS17ch)において、疑似エラーフリーC/N+OBO 値が最小となる OBO 値を、符号化率毎 (全 11 種類) に測定する。16/32APSK の最適 OBO 値の測定結果を図 14 及び図 15 に示す。

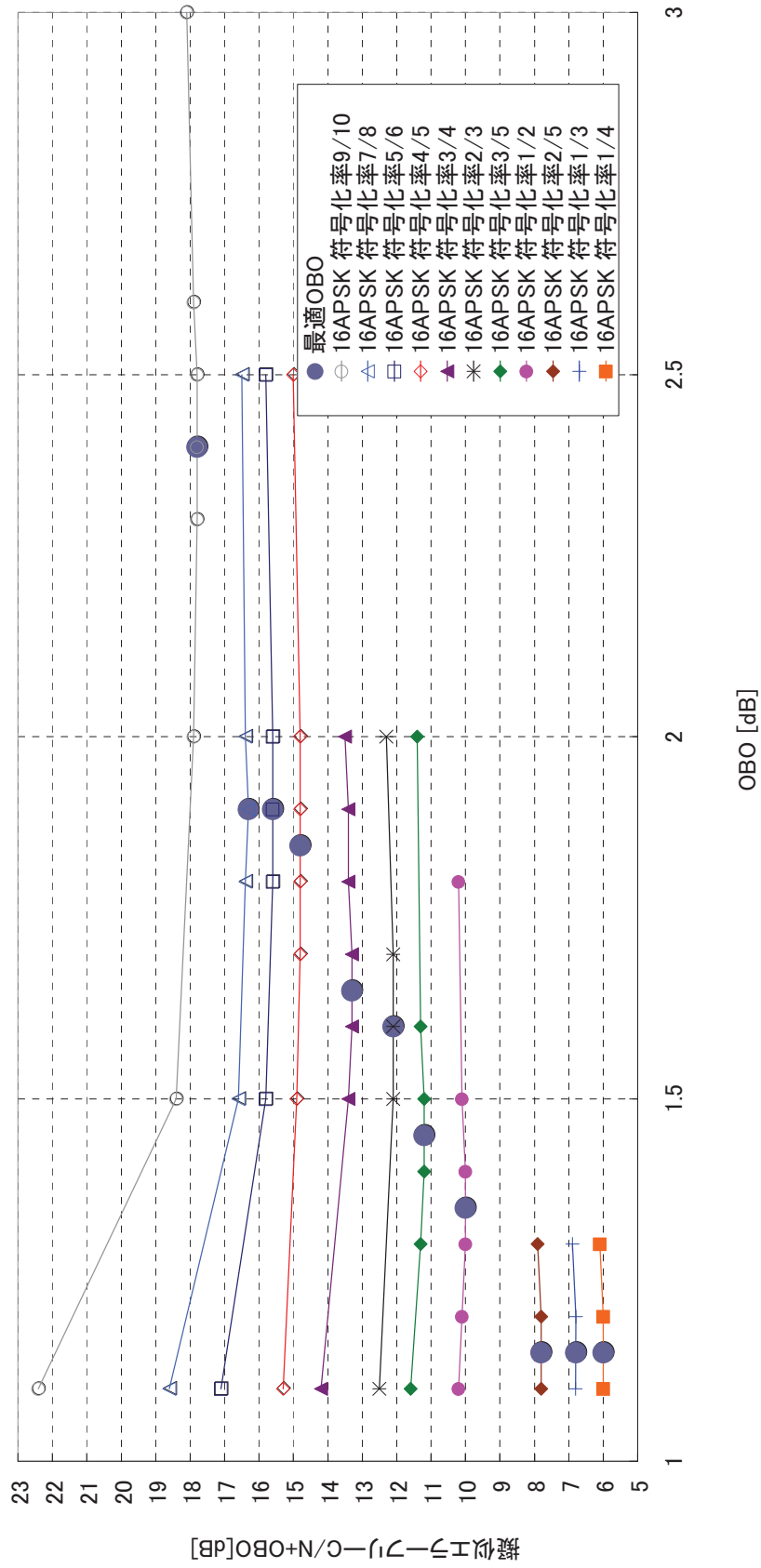


図 14 : 16APSK OBO 対疑似エラーフリーC/N+OBO 測定結果

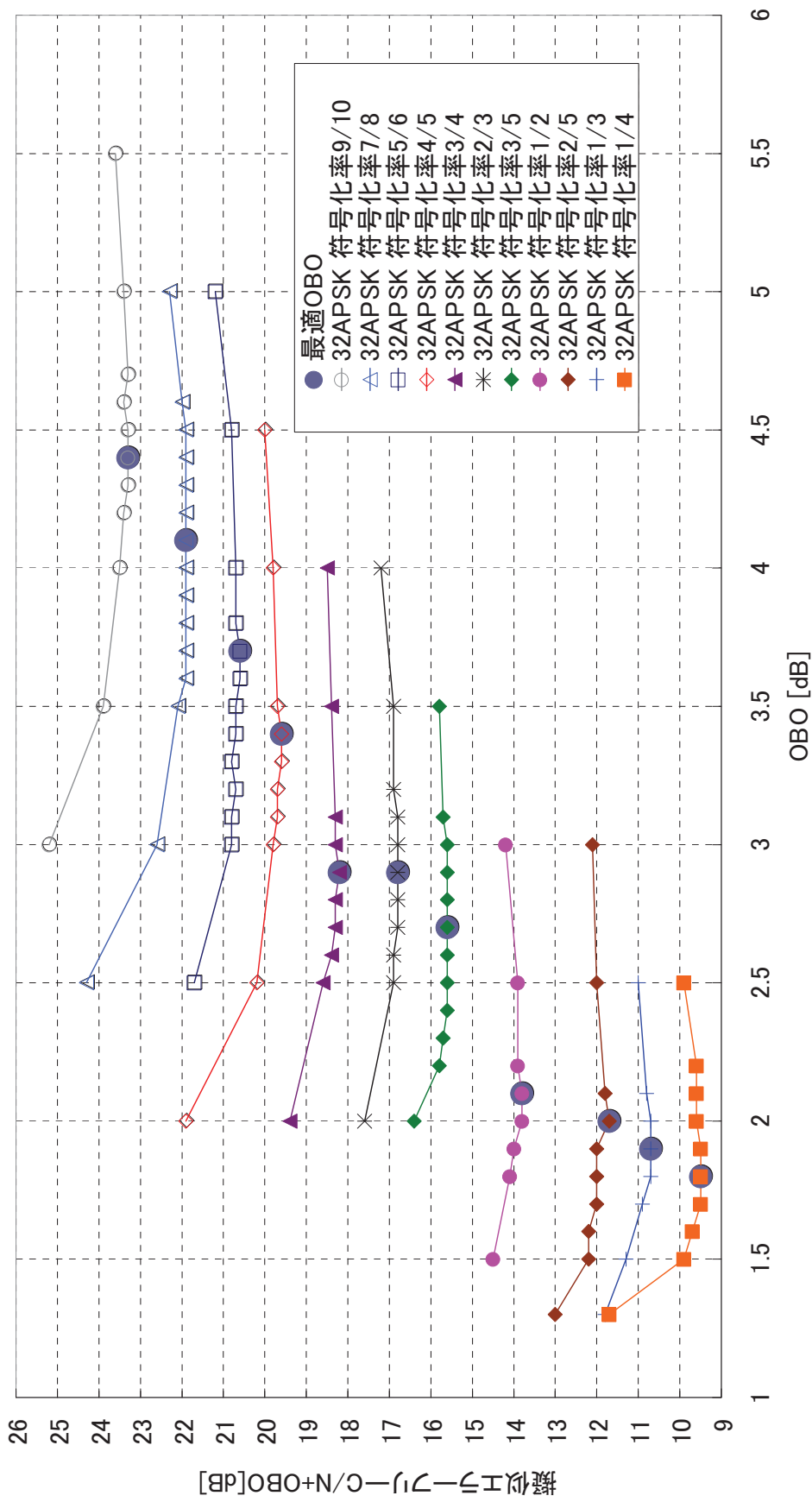


図 15 : 32APSK OBO 対擬似エラーフリー-C/N+OBO 測定結果

衛星伝送実験 詳細結果報告

2-4 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験 実験結果

2-4-1 RF 実験および衛星伝送実験の主要パラメータ

RF 実験(地球局 17G-12G トランスレータ折返し)および衛星伝送実験の主要パラメータを表 25 に示す。各変調方式の衛星中継器バックオフを表 26 に示す。なお、衛星実験における 16APSK および 32APSK のバックオフは、衛星中継器で指定できるバックオフが 1dB ステップであるため、最適 OBO に近い設定値を選択した。

表 25 : RF 実験および衛星伝送実験の主要パラメータ

シンボルレート	32.5941Mbaud
ロールオフ率	0.1
変調方式	$\pi/2$ シフト BPSK QPSK 8PSK 16APSK 32APSK
符号化率	1/4 1/3 2/5 1/2 3/5 2/3 3/4 4/5 5/6 7/8 9/10
地球局 HPA バックオフ	5dB

表 26 : 各変調方式の衛星中継器 OBO 値一覧

符号化率	$\pi/2$ BPSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
1/4	0.5	1.0	0.9	1.7	2.1
1/3				1.7	2.1
2/5				1.7	2.1
1/2				1.7	2.4
3/5				1.7	2.4
2/3				1.7	2.4
3/4				1.7	2.4
4/5				1.7	2.9
5/6				2.1	2.8
7/8				2.1	2.8
9/10	2.1	2.8			

2-4-2 RF 実験および衛星伝送実験における占有帯域幅測定

実験内容：RF 実験については、トランスレータ出力における $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz を満たすことを確認する。

衛星伝送実験については、衛星伝送実験用 7m 受信アンテナ出力における $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK のスペクトラム及び変調信号の占有帯域幅を測定し、占有帯域幅 34.5MHz を満たすことを確認する。

なお、衛星中継器の伝送チャンネルは BS21ch を使用した。32APSK の符号化率 1/4、1/3、2/5 は実験の都合上、2008 年 4 月 22 日に実施した BS19ch を用いた衛星伝送実験において測定を行った。

測定結果を表 27～表 28 に示す。また、付録 2-1 にスペクトラム写真を示す。

表 27 : RF 実験(地球局 17G-12G トランスレータ一折返し) 占有帯域幅一覧

変調方式	符号化率	占有帯域幅 [MHz]
$\pi/2$ シフト BPSK	9/10	33.3
QPSK	3/4	33.4
8PSK	3/4	33.4
16APSK	1/4	33.5
16APSK	1/3	33.5
16APSK	2/5	33.5
16APSK	1/2	33.5
16APSK	3/5	33.5
16APSK	2/3	33.4
16APSK	3/4	33.5
16APSK	4/5	33.5
16APSK	5/6	33.5
16APSK	7/8	33.5
16APSK	9/10	33.5
32APSK	1/4	33.6
32APSK	1/3	33.5
32APSK	2/5	33.5
32APSK	1/2	33.6
32APSK	3/5	33.6
32APSK	2/3	33.5
32APSK	3/4	33.6
32APSK	4/5	33.6
32APSK	5/6	33.5
32APSK	7/8	33.5
32APSK	9/10	33.6

表 28 : 衛星伝送実験 占有帯域幅一覧

変調方式	符号化率	占有帯域幅 [MHz]
$\pi/2$ シフト BPSK	9/10	33.3
QPSK	1/2	33.4
8PSK	3/4	33.5
16APSK	1/4	33.2
16APSK	1/3	33.2
16APSK	2/5	33.2
16APSK	1/2	33.2
16APSK	3/5	33.2
16APSK	2/3	33.2
16APSK	3/4	33.2
16APSK	4/5	33.2
16APSK	5/6	33.2
16APSK	7/8	33.2
16APSK	9/10	33.2
32APSK	1/4	33.2
32APSK	1/3	33.2
32APSK	2/5	33.2
32APSK	1/2	33.2
32APSK	3/5	33.2
32APSK	2/3	33.1
32APSK	3/4	33.1
32APSK	4/5	33.1
32APSK	5/6	33.1
32APSK	7/8	33.1
32APSK	9/10	33.1

2-4-3 RF 実験および衛星実験における C/N 対ビット誤り率測定

実験内容：RF 実験および衛星伝送実験において $\pi/2$ シフト BPSK～32APSK の C/N 対ビット誤り率測定を実施する。16APSK および 32APSK のバックオフは、衛星中継器で指定できるバックオフが 1dB ステップであるため、最適 OBO に近い設定値を選択した。(表 26 参照)

なお、今回の実験ではハードウェアの都合上、16APSK における符号化率 1/2 以下の符号化率については、符号化率 3/5 と同じ半径比を適用し、32APSK における符号化率 3/5 以下の符号化率については、符号化率 2/3 と同じ半径比を適用した。衛星中継器の伝送チャンネルは BS21ch を使用した。

32APSK の符号化率 1/4、1/3、2/5 は実験の都合上、2008 年 4 月 22 日に実施した BS19ch を用いた衛星伝送実験において測定を行った。

表 29～表 33 に $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK、32APSK のトランスレータ一折返しおよび衛星伝送実験における所要 C/N 及び所要 C/N 劣化量を示す。衛星伝送実験においては、測定値の所要 C/N に OBO を加えた値も記載した。図 17～図 22 に衛星伝送実験における所要 C/N+OBO 対周波数利用効率を示す。付録 2-2 に受信信号のコンスタレーション写真を示す。付録 2-3 に C/N 対ビット誤り率特性を示す。付録 2-4 に衛星伝送実験および擬似中継器実験における所要 C/N 一覧を示す。

表 29-a : $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	衛星 折返し ④	OB0 ⑤	衛星伝送実験 +OB0 (⑥=④+⑤)
1/4	-5.1	-2.8	-2.8	-2.7	0.5	-2.2
1/3	-4.0	-2.8	-2.8	-2.6	0.5	-2.1
2/5	-3.0	-2.4	-2.3	-2.3	0.5	-1.8
1/2	-1.8	-1.5	-1.5	-1.4	0.5	-0.9
3/5	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	0.5	0.3
2/3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5	1.2
3/4	1.0	1.2	1.2	1.3	0.5	1.8
4/5	2.0	2.2	2.2	2.3	0.5	2.8
5/6	2.5	2.6	2.6	2.8	0.5	3.3
7/8	2.9	3.1	3.2	3.2	0.5	3.7
9/10	3.8	3.9	3.9	4.2	0.5	4.7

表 29-b : $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 (②-①)	トランスレータ劣化 (③-①)	トランスレータ 一固定劣化 (③-②)	衛星劣化 (④-①)	衛星劣化 (OB0 含む) (⑥-①)	衛星固定 劣化 (⑥-③)
1/4	2.3	2.3	0.0	2.4	2.9	0.6
1/3	1.2	1.2	0.0	1.4	1.9	0.7
2/5	0.6	0.7	0.1	0.7	1.2	0.5
1/2	0.3	0.3	0.0	0.4	0.9	0.6
3/5	0.2	0.2	0.0	0.3	0.8	0.6
2/3	0.1	0.2	0.1	0.4	0.9	0.7
3/4	0.2	0.2	0.0	0.3	0.8	0.6
4/5	0.2	0.2	0.0	0.3	0.8	0.6
5/6	0.1	0.1	0.0	0.3	0.8	0.7
7/8	0.2	0.3	0.1	0.3	0.8	0.5
9/10	0.2	0.1	0.0	0.4	0.9	0.8

表 30-a : QPSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ-折返し ③	衛星折返し ④	OB0 ⑤	衛星伝送実験 +OB0 (⑥=④+⑤)
1/4	-2.1	-1.2	-1.3	-1.1	1.0	-0.1
1/3	-1.0	-0.6	-0.4	-0.3	1.0	0.7
2/5	0.0	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5
1/2	1.2	1.4	1.5	1.8	1.0	2.8
3/5	2.5	2.6	2.7	2.9	1.0	3.9
2/3	3.3	3.5	3.7	3.7	1.0	4.7
3/4	4.0	4.2	4.3	4.5	1.0	5.5
4/5	5.0	5.3	5.3	5.5	1.0	6.5
5/6	5.5	5.6	5.7	6.0	1.0	7.0
7/8	5.9	6.1	6.2	6.5	1.0	7.5
9/10	6.8	6.9	7.1	7.5	1.0	8.5

表 30-b : QPSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 (②-①)	トランスレータ-劣化 (③-①)	トランスレータ-固定劣化 (③-②)	衛星劣化 (④-①)	衛星劣化 (OB0 含む) (⑥-①)	衛星固定劣化 (⑥-③)
1/4	0.9	0.8	0.1	1.0	2.0	1.2
1/3	0.4	0.6	0.2	0.7	1.7	1.1
2/5	0.3	0.4	0.1	0.5	1.5	1.1
1/2	0.2	0.3	0.1	0.6	1.6	1.3
3/5	0.1	0.2	0.1	0.4	1.4	1.2
2/3	0.2	0.4	0.2	0.4	1.4	1.0
3/4	0.2	0.3	0.1	0.5	1.5	1.2
4/5	0.3	0.3	0.0	0.5	1.5	1.2
5/6	0.1	0.2	0.1	0.5	1.5	1.3
7/8	0.2	0.3	0.1	0.6	1.6	1.3
9/10	0.1	0.3	0.2	0.7	1.7	1.4

表 31-a : 8PSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ折返し ③	衛星折返し ④	0B0 ⑤	衛星伝送実験 +0B0 (⑥=④+⑤)
1/4	1.1	2.6	2.8	2.9	0.9	3.8
1/3	2.2	3.2	3.5	3.3	0.9	4.2
2/5	3.1	4.0	4.1	4.0	0.9	4.9
1/2	4.4	5.1	5.3	5.4	0.9	6.3
3/5	5.7	6.2	6.4	6.6	0.9	7.5
2/3	6.7	7.0	7.2	7.5	0.9	8.4
3/4	7.9	8.2	8.3	8.7	0.9	9.6
4/5	9.1	9.3	9.4	10.1	0.9	11.0
5/6	9.7	9.9	10.2	10.8	0.9	11.7
7/8	10.4	10.7	10.8	11.6	0.9	12.5
9/10	11.4	11.6	11.9	12.8	0.9	13.7

表 31-b : 8PSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 (②-①)	トランスレータ劣化 (③-①)	トランスレータ固定劣化 (③-②)	衛星劣化 (④-①)	衛星劣化 (0B0 含む) (⑥-①)	衛星固定劣化 (⑥-③)
1/4	1.5	1.7	0.2	1.8	2.7	1.0
1/3	1.0	1.3	0.3	1.1	2.0	0.7
2/5	0.9	1.0	0.1	0.9	1.8	0.8
1/2	0.7	0.9	0.2	1.0	1.9	1.0
3/5	0.5	0.7	0.2	0.9	1.8	1.1
2/3	0.3	0.5	0.2	0.8	1.7	1.2
3/4	0.3	0.4	0.1	0.8	1.7	1.3
4/5	0.2	0.3	0.1	1.0	1.9	1.6
5/6	0.2	0.5	0.3	1.1	2.0	1.5
7/8	0.3	0.4	0.1	1.2	2.1	1.7
9/10	0.2	0.5	0.3	1.4	2.3	1.8

表 32-a : 16APSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ ー折返し ③	衛星折返し ④	OB0 ⑤	衛星伝送実験 +OB0 (⑥=④+⑤)
1/4	2.9	3.8	4.1	4.2	1.7	5.9
1/3	4.1	5.0	5.3	5.5	1.7	7.2
2/5	5.1	6.0	6.1	6.6	1.7	8.3
1/2	6.6	7.7	8.0	8.6	1.7	10.3
3/5	8.0	8.8	8.9	9.7	1.7	11.4
2/3	9.1	9.4	9.8	10.3	1.7	12.0
3/4	10.2	10.6	10.8	11.6	1.7	13.3
4/5	11.3	11.6	11.9	12.9	1.7	14.6
5/6	11.9	12.2	12.7	13.6	2.1	15.7
7/8	12.5	12.9	13.3	14.5	2.1	16.6
9/10	13.5	13.8	14.3	16.3	2.1	18.4

表 32-b : 16APSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 (②-①)	トランスレー ター劣化 (③-①)	トランスレー ター固定劣化 (③-②)	衛星劣化 (④-①)	衛星劣化 (OB0 含む) (⑥-①)	衛星固定 劣化 (⑥-③)
1/4	0.9	1.3	0.3	1.4	3.0	1.8
1/3	0.9	1.2	0.3	1.4	3.1	1.9
2/5	0.9	1.0	0.1	1.5	3.2	2.2
1/2	1.1	1.4	0.3	2.0	3.7	2.3
3/5	0.8	0.9	0.1	1.7	3.4	2.5
2/3	0.3	0.7	0.4	1.2	2.9	2.2
3/4	0.4	0.6	0.2	1.4	3.1	2.5
4/5	0.3	0.6	0.3	1.6	3.3	2.7
5/6	0.3	0.8	0.5	1.7	3.8	3.0
7/8	0.4	0.8	0.4	2.0	4.1	3.3
9/10	0.3	0.8	0.5	2.8	4.9	4.1

表 33-a : 32APSK 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ折返し ③	衛星折返し ④	OB0 ⑤	衛星伝送実験 +OB0 (⑥=④+⑤)
1/4	5.5	7.2	7.4	7.3	2.1	9.4
1/3	6.4	7.7	8.0	8.2	2.1	10.3
2/5	7.2	8.4	8.5	9.8	2.1	11.9
1/2	9.2	10.2	10.7	11.1	2.4	13.5
3/5	10.6	11.3	11.8	12.5	2.4	14.9
2/3	11.7	12.1	12.9	13.6	2.4	16.0
3/4	12.8	13.4	14.1	15.2	2.4	17.6
4/5	14.0	14.3	15.1	16.2	2.9	19.1
5/6	14.5	14.9	15.8	17.4	2.8	20.2
7/8	15.3	15.8	16.8	19.2	2.8	22.0
9/10	16.3	16.8	18.1	22.6	2.8	25.4

表 33-b : 32APSK 所要 C/N 劣化量一覧

符号化率	IF 劣化 (②-①)	トランスレータ劣化 (③-①)	トランスレータ固定劣化 (③-②)	衛星劣化 (④-①)	衛星劣化 (OB0 含む) (⑥-①)	衛星固定劣化 (⑥-③)
1/4	1.7	1.9	0.2	1.8	3.9	2.0
1/3	1.3	1.6	0.3	1.8	3.9	2.3
2/5	1.2	1.3	0.1	2.6	4.7	3.4
1/2	1.0	1.5	0.5	1.9	4.3	2.8
3/5	0.7	1.2	0.5	1.9	4.3	3.1
2/3	0.4	1.2	0.8	1.9	4.3	3.1
3/4	0.6	1.3	0.7	2.4	4.8	3.5
4/5	0.3	1.1	0.8	2.2	5.1	4.0
5/6	0.4	1.3	0.9	2.9	5.7	4.4
7/8	0.5	1.5	1.0	3.9	6.7	5.2
9/10	0.5	1.8	1.3	6.3	9.1	7.3

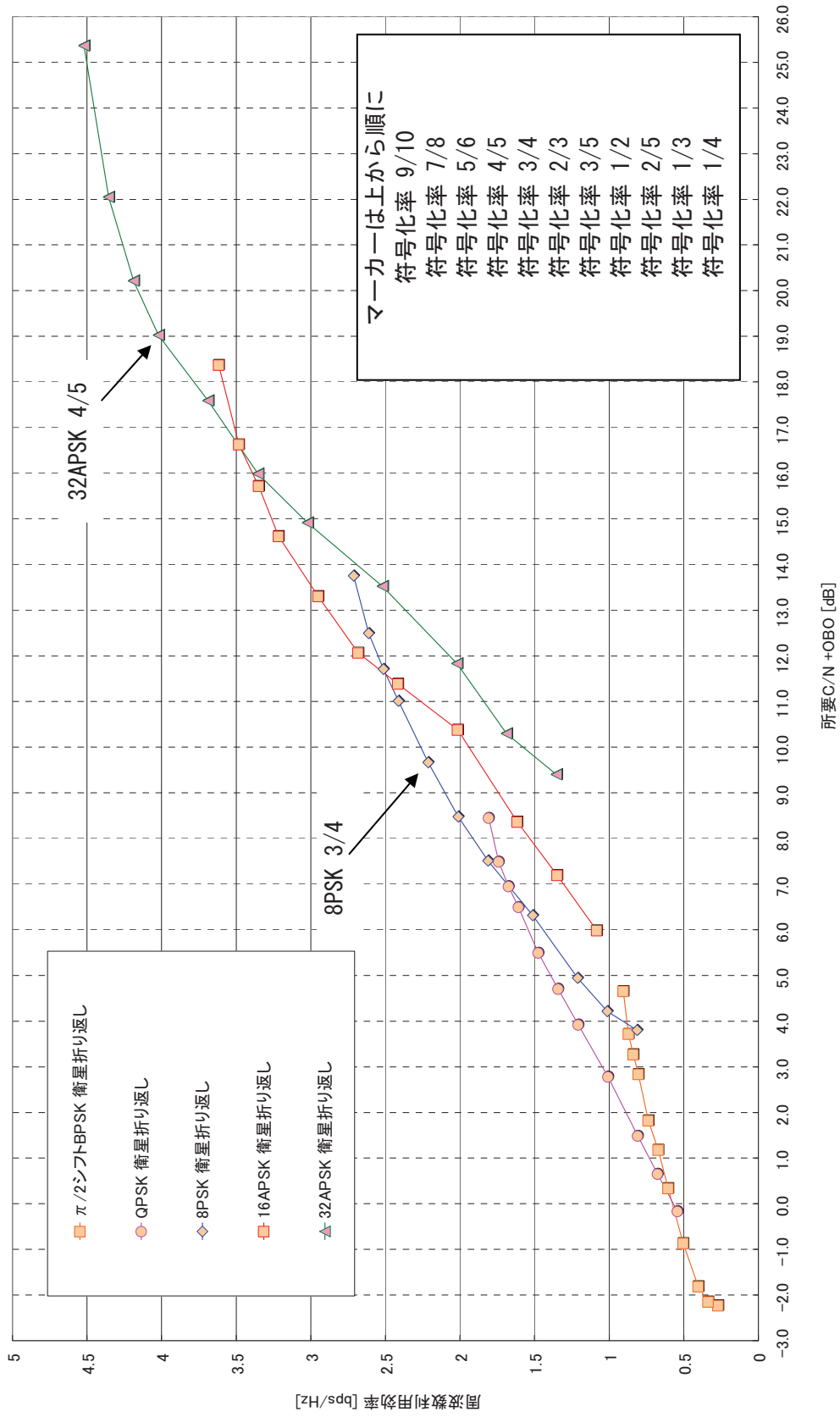


図 17 : 衛星中継器折返し 所要 C/N+OBO 対周波数利用効率

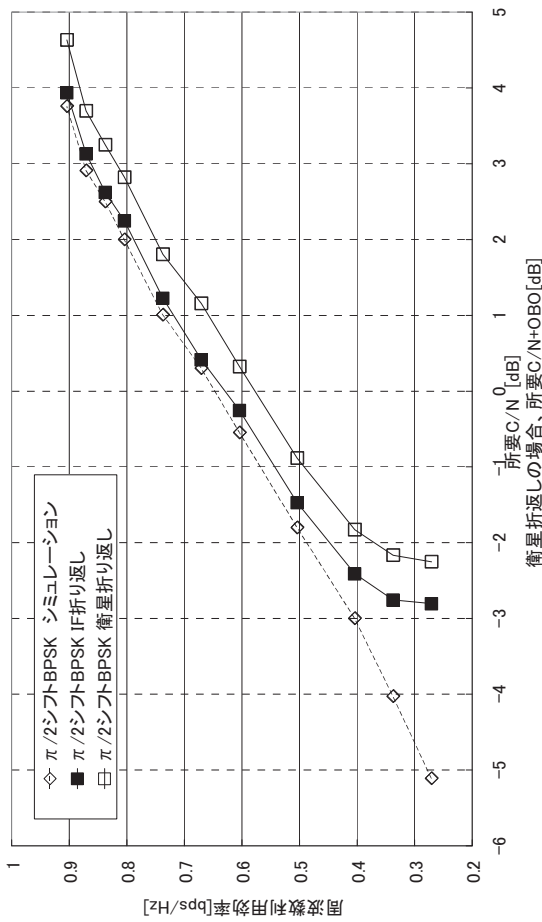


図 18 : $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 対周波数利用効率

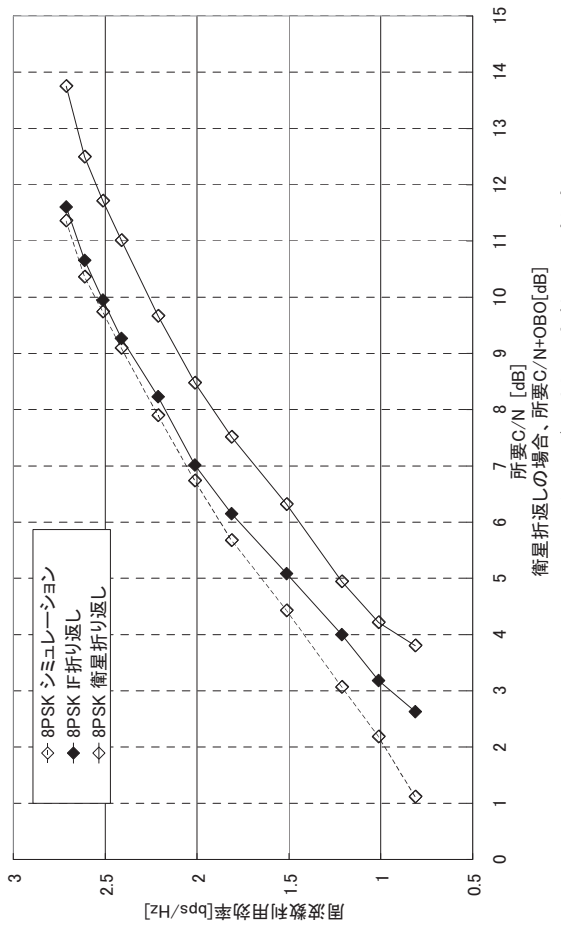


図 20 : 8PSK 所要 C/N 対周波数利用効率

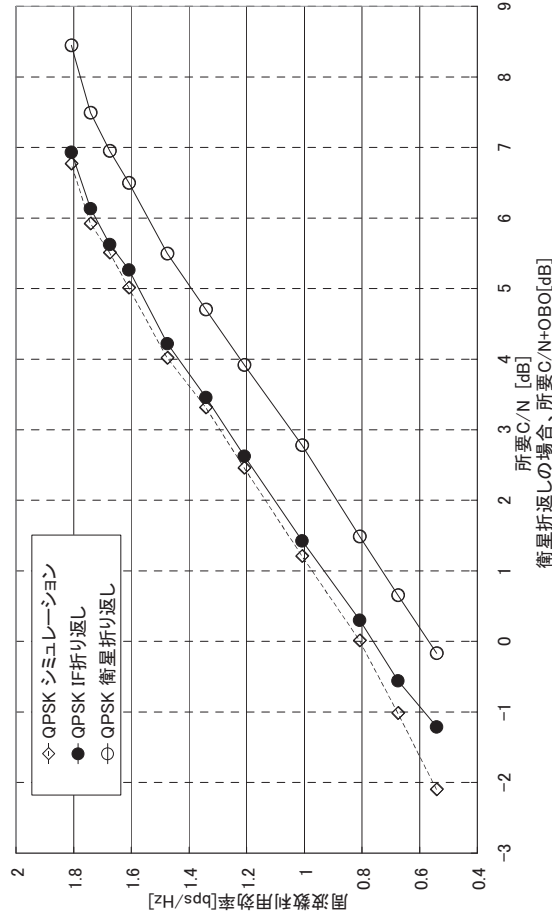


図 19 : QPSK 所要 C/N 対周波数利用効率

マーカーは上から順に

- 符号化率 9/10
- 符号化率 7/8
- 符号化率 5/6
- 符号化率 4/5
- 符号化率 3/4
- 符号化率 2/3
- 符号化率 3/5
- 符号化率 1/2
- 符号化率 2/5
- 符号化率 1/3
- 符号化率 1/4

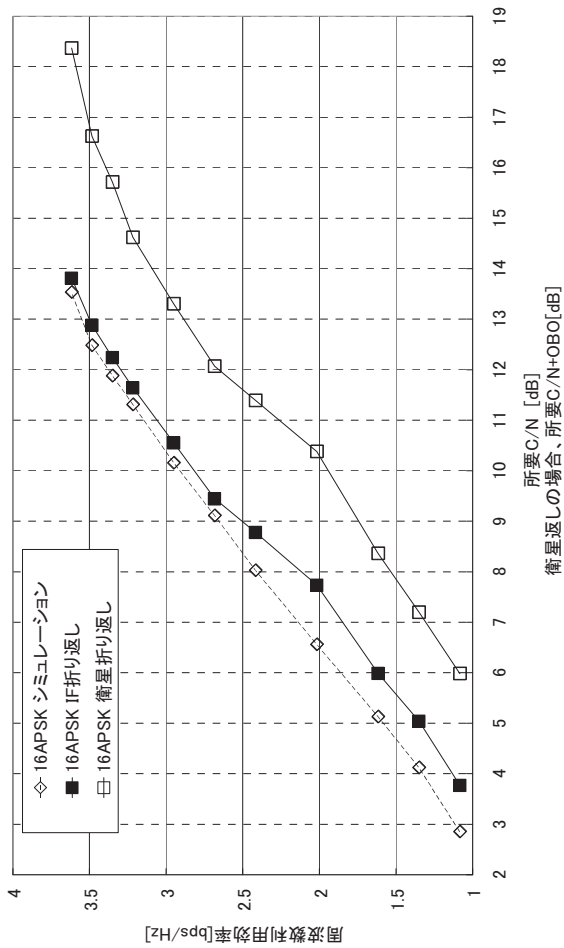


図 21 : 16APSK 所要 C/N 対周波数利用効率

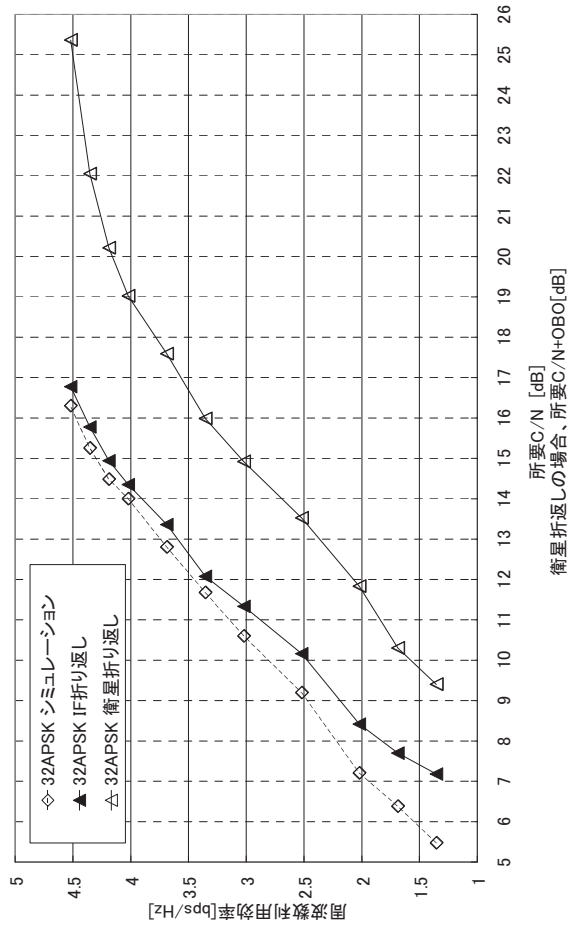


図 22 : 32APSK 所要 C/N 対周波数利用効率

マーカーは上から順に
 符号化率 9/10
 符号化率 7/8
 符号化率 5/6
 符号化率 4/5
 符号化率 3/4
 符号化率 2/3
 符号化率 3/5
 符号化率 1/2
 符号化率 2/5
 符号化率 1/3
 符号化率 1/4

2-4-4 ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定

実験内容：市販の受信アンテナから ODU 部のみ取り外し、ODU 部を電波無響箱に備え付けた受信装置に衛星伝送実験用 7m 受信アンテナ出力信号を入力し、8PSK 3/4、16APSK 3/4、32APSK 4/5 の 3 ケースについて ODU 部有り／無しにおける C/N 劣化量を測定する。

なお、衛星中継器の伝送チャンネルは BS21ch を使用した。32APSK は実験の都合上、2008 年 4 月 22 日に実施した BS19ch を用いた衛星伝送実験において測定を行った。使用した ODU の位相雑音は -81.25dBc (1kHz オフセット) である。使用した ODU の位相雑音特性を図 23 に示す。本実験は衛星放送受信アンテナの ODU 部のみを取り外し、電波無響箱に備え付けて受信実験を行った。無響箱を図 24 に示す。ODU から再放射した信号は矩形ホーンアンテナで受信した。使用した矩形ホーンアンテナの諸元を表 34 に示す。ODU の有無による所要 C/N の測定結果を表 35 および図 25 に示す。

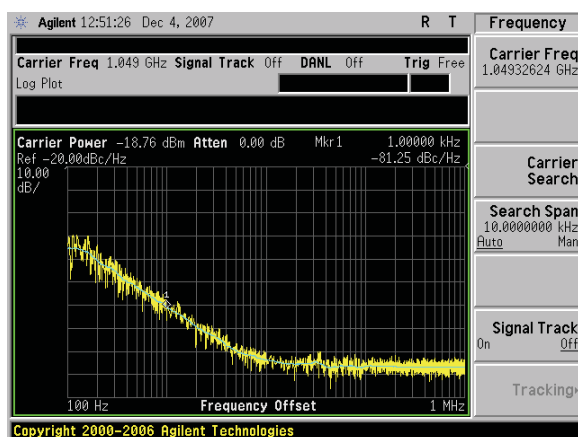


図 23：ODU の位相雑音特性



図 24：無響箱

表 34 矩形ホーンアンテナの緒元

開口径	55.8mm × 43.9mm
利得	16.5dBi

表 35 ODU の有無による C/N の劣化量

伝送方式	ODU なし 所要 C/N[dB]	ODU あり 所要 C/N[dB]	C/N 劣化量[dB]
8PSK 3/4	8.7	8.8	0.1
16APSK 3/4	11.6	11.7	0.1
32APSK 4/5	16.5	16.7	0.2

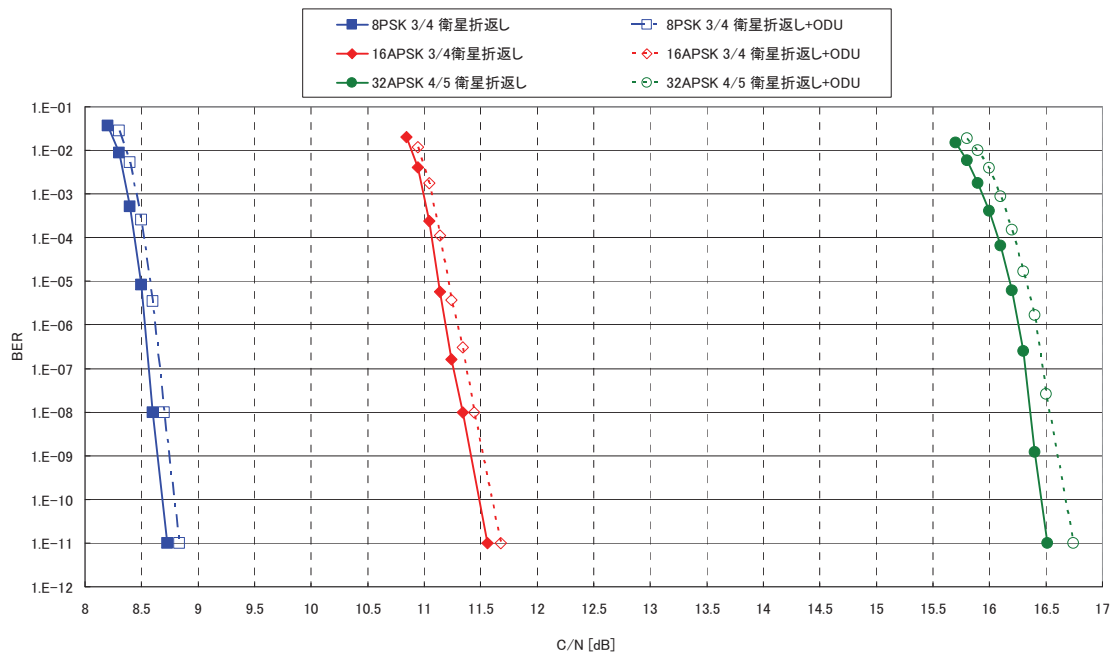


図 25 : ODU 挿入時の 8PSK 3/4 16APSK 3/4 32APSK 4/5 衛星折返し C/N 対ビット誤り率

2-4-5 同期限界測定

実験内容：実験内容：8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の擬似中継器出力信号に対し、受信機入力前の局部発振器の周波数を 0 から±4.5MHz まで変化させ、8PSK 3/4、32APSK 4/5 のキャプチャレンジ C/N、ロックレンジ C/N の測定を実施する。

本測定は 2008 年 4 月 23 日に実施した BS19ch を用いた衛星伝送実験において測定を行った。

測定方法：受信機入力前の局部発振周波数変換器におけるローカル周波数偏差を 0 から±4.5MHz まで変化させ（表 23 参照）、C/N を -4dB に設定し、C/N を 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（キャプチャレンジ C/N）を測定する。続いて、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（ロックレンジ C/N）を測定する。

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 におけるキャプチャレンジ C/N およびロックレンジ C/N の測定結果を表 36 に示す。

表 36-1：8PSK 3/4 キャプチャレンジ C/N ロックレンジ C/N の測定結果

周波数 オフセット [MHz]	ローカル 周波数 [MHz]	変調方式	周波数 オフセット [MHz]	キャプチャ C/N [dB]	ロック C/N [dB]	備考
0	0	8PSK 120slot	0.0	-3.5	-3.6	C/N=∞で、周波数オフセット+5.5MHzのときにLockせず、+5.0MHzでLock。 周波数オフセット-4.5MHzのときにLockせず、-4.0MHzでLock。
1	1254.72		1.0	-3.2	-3.2	
-1	1254.72		-1.0	-3.5	-3.5	
2	1254.72		2.0	-3.4	-3.5	
-2	1254.72		-2.0	-3.3	-3.4	
3	1254.72		3.0	-3.5	-3.5	
-3	1254.72		-3.0	-3.2	-3.2	
4	1254.72		4.0	-3.0	-3.1	
-4	1254.72		-4.0	-1.2	-2.7	
4.5	1254.72		4.5	-2.9	-3.1	
5	1254.72		5.0	-2.1	-2.7	

表 36-2：32APSK 4/5 キャプチャレンジ C/N ロックレンジ C/N の測定結果

周波数 オフセット [MHz]	ローカル 周波数 [MHz]	変調方式	周波数 オフセット [MHz]	キャプチャ C/N [dB]	ロック C/N [dB]	備考
0	0	32APSK 120slot	0.0	-3.2	-3.2	
1	1254.72		1.0	-3.3	-3.3	
-1	1254.72		-1.0	-3.0	-3.1	
2	1254.72		2.0	-3.2	-3.3	
-2	1254.72		-2.0	-3.0	-3.1	
3	1254.72		3.0	-3.3	-3.3	
-3	1254.72		-3.0	-3.0	-3.0	
4	1254.72		4.0	-3.0	-3.0	
-4	1254.72		-4.0	-1.9	-2.8	
4.5	1254.72		4.5	-2.8	-2.8	
5	1254.72		5.0	-2.6	-2.8	

2-4-6 TLV 機能の動作検証

実験内容：8PSK 3/4 で TLV モードの信号を伝送し、正しく復調できていることロジックアナライザにより確認する。また、TLV モードの信号がビット誤りを起こした場合、正しく NULL 化が行われることを確認するため、伝送信号に白色雑音を印加してビット誤りを再現し、NULL パケットの置換状況をロジックアナライザにより確認する。

高度衛星デジタル放送暫定方式は、MPEG-TS の伝送において先頭同期バイトの 47Hex を除いた 187Byte 単位で伝送する。TLV モードにおける可変長パケット機能の動作検証として、187Byte と異なる先頭同期バイトを含んだ 188byte の MPEG-TS を利用した。

TLV モードの信号が正しく復号には、TMCC 情報に記載されるトップポイントおよびラストポイント情報が正常に動作する必要がある。本測定では、TLV モードの信号として 188Byte の MPEG-TS を使用し、先頭同期 Byte である 47Hex が検出可能であることをロジックアナライザで確認する事で、TLV モードの動作検証を実施した。

本測定は 2008 年 4 月 24 日に実施した BS19ch を用いた衛星伝送実験において測定を行った。
測定方法：

- ・ 変調器において送信信号として TLV モード (188byte) を選択する。
- ・ 8PSK 3/4 で TLV モードの信号を変調し、衛星伝送路を通過後の信号を復調器で復調する。
- ・ 復調器の復調信号をロジックアナライザで解析し、復調信号の先頭パケットヘッダ及び 2 番目のパケットヘッダが 47Hex であることを確認し、TLV モードのパケットサイズ 188Byte になっていることを確認する。
- ・ 続いて、ノイズを付加し、主信号が断になる状況において、TLV パケットが正しく NULL パケットに置換される事を確認する。

図 26 にノイズを付加しない場合の先頭パケットおよび第 2 パケットにおけるロジックアナライザの解析画面を示す。図 27 にノイズを付加した場合の先頭パケットおよび第 2 パケットにおけるロジックアナライザの解析画面を示す。実験系統図を図 28 に示す。

Label>	DATA	EN	PCK
Base>	Hex	He	Hex
0	47	1	1
1	00	1	0
2	10	1	0
3	19	1	0
4	00	1	0
5	00	1	0
6	00	1	0
7	00	1	0
8	00	1	0
9	00	1	0
10	00	1	0
11	00	1	0
12	00	1	0
13	00	1	0
14	00	1	0
15	00	1	0

図 26-1 ノイズ OFF における
TLV モードの解析結果
(先頭パケット)

Label>	DATA	EN	PCK
Base>	Hex	He	Hex
188	47	1	1
189	00	1	0
190	10	1	0
191	1A	1	0
192	00	1	0
193	00	1	0
194	00	1	0
195	00	1	0
196	00	1	0
197	00	1	0
198	00	1	0
199	00	1	0
200	00	1	0
201	00	1	0
202	00	1	0
203	00	1	0

図 26-2 ノイズ OFF における
TLV モードの解析結果
(第 2 パケット目)

Label>	DATA	EN	PCK
Base>	Hex	He	Hex
0	47	1	1
1	FF	1	0
2	FF	1	0
3	FF	1	0
4	FF	1	0
5	FF	1	0
6	FF	1	0
7	FF	1	0
8	FF	1	0
9	FF	1	0
10	FF	1	0
11	FF	1	0
12	FF	1	0
13	FF	1	0
14	FF	1	0
15	FF	1	0

図 27-1 ノイズ ON における
TLV モードの解析結果
NULL パケット確認画面
(先頭パケット)

Label>	DATA	EN	PCK
Base>	Hex	He	Hex
188	47	1	1
189	FF	1	0
190	FF	1	0
191	FF	1	0
192	FF	1	0
193	FF	1	0
194	FF	1	0
195	FF	1	0
196	FF	1	0
197	FF	1	0
198	FF	1	0
199	FF	1	0
200	FF	1	0
201	FF	1	0
202	FF	1	0
203	FF	1	0

図 27-2 ノイズ ON における
TLV モードの解析結果
NULL パケット確認画面
(第 2 パケット目)

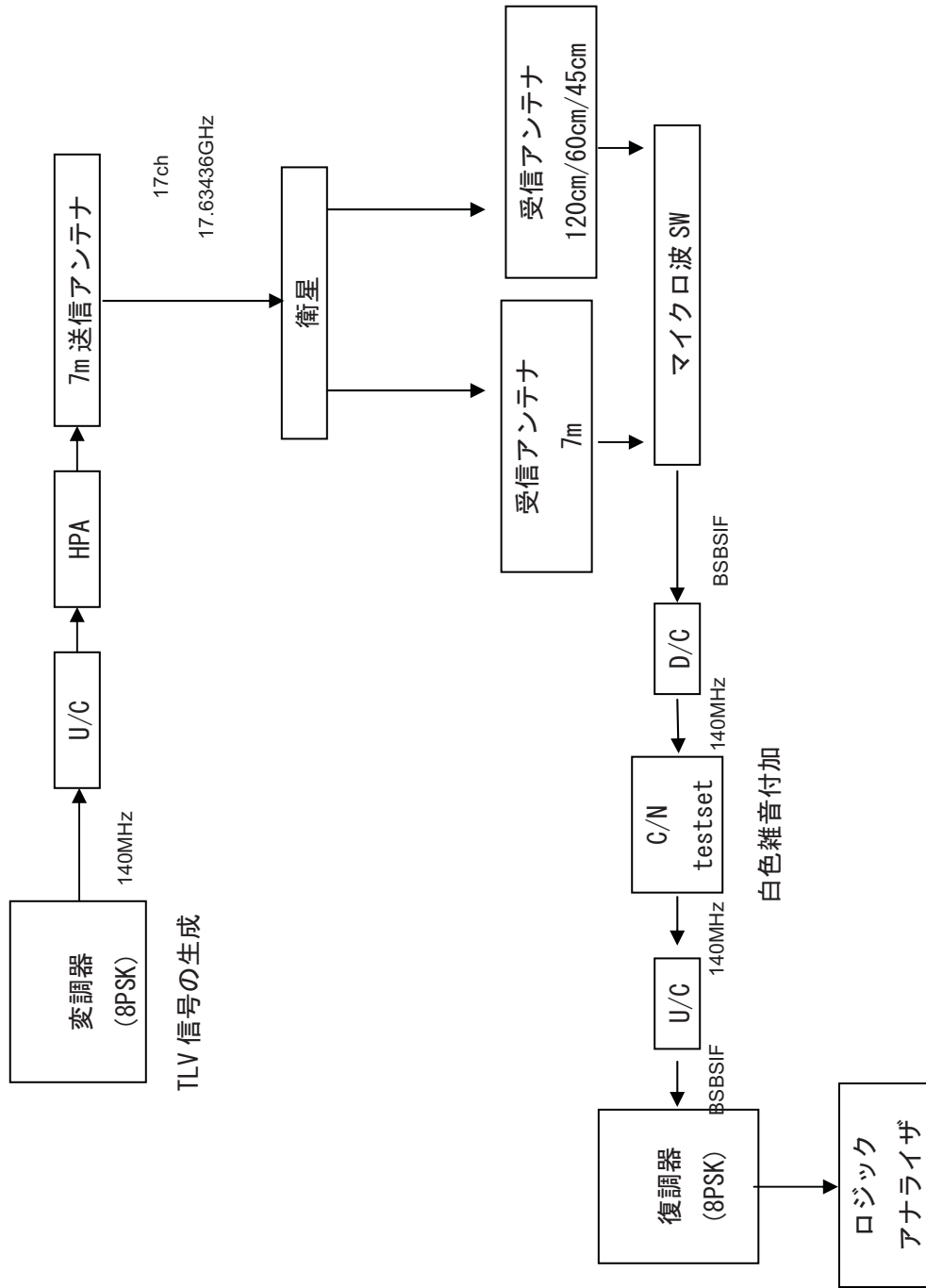


図 28 : TLV モード動作確認試験 実験系統図

2-4-7 総合試験特性

2-4-7-1 衛星伝送実験における総合試験特性（8PSK および低階層用 QPSK）

平成 20 年 4 月 24 日に NHK 放送センターにて、衛星中継器を用いた高度衛星デジタル放送暫定方式による HDTV 4 番組伝送、リニア PCM 番組伝送および階層伝送の総合試験を実施した。伝送チャンネルは BS17ch（アップリンク周波数：17.63436GHz/ダウンリンク周波数：12.03436GHz）を使用した。階層伝送の試験は受信 C/N を C/N テストセットを用いて劣化させ、HDTV が断となる現象を発生させた際に、低階層用映像が正常に復号可能であり、受信 C/N が再び回復した際に HDTV が正常に復号可能であることを試験項目とした。

BS 用受信アンテナを 45cm 径、60cm 径、120cm 径の 3 種類用意し、全ての場合において、正常に受信できる事を確認した。総合試験に用いた伝送スロット内訳を表 37 に示す。総合試験に使用した映像・音声素材のビットレートを表 38 に示す。図 29 に実験系統図を示す。図 30~図 36 に総合試験の様子を示す。

上記期間中、実施した全ての試験において、正常に伝送できることを確認した。

表 37-1：総合試験に用いた伝送スロットの内訳

(8PSK 3/4 HDTV4 番組伝送、QPSK 1/2 低階層映像伝送)

HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 14Mbps (25slot)	低階層
				↑ 1.31835Mbps (5slot)

表 37-2：総合試験に用いた伝送スロットの内訳

(8PSK 3/4 リニア PCM1 番組、HDTV 3 番組伝送、QPSK 1/2 低階層映像伝送)

HDTV (リニア PCM 音声) 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 14Mbps (25slot)	低階層
				↑ 1.31835Mbps (5slot)

表 38：総合試験に使用した映像・音声素材のビットレート

番組種別	映像符号化	映像ビットレート	音声符号化	音声ビットレート
HDTV	H. 264	15. 8Mbps	AAC 5. 1ch	320Kbps
HDTV (低階層と同一内容)	H. 264	13. 5Mbps	AAC 5. 1ch	320Kbps
HDTV(リニア PCM 音声)	H. 264	10. 015Mbps	リニア PCM	6912Kbps
低階層用映像	H. 264	990Kbps	AAC	128Kbps

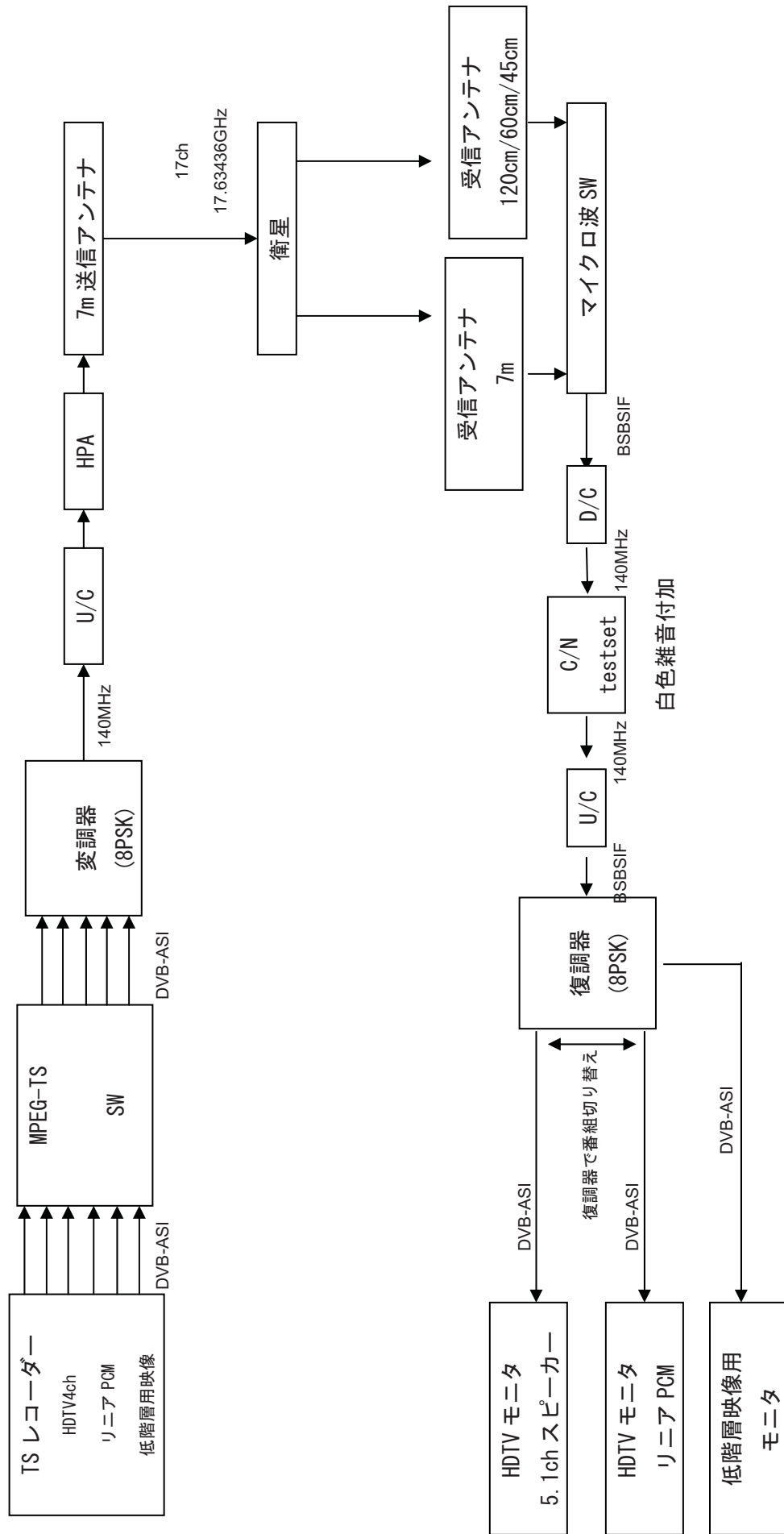


図 29 : 8PSK HDTV 4 番組伝送、リニア PCM 番組伝送、階層伝送、総合試験系統図



図 30 高度衛星デジタル伝送装置

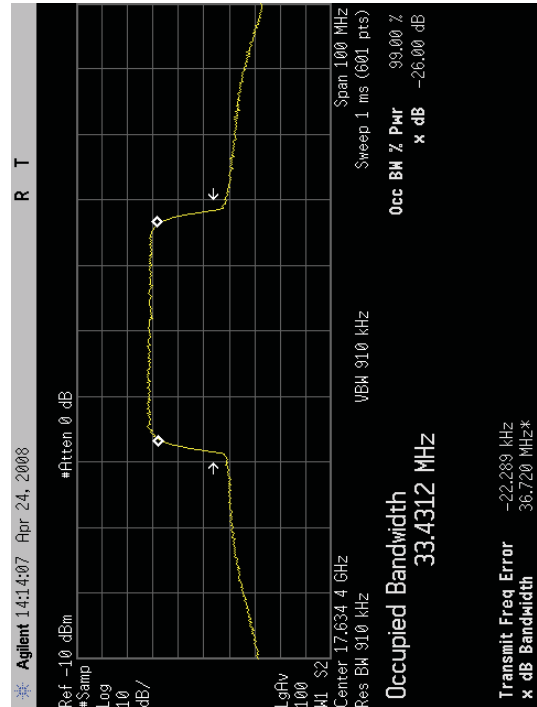


図 32 8PSK 変調波の送信スペクトラム (BS17ch)



図 31 衛星伝送実験の様子

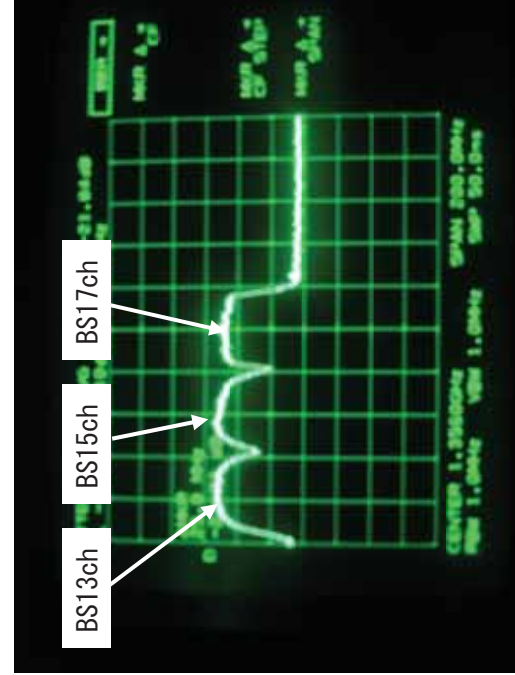


図 33 衛星放送波の受信スペクトラム (BS17ch)



図 34 高度 BS デジタル伝送装置 総合試験の様子



図 35 リニア PCM 番組 低階層番組 使用機器



図 36 受信用 45cm 径 パラボラアンテナ

2-4-7-2 衛星伝送実験における総合試験特性（32APSK および 8PSK バルク伝送）

平成 20 年 5 月 15 日に NHK 放送センターおよび NHK 放送技術研究所にて、高度衛星デジタル伝送暫定方式による 32APSK を用いた衛星 1 中継器による SHV (スーパーハイビジョン)1 番組伝送、8PSK を用いた衛星 2 中継器を用いたバルク伝送機能による SHV 1 番組伝送（バルク伝送）の総合試験を実施した。伝送チャンネルは BS17ch(アップリンク周波数：17.63436GHz/ダウンリンク周波数：12.03436GHz) および BS19ch(アップリンク周波数：17.67272GHz/ダウンリンク周波数：12.07272GHz) を使用した。

受信パラボラアンテナは 45cm 径、120cm 径の 2 種類のアンテナを使用した。32APSK 伝送、8PSK バルク伝送ともに同じ MPEG-TS レートの SHV 番組を使用した。総合試験に用いた伝送スロット内訳を表 39 に示す。総合試験に使用した映像・音声素材のビットレートを表 40 に示す。図 37 に実験系統図を示す。図 38~図 49 にデモンストレーションの様子を示す。

上記期間中、実施した全ての試験において、45cm および 120cm の両方のパラボラアンテナを使用して、正常に伝送できることを確認した。

表 39： 総合試験に用いた伝送スロットの内訳
(32APSK 4/5 衛星 1 中継器 SHV1 番組伝送)

SHV BS19ch
126.56Mbps 120slot

表 39-2： 総合試験に用いた伝送スロットの内訳
(8PSK 3/4 衛星 2 中継器 SHV1 番組伝送（バルク伝送）)

SHV 69.6Mbps 120slot
SHV 69.6Mbps 120slot

表 40： 総合試験に使用した映像・音声素材のビットレート

番組種別	映像コーデック	映像ビットレート	音声コーデック	音声ビットレート
SHV	H.264	118Mbps	AAC 22.2ch	1920Kbps

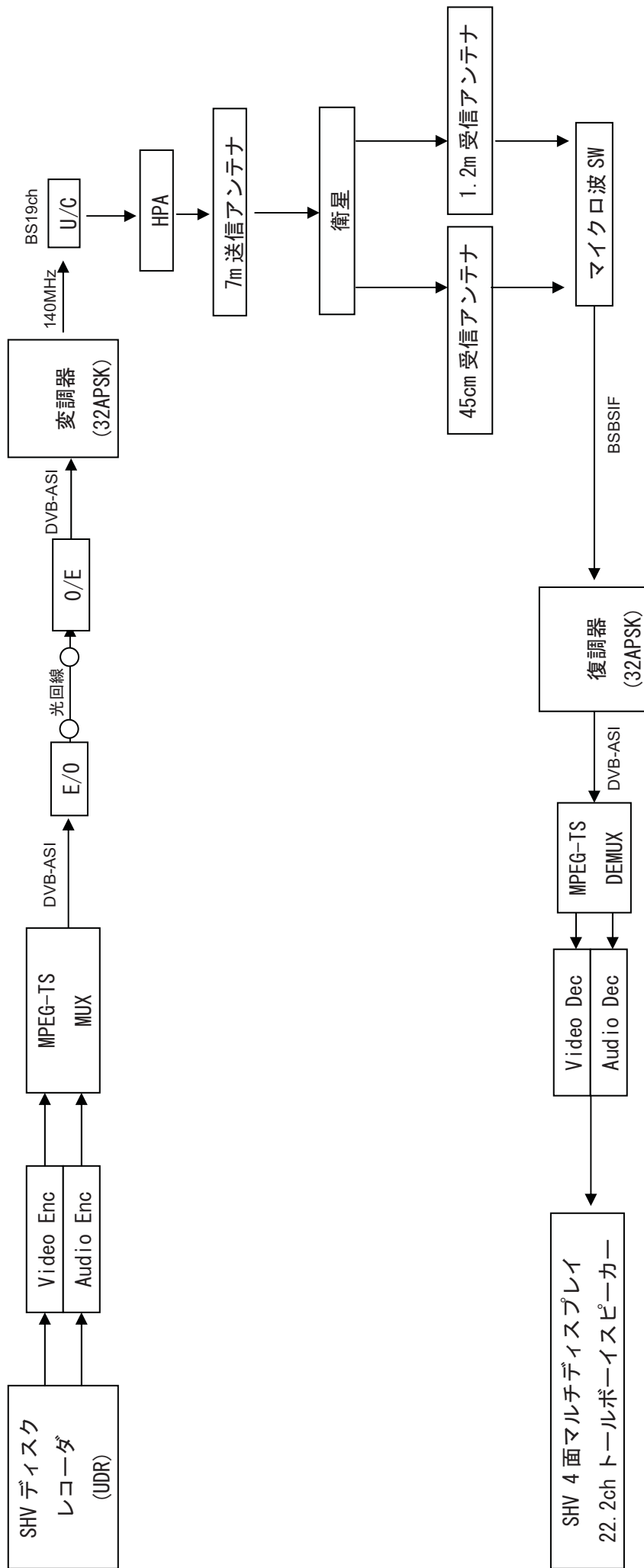


図 37-1 : 32APSK 4/5 SHV 1 番組伝送 総合試験系統図

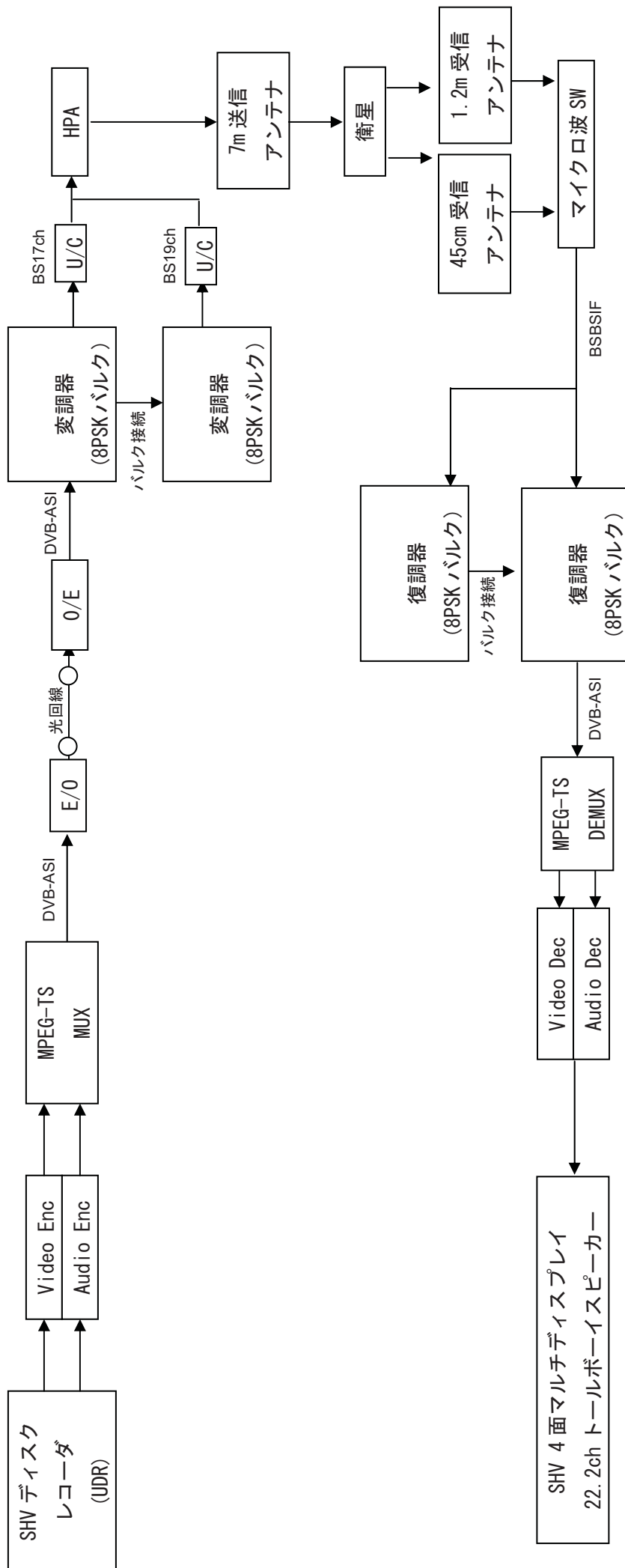


図 37-2 : 8PSK3/4 バルク SHV 1 番組伝送 総合試験系統図



図 38 SHV 番組伝送試験 使用機器



図 39 SHV 番組伝送実験の様子



図 40 32APSK 4/5 受信スペクトラム、コンスタレーション



図 41 8PSK 3/4 バルク伝送 受信スペクトラム、コンスタレーション

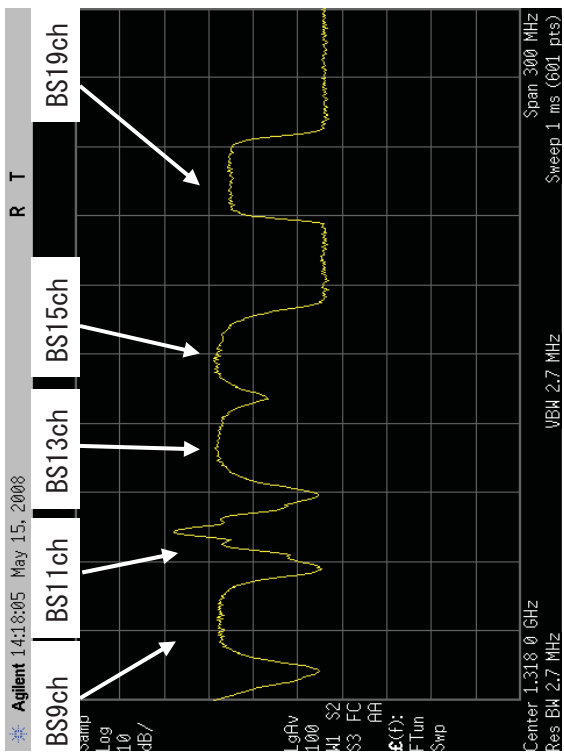


図 42 32APSK 4/5 受信スペクトラム(45cm 径パラポラアンテナ)

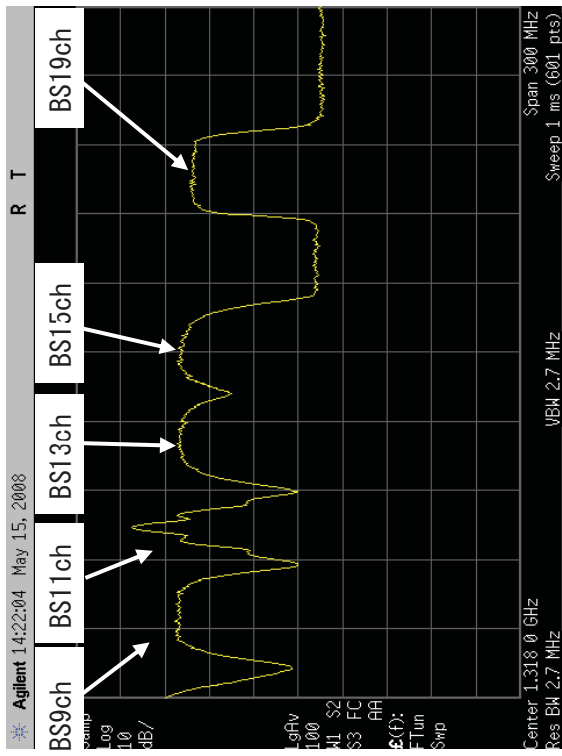


図 44 32APSK 4/5 受信スペクトラム(120cm 径パラポラアンテナ)

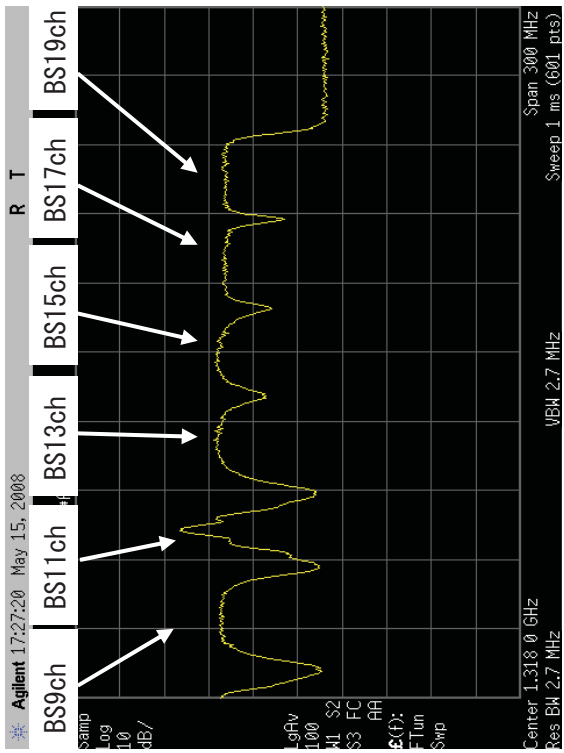


図 43 8PSK 3/4 バルク伝送 受信スペクトラム(45cm 径パラポラアンテナ)

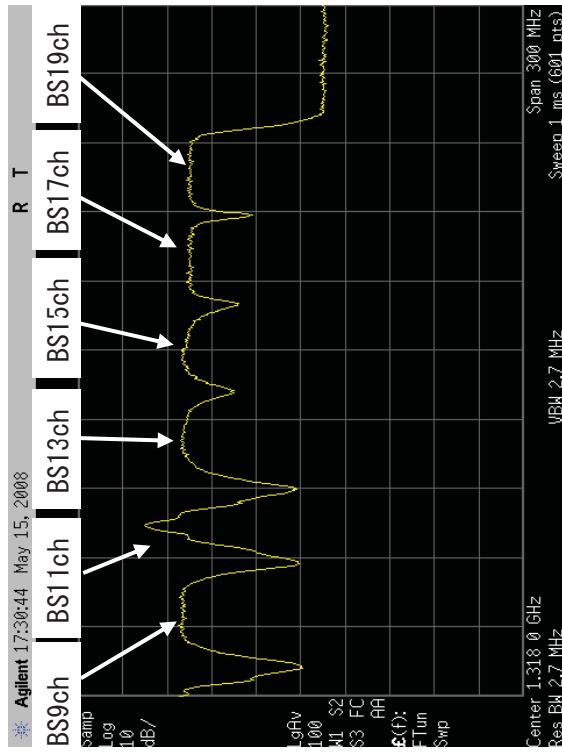


図 45 8PSK 3/4 バルク伝送 受信スペクトラム(120cm 径パラポラアンテナ)



図 47 8PSK 3/4 バルク伝送 コンスタレーション (45cm 径パラポラアンテナ)



図 49 受信用 120cm 径 パラポラアンテナ



図 46 32APSK 4/5 コンスタレーション (45cm 径パラポラアンテナ)



図 48 受信用 45cm 径 パラポラアンテナ

2-4-7-3 擬似中継器による高度衛星デジタル放送暫定方式のデモンストレーション

平成 20 年 2 月 20 日に NHK 放送センターにて、擬似中継器を用いた高度衛星デジタル放送暫定方式による映像・音声伝送のデモンストレーションを実施した。デモンストレーションの実施項目を表 41 に示す。デモンストレーションに使用した映像・音声素材のビットレートを表 42 に示す。図 50 に系統図を示す。図 51~図 58 にデモンストレーションの様子を示す。

表 41-1：デモンストレーションに用いた伝送スロットの内訳
(8PSK 3/4 HDTV4 番組伝送)

HDTV (リニア PCM 音声) 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)
---	----------------------------	----------------------------	----------------------------

表 41-2：デモンストレーションに用いた伝送スロットの内訳
(8PSK 3/4 リニア PCM1 番組、HDTV3 番組伝送)

HDTV (リニア PCM 音声) 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)	HDTV 17Mbps (30slot)
---	----------------------------	----------------------------	----------------------------

表 41-3：デモンストレーションに用いた伝送スロットの内訳
(8PSK 3/4 HDTV1 番組、QPSK 1/2 低階層番組伝送)

HDTV 17Mbps (30slot)	NULL 49.30629Mbps 85slot	低階層
----------------------------	--------------------------------	-----

↑
1.31835Mbps (5slot)

表 41-4：デモンストレーションに用いた伝送スロットの内訳
(32APSK 4/5 1 中継器 SHV1 番組伝送)

SHV 126.56Mbps 120slot

表 41-5：デモンストレーションに用いた伝送スロットの内訳
(8PSK 3/4 2 中継器 SHV1 番組伝送 (バルク伝送))

SHV 69.6Mbps 120slot
SHV 69.6Mbps 120slot

表 42 : デモンストレーションに使用した映像・音声素材のビットレート

実施項目	映像コーデック	映像ビットレート	音声コーデック	音声ビットレート
HDTV4 番組伝送デモ	H. 264	15. 8Mbps	AAC 5. 1ch	320Kbps
リニア PCM 音声デモ	H. 264	10. 015Mbps	リニア PCM	6912Kbps
階層伝送デモ	H. 264	990Kbps	AAC 22. 2ch	128Kbps
SHV 伝送デモ	H. 264	118Mbps	AAC 22. 2ch	1920Kbps

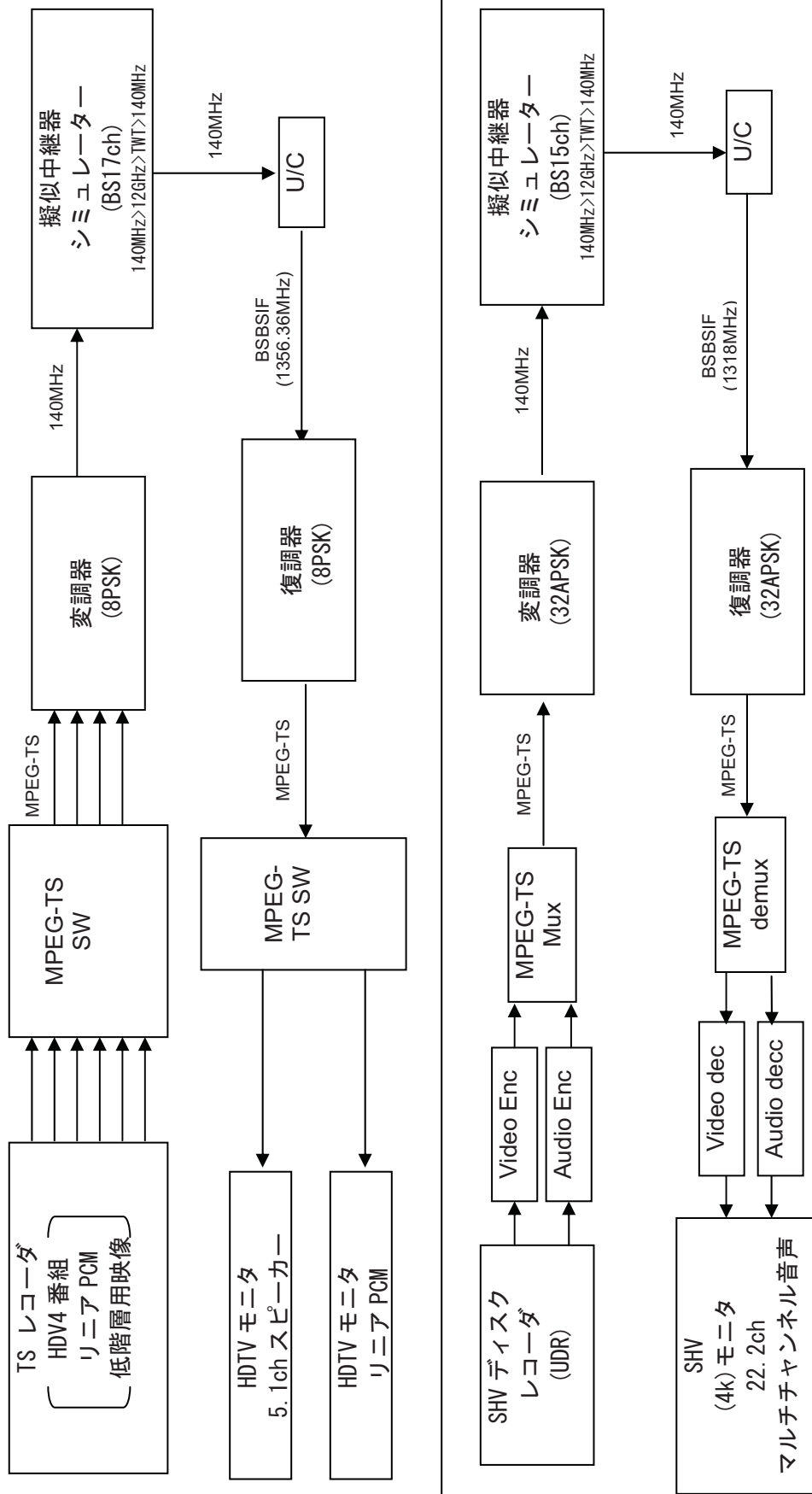


図 50-1：擬似中継器折返し デモンストラーション系統図 (HDTV4ch 伝送、階層伝送、32APSK による 1 中継器 SHV 伝送)

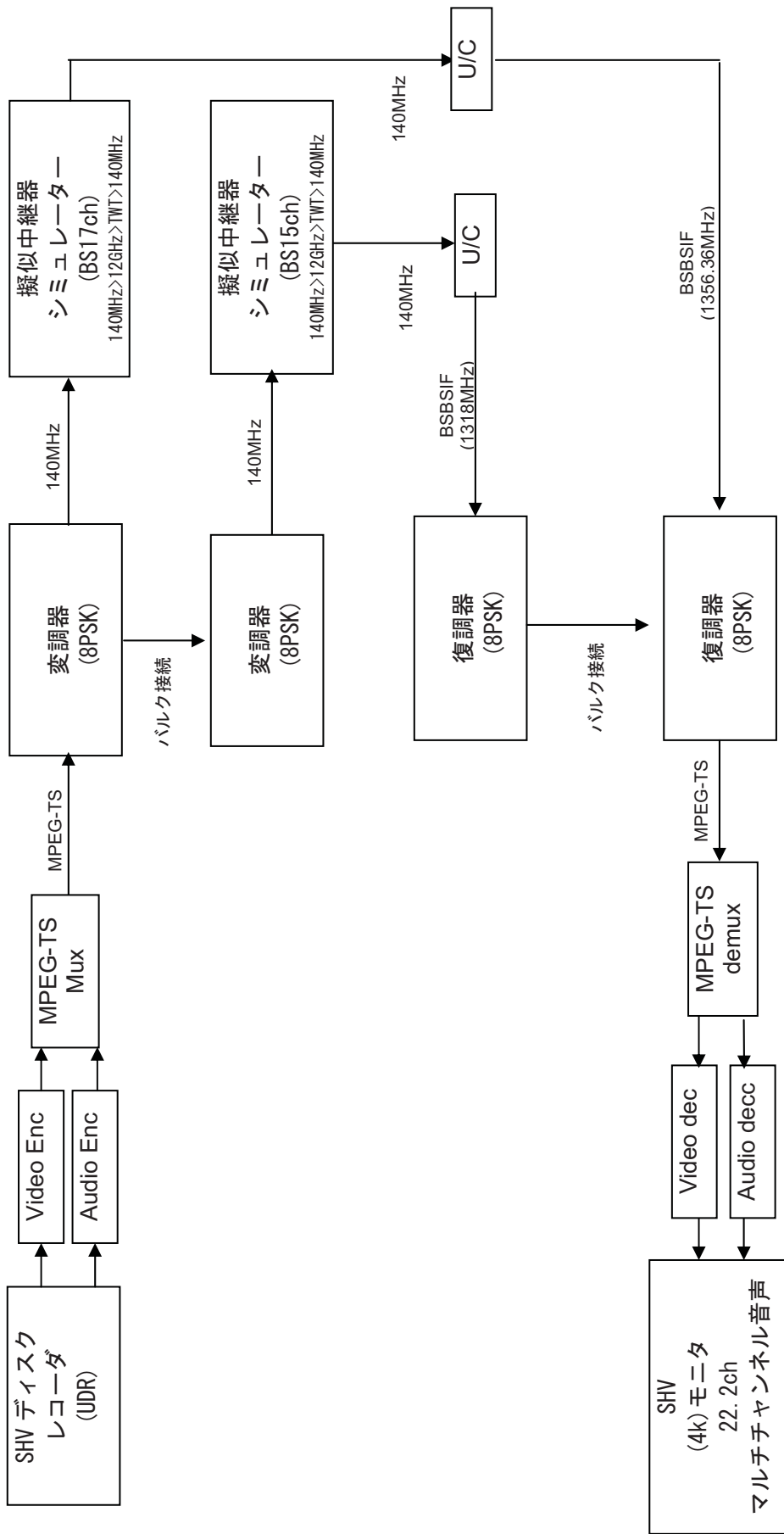


図 50-2 : 疑似中継器折返し デモンストラーション系統図 (8PSK バルク伝送による 2 中継器 SHV 伝送)



图 51 高度衛星デジタル伝送装置



图 52 HDTV 4 番組伝送 映像・音声 符号化 復号装置



图 53 SHV 映像・音声 符号化 復号装置



图 54 リニア PCM 音響装置



図 56 SHV 映像・音声 符号化 復号装置



図 55 高度衛星デジタル伝送装置のデモの様子



図 58 リニア PCM 番組伝送デモの様子

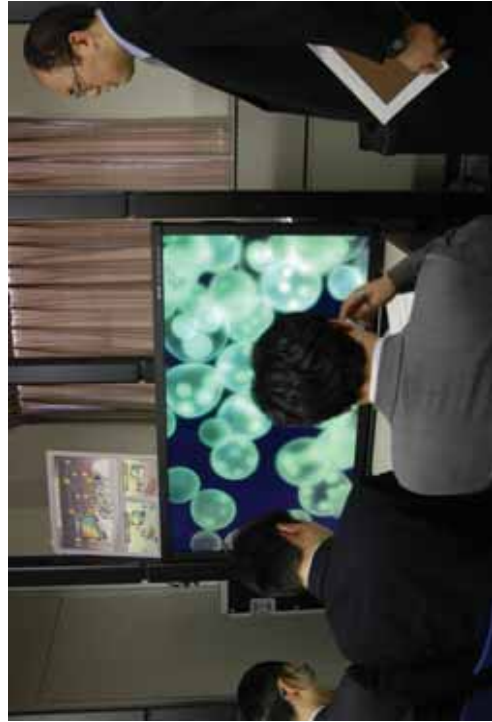


図 57 SHV 番組伝送のデモの様子

衛星伝送実験 付録

付録 2 : 衛星伝送実験

付録 2-1 : スペクトラム写真 (4.2 節)

・ $\pi/2$ シフト BPSK

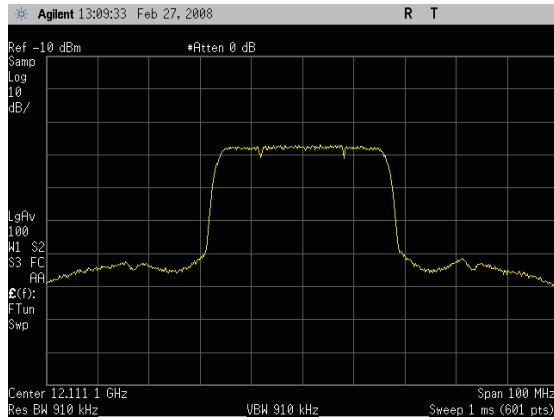


写真 8-1-1 $\pi/2$ シフト BPSK (9/10) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

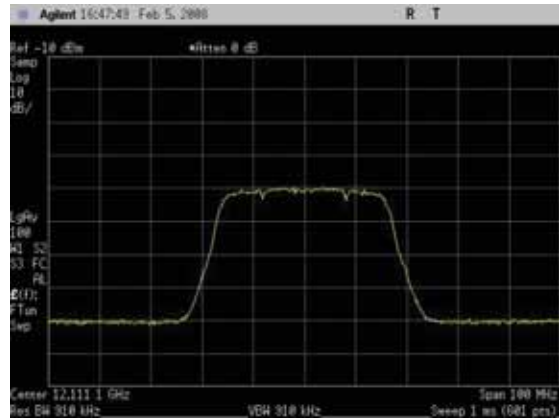


写真 8-1-2 $\pi/2$ シフト BPSK (9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

・ QPSK

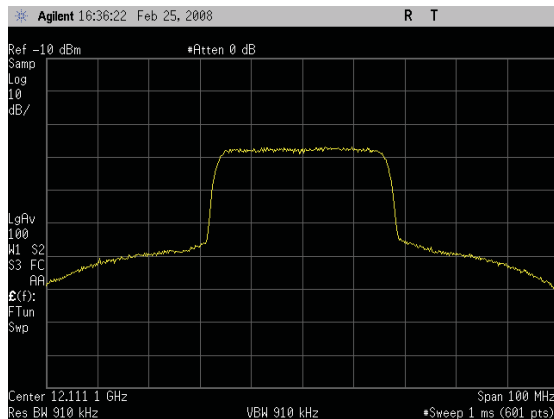


写真 8-2-1 QPSK (3/4) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

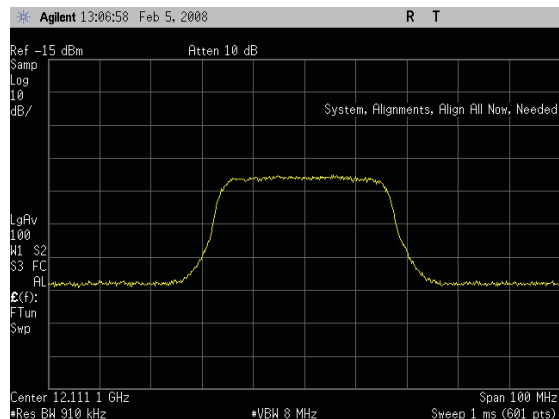


写真 8-2-2 QPSK (1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

・ 8PSK

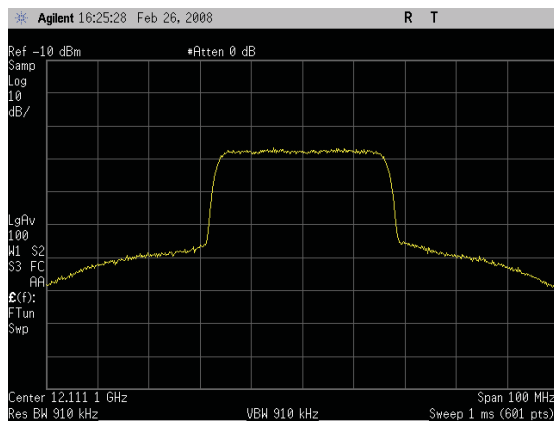


写真 8-3-1 8PSK (3/4) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

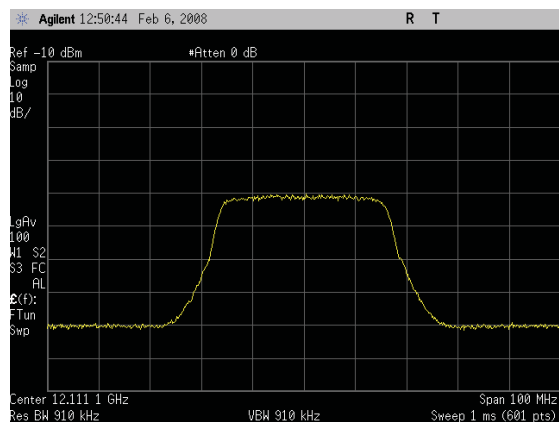


写真 8-3-2 8PSK (3/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

・ 16APSK

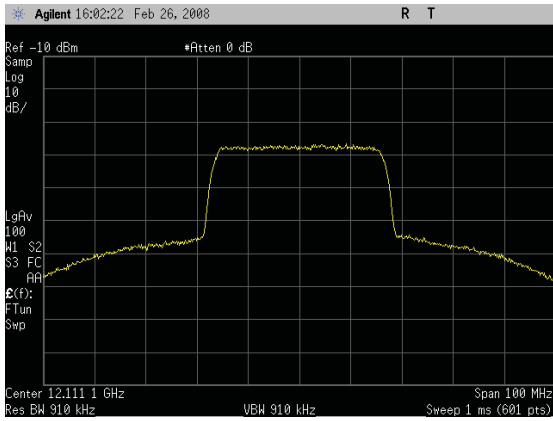


写真 8-4-1-1 16APSK (1/4) トランスレータ
ー後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

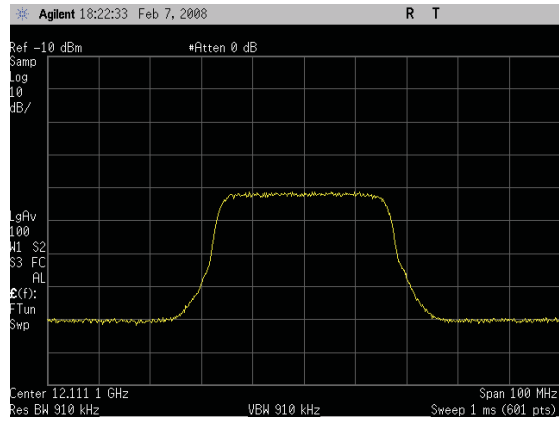


写真 8-4-1-2 16APSK (1/4) 衛星伝送実験の
受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

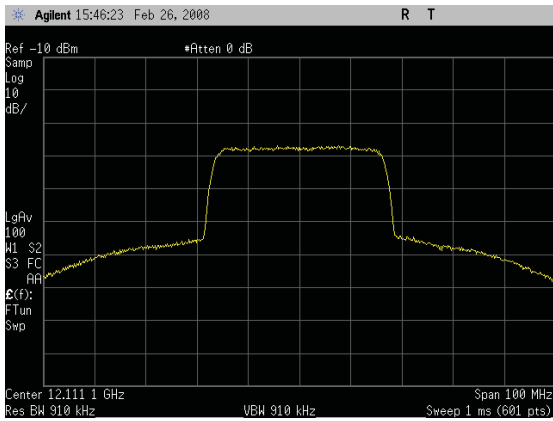


写真 8-4-2-1 16APSK (1/3) トランスレータ
ー後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

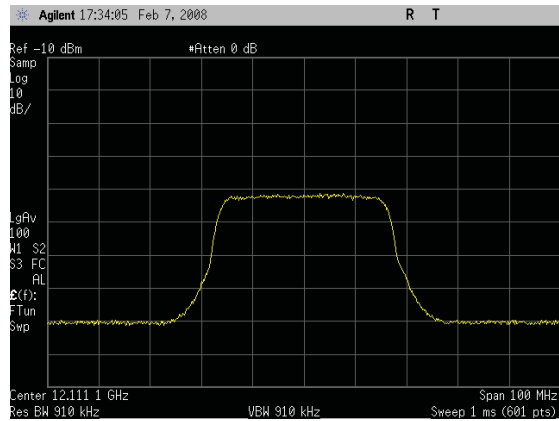


写真 8-4-2-2 16APSK (1/3) 衛星伝送実験
の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

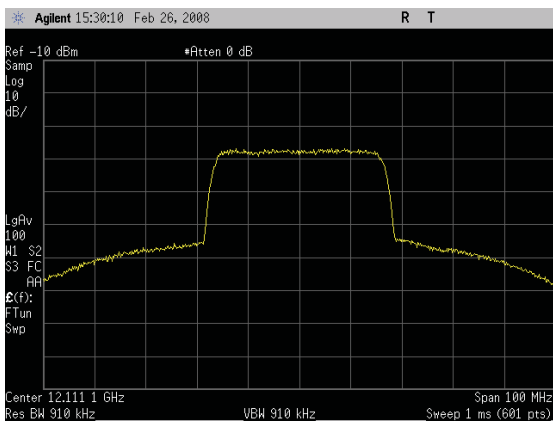


写真 8-4-3-1 16APSK (2/5) トランスレータ
ー後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

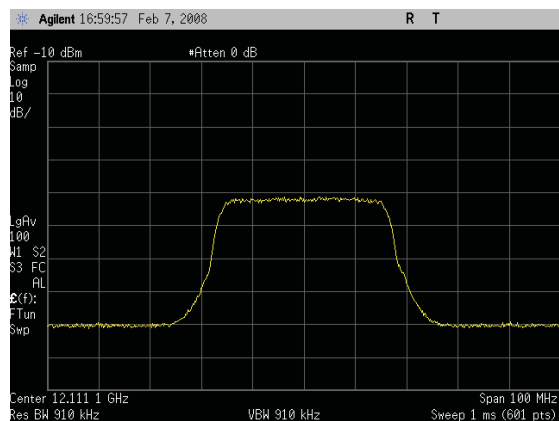


写真 8-4-3-2 16APSK (2/5) 衛星伝送実験
の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

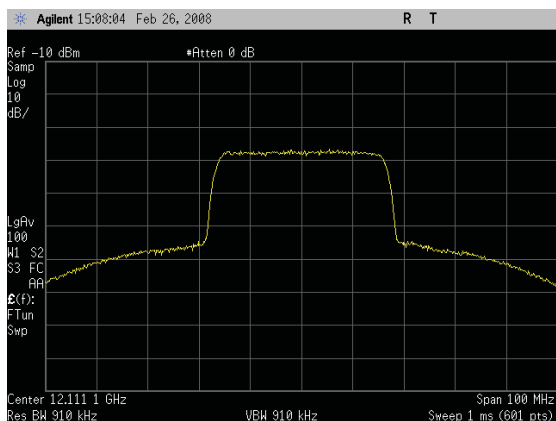


写真 8-4-4-1 16APSK(1/2) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

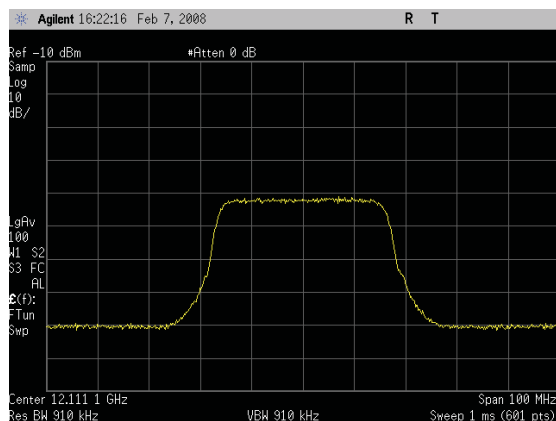


写真 8-4-4-2 16APSK(1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

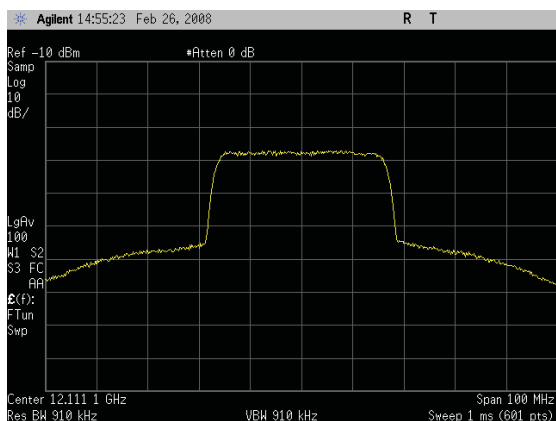


写真 8-4-5-1 16APSK(3/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

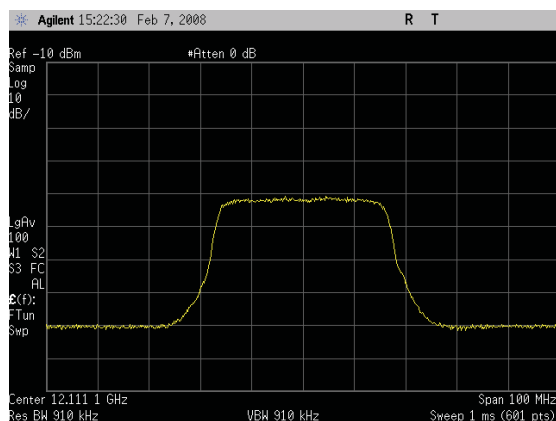


写真 8-4-5-2 16APSK(3/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

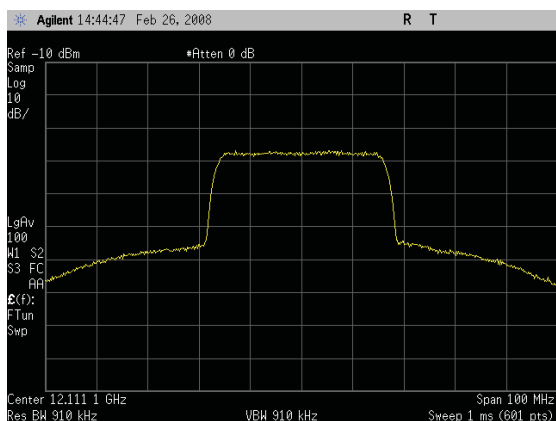


写真 8-4-6-1 16APSK(2/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

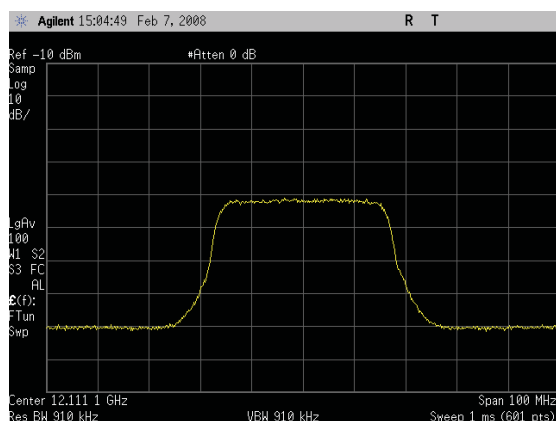


写真 8-4-6-2 16APSK(2/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

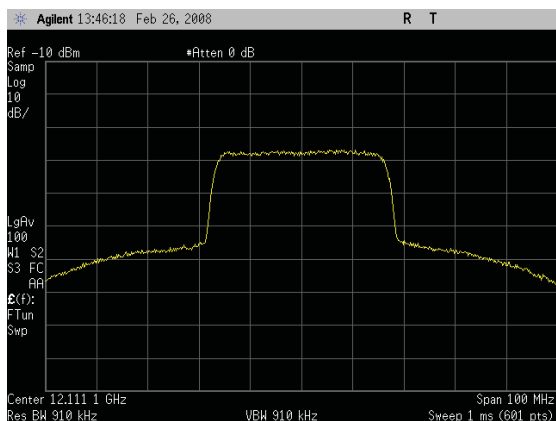


写真 8-4-7-1 16APSK(3/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

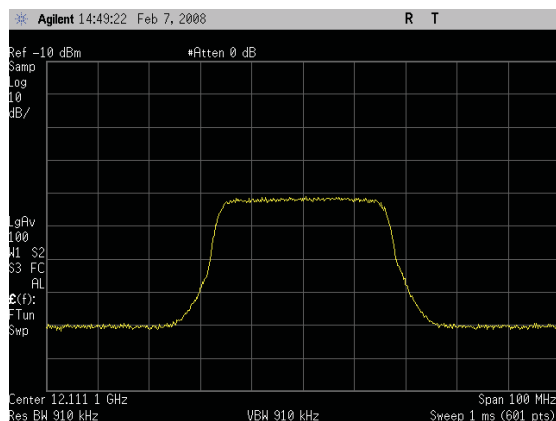


写真 8-4-7-2 16APSK(3/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

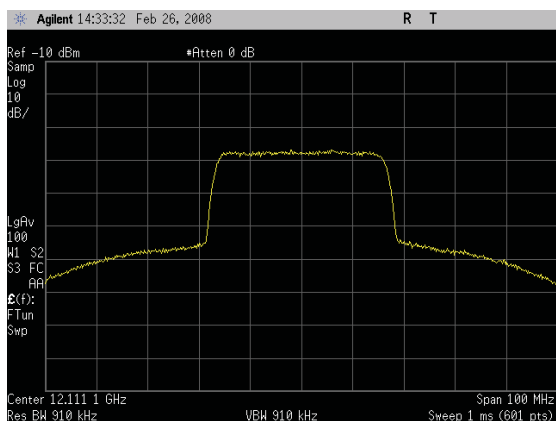


写真 8-4-8-1 16APSK(4/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

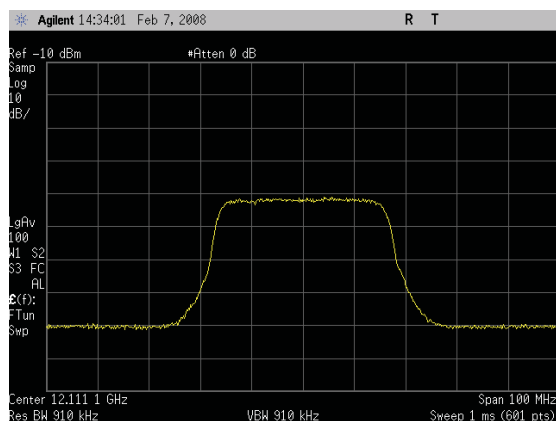


写真 8-4-8-2 16APSK(4/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

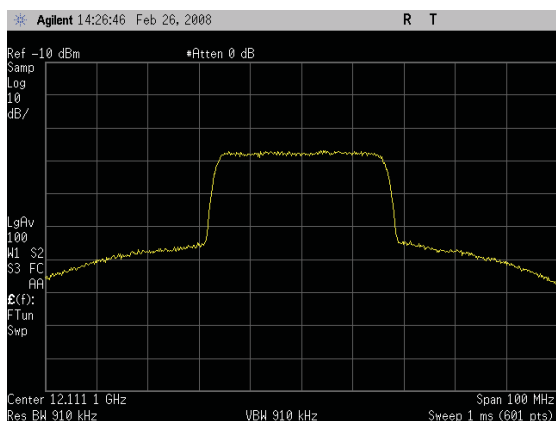


写真 8-4-9-1 16APSK(5/6) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

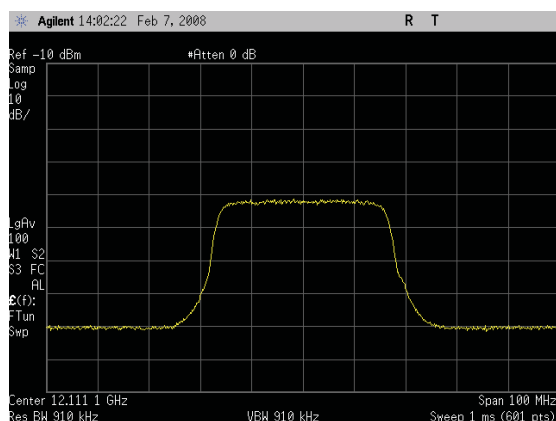


写真 8-4-9-2 16APSK(5/6) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

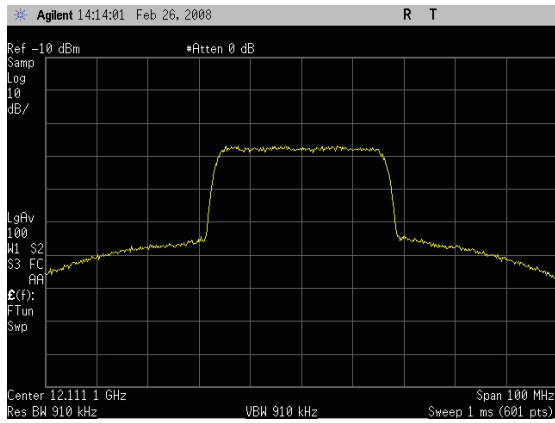


写真 8-4-10-1 16APSK(7/8) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

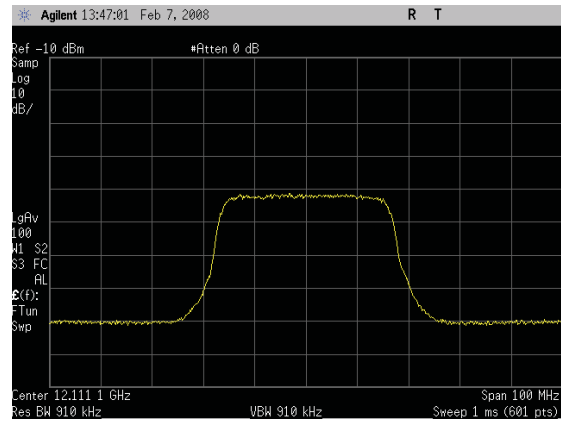


写真 8-4-10-2 16APSK(7/8) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

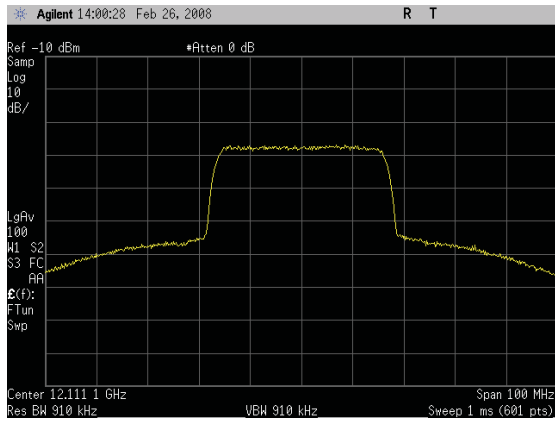


写真 8-4-11-1 16APSK(9/10) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

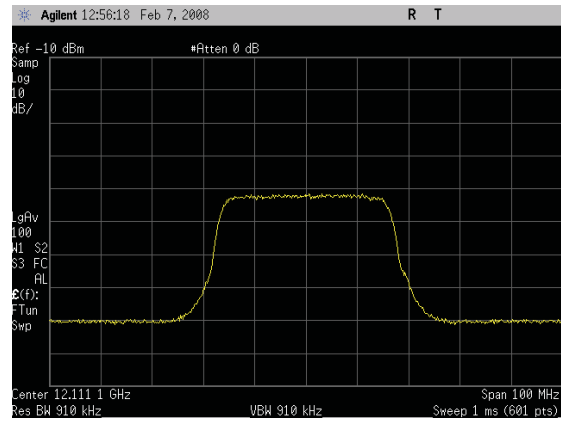


写真 8-4-11-2 16APSK(9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

・ 32APSK

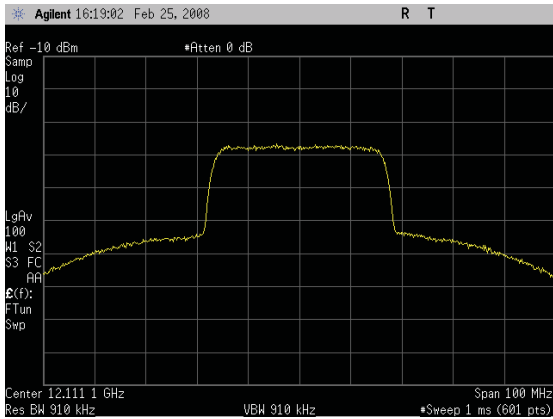


写真 8-5-1-1 32APSK(1/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

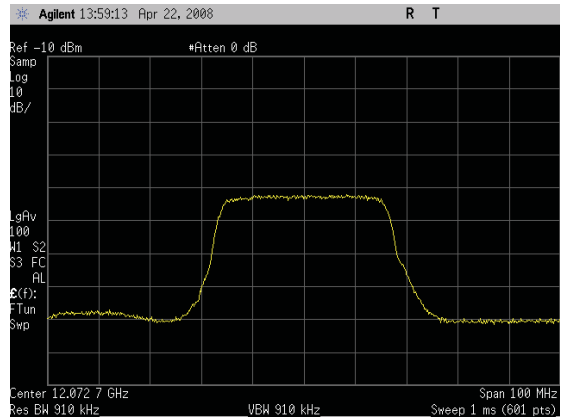


写真 8-5-1-2 32APSK(1/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

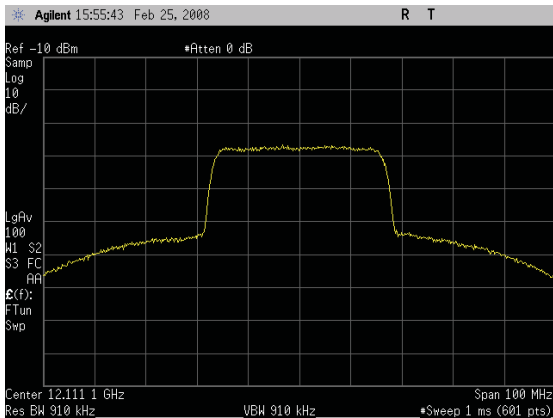


写真 8-5-2-1 32APSK(1/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

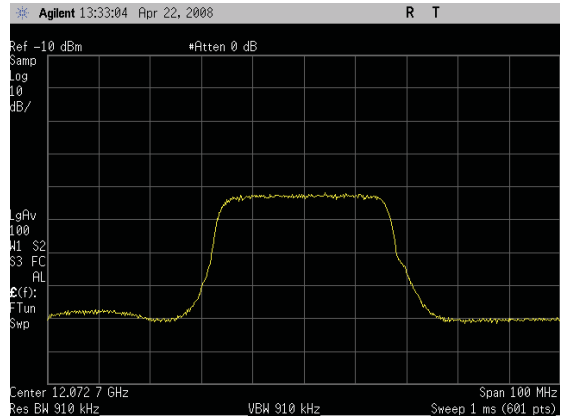


写真 8-5-2-2 32APSK(1/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

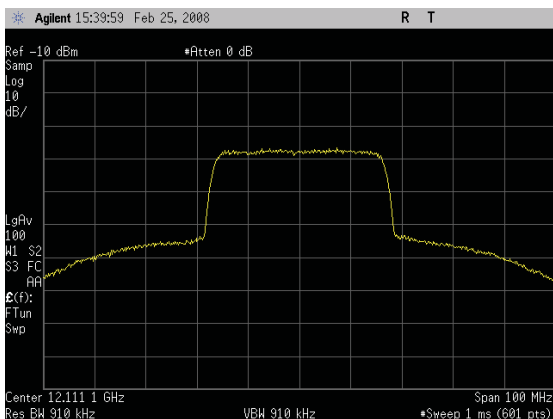


写真 8-5-3-1 32APSK(2/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

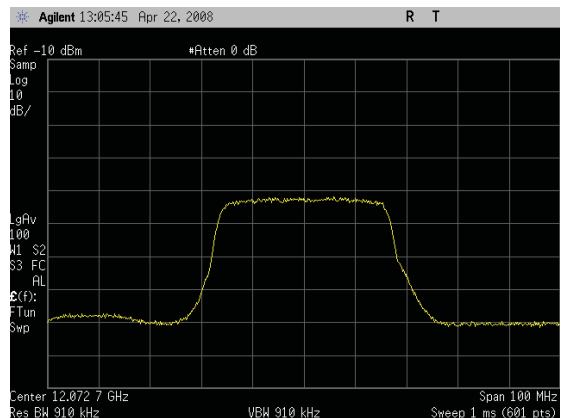


写真 8-5-3-2 32APSK(2/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

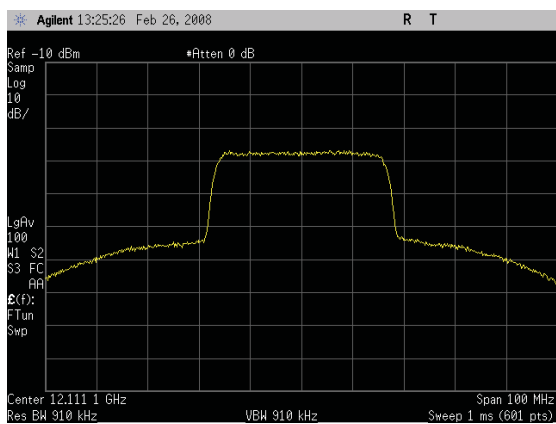


写真 8-5-4-1 32APSK(1/2) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

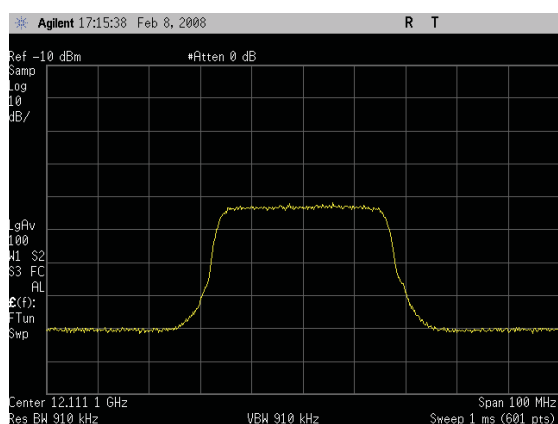


写真 8-5-4-2 32APSK(1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

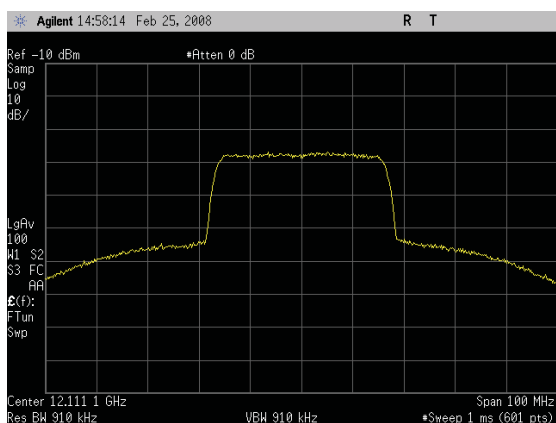


写真 8-5-5-1 32APSK(3/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

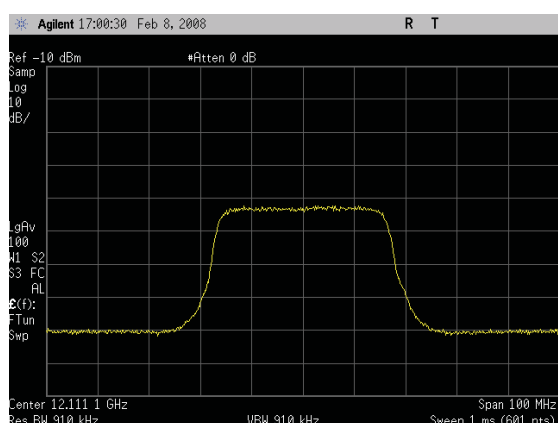


写真 8-5-5-2 32APSK(3/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

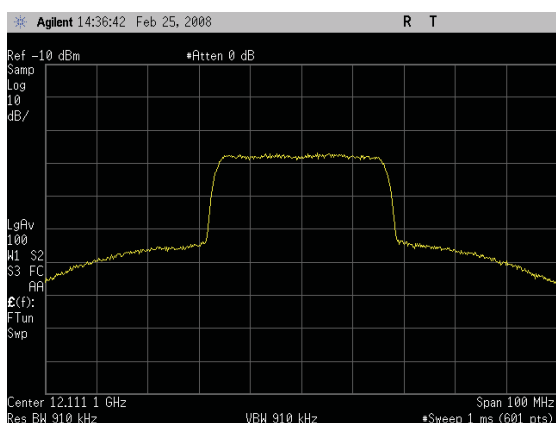


写真 8-5-6-1 32APSK(2/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

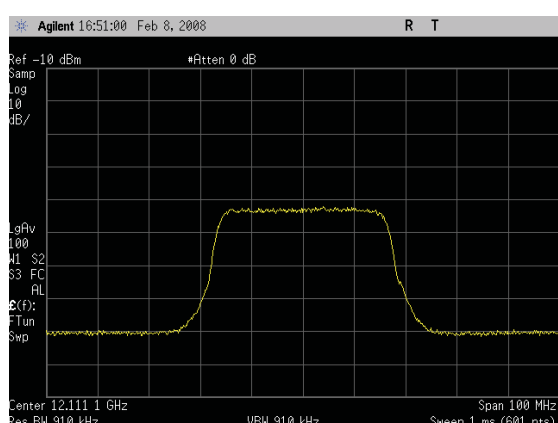


写真 8-5-6-2 32APSK(2/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

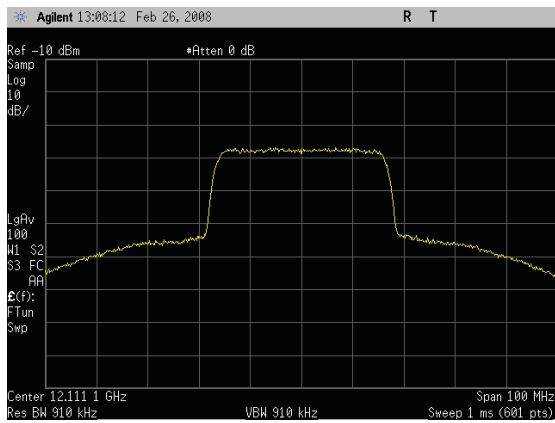


写真 8-5-7-1 32APSK(3/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

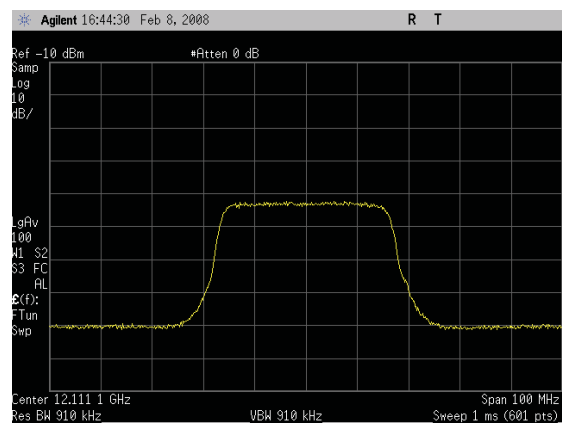


写真 8-5-7-2 32APSK(3/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

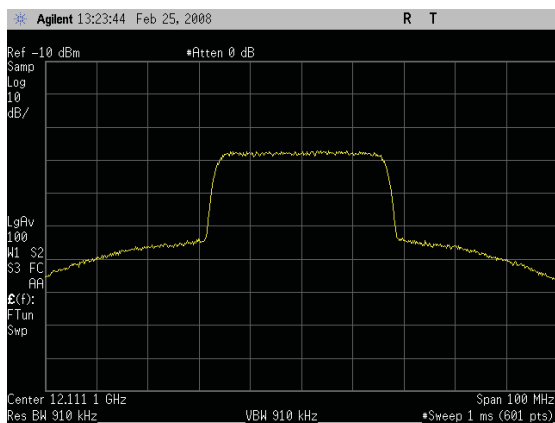


写真 8-5-8-1 32APSK(4/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

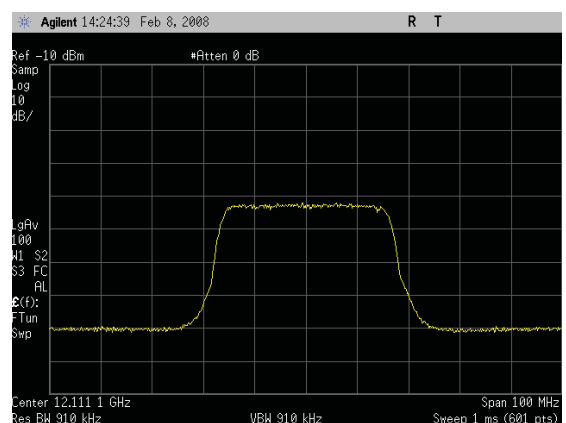


写真 8-5-8-2 32APSK(4/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

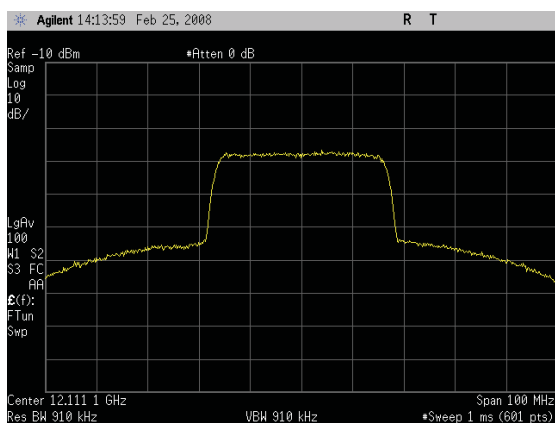


写真 8-5-9-1 32APSK(5/6) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

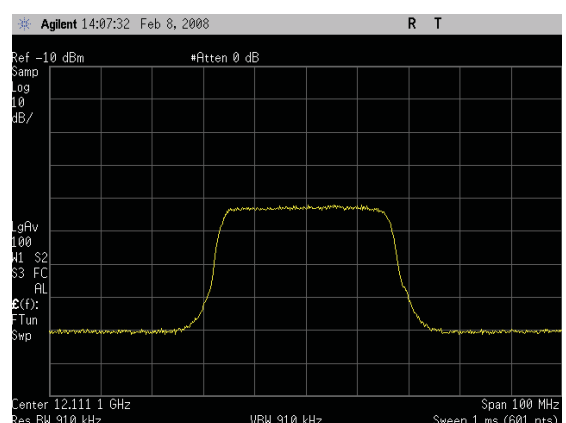


写真 8-5-9-2 32APSK(5/6) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

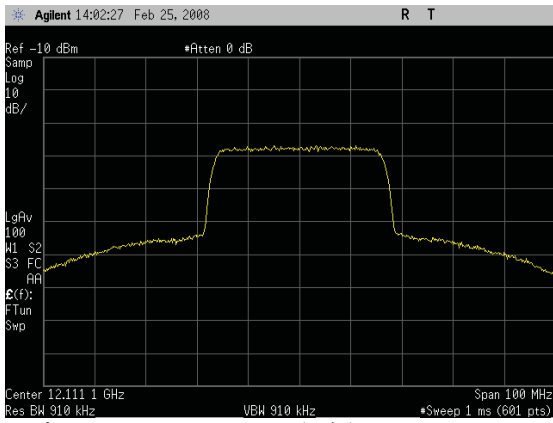


写真 8-5-10-1 32APSK(7/8) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

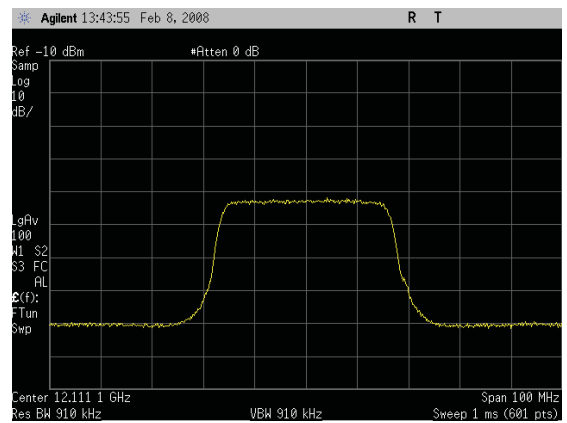


写真 8-5-10-2 32APSK(7/8) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

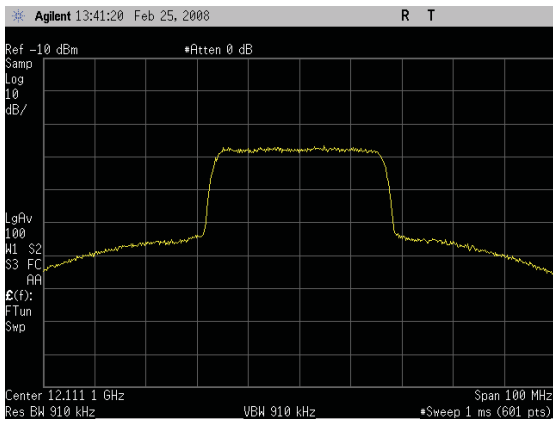


写真 8-5-11-1 32APSK(9/10) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

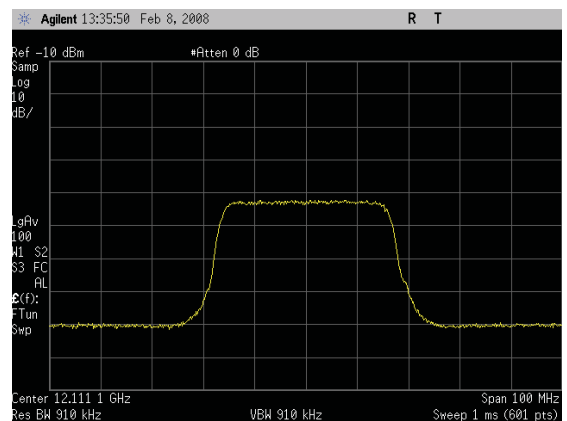


写真 8-5-11-2 32APSK(9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

付録 2-2 : コンスタレーション写真 (4.3、4.4 節)

・ $\pi/2$ シフト BPSK

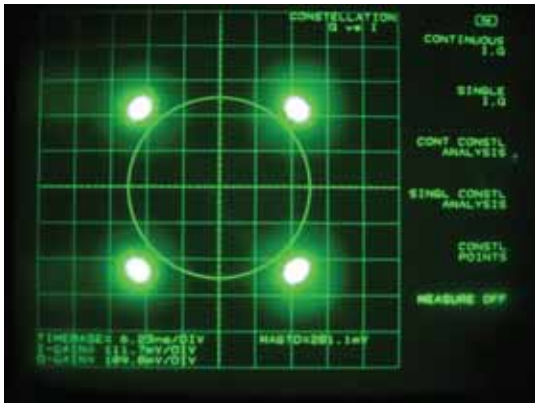


写真 9-1 $\pi/2$ シフト BPSK
トランスレータ折返しの
コンスタレーション



写真 9-2 $\pi/2$ シフト BPSK
衛星伝送実験のコンスタレーション

・ QPSK

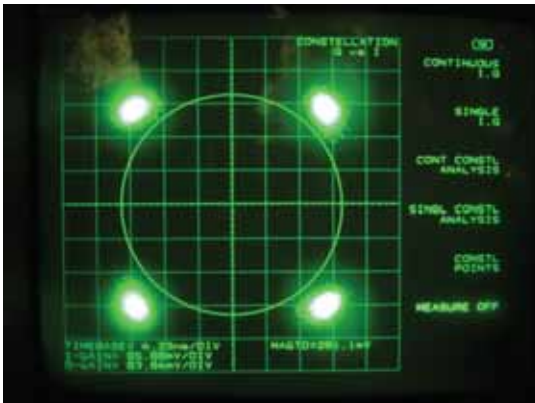


写真 10-1 QPSK トランスレータ折返しの
コンスタレーション

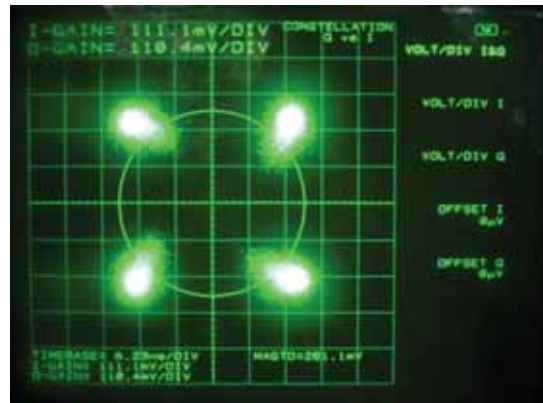


写真 10-2 QPSK 衛星伝送実験の
コンスタレーション

・ 8PSK

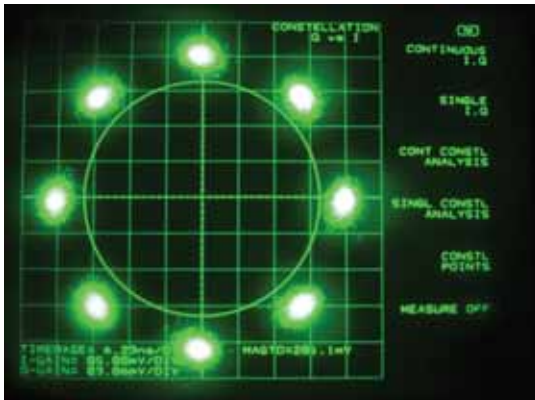


写真 11-1 8PSK トランスレータ折返しの
コンスタレーション



写真 11-2 8PSK 衛星伝送実験の
コンスタレーション

・ 16APSK

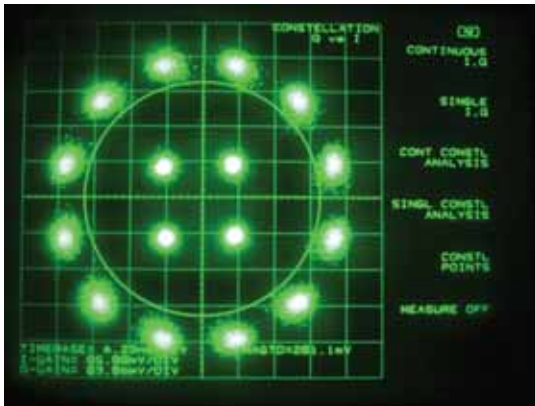


写真 12-1-1 16APSK(1/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

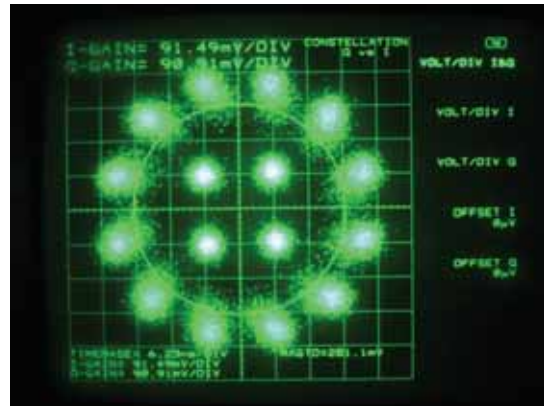


写真 12-1-2 16APSK(1/4) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

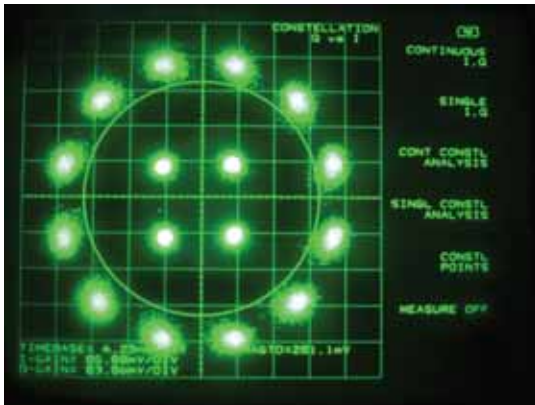


写真 12-2-1 16APSK(1/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

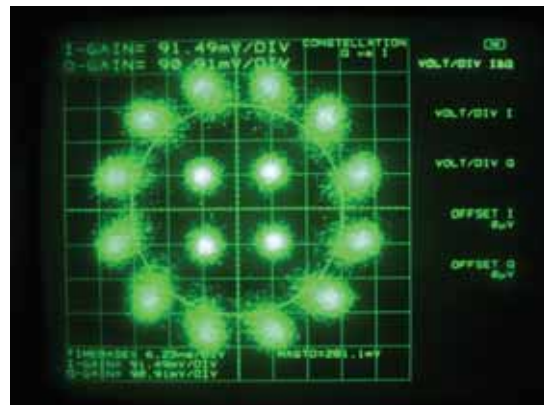


写真 12-2-2 16APSK(1/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

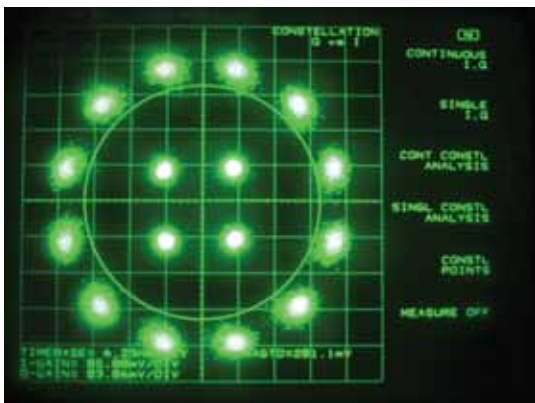


写真 12-3-1 16APSK(2/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

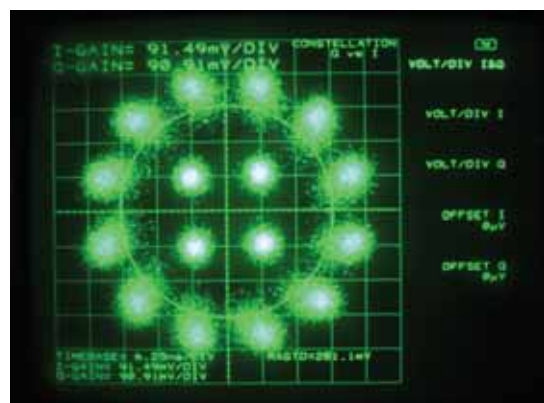


写真 12-3-2 16APSK(2/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

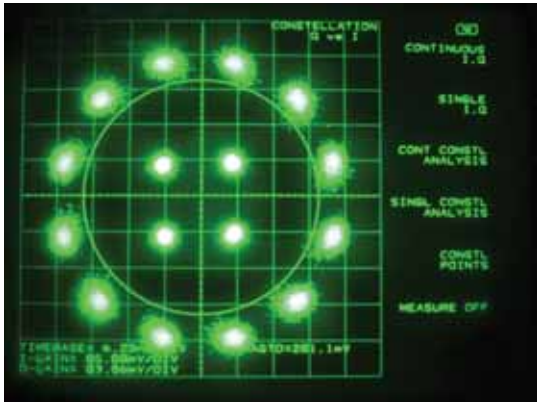


写真 12-4-1 16APSK(1/2)
トランスレーター折返し
のコンスタレーション

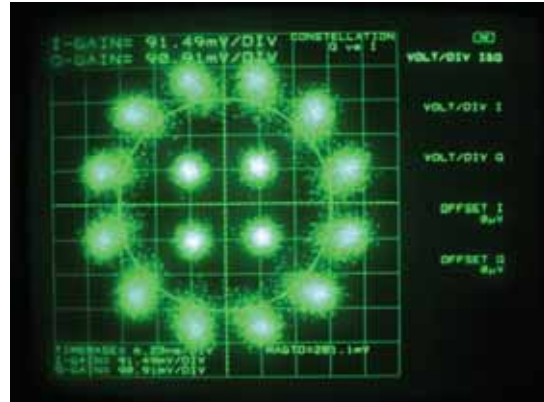


写真 12-4-2 16APSK(1/2) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

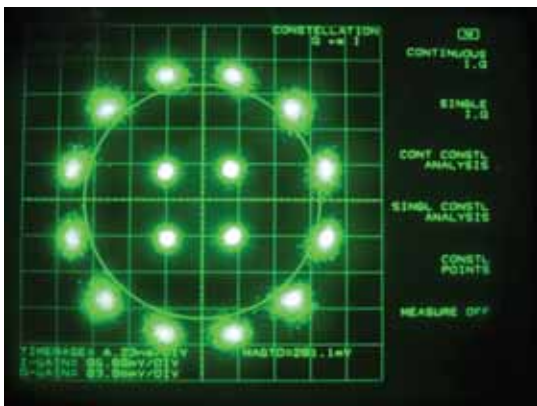


写真 12-5-1 16APSK(3/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-5-2 16APSK(3/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

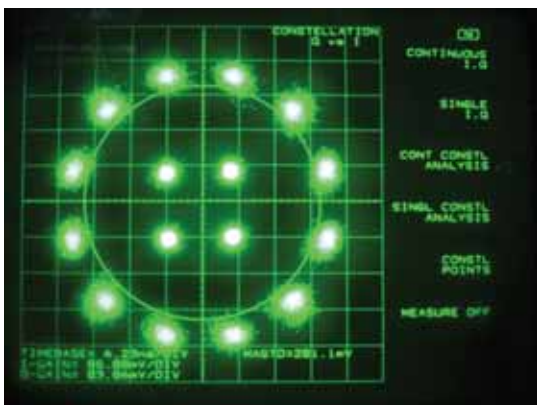


写真 12-6-1 16APSK(2/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

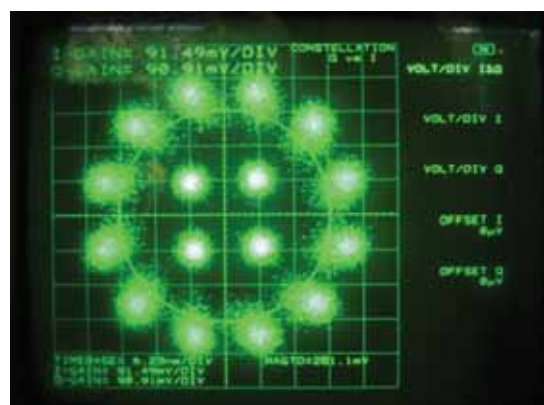


写真 12-6-2 16APSK(2/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

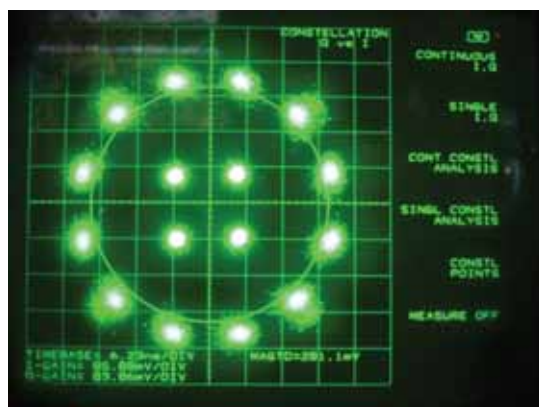


写真 12-7-1 16APSK(3/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-7-2 16APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション

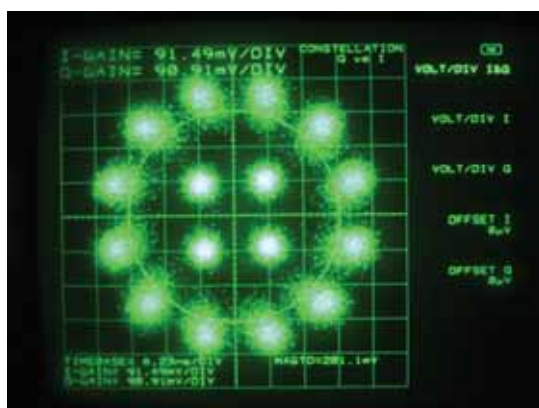


写真 12-7-3 16APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション
(ODU あり)

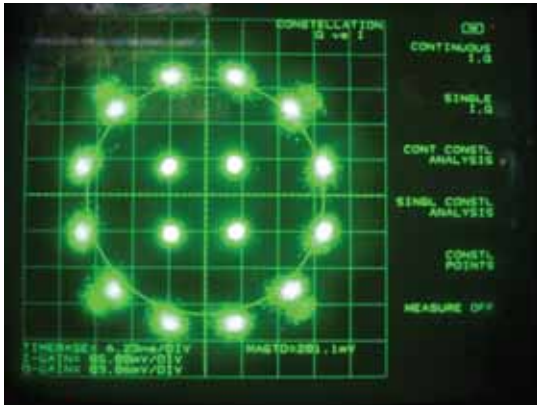


写真 12-8-1 16APSK(4/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

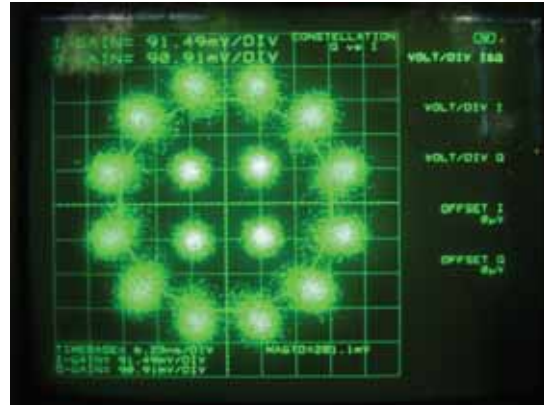


写真 12-8-2 16APSK(4/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

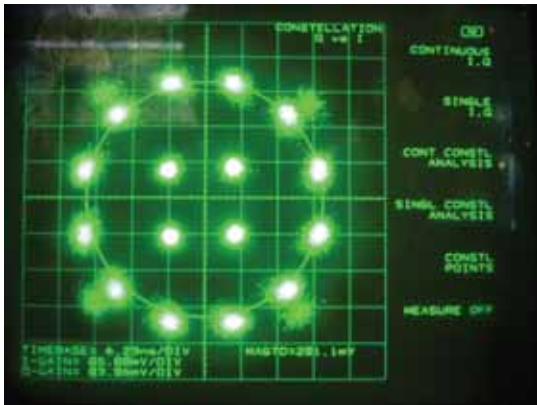


写真 12-9-1 16APSK(5/6)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

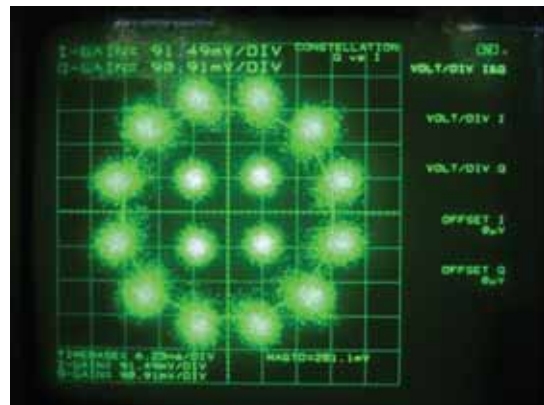


写真 12-9-2 16APSK(5/6) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

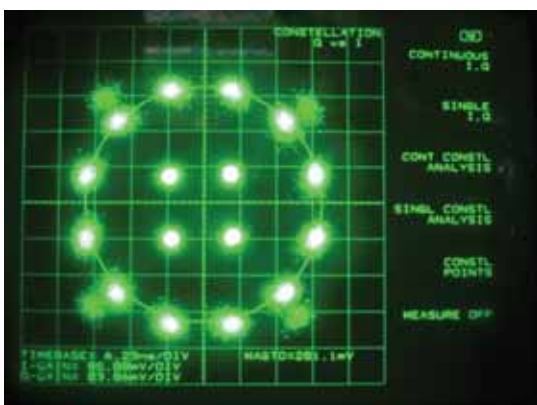


写真 12-10-1 16APSK(7/8)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-10-2 16APSK(7/8) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

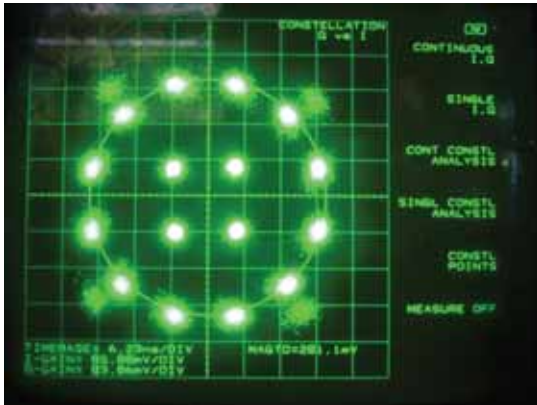


写真 12-11-1 16APSK(9/10)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

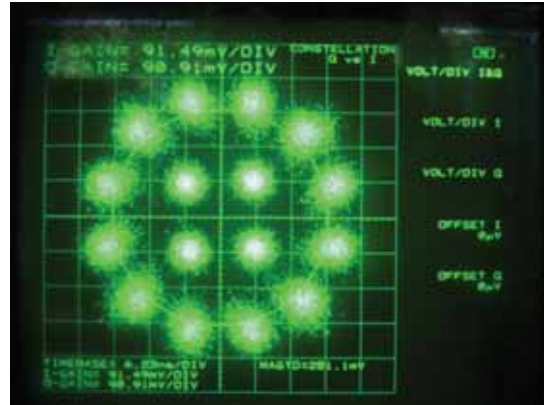


写真 12-11-2 16APSK(9/10) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

・ 32APSK

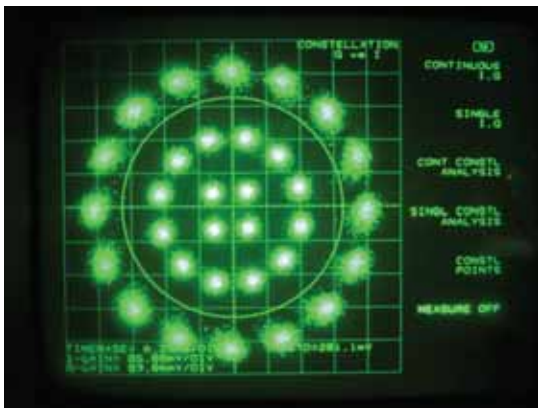


写真 13-1-1 32APSK(1/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

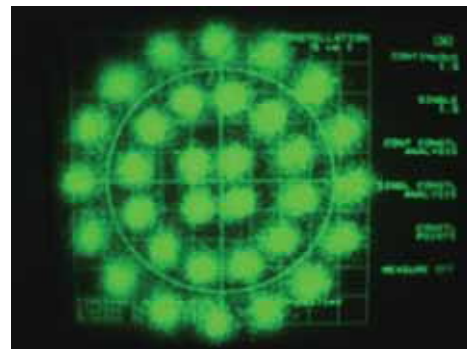


写真 13-1-2 32APSK(1/4) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

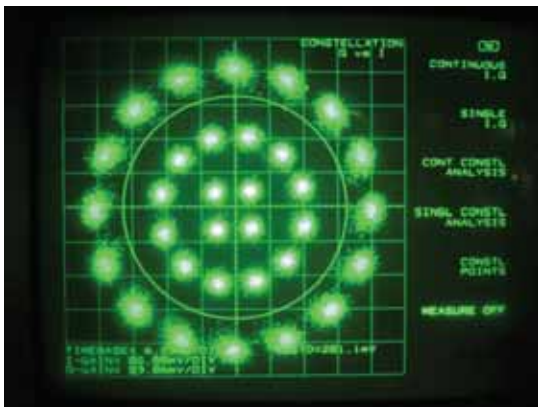


写真 13-2-1 32APSK(1/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

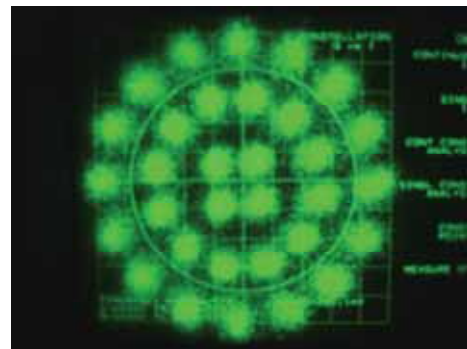


写真 13-2-2 32APSK(1/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

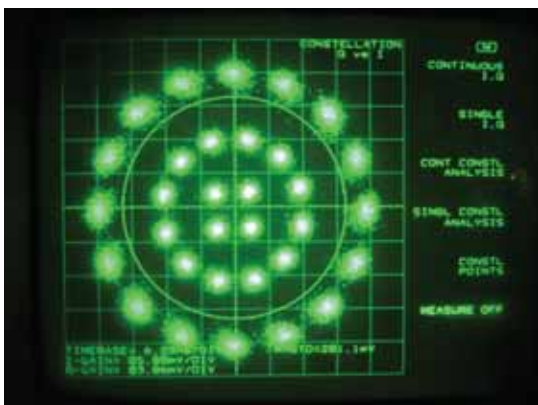


写真 13-3-1 32APSK(2/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

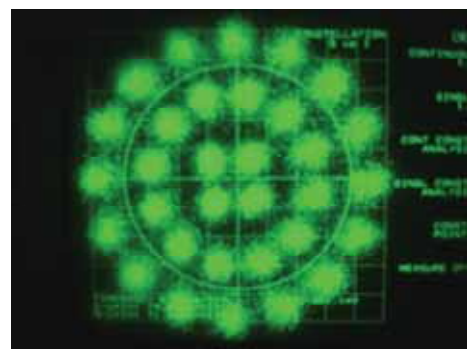


写真 13-3-2 32APSK(2/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

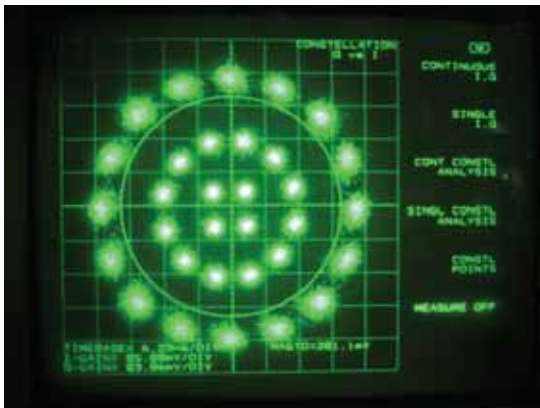


写真 13-4-1 32APSK(1/2)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

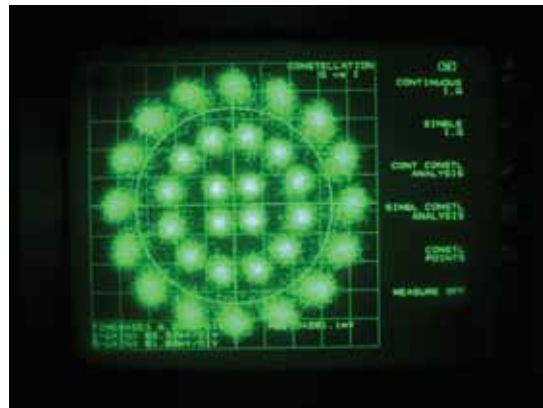


写真 13-4-2 32APSK(1/2) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

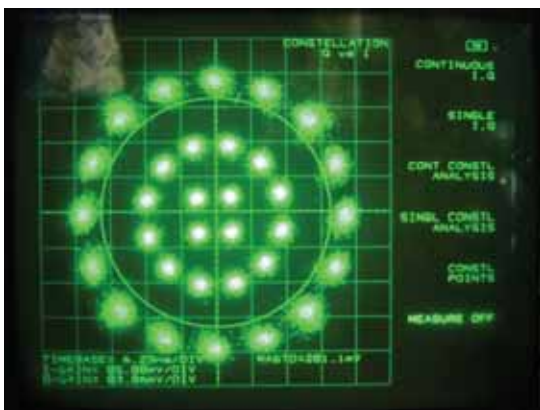


写真 13-5-1 32APSK(3/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-5-2 32APSK(3/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

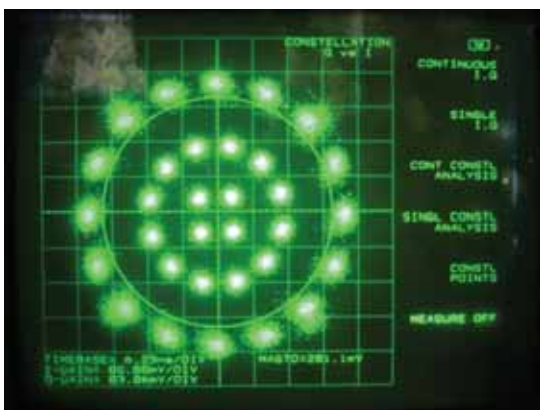


写真 13-6-1 32APSK(2/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-6-2 32APSK(2/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

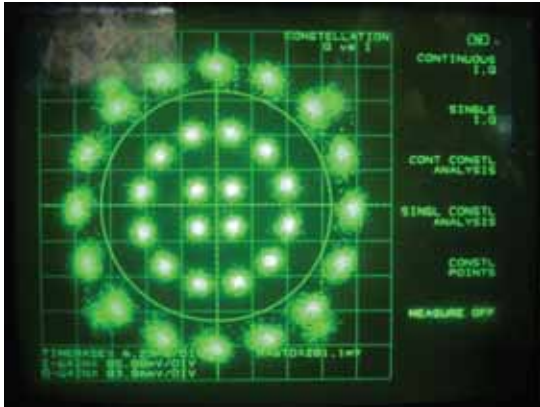


写真 13-7-1 32APSK(3/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

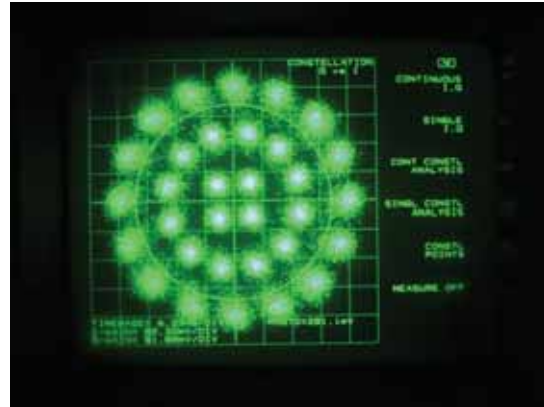


写真 13-7-2 32APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション

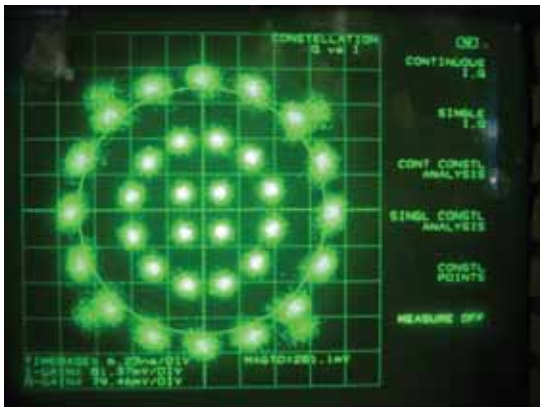


写真 13-8-1 32APSK(4/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

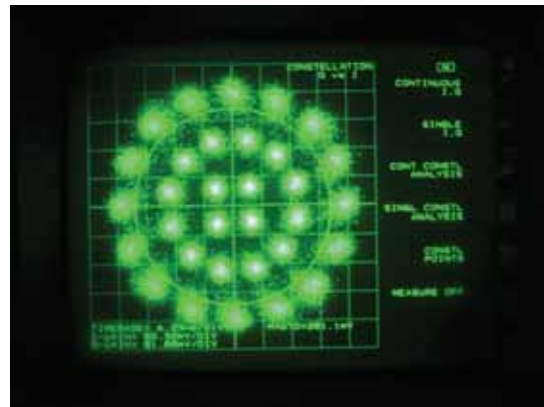


写真 13-8-2 32APSK(4/5)
衛星伝送実験のコンスタレーション

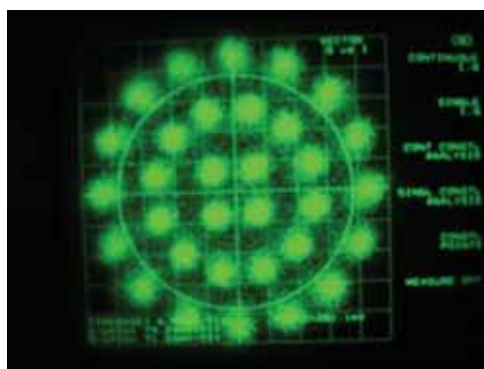


写真 13-8-3 32APSK(4/5)
衛星伝送実験のコンスタレーション
(ODU 入り)

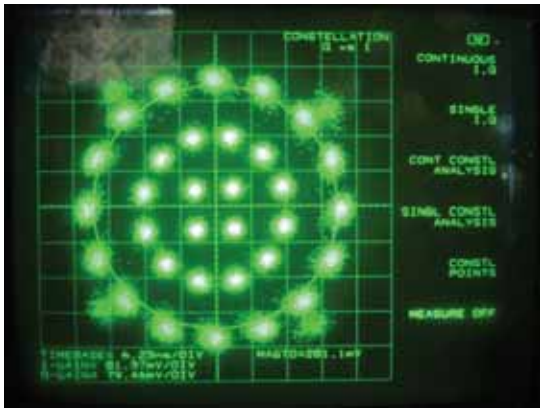


写真 13-9-1 32APSK(5/6)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

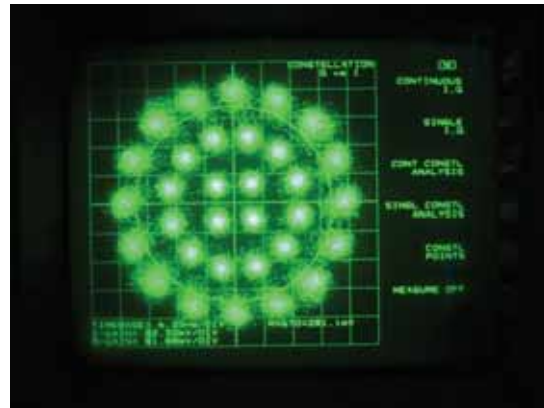


写真 13-9-2 32APSK(5/6) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

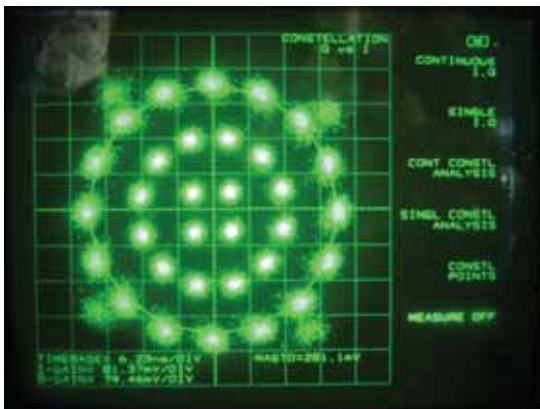


写真 13-10-1 32APSK(7/8)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

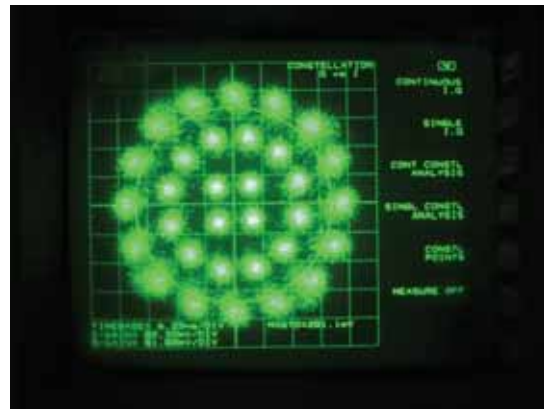


写真 13-10-2 32APSK(7/8) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

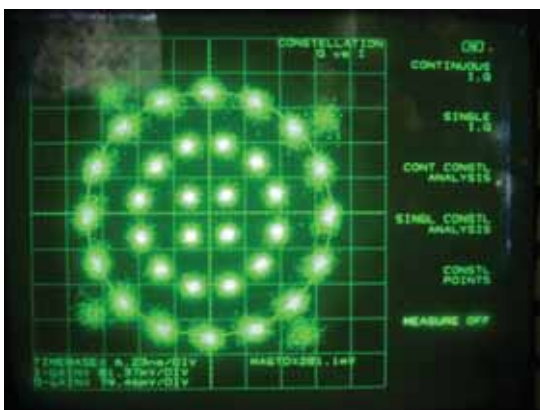


写真 13-11-1 32APSK(9/10)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

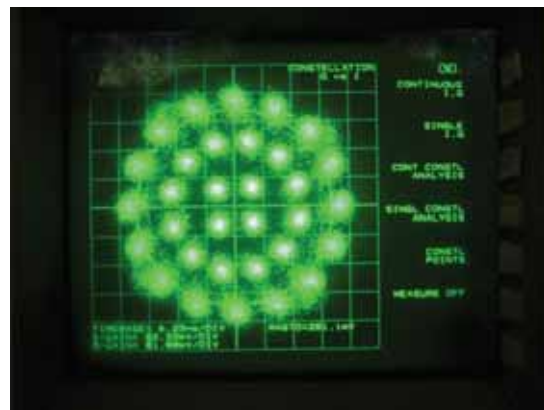


写真 13-11-2 32APSK(9/10) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

付録 2-3：衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率特性 (4.3 節)

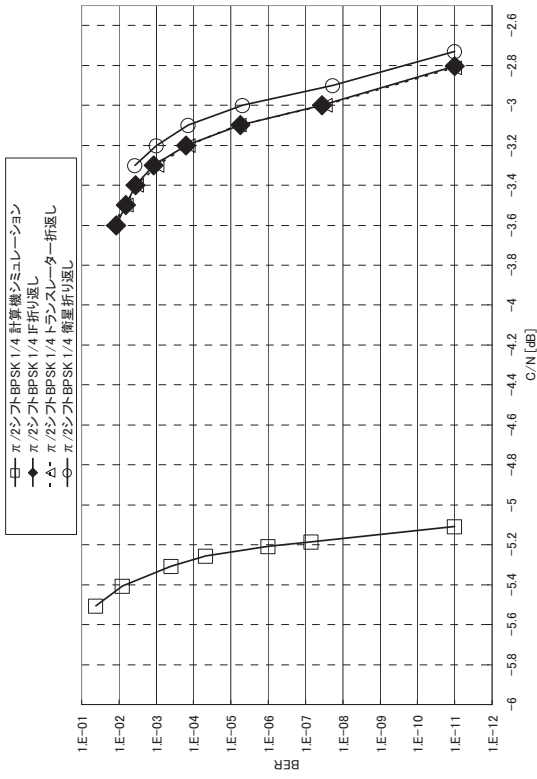


図 59a $\pi/2$ シフト BPSK 1/4

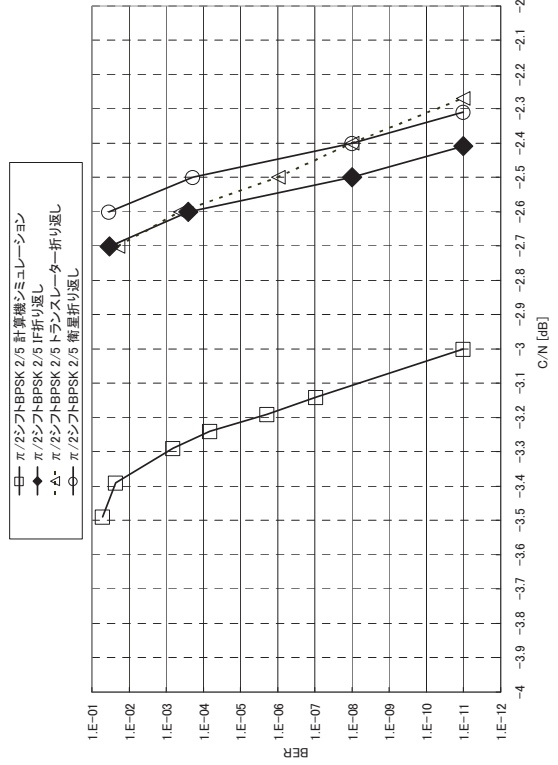


図 59c $\pi/2$ シフト BPSK 2/5

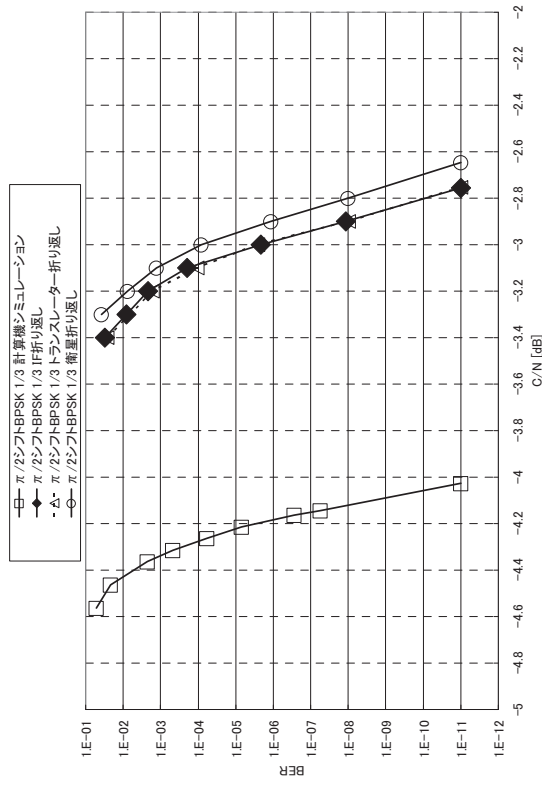


図 59b $\pi/2$ シフト BPSK 1/3

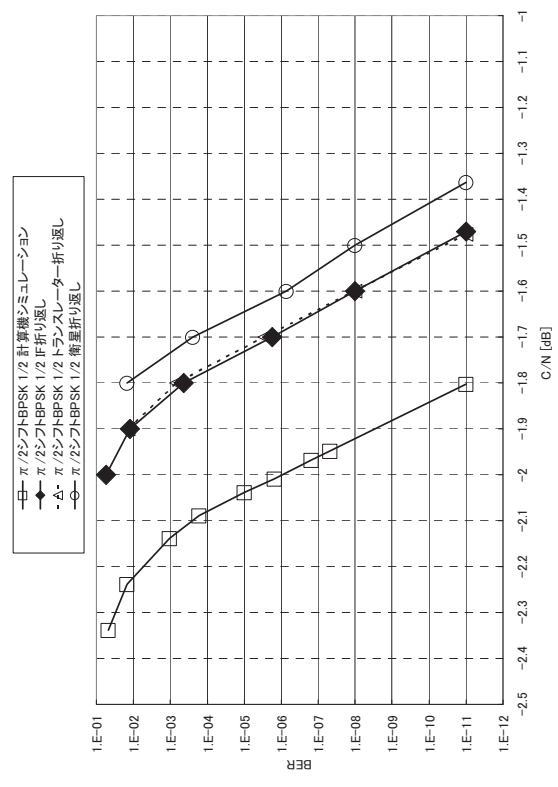


図 59d $\pi/2$ シフト BPSK 1/2

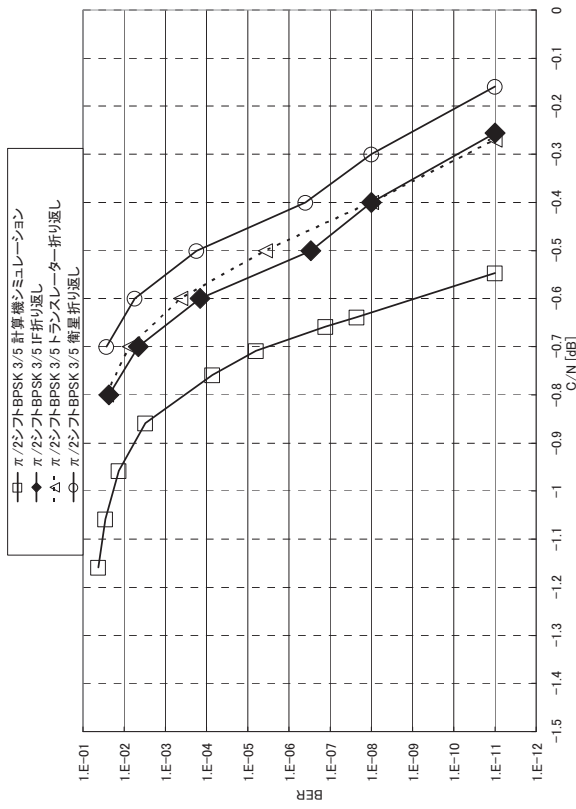


図 59e $\pi/2$ シフト BPSK 3/5

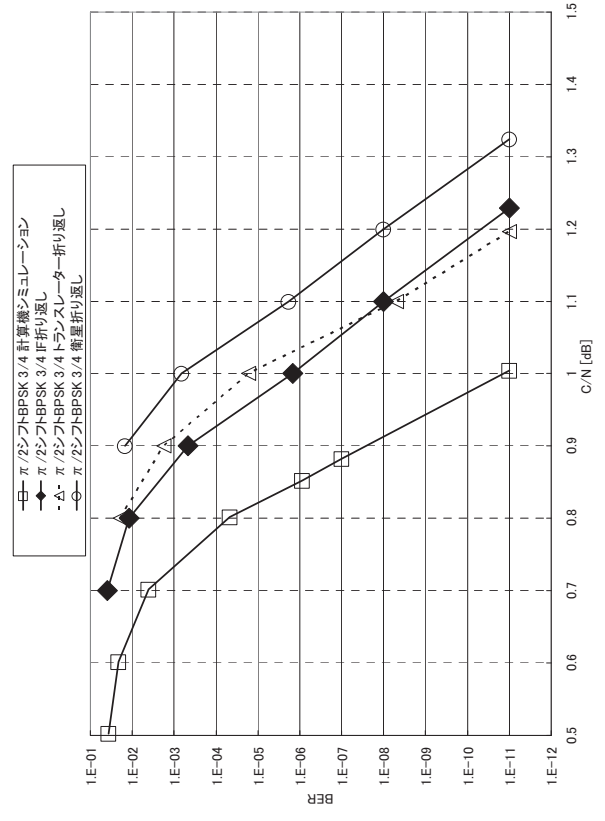


図 59g $\pi/2$ シフト BPSK 3/4

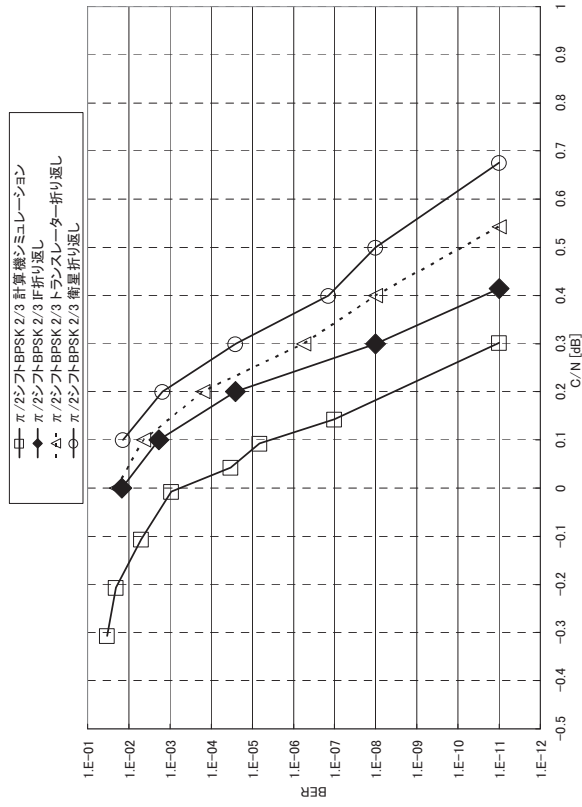


図 59f $\pi/2$ シフト BPSK 2/3

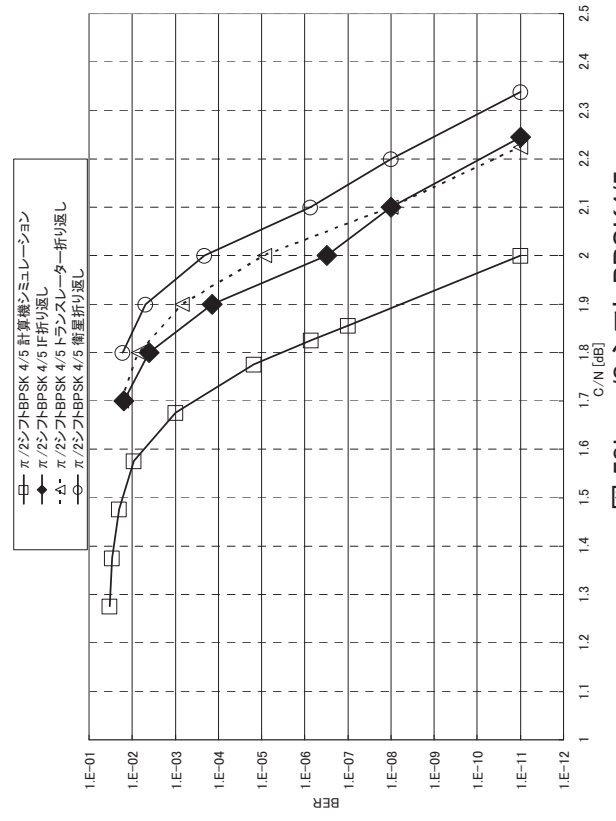


図 59h $\pi/2$ シフト BPSK 4/5

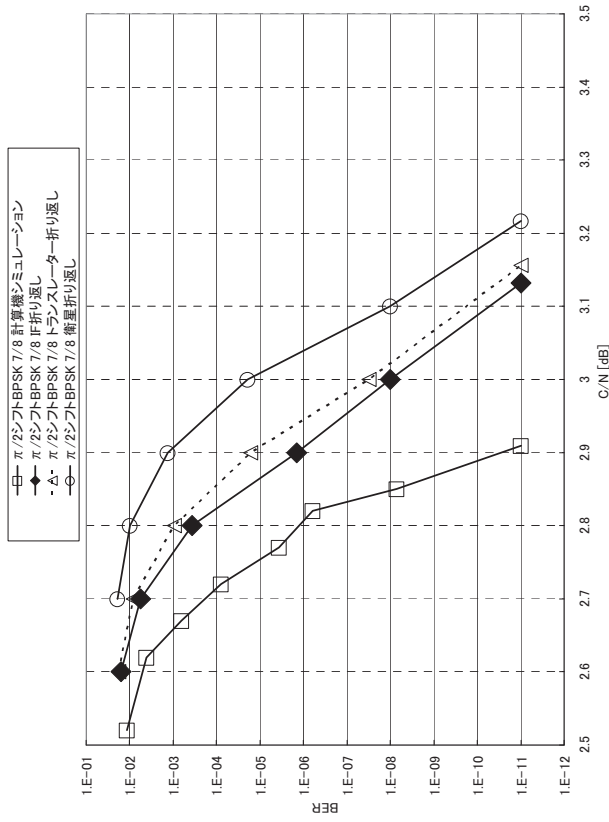


図 59j $\pi/2$ シフト BPSK 7/8

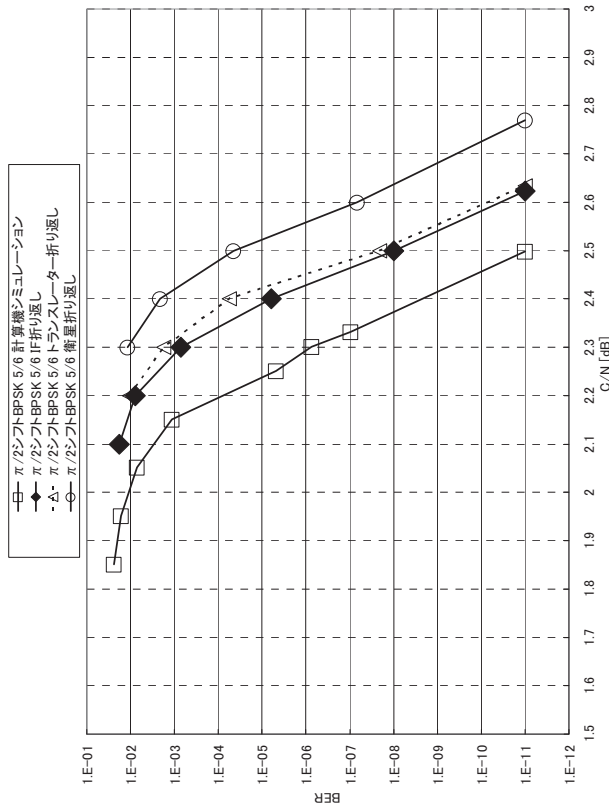


図 59i $\pi/2$ シフト BPSK 5/6

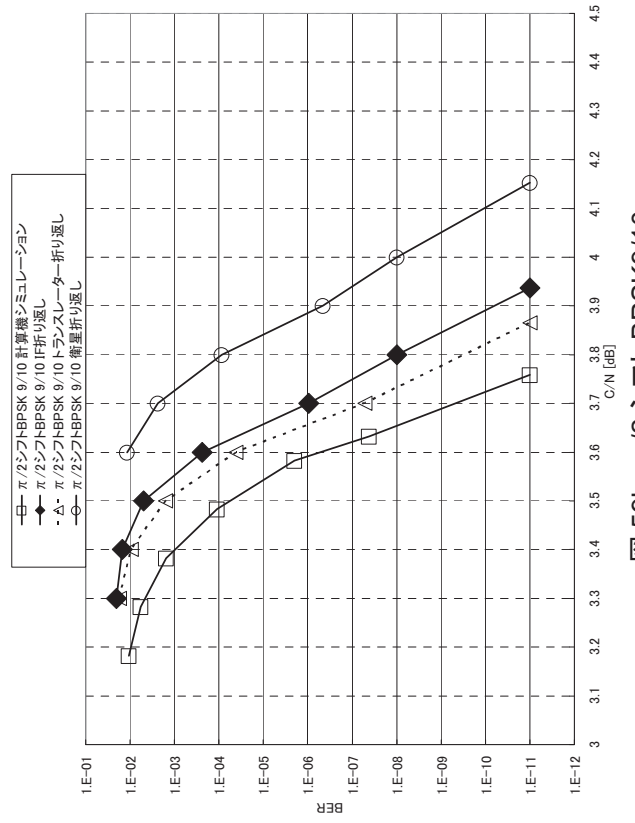


図 59k $\pi/2$ シフト BPSK 9/10

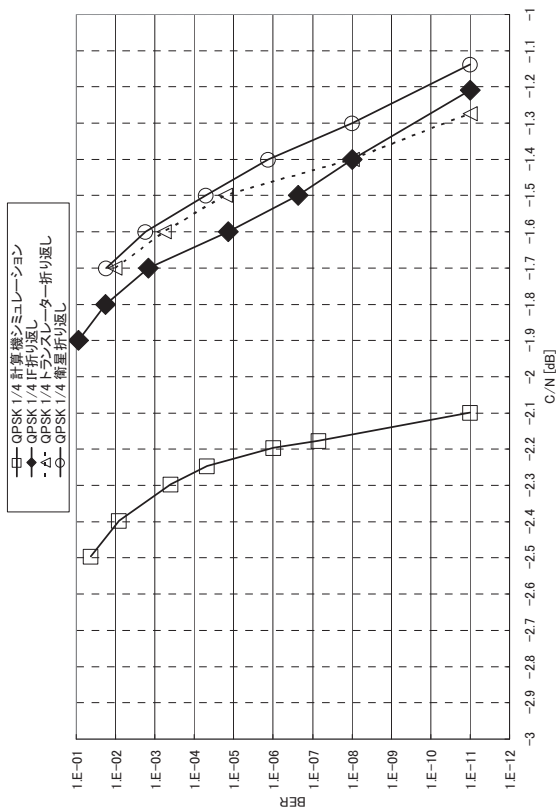


図 60a QPSK 1/4

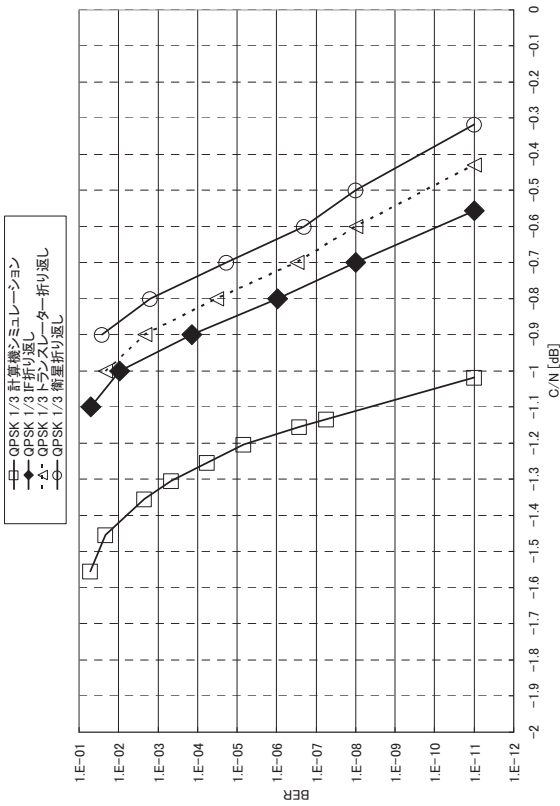


図 60b QPSK 1/3

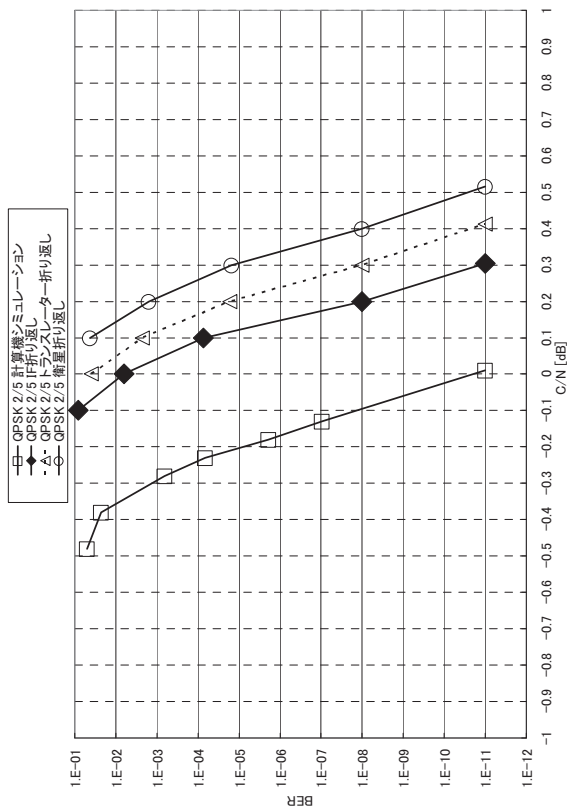


図 60c QPSK 2/5

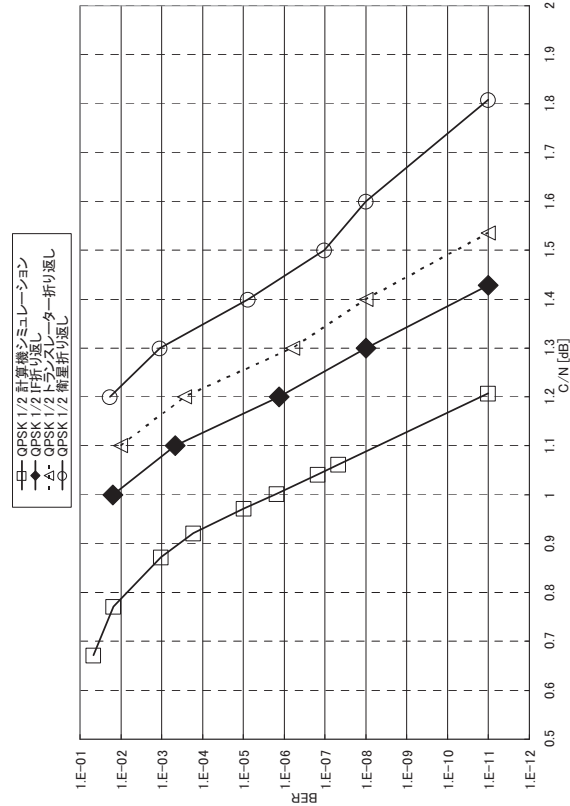


図 60d QPSK 1/2

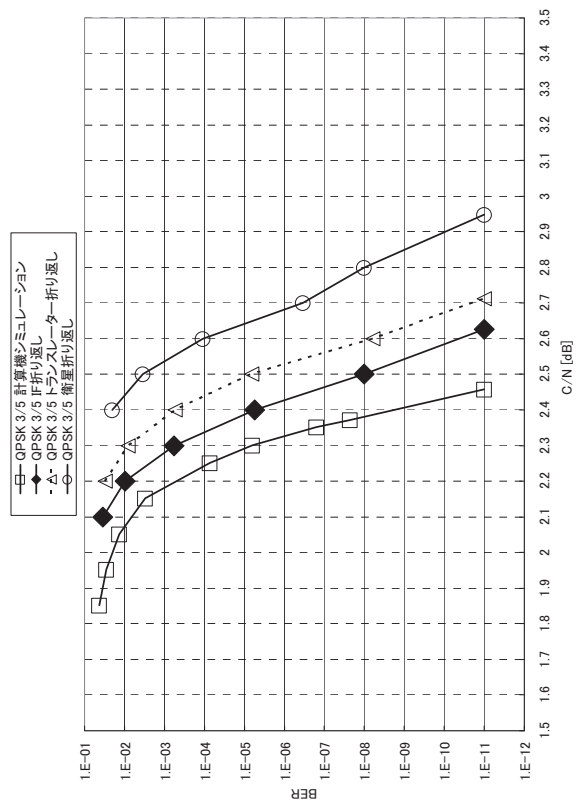


図 60e QPSK3/5

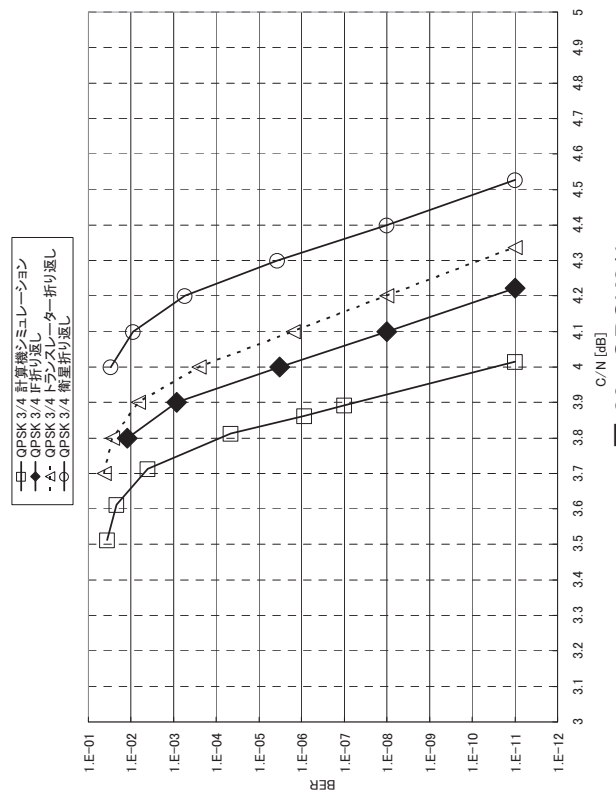


図 60g QPSK3/4

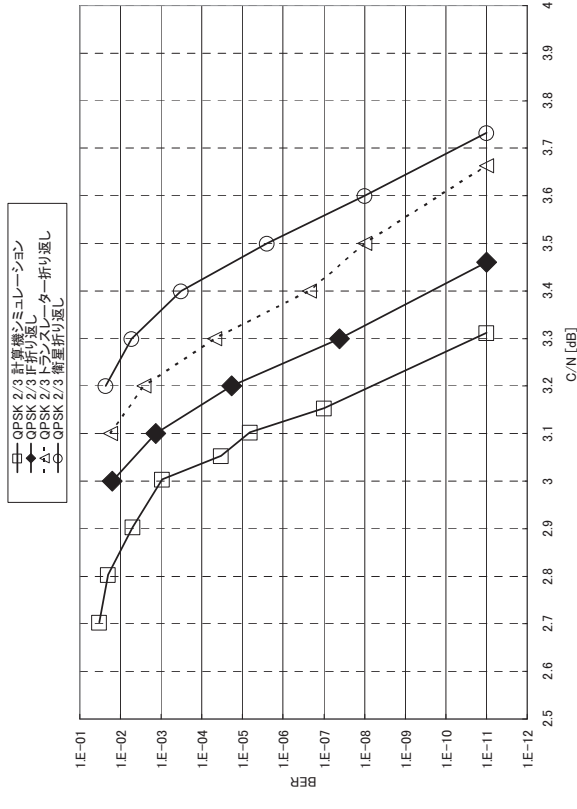


図 60f QPSK2/3

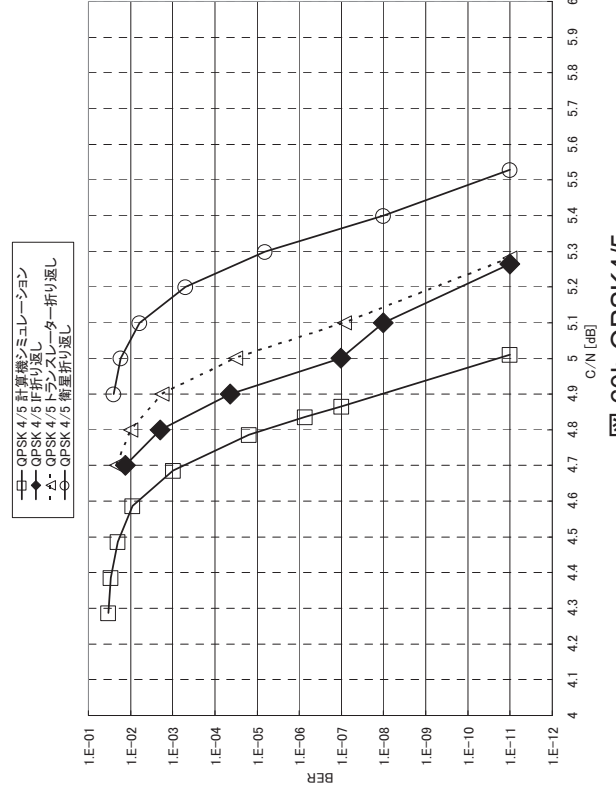


図 60h QPSK4/5

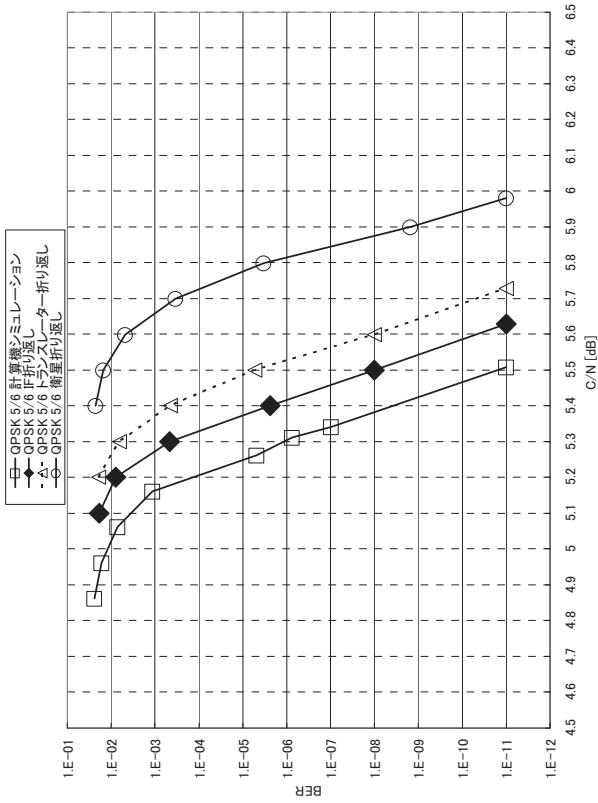


図 60i QPSK 5/6

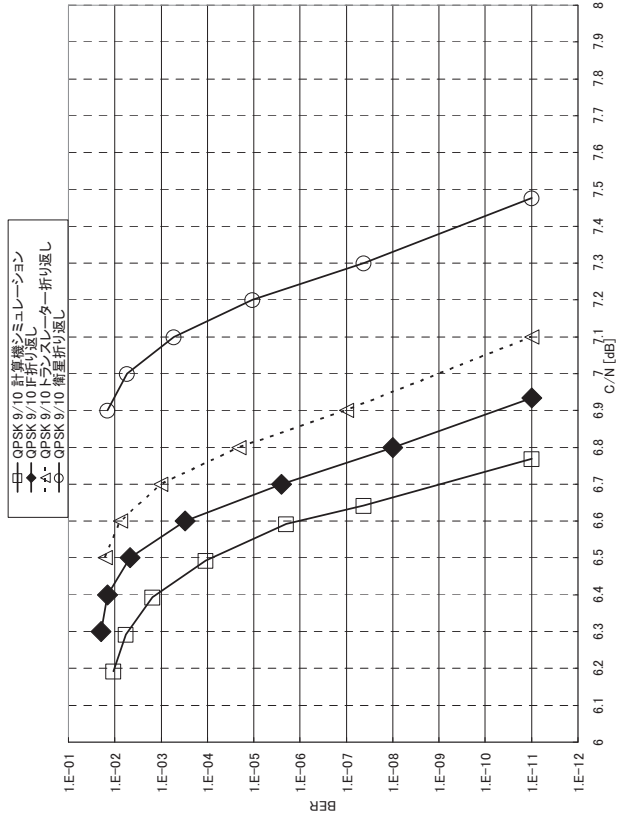


図 60k QPSK 9/10

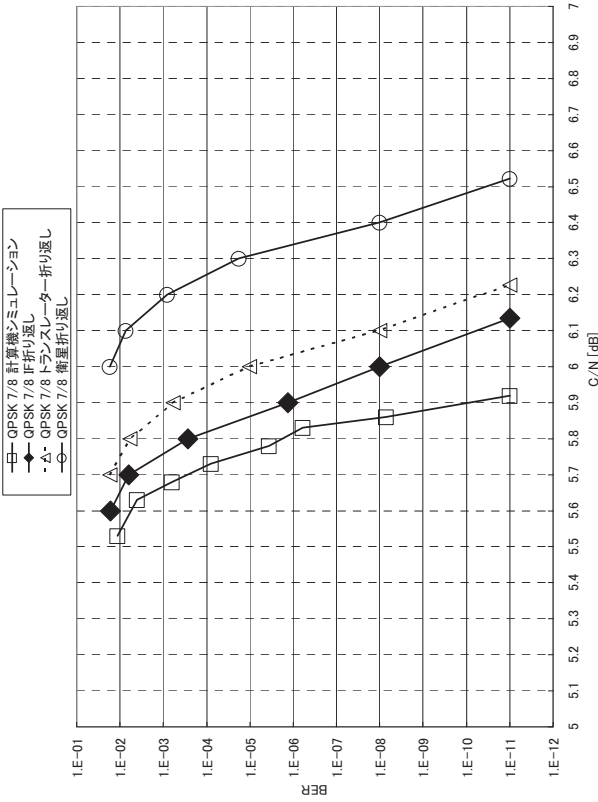


図 60j QPSK 7/8

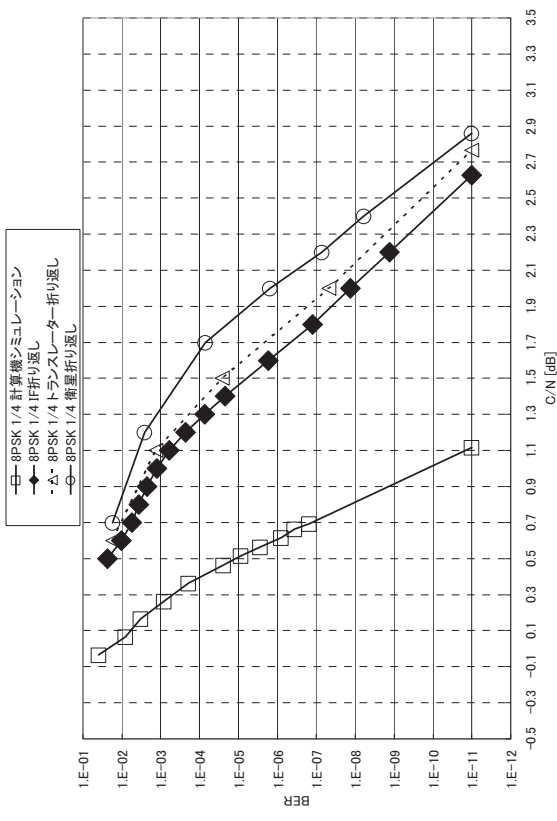


図 61a 8PSK 1/4

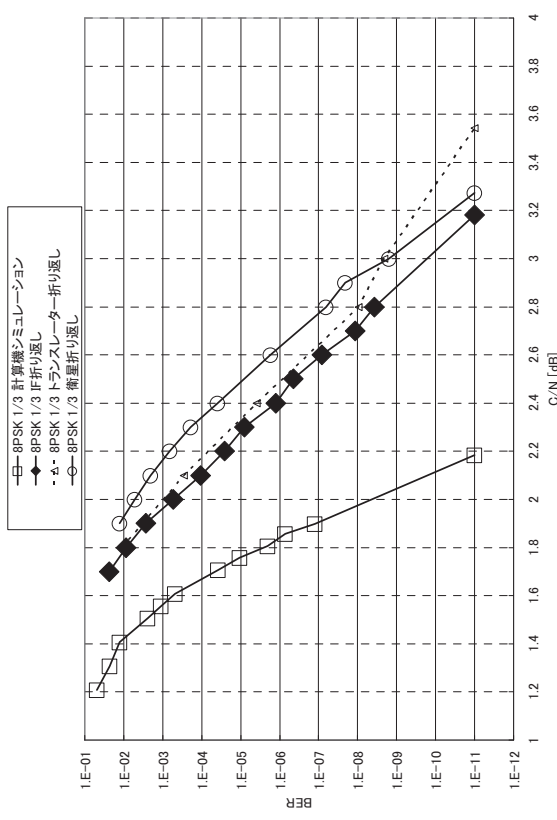


図 61b 8PSK 1/3

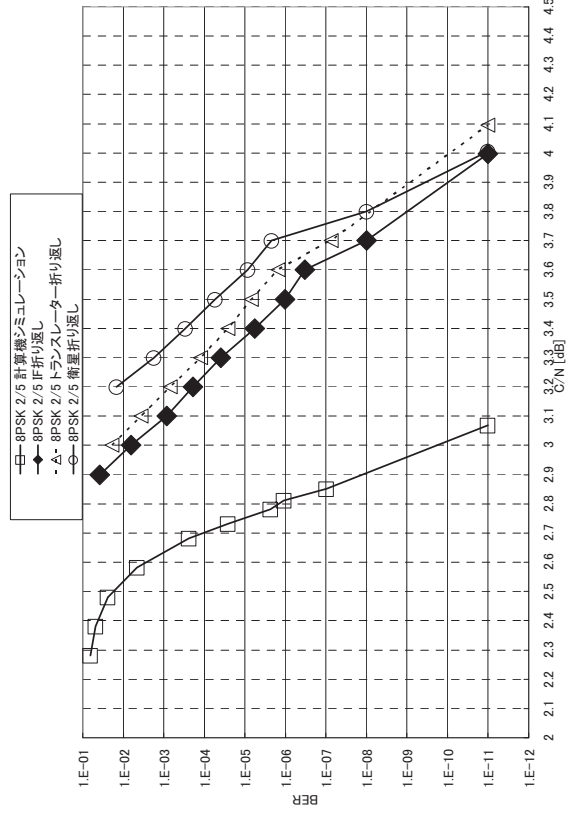


図 61c 8PSK 2/5

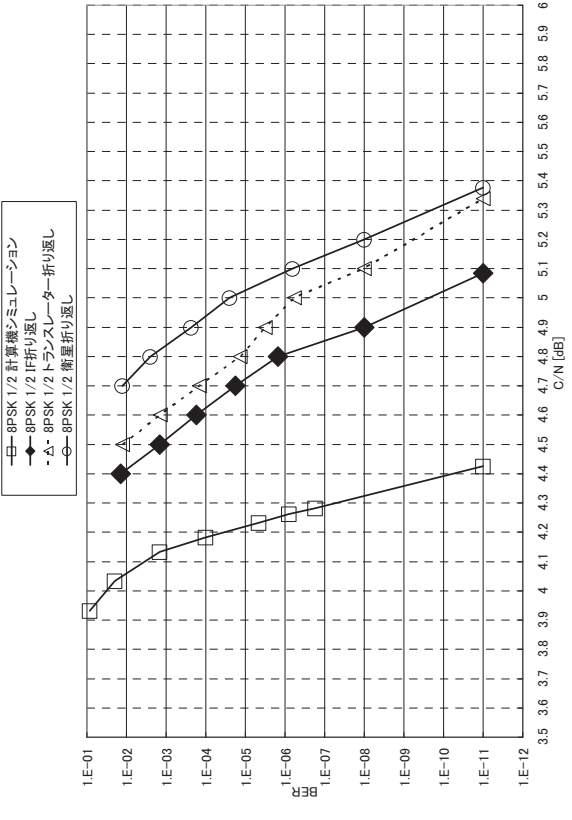


図 61d 8PSK 1/2

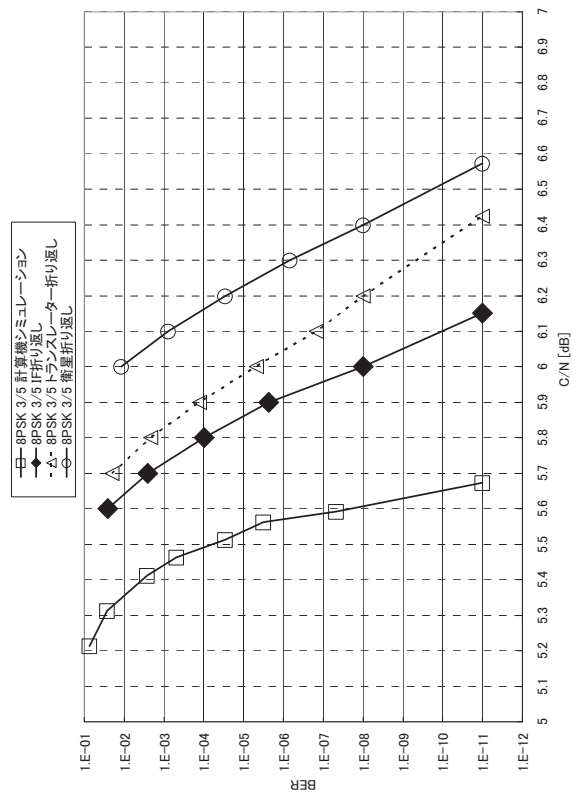


図 61e 8PSK 3/5

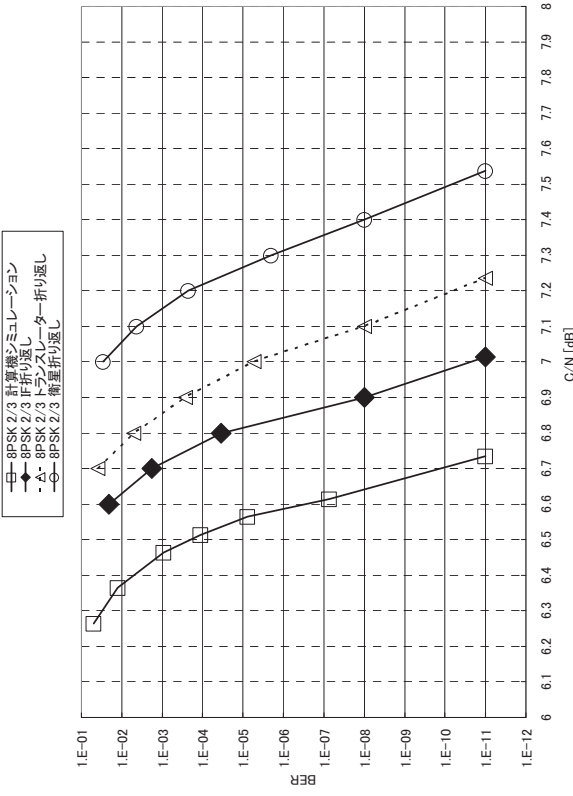


図 61f 8PSK 2/3

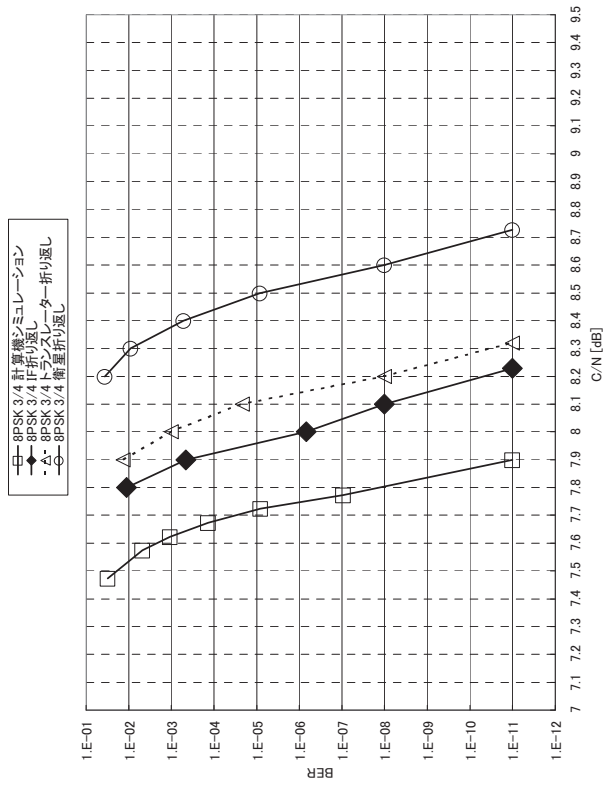


図 61g 8PSK 3/4

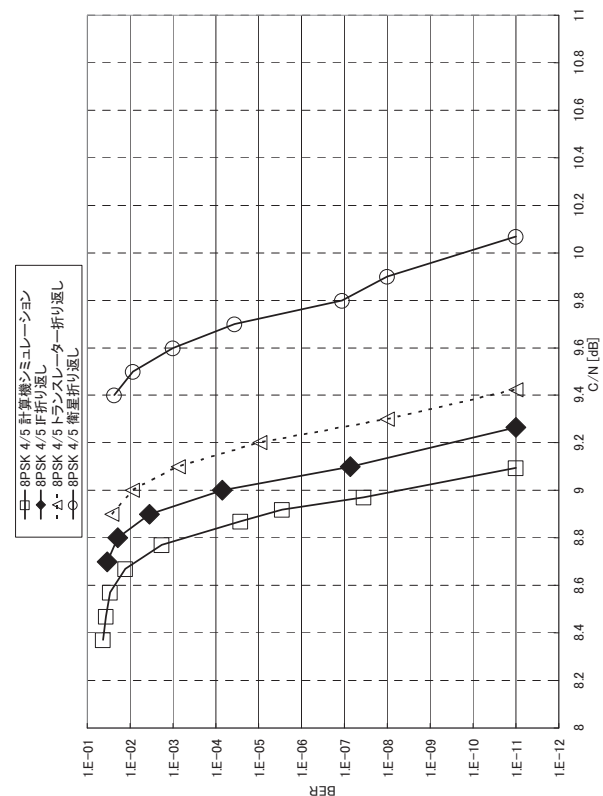


図 61h 8PSK 4/5

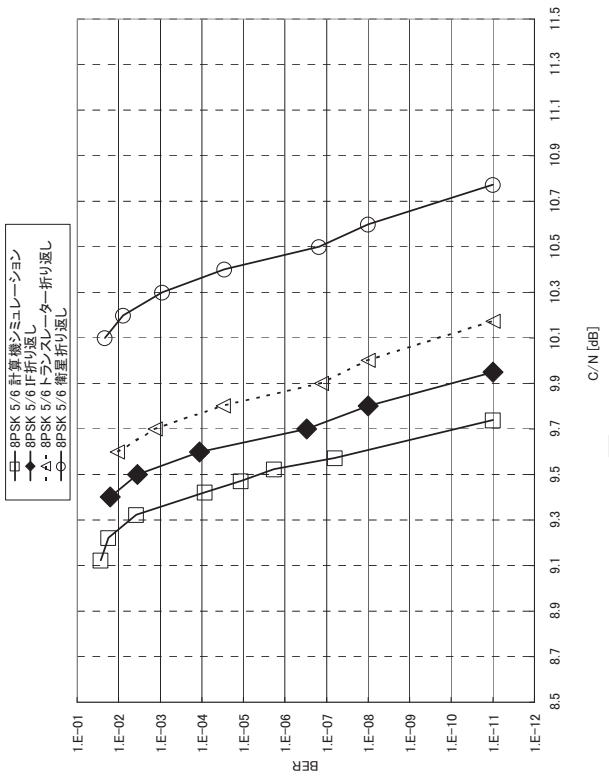


図 61i 8PSK 5/6

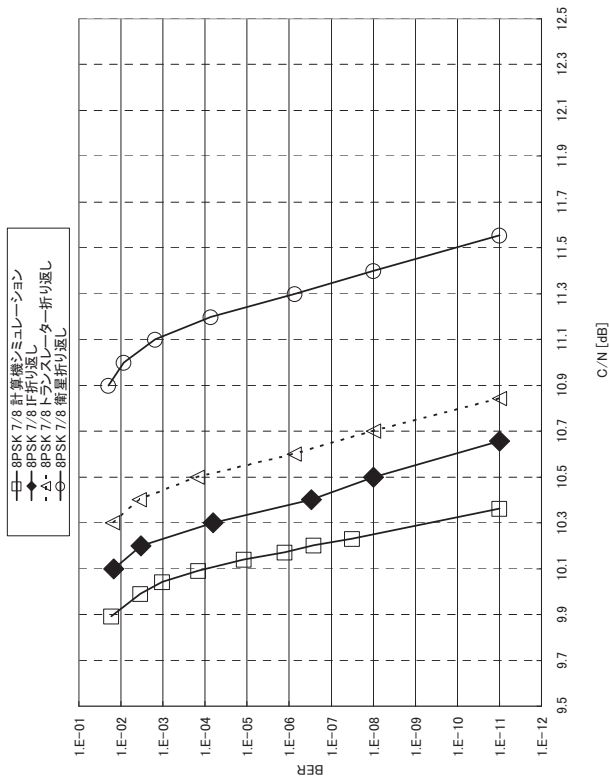


図 61j 8PSK 7/8

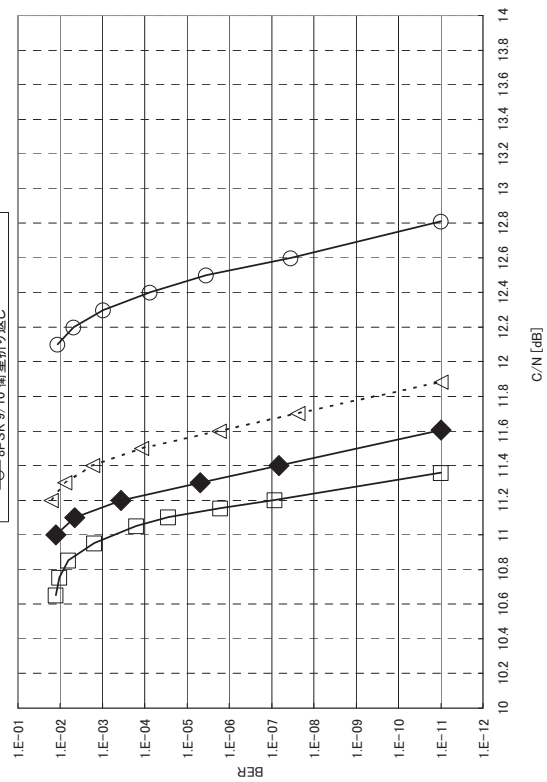


図 61k 8PSK 9/10

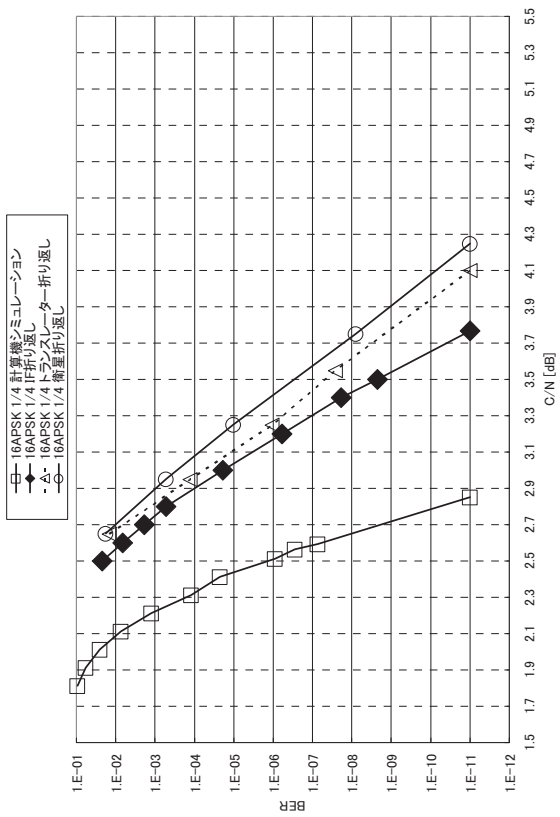


図 62a 16APSK 1/4

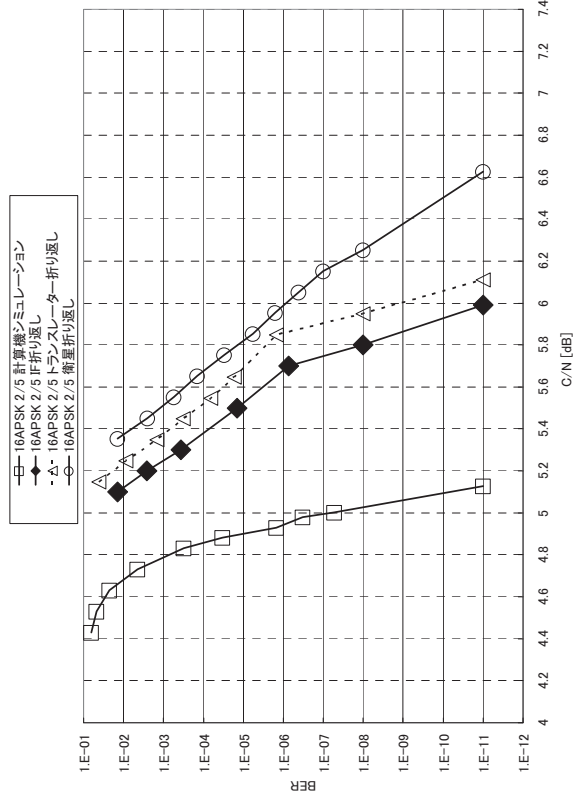


図 62c 16APSK 2/5

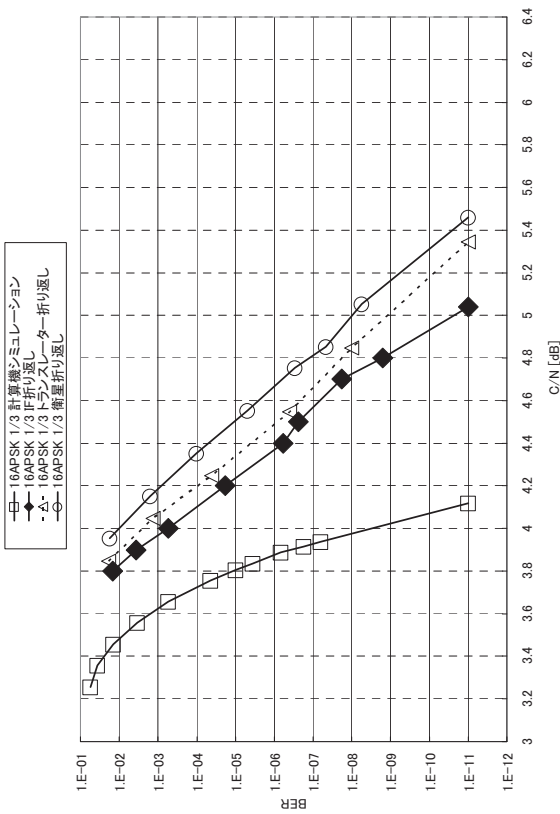


図 62b 16APSK 1/3

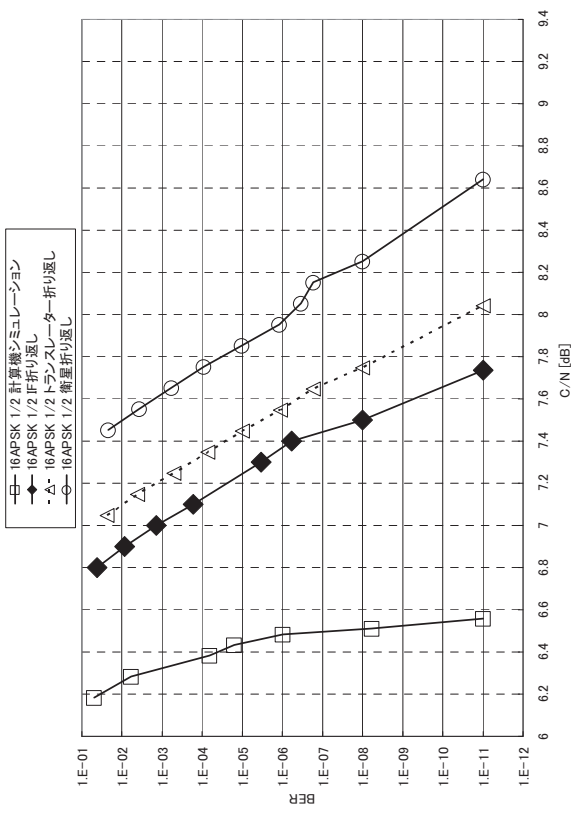


図 62d 16APSK 1/2

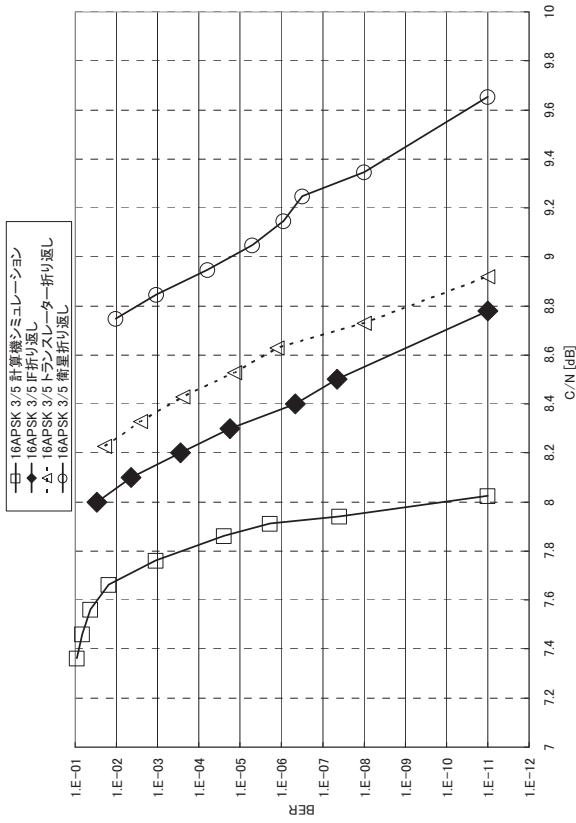


図 62e 16APSK3/5

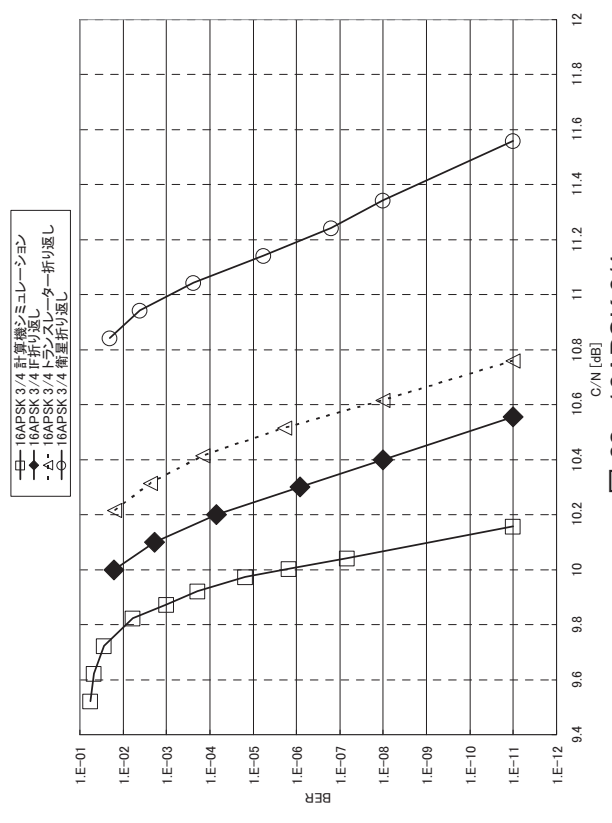


図 62g 16APSK 3/4

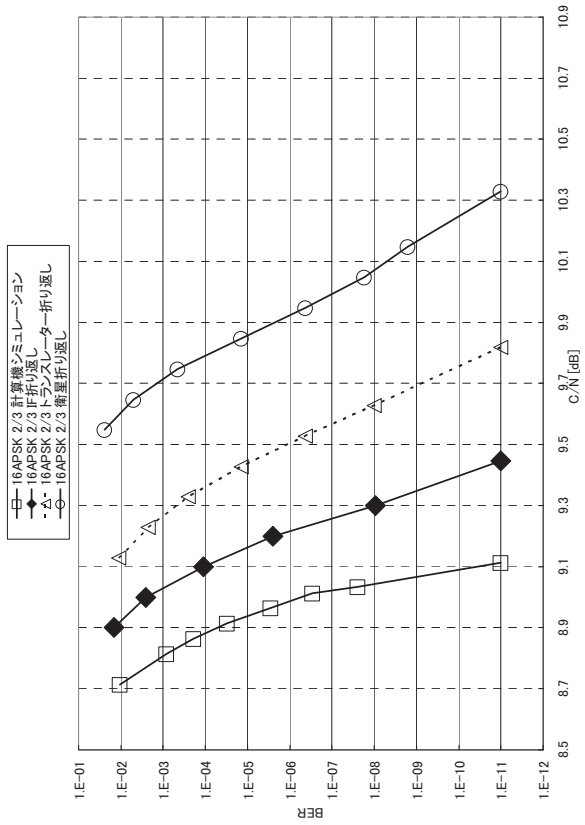


図 62f 16APSK 2/3

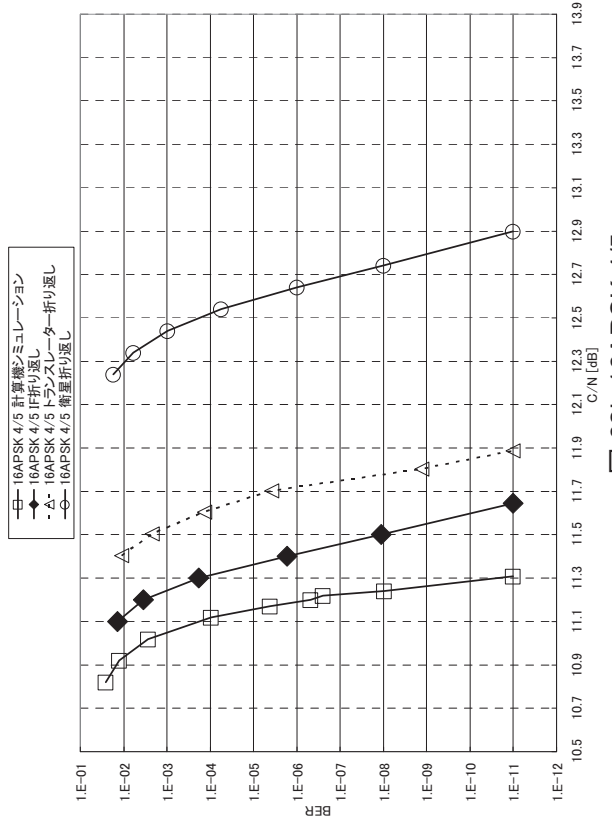


図 62h 16APSK 4/5

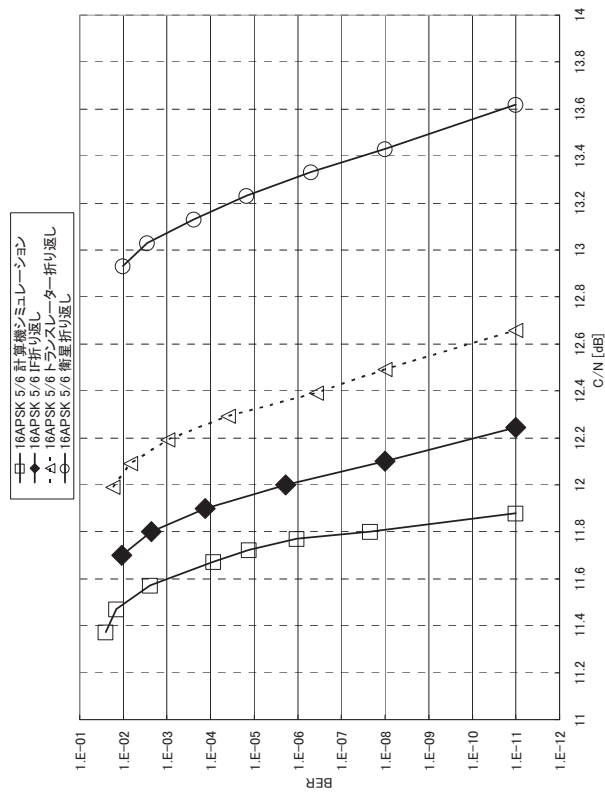


図 62i 16APSK 5/6

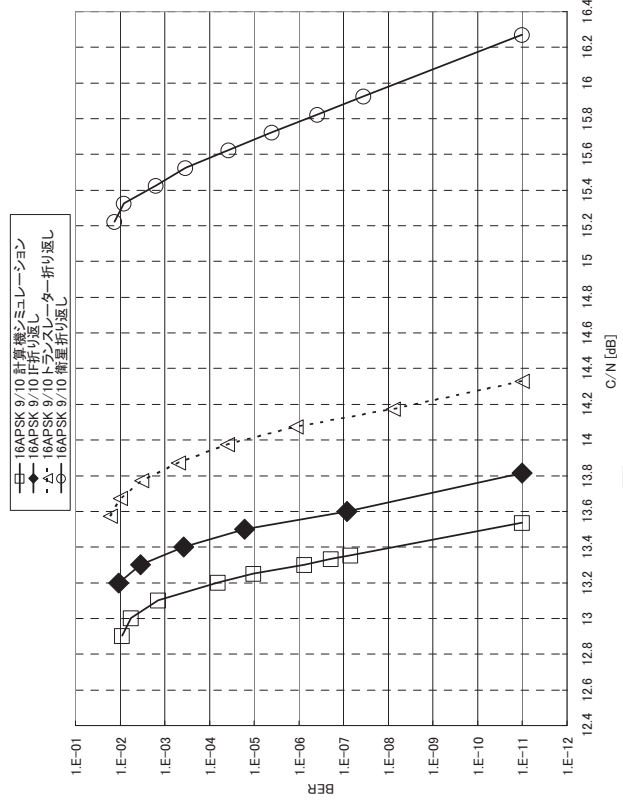


図 62k 16APSK 9/10

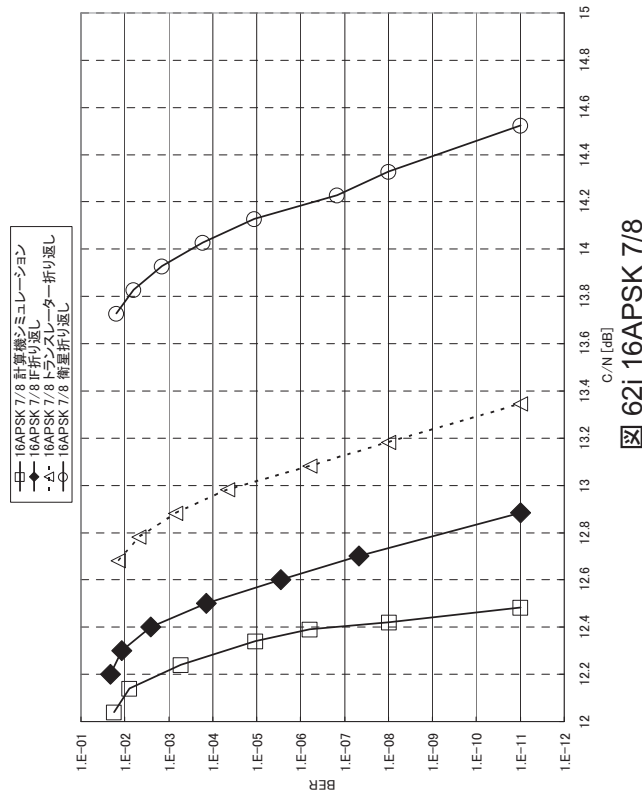


図 62j 16APSK 7/8

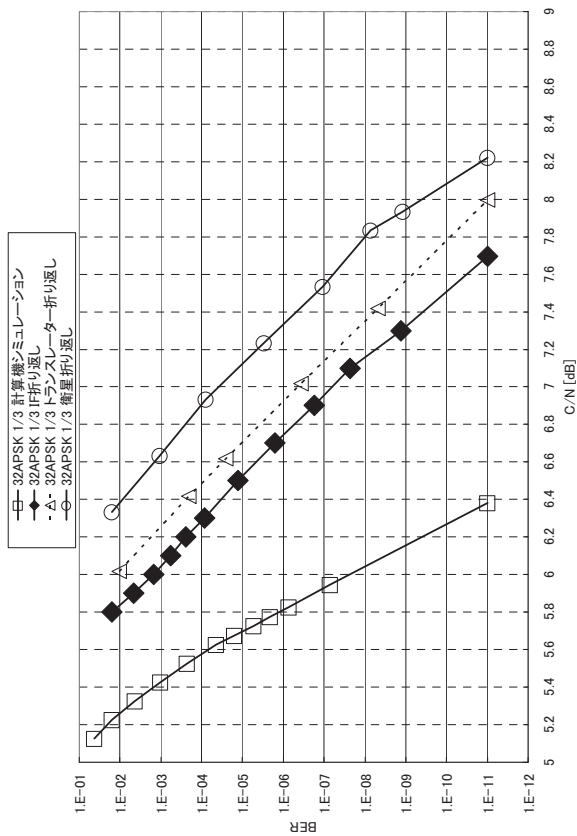


図 63b 32APSK 1/3

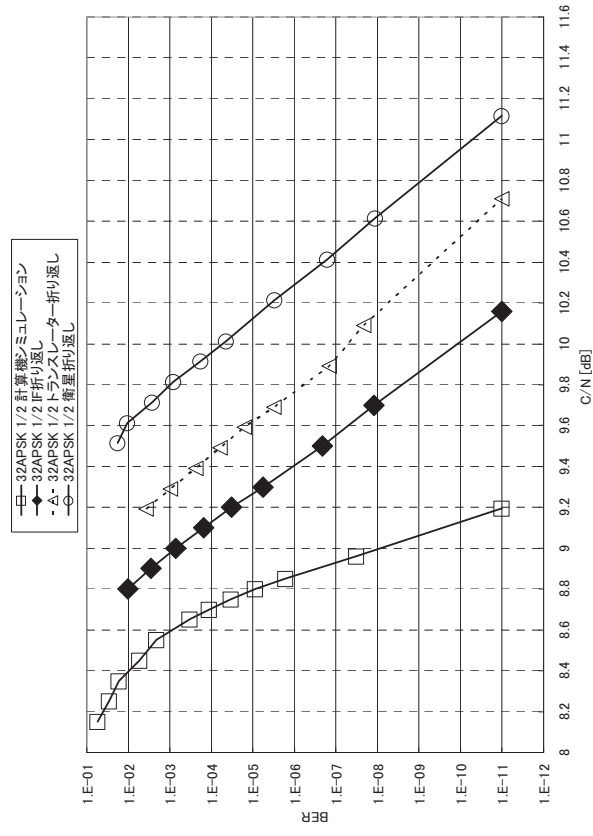


図 63d 32APSK 1/2

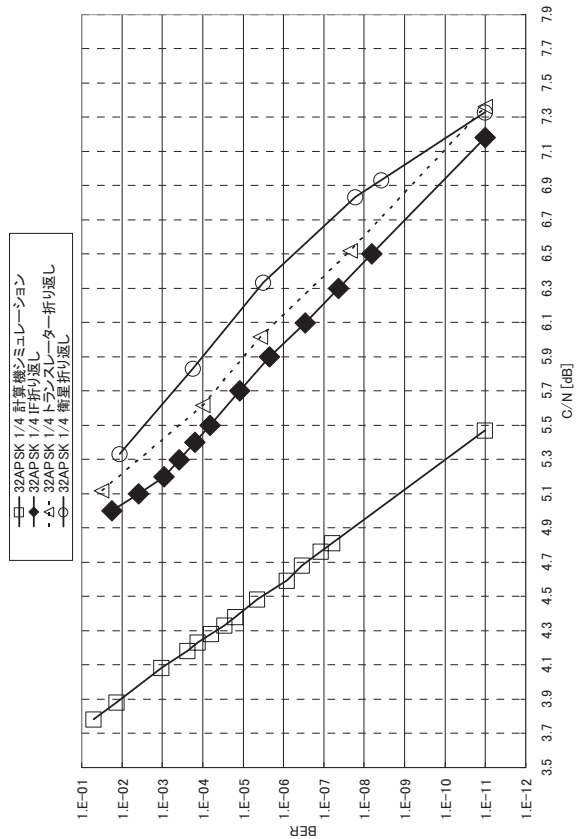


図 63a 32APSK 1/4

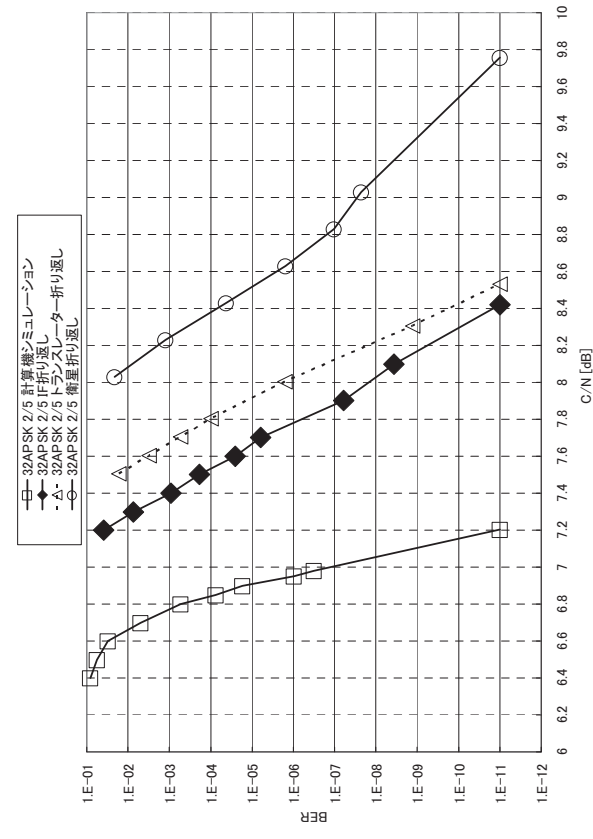


図 63c 32APSK 2/5

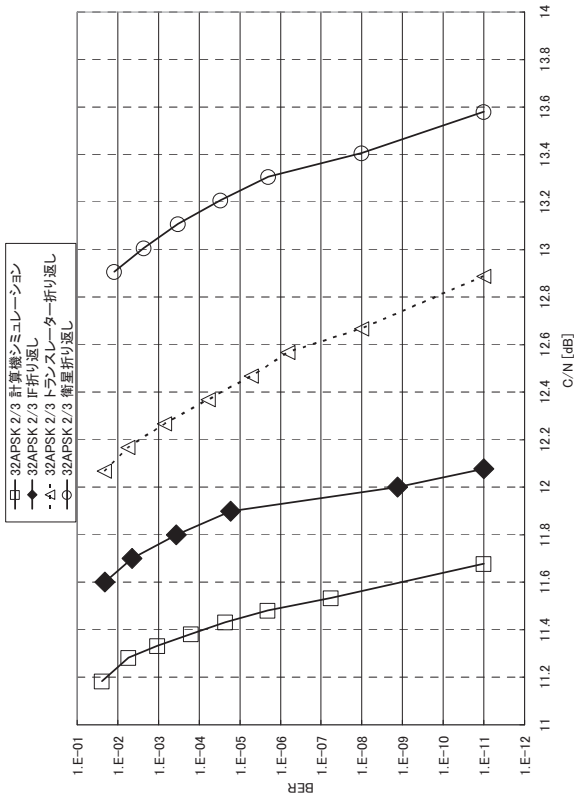


図 63f 32APSK 2/3

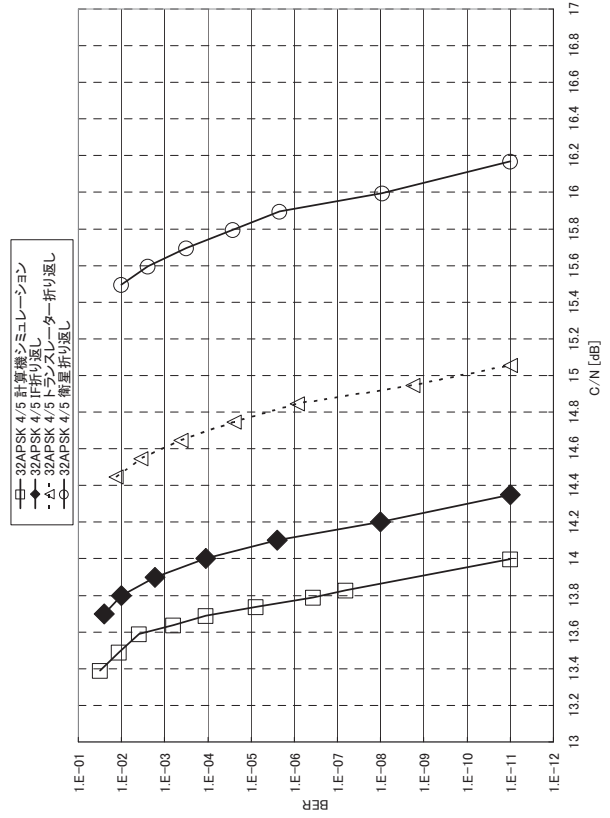


図 63h 32APSK 4/5

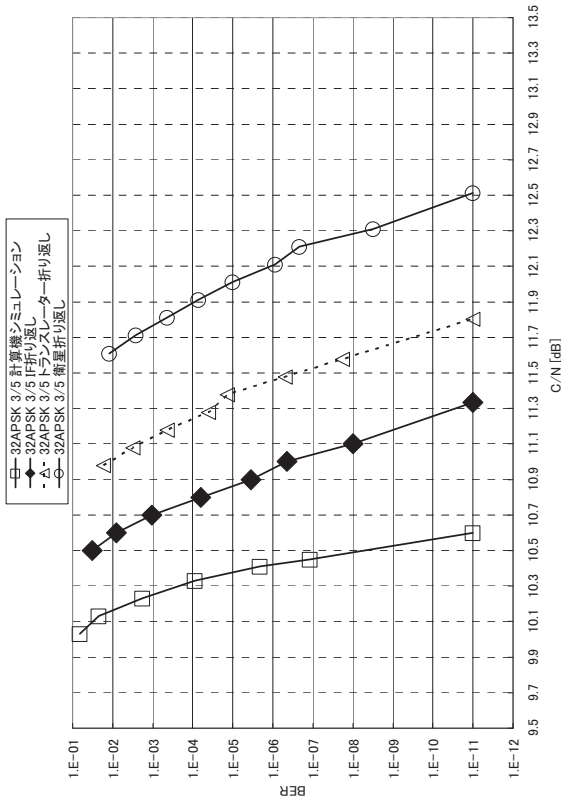


図 63e 32APSK 3/5

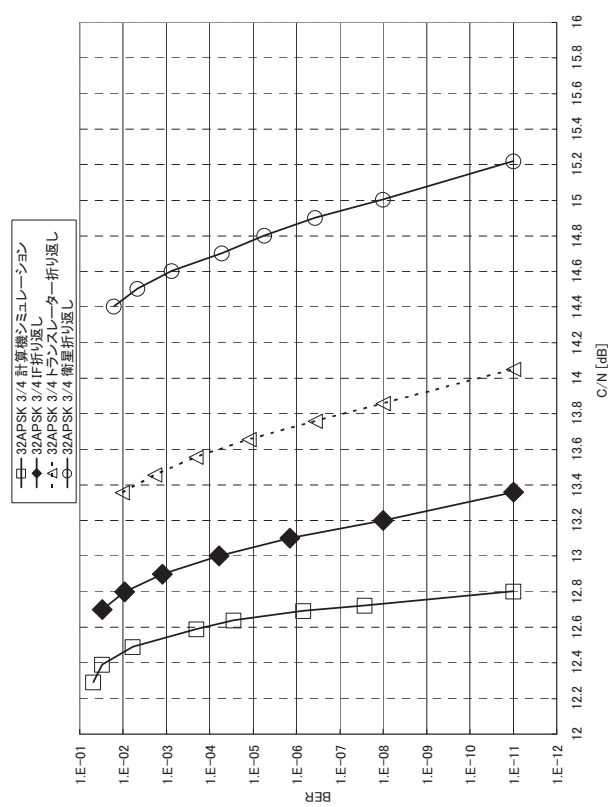


図 63g 32APSK 3/4

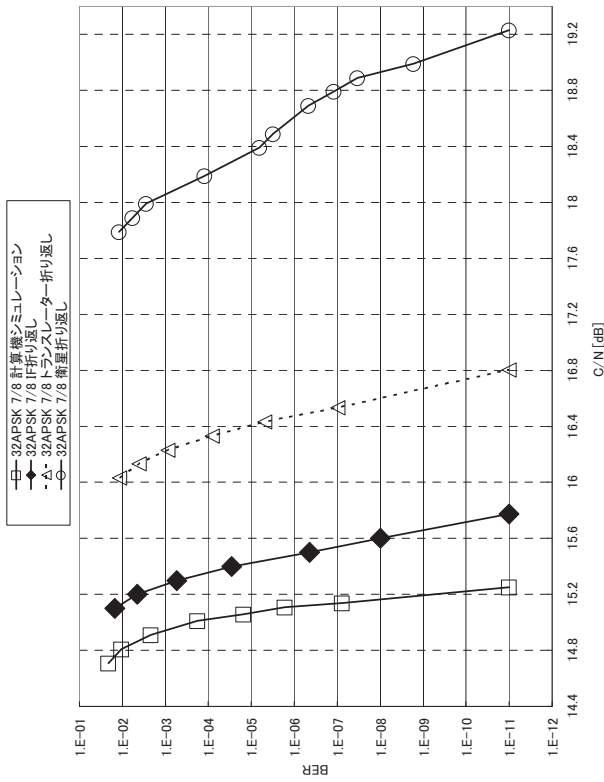


図 63j 32APSK 7/8

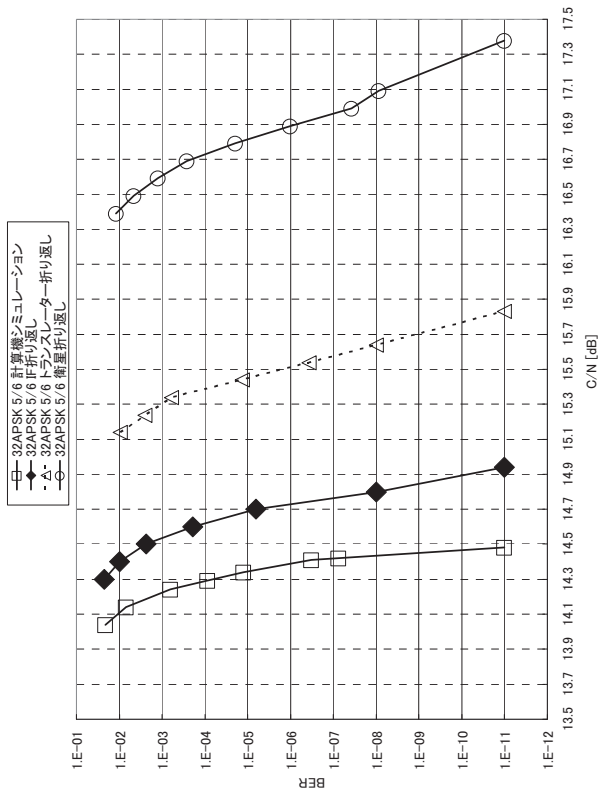


図 63i 32APSK 5/6

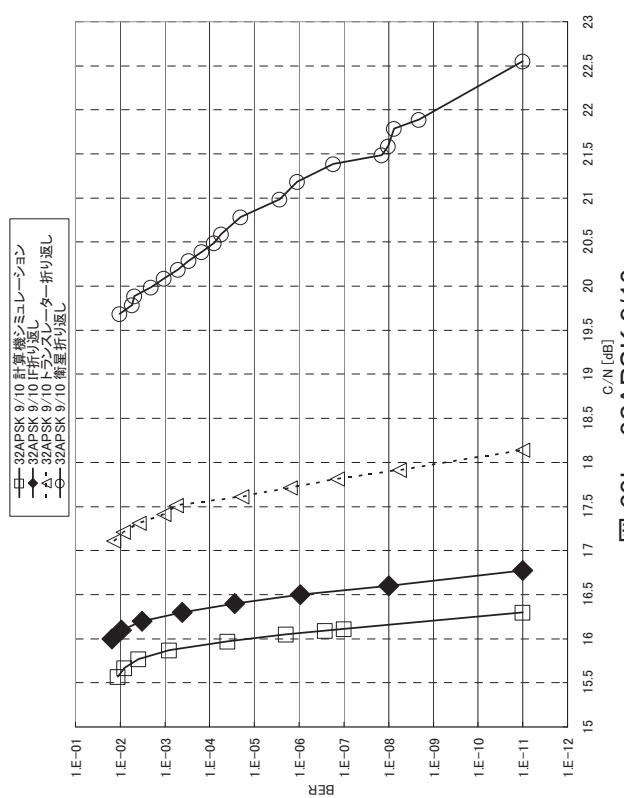


図 63k 32APSK 9/10

付録 2-4 : 衛星伝送実験、疑似中継器折返し 所要 C/N 一覧 (3.4 節、4.3 節)

表 43 : $\pi/2$ シフト BPSK 衛星伝送実験、疑似中継器折返し 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	疑似中継器 折返し ④	疑似中継器 OBO ⑤	疑似中継器 C/N+OBO ⑥=④+⑤	衛星 折返し ⑦	衛星 OBO ⑧	衛星 C/N+OBO ⑨=⑦+⑧
1/4	-5.1	-2.8	-2.8	-2.6	0.4	-2.2	-2.7	0.5	-2.2
1/3	-4.0	-2.8	-2.8	-2.5	0.4	-2.1	-2.6	0.5	-2.1
2/5	-3.0	-2.4	-2.3	-2.2	0.4	-1.8	-2.3	0.5	-1.8
1/2	-1.8	-1.5	-1.5	-1.3	0.4	-0.9	-1.4	0.5	-0.9
3/5	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.4	0.3	-0.2	0.5	0.3
2/3	0.3	0.4	0.5	0.8	0.4	1.2	0.7	0.5	1.2
3/4	1.0	1.2	1.2	1.4	0.4	1.8	1.3	0.5	1.8
4/5	2.0	2.2	2.2	2.4	0.4	2.8	2.3	0.5	2.8
5/6	2.5	2.6	2.6	2.9	0.4	3.3	2.8	0.5	3.3
7/8	2.9	3.1	3.2	3.4	0.4	3.8	3.2	0.5	3.7
9/10	3.8	3.9	3.9	4.2	0.4	4.6	4.2	0.5	4.7

表 44 : QPSK 衛星伝送実験、疑似中継器折返し 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	疑似中継器 折返し ④	疑似中継器 OBO ⑤	疑似中継器 C/N+OBO ⑥=④+⑤	衛星 折返し ⑦	衛星 OBO ⑧	衛星 C/N+OBO ⑨=⑦+⑧
1/4	-2.1	-1.2	-1.3	-1.0	0.7	-0.3	-1.1	1.0	-0.1
1/3	-1.0	-0.6	-0.4	-0.2	0.7	0.5	-0.3	1.0	0.7
2/5	0.0	0.3	0.4	0.6	0.7	1.3	0.5	1.0	1.5
1/2	1.2	1.4	1.5	1.7	0.7	2.4	1.8	1.0	2.8
3/5	2.5	2.6	2.7	3.1	0.7	3.8	2.9	1.0	3.9
2/3	3.3	3.5	3.7	3.8	0.7	4.5	3.7	1.0	4.7
3/4	4.0	4.2	4.3	4.8	0.7	5.5	4.5	1.0	5.5
4/5	5.0	5.3	5.3	5.8	0.7	6.5	5.5	1.0	6.5
5/6	5.5	5.6	5.7	6.3	0.7	7.0	6.0	1.0	7.0
7/8	5.9	6.1	6.2	6.7	0.7	7.4	6.5	1.0	7.5
9/10	6.8	6.9	7.1	7.6	0.7	8.3	7.5	1.0	8.5

表 45 : 8PSK 衛星伝送実験、疑似中継器折返し 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	疑似中継器 折返し ④	疑似中継器 OBO ⑤	疑似中継器 C/N+OBO ⑥=④+⑤	衛星 折返し ⑦	衛星 OBO ⑧	衛星 C/N+OBO ⑨=⑦+⑧
1/4	1.1	2.6	2.8	3.0	0.7	3.7	2.9	0.9	3.8
1/3	2.2	3.2	3.5	3.6	0.7	4.3	3.3	0.9	4.2
2/5	3.1	4.0	4.1	4.4	0.7	5.1	4.0	0.9	4.9
1/2	4.4	5.1	5.3	5.7	0.7	6.4	5.4	0.9	6.3
3/5	5.7	6.2	6.4	6.9	0.7	7.6	6.6	0.9	7.5
2/3	6.7	7.0	7.2	7.8	0.7	8.5	7.5	0.9	8.4
3/4	7.9	8.2	8.3	9.3	0.7	10.0	8.7	0.9	9.6
4/5	9.1	9.3	9.4	10.5	0.7	11.2	10.1	0.9	11.0
5/6	9.7	9.9	10.2	11.1	0.7	11.8	10.8	0.9	11.7
7/8	10.4	10.7	10.8	12.1	0.7	12.8	11.6	0.9	12.5
9/10	11.4	11.6	11.9	13.5	0.7	14.2	12.8	0.9	13.7

表 46 : 16APSK 衛星伝送実験、擬似中継器折返し 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	擬似中継器 折返し ④	擬似中継器 OBO ⑤	擬似中継器 C/N+OBO ⑥=④+⑤	衛星 折返し ⑦	衛星 OBO ⑧	衛星 C/N+OBO ⑨=⑦+⑧
1/4	2.9	3.8	4.1	5.2	1.2	6.4	4.2	1.7	5.9
1/3	4.1	5.0	5.3	6.0	1.2	7.2	5.5	1.7	7.2
2/5	5.1	6.0	6.1	7.0	1.2	8.2	6.6	1.7	8.3
1/2	6.6	7.7	8.0	9.1	1.4	10.5	8.6	1.7	10.3
3/5	8.0	8.8	8.9	9.8	1.5	11.3	9.7	1.7	11.4
2/3	9.1	9.4	9.8	10.5	1.6	12.1	10.3	1.7	12.0
3/4	10.2	10.6	10.8	11.8	1.7	13.5	11.6	1.7	13.3
4/5	11.3	11.6	11.9	13.2	1.9	15.1	12.9	1.7	14.6
5/6	11.9	12.2	12.7	13.7	1.9	15.6	13.6	2.1	15.7
7/8	12.5	12.9	13.3	14.6	1.9	16.5	14.5	2.1	16.6
9/10	13.5	13.8	14.3	15.6	2.4	18.0	16.3	2.1	18.4

表 47 : 32APSK 衛星伝送実験、擬似中継器折返し 所要 C/N 一覧

符号化率	シミュレーション ①	IF 折返し ②	トランスレータ 一折返し ③	擬似中継器 折返し ④	擬似中継器 OBO ⑤	擬似中継器 C/N+OBO ⑥=④+⑤	衛星 折返し ⑦	衛星 OBO ⑧	衛星 C/N+OBO ⑨=⑦+⑧
1/4	5.5	7.2	7.4	8.3	1.8	10.1	7.3	2.1	9.4
1/3	6.4	7.7	8.0	9.3	1.9	11.2	8.2	2.1	10.3
2/5	7.2	8.4	8.5	10.5	2.0	12.5	9.8	2.1	11.9
1/2	9.2	10.2	10.7	12.0	2.1	14.1	11.1	2.4	13.5
3/5	10.6	11.3	11.8	13.0	2.7	15.7	12.5	2.4	14.9
2/3	11.7	12.1	12.9	13.8	2.9	16.7	13.6	2.4	16.0
3/4	12.8	13.4	14.1	15.5	2.9	18.4	15.2	2.4	17.6
4/5	14.0	14.3	15.1	16.4	3.4	19.8	16.2	2.9	19.1
5/6	14.5	14.9	15.8	17.1	3.7	20.8	17.4	2.8	20.2
7/8	15.3	15.8	16.8	17.9	4.1	22.0	19.2	2.8	22.0
9/10	16.3	16.8	18.1	19.2	4.4	23.6	22.6	2.8	25.4

実験構成機器 付録

付録 3 実験構成機器

付録 3-1 変調器、復調器

図 64 に変調器の外観を示す。図 65 に復調器の外観を示す。



図 64 変調器



図 65 復調器

付録 3-2 擬似中継器実験

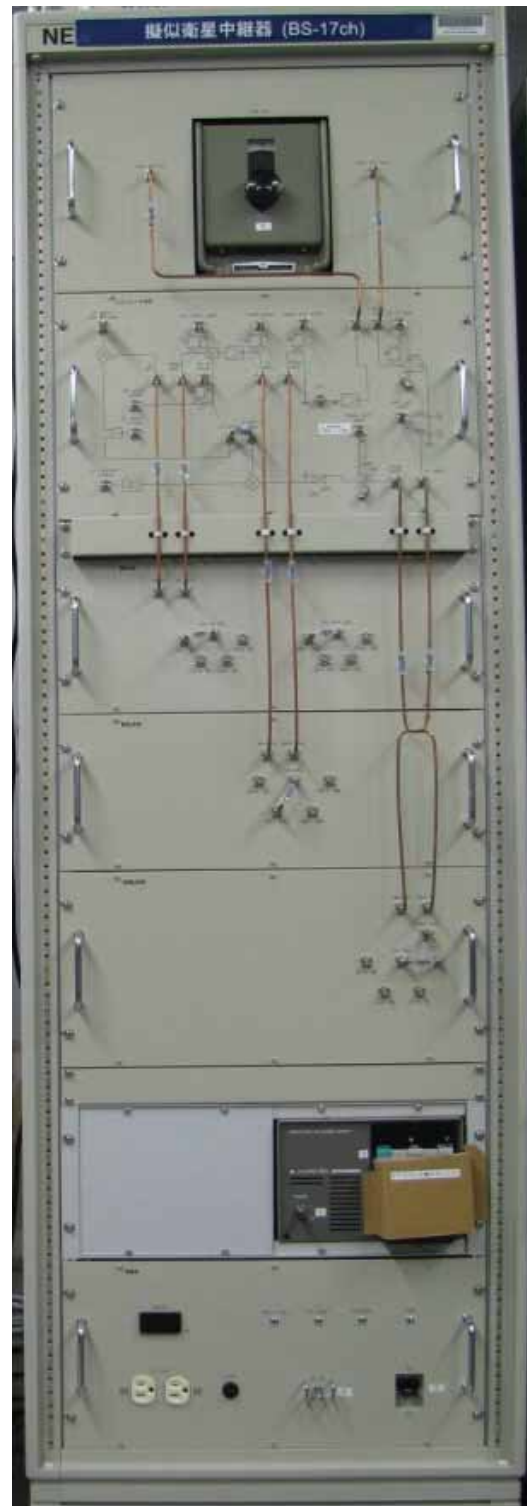
擬似中継器(BS15chおよびBS17ch)の仕様を表48に、外観を図66に、構成を図67(BS15ch)、図68(BS17ch)に示す。またBS15ch、BS17ch中継器のTWTAの特性をそれぞれ図69、図70に、IMUXフィルタの特性を図71、図72に、OMUXフィルタの特性を図73、図74に示す。C/N対誤り率特性などはBS17chを用いて測定し、BS15chは干渉波用として用いた。

表 48 : 中継器仕様

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

图 66 : 擬似中繼器外觀

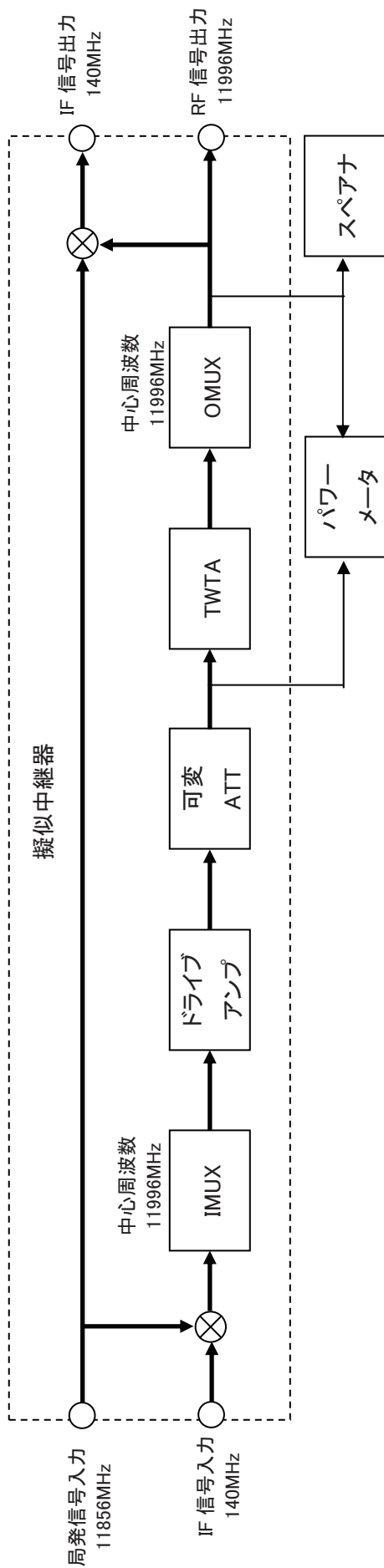


図 67 : 擬似中継器系統図 (BS15ch)

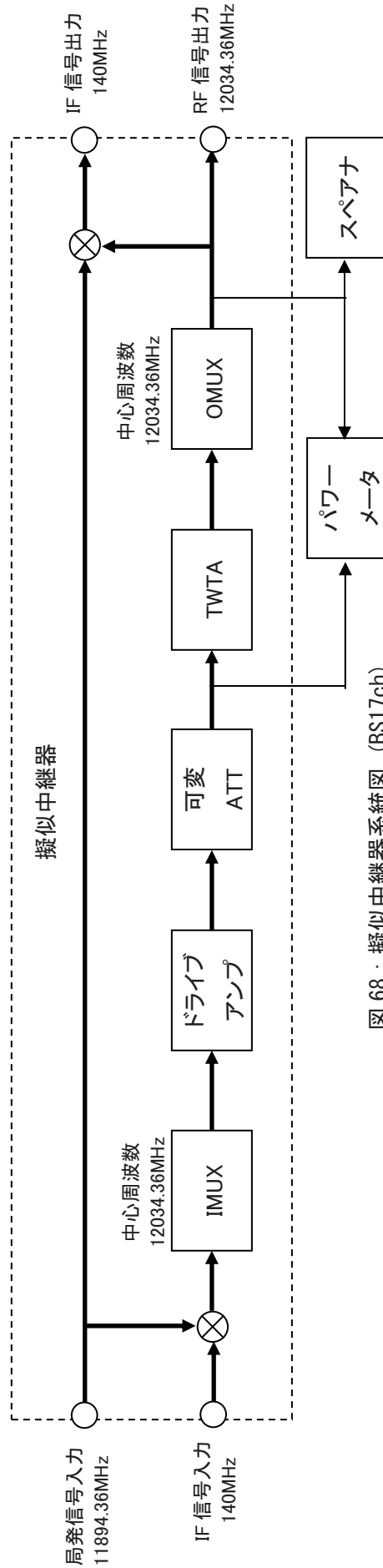


図 68 : 擬似中継器系統図 (BS17ch)

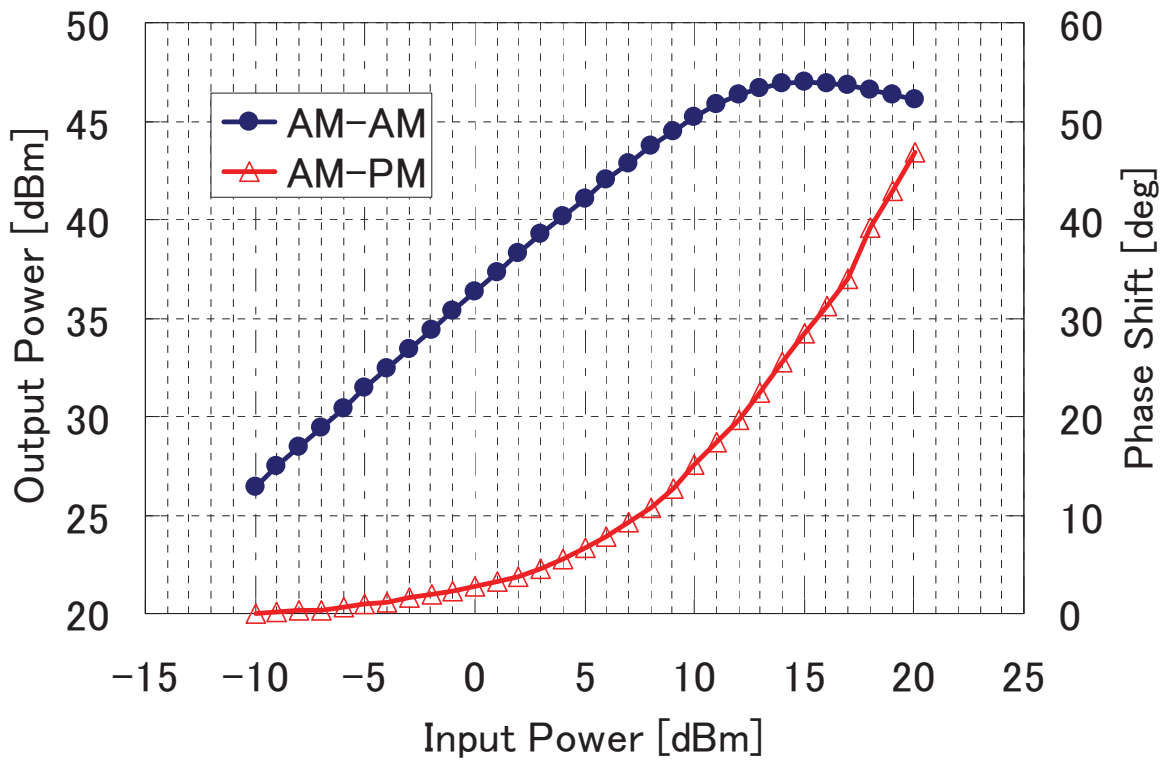


図 69 : TWTA の AM-AM および AM-PM 特性 (BS15ch)

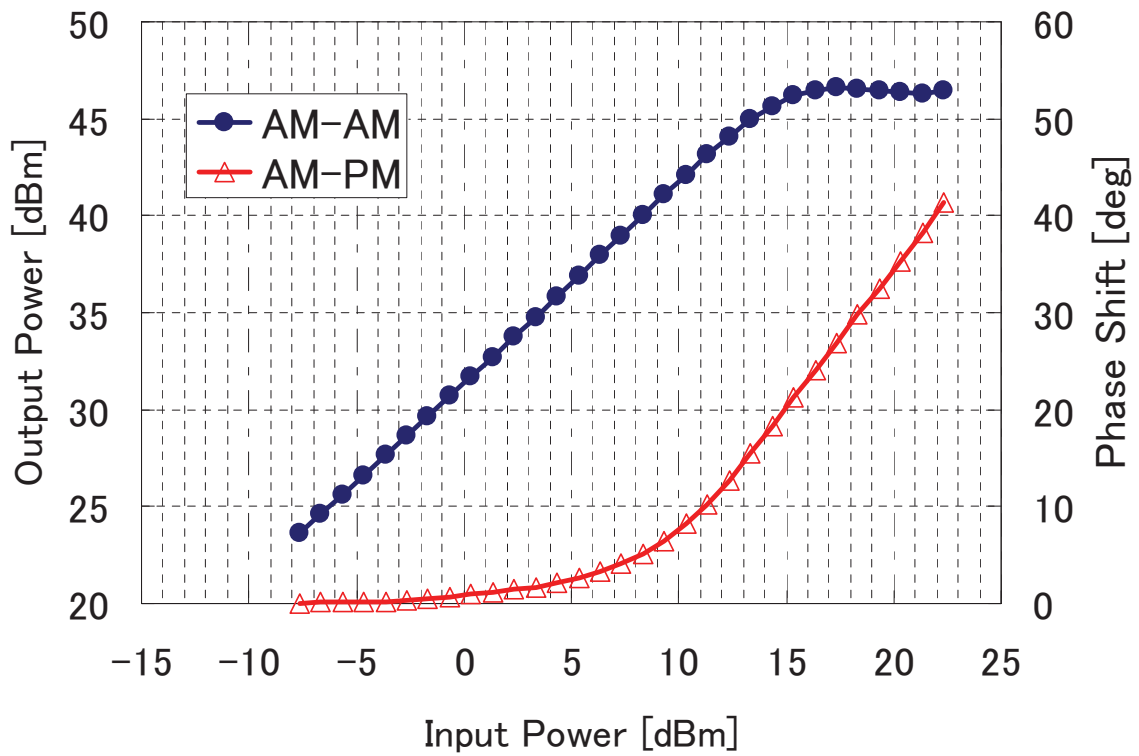


図 70 : TWTA の AM-AM および AM-PM 特性 (BS17ch)

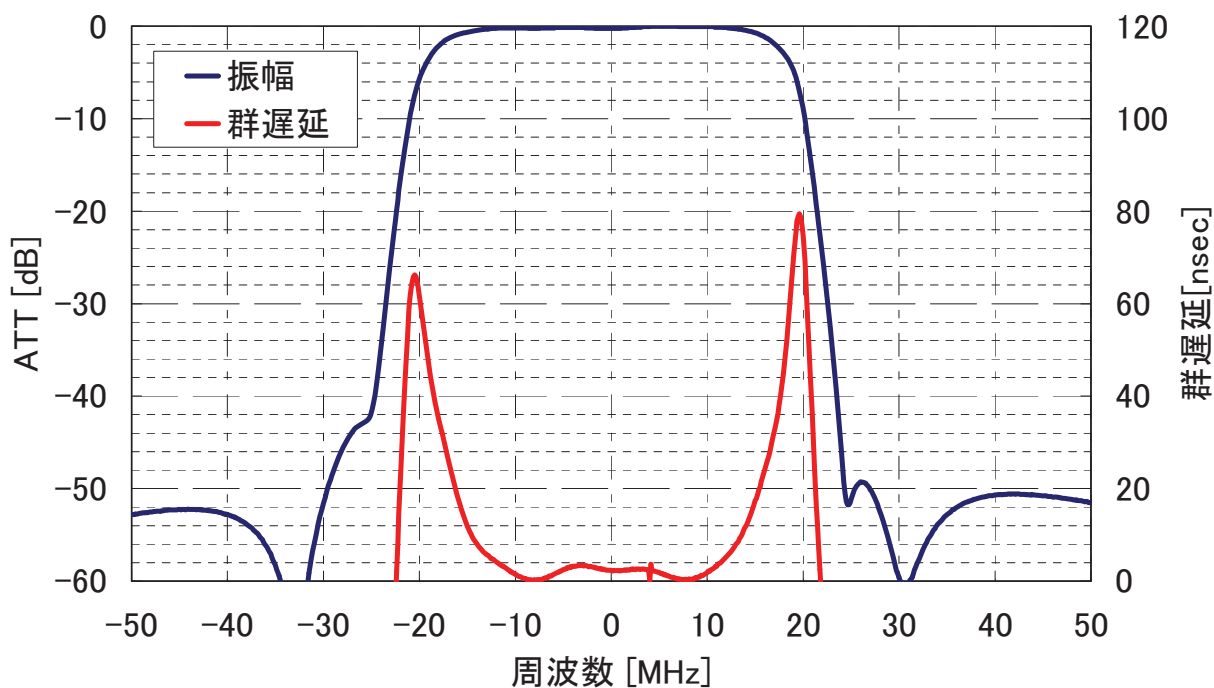


図 71 : IMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)

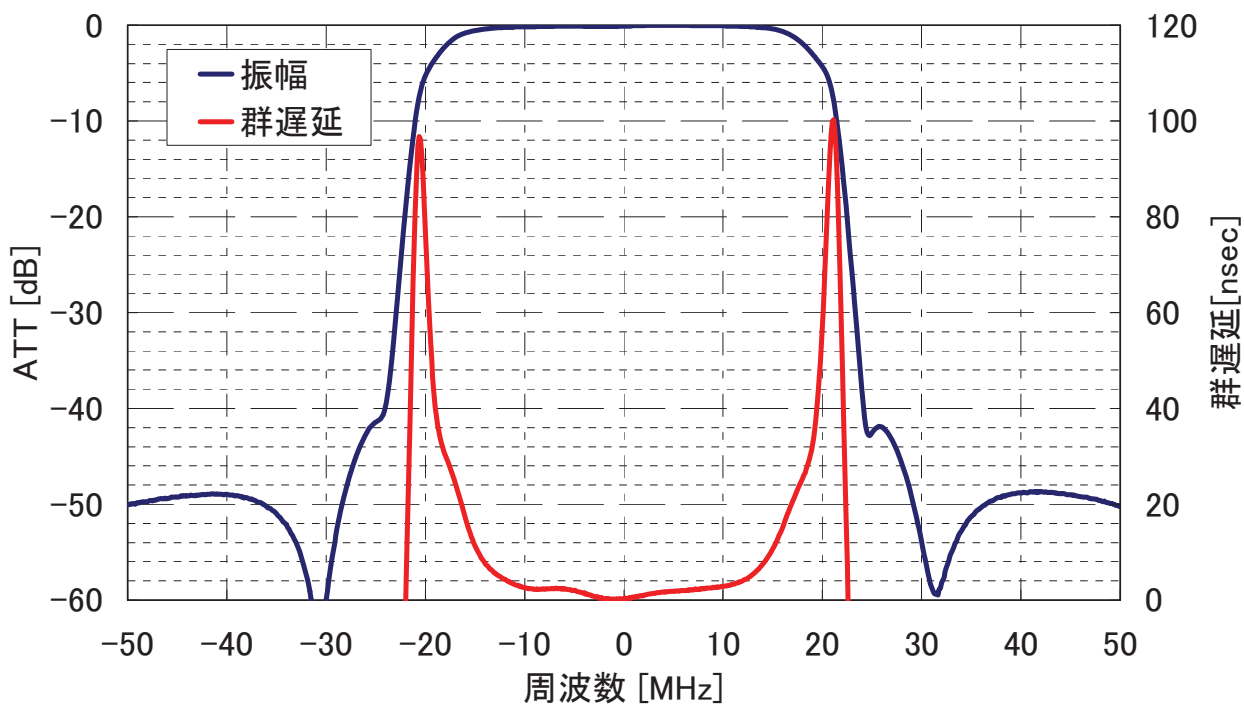


図 72 : IMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS17CH)

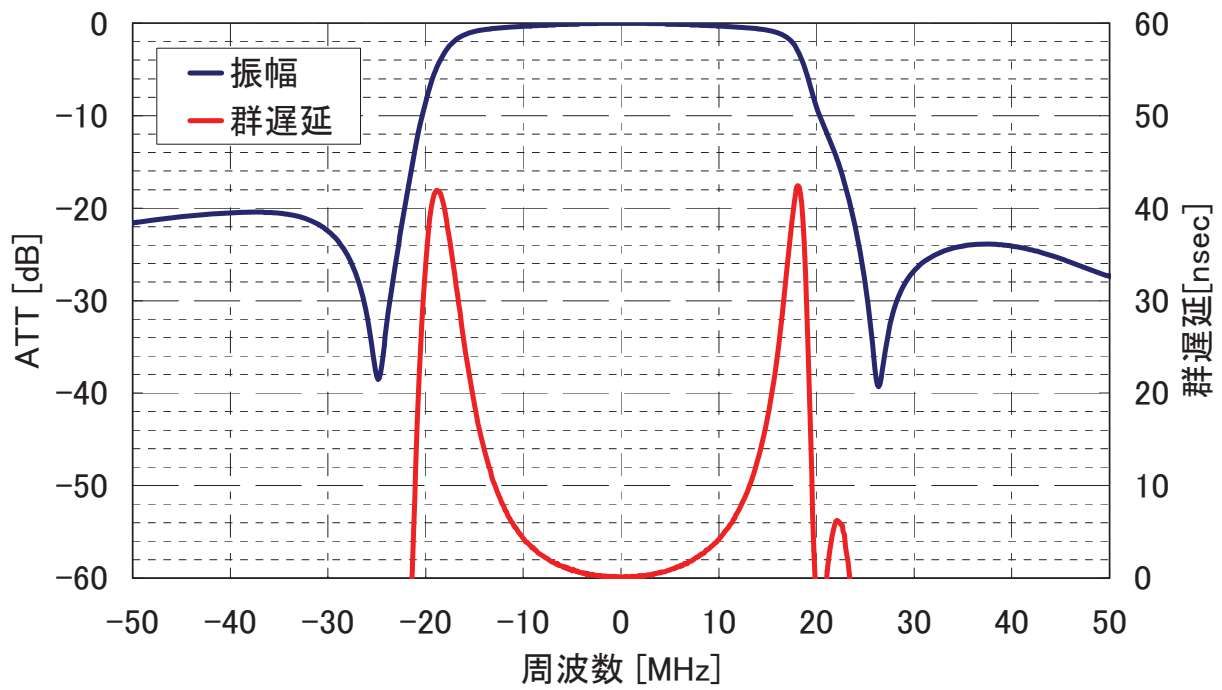


図 73 : OMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)

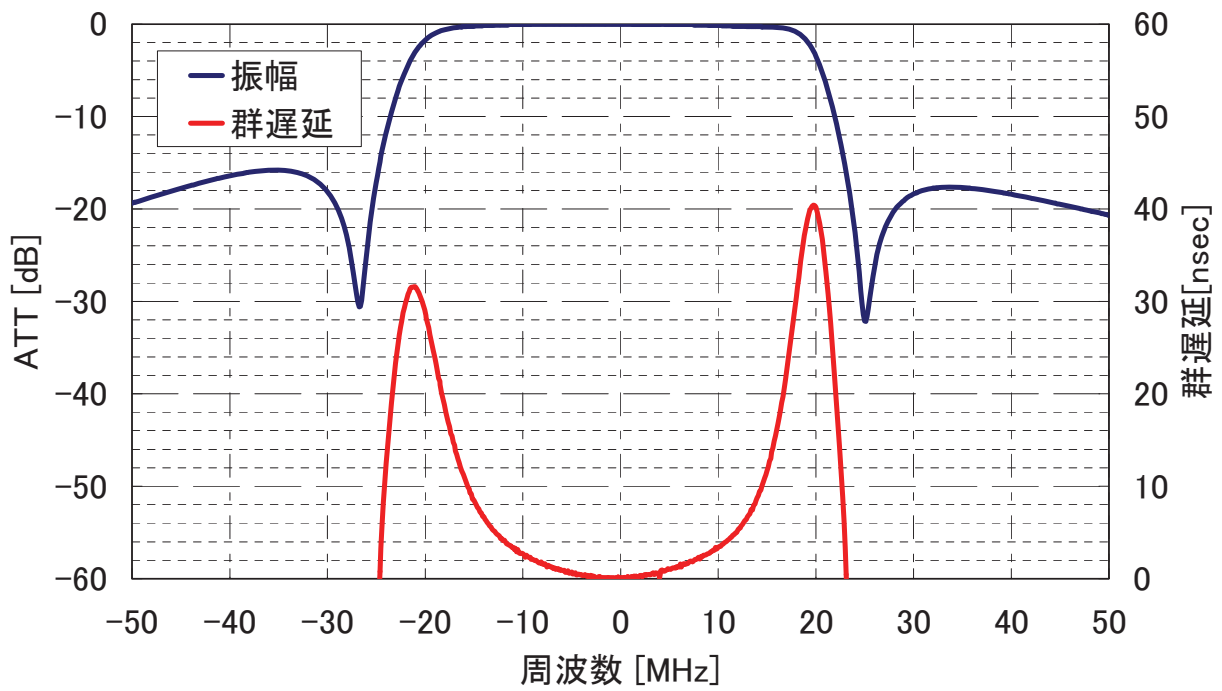


図 74 : OMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS17ch)

付録 3-3 地球局特性

表 49 に地球局のアップリンク用 TWTA およびアンテナの仕様を示す。また図 75 に機器の外観の写真、図 76 に信号系統図を示す。図 77 に TWTA の AM-AM 特性を示す。図 77 では、周波数 17749.44MHz の搬送波を通したとき、ピーク値からの入力電力低下量 IBO[dB]を横軸とし、出力電力低下量 OBO[dB]を縦軸とした。入力電力はリニアライザ入力部での電力とし、出力電力は TWTA 出力電力をとした。図 78 は、8PSK、符号化率 3/4 の変調波信号を通したときの TWTA 出力スペクトラム特性を示す。TWTA 動作点は OBO 5dB とした。TWTA 動作点が OBO 5dB という条件で 16APSK 符号化率 3/4 および 32APSK 符号化率 4/5 のときの TWTA 出力スペクトラムを図 79、図 80 にそれぞれ示す。

表 49 : TWTA およびアンテナ仕様

	項目	仕様
TWTA	周波数	17GHz 帯 BS17ch ~ BS23ch
	動作点	OBO 5dB (1 波)、OBO 10dB (2 波同時、1 波あたり OBO 13dB)
	出力	103W (OBO 5dB で 1 波のときの電力値) 16W (OBO 10 dB で 2 波同時に出したとき、1 波あたりの電力値)
アンテナ	形式	7m 径センターフィードカセグレンアンテナ

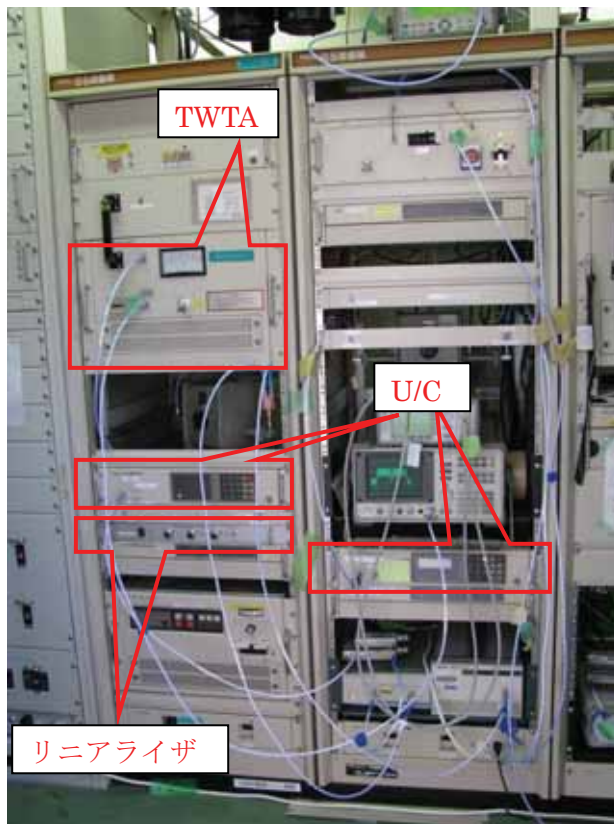


図 75 : 地球局シェルター室内外観

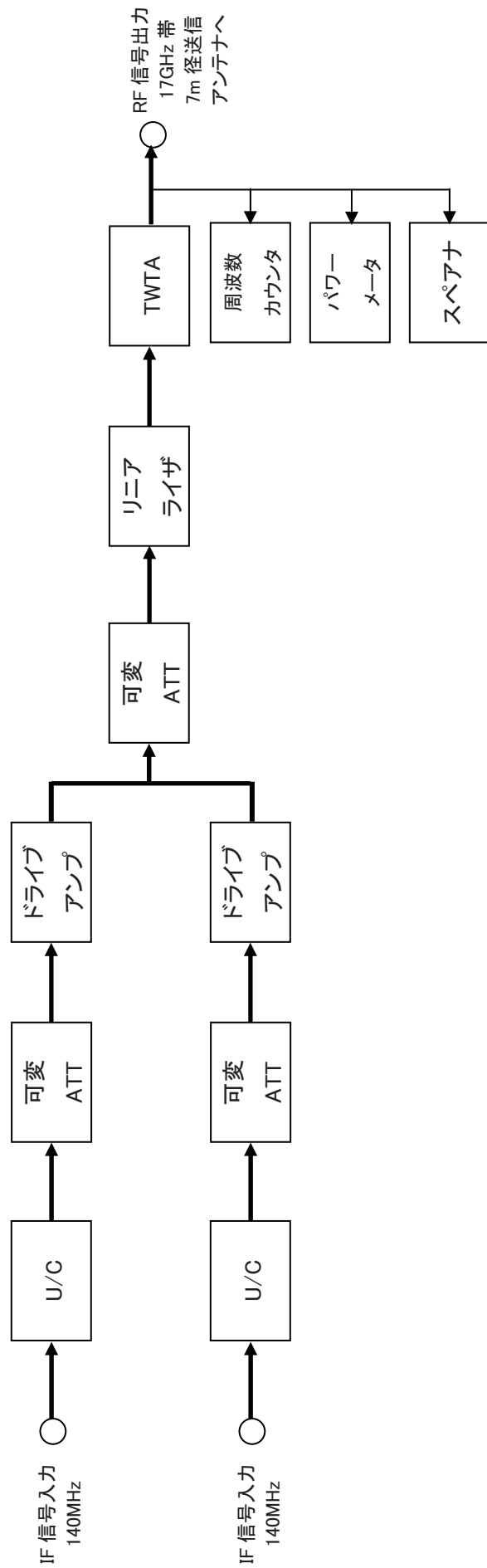


図 76 : 地球局系統図

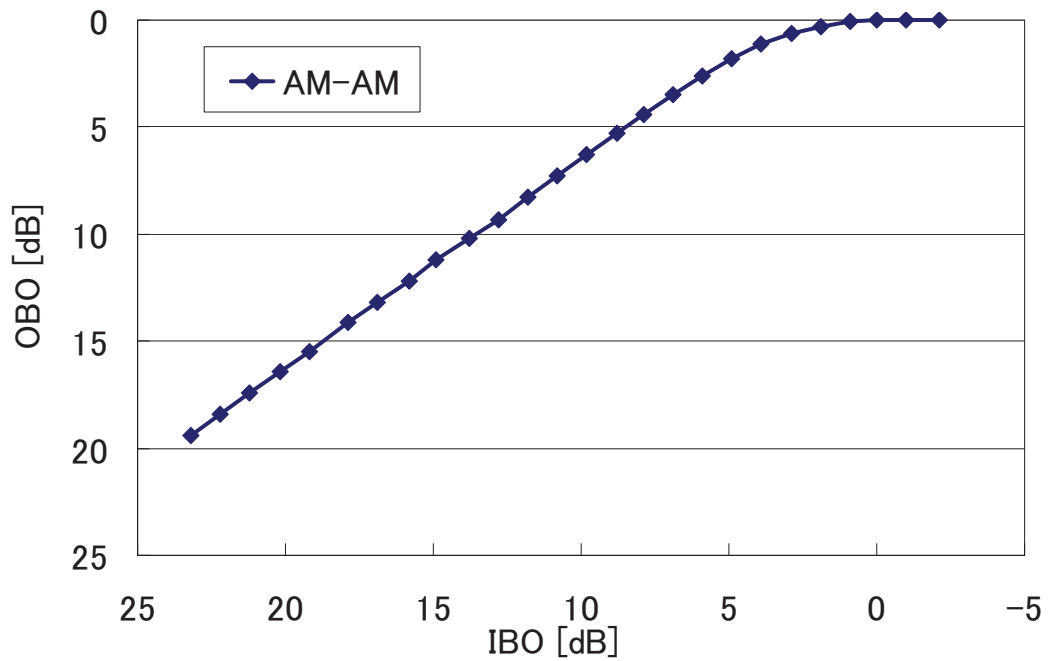


図 77 : TWTA、AM-AM 特性 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)
リニアライザあり)

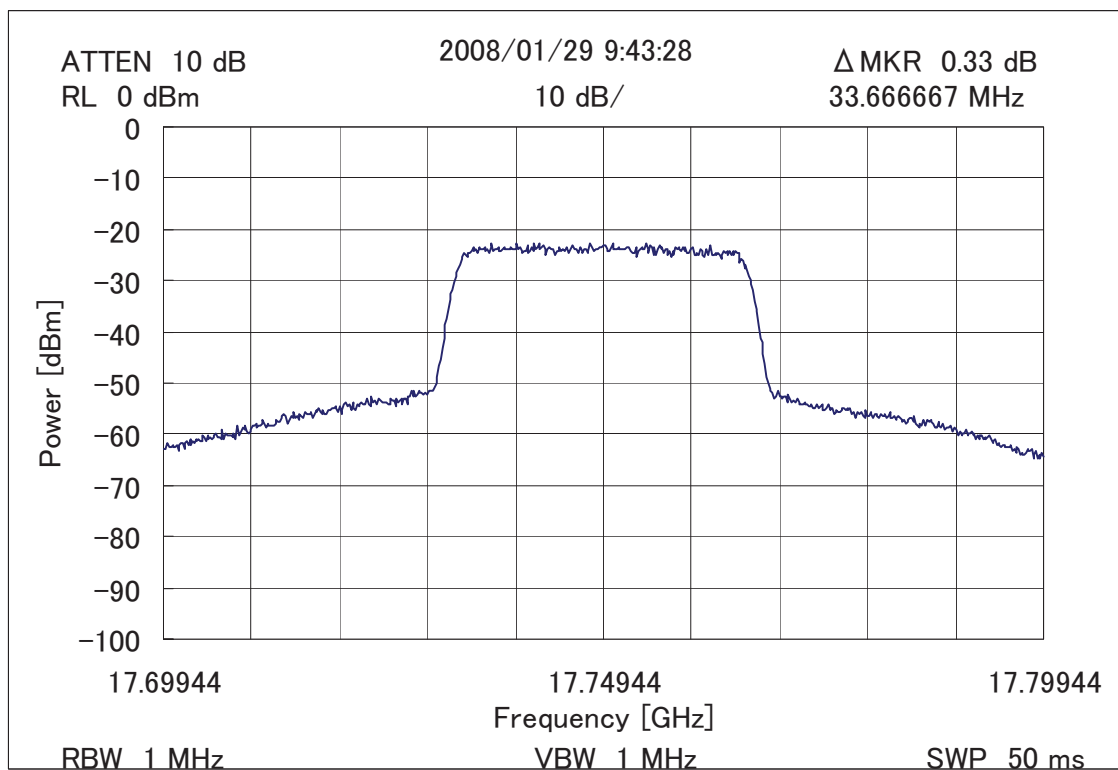


図 78 : TWTA 出カスペクトラム特性 (8PSK 3/4)
(周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OBO 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

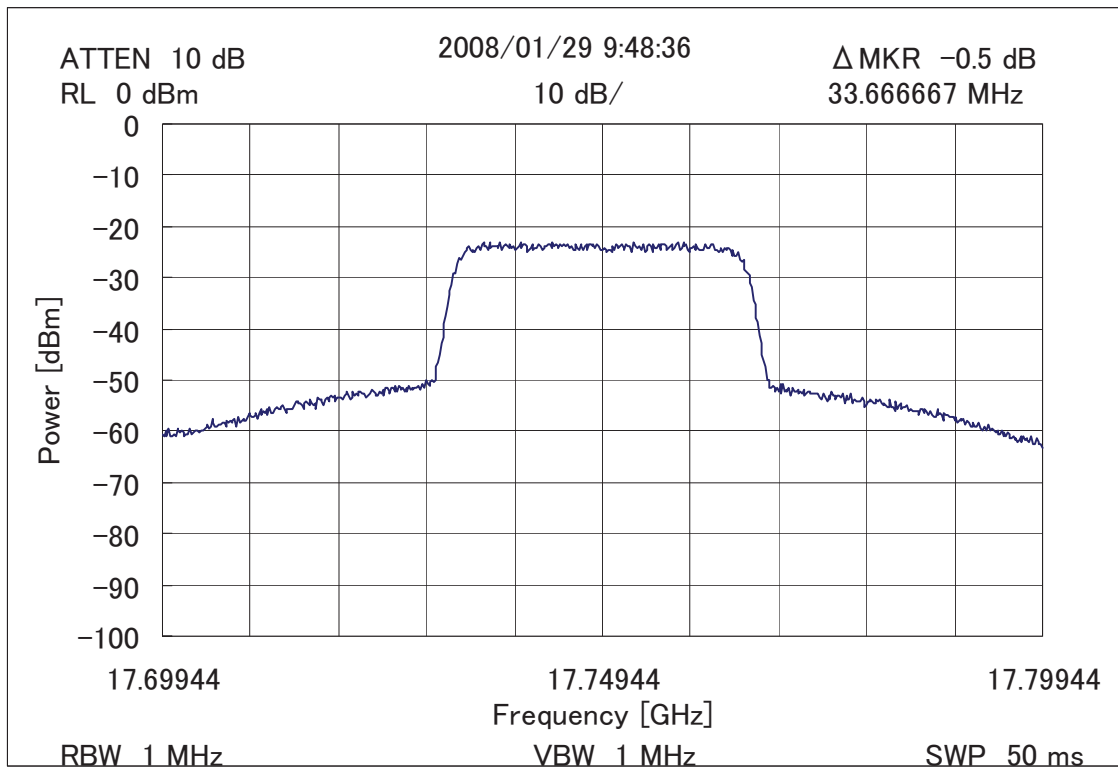


図 79 : TWTA 出カスペクトラム特性 (16APSK 3/4)
 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OB0 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

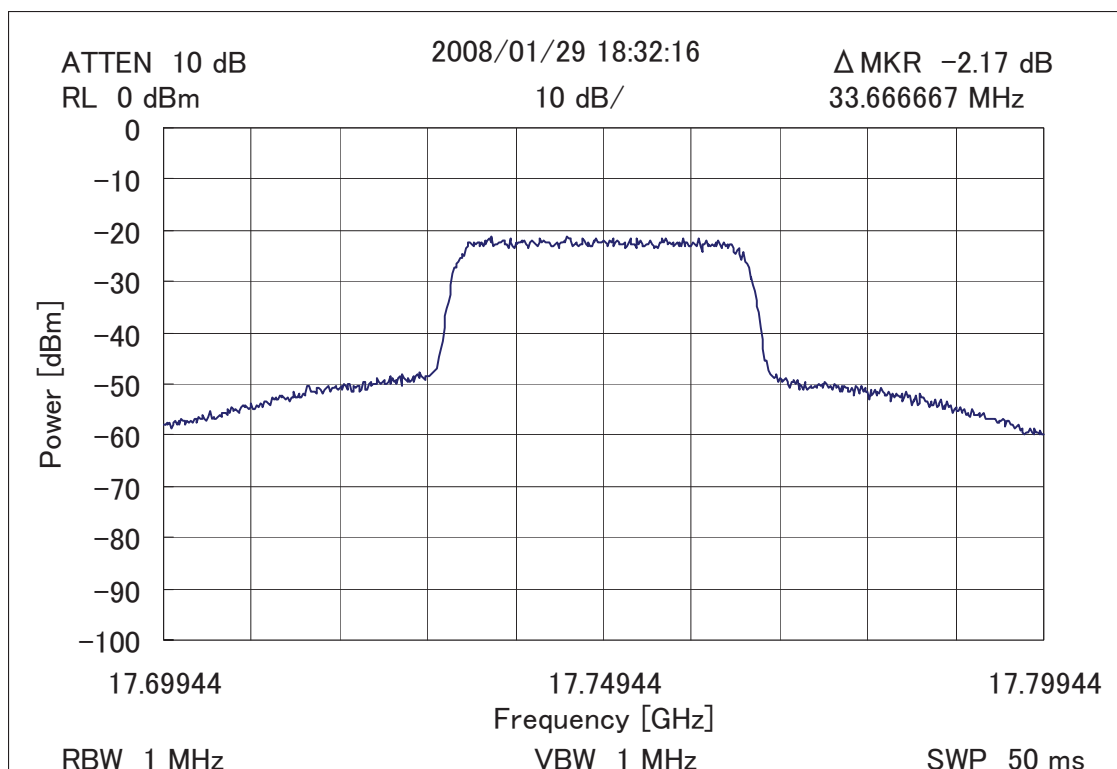


図 80 : TWTA 出カスペクトラム特性 (32APSK 4/5)
 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OB0 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

付録 3-4 本実験に使用した衛星の伝送特性について

本実験に使用した BSAT-3a 衛星に係わる特性を次に示す。

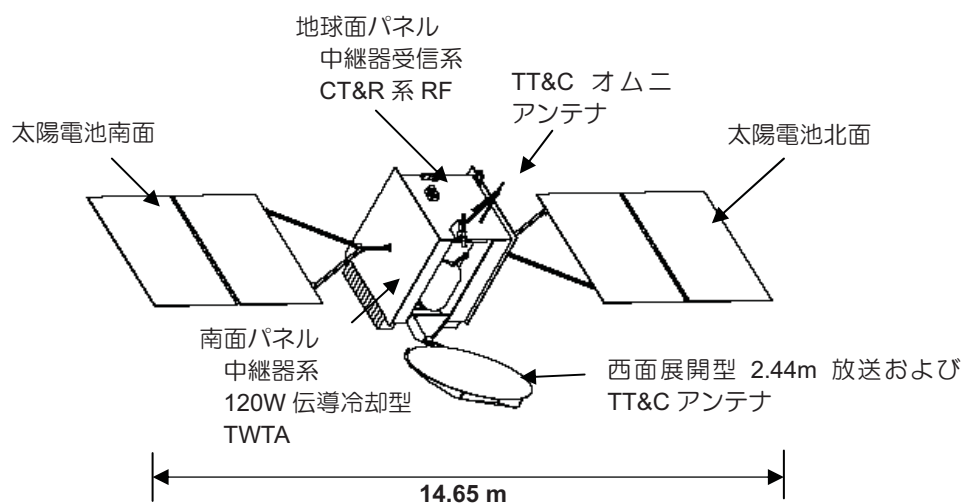
付録 3-4-1 衛星概要

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。

表 50 BSAT-3a の主要緒元

項目	BSAT-3a
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

図 81 BSAT-3a の外観図



付録 3-4-2 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。

表 51 チャンネル中心周波数

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
7	11. 84256	17. 44256
9	11. 88092	17. 48092
11	11. 91928	17. 51928
13	11. 95764	17. 55764
15	11. 99600	17. 59600
17	12. 03436	17. 63436
19	12. 07272	17. 67272
21	12. 11108	17. 71108
23	12. 14944	17. 74944

付録 3-4-2-1 周波数変換

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)
 - ±2PPM 以下 (24 時間以内における誤差、食の影響を含む)

付録 3-4-2-2 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 52 に示す値を満足する。

表 52 周波数振幅特性

周波数帯域	減衰量 (dB)				
	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 -0.5	+0.3 -1.1	+0.3 -4.0	-5.0	-55

(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 53 に示す値以下である。

表 53 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 54 に示す値以下である。

表 54 AM/PM 変換係数

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

H. 264 やディスプレイの技術動向

1 H. 264

1.1 2007 年におけるハードウェア

HDTV (1080/60/I) 用の Main あるいは High プロファイル、レベル 4 あるいは 4.1 に対応したコーデックが多くメーカーで開発され、商品化されている。FPGA あるいは DSP を数個使用するものが多いが、1-chip エンコーダ LSI の開発も行われている。また、HDTV 用の High 4:2:2 対応コーデックも開発されているほか、1080/50P 用のプロトタイプも発表されている。

HDTV を超える解像度の 2160/60/P や 4320/60/P については、画面分割型で複数の HDTV 用コーデックを並列使用するプロトタイプが発表されている。

1.2 2011 年におけるハードウェア予測

半導体プロセスの進歩やメモリの大容量化、高速化、低価格化を背景に、より高性能なハードウェアが開発される。特にコンシューマ向けのデコーダ開発は、市場要求に大きな影響を受ける。

1.2.1 概要

1080/60/I 対応 H. 264 コーデックが実用化された 2005 年から、高度衛星デジタル放送の開始が予定されている 2011 年まで 6 年間の半導体技術の進展を、半導体プロセスの集積度：5 倍、動作周波数：1.8 倍、処理能力：9 倍と予測する¹。一方、MPEG-4 AVC コーデックの所要処理量を、1080/60/I と比較して、1080/60/P エンコーダ：1.5 倍、デコーダ：2 倍、2160/60/P エンコーダ：6 倍、デコーダ：8 倍、4320/60/P エンコーダ：24 倍、デコーダ：32 倍と仮定する。これらより、1080/60/I を超える映像フォーマットへの対応は以下のように予測される。

1080/60/P：エンコーダ、デコーダ共に 2009 年頃の実現可能。

2160/60/P：エンコーダ、デコーダ共に 2011 年頃の実現可能。

4320/60/P：エンコーダ、デコーダ共に 2011 年頃の実現は困難で、さらに 5 年程度が必要。

したがって、当面は並列処理が必須。

1.2.2 DRAM バンド幅からの検討

4320×2160/60/P のクロマフォーマットおよび量子化ビット数について、DRAM バンド幅の観点からデコーダの実現性を検討した。DRAM 構成として 2:linterleave quantum=16 (dual 16bit DDR3 相当)を想定したとき、4:2:0, 8bit のバンド幅を約 14.5GB/s と見積もった。

現在最も安価に入手可能な DRAM は最大バンド幅 3.2GB/s の DDR2-800 (16bit ×2) であり、2011 年頃に最も安価と予測される DDR3-1333 (16bit ×2) の最大バンド幅は 5.3GB/s である。今後、DDR4 や XDR2 などが開発される予定であり、それぞれ最大バンド幅 12.8GB/s、19.2GB/s と予想される。

したがって、2160/60/P の 4:2:0, 8bit は、XDR2 を使用することにより実現可能と見込まれる。

¹ NEDO 技術戦略マップ 2006 (<http://www.nedo.go.jp/roadmap/2006/index.html>)

4:2:2 については、上記見積もりに対してバンド幅が画素数比から約 1.3 倍(=19.3GB/s)となり、Page overhead を若干抑えることにより XDR2 での実現の可能性がある。4:4:4 については、バンド幅が画素数比から約 2 倍(=29.0GB/s)になるため実現は不可能と考えられる。

10bit 対応は、汎用の PC 用 DRAM を用いた場合、8bit に比べ 2 倍の帯域を使用することになり、バンド幅が 2 倍(=29.0GB/s)となり、実現が不可能と考えられる。また専用に 10bit 構成の DRAM を開発すれば、バンド幅の増加は防ぐことができるが、PC 用に用いられる汎用 DRAM が使えず、コストの大幅な上昇が予想される。

したがって、2011 年時点に入手可能な DRAM 1 個を用いて実現可能と考えられる 2160/60/P のフォーマットは、4:2:0 または 4:2:2 の 8-bit と予測される。

1.3 技術開発の課題

1080/60/I を超える映像フォーマット用のコーデックの実用化のためには、以下のような課題がある。

- 算術符号化および動きベクトル検出の並列処理実装技術
- 専用のハード、ソフトによる高速処理技術と、コストとのバランス
- 半導体プロセス微細化に伴う動作周波数向上の飽和
- メモリアクセスのためのバンド幅
- ベースバンド映像入出力インタフェース

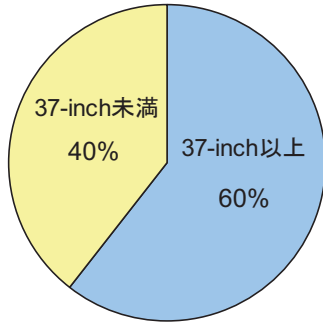
1.4 記録装置、伝送装置への利用

コンシューマ用途では、デジタル放送の MPEG-2 映像を H. 264 に変換して記録する HDD/DVD 録画装置や、H. 264 を採用した HDTV カムコーダが商品化されている。

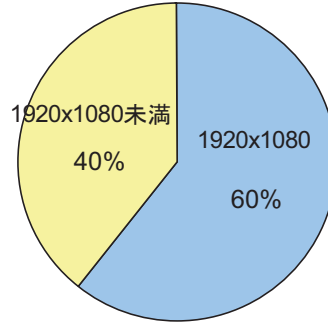
プロフェッショナル用途では、MPEG-2 から H. 264 へのトランスコーダや、イントラピクチャを用いた低遅延の記録装置、伝送装置が開発されている。

2 ディスプレイ

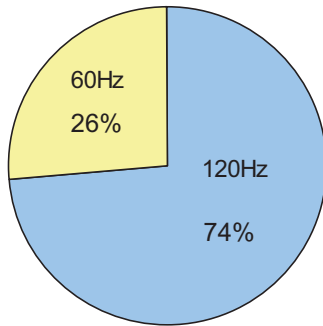
2008 年 2 月現在の家庭用液晶テレビディスプレイの動向を図 1 に示す。大画面化、高精細化、高画質化が進んでいることが分かる。さらに、4k × 2k に対応した大画面の PDP や LCD ディスプレイも発表されている。



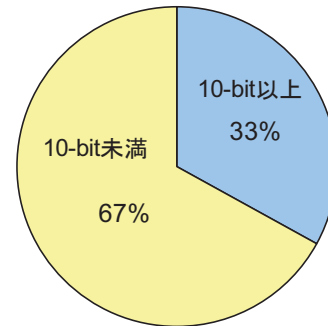
(a) 画面サイズ



(b) 画面解像度



(c) 表示フレームレート



(d) パネルビット数

(全 91 機種を母数とする対応機種割合)

図 1 家庭用液晶テレビディスプレイの動向

負 RGB 方式による広色域化

1 広色域方式の概要

RGB 信号に負値や 1 を超える値を許容する方法に基づく広色域方式が、Rec. ITU-R BT. 1361 や IEC 61966-2-4 に規定されている。

ディスプレイの色再現範囲は、「負の発光」が不可能であるため、色度図のディスプレイ三原色色度点の内部に限定される。多原色化によって再現範囲の拡大は可能ではあるが、再現範囲は原色色度点の内部に限定される。

一方、送像側で表現可能な色範囲は、三原色色度点内部に限定されない。三原色を変更することによって広い色域を表現することはできるが、三原色を変更しなくとも、三原色信号(RGB)に負値や 1 を超える値を許容することで広い色域を表現することが可能である。RGB 信号に負値や 1 を超える値を許容することは、信号ダイナミックレンジの拡大を意味するが、輝度・色差信号(YCbCr)では、従来方式と同じ信号ダイナミックレンジの下で、実効的に十分広い色域を表現可能である。また、三原色を変更する方法は既存方式との信号の両立性に難があるが、RGB 信号に負値や 1 を超える値を許容する方法は、YCbCr 信号の両立性が確保され、ディスプレイ側の処理によって任意の色再現範囲を設定可能である。

2 広色域方式の色表現能力

実在する最も彩度の高い表面色の集合として、Pointer colors^[1]と呼ばれる色集合があり、10 度毎 36 の色相と 16 の輝度レベルについて整理されている。図 1 に Pointer colors の輝度レベル毎の色度を、同図(b)に HDTV の三原色点および Adobe RGB の三原色点を併せて示す。従来のテレビジョンでは再現されない物体色が存在することが分かる。

2.1 広色域方式の信号レベル

Pointer colors を対象として、負 RGB 方式による広色域方式の信号レベルを検証する。

2.1.1 リニア RGB 信号

図 2 に Pointer colors のリニア RGB 信号レベルを示す。横軸は(u' , v')系における hue、縦軸が RGB の信号レベルである(以下同様)。出現する信号レベルの範囲を数値でも示している。これより、Pointer colors のリニア RGB 信号には、負値や 1 を超える信号レベルが出現することが分かる。

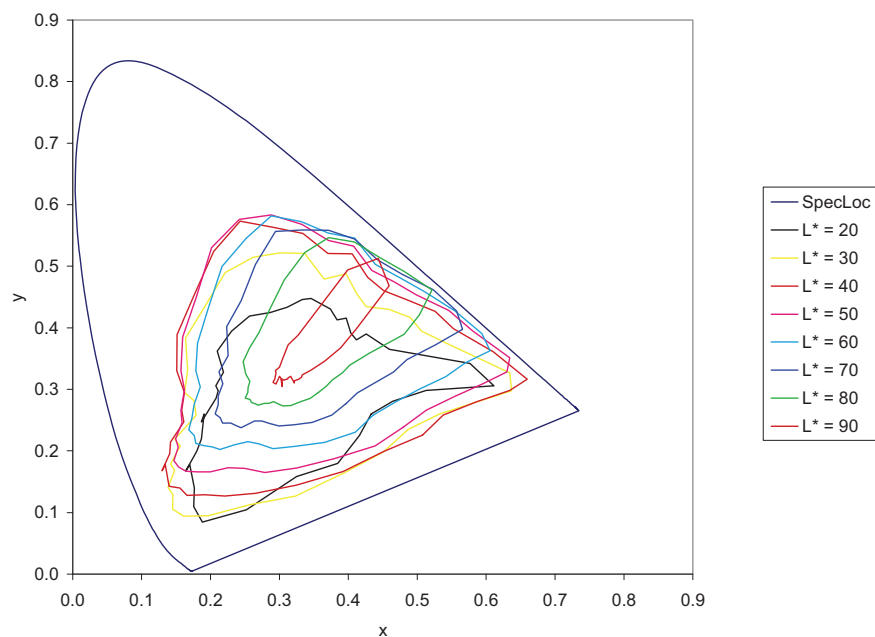
2.1.2 ノンリニア RGB 信号

上述のリニア RGB 信号に対して、光電変換特性を与えたノンリニア RGB 信号の信号レベルを図 3 に示す。

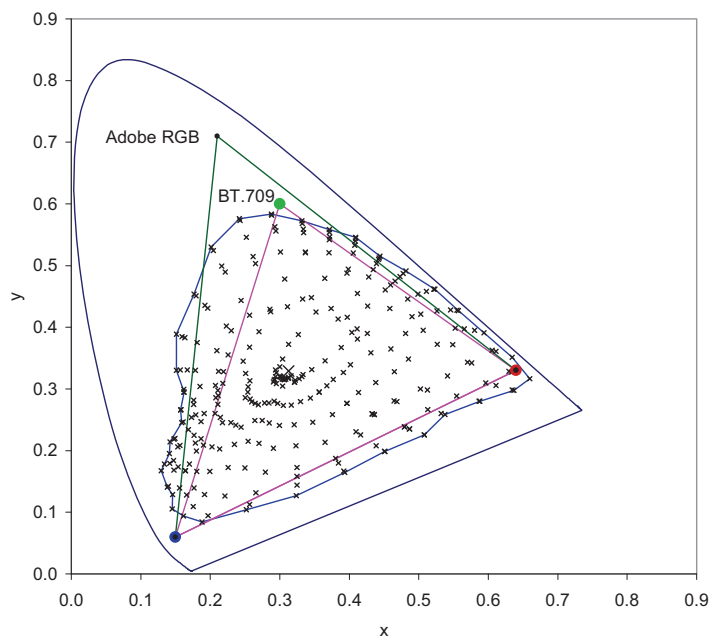
2.1.3 YCbCr 信号

上記ノンリニア RGB 信号から輝度・色差信号に変換した YCbCr 信号の信号レベルを図 4 に示す。量子化特性に基づく表現可能な Y' および Cb'/Cr' の信号範囲はそれぞれ $-0.0685 \sim 1.0868$ 、 -0.5670

~0.5625 であり (図中の点線)、YCbCr 信号では、全ての Pointer colors が YCbCr 信号の所定のダイナミックレンジ内に収まっていることが分かる。すなわち、広い色域を表現できている。

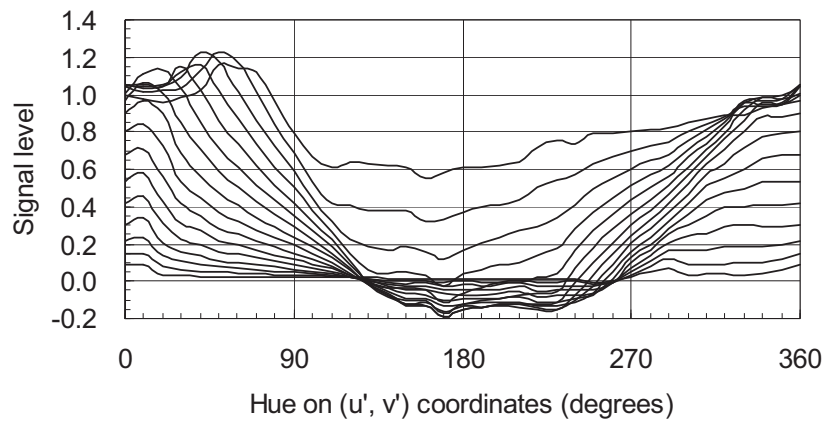


(a) 輝度レベル毎の色度

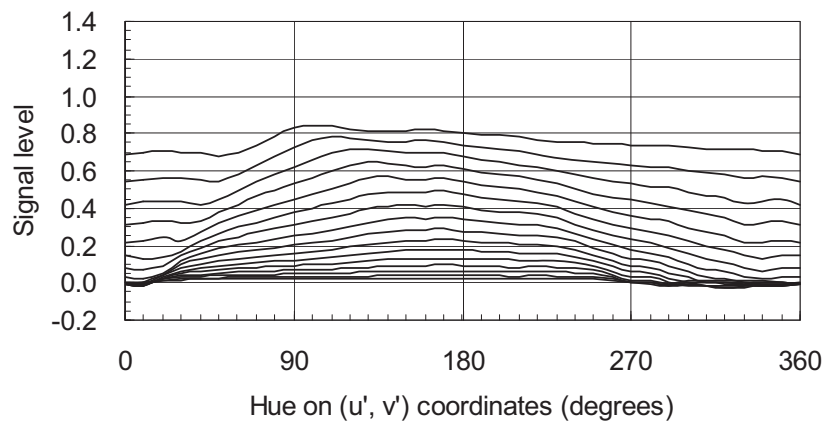


(b) Pointer colors と三原色点

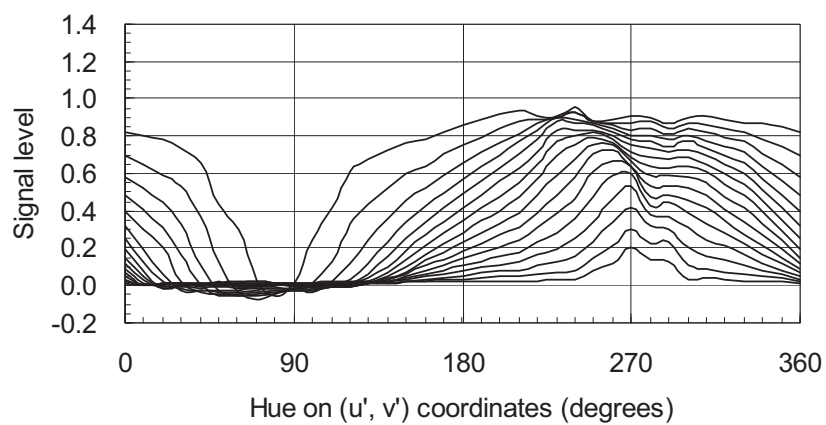
図 1 Pointer colors の色度



(a) R: $-0.1875 \sim 1.2286$

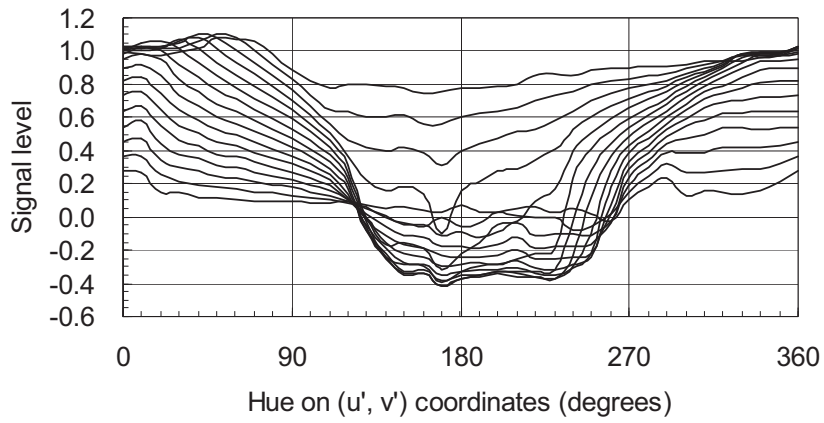


(b) G: $-0.0266 \sim 0.8437$

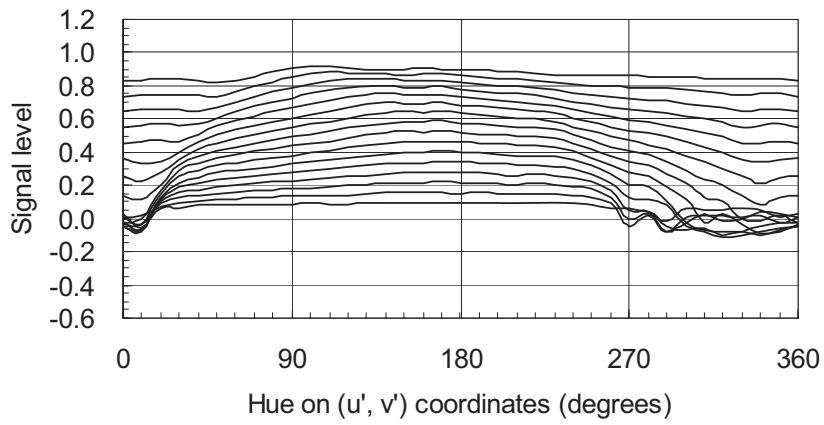


(c) B: $-0.0746 \sim 0.9528$

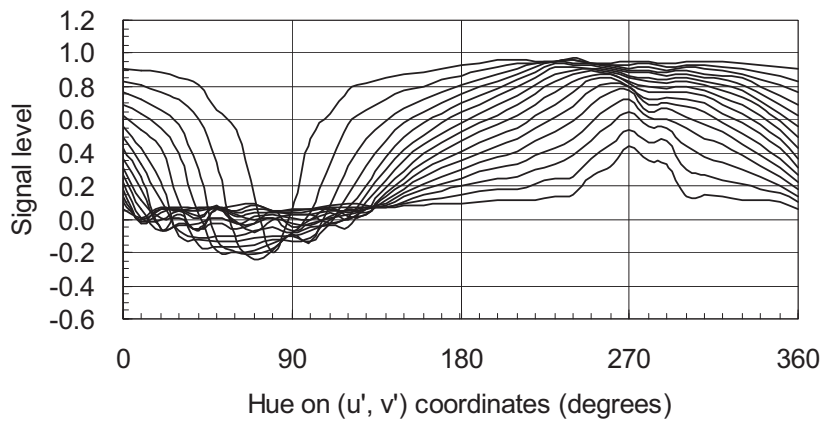
図2 Pointer colors のリニア RGB 信号レベル



(a) R' : $-0.4184 \sim 1.1067$

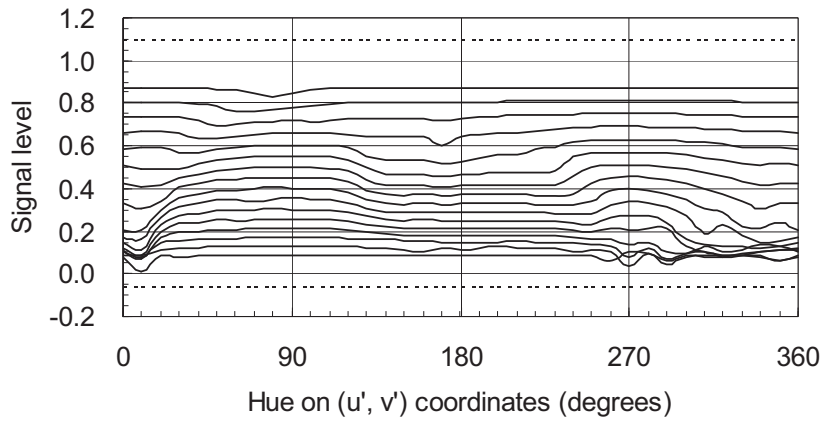


(b) G' : $-0.1160 \sim 0.9191$

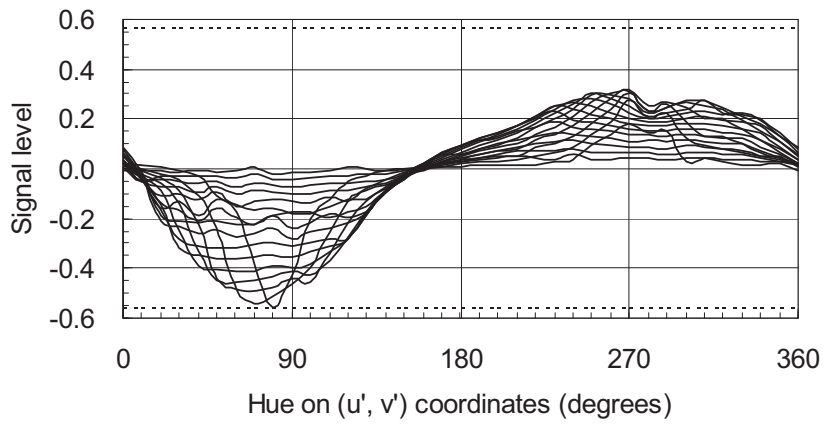


(c) B' : $-0.2428 \sim 0.9764$

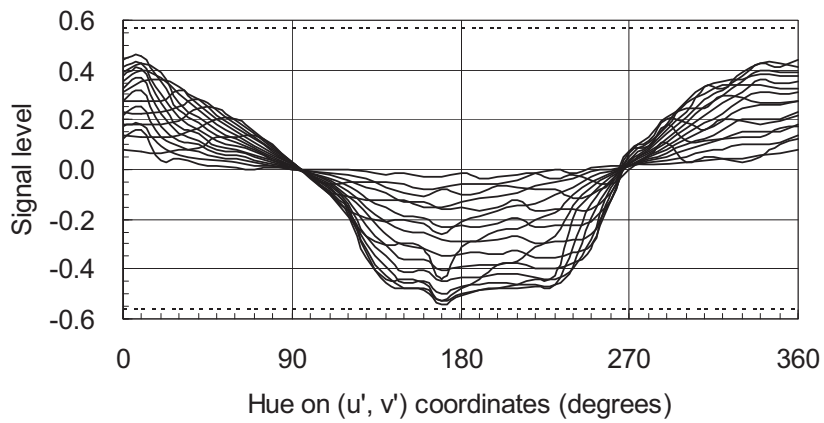
図3 Pointer colors のノンリニア RGB 信号レベル



(a) $Y' : 0.0657 \sim 0.8739$ $[-0.0685 \sim 1.0868]$



(b) $Cb' : -0.5542 \sim 0.3076$ $[-0.5670 \sim 0.5625]$



(c) $Cr' : -0.5434 \sim 0.4534$ $[-0.5670 \sim 0.5625]$

図4 Pointer colors の YCbCr 信号レベル

2.2 広色域方式の色域

現行方式によって表現可能な色域を輝度 Y のレベル(0.1 間隔)毎に図 5 に示す。

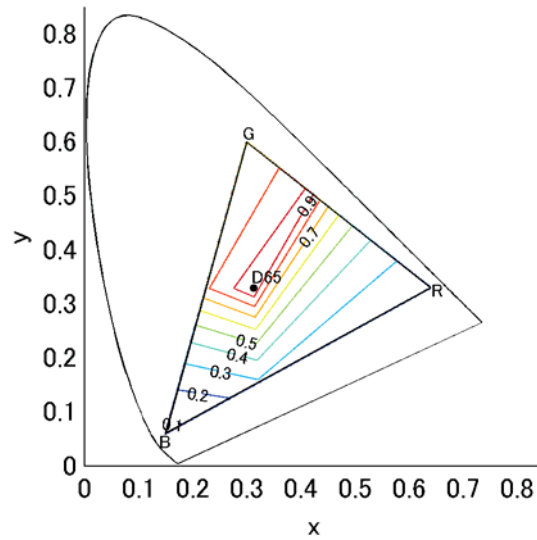


図 5 現行方式によって表現可能な色域

表 2.5.1-10 および表 2.5.1-14 で規定される広色域方式の輝度・色差信号によって表現可能な色域を図 6 に示す。色度図上で RGB 三原色の色度点を頂点とする三角形の外側も表現可能であることが分かる。

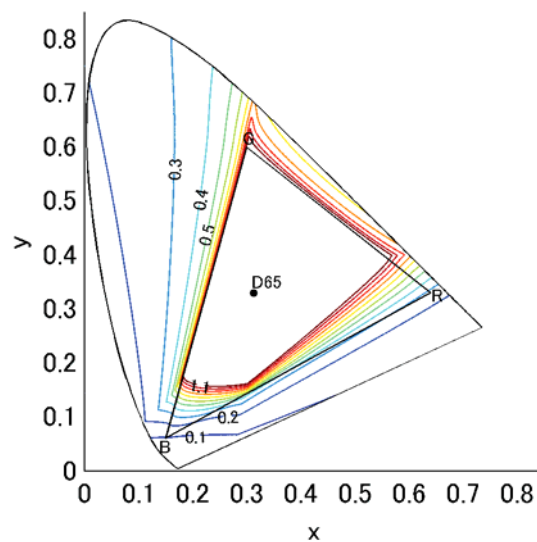


図 6 広色域方式によって表現可能な色域

RGB 信号を量子化する場合は、RGB 信号レベルの範囲に制限を伴うが、表 2.5.1-15 (2) に示すように量子化後の広色域方式 RGB 信号から輝度・色差信号を生成した場合の表現可能な色域を図 7 に示す。

す。

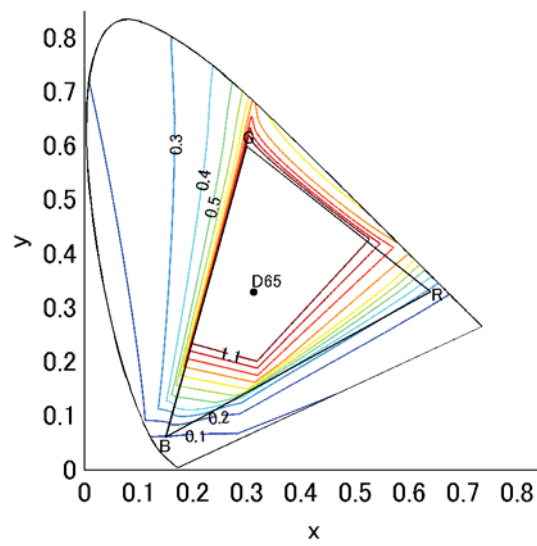


図7 広色域方式によって表現可能な色域
(レベル制限されたRGB信号からYCbCr信号を生成した場合)

参考文献

- [1] M. R. Pointer, The gamut of real surface colours, COLOR research and application, Vol. 5, No. 3, Fall 1980.

映像符号化方式実証実験

1 広色域システムの特性確認実験

1.1 目的

広色域システムの信号レベル、効果、互換性（信号およびディスプレイ）、映像符号化の影響を確認する。

1.2 実験方法

表 1 に実験の概要を、図 1 に実験システムをそれぞれ示す。

表 1 広色域システムの実験概要

映像	フォーマット	1920×1080/60/I, 10-bit, 4:2:2
	テスト画像	広色域撮影映像、テストチャート（SONY 提供） 現行色域映像は、広色域映像に対し RGB 値を 0・100%クリップすることにより生成
符号化	エンコーダ	Scientific Atlanta D9054
	デコーダ	Scientific Atlanta D9887
	プロファイル	High
	ビットレート	13Mbit/s
確認方法	専門家の観視による映像確認 波形モニタによる信号レベル確認	
ディスプレイ	32-inch CRT（業務用） 広色域システム対応 LCD（xvYCC 対応） 現行色域 LCD	

(1) 広色域映像から現行色域映像の生成



(2) 接続系統

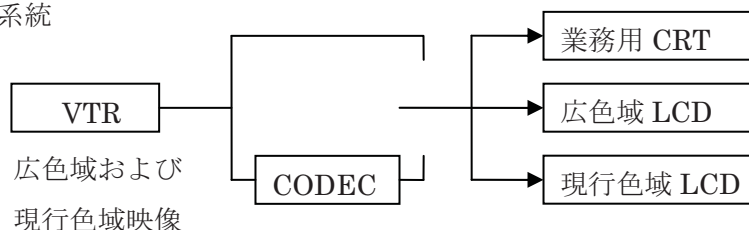


図 1 実験系統

1.3 結果とまとめ

1.3.1 信号レベルと互換性

波形モニターにより、RGB および YCbCr の各信号レベルを確認した。広色域システムの RGB 信号には、負値や 1 を超えるレベルが出現していること、そして、YCbCr 信号レベルは所定のダイナミックレンジ範囲にあることを確認した。

1.3.2 色再現性およびディスプレイ互換性

3つのディスプレイにより、色再現性を確認した。広色域システム対応ディスプレイでは、広色域信号を表示する場合には色再現範囲が拡大し、それに伴い画像ディテールの再現性も向上していること、現行色域信号は従来通り再現されることを確認した。一方、現行色域に対応している CRT および LCD ディスプレイでは、広色域信号と現行色域信号の両者に対して、同等の色再現がなされることを確認した。

1.3.3 映像符号化の影響

映像符号化・復号化処理による特段の問題は見られなかった。

2 H.264 1080/60/I ハードウェアコーデックの性能確認実験

2.1 目的

高度狭帯域 CS デジタル放送方式の審議(2006 年春)では、ハードウェアエンコーダの性能が不十分であったため、ソフトウェアエンコーダを用いて、要求画質(ITU-R 勧告参照)を満足するビットレートを求めた。その結果、1080/60/I の所要ビットレートとして 13Mbit/s が必要とされた。それから 1 年半を経た現在のハードウェアエンコーダの性能を確認する。

2.2 実験

符号化実験および画質評価実験の条件をそれぞれ表 2、表 4 に示す。実験系統を図 2 に示す。

表 2 符号化実験条件

映像	フォーマット	1920×1080/59.94/I, 8-bit, 4:2:2 (Rec. ITU-R BT.709)
	テスト画像	ITE 標準動画像 (15 秒× 10 種、表 3 参照) (高度狭帯域 CS デジタル放送の審議における実験で使用したのと同じシーケンス)
符号化	エンコーダ	Scientific Atlanta D9054
	デコーダ	Tandberg Rx1290
	プロファイル	High (8-bit, 4:2:0)
	ビットレート	7~17Mbit/s (7, 9, 11, 13, 15, 17Mbit/s)
	GOP	IBP 可変
	ツール	プリフィルタなし、MBAFF, CABAC

表 3 テスト画像

N o.	シーケンス
1	European Market
2	Harbor Scene
3	Whale Show
4	Opening Ceremony
5	Soccer Action
6	Green Leaves
7	Japanese Room
8	Crowded Crosswalk
9	Bronze with credits
10	Chromakey (Sprinkling)

表 4 画質評価実験条件

評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度（表 5 参照、小数点付きの評点を許容） ・ビットレート毎にまとめてシーケンスを提示し（原画像 1-10、ビットレート X の画像 1-10、ビットレート Y の画像 1-10、...）、画像毎に評価 ・ビットレート毎の提示の先頭にダミー映像を追加。 ・ビットレートの提示順序は、評定者グループ毎に変更	
観視条件	Rec. ITU-R BT.500, BT.710	
評定者	専門家 22 人	
ディスプレイ	評価用	スタジオ用 CRT 型 32-inch
	確認用	民生用 PDP (1920×1080) 65-inch 民生用 LCD(1920×1080) 46-inch 、47-inch、52-inch 各 1 種類
視距離	画面高さの 3 倍(3H)	

表 5 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

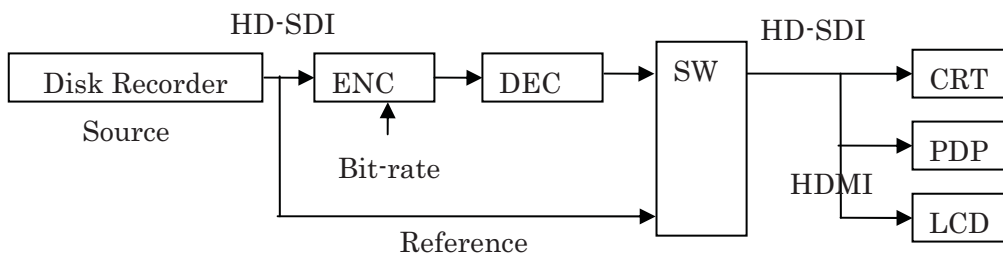


図 2 実験系統

2.3 評価結果に基づく判断基準

ITU-R 勧告に示されている放送画質の要求条件は、非専門家による二重刺激連続品質尺度 (DSCQS) 法を用いた評価結果に基づき、75%の画像で原画像との品質差が 12%以内、全ての画像で 30%以内の品質差であることとされている。

今回の評価では、専門家による評価であること、そして、劣化尺度法を用いることから、同一の基準を適用することはできない。しかし、5段階劣化尺度による平均評点 4.5 を検知限、平均評点 3.5 を許容限とするのが一般的であること、専門家による評価は非専門家よりもクリティカルであることを考慮し、全ての映像で許容限を満足するビットレートを所要ビットレートとみなすこととする。

2.4 評価結果

評定者全体の評価傾向（平均的な評価）と大きく異なる評価を行っている評定者がいた場合、その評定者の評価結果を除外して統計処理する。画像 11 種類（ダミー1種を含む）とビットレート 6 種の組み合わせの合計 66 個の評価画像について、各評定者の評点と評定者間の平均評点との相関（Person Correlation）を求める。これによって各評定者の評価傾向が、平均的か否かを判断する。図 3 に評定者全 22 名の評点と平均評点との相関(Person Correlation)を示す。

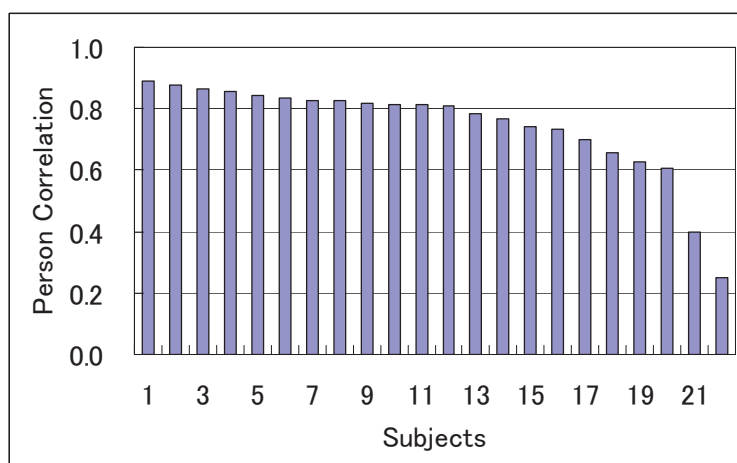


図 3 評定者全 22 名の評点と平均評点との相関

Person 相関が 0.5 未満の評定者を統計処理の対象から除外する。このスクリーニングによって 2 名が除外された。

スクリーニング後の有効評定者の評点に基づく統計処理の結果を図 4 に示す。評価画像毎の平均評点および 95%信頼区間を示している。

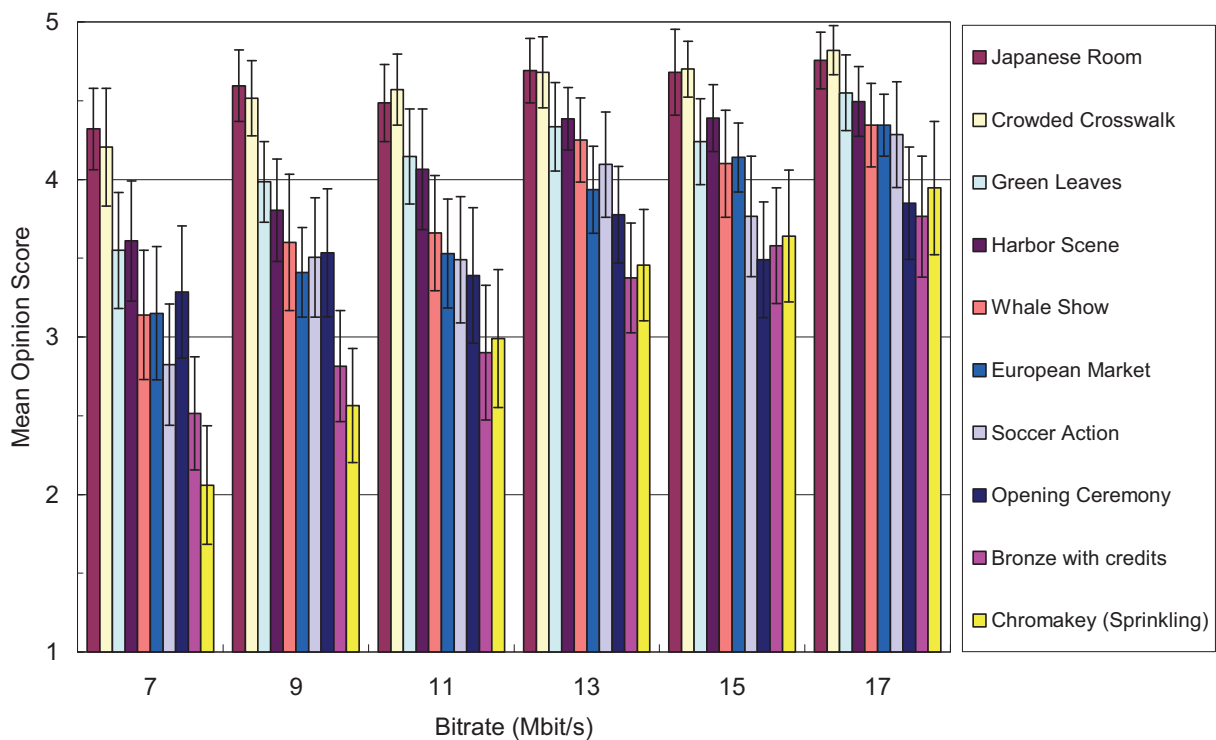


図4 評価結果

全ての映像で平均評点 3.5 以上という条件を満足するには、13Mbit/s 以上が必要である。特に、スーパーインポーズされた文字が画面全体をスクロールする「Bronze with credits」と、人物の横に水撒きが現れる「Chromakey (Sprinkling)」は、ビットレートの影響を最も顕著に受けており、11Mbit/s 以下では、これら 2 つの映像の平均評点は 3.0 以下となる。

2.5 家庭用 FPD での画質確認結果

前記評価実験は CRT 型マスタモニターを用いた結果であるが、家庭用フラットパネルディスプレイ (FPD) に表示した場合の符号化画質を専門家の目で確認した結果を絵柄およびビットレートの観点からまとめて表 6 および表 7 に示す。

表 6 FPD での符号化画質（絵柄）

クリティカルなシーケンス	<p>Sprinkling と Bronze 以外は、ボケ感以外は特に大きな符号化劣化は少ない</p> <p>Sprinkling の女性の服が徐々にぼやける</p> <p>Sprinkling、Bronze、Whale Show では劣化が分かることが多い</p> <p>Sprinkling の顔領域のぼたつきはマスモニよりも気になる</p> <p>Bronze の文字周辺、Sprinkling の顔が特に劣化が気になる</p> <p>Sprinkling (7-9Mbit/s)の顔がつぶれる</p> <p>Sprinkling の画質は総じて CRT より悪い</p> <p>Bronze の字の周辺の劣化が分かりにくい</p> <p>芝生、スーパー文字の境界、水しぶきは劣化が分かりやすい</p> <p>列車側面の文字、文字の横スクロール、芝生が厳しい</p>
動き	<p>動きの大きい部分、特にテクスチャの細かい部分は、液晶の動画ボケや走査線補間により符号化劣化が判別し難い</p> <p>パン・チルト時(7Mbit/s の Whale Show や Soccer)の劣化が目立つ</p> <p>Green Leaves と Whale Show の動きが 7Mbit/s と 9Mbit/s で不自然</p>
芝生	<p>芝や壁(階調の少ないもの、空間周波数の高いもの)の表現は厳しい</p> <p>芝生など高周波成分の多い絵柄はのっぺりしてしまう</p> <p>低ビットレートだと芝生がのっぺりとしてしまう</p> <p>芝の劣化が目立ちにくい</p> <p>芝目はディスプレイ間で差が出やすい</p> <p>芝のぼたつきは民生モニタの方が見えにくい</p> <p>芝のざらつきが気になる</p>
Green Leaves	<p>フリッカー気味</p> <p>フリッカーが比較的高いレートでも目立つ(モニタにも依存)</p>
European Market	<p>列車側面の文字の劣化が目立つ</p> <p>列車上部の文字の劣化が視認しやすい</p>
Harbor	<p>レンガ壁が大きく劣化することがあった</p>
Japanese Room, Cognac & Fruits	<p>たいていの条件できれい</p> <p>セーターが溶けたように見える</p> <p>ウールの服の劣化はあまり分からない</p>
原画	<p>Opening Ceremony:原画のノイズが多すぎる</p> <p>原画の S/N が悪く評価が難しい部分あり</p> <p>原画でもメッシュ状のノイズが見える</p>
全般	<p>赤の劣化が目立つ</p> <p>デブロッキングフィルタのためか、アウトフォーカス的</p> <p>難易度の高い絵、低い絵のバランスは良い</p>

表7 FPD符号化画質（ビットレート）

7Mbit/s	<p>それほど劣化は目立たない Japanese Roomなどは7Mbit/sでよい 歪が目立つ 動きがぎこちなくなる 50インチクラスではつらい BronzeとSprinklingは厳しい 全般的に厳しい 使用に耐えない</p>
9Mbit/s	<p>大方のシーケンスで9Mbit/sでもさほど劣化が気にならない 9Mbit/s以上であればあまり問題ない 9-11Mbit/sは、絵にはなる 厳しい絵を除けばなんとか使える 静止部分の処理に違和感 歪が目立つ 厳しい 7-9Mbit/sは、大画面では見るに耐えない(Sprinkling, Bronze)</p>
11Mbit/s	<p>11Mbit/s以上では概ね良い マスモニでは11Mbit/sで許容レベル なんとか標準画質と言い張れる 厳しい 7-11Mbit/sは、動きがあると劣化がかなり厳しい</p>
13Mbit/s	<p>現状ではこの程度欲しい クリティカルなシーンを除けば良好 全体的に13Mbit/sくらいは必要 Whaleや字幕の劣化が目立つが良好 全てのビットレートで文字などのパンやスクロールの劣化が分かるが、13Mbit/sくらいになるとあまり気にならない 歪があるが邪魔にならない もう一步</p>
15Mbit/s	<p>概ね良好 安心して見られる絵に近づく 歪があるが邪魔にならない 15Mbit/s程度は必要 15-17Mbit/sは主観的な差が小さい 絵柄に依るが15Mbit/s以上ないと厳しい Opening CeremonyとSprinklingは15-17Mbit/s欲しい</p>
17Mbit/s	<p>問題なし 一部を除いて安定 特殊な絵以外は満足できるレベル Green Leavesの木の葉は厳しい SoccerとSprinklingは17Mbit/sでもかなり厳しい</p>
全般	<p>スタジオ撮影の映像はビットレートによる違いは無く高品位に感じられる ビットレートによる大差は感じられない ビットレートに応じた画質 低ビットレートでより悪く見える 視距離3Hの制限がないと、ほとんどの条件で歪が目立つ</p>

2.6 まとめ

ハードウェアコーデックで符号化した HDTV(1080/60/I)映像を専門家が評価し、所要ビットレート 13Mbit/s 以上という結果が得られた。

3 映像フォーマットと所要ビットレート確認実験

3.1 目的

入力映像フォーマットとして採用予定の 1080/60/I, 1080/60/P, 2160/60/P それぞれの所要ビットレートを確認する。

3.2 実験

符号化実験および画質評価実験の条件をそれぞれ表 8、表 10 に示す。実験システムを図 7 に示す。

表 8 符号化実験条件

映像	フォーマット	4:2:2, 8-bit
	テスト画像	スーパーハイビジョン映像(NHK の SHV 番組より)からダウンコンバートしたマルチフォーマットテスト画像 (8 シーケンス, 60Hz ビデオ素材, 図 5 参照) SVT マルチフォーマットテスト画像 (5 シーケンス, 50Hz フィルム素材, 図 6 参照) (表 9 参照)
符号化	エンコーダ	ソフトウェアエンコーダ(Fraunhofer HHI)
	デコーダ	ソフトウェアデコーダ(JM)
	プロファイル	High (8-bit, 4:2:0)
	ビットレート	1080/60/I: 10, 15 Mbit/s 1080/60/P: 10, 15, 20 Mbit/s 2160/60/P: 30, 40, 60, 80 Mbit/s
	GOP	1 sec, IBBP..., 参照フレーム 2
	ツール	プリフィルタなし、MBAFF(1080/60/I), CABAC

表 9 テスト画像

No.	シーケンス	説明
1	Whale (シャチ) *1	シャチのジャンプと水しぶき
2	Intersection (交差点) *1	スクランブル交差点を横断する人々
3	Aerial (空撮) *1	湾岸の空撮
4	Horse Race (競馬) *1	疾走する競走馬
5	Singing Children (子供たち) *1	大勢の子供たち
6	Portable Shrines (祭り神輿) *1	神輿を担ぐ群衆
7	Sunflowers (ひまわり) *1	ひまわりの群生とクローズアップ
8	Times Square (街角) *1	街角の車の往来
9	Crowd Run (ランナー) *2	クロスカントリーの大勢のランナー
10	Park Joy (川岸) *2	川岸を散策する仲間たち
11	Ducks Take Off (水面) *2	水面を飛び立つ水鳥
12	Into Tree (空撮-森) *2	森と建物の空撮
13	Old Town Cross (空撮-街) *2	街並みの空撮
*1: スーパーハイビジョン映像からダウンコンバート		
*2: SVT マルチフォーマットテスト画像		



(1) Whale



(2) Intersection



(3) Aerial



(4) Horse Race



(5) Singing Children



(6) Portable Shrines



(7) Sunflowers



(8) Times Square

図5 SHV テスト画像(NHKのSHV番組より)



(9) Crowd Run



(10) Park Joy



(11) Ducks Take Off



(12) Into Tree



(13) Old Town Cross

図6 SVTテスト画像

表 10 画質評価実験条件

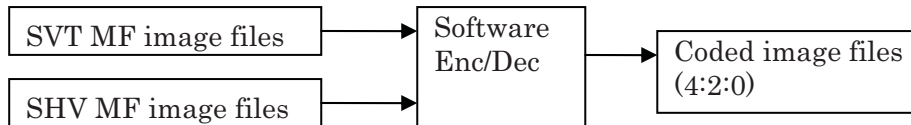
評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度（表 5 参照） ・ビットレート毎にまとめてシーケンスを提示し（原画像 1-10、ビットレート X の画像 1-10、ビットレート Y の画像 1-10、...）、画像毎に評価 ・ビットレートの提示順序は、評定者グループ毎に変更
観視条件	家庭での視聴と同程度の明るさ
評定者	専門家 16 人
ディスプレイ	50-inch PDP(1920×1080/60/P, I) 56-inch LCD(4320×2160/60/P)
視距離	2160/60/P：画面高さの 1.5 倍(1.5H)* 1080/60/P, 1080/60/I：画面高さの 3 倍(3H)*

* 走査線間隔が、視力 1.0 の人が弁別できる最小の視角 1.0 分に相当する視距離。

(1) SHV 映像からのマルチフォーマット映像作成



(2) マルチフォーマット映像の符号化



(3) マルチフォーマット映像の再生・表示

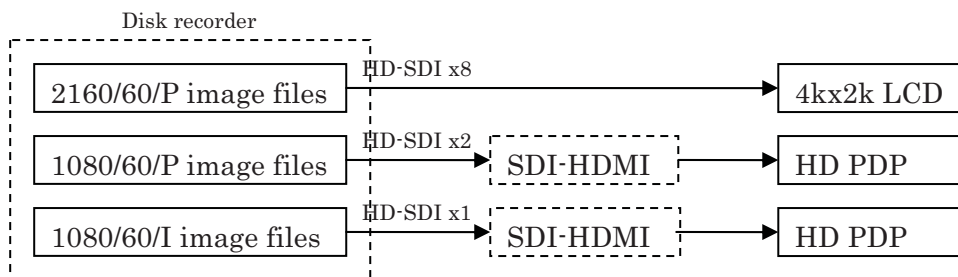


図 7 実験系統

3.3 評価結果

3.3.1 評定者のスクリーニング

1080/60/I、1080/60/P、2160/60/P の実験毎に評定者のスクリーニングを行った。評定者間の平均評点と各評定者の評点との Person 相関を求め、0.6 未満の評定者を除外することとした。その結果、16 名の評定者のうち、1080/60/I で 2 名、1080/60/P と 2160/60/P で各 1 名の評価結果が除外

された。

3.3.2 1080/60/I と 1080/60/P

図8にテスト画像毎の平均評点を示す。

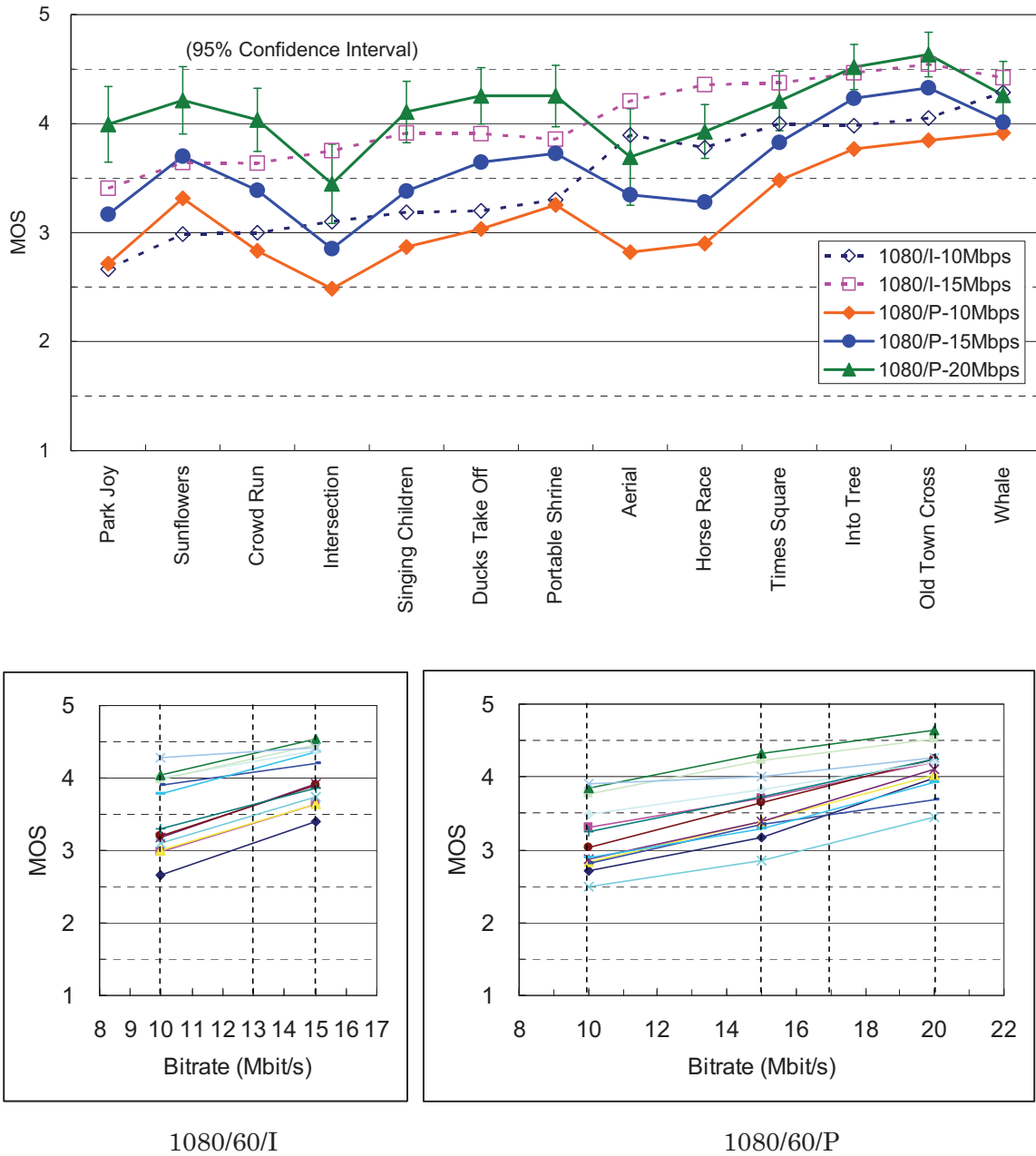


図8 1080/60/I と 1080/60/P の評価結果

1080/60/Iでは、15Mbit/sではほぼ全てのテスト画像でMOS 3.5（許容限）以上が得られ、10Mbit/sでは約半数のテスト画像でMOS 3.5以上（ほぼ全てのテスト画像でMOS3.0以上）であった。マルチフォーマットテスト画像は、比較的クリティカルなものを中心に選定しており、ハードウェアコーデックによる符号化画像の画質評価で用いたテスト画像とは異なるが、得られた所要ビットレート

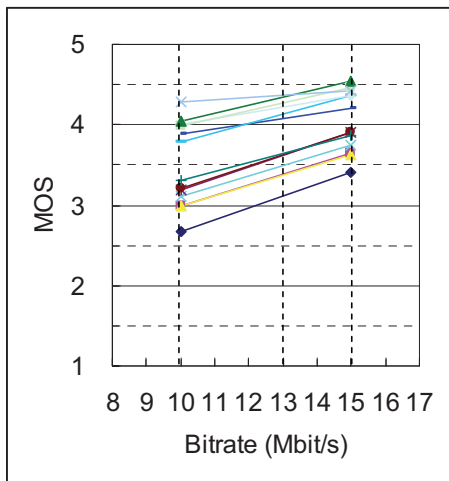
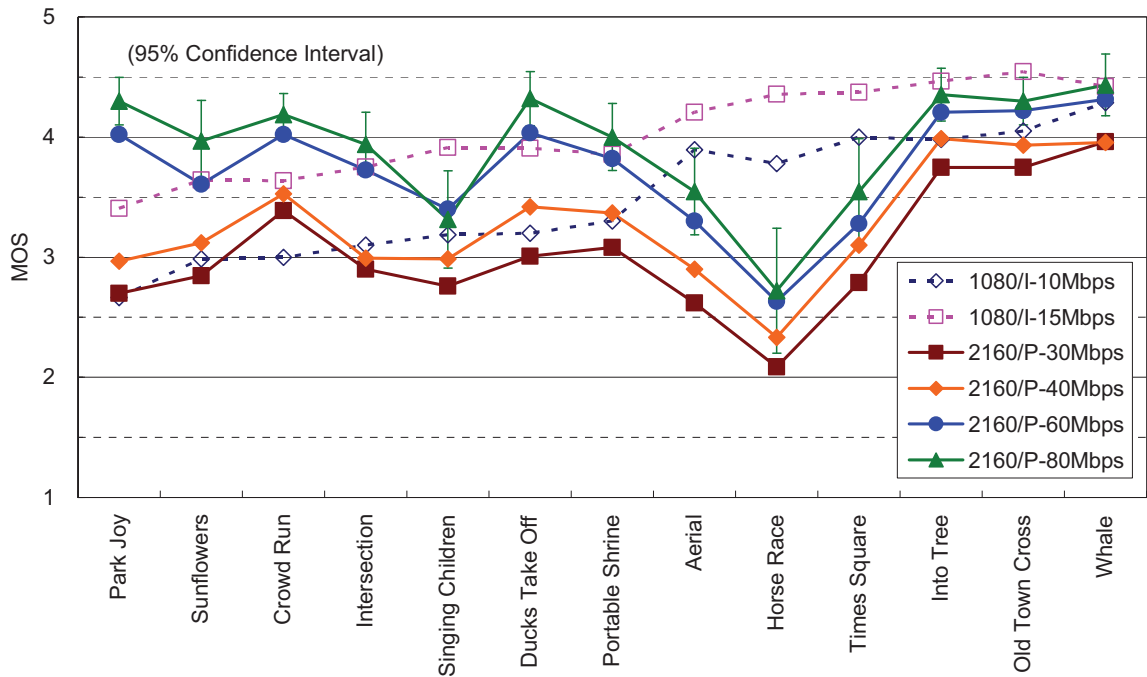
は、ハードウェアコーデックの場合の 13Mbit/s と同程度の結果であった。

1080/60/P では、20Mbit/s でほぼ全てのテスト画像で MOS 3.5 以上が得られ、15Mbit/s で約半数のテスト画像で MOS 3.5 以上（ほぼ全てのテスト画像で MOS3.0 以上）、10Mbit/s では約 1/3 のテスト画像で MOS 3.5 以上であった。したがって、1080/60/I の 13Mbit/s と同程度の評価結果が 1080/60/P では約 17Mbit/s で得られるものと考えられる。また、Intersection、Aerial、Horse Race の 3 つのテスト画像では、1080/60/I の 15Mbit/s よりも 1080/60/P の 20Mbit/s の方が MOS が低いという結果であった。これら 3 つのテスト画像は、原画像に含まれる雑音が多く、Horse Race は大きな動きを含むという特徴がある。1080/60/I に比べて映像信号帯域幅が 2 倍となることで、原画像に含まれる雑音や高周波成分の影響を大きく受けたものと考えられる。

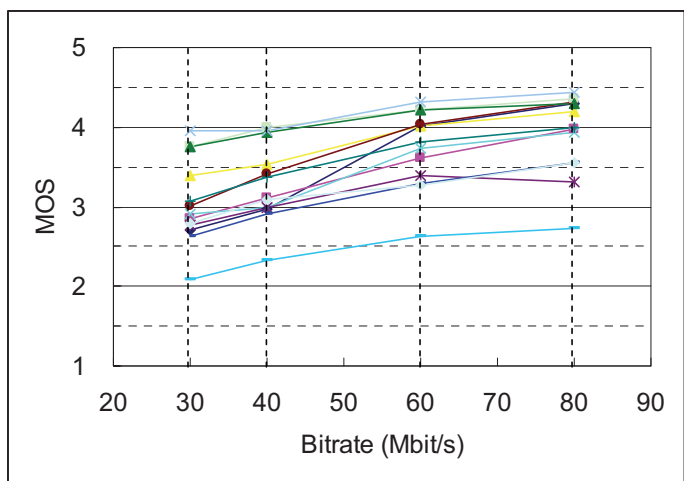
3.3.3 2160/60/P

図 9 にテスト画像毎の平均評点を示す。図 8 の 1080/60/I の結果を併記している。

2160/60/P では、80Mbit/s で 1 つのテスト画像を除いた他のほぼ全てのテスト画像で MOS 3.5 以上が得られ、60Mbit/s で約 3/4 のテスト画像で MOS 3.5 以上（1 つのテスト画像を除いた他の全てのテスト画像で MOS3.0 以上）、40Mbit/s では約 1/3 のテスト画像で MOS 3.5 以上（1 つのテスト画像を除いた他のほぼ全てのテスト画像で MOS3.0 以上）、30Mbit/s では約 1/4 のテスト画像で MOS 3.5 以上（約 1/3 のテスト画像で MOS3.0 を下回る）であった。したがって、1080/60/I の 13Mbit/s と同程度の評価結果が 2160/60/P では約 60Mbit/s で得られるものと考えられる。特に Horse Race の MOS が低かったが、大きな動きと共に多くの雑音や高周波成分を含む画像である。また、Singing Children、Aerial、Horse Race、Times Square の 4 つのテスト画像では、1080/60/I の 15Mbit/s よりも 2160/60/P の 80Mbit/s の方が MOS が低いという結果であった。これら 4 つのテスト画像は、1080/60/P でも MOS が低かったものや、シーケンス途中でシーン変化を含むものや原画像に含まれる雑音が多いという特徴がある。



1080/60/I



2160/60/P

図9 1080/60/I と 2160/60/P の評価結果

3.4 まとめ

マルチフォーマットの動画像テスト画像を用いて映像フォーマット毎の所要ビットレートを検討した。高度狭帯域CSデジタル放送方式の審議の際の実験結果や前記ハードウェアコーデックを用いた評価結果に基づき、1080/60/Iの13Mbit/sを所要ビットレートの基準とすると、各映像フォーマットの所要ビットレートは、1080/60/Pが17Mbit/s、2160/60/Pが60Mbit/sと考えられる。内容(絵柄)的には全く同一のマルチフォーマットのテスト画像であるが、映像信号に含まれる雑音や動きなどの程度に依存して、映像フォーマットによって符号化の難易が異なることも明らかとなった。

超高精細映像の効率的な符号化のためには、原画像の高 SNR 化（雑音の低減）と動きの的確な補足は必須の課題と考えられる。映像サービスへの割り当て伝送容量の決定に当たっては、今回の結論のみならず、さらに詳細な評価を行い、他の技術要素などを広く勘案して決定されることが望ましい。

4 クロマフォーマットと画質および所要ビットレート確認実験

4.1 クロマフォーマットの違いによる非圧縮品質の確認（実験 1）

4.1.1 目的

色差サンプリングの違いによる色再現性の違いを確認する。

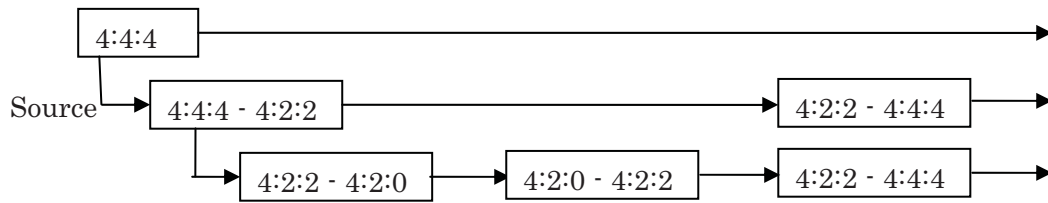
4.1.2 実験方法

実験条件を表 11 に、実験系統を図 10 にそれぞれ示す。

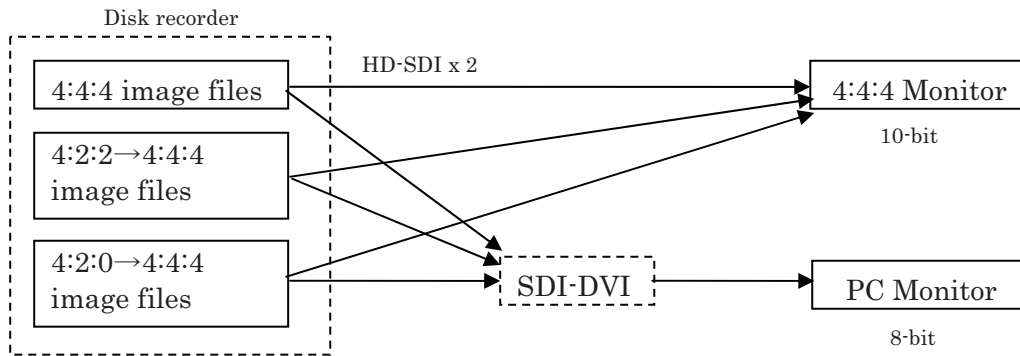
表 11 実験条件

映像	フォーマット	静止画： 1920×1080, 8/10-bit 3840×2160, 8-bit 4096×3072, 8-bit 動画： 1920×1080, 10-bit
	テスト画像	JIS X9204 標準画像 SVT テスト画像 FastVDO 4:4:4 テスト画像* 三菱電機オリジナル 4:4:4 テスト画像 (* http://www.fastvdo.com/HDData.html)
クロマサブサンプリング		実験系統図 10 (3)記載の線形フィルタ処理により実施
表示方法		4:2:0、4:2:2、4:4:4 の画像を dot-by-dot あるいは拡大処理後に画面分割同時提示 動画は 30/P で表示
ディスプレイ		24-inch CRT (4:4:4 対応 HDTV スタジオモニタ) 50-inch PDP (1920×1080)
評価方法		専門家による観視

(1) テスト画像の生成



(2) テスト画像の再生・表示



(3) クロマサブサンプリング・アップサンプリング処理

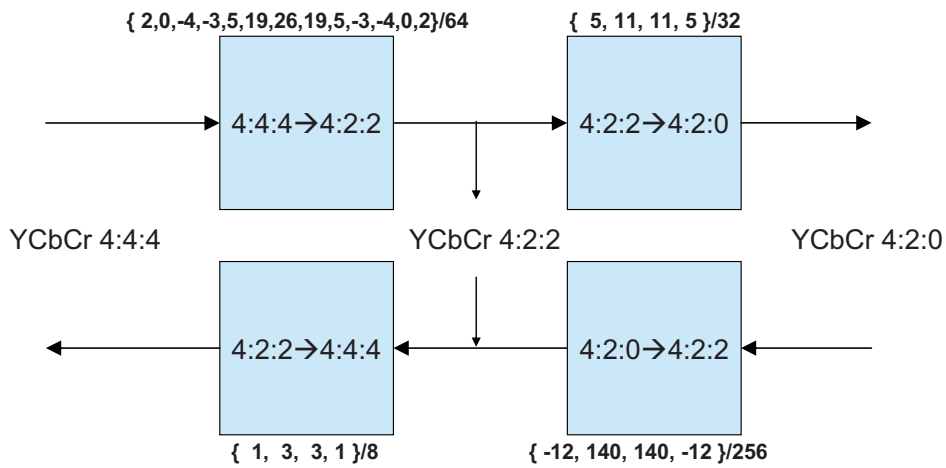


図 10 実験系統

4.2 クロマフォーマットと符号化画質の確認 (実験 2)

4.2.1 目的

4:2:0、4:2:2、4:4:4 の画質差や所要ビットレートを確認する。

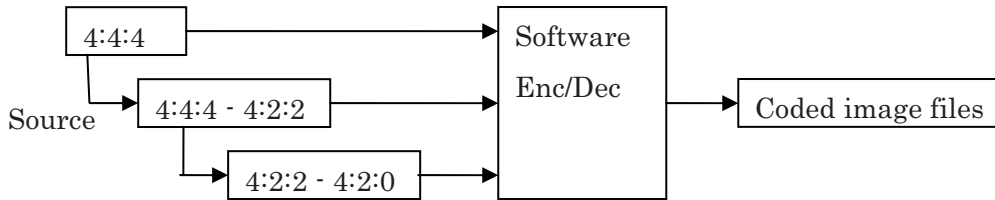
4.2.2 実験方法

実験条件を表 12 に、実験系統を図 11 にそれぞれ示す。

表 12 実験条件

映像	フォーマット	1920×1080/60/P, 10-bit, 4:4:4/4:2:2/4:2:0 1920×1080/24/P, 10-bit, 4:4:4/4:2:2/4:2:0 (4:2:2、4:2:0 は実験 1 と同様のプロセスによって 4:4:4 原画像から生成)
	テスト画像	SVT マルチフォーマット画像 FastVDO 4:4:4 テスト画像(1920×1080/24/P) 三菱電機オリジナル 4:4:4 テスト画像(1920×1080/24/P)
AVC	エンコーダ	ソフトウェアエンコーダ(JM13.2 + 独自レート制御)
	デコーダ	ソフトウェアデコーダ(JM13.2)
	プロファイル	High 4:4:4 predictive (10-bit, 4:4:4/4:2:2/4:2:0)
	ビットレート	1920×1080/60/P: 20, 25, 30 Mbit/s 1920×1080/24/P: 15Mbit/s
	GOP	参照フレーム数=2, GOP 構造 : M=3, N=15
	ツール	CABAC, Progressive Frame Coding
表示方法	4:2:0、4:2:2、4:4:4 の画像を dot-by-dot あるいは拡大処理後に画面分割同時提示。30/P で表示	
ディスプレイ	24-inch CRT (4:4:4 対応スタジオモニタ) 50-inch PDP (1920×1080)	
評価方法	専門家による観視	

(1) 符号化



(2) テスト画像の再生・表示

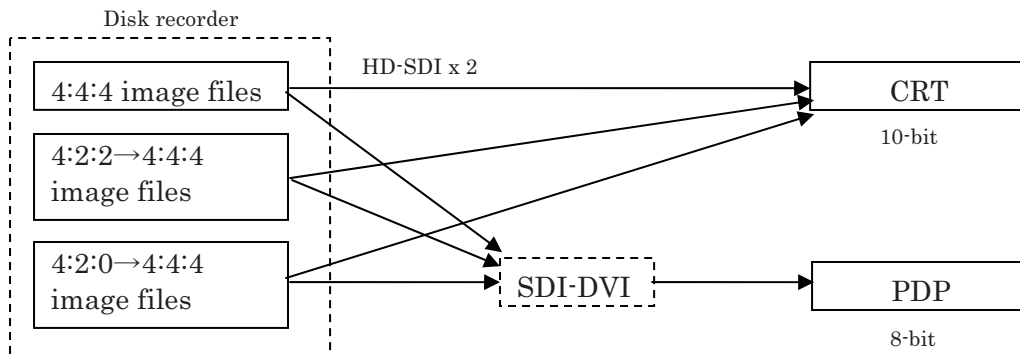


図 11 実験系統

4.3 画質確認結果

専門家による画質に関するコメントを表 13 に示す。

表 13 クロマフォーマットと画質に関するコメント

画質差全般	<p>テストチャート(静止画)やエッジ部では差が分かるものがあったが、自然画像では差が小さいか分からない程度。 視距離 3H では、原画、符号化画像ともほとんど差が分からないが、近づくか、拡大表示してはじめてわかるものもある。 普通の視聴では分かりづらい。 4:2:2 と 4:2:0 の差はほとんど分からない。4:4:4 は分かるものもある。 4:4:4 とすることによって艶感は出ている。 赤系に違いはあるが、比較して初めて分かる。 受信機での色補正処理を考えると、商品では差は少ないだろう。 エンドユーザには違いを認識するのが難しい。</p>
符号化画質	<p>ビットレートによる差は分かるが、クロマフォーマットの差は明確でない。 符号化歪の方が気になる。 4:2:0、4:2:2、4:4:4 の順に符号化劣化が大きくなる。 必ずしも 4:4:4 が良いとは言えない。 4:2:0 がバランスがよく、基本的には 4:2:0 で十分。</p>

4.4 クロマフォーマットと符号化歪－ビットレート特性

SVT テスト画像 (1080/60/P) を用いて、4:2:0、4:2:2、4:4:4 の各クロマフォーマットを 15Mbit/s ～30Mbit/s で符号化し、PSNR 対ビットレート特性を調べた。

- ・輝度信号の PSNR は、色差信号の画素数の増加に対応して符号量を必要とするため、4:2:0 > 4:2:2 > 4:4:4 となる傾向がある。同じビットレートでの輝度信号 PSNR の差は 0.5～1dB 程度であり、4:4:4 が 4:2:0 と同程度の輝度信号 PSNR となるには、約+5Mbit/s が必要である。
- ・色差信号の PSNR は、4:2:0 < 4:2:2 < 4:4:4 となる傾向がある。画像によって差はあるが、同じビットレートでの色差信号 PSNR の差は 0.5～1.5dB 程度であった。なお、色差信号の PSNR は、ダウンサンプリング/アップサンプリング処理の影響を含んでいる。
- ・輝度信号と色差信号の符号量配分が調整される可能性があり、これら値は絶対的なものではないが、輝度信号と色差信号の品質にはトレードオフの関係がある。

4.5 まとめ

4:2:0、4:2:2、4:4:4 のクロマフォーマットと画質の関係を確認した。限定的であるが、映像によっては色差信号の広帯域化による色エッジの再現性や質感の向上が確認された。一方、符号化画像では、クロマ解像度を上げることにより符号化劣化が検知され易くなる場合もあり、輝度信号品質と色差信号品質のトレードオフが存在すると言える。

音声サービスの想定利用ケース

ARIB 音声符号化作業班では、既存のデジタル放送で実現されている音声サービス (MPEG-2 AAC LC プロファイルを使用) に加えて、以下の利用ケースを想定し、検討を行った。

(1) UHDTV に対応した高臨場感音声サービス

- ・ HDTV を超える高精細度映像サービス、いわゆる UHDTV に対応する音場空間として、最大 22.2 チャンネルの音声入力フォーマットを提案。
- ・ 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 次元音再生が可能になる。
- ・ 本サービスに伴う想定ビットレート：1.60Mbps 程度 (22.2ch の場合)
 - 72kbps x 22ch + 10kbps x 2ch (LFE) で算出

(2) 非圧縮・ロスレス高品質音声サービス

- ・ 現行の BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送と同等又はそれ以上の音質が望まれることを考慮し、MPEG-2 AAC 圧縮符号化による音声品質を超える最高音質サービスを実現するため非圧縮およびロスレス音声符号化を提案。音声チャンネル数は最大 5.1 チャンネル。
- ・ 非圧縮・ロスレス高音質音声サービスとして新たな音質表示の割り当てを提案。
- ・ 本サービスに伴う想定ビットレート：
 - <非圧縮音声符号化>
 - 1.53Mbps (2ch、サンプリング周波数：48kHz、量子化ビット数：16bit の場合)
 - 最大 6.9Mbps (5.1ch、サンプリング周波数：48kHz、量子化ビット数：24bit の場合)
 - <ロスレス音声符号化>
 - 音源によりビットレートは変動するが、一般的に非圧縮音声符号化に比べて少ないビットレートでのサービスが可能。

(3) マルチリンガル音声サービス

- ・ マルチリンガル音声サービスなど、1 サービスあたりの音声ストリーム数が増えるサービスを想定し、比較的低位ビットレート (概ね 64kbps/ステレオ以下) において有効と考えられる AAC+SBR 方式を提案。

(社)電波産業会デジタル放送システム開発部会

音声符号化方式作業班における検討経緯等

衛星デジタル放送の高度化に関する方式提案募集に対して、音声符号化関連では2社からの提案があった。提案内容は以下の通り大きく3つに分類される。

- ・ 音声入力フォーマット（最大 22.2 チャンネルへの拡張）
- ・ 圧縮符号化方式（既存方式に加えて AAC+SBR 方式）
- ・ 非圧縮符号化方式（リニア PCM 音声符号化・伝送方式）

また、原音を忠実に再現可能かつ高能率符号化が可能な「ロスレス符号化方式」について追加提案募集を行った結果、2方式（MPEG-4 ALS 方式および AAL for Broadcasting 方式）の提案があった。

これらの提案について、以下の通り検討を行い、その採用の可否の判断を行った。

(1) 音声入力フォーマット

- ・ 想定利用ケース、視聴環境について
 - 最大チャンネル数 22.2ch は、前述の通り、UHD TV に対応する音場空間として提案されている。
 - 視聴環境としては、必ずしも 22.2ch 分のスピーカ配置を前提とするものではなく、視聴者の環境に応じて柔軟なダウンミックス処理を行い、3次元音再生を実現することも想定している。
 - 22.2チャンネルの音場空間、およびダウンミックス処理による 5.1チャンネル・2チャンネルステレオでの音再生について、音声符号化方式作業班内でデモンストレーションを実施し、その効果を確認した。(参考資料 13 を参照)
- ・ 技術的実現性について
 - 想定ビットレートは 22.2ch で 1.60Mbps 程度であり、1 トランスポンダ内でのビットレート割り当てや送出運用上の実現可能性は特に問題ないと考えられる。
- ・ 96kHz サンプルング周波数について
 - 高度衛星デジタル放送の音声入力フォーマットとして、96kHz サンプルング周波数の採用可否について検討を行った。
 - ◇ 96kHz サンプルング周波数は、プロオーディオの分野では多くのデジタル機器で採用されており、家庭用次世代メディア (Blu-ray や HD-DVD など) でも採用されている。したがって、番組制作 (ベースバンド) においては、パッケージメディアなどへの二次展開を考慮すると、96kHz サンプルング周波数は有効なフォーマットと考えられる。

- ◇ 一方、デジタル放送を対象とした場合、以下の考察となる。
 - 圧縮符号化方式（MPEG-2 AAC 方式）は規格上 96kHz サンプリング周波数に対応しているが、現在の想定ビットレート（72kbps/チャンネル）では全帯域（～50kHz）を伝送することが難しく、圧縮効率上の課題がある。
 - 非圧縮符号化（リニア PCM 音声）の場合、96kHz サンプリング周波数に対応させるためには、5.1ch サラウンドで約 13.8Mbps が必要となり、衛星デジタル放送の高度化で検討されている 1 中継器あたり HDTV4 番組（4TS）では、5.1ch サラウンドの伝送は事実上不可能と言わざるを得ない。
 - 一方、ロスレス音声符号化を採用した場合、リニア PCM に比べて一般的に少ないビットレートでの伝送が可能であり、またリニア PCM でも例えば音声チャンネル数を 2ch とした場合、96kHz、24bit で 4.6Mbps となる。
- ◇ 以上により、今回の衛星デジタル放送高度化に限定した場合、基本サービス用としては 96kHz サンプリング周波数は不採用と判断した。一方、非圧縮・ロスレス高音質符号化用としては、高音質化を考慮し、96kHz サンプリング周波数の採用を継続検討することとする。ただし、周波数有効利用の観点から、その採用についてはメリットの明確化、適用可能な運用制約の詳細検討が必要である。

(2) 音声符号化方式（基本サービス用）

- ・ 想定利用ケースについて
 - 提案方式として明示されていないが、各提案の前提（基本サービスにおける音声符号化方式）として、既存のデジタル放送の音声符号化方式として使用されている MPEG-2 AAC 方式が想定されている。
 - 一方、AAC+SBR 方式は比較的低ビットレート（概ね 64kbps/ステレオ以下）において有効な方式であり、マルチリンガル音声サービスなど、1 サービスあたりの音声ストリーム数が増えるサービスでの利用を想定している。例えば、メインチャンネルは MPEG2-AAC 方式のままとし、複数のサブチャンネルに AAC+SBR 方式を採用する利用ケースなどが想定される。
 - なお、AAC+SBR 方式は上述の通り利用ケースが限定されるため、サービス上、また受信端末上「オプション」の位置付けとなることが想定される。
- ・ 技術的実現性について
 - MPEG-2 AAC 方式は既にデジタル放送に使用されており、基本的な問題はない。また AAC+SBR 方式も地上デジタルテレビジョン放送の携帯向けサービス（ワ

ンセグ) や地上・衛星デジタル音声放送等で既に使用されており、比較的低位ビットレートの応用において実績がある。

- 最大入力音声チャンネル数 22.2ch に対応した AAC デコーダは、現行デジタル放送に比べて MIPS4 倍以上、メモリ 4 倍以上程度と想定され、2011 年時点でのハードウェア実現性はあると考えられる。同様に、AAC エンコーダについても実現性はあると考えられる。
- ただし、音声入力フォーマットの拡張 (最大 22.2 チャンネル) に対応した MPEG-2 AAC 方式のチャンネル構成 (Channel Configuration) が規格上規定されていないなど、今後 MPEG 規格改訂等の作業が必要となる。

(3) 音声符号化方式 (非圧縮・ロスレス高音質サービス用)

- ・ 想定利用ケースについて
 - 前述の通り、MPEG-2 AAC 圧縮符号化による音声品質を超える最高品質の音声サービスを想定。これは、とりわけ放送の音声品質向上に期待する視聴者や、オーディオ業界および団体等からの要望にこたえるため、家庭でもスタジオ品質の音声放送を楽しめるよう、最大 5.1 チャンネルの非圧縮・ロスレス高音質音声サービスを目指すものである。
 - 既存のデジタル放送 (MPEG-2 AAC 方式) においても、音質表示において「現行の衛星標準テレビ放送の B モードに相当する音声品質」の基準が示されているが、提案された非圧縮音声符号化方式 (リニア PCM 方式) およびロスレス音声符号化方式 (2 方式) は「非圧縮 (あるいはロスレス) 高音質」であることを特徴としている。そのため、本提案方式に対応した新たな音質表示モードの割り当てが併せて提案されている。
- ・ 技術的実現性について
 - 1 トランスポンダ内でのビットレート割り当て、送出運用上の実現可能性
リニア PCM 方式の場合、想定ビットレートは 2ch で 1.53Mbps、最大でも 5.1ch で 6.9Mbps であり、特に問題ないと考えられる。また、ロスレス音声符号化方式の場合、ビットレートは音源によって可変であるが、リニア PCM 方式の伝送方式である SMPTE 302M-2007 より低ビットレートであり、同様に問題ないと考えられる。なお、96kHz サンプリング周波数については、周波数有効利用の観点から、実現可能な範囲での運用制約を前提としてその採用に向けた検討を継続中である。
 - ハードウェア実現性
リニア PCM 方式については、実証実験を通じてその実現性を確認した (参考資料 14 参照)。
ロスレス音声符号化方式については、ハードウェア実現性を机上で確認した

(参考資料 16 参照)。また、ロスレス音声符号化ストリームを含む MPEG-2 TS 生成実験により、TS 化の実現性を確認した (参考資料 18 参照)。

- ロスレス音声符号化方式について
 - 非圧縮・ロスレス高音質サービスが実現可能かつ高能率符号化が可能な方式として、ロスレス音声符号化方式の技術検討を行った。技術検討に際しては、追加提案募集を実施した結果、2 方式の提案があった。以下、方式選定の経緯、ロスレス音声符号化のメリット、そして同等のサービス要件を満たすリニア PCM 方式との併記に関する検討結果を記す。
 - ロスレス音声符号化方式選定の経緯
 - ◇ 以下 2 方式について、方式選定を目的とした技術検討・その他検討を実施した。
 - ①MPEG-4 ALS (Audio Lossless Coding) (以下、ALS)
 - ②AAL (ATRAC Advanced Lossless) for Broadcasting (以下、AAL)
 - ◇ ALS 方式は MPEG 国際標準であり、圧縮率や MPEG-2 Systems との整合性に対するメリットが期待できる方式である。一方、AAL 方式は実装の容易性 (ハードウェア演算量・規模が小さくできる) や IPR (ライセンス条件) 面でのメリットを追求した方式である。この 2 方式について、方式選定を目的とした比較表を作成した (2 方式の技術概要および方式比較表については、参考資料 16 を参照)。
 - ◇ その結果、主に国際標準であることのメリットを理由として、ALS 方式をロスレス音声符号化方式の第 1 候補として選定した。(AAL 方式は第 2 候補)
 - ◇ ALS 方式を第 1 候補として選定したものの、ハードウェア演算量・規模の小ささも方式採用における重要項目の一つと考えられる。そのため、適正なハードウェア演算量・規模の実現を目的として ALS 方式の新プロファイル・レベルの検討を引き続き行うこととする。
 - ◇ なお、現在 ALS 方式のライセンス条件は確定していない (MPEG 国際標準のため RAND によるパテントプール設立準備中)。方式の実際の採用にあたっては、今後ライセンス条件の確認も重要である。
 - ロスレス音声符号化採用のメリット
 - ◇ ロスレス音声符号化は、一般論として平均的に原データに対して数十%の圧縮率が得られ、帯域の有効活用が期待できる一方で、最悪値 (例えば白色雑音を音源とした場合) はほぼ原データ同等の情報量となり、削減したビットレートを固定的に他のサービスに割り当てられない点がネックとして指摘されていた。逆に言えば、この点を克服できるシナリオの存在がロスレス音声符号化方式を採用する上で不可欠である。

リニア PCM 音声の PES 伝送方式

1 準拠規格

SMPTE 302M-2007 “Mapping of AES3 Data into an MPEG-2 Transport Stream”

2 概要

- ・ 複数の AES3 ストリーム (5.1ch の場合 3 つ) は 1 本の SMPTE AES3 ES に時分割多重される。
- ・ SMPTE AES3 ES は MPEG-2 Systems (ISO/IEC 13818-1) 準拠の PES パケットにマッピングされる。

3 PES パケット

(4) データ構造

- ・ AES3 データを送送する PES のデータ構造は以下の通りとする。

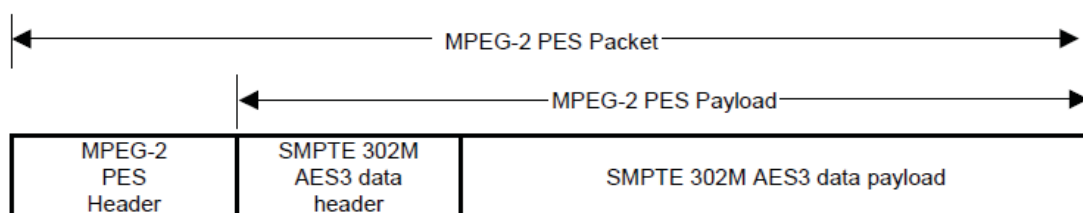


図 1 PES パケットのデータ構造

(5) PES ヘッダ

- ・ MPEG-2 Systems (ISO/IEC 13818-1) に準拠する。
- ・ ストリーム識別子 : 0xBD (プライベートストリーム 1)
- ・ PTS_DTS_flags : 01 (PTS あり)
※PTS の値はビデオフレームに対応した PTS と同一とする。

(6) SMPTE 302M AES3 データヘッダ

- ・ SMPTE 302M-2007 ” SMPTE AES3 data elementary stream header” の規定に準拠する。
- ・ number_channels : 最大 6 データチャンネル (AES3 データ 3 本) とする。

(7) SMPTE 302M AES3 データ本体

- ・ SMPTE 302M-2007 ” SMPTE AES3 elementary streams” の規定に準拠する。

22.2 チャンネル音声デモンストレーション

1. 22.2 マルチチャンネル音響方式の概要

22.2 マルチチャンネル音響は、超高精細かつ広視野大画面映像がもたらす臨場感や没入感に対応した音場再現を行う目的で開発された次世代のマルチチャンネル音響システムである。基本的な開発コンセプトは下記のとおり。

- (1) 映像と音像の方向を一致させるために、広視野画面上に安定した音像定位を実現。
- (2) 聴取者に対しあらゆる方向からの音の到来と音の上下感を実現。
- (3) 臨場感や現実感の高い三次元音響空間再生
- (4) 高品質な音場再生を受聴できるエリアが広い
- (5) 既存のマルチチャンネル音響方式と互換性を有する

これらのコンセプトに基づき、下図のように上層に9チャンネル、中層に10チャンネル、下層に3チャンネルを配置し、LFE(低域効果チャンネル)を2チャンネルとした。

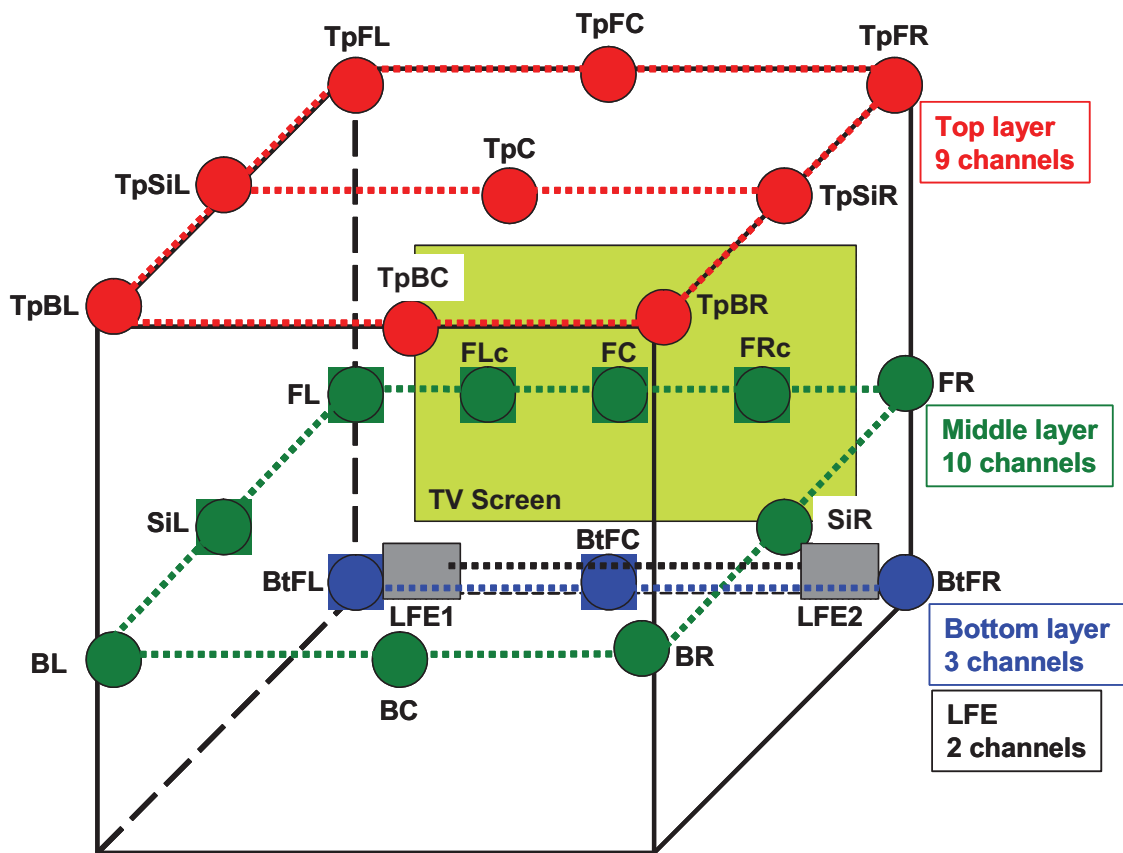


図1 22.2 マルチチャンネル音響システム

2. 22.2 チャンネル音声の聴取確認

22.2 チャンネル音声の品質確認のため、NHK 技研において当作業班委員に対し 22.2 チャンネル音声のデモンストレーションを行った。また、22.2 チャンネル音声からダウンミックスした 5.1 チャンネル音声の品質確認も同時に行った。

- 実施日

平成 19 年 10 月 18 日

- 実施場所

NHK 放送技術研究所

- デモンストレーション内容

1. シアター形式（画面サイズ 450 インチの UHDTV）での試聴（5.1 チャンネルダウンミックス音声含む）
2. 家庭などの小空間再生を想定した試聴（画面サイズ 50 インチの HDTV）
（5.1 チャンネルダウンミックス音声含む）

- 委員の講評

現行の 5.1 マルチチャンネル音声に比べ、シアター形式、小空間双方において 22.2 マルチチャンネル音声による空間再生品質が十分に高いことを確認した。

リニア PCM 音声符号化・伝送実証実験報告

高度 BS デジタル放送の音声符号化暫定方式の検討に関連して、ARIB 音声符号化方式作業班では SMPTE302M に基づくリニア PCM 音声信号の MPEG-2 システム伝送の特性確認を行った。

- ・ 実施日
平成 19 年 12 月 13 日
- ・ 参加者
浦野（音声符号化方式作業班主任、日本テレビ）、濱崎（NHK）、中山（NHK）
- ・ 実験場所
NHK 技術研究所 CB209 実験室
- ・ 実験項目
 - ① エンコーダーデコーダの 5.1 マルチチャンネル音声信号の各チャンネル間同期性能の確認
 - ② エンコーダーデコーダの映像信号と音声信号の同期確認
 - ③ 映像・音声素材による視聴確認
- ・ 符号化器
 - 概要
 - ◇AVC/H. 264
 - ◇SMPTE 302M (2ch/4ch/6ch/8ch)
 - ◇エンコード+デコードの遅延量 約 800msec (メーカー公表値、標準モード)
 - ◇デコーダの音声遅延用バッファ量 約 0.5sec
 - 参考：MPEG2 (video)、MPEG-1 Audio Layer II、MPEG-2 AAC の機能を持つ
 - 実証実験で使用した符号化パラメータ
 - ◇TS RATE 17Mbps
 - ◇VIDEO RATE 8.775Mbps (H. 264 4:2:0 フォーマット)
 - ◇AUDIO RATE 6.912Mbps (SMPTE302M 準拠 6ch モード)

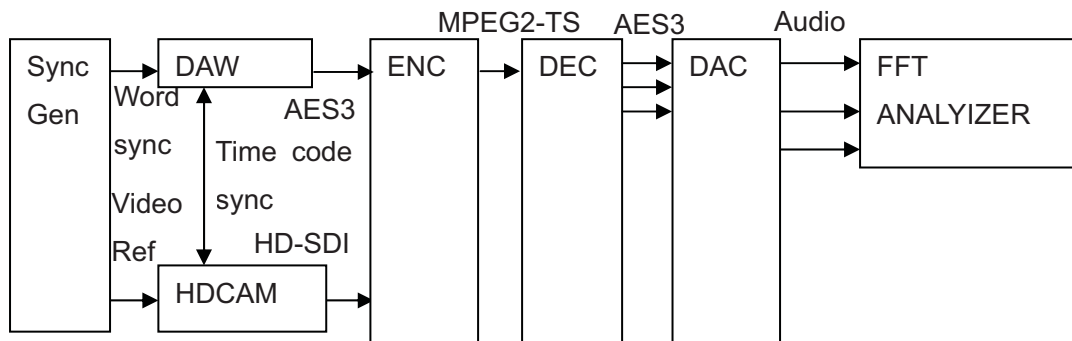
・ 実験

- ① エンコーダーデコーダの 5.1 マルチチャンネル音声信号の各チャンネル間同期性能の確認

<実験方法>

音声フォーマット	24bit/48kHz リニア PCM 信号 (AES3 方式)	
映像フォーマット	1920x1080 (1080i) 、16:9、 (HD-SDI 方式)	
音声テスト信号	広帯域ピンクノイズ (全チャンネルに同位相信号)	
評価方法	チャンネル間の相互相関関数の測定	
使用機器	エンコーダ/デコーダ	NTT エレクトロニクス HVE9100/HVD9100
	デジタルオーディオワークステーション	フェアライト Merlin
	ビデオ再生器	ソニー HDW-250
	DA コンバータ	Emmlab MarkIV DAC
	シンクジェネレータ	ROSENDAHL Nanosyncs HD
	測定器	小野測器マルチパーパス FFT アナライザ CF-5220

<実験システム>



<実験結果>

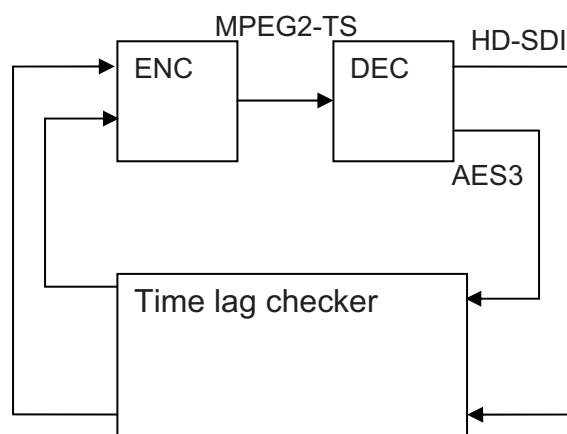
1ch に対して、2~6ch の時間差を 1ch アナログ信号とその他のアナログ信号の相互相関関数を測定しピーク位置を観測した。その結果、1ch と他のチャンネルの時間差はすべて $0 \mu \text{sec}$ であった。

② エンコーダーデコーダの映像信号と音声信号の同期確認

<実験方法>

音声フォーマット	24bit/48kHz リニア PCM 信号 (AES3 方式)	
映像フォーマット	1920x1080 (1080i)、16:9、(HD-SDI 方式)	
テスト信号	測定器の測定用信号を使用	
評価方法	タイムコード (TTC, LTC) を利用した AV 時間差の測定	
使用機器	エンコーダ/ デコーダ	NTT エレクトロニクス HVE9100/HVD9100
	測定器	YEM エレテックス マルチフォーマットタイムラグチェッカー EDD 5130

<実験システム>



<実験結果>

電源の ON/OFF を数回繰り返して、AV 時間差を測定した。

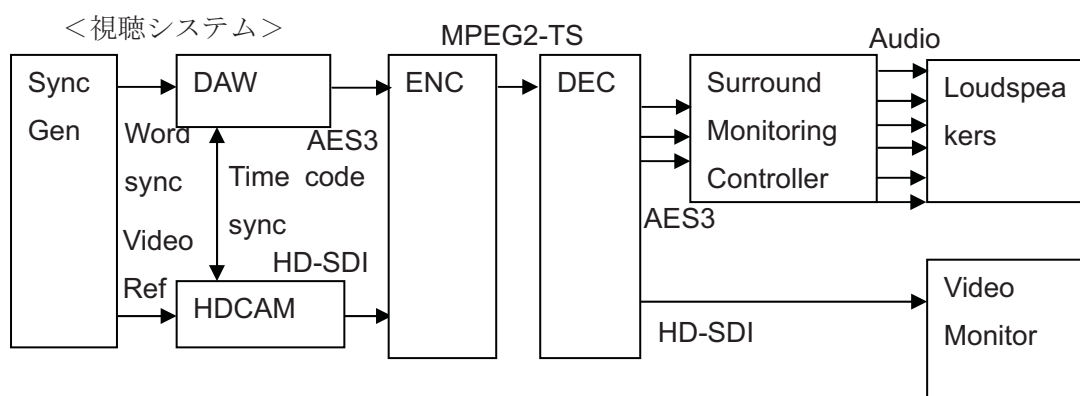
- 1 回目 0msec
- 2 回目 0msec
- 3 回目 0msec
- 4 回目 0msec

参考：測定開始時に 1msec の時間差が測定された。符号化器のリセットをしなかったためにエラーが生じたものと思われる。

③ 映像・音声素材による視聴確認

<実験方法>

音声フォーマット	24bit/48kHz リニア PCM 信号 (AES3 方式)	
映像フォーマット	1920x1080 (1080i)、16:9、(HD-SDI 方式)	
テスト信号	NHK 制作の 5.1ch サラウンド番組集	
評価方法	専門家による視聴確認	
使用機器	エンコーダ/デコーダ	NTT エレクトロニクス HVE9100/HVD9100
	デジタルオーディオワークステーション	フェアライト Merlin
	ビデオ再生器	ソニー HDW-250
	ビデオモニタ	ソニー BVW-D32E1WU
	再生スピーカ	Musikelectronic Geithain RL901K
	サラウンドモニタコントローラ	GRACE design m906
	シンクジェネレータ	ROSENDAHL Nanosyncs HD



<試聴結果>

いくつかの番組を視聴したが問題なく再生できていることを確認した。

参考：AES3 のユーザビット（192 ビット）を用いた、音声モード識別、ダウンミックス係数等の音声関連メタ情報の伝送は、今回実施していない。

・ まとめ

高度 BS デジタル放送の音声符号化暫定方式の検討に関連して、SMPTE302M に基づくリニア PCM 音声信号の MPEG-2 システム伝送の確認を行った。実験結果より、現在、実現化されている符号化器で問題なく伝送できることを確認した。

高度 BS デジタル放送の暫定方式において、映像符号化方式として H. 264 が提案されている。本実験で使用した実機の場合、エンコード/デコードの処理時間として、約 800msec である。デコーダ側に 0.5 秒の音声遅延用バッファを利用することにより、映像と音声の同期ずれを補償している。

AES3のユーザビットを用いたリニアPCM音声関連メタ情報の伝送

リニア PCM 方式において AES3 のユーザビットを用いた音声関連メタ情報伝送の検討が行われている。以下、伝送することが望ましい音声メタ情報について検討状況を紹介する。

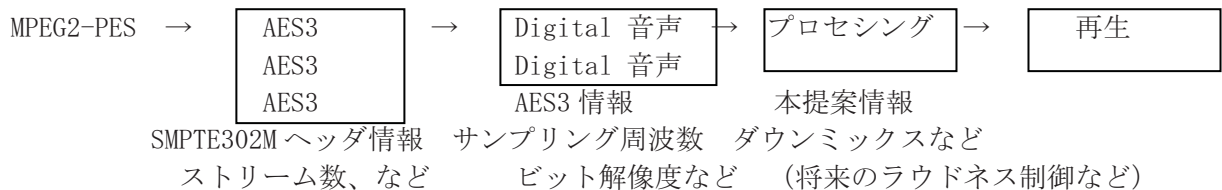
■リニア PCM 音声メタ情報例

データ構造	ビット 数	ビット列 表記
LinerPCM_Meta_descriptor() {		
component_type	8	uimsbf
matrix_mixdown_idx	3	uimsbf
future_reserve	13	uimsbf
}		

[コンセプト]

SMPTE302M では複数の AES3 ストリームを一つの MPEG2-PES にした際のデコード情報を規定している。AES3 では 1AES ストリームをデコードするための情報をチャンネルステータスビットとして規定している。そこで、これらの情報を利用したうえで、放送に必要な音声メタ情報を AES3 のユーザビットに規定することとする。

[各規格のメタ情報の役割]



[識別子詳細]

component_type (音声モード識別); 8 ビット

音声コンポーネント種別 ARIB STD-B10 第 2 部 表 6-43 参照+提案分含む

matrix_mixdown_idx (ダウンミックス係数); 3 ビット

ダウンミックス係数 ARIB STD-B21 第 6 章 表 6-DM2 参照

future_reserve (将来利用のための予約); 13 ビット

[コメント]

番組間音量差、チャンネル間音量差の改善を目的に、future_reserve の一部、もしくはすべてを reference_loudness_idx として ITU-R で現在審議されている参照ラウドネスを伝送し、受信環境のラウドネスコントロールを行うために使用できればと考える。

ロスレス音声符号化に関する提案方式（2方式）の技術概要

および方式比較

ARIB 音声符号化作業班におけるロスレス音声符号化方式の技術方式提案募集に対して提案された 2 つの方式について、その技術概要および 2 方式の特長比較を以下にまとめる。

1. 提案方式の技術概要

(1) MPEG-4 ALS (Audio Lossless Coding)

<技術方式の概要>

歪を伴わない圧縮符号化 ISO/IEC 14496-3 MPEG-4 ALS (Audio Lossless Coding) 準拠。

- エンコーダ、デコーダで完全に整合がとれた確定的整数演算により、復号時に入力波形を完全再構成することを理論的に保証。
- 線形予測による隣接サンプル間の冗長性除去による情報圧縮。
- 予測誤差サンプルの振幅値をエントロピー符号化して振幅分布の偏りの冗長性除去による情報圧縮。
- 音声メタ情報はパラメータ記述部 (ALSSpecificConfig) の Aux 部分を拡張して記述。

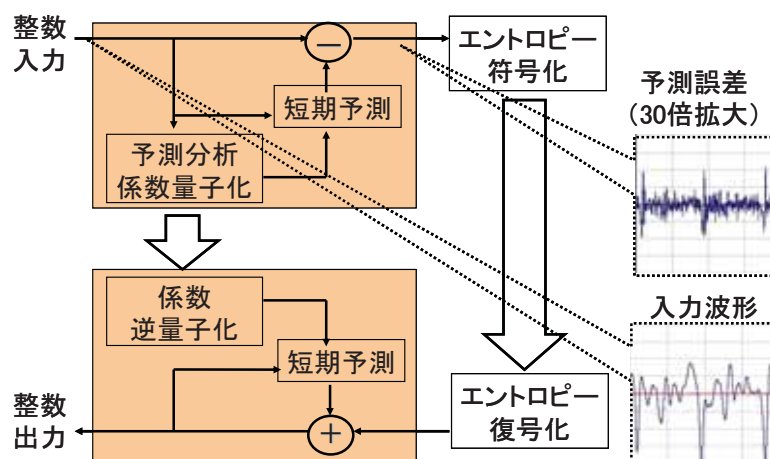


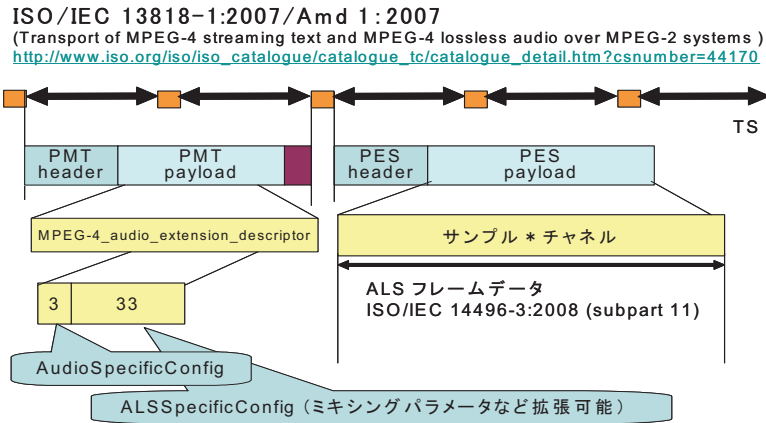
図1 ALS のエンコーダ、デコーダの原理

<放送システムへの適用>

- MPEG-2 TS のオーディオパケットは PES パケットを含む。

- MPEG-2 システムの PMT パケットに MPEG-4_audio_extension_descriptor を含み、その中に AudioSpecificConfig と ALSSpecificConfig を含む。
- MPEG-2 システムの PES パケットにフレーム単位で ALS 準拠ペイロードを含む。

ALS over MPEG-2 systems



(2) AAL (ATRAC Advanced Lossless) for Broadcasting

<技術方式の概要>

ロスレス符号化技術 ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting (AAL for BC)

- 16bit 固定小数点演算を前提とした確定的整数演算により、プラットフォームを選ばずに入力波形を完全再構成することが可能
- 線形予測分析によるサンプル間相関除去により効率的な情報量圧縮が可能
- 必要かつ十分な線形予測次数による高速な符号化/復号化が可能
- 圧縮率の最悪値が確定しており、リニア PCM とほぼ同等である。具体的にはフレーム長 2048, 16bit, 2ch データの場合、リニア PCM の 100.07%

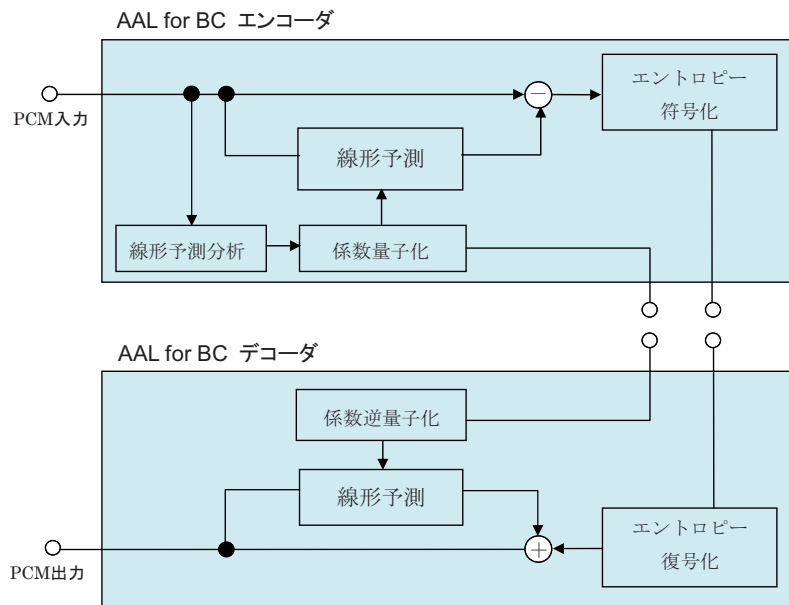


図 3 AAL for Broadcasting エンコーダおよびデコーダ ブロック図

<放送システムへの適用>

- MPEG-2 TS の PES パケットにて伝送する
- AAL for BC の Elementary Stream を以下のように MPEG2-TS の PES にマッピングした上で伝送を行う
 - －PES ヘッダは MPEG-2 Systems (ISO/IEC13818-1) に準拠
 - －ストリーム ID はプライベート用のものを使用
 - －ビデオと同期した PTS を付加

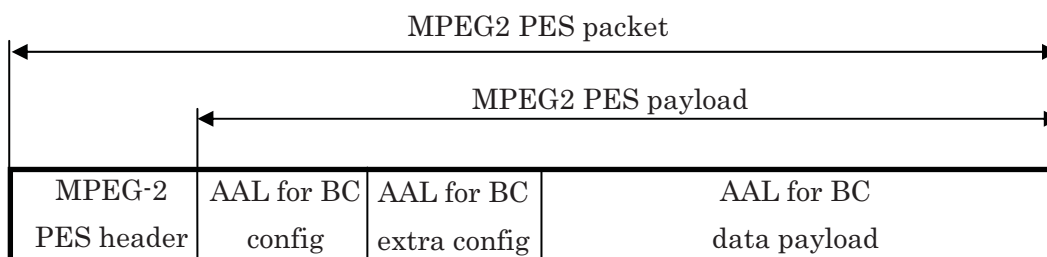


図4 AAL for BC PES パケット構造

- AAL for BC 設定情報は AAL for BC 設定情報、AAL データペイロードを含む
- AAL for BC 設定情報は AAL for BC 基本設定情報、AAL for BC 拡張設定情報を含む
- AAL for BC 拡張設定情報はチャンネル配置情報を伝送可能
- AAL for BC 拡張設定情報はメタ情報領域を持ち、最大 2^{32} バイトまでのメタ情報を伝送可能

2. 提案方式の方式比較

2 方式の方式比較表を表 1 に示す。なお、比較表には参考のためリニア PCM (SMPTE302M) についても記載している。

3. その他考慮すべき事項

2 方式の比較検討において、上記の比較表への記載事項のほか、考慮すべき事項として指摘された項目を以下に示す。

- ・ 国際標準化のリスク
 - AAL は現時点で国際標準化されておらず、今後国際標準化機関に提案した場合、時期的に遅れる、あるいは国際標準化できないリスクがある。一方、ALS についても、新規規定のプロファイル・レベルは現時点で国際標準化されていないため、同様のリスクがある。
- ・ 帯域有効活用シナリオ
 - ロスレス音声符号化方式である ALS、AAL のビットレートは音源によって変動し、

最悪の場合、圧縮効果が認められないケースが理論上あり得る。そのため、ロスレス音声符号化方式の採用にあたっては、音声ビットレートの変動においても総合的に帯域有効活用できるシナリオ、例えば映像やデータとの統合制御シナリオの存在が重要である。

表1 提案方式(2方式)の比較表

	ALS	AAL for Broadcasting	(参考) リニア PCM (SMPTE302M)
提案方式の特徴	国際標準準拠で、柔軟性、自由度 圧縮性能に優れる。	実装が容易で無償ライセンス。最悪 レートがPCMレートとほぼ同じ。	伝送蓄積などで使用実績が豊富
方式上の比較	線形予測最高15次、付加ツールで 圧縮性能改善。多様な入力に対応。	線形予測8次、予測係数精度が16 ビットで演算量低減。	
圧縮率 (注1) (圧縮後のレート/PCMレート)	可変レート(入力信号依存) ファイル毎の平均値: 0.17%~106.32% フレーム毎の最悪値: 8.67%~106.32%	可変レート(入力信号依存)(注2) ファイル毎の平均値: 26.65%~100.12% フレーム毎の最悪値: 33.84%~100.12%	固定レート(平均=最悪) 16 bit のとき(20÷16=)125%、24 bit のとき(28÷24=)117%。
ハードウェアの実現性	低演算プロファイルで AAC-LC と同 程度 25 MHz (48 kHz, 24 bit, 2 ch) @ARMulator ARM9E ROM 6 Kbyte, RAM 80 KByte @ARMulator ARM9E	容易 16.3 Mcyc/s (48 kHz, 16 bit, 2 ch) @NEC MP201 18.6 Mcyc/s (48 kHz, 24 bit, 2 ch) @NEC MP201 ROM 7 Kbyte, RAM 16.6 KByte @NEC MP201	非常に容易
国際標準との整合性	伝送は MPEG-2 準拠 符号化・復号化は MPEG-4 準拠 低演算プロファイル提案予定		SMPTE302M (2007)
IPR の扱い	RAND によるパテントプール設立準 備中、コンテナンツ課金なし。	対価請求はなし	無償
方式実現に向けた今後の課題	MPEG-4 Audio の改訂: 新規の低演算 量プロファイル、レベル定義	提案符号化方式の国際標準化 提案伝送方式の国際標準化	

(注1) ロスレス音声符号化・圧縮性能実証実験(参考資料17参照)での実測値

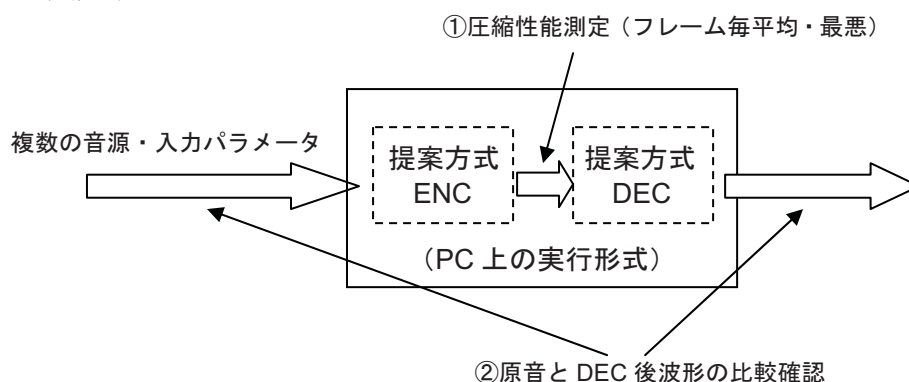
(注2) 今回測定に用いた AAL アルゴリズムは、20 ビット入力に対して、エンコード時に 4 ビット右シフトし、LSB 側 20 ビット詰めで 24 ビット処理を行い、デコード時には 4 ビット左シフトし、MSB 側 20 ビットを取り出し出力している

ロスレス音声符号化・圧縮性能実証実験報告

○目的

ARIB 音声符号化作業班に対して高度衛星デジタル放送方式のロスレス音声符号化方式として提案された 2 方式 (MPEG-4 ALS、AAL for Broadcasting) について、複数の音源・音声入力パラメータを用いて圧縮性能を測定し、その性能を実証する。

○実験概要



- ・ ロスレス音声符号化提案 2 方式の CODEC (PC 上の実行形式ファイル) に対して複数の音源・入力パラメータを入力し、以下の測定を行う。
 - 原音データに対する、圧縮後の情報量の割合（値が小さいほうが効率がよい）のフレーム毎の平均値およびフレーム毎の最悪値を測定
 - 情報量の割合 (%) = (圧縮後の情報量) ÷ (PCM の情報量) × 100
 - 原音とデコード後波形の一致の比較確認
- ・ 使用 CODEC の諸元
 - 2 方式ともにフレームサイズ=2048 サンプル/フレーム
 - ALS サブセット：
 - ◇ 48 kHz: 線形予測次数最大 15 次、MCC/JS, 3 段までのブロック分割、LTP
 - ◇ 96 kHz: 線形予測次数最大 15 次、MCC/JS

○評価音源

名称	入力パラメータ	提供者
MPEG 評価音源 x 15 種	48kHz 16bit 2ch 30sec	
MPEG 評価音源 x 15 種	48kHz 20bit 2ch 30sec	
MPEG 評価音源 x 15 種	48kHz 24bit 2ch 30sec	
MPEG 評価音源 x 15 種	96kHz 24bit 2ch 30sec	

シンセ	48kHz 24bit 2ch 184sec	SONY
室内楽	48kHz 16bit 2ch 44sec	SONY
ノイズ	48kHz 16bit 2ch 55sec	SONY
合成試験音源（一様分布白色雑音）	48kHz 16bit 1ch 10sec	NTT
合成試験音源（正弦波 1 kHz）	48kHz 16bit 1ch 10sec	NTT
合成試験音源（矩形波 1 kHz）	48kHz 16bit 1ch 10sec	NTT
合成試験音源（定数、無音）	48kHz 16bit 1ch 10sec	NTT
チェンバロ	96kHz 24bit 2ch 34sec	NHK
和太鼓	96kHz 24bit 2ch 43sec	NHK
ピアノ	96kHz 24bit 2ch 35sec	NHK
チェロ+ピアノ演奏	96kHz 24bit 2ch 42sec	NHK
弦楽四重奏	96kHz 24bit 2ch 43sec	NHK
合奏曲 1	96kHz 24bit 5.1ch 30sec	NTT
合奏曲 2	96kHz 24bit 5.1ch 30sec	NTT

○担当およびスケジュール

項目	担当	スケジュール
実験計画の承認、音源の選定	音声符号化方式 WG	～6/2
実験準備（PC 実行形式 CODEC、音源、測定用スクリプト）	方式提案社	～6/6
測定実施	WG 主任	6/6、6/13（追加）

○実験結果

(1) 原音データとデコード後データの同一性の検証

今回実施した全てのデータにおいて、原音データとデコード後データが同一であることを PC 上でのファイル比較コマンドにより確認した。

(2) 各音源に対するフレーム平均値・フレーム最悪値

いずれも 単位：[%]

MPEG 音源 (48 kHz, 16 bit, stereo)	AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
avemaria	40.39	55.46	38.54	52.97
blackandtand	56.60	74.63	55.11	73.82
broadway	50.50	76.27	48.57	73.68
cherokee	54.01	71.77	52.86	70.75
clarinet	48.47	62.40	46.96	61.19
cymbal	30.32	85.23	29.05	83.78

dcymbals	61.35	80.88	60.39	80.60
etude	43.78	57.85	41.63	56.03
flute	41.21	51.28	39.94	50.02
fouronsix	47.15	67.59	45.76	66.60
haffner	56.04	67.49	54.55	66.10
mfv	32.18	53.10	29.96	42.58
unfo	52.55	74.04	50.72	73.57
violin	49.56	63.72	47.68	61.74
waltz	54.01	76.23	52.55	75.52

MPEG 音源 (48 kHz, 20 bit, stereo)	AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
avemaria	52.23	64.39	50.56	62.32
blackandtan	65.29	79.71	63.99	79.07
broadway	60.44	81.02	58.84	78.96
cherokee	63.16	77.42	62.13	76.62
clarinet	58.82	70.03	57.47	68.98
cymbal	39.98	88.18	38.88	87.07
dcymbals	69.09	84.71	68.33	84.51
etude	55.01	66.33	53.11	64.85
flute	52.98	61.14	51.85	60.07
fouronsix	57.59	74.12	56.26	73.30
haffner	64.93	74.01	63.63	72.90
mfv	45.60	62.64	43.66	54.00
unfo	61.98	79.23	60.30	78.88
violin	59.72	70.98	58.12	69.40
waltz	63.20	81.00	61.90	80.45

注) 今回測定に用いた AAL アルゴリズムは、20 ビット入力に対して、エンコード時に 4 ビット右シフトし、LSB 側 20 ビット詰め 24 ビット処理を行い、デコード時には 4 ビット左シフトし、MSB 側 20 ビットを取り出し出力している

MPEG 音源 (48 kHz, 24 bit, stereo)	AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
avemaria	60.19	70.33	58.79	68.59
blackandtan	71.07	83.09	69.97	82.55
broadway	67.04	84.18	65.68	82.45
cherokee	69.30	81.18	68.42	80.50
clarinet	65.68	75.02	64.54	74.14
cymbal	49.93	90.15	48.99	89.19

dcymbals	74.24	87.26	73.59	87.08
etude	62.51	71.94	60.91	70.69
flute	60.82	67.63	59.86	66.70
fouronsix	64.66	78.43	63.53	77.73
haffner	70.78	78.34	69.68	77.40
mfv	54.67	68.87	53.03	61.65
unfo	68.31	82.69	66.90	82.38
violin	66.43	75.81	65.08	74.49
waltz	69.34	84.16	68.23	83.68

MPEG 音源 (96 kHz, 24 bit, stereo)	AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
avemaria	52.48	61.30	50.90	58.69
blackandtan	52.68	87.87	45.45	60.87
broadway	58.63	76.77	57.44	73.47
cherokee	51.17	65.35	44.75	58.73
clarinet	49.76	59.20	42.75	50.22
cymbal	47.23	90.13	46.20	89.66
dcymbals	60.81	79.37	59.85	78.75
etude	54.10	64.05	52.40	61.38
flute	47.93	53.56	42.80	46.91
fouronsix	46.82	69.11	40.93	54.95
haffner	54.96	62.87	48.79	54.15
mfv	52.48	67.61	50.40	65.18
unfo	50.93	88.25	43.71	60.39
violin	51.07	57.57	45.89	51.33
waltz	51.60	88.98	44.37	61.04

独自音源 (48 kHz)		AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
Sony (2ch)	item1 (シンセ)	73.58	86.98	72.00	86.08
	item2 (室内楽)	38.22	44.08	37.01	42.50
	item3 (ノイズ)	100.06	100.06	106.32	106.32
NTT (1ch)	Rand (白色雑音)	100.12	100.12	103.17	103.44
	Sine_1kHz (正弦波)	33.80	33.84	9.01	9.89
	Square_1kHz (矩形波)	88.40	88.43	36.07	42.92
	ZeroConst (定数)	26.65	63.77	0.17	8.67

独自音源 (96 kHz)		AAL 平均	AAL 最悪	ALS 平均	ALS 最悪
NHK (2ch)	cembalo	73.48	82.49	72.03	81.68
	drum_japan	51.29	80.34	49.09	79.48
	Pf+cello	57.65	67.08	55.53	64.70
	piano	47.59	59.24	45.24	50.59
	quartet	50.94	60.15	48.22	54.54
NTT (5.1ch)	Ensemble1	41.51	46.60	39.68	43.03
	Ensemble2	39.35	42.70	37.38	40.83

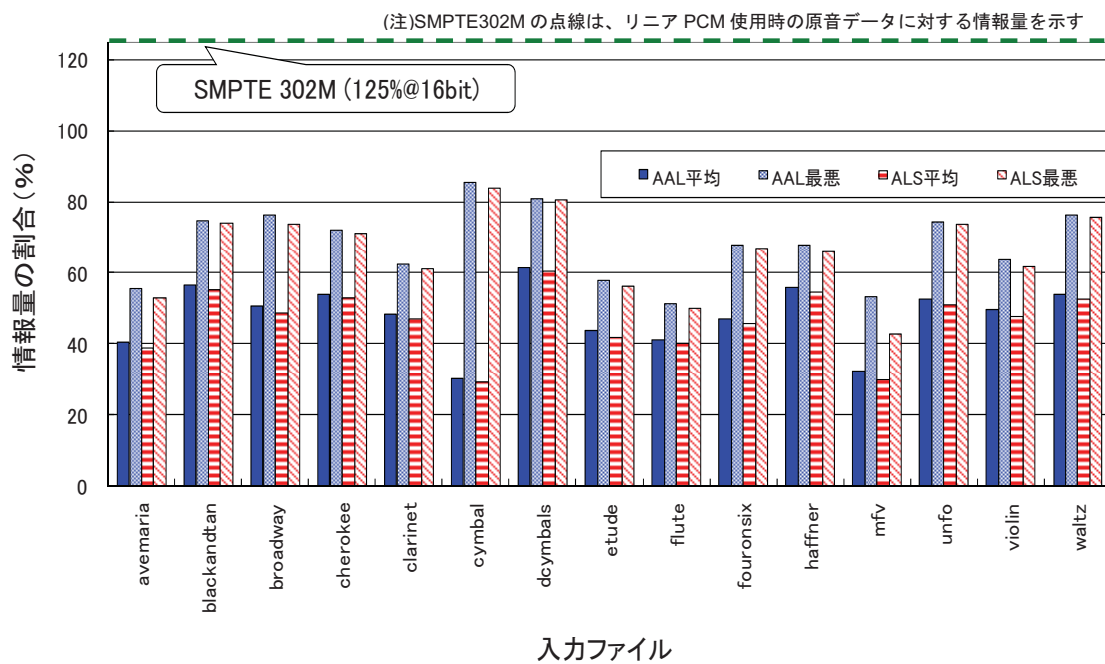


図 1(a) MPEG 音源 15 種類 (48kHz、16bit、stereo)

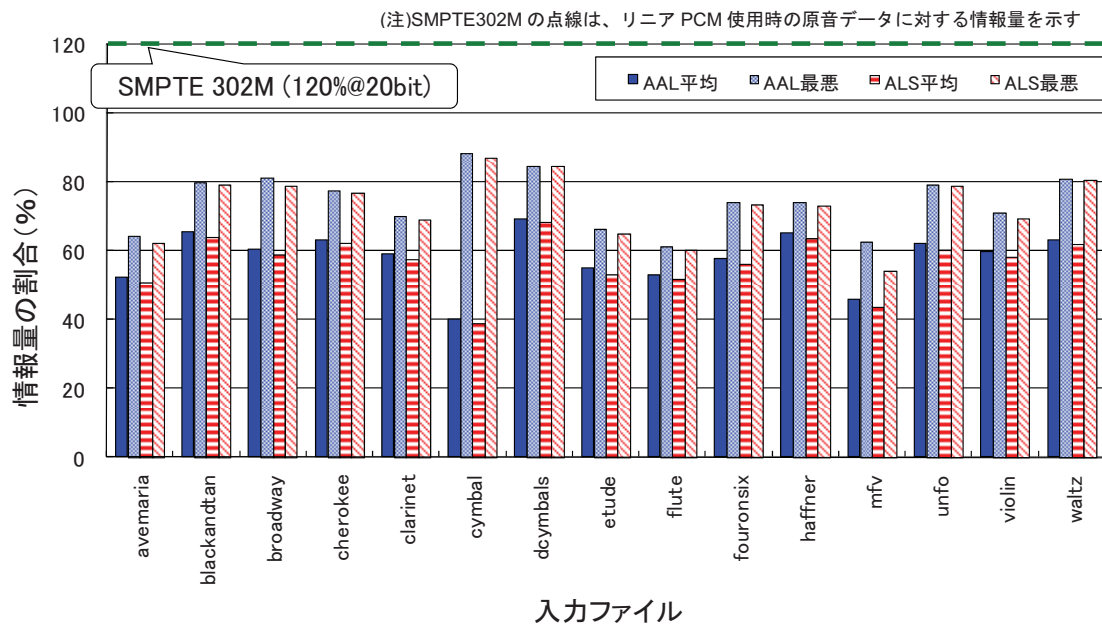


図 1(b) MPEG 音源 15 種類 (48kHz、20bit、stereo)

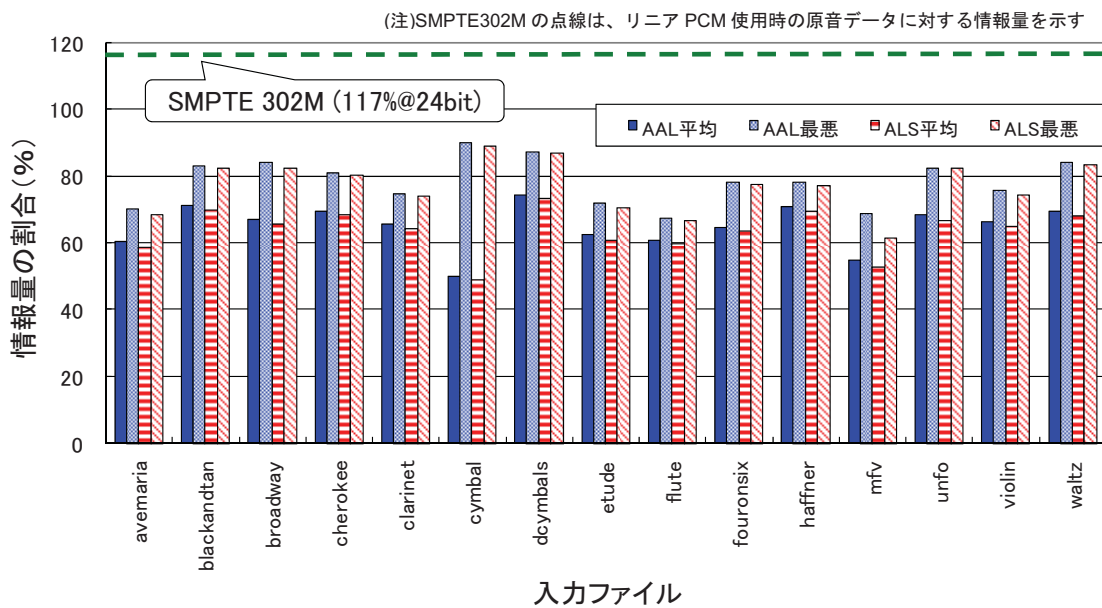


図 1(c) MPEG 音源 15 種類 (48kHz、24bit、stereo)

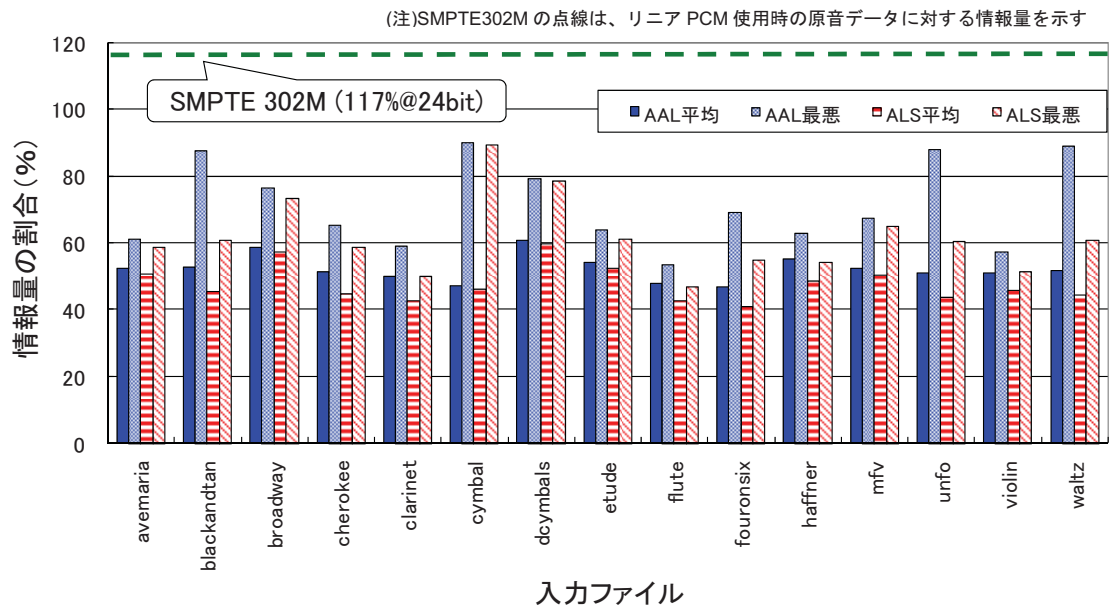


図 1(d) MPEG 音源 15 種類 (96kHz、24bit、stereo)

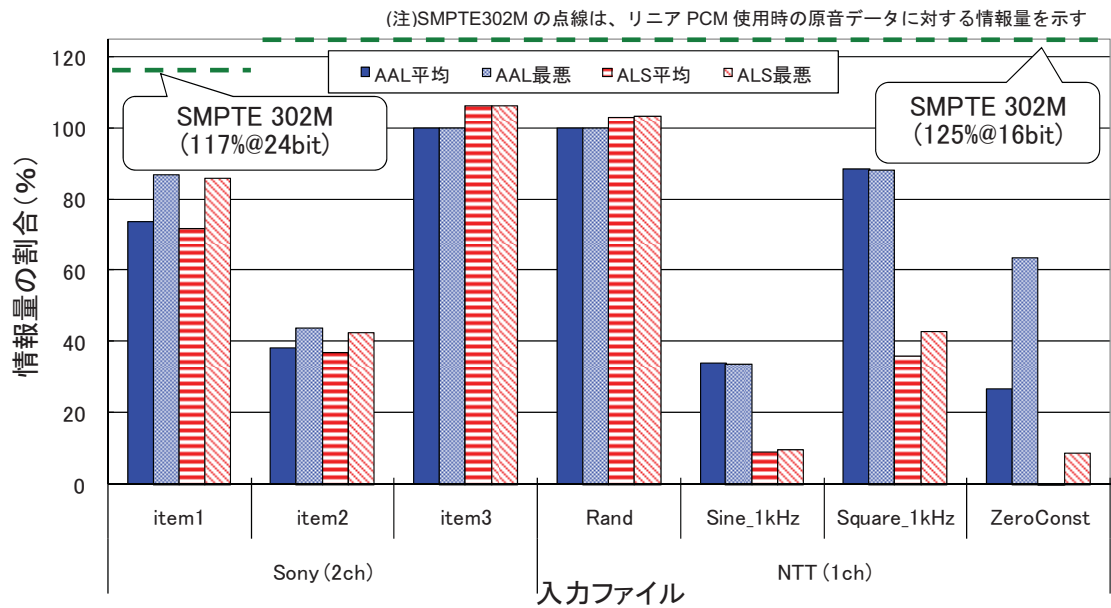


図 1(e) 独自音源 (48kHz)

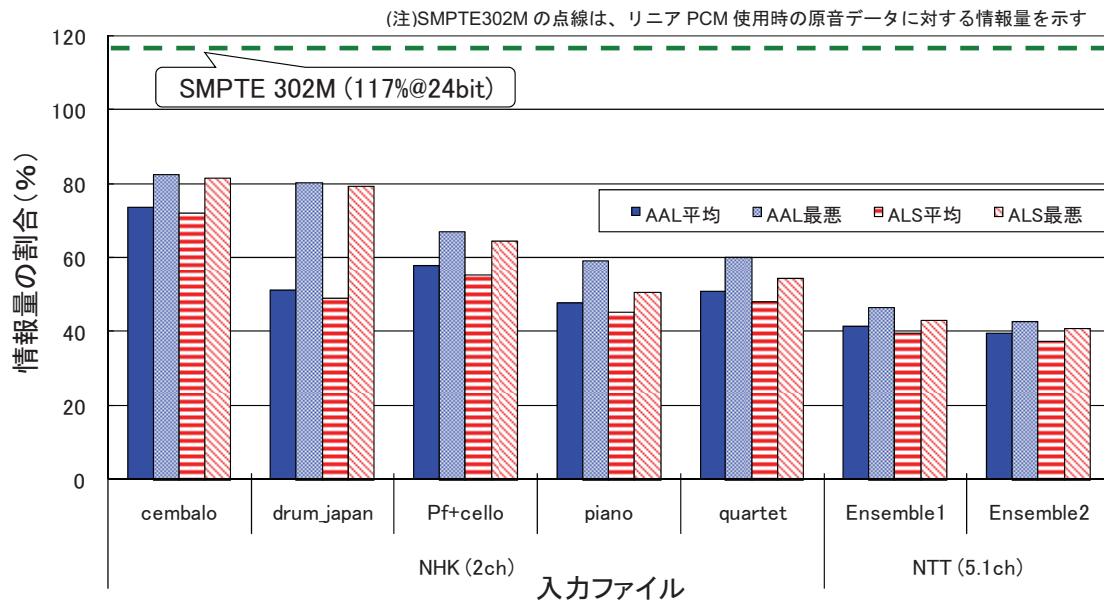


図 1(f) 独自音源 (96kHz)

(3) 一音源内でのフレーム毎の圧縮性能比較

今回測定した音源のうち、典型例として 2 例 (SONY 音源：室内楽、NHK 音源：和太鼓) について、音声フレーム毎の圧縮性能を以下にグラフで示す。

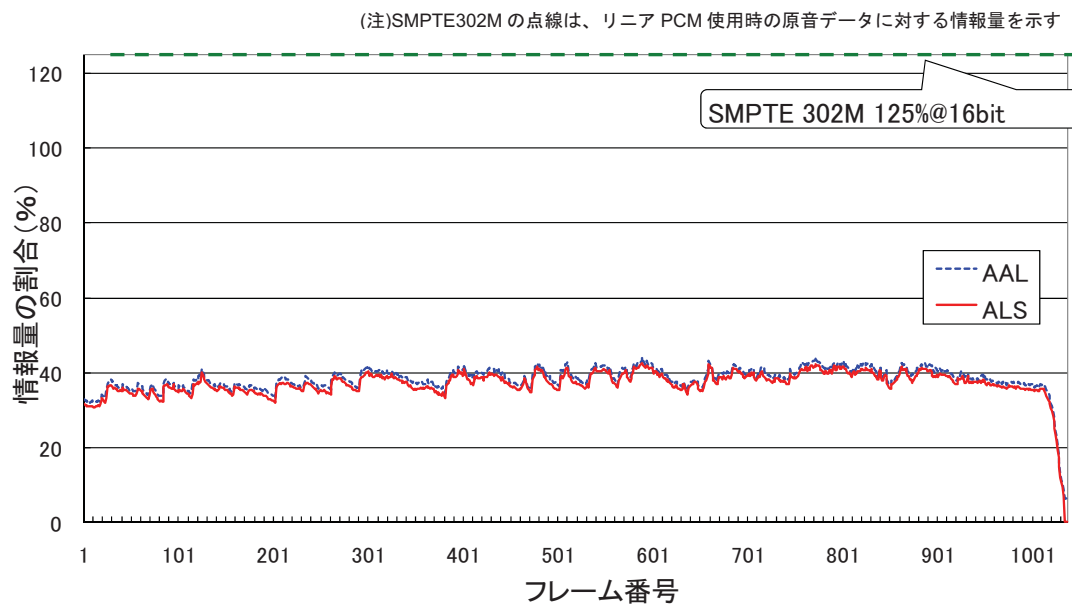


図 2(a) フレーム毎の圧縮性能 (室内楽：48kHz、16bit、2ch)

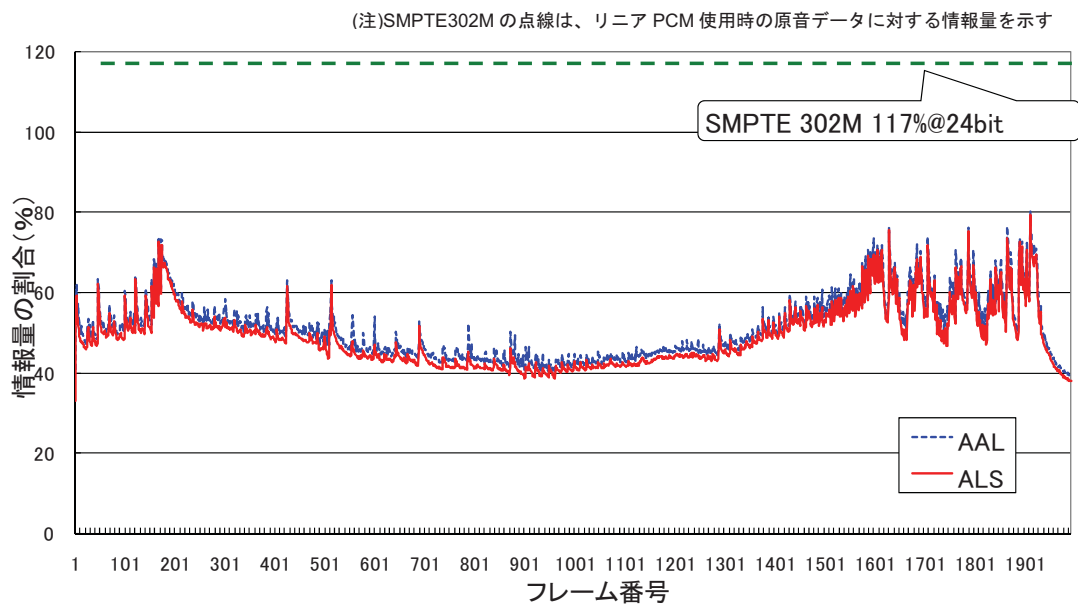


図 2(b) フレーム毎の圧縮性能 (和太鼓 : 96kHz、24bit、2ch)

ロスレス音声符号化・TS 生成実証実験報告

○目的

ARIB 音声符号化作業班において、ロスレス音声符号化方式である MPEG-4 ALS 符号化および AAL for broadcasting で音声信号をロスレス圧縮し、MPEG-2 システム準拠の TS を生成できることを確認する。MPEG-4 ALS の詳細は付録 1、AAL for broadcasting の詳細は付録 2 を参照。

○実施日

平成 20 年 6 月 13 日

○参加者

浦野（音声符号化方式作業班主任、日本テレビ）、ソニー、NTT、NHK

○実験場所

ARIB 会議室

○実験項目

① MPEG-4 ALS で符号化されたビットストリームを含む TS の生成

MPEG-4 ALS で圧縮されたビットストリームによる MPEG-2 TS の生成が可能であることを下記により確認した。

- TS 用のエディタでストリーム内容確認
- 専用ソフトウェアでリアルタイム多重分離、復号、再生

② AAL for broadcasting で符号化されたビットストリームを含む TS の生成

AAL for broadcasting で圧縮されたビットストリームによる MPEG-2 TS の生成が可能であることを下記により確認した。

- TS 用のエディタでストリーム内容確認
- 専用ソフトウェアでリアルタイム多重分離、復号、再生

○TS 作成付帯デモンストレーション（MPEG-4 ALS のみ、付録 3 参照）

- ロスレス圧縮符号化音声と映像（H264/AVC）との TS レベルでの多重化と再生
- 音声を優先した映像との統合ビットレート制御による TS レベルでの多重化と再生

○まとめ

ロスレス音声符号化方式による圧縮ビットストリームにより MPEG-2 システム準拠の TS

の生成を確認した。また付帯デモンストレーションにより、音声のロスレス符号化の有効利用についての議論の具体化が喚起された。

付録1 MPEG-4 ALS で符号化されたビットストリームを含む TS の生成実験

○目的

MPEG-4 ALS 符号化で圧縮し、圧縮ビットストリームにより MPEG-2 システム準拠の TS を生成できることを確認する。

○符号化パラメータ

フレームサイズ： 8008 サンプル/フレーム

線形予測次数最大 15 次、ブロック分割最大 3 段、LTP、MCC/JS

○実験結果

本実験では、まず 5 種類の音声信号（いずれも 48kHz, 24bit, 5.1ch）について ALS 圧縮性能を事前に測定した。その後、各音声信号における最悪ビットレートを固定的に割り当てて、TS を作成した。実験に用いた音声信号の ALS 圧縮性能を表に示す。

表 実験に用いた 5.1 マルチチャンネル音声信号の MPEG-4 ALS 圧縮性能

音声入力信号		PCM	再生時間	平均	最悪※	標準
サラウンド収録		レート	[sec]	[Mbps]	[Mbps]	偏差
48kHz/24bit/5.1ch		[Mbps]				
1	スポーツ（相撲）	6.912	326.5	3.939	4.614	0.373
2	オーディオドラマ（「浅間」）		354.8	3.815	5.120	0.489
3	音楽インドラマ（ジャズ）		271.1	4.304	5.159	0.579
4	音楽（パイプオルガン）		571.3	4.026	4.628	0.322
5	音楽インドラマ（ドラマ音楽）		258.3	3.688	5.101	0.927

※最悪レートは 8008 サンプル/フレーム×3 フレーム(約 500ms)を単位とした時の最悪値

作成した MPEG-2 TS の妥当性は、机上およびエンコーダ・多重化ツールの出力ログ、TS エディタによる内容の分析により確認した。さらに上記生成された TS を、PC を用いてソフトウェアによりリアルタイムで多重分離し、再生可能であることで TS の妥当性を確認した。

○まとめ

MPEG-4ALS 符号化方式で音声信号をロスレス圧縮し、MPEG-2 システム準拠の TS を生成し、机上およびエンコーダ・MUX ツールの出力したログおよび TS エディタによる内容確認によって TS の妥当性の検証と、PC を用いた TS のリアルタイムに多重分離再生する実験により、MPEG-4 ALS を用いた TS の生成を確認した。

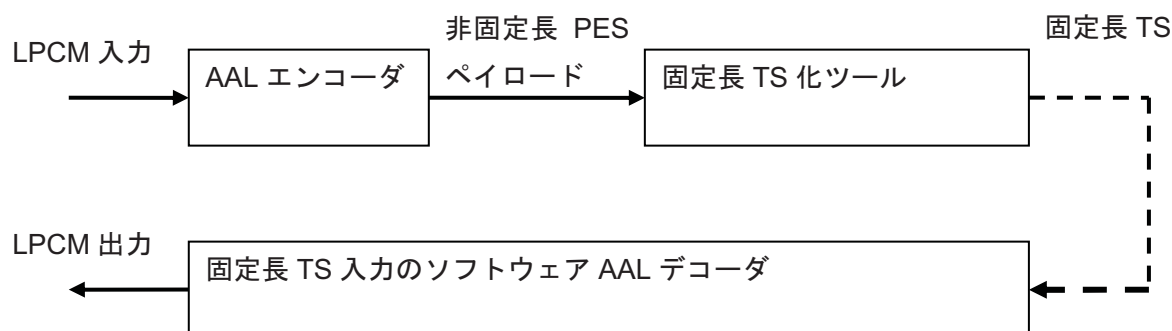
付録2 ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting の TS 作成実験

○目的

高度衛星デジタル放送方式のロスレス音声符号化方式の検討に関連して、ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting 符号化方式で音声信号をロスレス圧縮し、MPEG-2 システム準拠の TS を生成できることを確認する。

○実験概要

ソフトウェア AAL エンコーダ、固定長 TS 化ツール、固定長 TS 入力のソフトウェア AAL デコーダを用いて TS の生成・復号・再生を模擬する。これにより、エンコーダ入力とデコーダ出力の一致検証を行い、ロスレスで復号できていることを確認する。このとき、エンコーダ入力をプリスキャンして最悪フレームサイズを算出しておき、この最悪フレームサイズに基づき固定長 TS 化に必要な NULL パケットを挿入して固定レート化を実現する。



○符号化器

概要

- AAL (2ch)
- デコーダの音声遅延用バッファ量 約 42.67msec に設定

○実験に用いた音源

- 48 kHz, 16 bit, 2ch の音楽信号

○参考：実験に用いた2チャンネル音声信号のAALの圧縮性能

<実験方法>

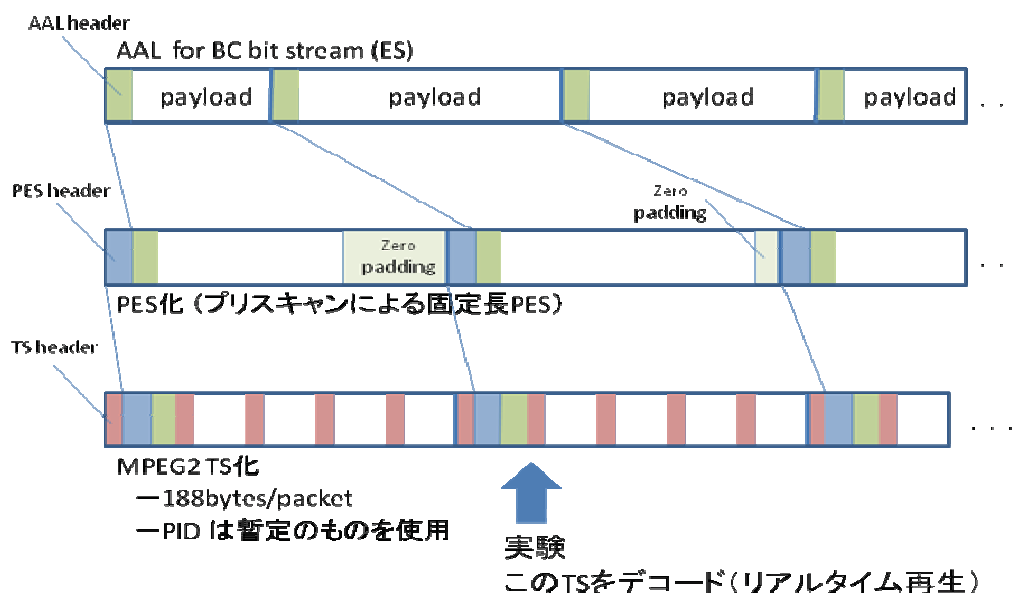
音声入力信号	48kHz/16bit/2ch
音声符号化方式	ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting 音声符号化
符号化パラメータ	フレームサイズ 2048 サンプル/フレーム 線形予測次数最大8次
使用機器	Windows PC

<実験結果>

音声入力信号	PCM レート [Mbps]	再生時間 [sec]	平均 [Mbps]	最悪※ [Mbps]
2チャンネルステレオ収録 48kHz/16bit/2ch				
1 Sony item2	1.536	44.3	0.586	0.676
2 Sony item4		10.0	0.489	0.992

※最悪レートは2048サンプル/フレーム(約42.66ms)を単位とした時の最悪値

AAL for Broadcasting の MPEG-2 TS による伝送



○まとめ

ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting 符号化方式で音声信号をロスレス圧縮し、MPEG-2 システム準拠の TS を生成し、PC を用いた TS のリアルタイム再生する実験により、ATRAC Advanced Lossless for Broadcasting を用いて TS の生成が可能であることを確認した。

付録3 MPEG-4 ALS と AVC/H.264 映像符号化との TS 作成、多重化、再生デモンストレーション

○目的

TS 作成実験に付随して、映像との多重化 TS を作成し、実時間再生した。

○実施項目

- ① ロスレス圧縮符号化音声と映像 (H264/AVC) との TS レベルでの多重化と再生
- ② 音声を優先した映像との統合ビットレート制御による TS レベルでの多重化と再生

○符号化・伝送パラメータ

- － TS RATE 17Mbps
- － AUDIO ES RATE 6.912Mbps－ALS 圧縮余剰^{注1)} (MPEG-4 ALS 準拠)
- － VIDEO ES RATE^{注2)} 8.775Mbps+ALS 圧縮余剰^{注1)} (H.264 4:2:0 フォーマット)
- － 映像エンコード+デコードの遅延量 約 500msec に設定
- － デコーダの音声遅延用バッファ量 約 500msec に設定

注1) ALS 圧縮余剰=入力 PCM レート (6.912Mbps)－ALS 圧縮後のレート

注2) VIDEO ES RATE の数値はターゲットレート

○デモに用いた音源・画像

- － 音楽信号 5 種類 (48 kHz, 24 bit, 5.1 ch)
- － ハイビジョン・システム評価用標準動画像 (1920x1080, 16:9)

○デモ内容

① ロスレス圧縮符号化音声と映像 (H264/AVC) との TS レベルでの多重化と再生

事前収録放送 (完パケ) を想定して、当該プログラムにおける ALS 圧縮後の最悪レートに関する情報が事前に得られたとして、最悪レート相当を音声符号化側に割り当て、残りを映像符号化側に固定的に割り当てて多重化した TS を作成する。

例えば、音声信号「4. 音楽 (パイプオルガン)」の場合では、ファイル全体の ALS 圧縮後の最悪レートが 4.628Mbps であったことから、最悪レートをもとに計算した ALS 圧縮余剰は $6.912 - 4.628 = 2.284$ Mbps となった。これにより映像の ES レートは 8.775 Mbps + 2.284 Mbps = 11.059 Mbps とした。

以上の手順により、ソフトウェアにより ALS ストリーム (音声) および H.264/AVC ストリーム (映像) をオフラインエンコードし MPEG-2 TS に多重化した。さらに上記生成された TS を、PC を用いてソフトウェアによりリアルタイムで多重分離し、再生可能であることを示した。

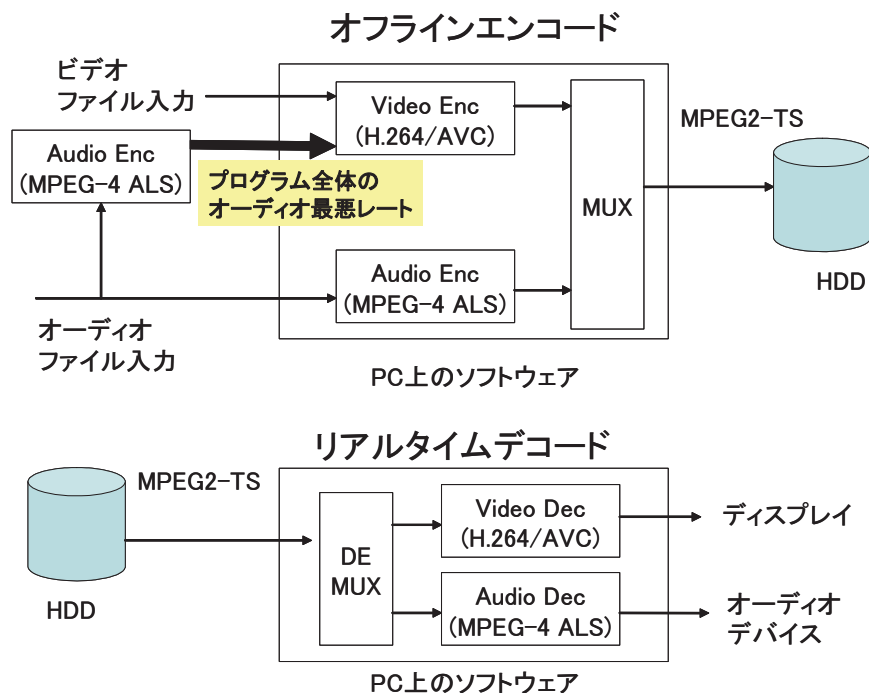


図1 デモシステム（余剰ビットレートをプログラム内固定割り当て）

② 音声を優先した映像との統合ビットレート制御による TS レベルでの多重化と再生

事前に測定した入力音声信号に対する ALS 圧縮性能のデータ（フレーム毎の圧縮率）を用いて、500ms の GOP 単位ごとに、直前の GOP での ALS 圧縮後の余剰ビットレートを映像に追加で動的に割り当てた (GOP 単位で映像のターゲットレートを制御)。これによって実効的には PCM レートから ALS 圧縮後の平均レートを差し引いた余剰ビットレート相当を映像に追加で割り当てることができる。例えば、「4. 音楽（パイプオルガン）」では、ファイル全体の ALS 圧縮後の平均レート（実測値）が 4.026Mbps であったことから、ALS 圧縮余剰は $6.912 - 4.026 = 2.886$ Mbps であった。余剰ビットレートを映像に動的に割り当てることで、映像 ES の平均レートはおよそ $8.775 + 2.886 = 11.661$ Mbps となった。

以上の手順により、ソフトウェアにより ALS ストリーム（音声）および H.264/AVC ストリーム（映像）をオフラインエンコードし MPEG-2 TS に多重化した。さらに上記生成された TS を、PC を用いてソフトウェアによりリアルタイムで多重分離し、再生可能であることを示した。

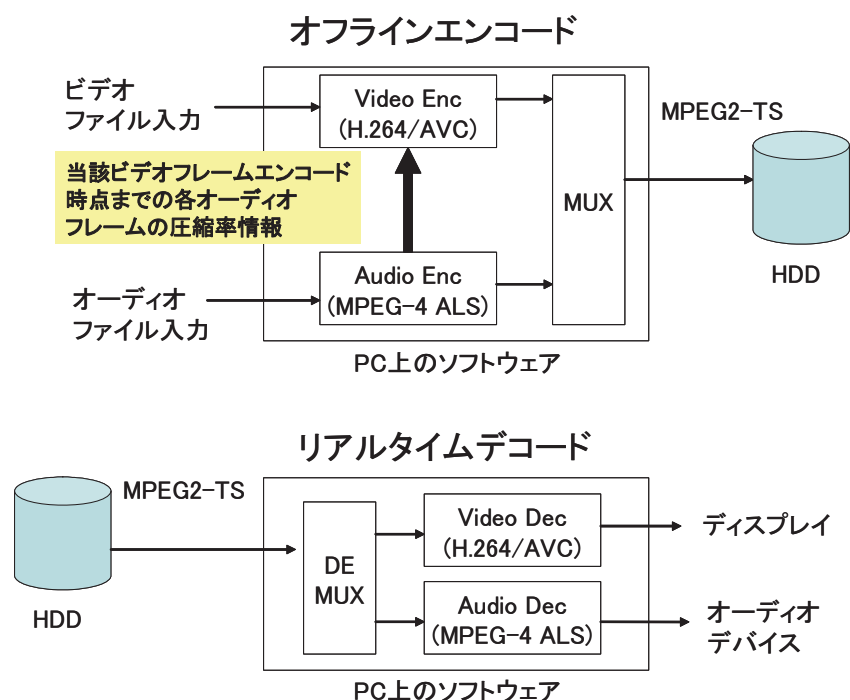


図2 デモシステム（余剰ビットレートをフレーム単位で動的割り当て）

下記の3種の条件のTSをPS3で多重分離し、映像部分だけを実時間再生した。

- (1) リニアPCM音声符号化相当（SMPTE302M, H.264/AVC 固定レート）
- (2) ①の映像への固定割り当て（MPEG-4 ALS, H.264/AVC 固定レート）
- (3) ②の映像への動的割り当て（MPEG-4 ALS, H.264/AVC 可変レート）

表1 レート割り当ての実例（※音声入力ファイル「4. 音楽（パイプオルガン）」の例）

音声 ALS のレートは実測値、映像のレートはターゲットレート

音声フォーマット (48kHz, 24bit, 5.1ch)	(1) リニアPCM相当 (SMPTE302M)	8.064 Mbps (ES レート)
	(2) MPEG-4 ALS 固定レート	4.628 Mbps [※] (プログラム毎の最悪レートに設定)
	(3) MPEG-4 ALS 可変レート	平均約 4.026Mbps [※] (6.912 - [ALS 圧縮余剰] Mbps)
映像フォーマット (1920x1080 (1080i)、 16:9)	(1) 固定レート (リニアPCM相当に対応)	7.623 Mbps (ES レート)
	(2) 固定レート (ALS 固定レートに対応)	11.059 Mbps [※] (音声圧縮後の余剰を割り当て)
	(3) 可変レート (ALS 可変レートに対応)	平均約 11.661 Mbps [※] (8.775 + [ALS 圧縮余剰] Mbps)
伝送フォーマット	MPEG-2 TS	

データ放送の想定利用ケース

以下の利用ケースを想定し、方式策定の検討を行った。

(1) アプリケーション蓄積

蓄積機能を有する受信機において、放送された ARIB-J アプリケーションを受信機に蓄積しておき、後日再利用できるようにする。こうしたアプリケーションの形態の 1 つとして、各編成サービスに共通なアプリケーションプログラムを蓄積、実行可能とすれば、新しい種類のモノメディアの利用などに対応可能となる。

(2) デジタルビデオレコーダ制御

デジタルビデオレコーダ機能を有する受信機においては、放送される ARIB-J アプリケーションから蓄積、予約、再生の制御を可能とする。

(3) 宅内ネットワークアクセス機能

宅内ネットワークを介して他の受信機や機器と協調、連携してアプリケーションの提示が行えるようにする。

(4) ユーザインタフェース拡張

受信機が備える入力デバイスの種類や提示可能な解像度などに応じた ARIB-J アプリケーションによる提示を可能とする。

(社)電波産業会デジタル放送システム開発部会

データ放送方式作業班における検討経緯

衛星デジタル放送の高度化に関する方式提案募集に対して、データ放送方式関連では 1 社からの提案があった。提案内容は以下の項目から構成されている。

- ARIB-J (ARIB STD-B23) をベースとしたデータ放送方式
 - ー最新版の JavaTV に対応する改訂を含む
- アプリケーション蓄積を可能とし、放送コンテンツの一部であるプログラムを受信機上に残留させる
- 各編成サービスに共通なアプリケーションプログラムを蓄積、実行可能とする
- デジタルビデオレコーダ制御 API を追加する
- 宅内ネットワーク上の機器と連携させるため、ARIB-J アプリケーションに UPnP を用いたネットワークアクセス機能を持たせる
- 端末特性 (ディスプレイ解像度やサイズ、ユーザインタフェースデバイスなど) をコンテンツから取得し、それに応じた提示を行う機能を持たせる

上記提案内容によって想定利用ケースは可能となるが、その詳細部分には検討の余地があり、相互に関連する内容もあることから、受信機全体の視点から検討を進めた。その結果、提案方式をベースに今後の検討を進めていくことで合意された。今後、要求条件の詳細を整理の上、ARIB-J 拡張の詳細について検討する予定である。

<ARIB-J と BML との関係>

ARIB-J ベースの高度データ放送サービスを実現するにあたり、既にデジタル放送のデータ放送で利用されている BML との関係について議論した。

高度データ放送サービスの実現方法としては、①ARIB-J アプリケーション単体での実現、②ARIB-J 上で BML を利用、③BML から ARIB-J の機能を利用、といったパターンが考えられる。審議の結果、ARIB-J と BML を共用するサービスイメージが有用と考えられることから、現時点での想定として「ARIB-J と BML を併用」する方向で今後の詳細検討を進めることとした。

<国際標準との整合性>

ARIB-J の拡張にあたっては、ARIB STD-B23 のコア部分である DVB-GEM (DVB Globally Executable MHP) との協調が必要となる。そのため、DVB-GEM 策定主体である DVB TM-MUG (DVB Technical Module-MHP Umbrella Group) に対し、日本での検討状況に関するリ

エゾンを実施した。今後も規格改定に際して協調すべくリエゾンを図る予定である。