

2008年6月17日
衛星デジタル放送高度化作業班

高度衛星デジタル放送 伝送路符号化方式
報告書案（実証実験）

2-1 実験概要	5
2-1-1 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験の結果概要.....	5
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	6
2-2 実験内容	8
2-2-1 実験の目的.....	8
2-2-2 実験場所、日程	8
2-2-2-1 擬似中継器実験	8
2-2-2-2 衛星伝送実験 1	8
2-2-2-3 衛星伝送実験 2	9
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... 9	
2-2-3 実験項目概要.....	10
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	10
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.....	12
2-2-4 実験機材一覧.....	15
2-2-5 実験スケジュール.....	17
2-2-6 実験系統図.....	19
2-2-6-1 擬似中継器実験 測定系統図(1波伝送用)	19
2-2-6-2 擬似中継器実験 測定系統図(干渉実験用).....	20
2-2-6-3 衛星伝送実験 測定系統図.....	21
2-3 伝送路符号化部実験－擬似中継器実験 実験結果.....	23
2-3-1 パイロット信号による性能改善評価.....	23
2-3-2 シンボルレート、ロールオフ率の暫定値の選定	23
2-3-2-1 伝送特性における制約条件	23
2-3-2-2 多重化における制約条件.....	24
2-3-2-3 擬似中継器による実験	24
2-3-2-4 シンボルレートの検討	29
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	31
2-3-4 擬似中継器折返しにおける占有帯域幅測定.....	32
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	34
2-3-6 ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定.....	38
2-3-7 同期限界測定	39
2-3-8 遅延時間測定	40

付録 1 擬似中継器実験付録	42
付録 1-1 所要 C/N の定義	42
付録 1-1-1 ARIB 実証実験における取得データ	42
付録 1-1-2 所要 C/N の導出手法	43
付録 1-2 ARIB 実験で使用した ODU 性能一覧	44
付録 1-3 スペクトラム写真	46
付録 1-3-1 干渉実験 (3.3 節)	46
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)	48
付録 1-4 コンスタレーション写真(3.5 節)	53
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	62
付録 1-6 16/32APSK の最適 OBO 値測定について	77
2-4 伝送路符号化部実験－衛星伝送実験 実験結果	80
2-4-1 RF 実験および衛星伝送実験の主要パラメータ	80
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	80
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	83
2-4-4 ODU 挿入時における C/N 劣化量の測定	92
2-4-5 同期限界測定	94
2-4-6 TLV 機能の動作検証	95
2-4-7 総合試験特性	98
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)	98
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) ..	102
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 ..	108
付録 2 衛星伝送実験	115
付録 2-1 スペクトラム写真 (4.2 節)	115
付録 2-2 コンスタレーション写真 (4.3、4.4 節)	125
付録 2-3 衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率特性 (4.3 節)	135
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)	150
付録 3 実験構成機器	156
付録 3-1 変調器、復調器	156
付録 3-2 擬似中継器実験	157
付録 3-3 地球局特性	163
付録 3-4 本実験に使用した衛星の伝送特性について	167
付録 3-4-1 衛星概要	167

付録 3-4-2 チャンネル周波数.....	168
付録 3-4-2-1 周波数変換.....	168
付録 3-4-2-2 送信信号特性.....	169

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) 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。

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

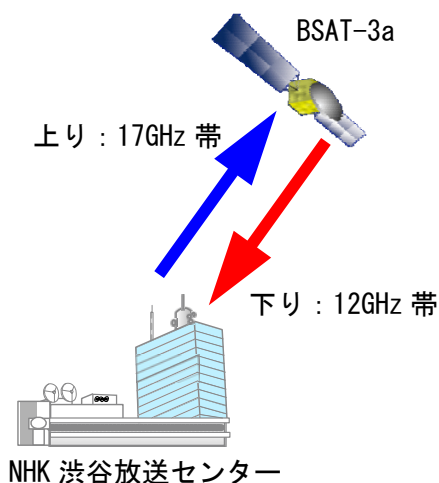
日時：

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

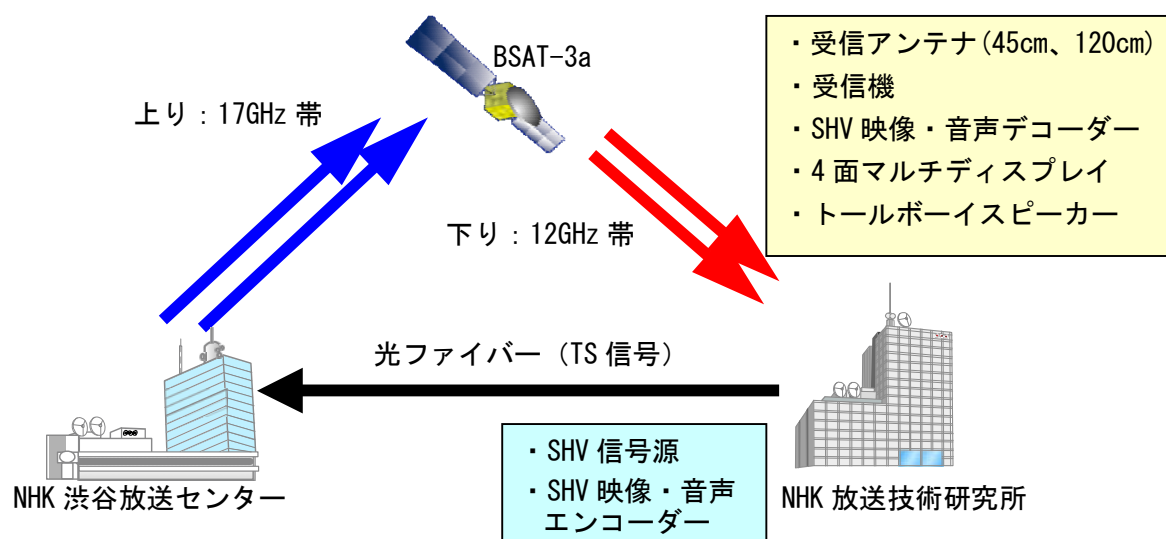
日時：2008/4/22～2008/4/24

- 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

・ 擬似中継器実験 (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) 擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 ($\pi/2$ シフト BPSK)	(4)占有帯域幅測定 (5) 擬似中継器折返し 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) 擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (32APSK) 最適 OBO 検証	(5) 擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率 (16APSK) 最適 OBO 検証	(4) 占有帯域幅測定 (5) 擬似中継器折返し 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) 擬似中継器折返し 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）

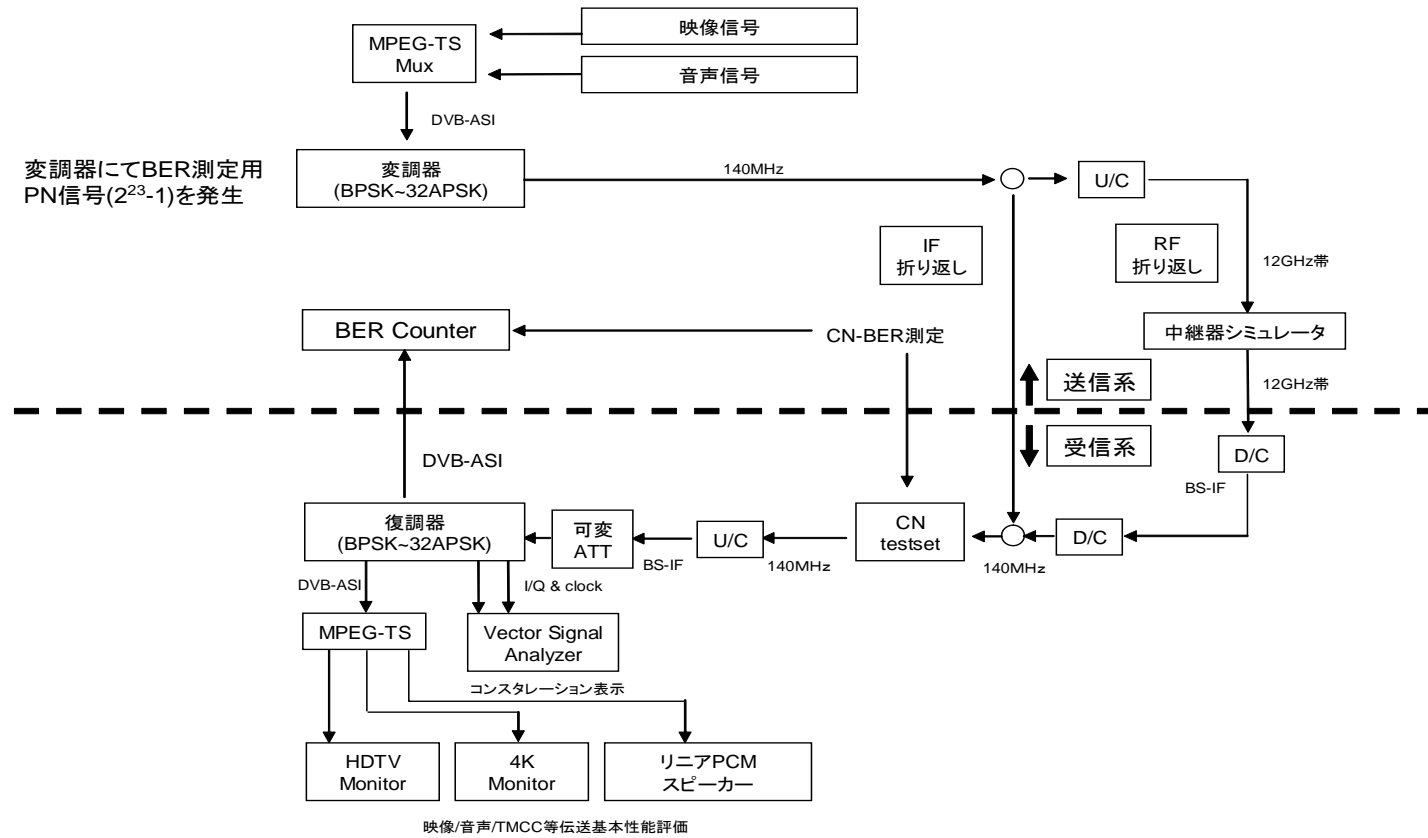
曜日	月	火	水	木	金
日時	2008年2月4日	2月5日	2月6日	2月7日	2月8日
実験項目	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 ($\pi/2$ シフト BPSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (QPSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (8PSK) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (16APSK) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (32APSK)
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)）

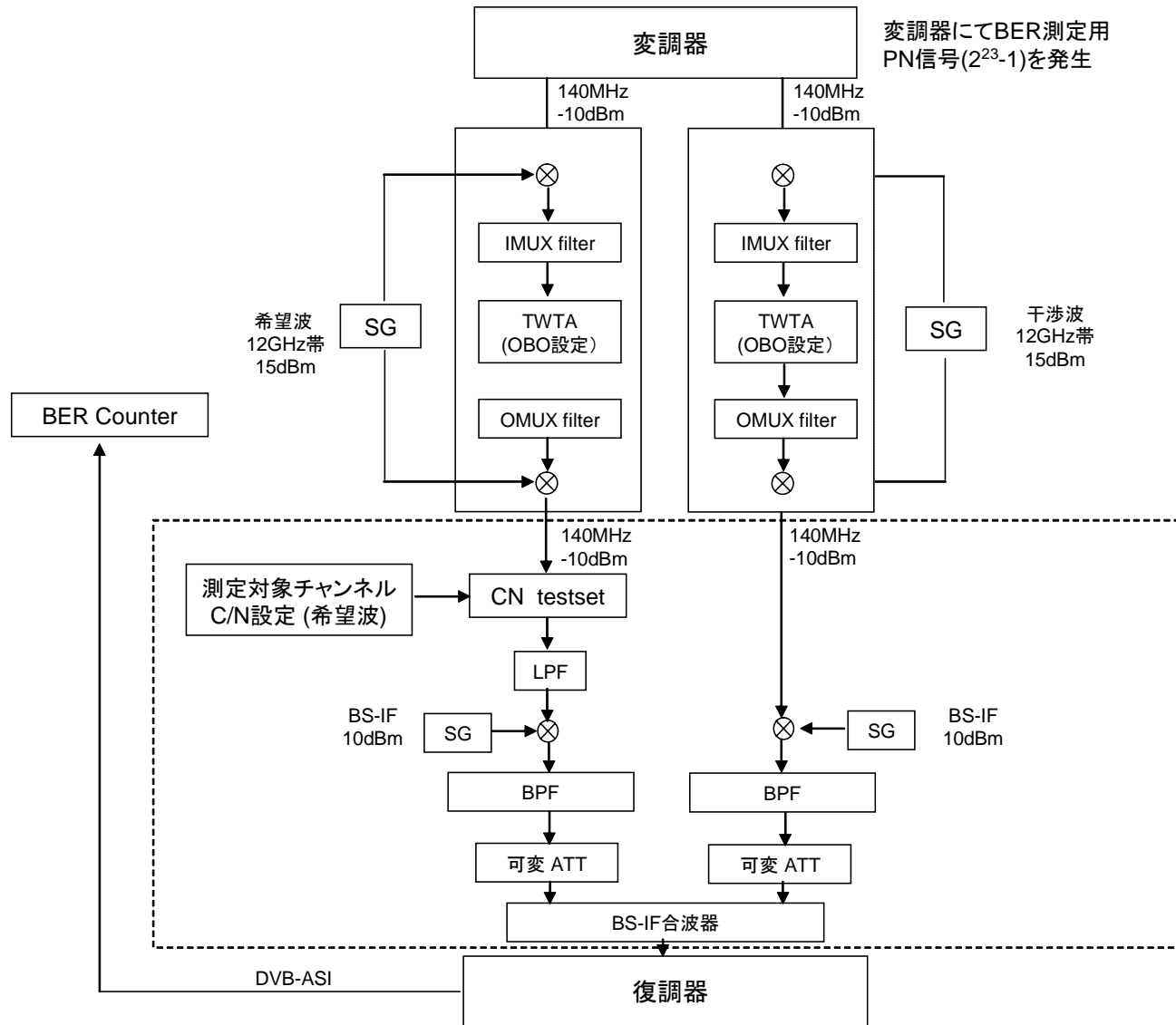
曜日	月	火	水	木	金
日時	2008年4月21日	4月22日	4月23日	4月24日	4月25日
実験項目	-	(2) 占有帯域幅測定 (3) C/N 対ビット誤り率 (32APSK 1/4 1/3 2/5) (4) ODU 挿入時 C/N 対ビット誤り率 (16APSK)	(5) 同期限界測定	(6) TLV 動作検証 (7) 総合試験 (8PSK HDTV 4 番組伝送 階層伝送、 リニア PCM (H.264 5.1ch))	-
日時	5月12日	5月13日	5月14日	5月15日	5月16日
実験項目	-	-	-	(7) 総合試験 32APSK SHV 伝送 8PSK バルク SHV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

2-2-6 実験系統図

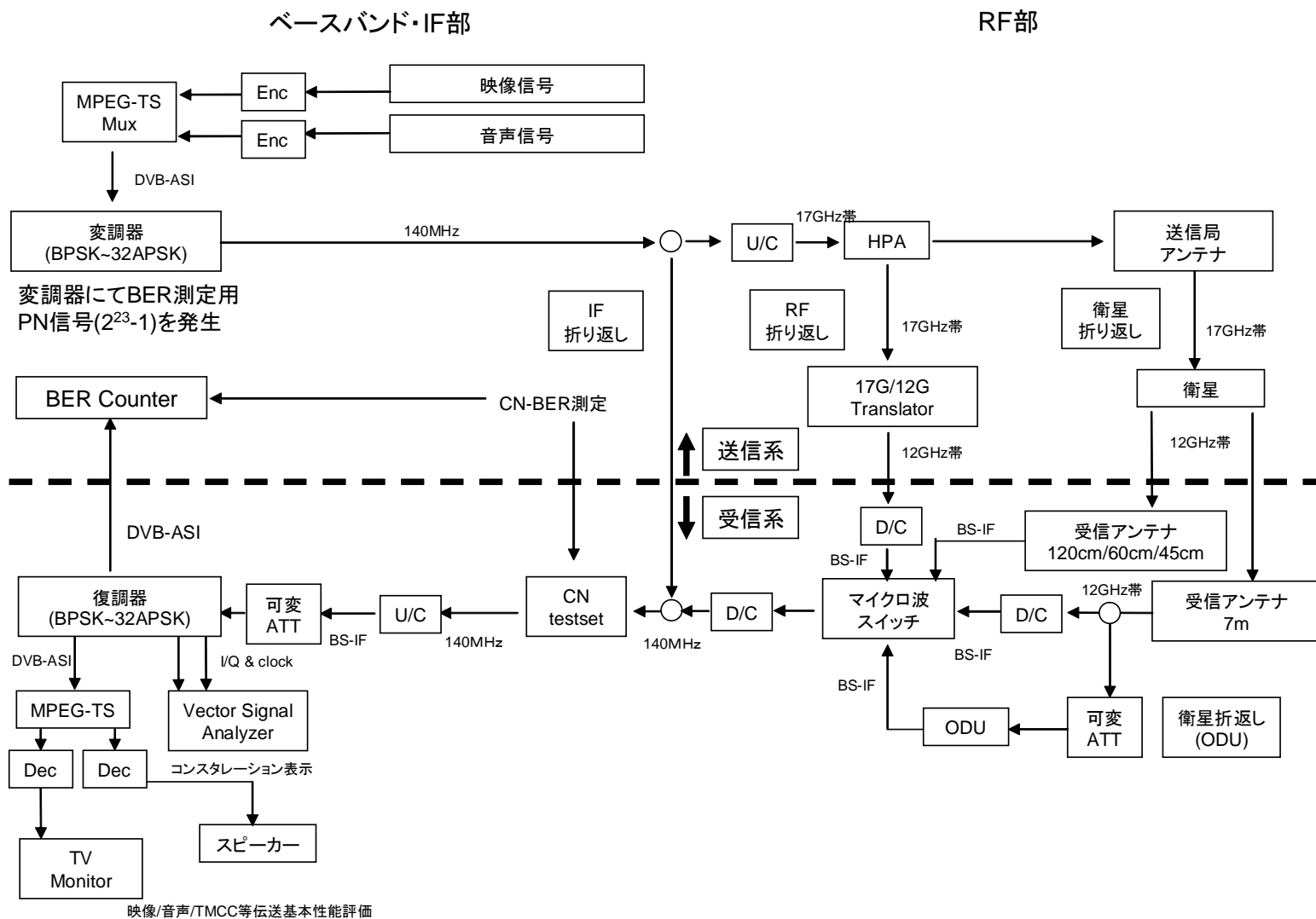
2-2-6-1 擬似中継器実験 測定系統図 (1波伝送用)



2-2-6-2 擬似中継器実験 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



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
- ・ OB0：3.5dB
- ・ 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)

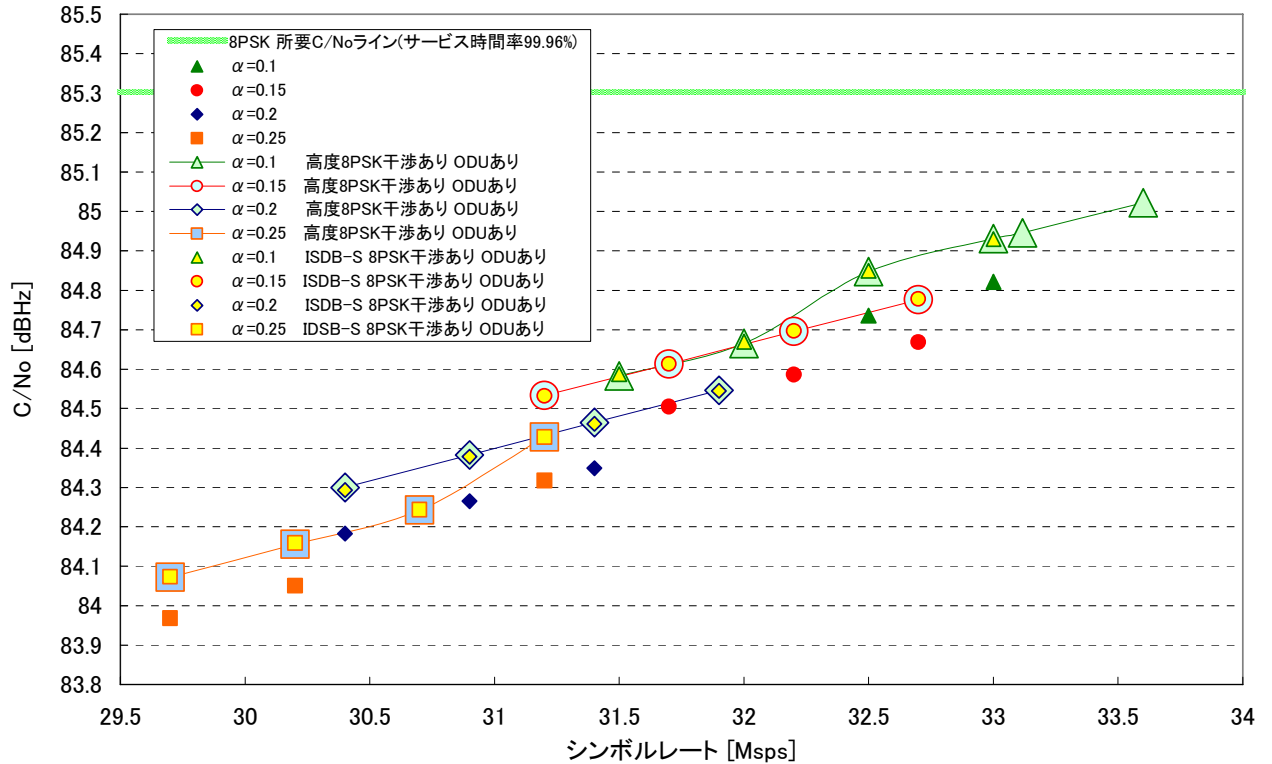


図 1 擬似中継器実験結果 (8PSK)

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)

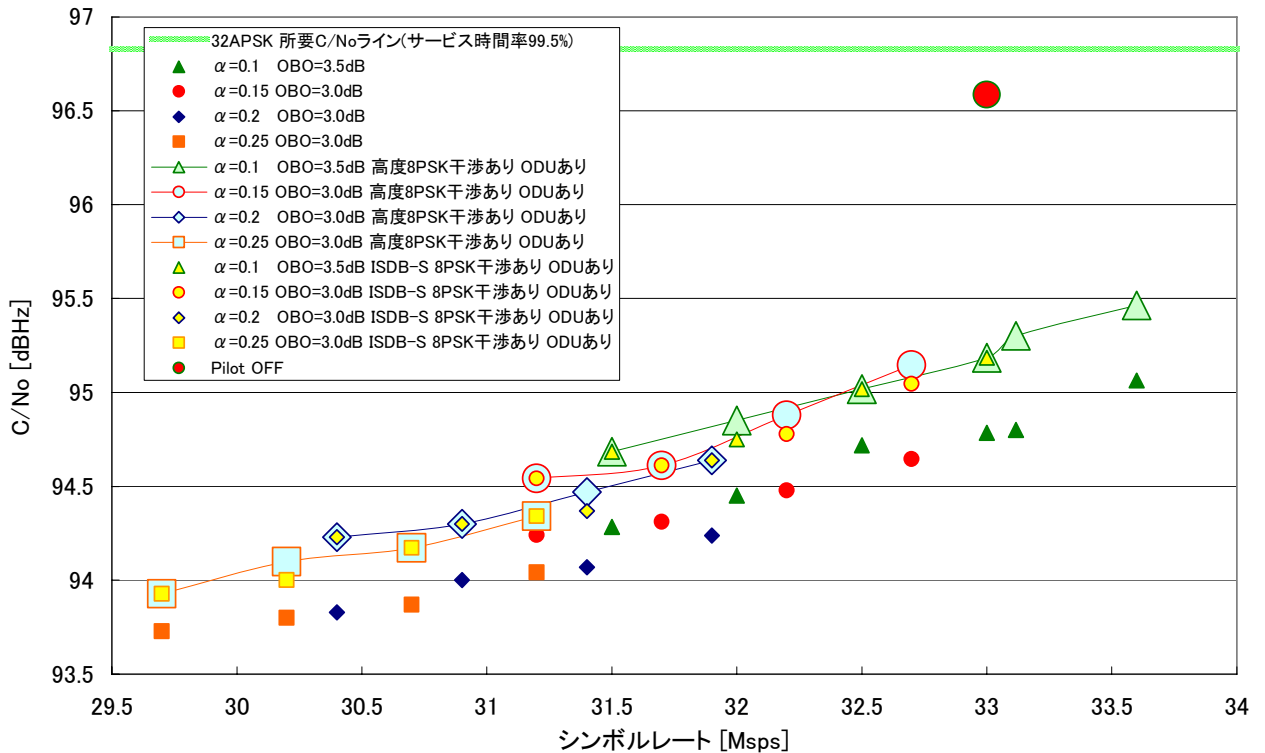


図 2 擬似中継器実験結果 (32APSK)

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)

OB0 : 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、32.68×10⁶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	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	-2.1	-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	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	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

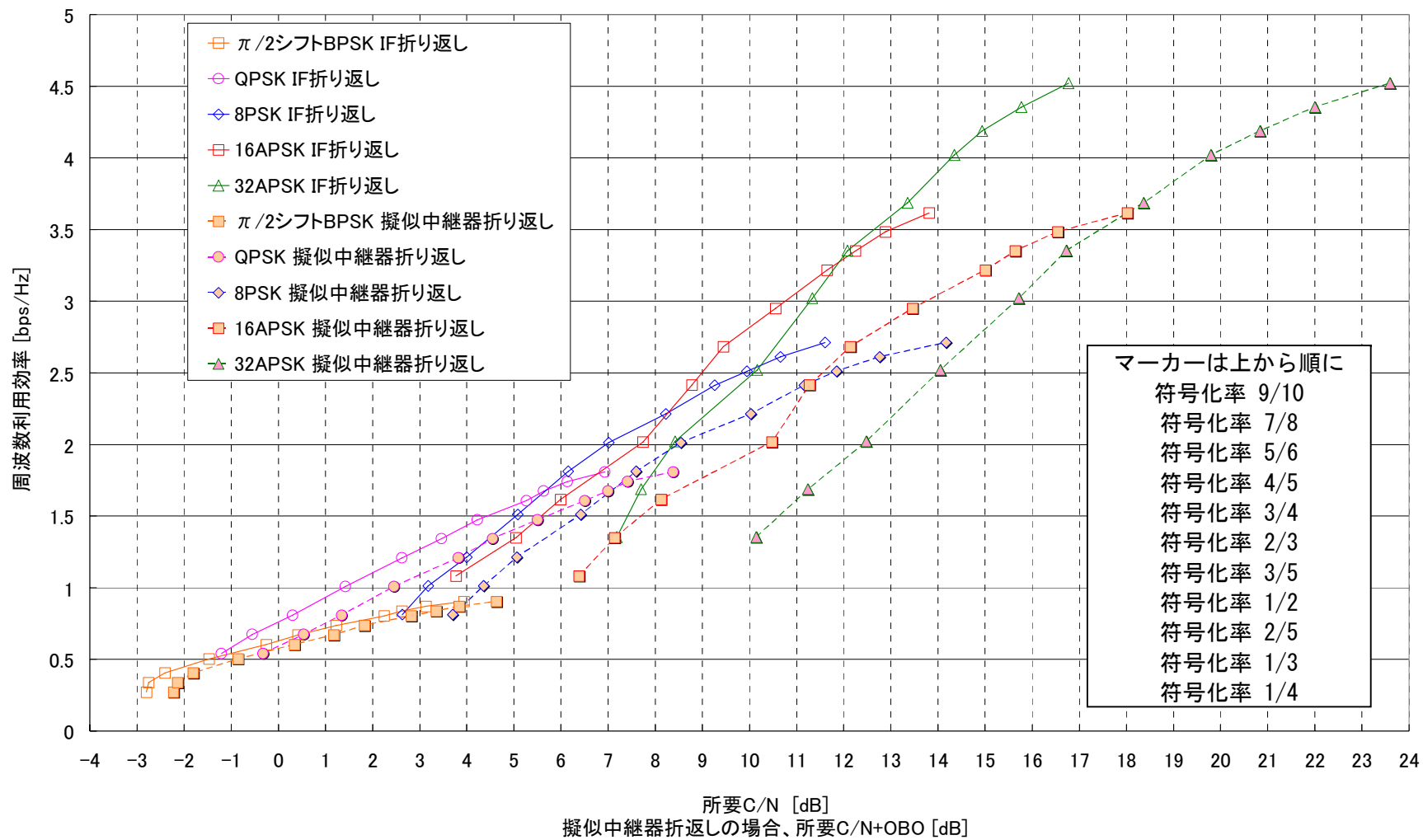


図3： I F折返し/擬似中継器折返し 所要 C/N 対周波数利用効率

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。

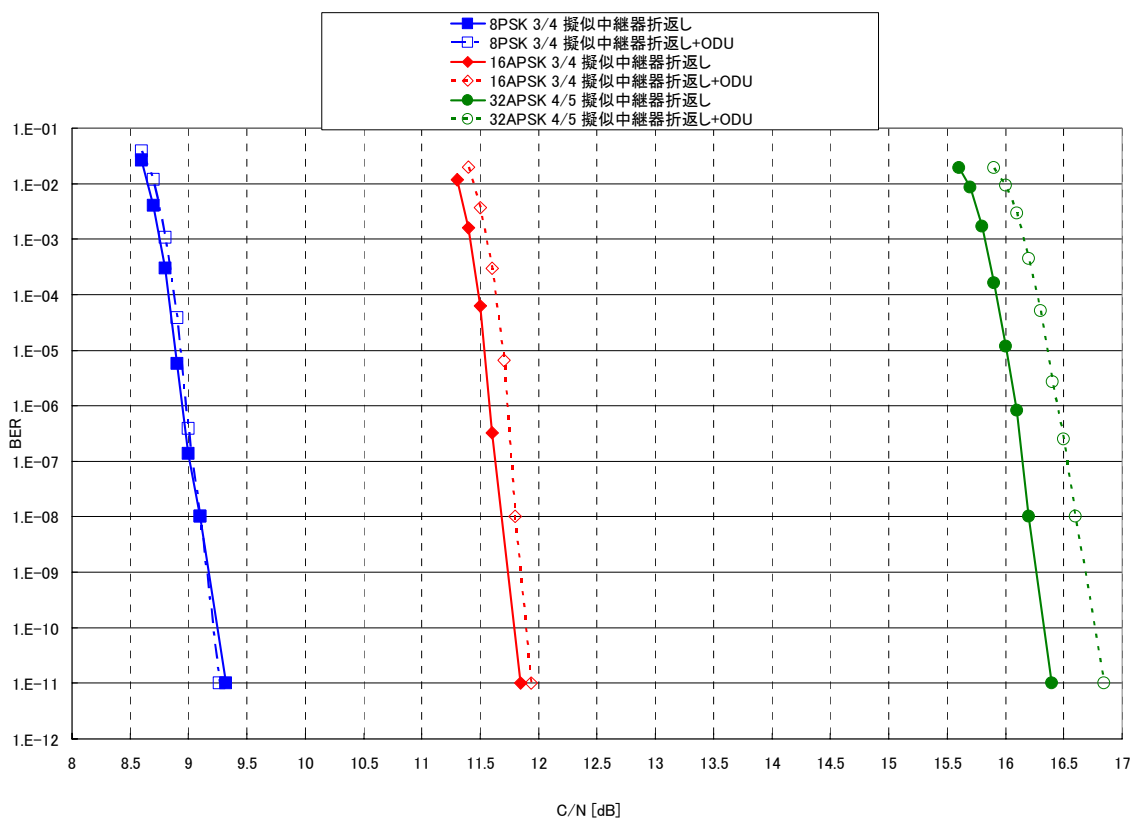


図 4 : ODU 挿入時の 8PSK 3/4 16APSK 3/4 32APSK 4/5
擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率

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	-2.8		
-4.5	1211.86		-4.5	-1.6(2回)	-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_o 、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_o-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。

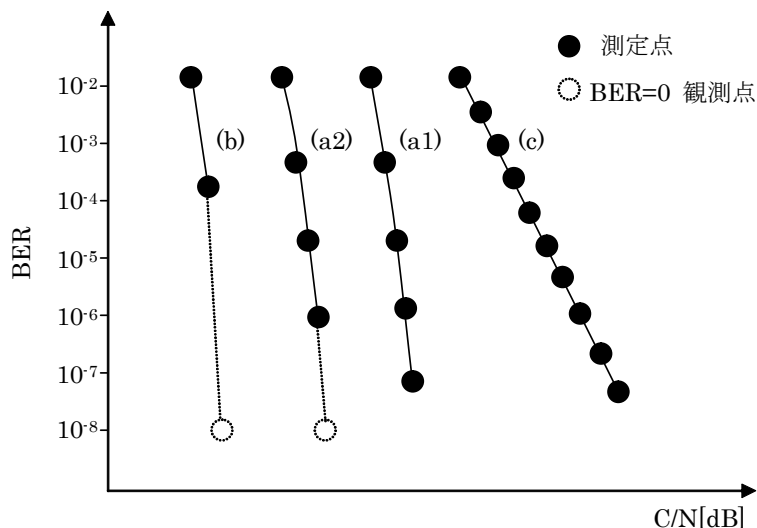


図 6 取得データのパターン

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。

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

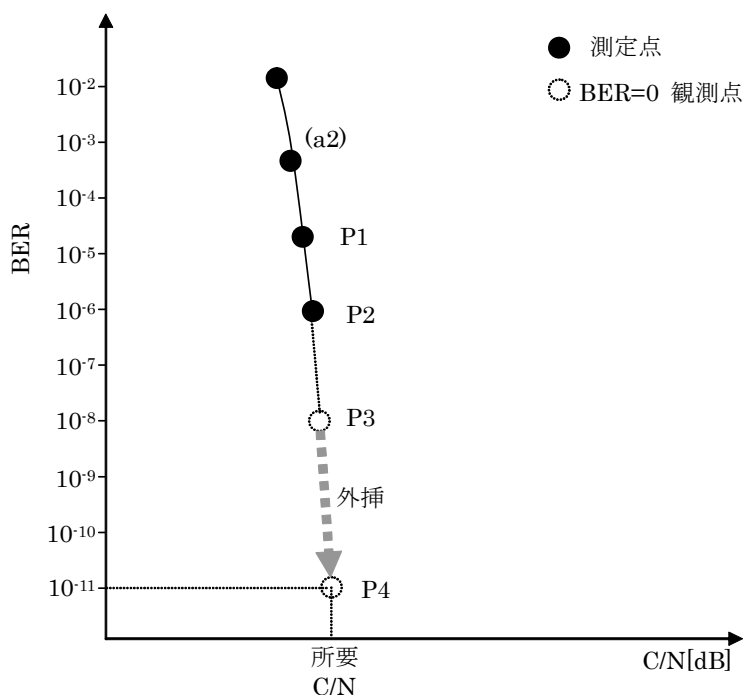


図 7 データの外挿による所要 C/N の導出

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

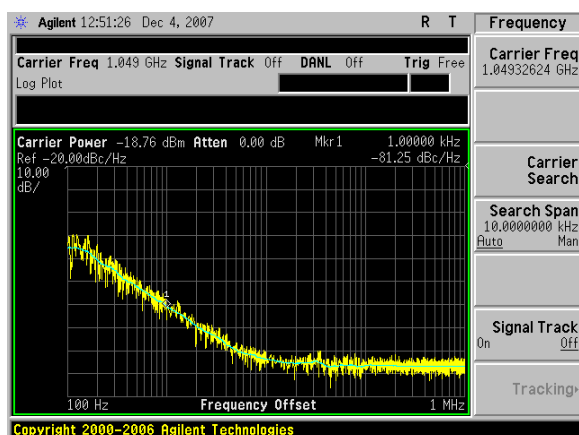


図 8-B : 位相雑音特性

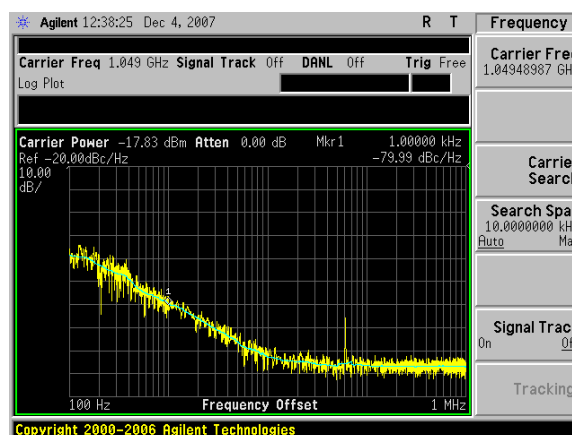


図 8-C : 位相雑音特性

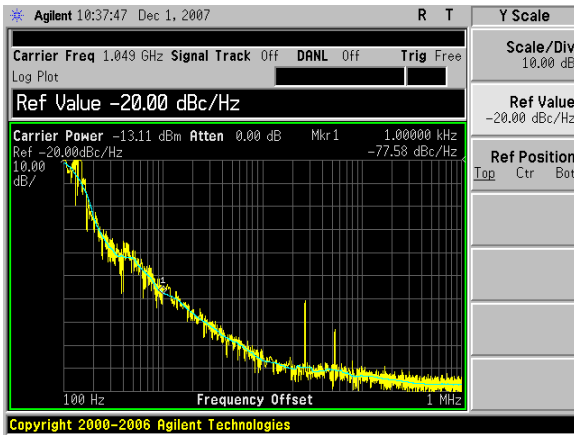


図 8-D : 位相雑音特性

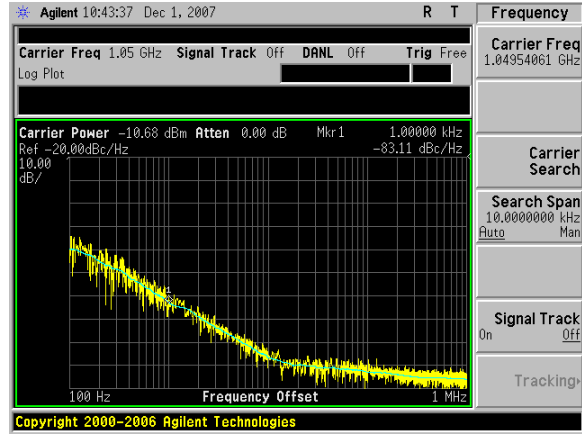


図 8-E : 位相雑音特性

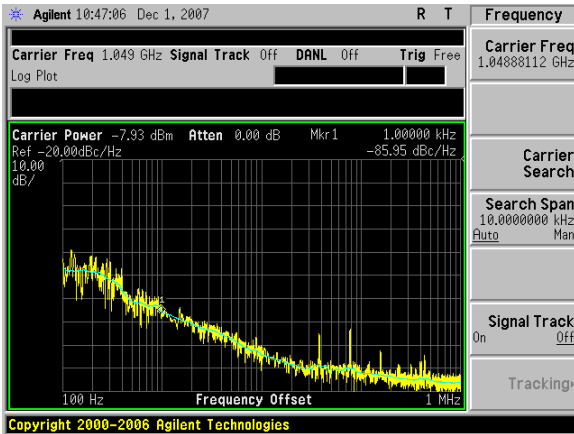


図 8-F : 位相雑音特性

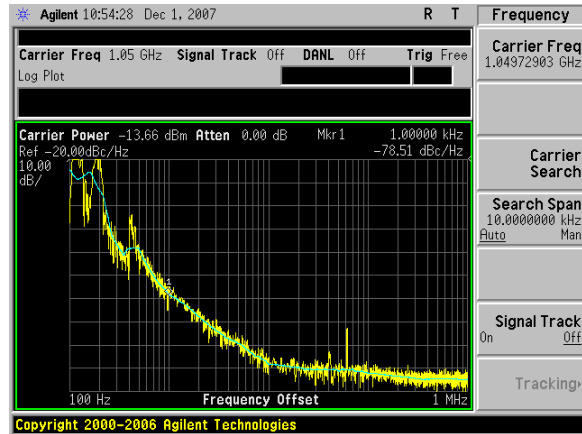


図 8-G : 位相雑音特性

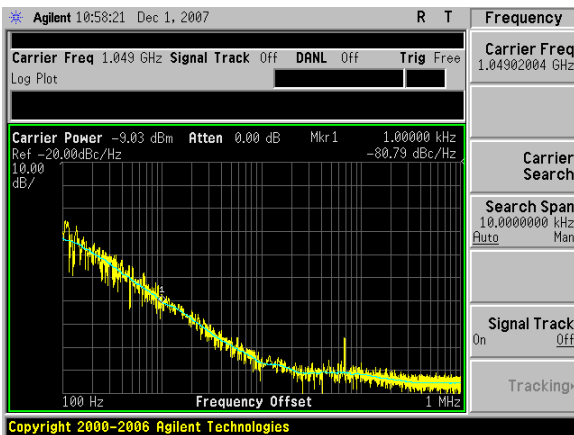


図 8-H (同波管接続) : 位相雑音特性



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

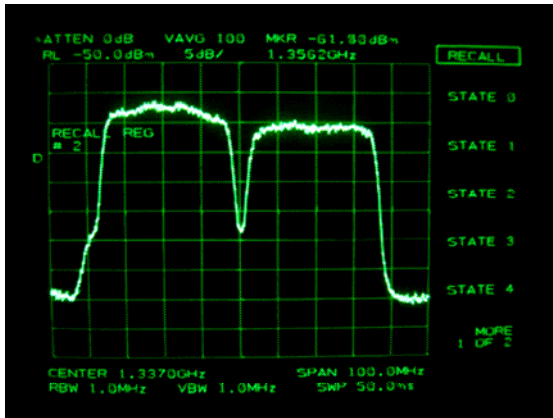


写真 1-1.

与干涉 32APSK(15ch) ⇒ 被干涉 32APSK(17ch)

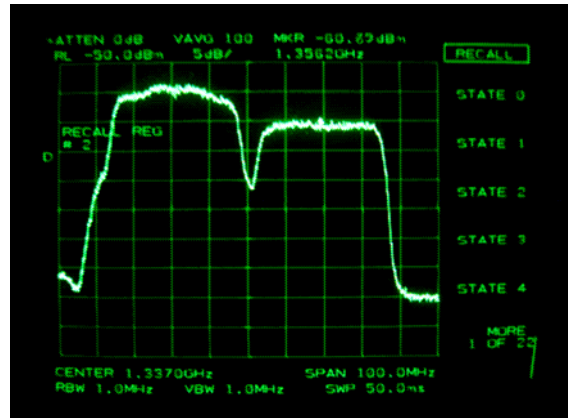


写真 1-4

与干涉 8PSK(15ch) ⇒ 被干涉 32APSK(17ch)

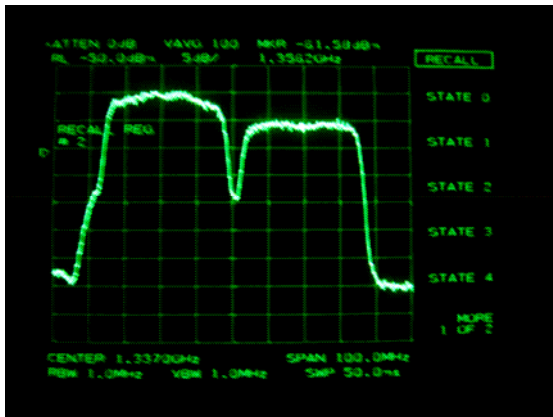


写真 1-2

与干涉 16APSK(15ch) ⇒ 被干涉 32APSK(17ch)

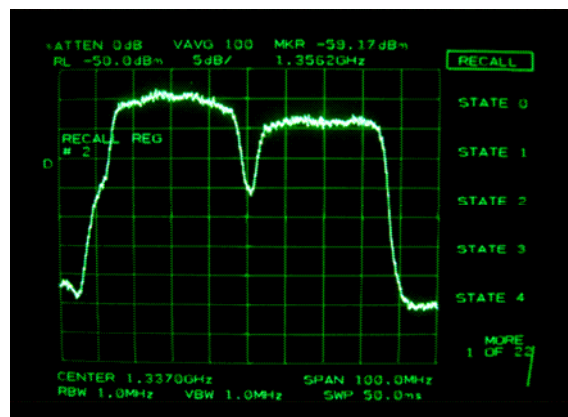


写真 1-5

与干涉 8PSK(15ch) ⇒ 被干涉 16APSK(17ch)

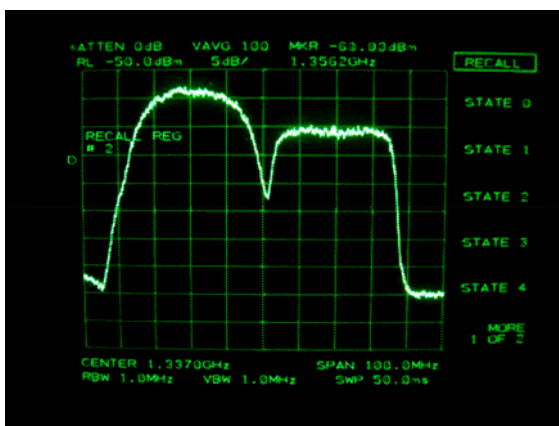


写真 1-3

(与干涉 1SDB-S(15ch) ⇒ 被干涉 32APSK(17ch))

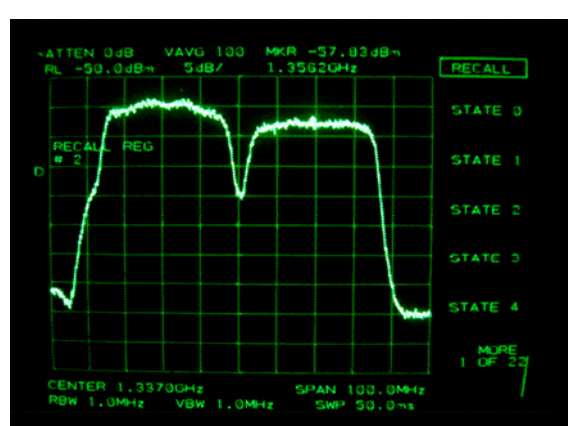


写真 1-6

与干涉 8PSK(15ch) ⇒ 被干涉 8PSK(17ch)

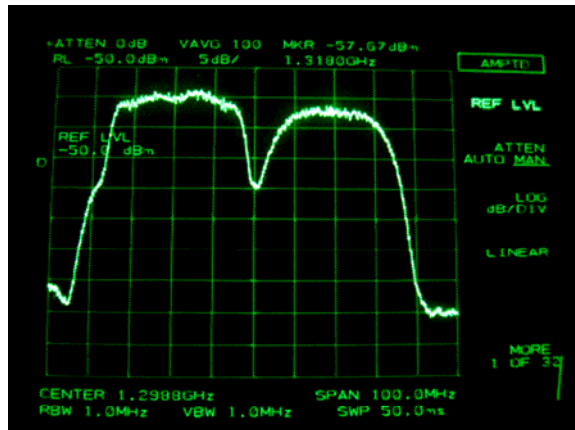


写真 1-7

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)

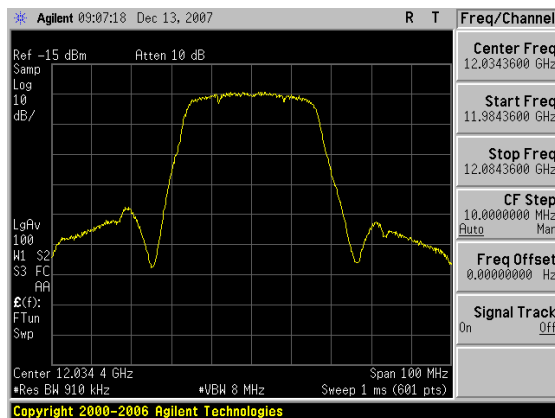


写真 2-1 BPSK(1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

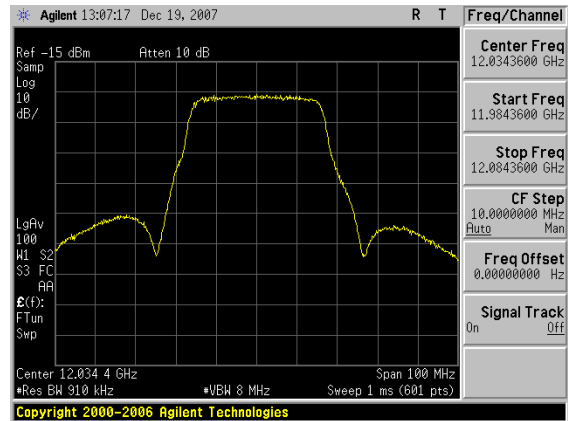


写真 2-4 16APSK(1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

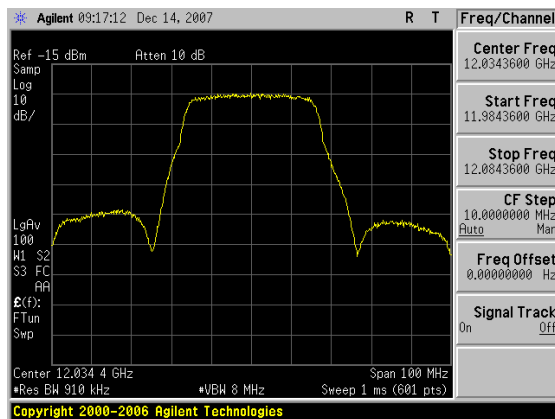


写真 2-2 QPSK(3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

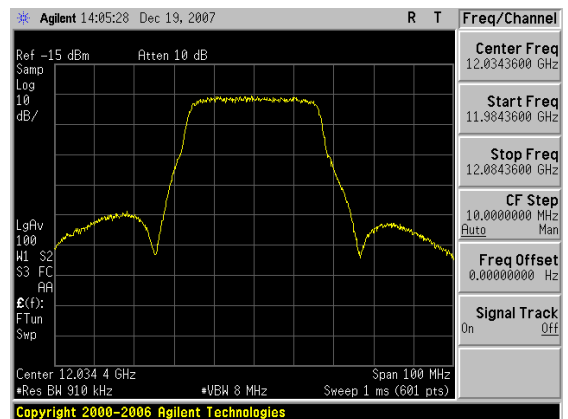


写真 2-5 16APSK(1/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

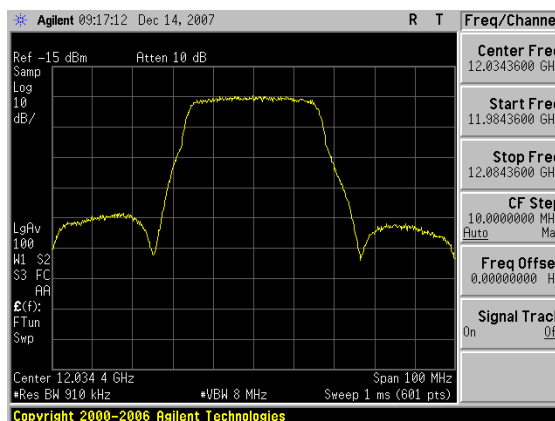


写真 2-3 8PSK(3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

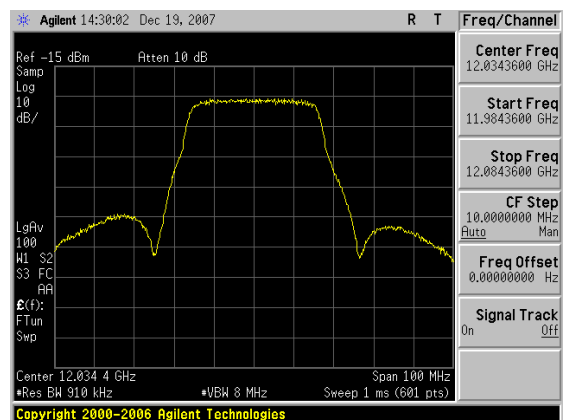


写真 2-6 16APSK(1/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

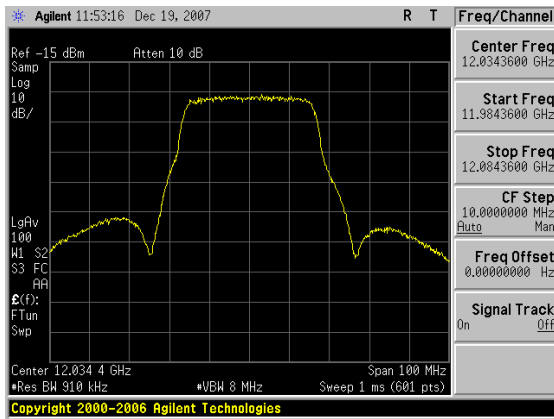


写真 2-7 16APSK (2/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

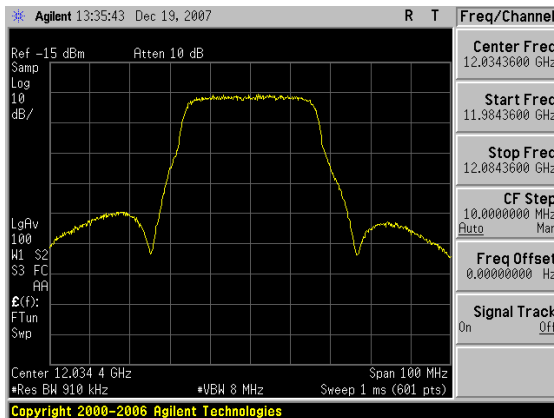


写真 2-8 16APSK (2/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

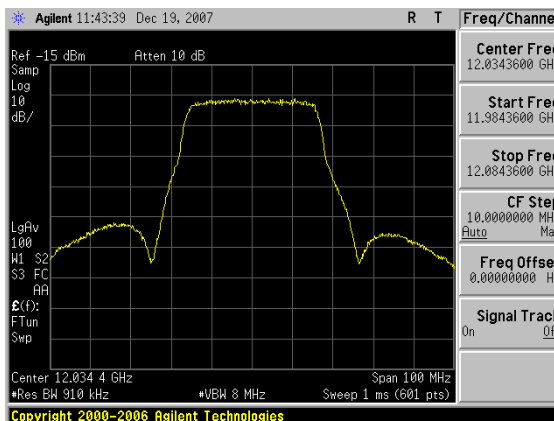


写真 2-9 16APSK (3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

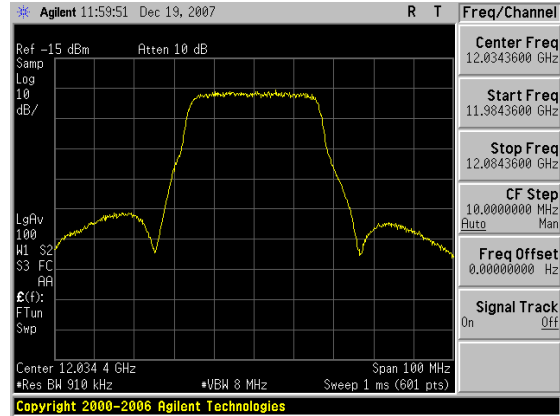


写真 2-9 16APSK (3/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

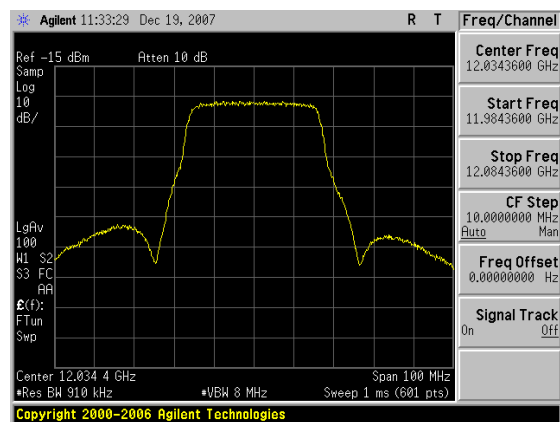


写真 2-10 16APSK (4/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

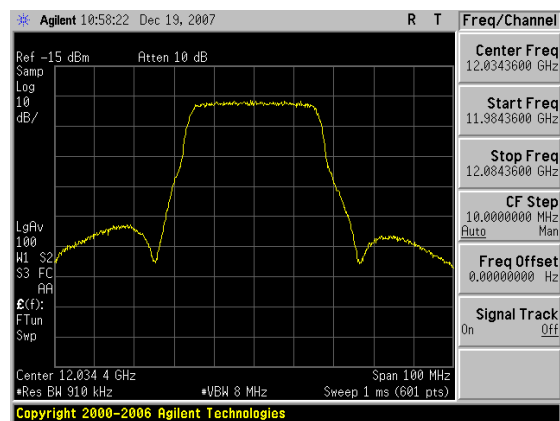


写真 2-11 16APSK (5/6) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

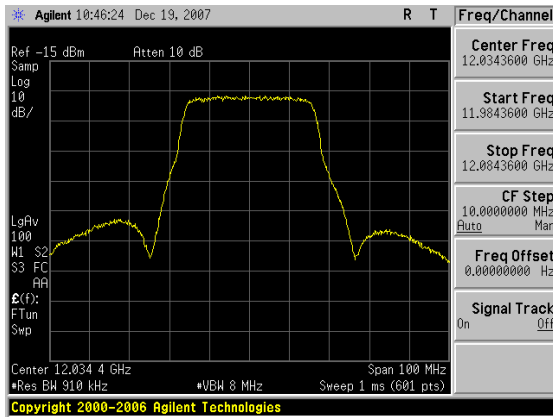


写真 2-12 16APSK (7/8) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

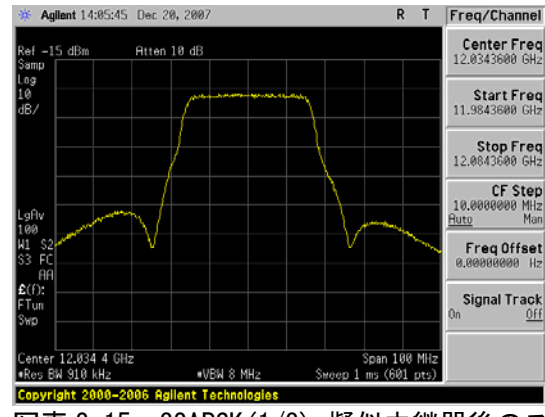


写真 2-15 32APSK (1/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

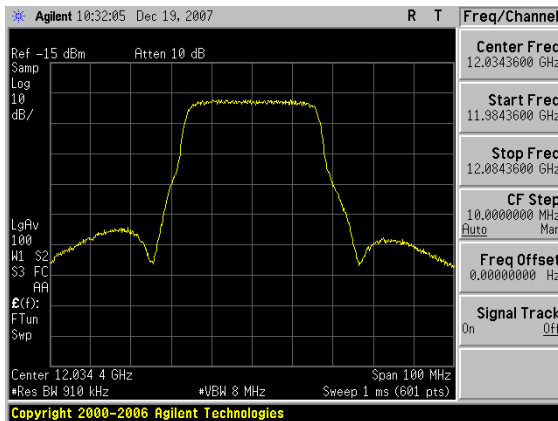


写真 2-13 16APSK (9/10) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

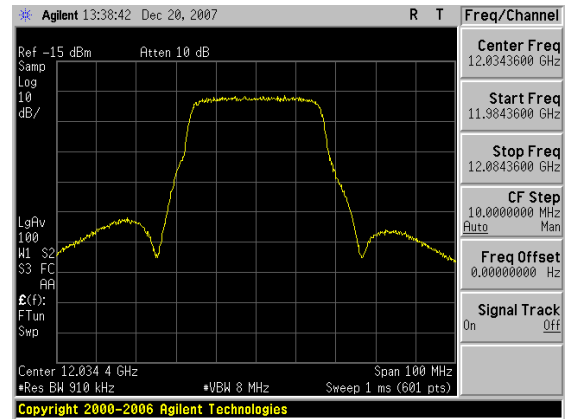


写真 2-16 32APSK (2/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

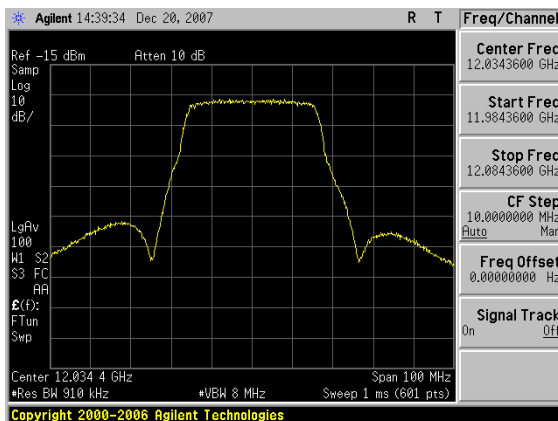


写真 2-14 32APSK (1/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

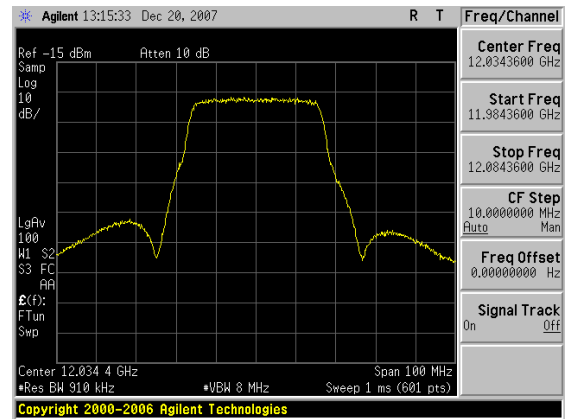


写真 2-17 32APSK (1/2) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

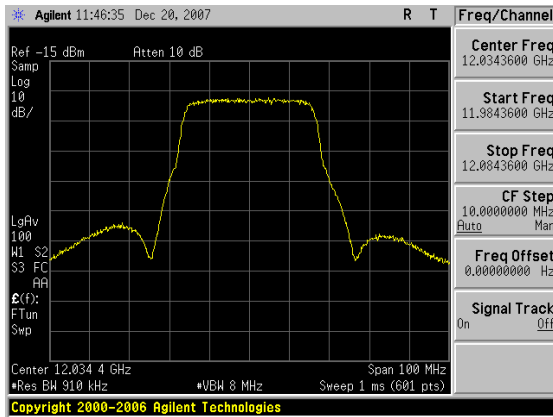


写真 2-18 32APSK (3/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

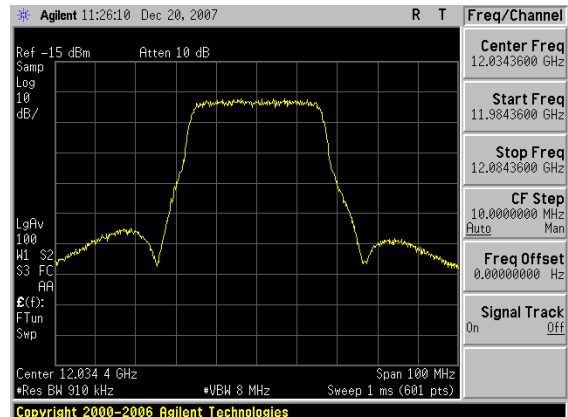


写真 2-20 32APSK (3/4) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

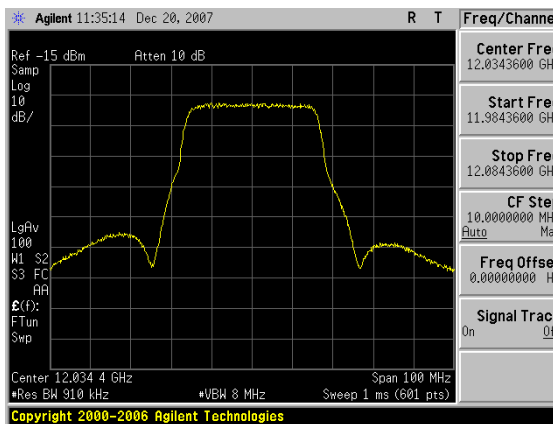


写真 2-19 32APSK (2/3) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

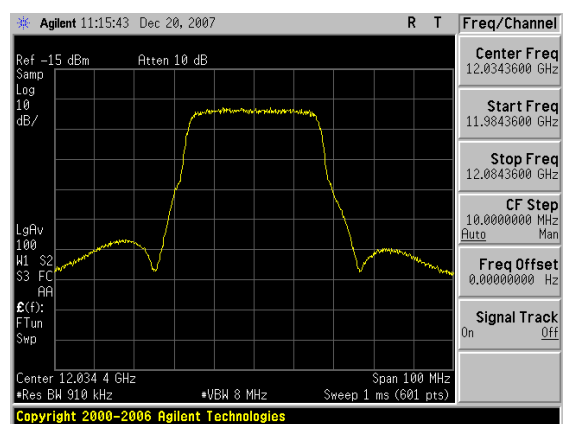


写真 2-21 32APSK (4/5) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

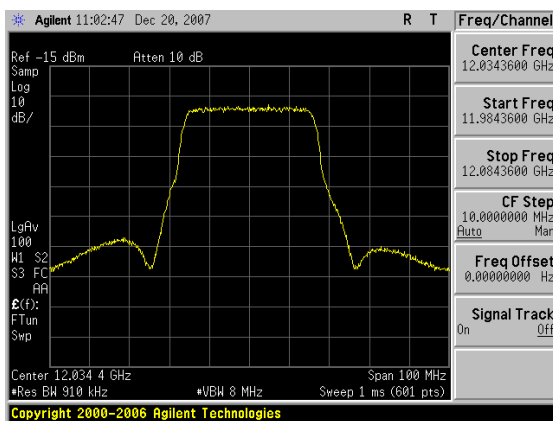


写真 2-22 32APSK (5/6) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

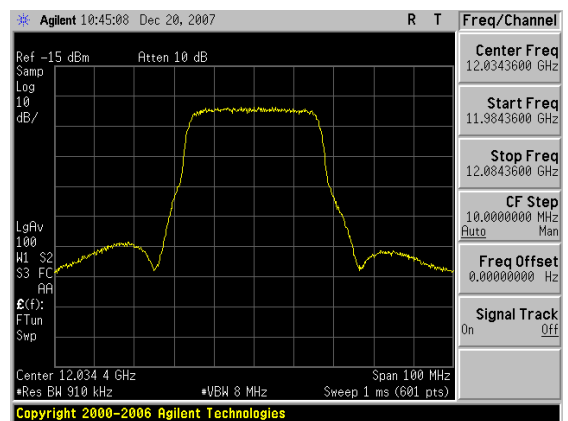


写真 2-23 32APSK (7/8) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=32.9MHz)

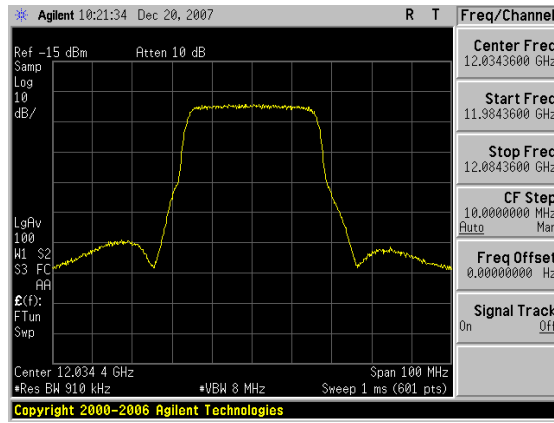


写真 2-24 32APSK (9/10) 擬似中継器後のスペクトル(占有帯域幅=33.0MHz)

付録 1-4 : コンスタレーション写真(3.5 節)

・ $\pi/2$ シフト BPSK

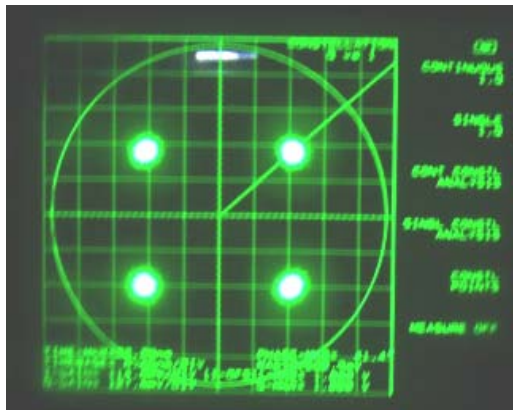


写真 3-1 BPSK IF 折返し
のコンスタレーション



写真 3-2 BPSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ QPSK

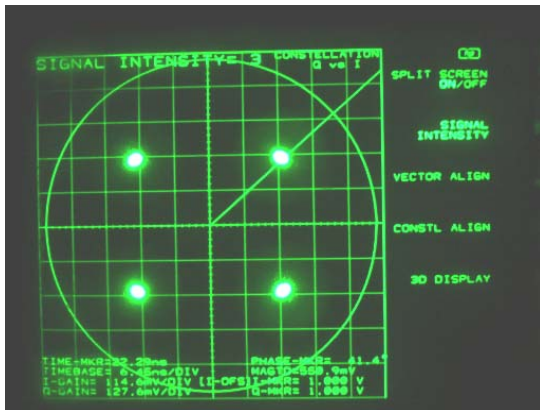


写真 4-1 QPSK IF 折返し
のコンスタレーション

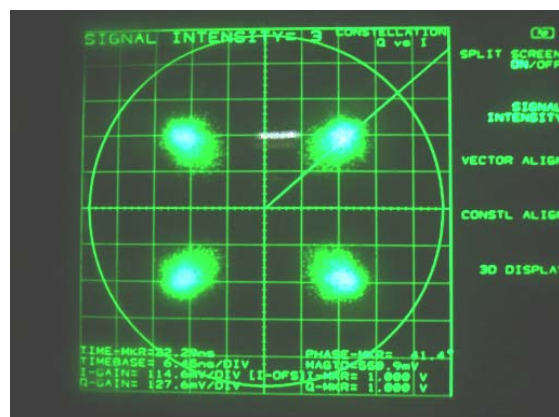


写真 3-5 QPSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ 8PSK

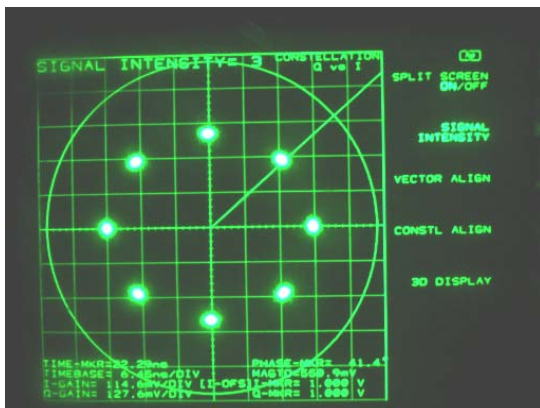


写真 5-1 8PSK IF 折返し
のコンスタレーション

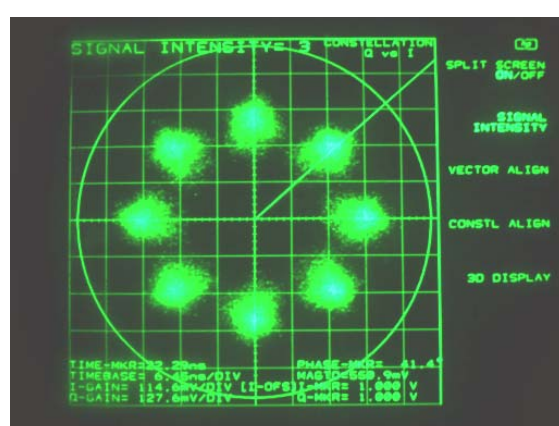


写真 5-2 8PSK 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

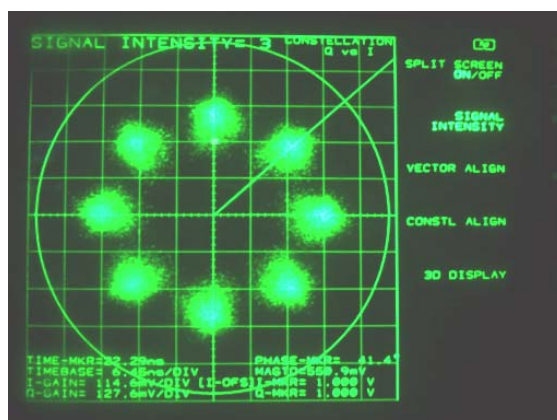


写真 5-3 8PSK 擬似中継器折返しのコスタレーション(ODUあり)

・ 16APSK



写真 6-1-1 16APSK(1/4) IF 折返しの
コスタレーション

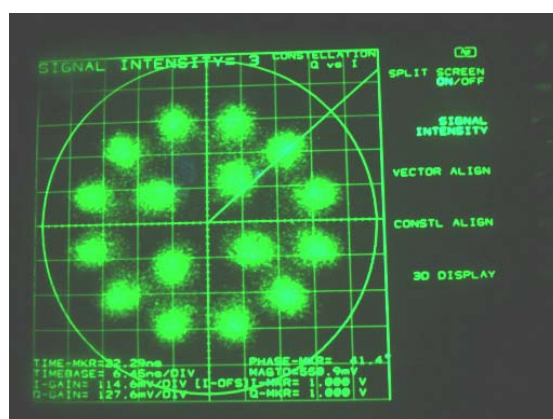


写真 6-1-2 16APSK(1/4) 擬似中継器
折返しのコスタレーション

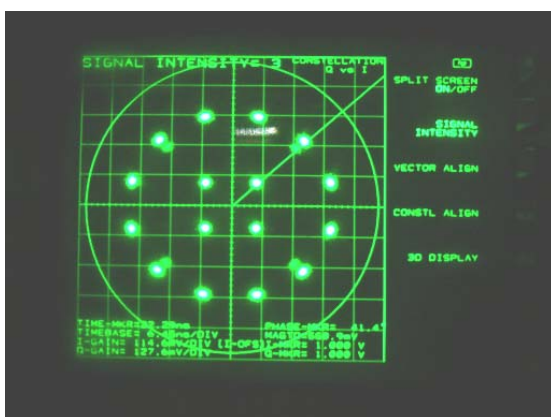


写真 6-2-1 16APSK(1/3) IF 折返しの
コスタレーション

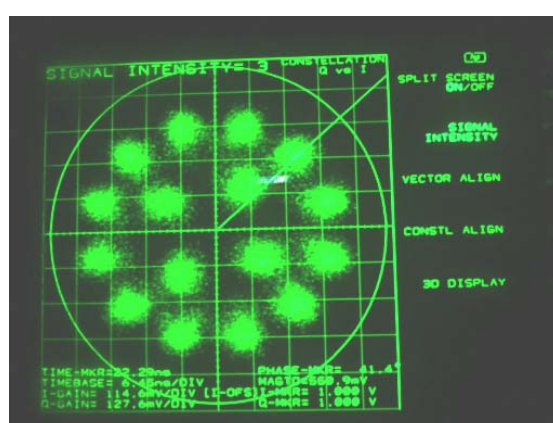


写真 6-2-2 16APSK(1/3) 擬似中継器
折返しのコスタレーション

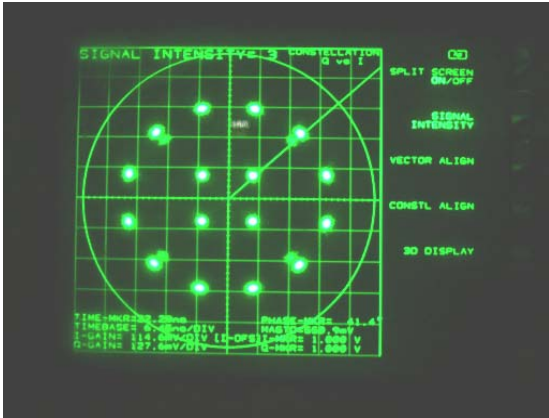


写真 6-3-1 16PSK(2/5) IF 折返しの
コンスタレーション

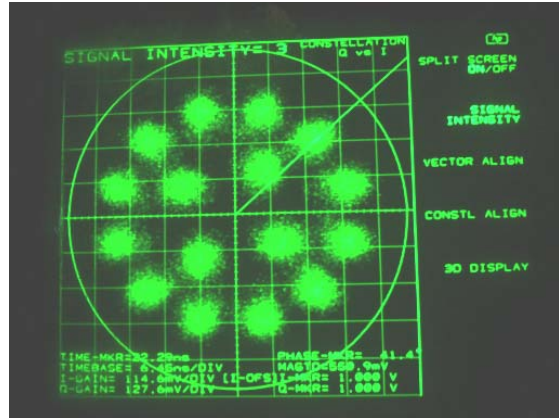


写真 6-3-2 16PSK(2/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

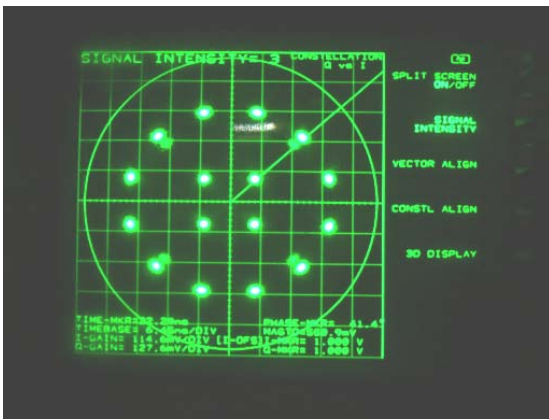


写真 6-4-1 16PSK(1/2) IF 折返しの
コンスタレーション

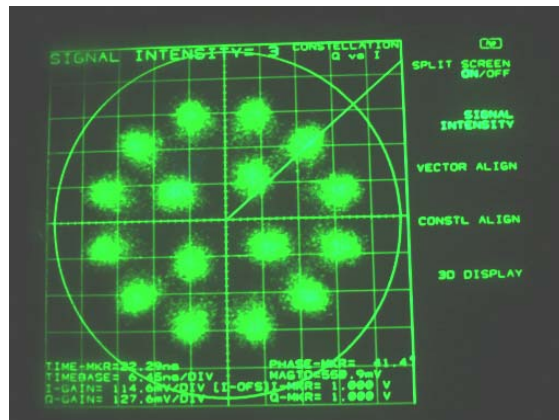


写真 6-4-2 16PSK(1/2) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

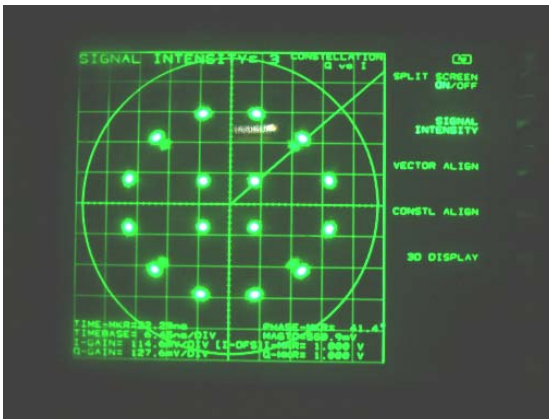


写真 6-5-1 16PSK(3/5) IF 折返しの
コンスタレーション

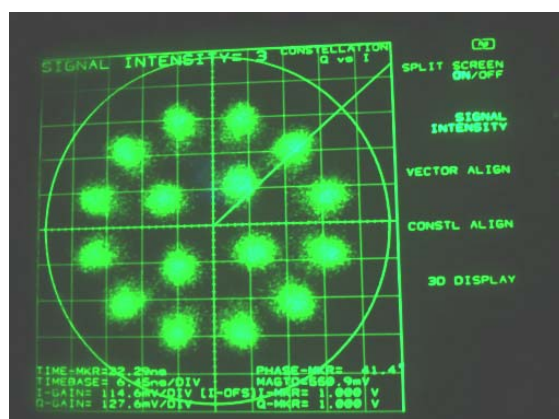


写真 6-5-2 16PSK(3/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

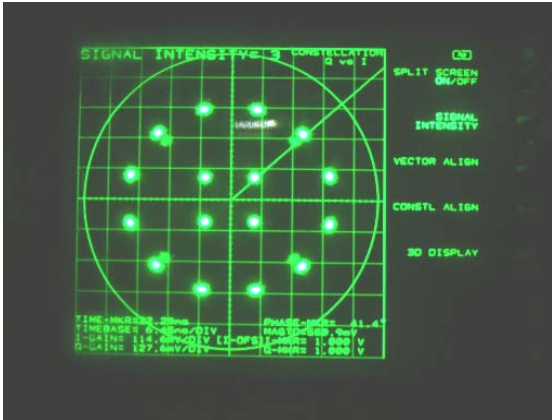


写真 6-6-1 16APSK(2/3) IF 折返しの
コンスタレーション

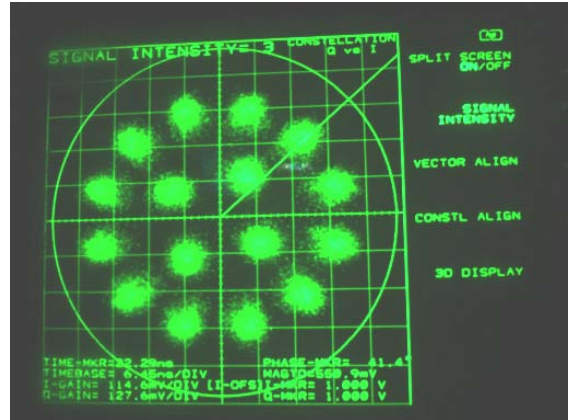


写真 6-6-2 16APSK(2/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

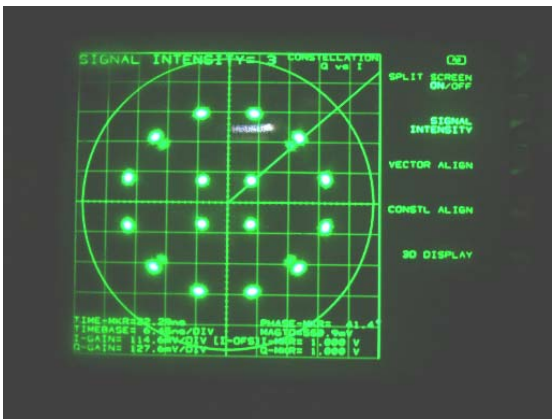


写真 6-7-1 16APSK(3/4) IF 折返しの
コンスタレーション

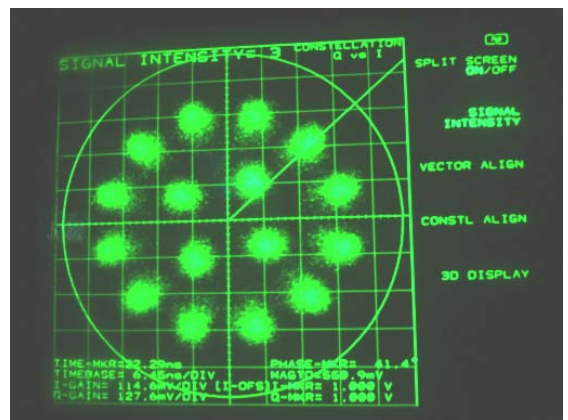


写真 6-7-2 16APSK(3/4) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

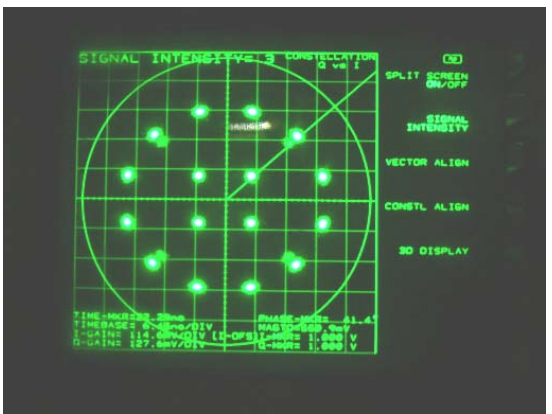


写真 6-8-1 16APSK(4/5) IF 折返しの
コンスタレーション

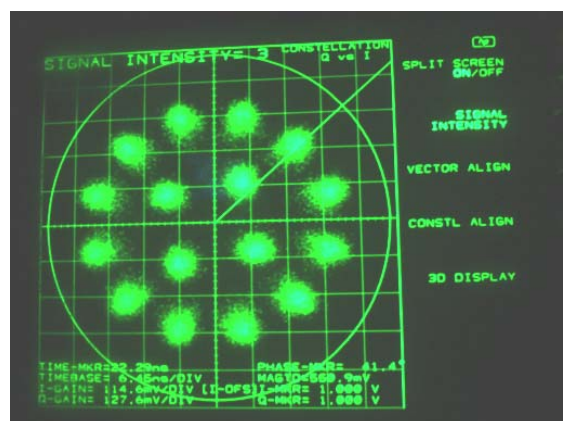


写真 6-8-2 16APSK(4/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション



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

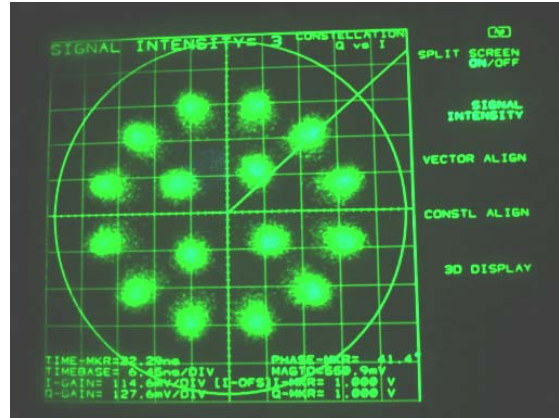


写真 6-9-2 16APSK(5/6) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

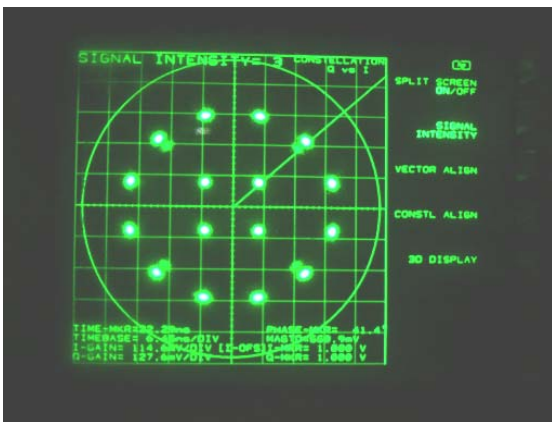


写真 6-10-1 16APSK(7/8) IF 折返しの
コンスタレーション

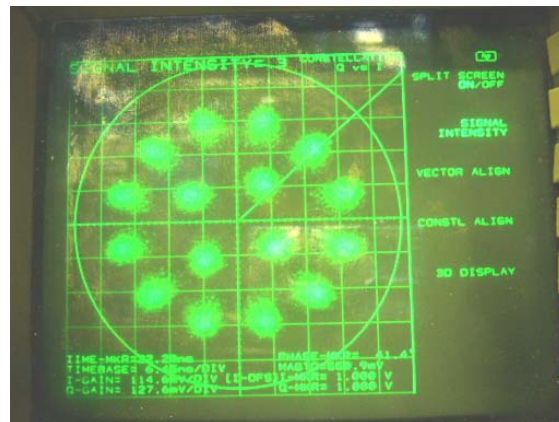


写真 6-10-2 16APSK(7/8) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション



写真 6-11-1 16APSK(9/10) IF 折返しの
コンスタレーション

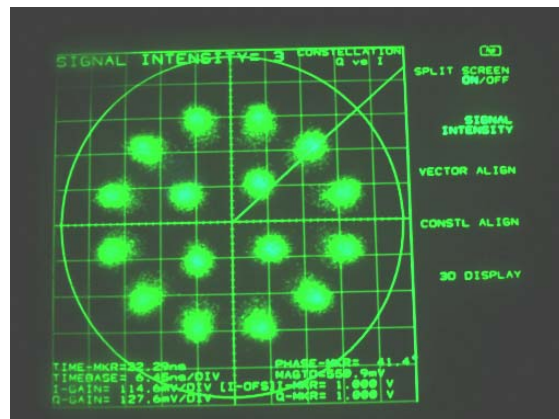


写真 6-11-2 16APSK(9/10) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

・ 32APSK

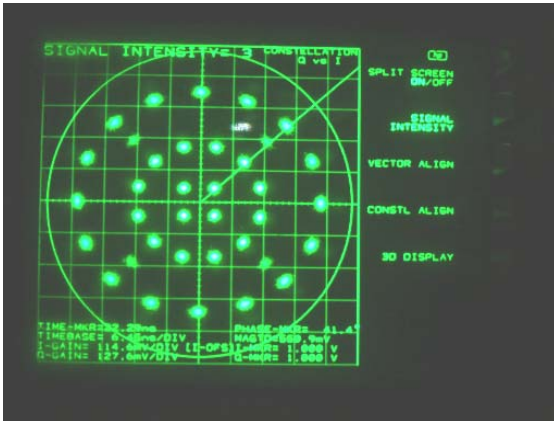


写真 7-1-1 32APSK(1/4) IF 折返しの
コンスタレーション

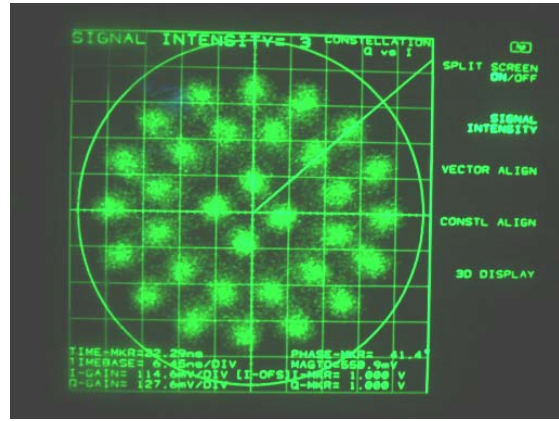


写真 7-1-2 32APSK(1/4) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

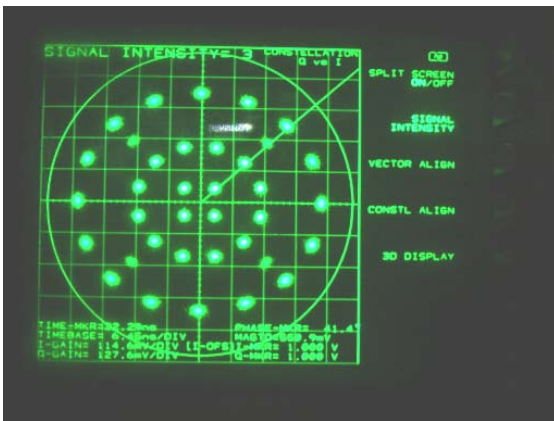


写真 7-2-1 32APSK(1/3) IF 折返しの
コンスタレーション

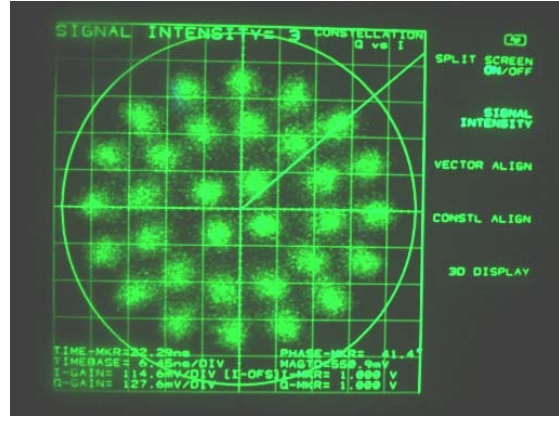


写真 7-2-2 32APSK(1/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

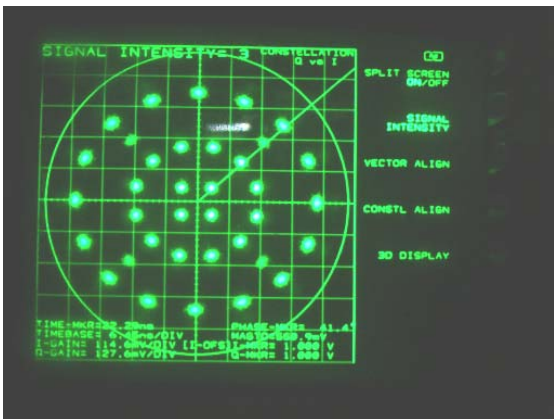


写真 7-3-1 32APSK(2/5) IF 折返しの
コンスタレーション

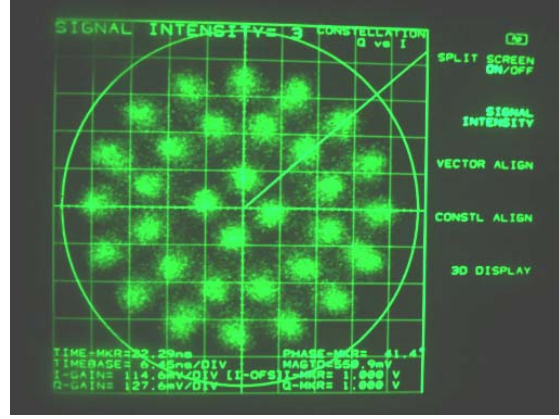


写真 7-3-2 32APSK(2/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

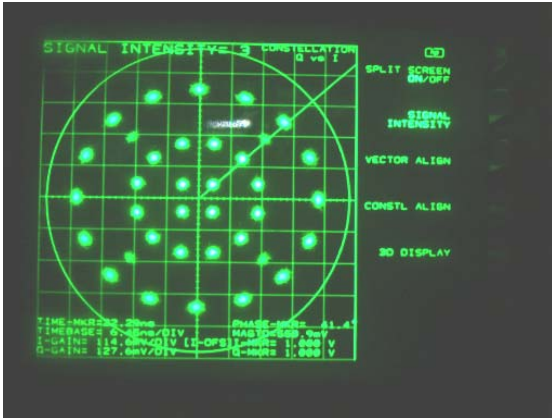


写真 7-4-1 32APSK(1/2) IF 折返しの
コンスタレーション

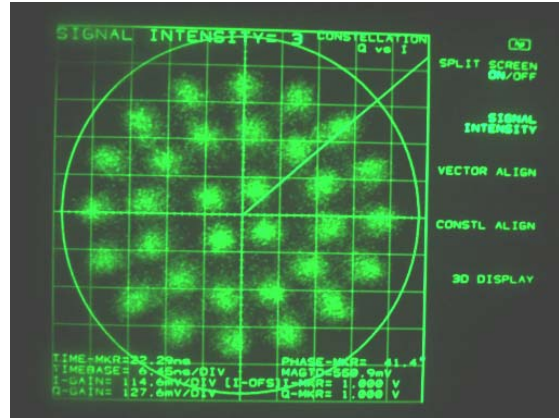


写真 7-4-2 32APSK(1/2) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

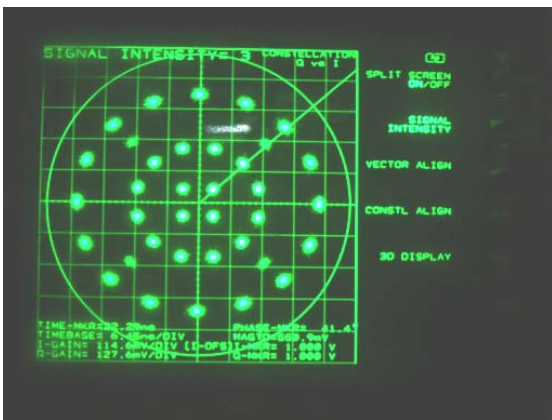


写真 7-5-1 32APSK(3/5) IF 折返しの
コンスタレーション

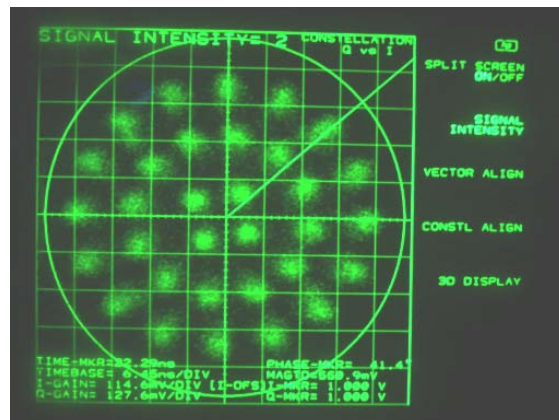


写真 7-5-2 32APSK(3/5) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

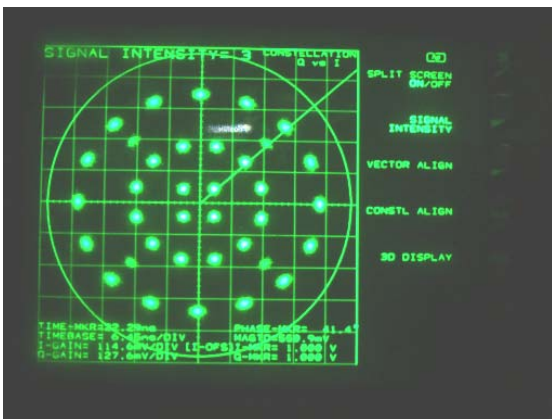


写真 7-6-1 32APSK(2/3) IF 折返しの
コンスタレーション

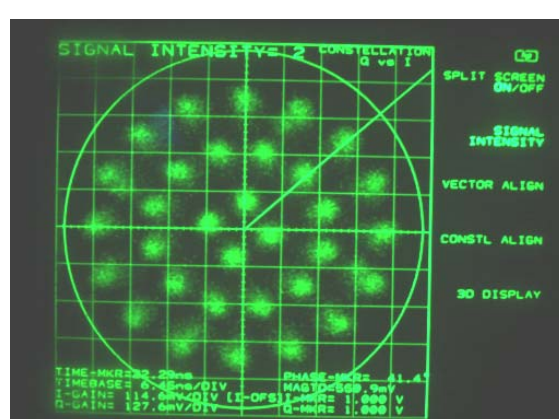


写真 7-6-2 32APSK(2/3) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

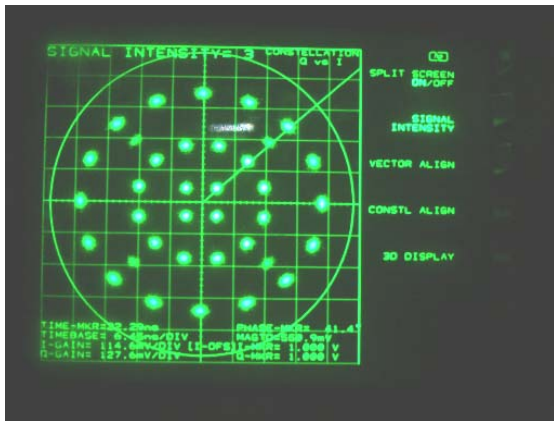


写真 7-7-1 32APSK(3/4) IF 折返し
のコンスタレーション



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

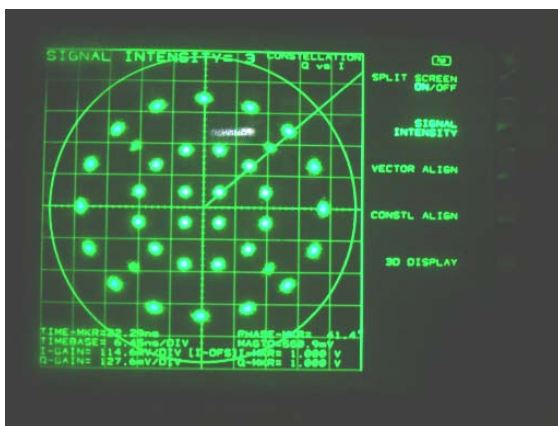


写真 7-8-1 32APSK(4/5) IF 折返し
のコンスタレーション

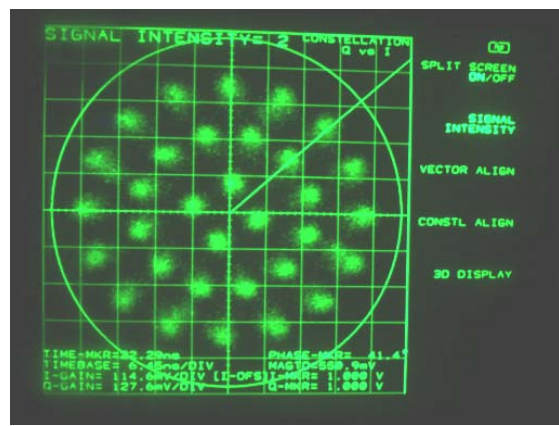


写真 7-8-2 32APSK(4/5) 擬似中継器
折返しコンスタレーション

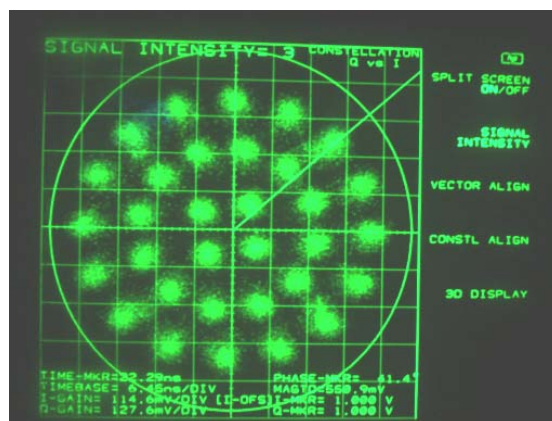


写真 7-8-3 32APSK(4/5) 擬似中継器
折返しコンスタレーション (ODU 入り)

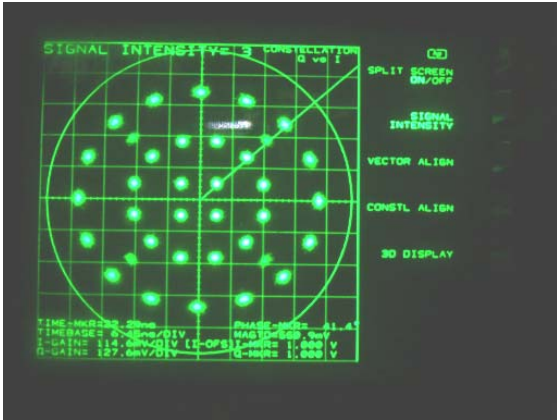


写真 7-9-1 32APSK(5/6) IF 折返しの
コンスタレーション

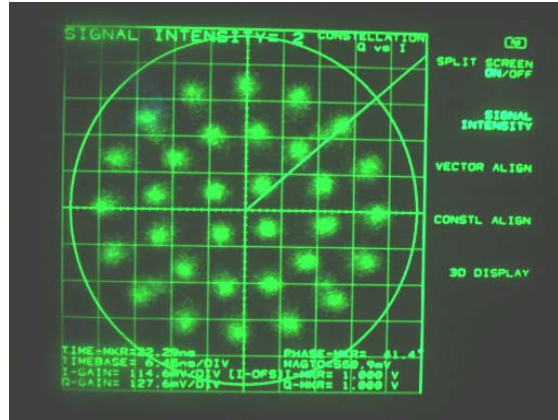


写真 7-9-2 32APSK(5/6) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

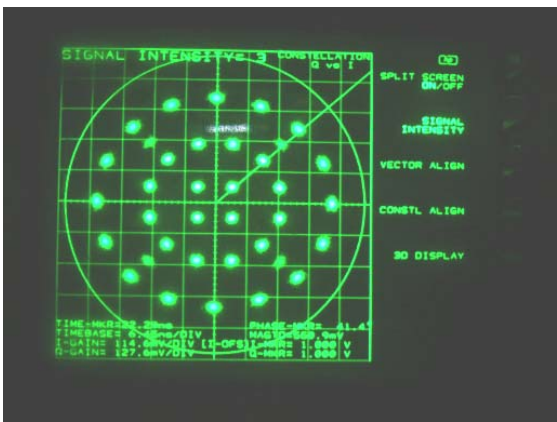


写真 7-10-1 32APSK(7/8) IF 折返しの
コンスタレーション

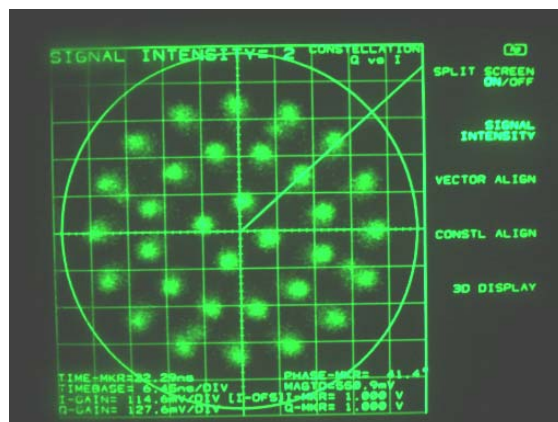


写真 7-10-2 32APSK(7/8) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

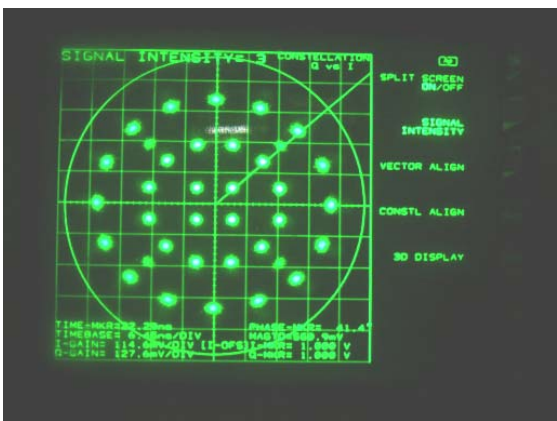


写真 7-11-1 32APSK(9/10) IF 折返しの
コンスタレーション

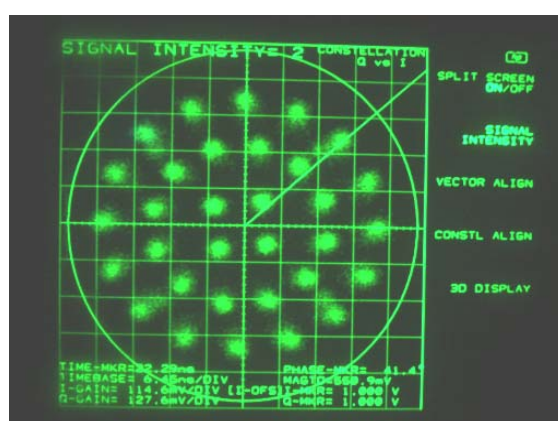


写真 7-11-2 32APSK(9/10) 擬似中継器
折返しのコンスタレーション

付録 1-5 IF 折返し、擬似中継器折返し C/N 対ビット誤り率特性

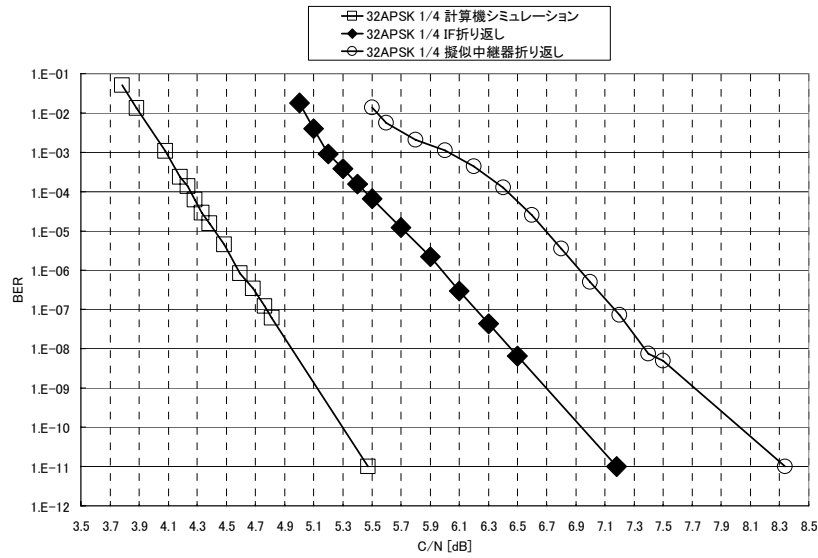


図 9a $\pi/2$ シフト BPSK1/4

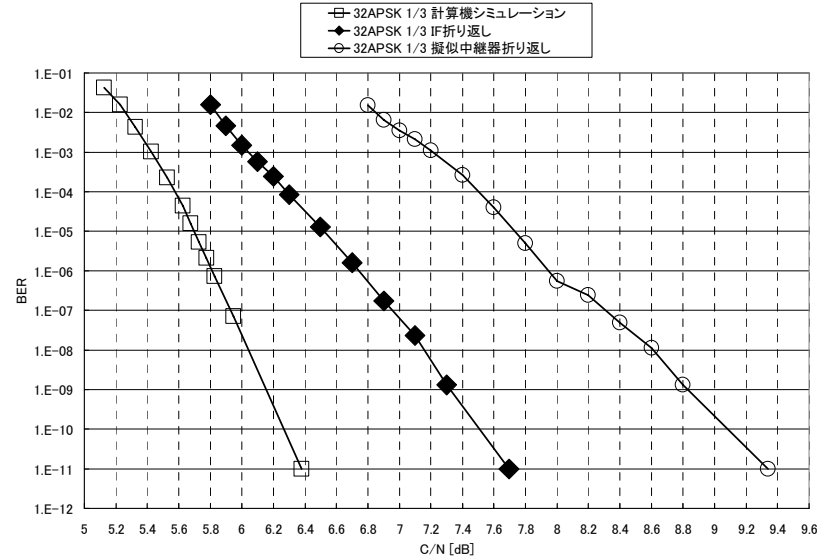


図 9b $\pi/2$ シフト BPSK1/3

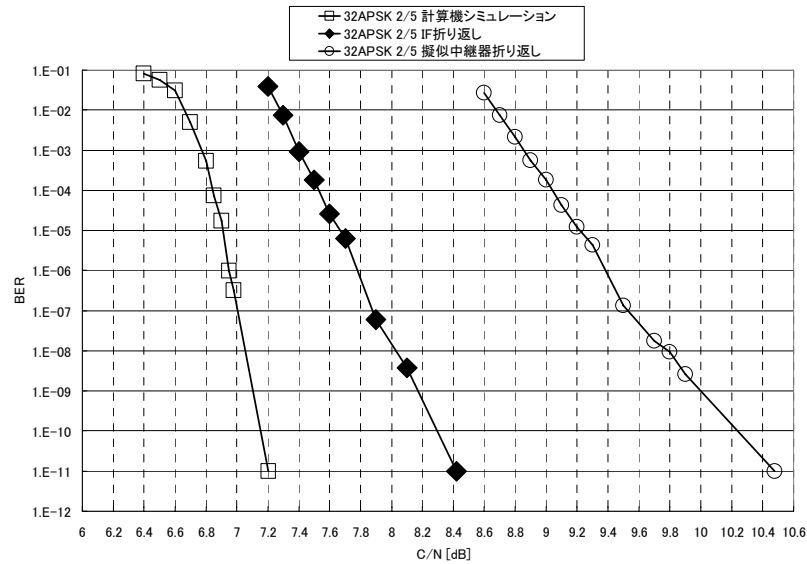


図 9c $\pi/2$ シフト BPSK2/5

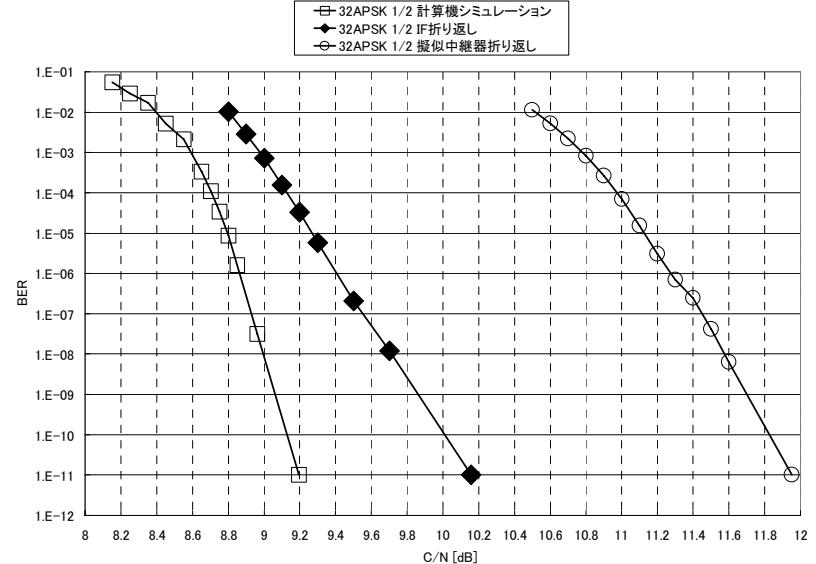


図 9d $\pi/2$ シフト BPSK1/2

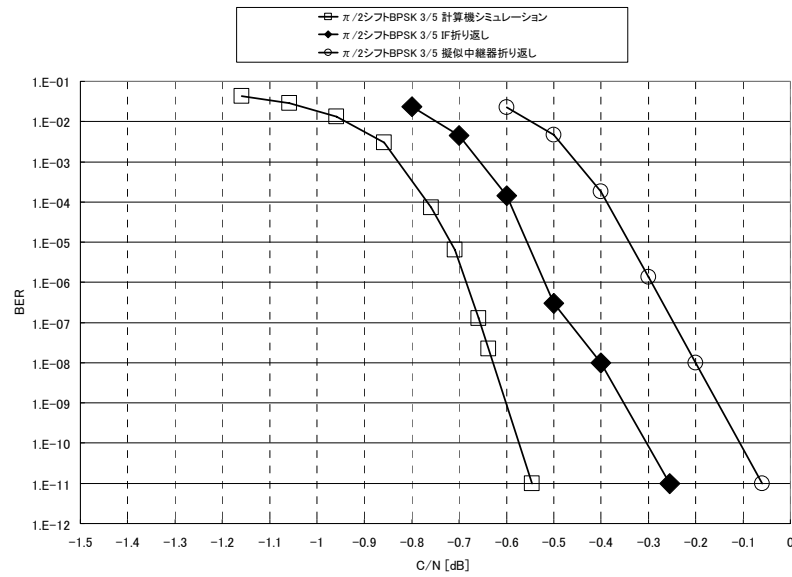


図 9e $\pi/2$ シフト BPSK3/5

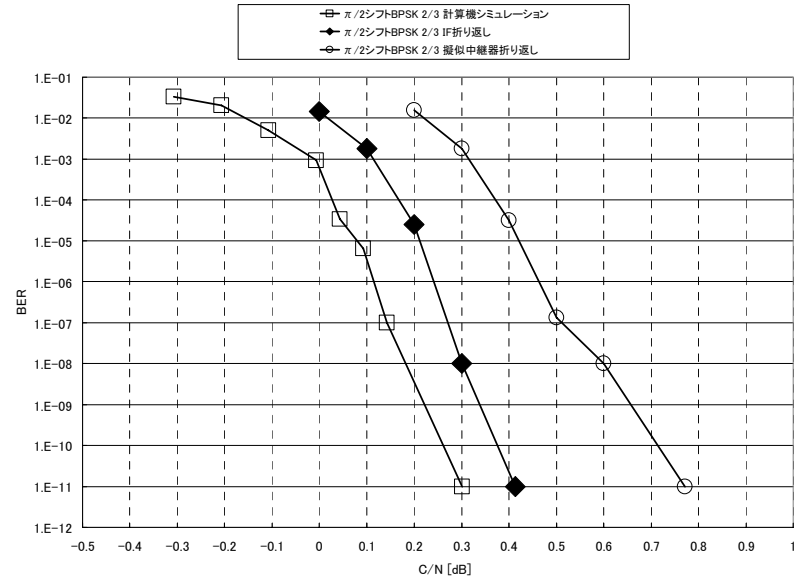


図 9f $\pi/2$ シフト BPSK2/3

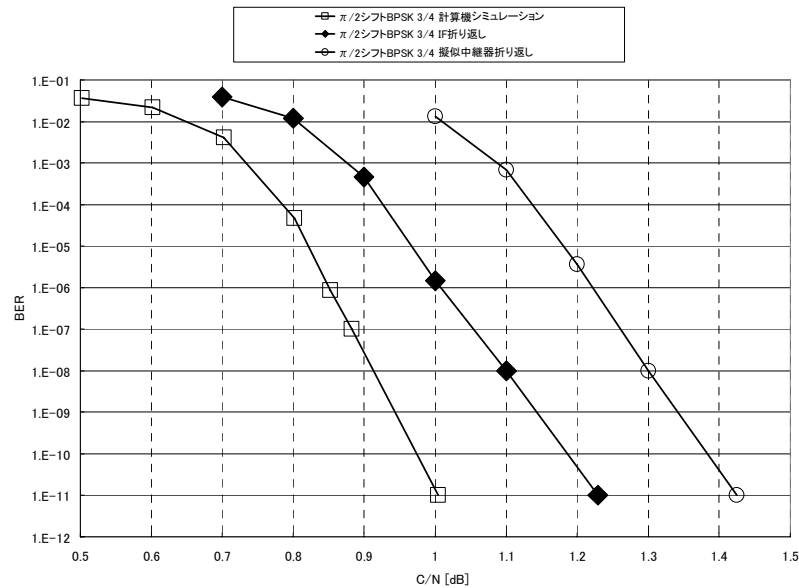


図 9g $\pi/2$ シフト BPSK3/4

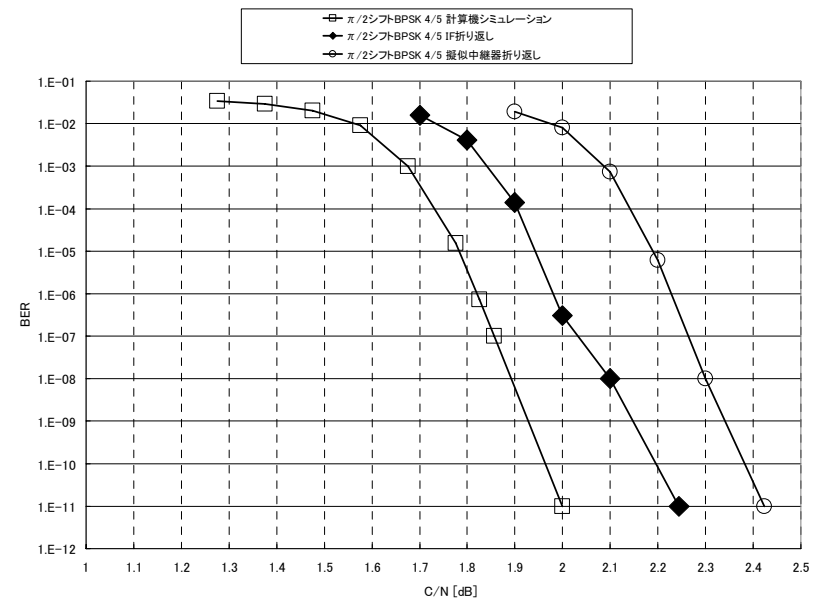


図 9h $\pi/2$ シフト BPSK4/5

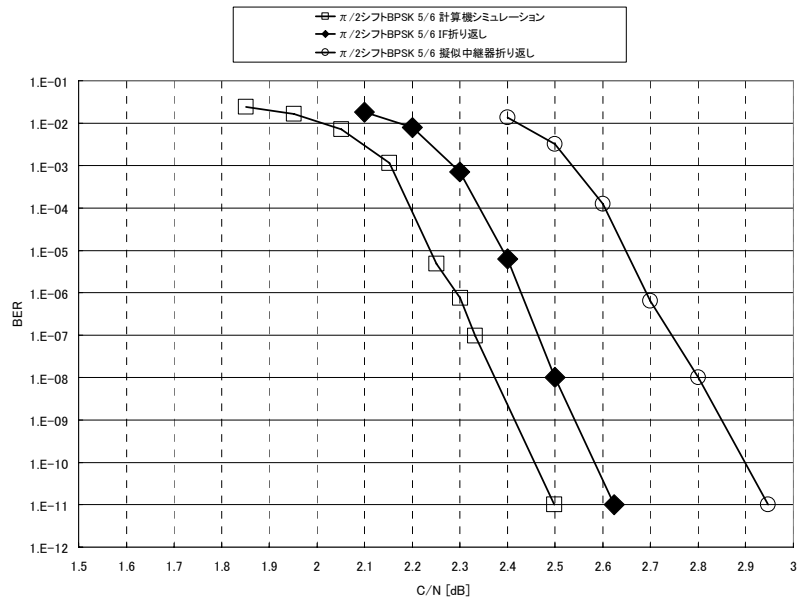


図 9i $\pi/2$ シフト BPSK5/6

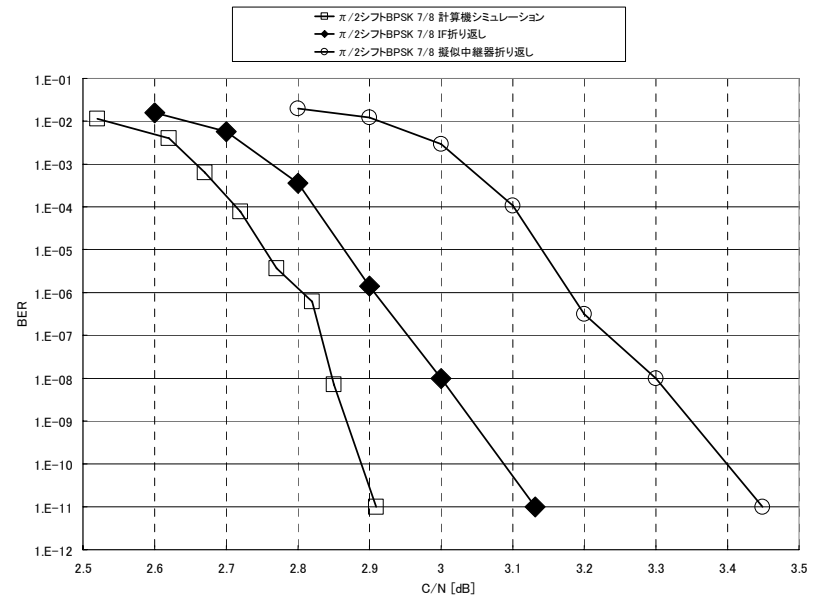


図 9j $\pi/2$ シフト BPSK7/8

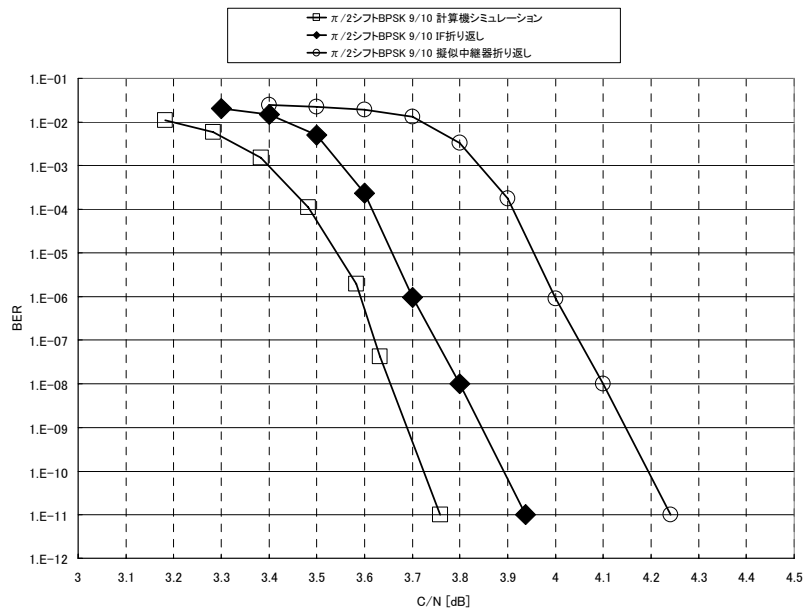


図 9k $\pi/2$ シフト BPSK9/10

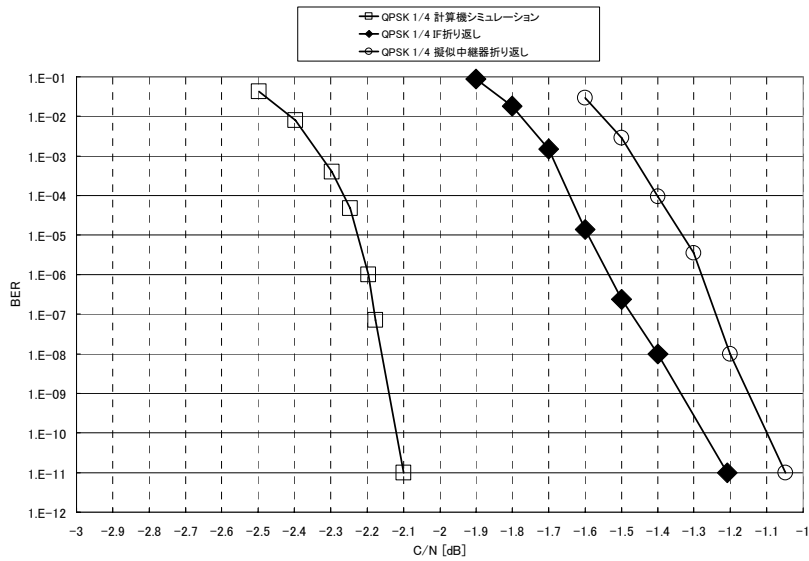


図 10a QPSK 1/4

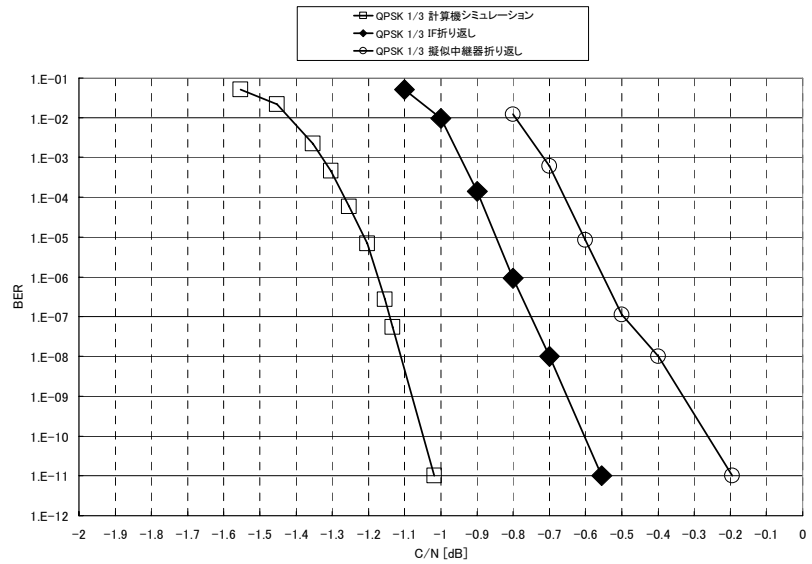


図 10b QPSK 1/3

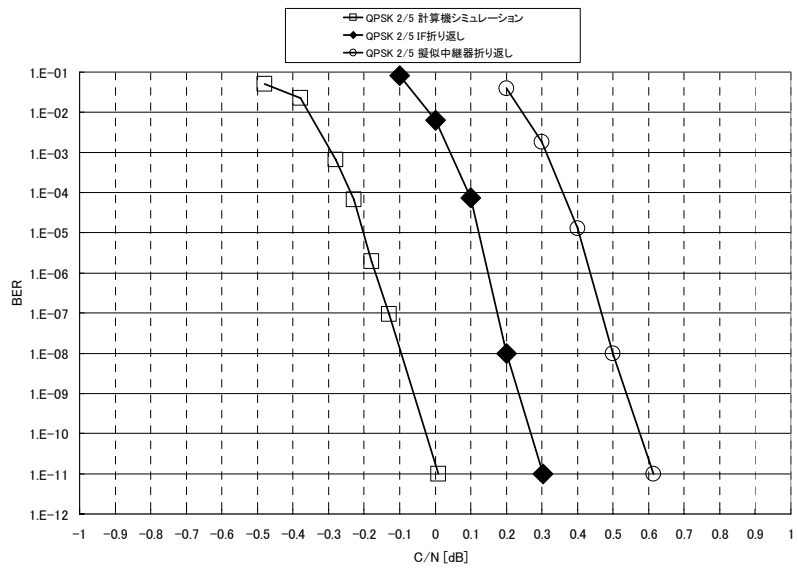


図 10c QPSK 2/5

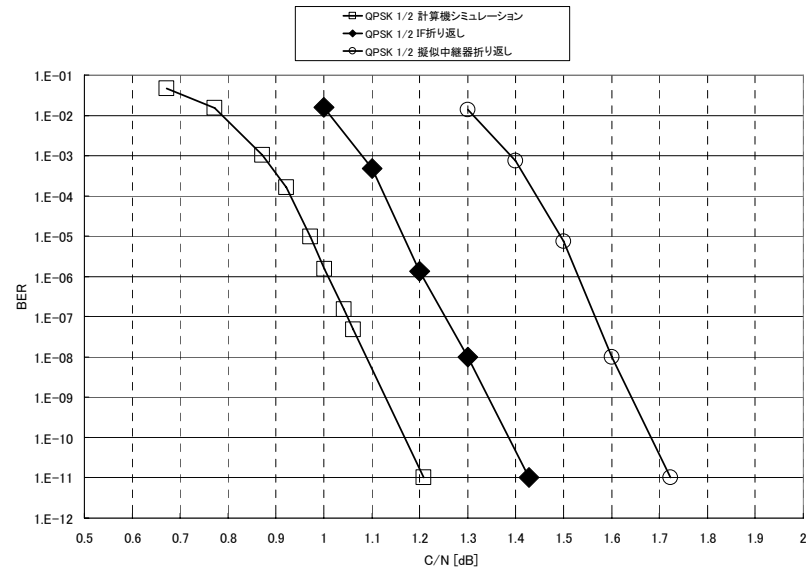


図 10d QPSK 1/2

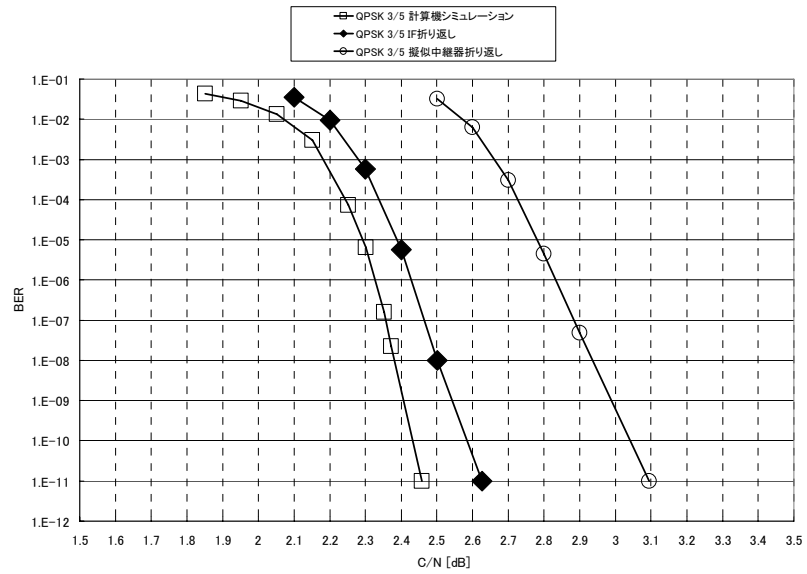


図 10e QPSK3/5

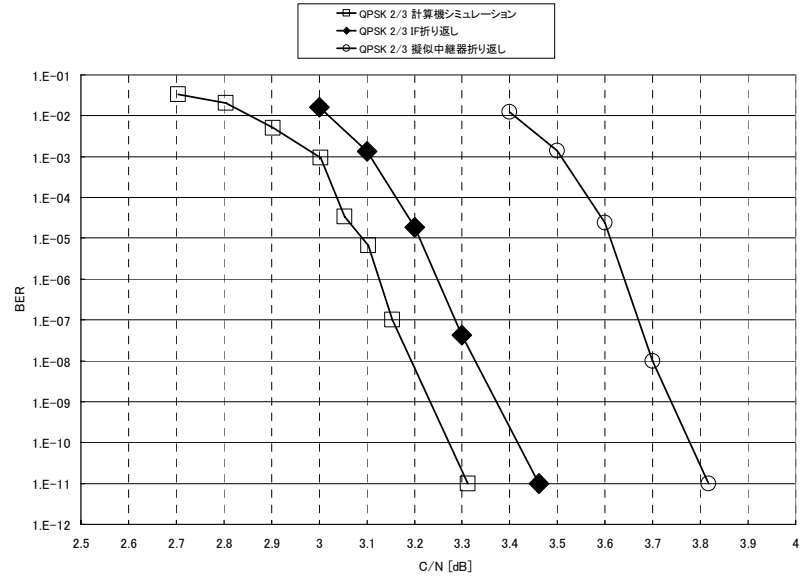


図 10f QPSK2/3

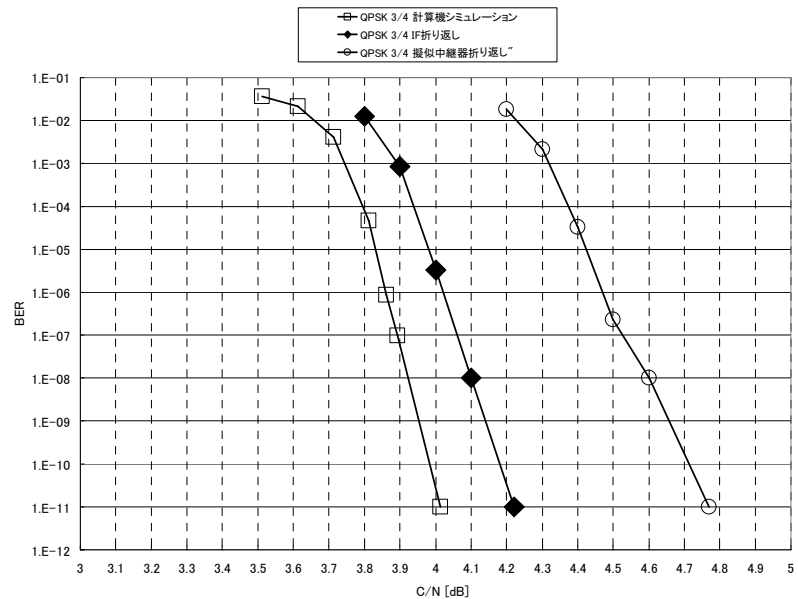


図 10g QPSK3/4

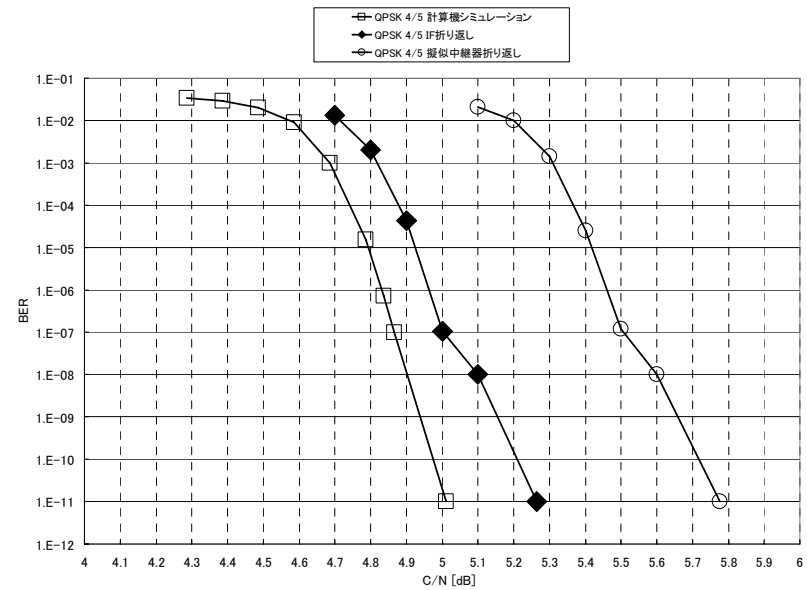


図 10h QPSK4/5

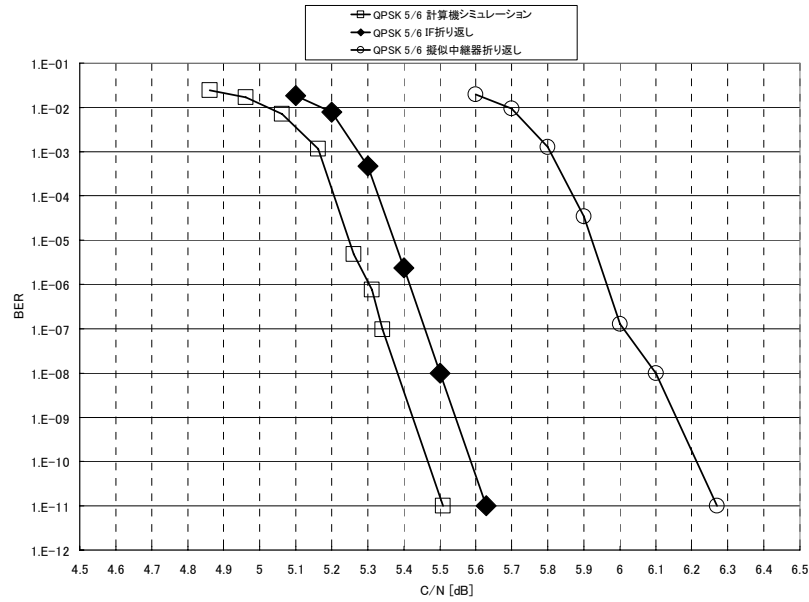


図 10i QPSK 5/6

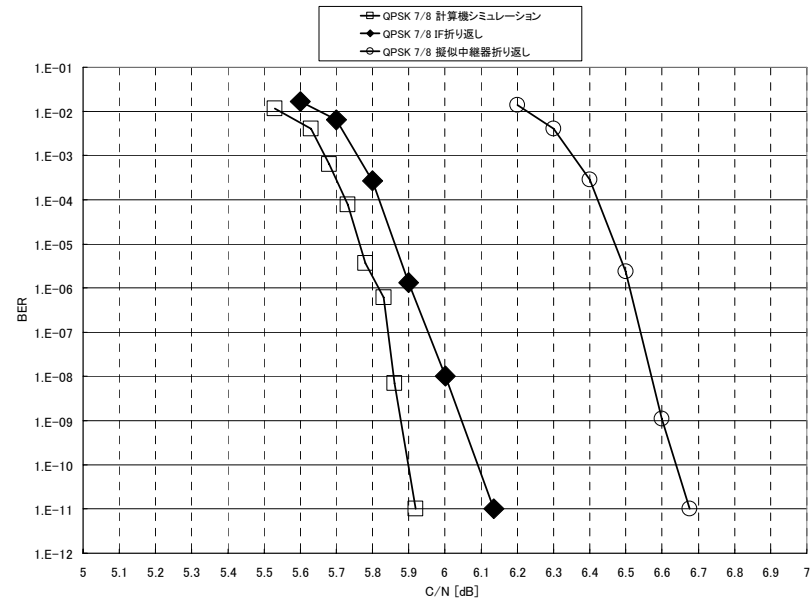


図 10j QPSK 7/8

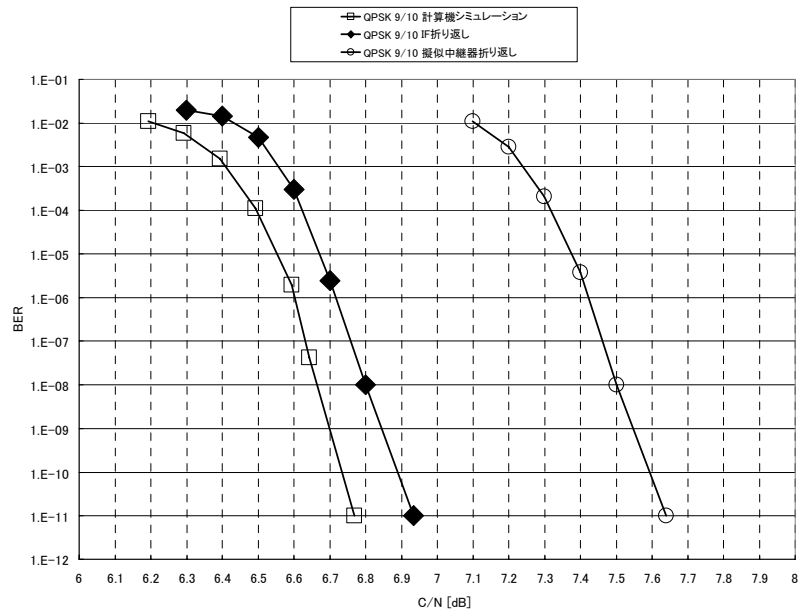


図 10k QPSK 9/10

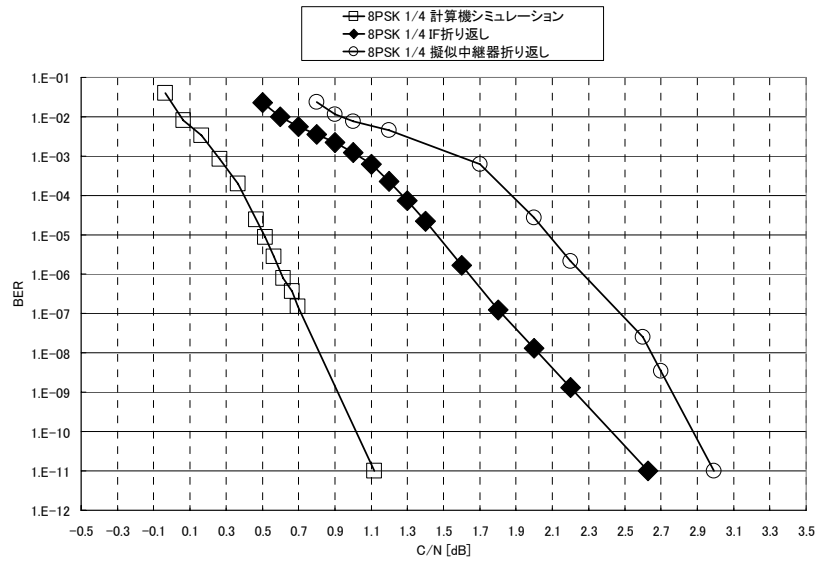


図 11a 8PSK 1/4

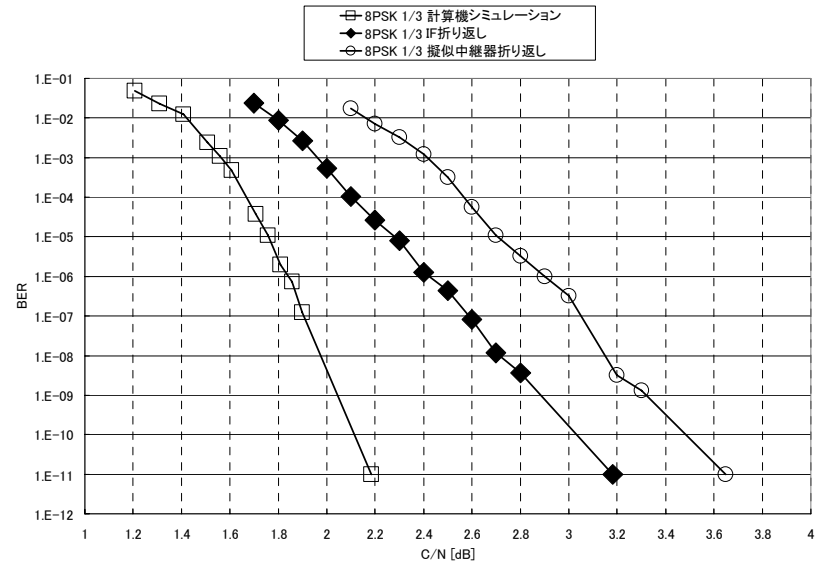


図 11b 8PSK 1/3

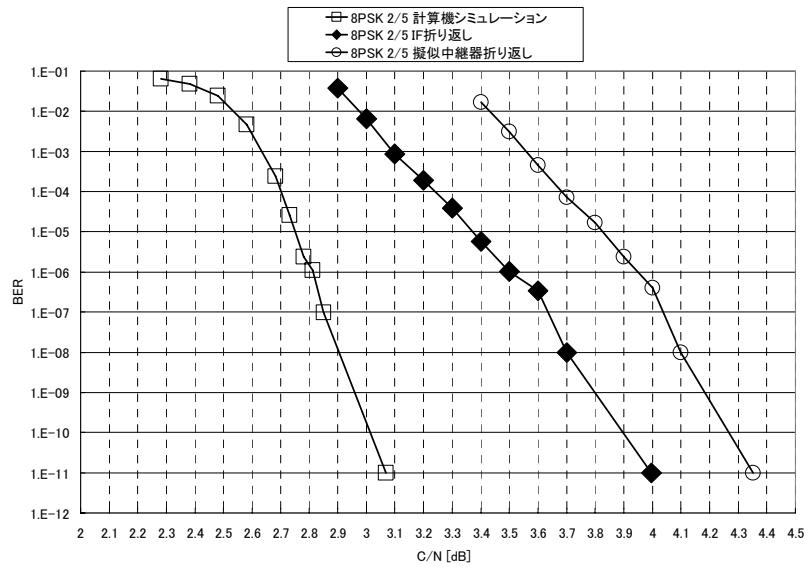


図 11c 8PSK 2/5

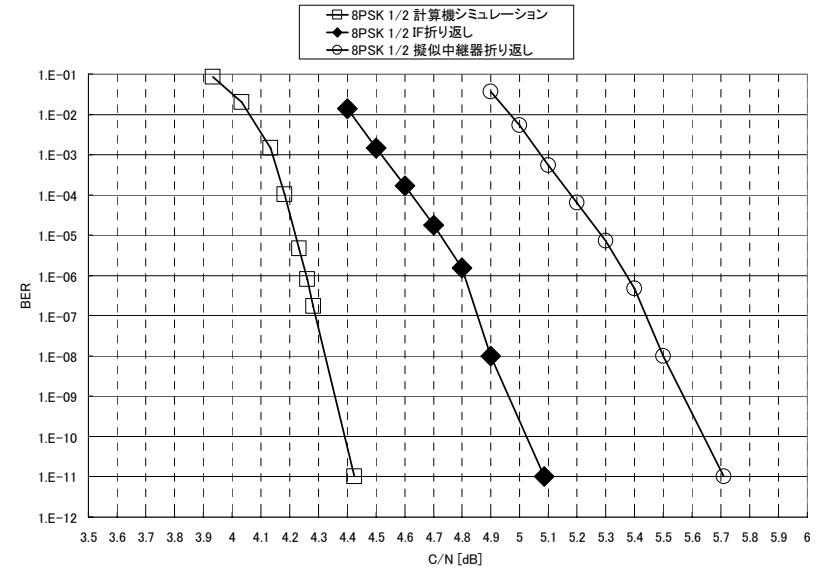


図 11d 8PSK 1/2

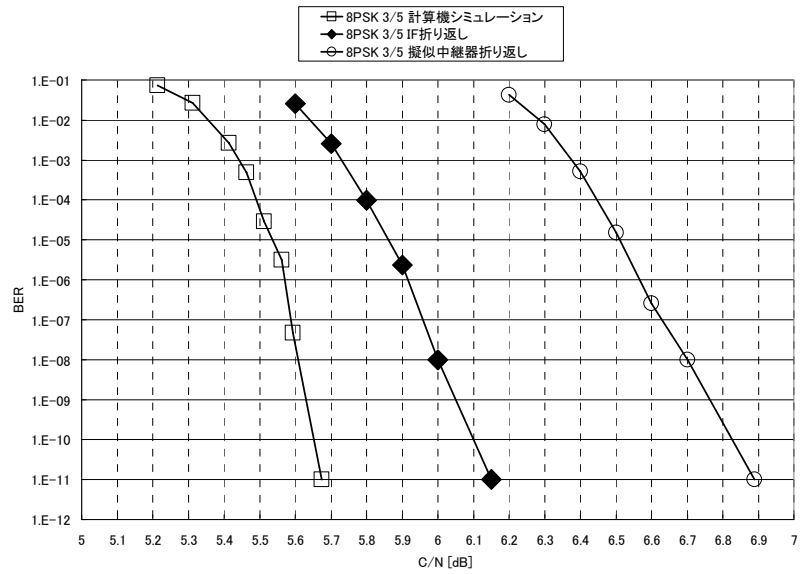


図 11e 8PSK 3/5

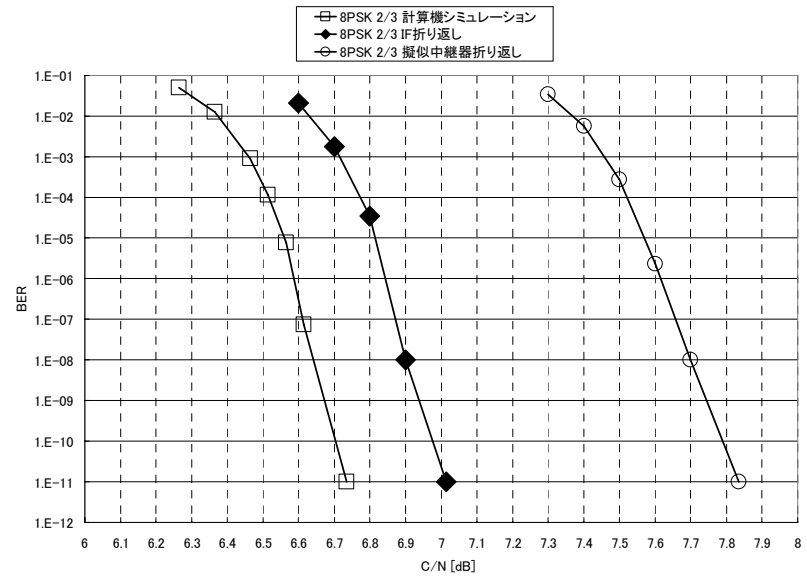


図 11f 8PSK 2/3

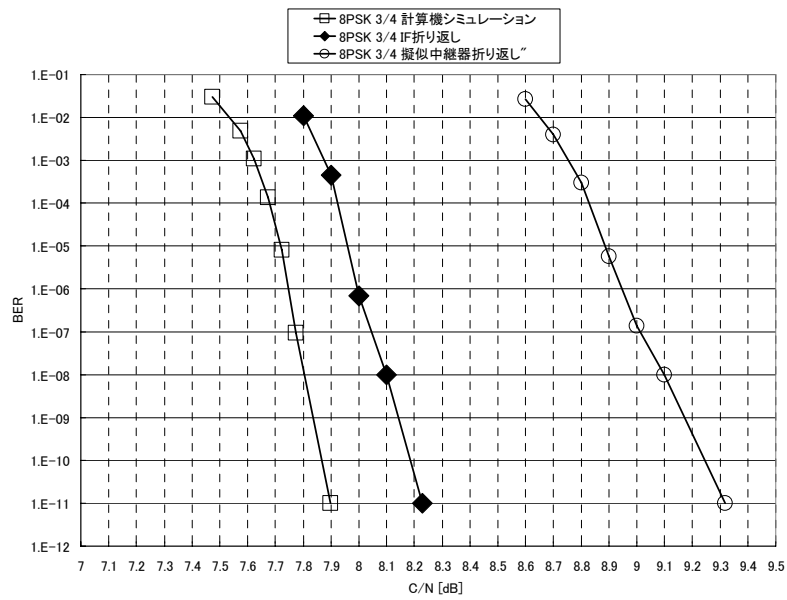


図 11g 8PSK 3/4

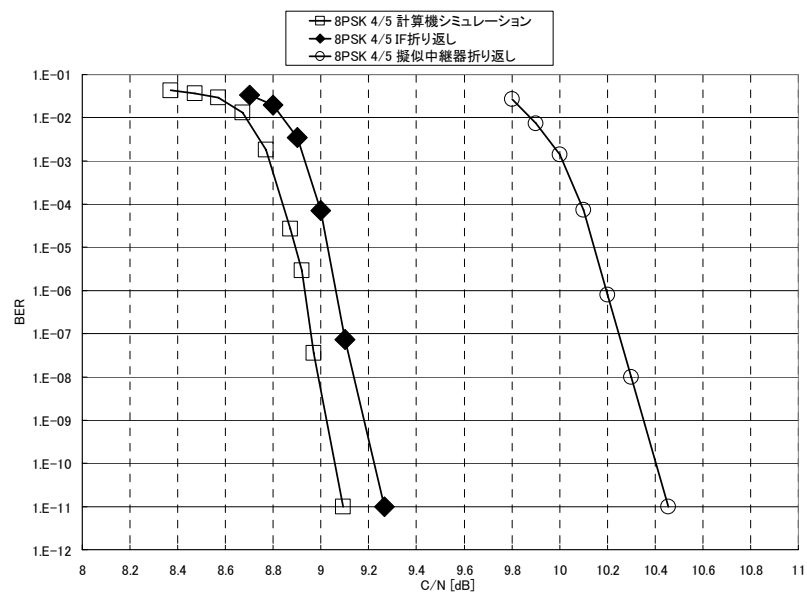


図 11h 8PSK 4/5

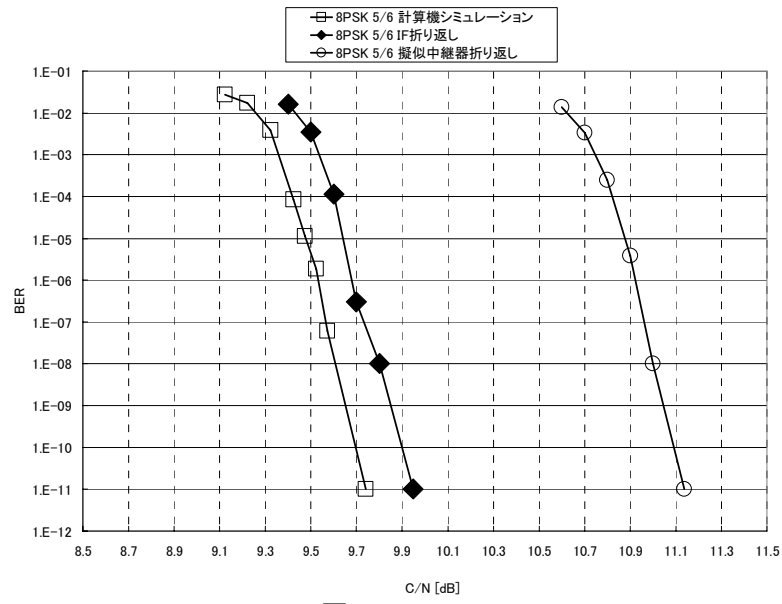


図 11i 8PSK 5/6

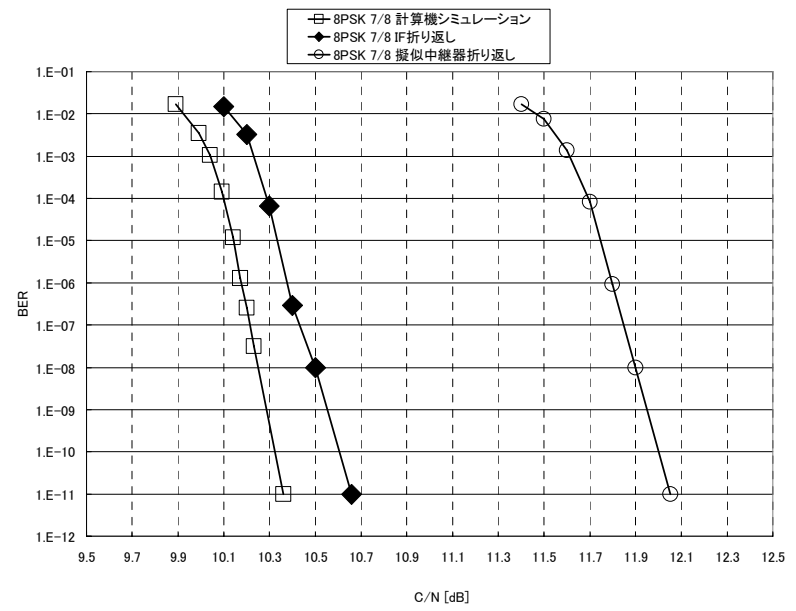


図 11j 8PSK 7/8

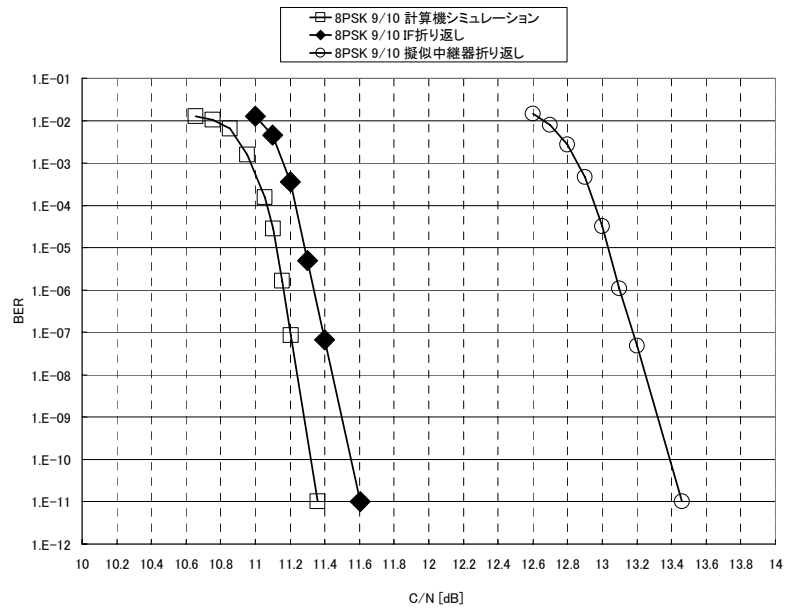


図 11k 8PSK 9/10

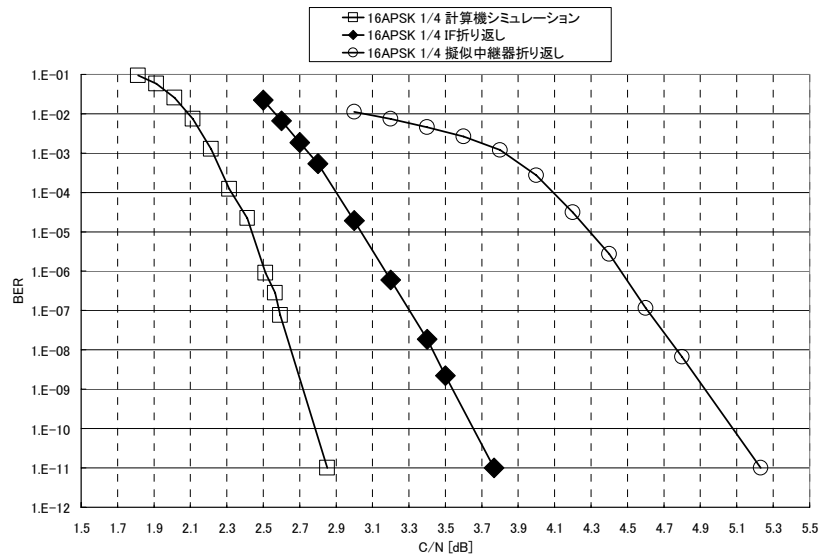


図 12a 16APSK 1/4

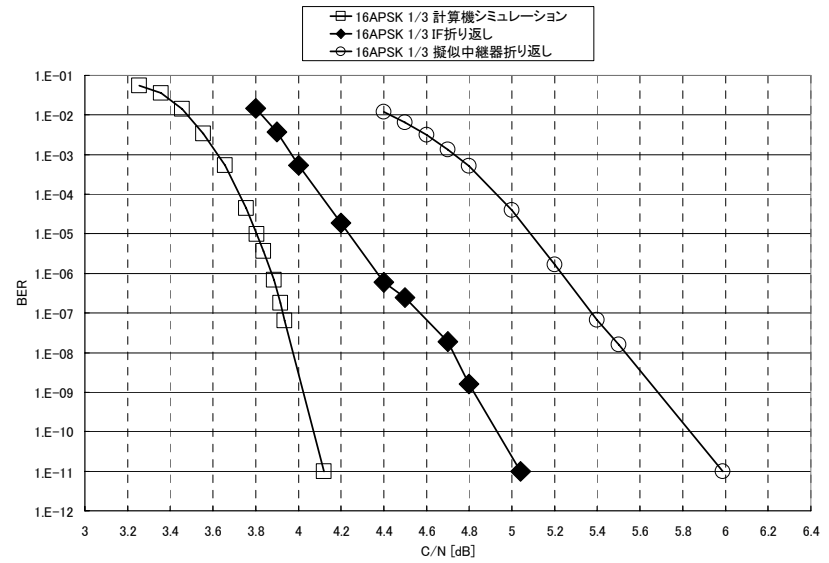


図 12b 16APSK 1/3

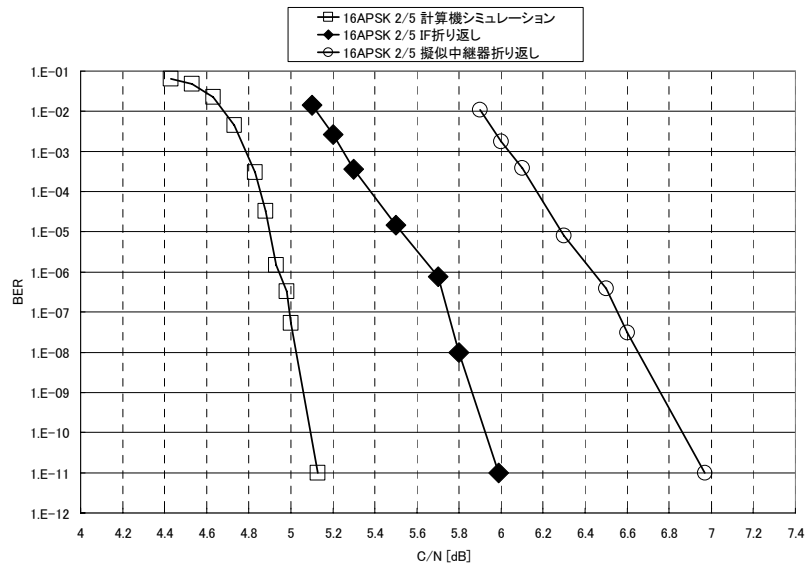


図 12c 16APSK 2/5

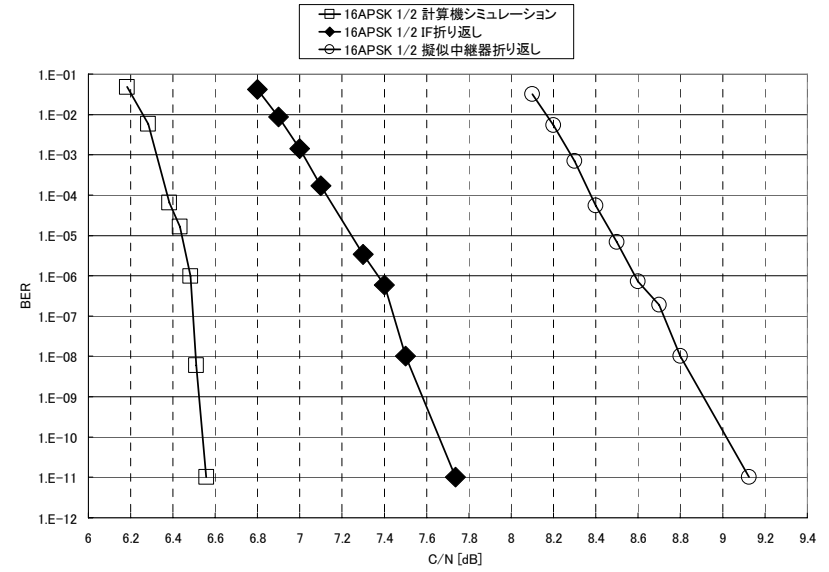


図 12d 16APSK 1/2

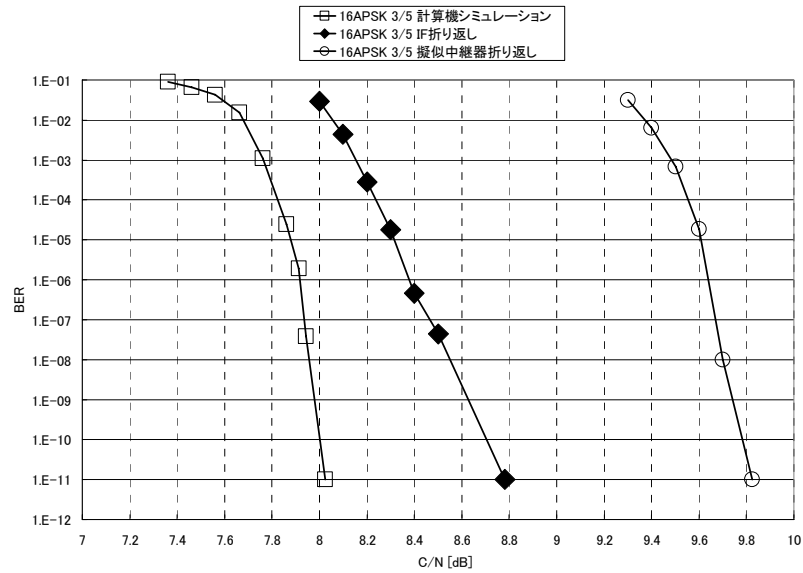


図 12e 16APSK 3/5

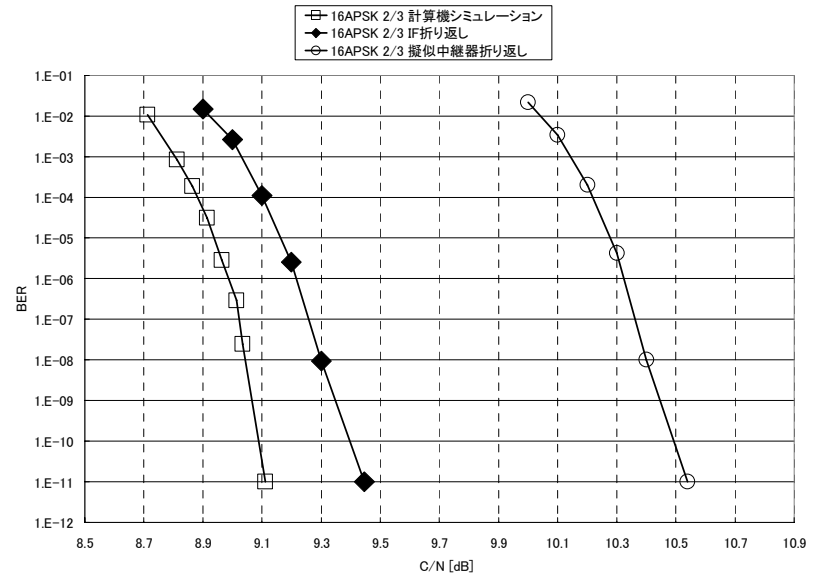


図 12f 16APSK 2/3

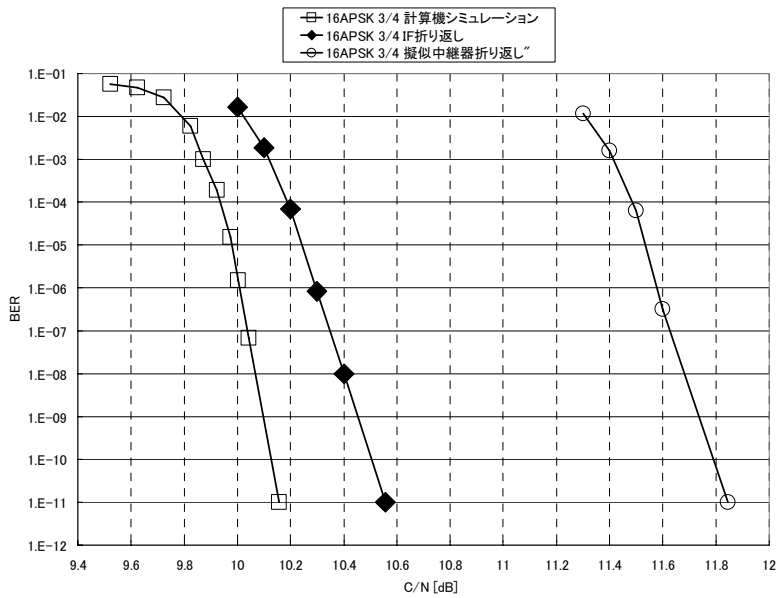


図 12g 16APSK 3/4

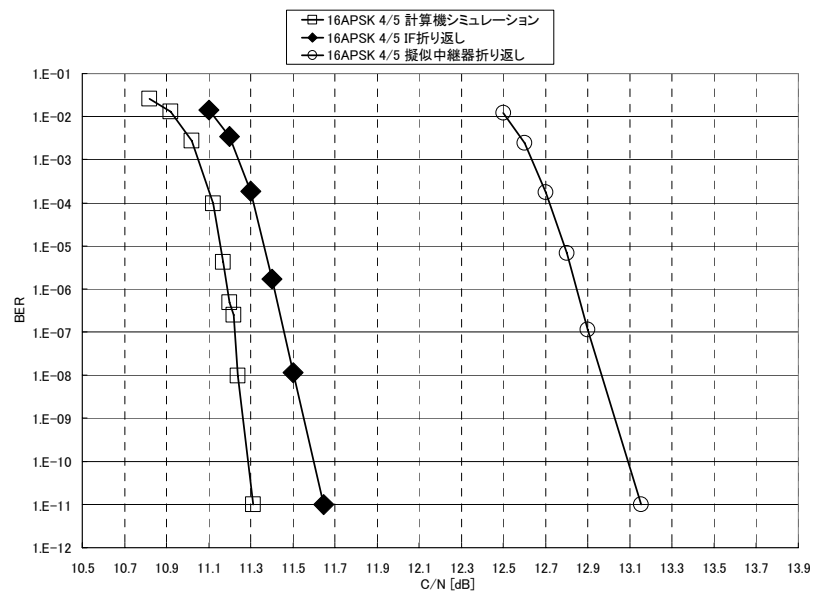


図 12h 16APSK 4/5

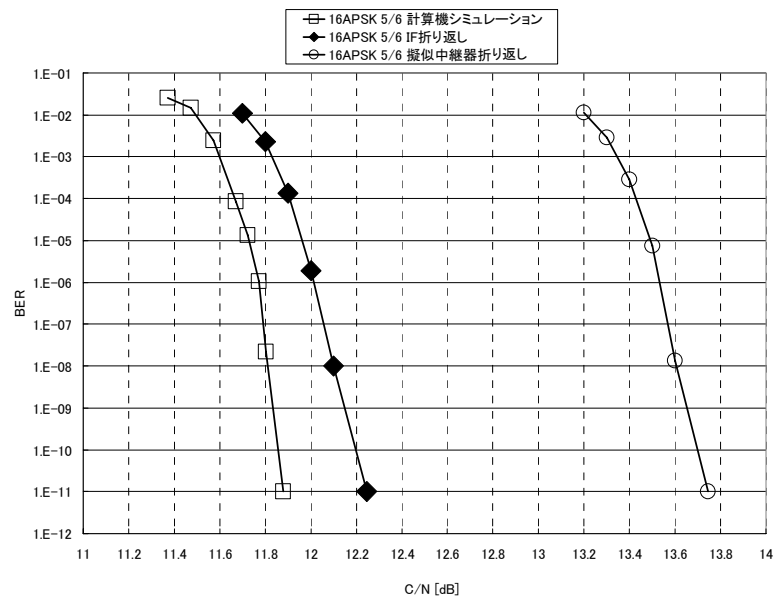


図 12i 16APSK 5/6

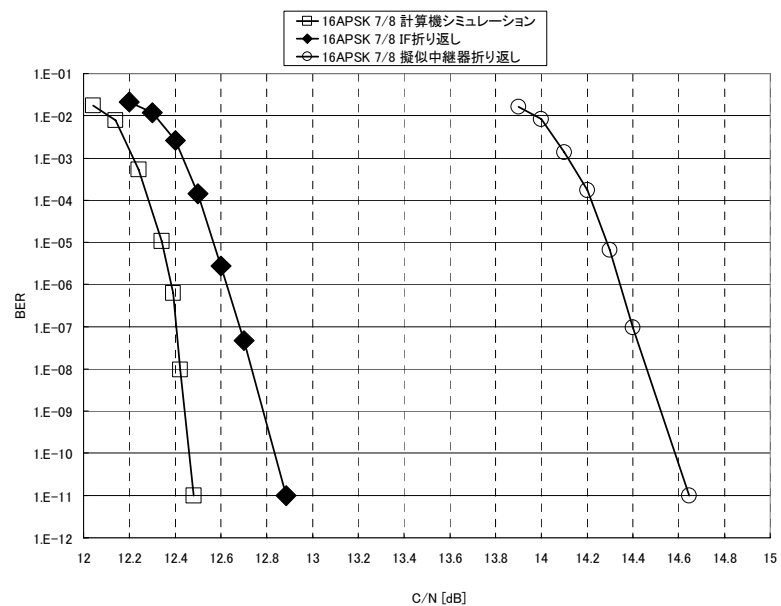


図 12j 16APSK 7/8

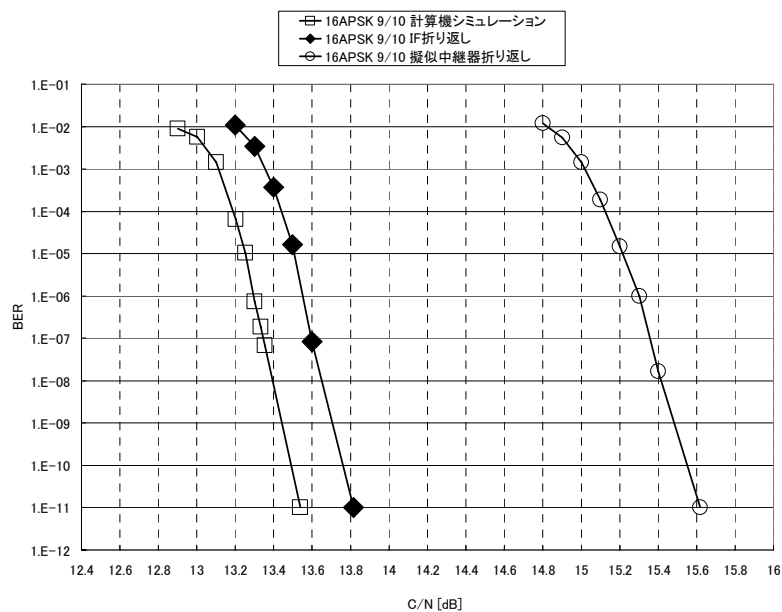


図 12k 16APSK 9/10

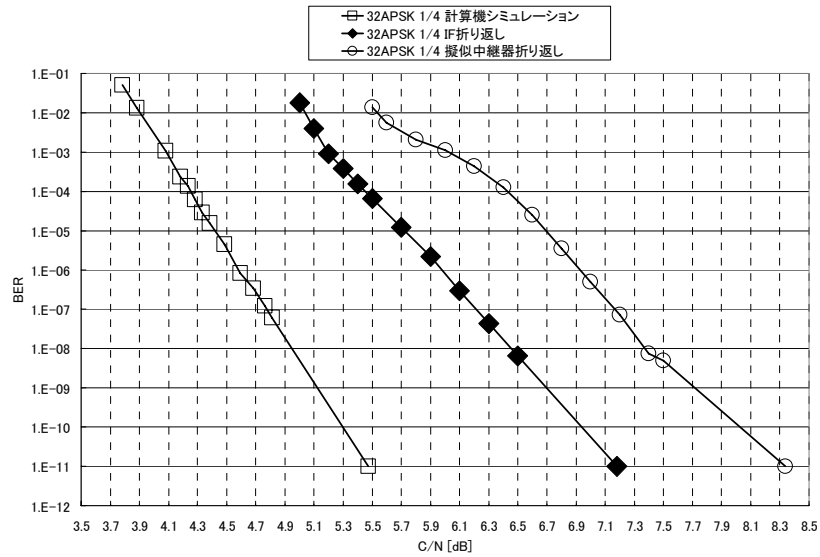


図 13a 32APSK 1/4

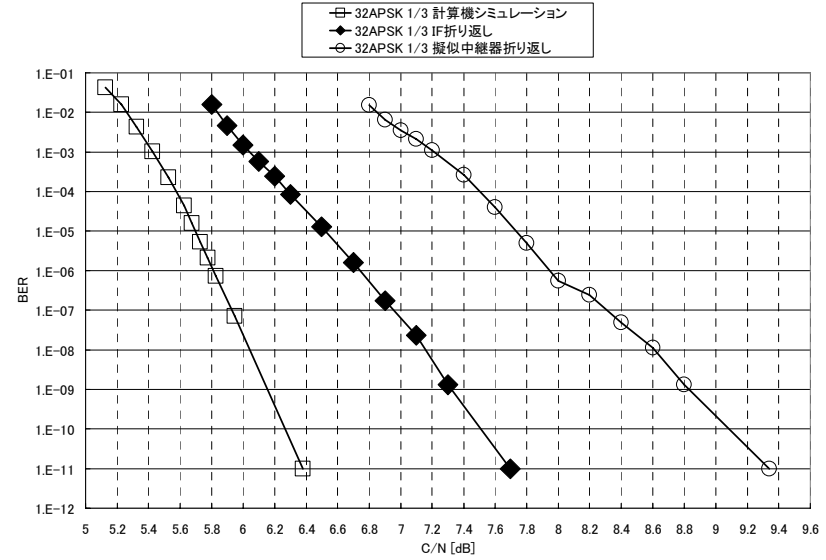


図 13b 32APSK 1/3

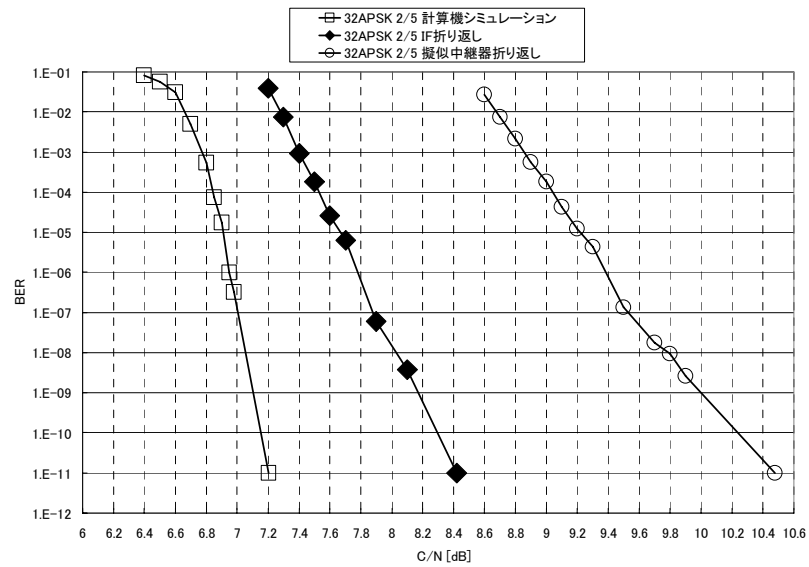


図 13c 32APSK 2/5

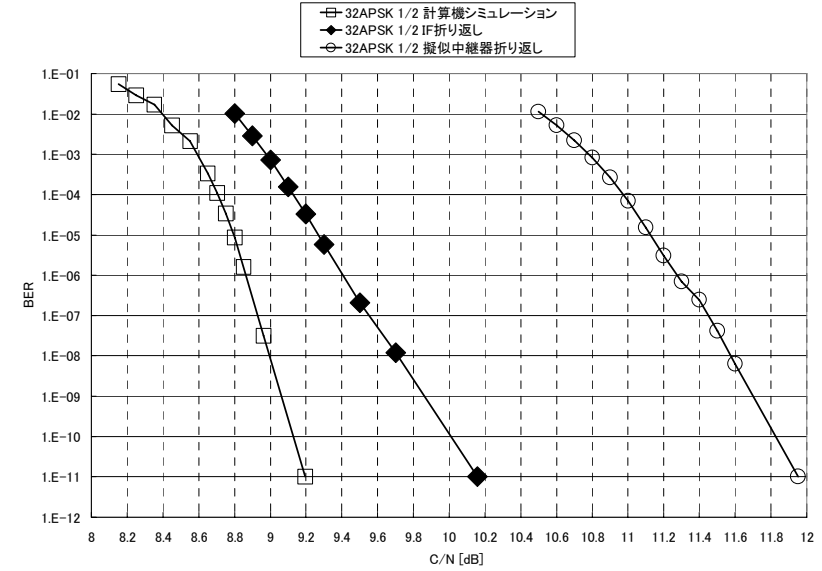


図 13d 32APSK 1/2

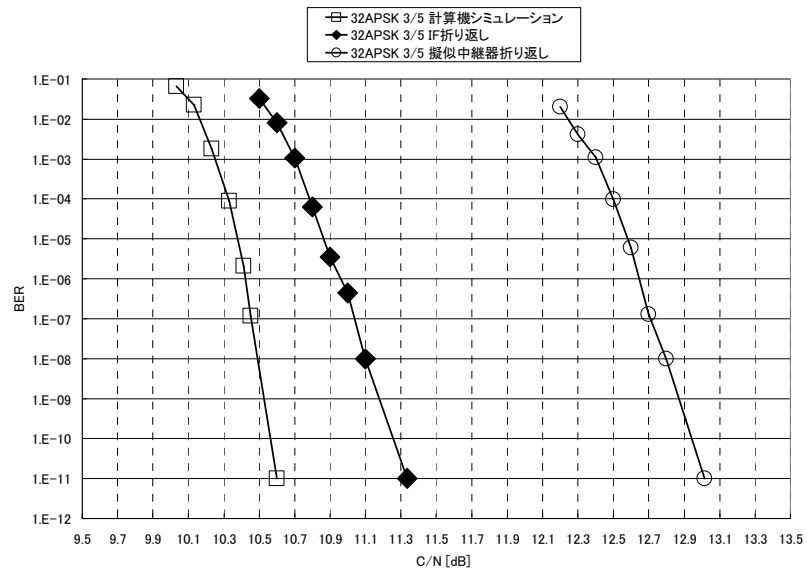


図 13e 32APSK 3/5

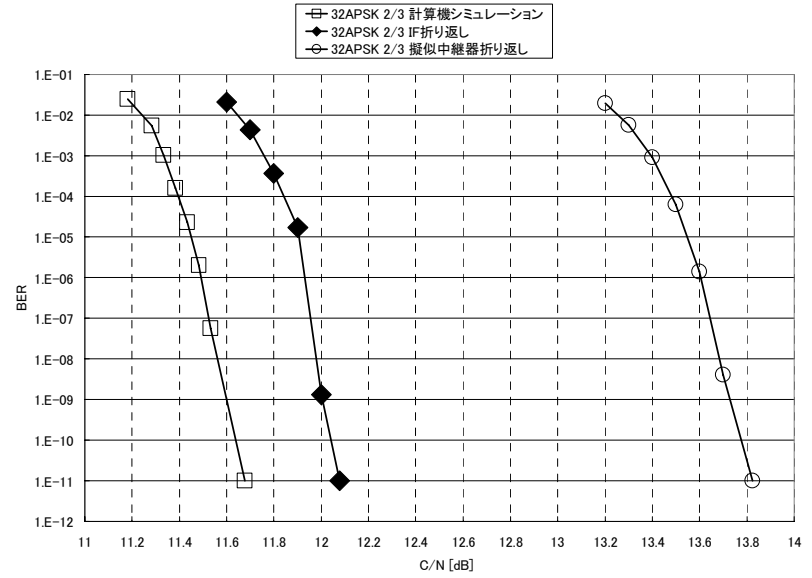


図 13f 32APSK 2/3

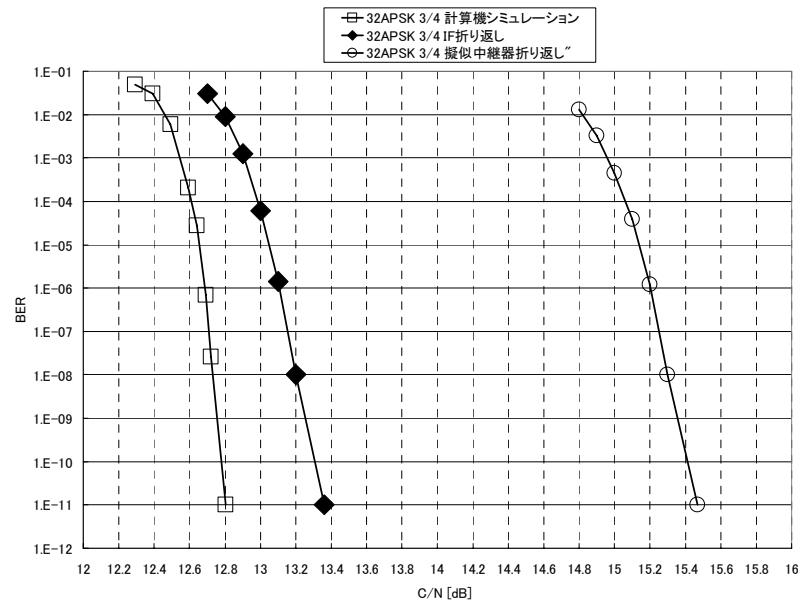


図 13g 32APSK 3/4

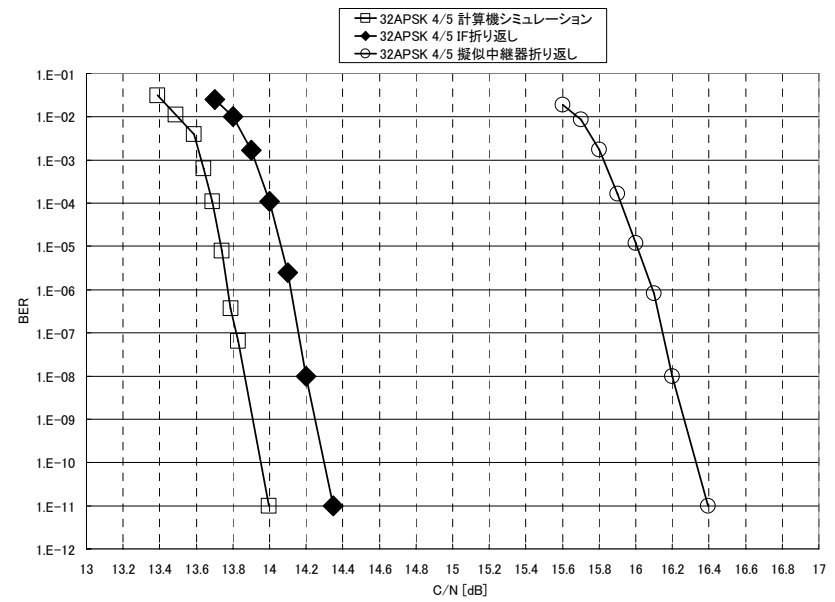


図 13h 32APSK 4/5

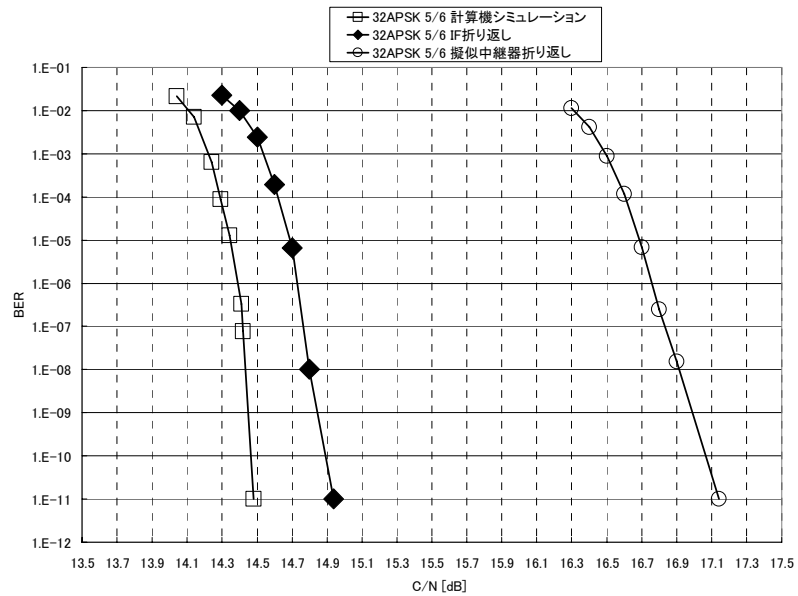


図 13i 32APSK 5/6

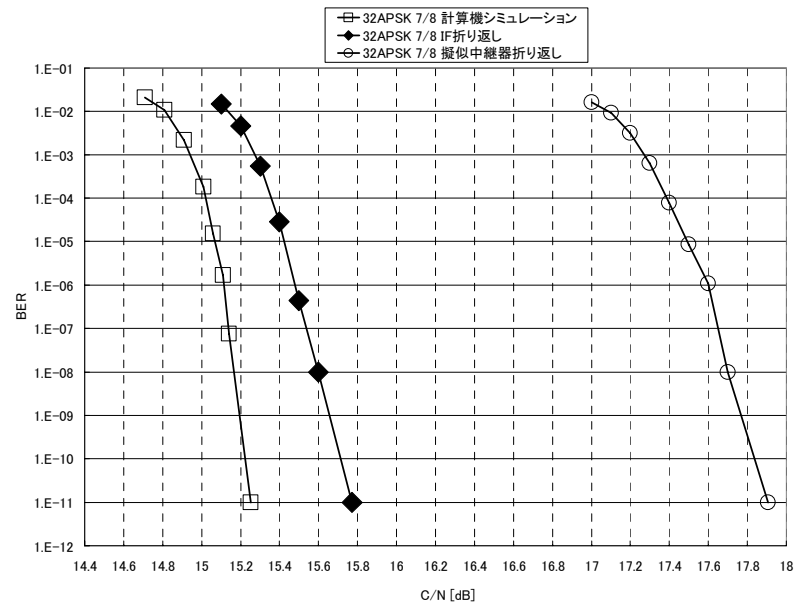


図 13j 32APSK 7/8

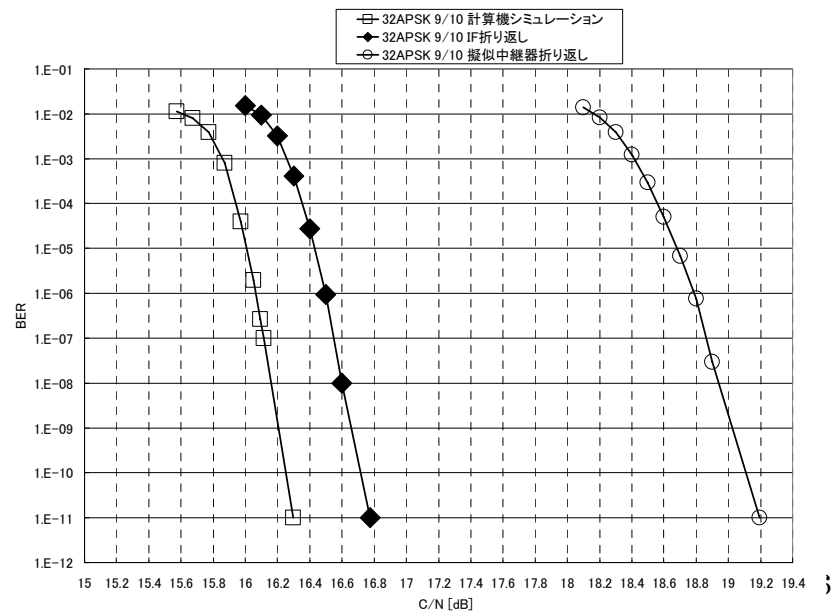


図 13k 32APSK 9/10

付録 1-6 16/32APSK の最適 OBO 値測定について

測定方法：16/32APSK の擬似中継器折返し(BS17ch)において、擬似エラーフリー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。

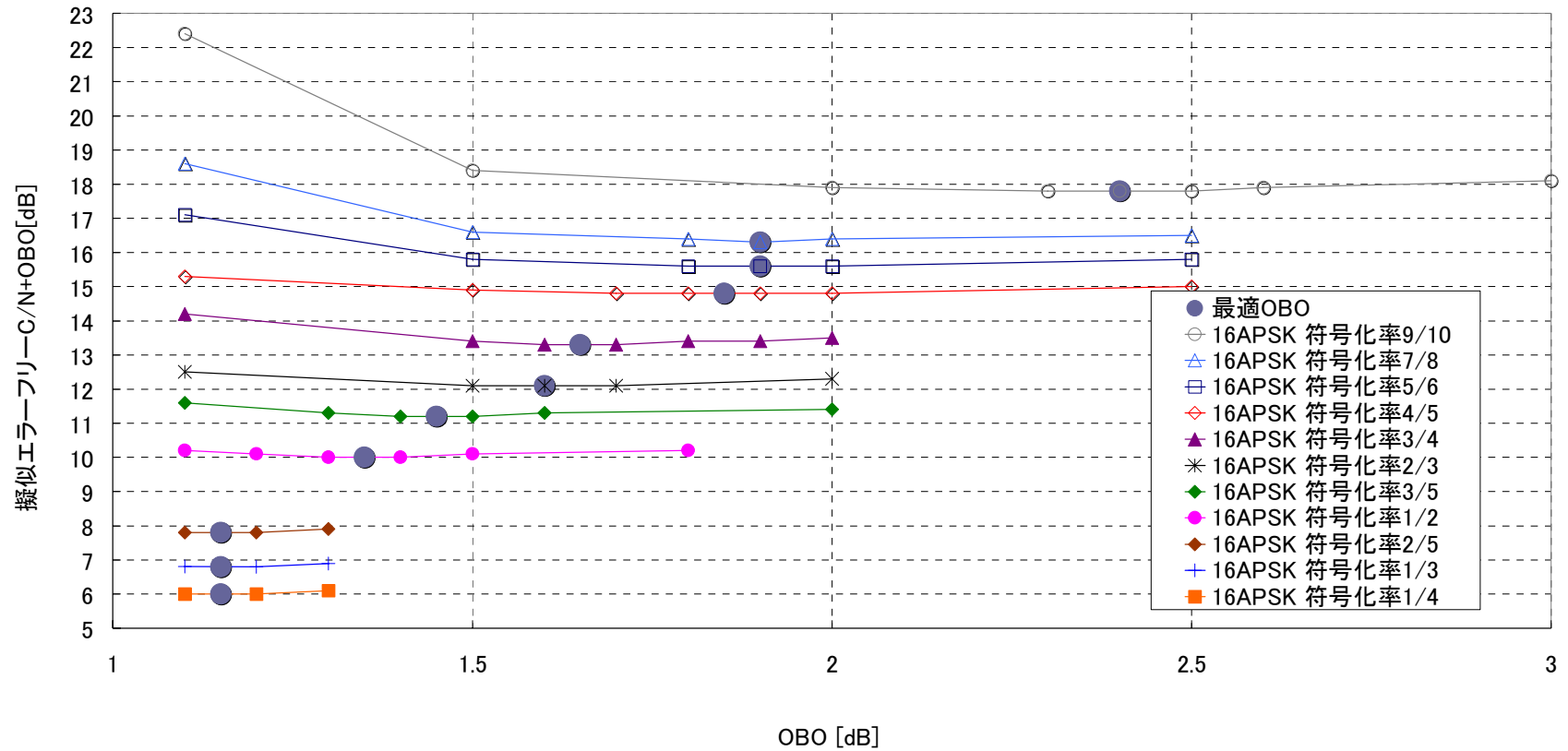


図 14 : 16APSK OBO 対擬似エラーフリーC/N+OBO 測定結果

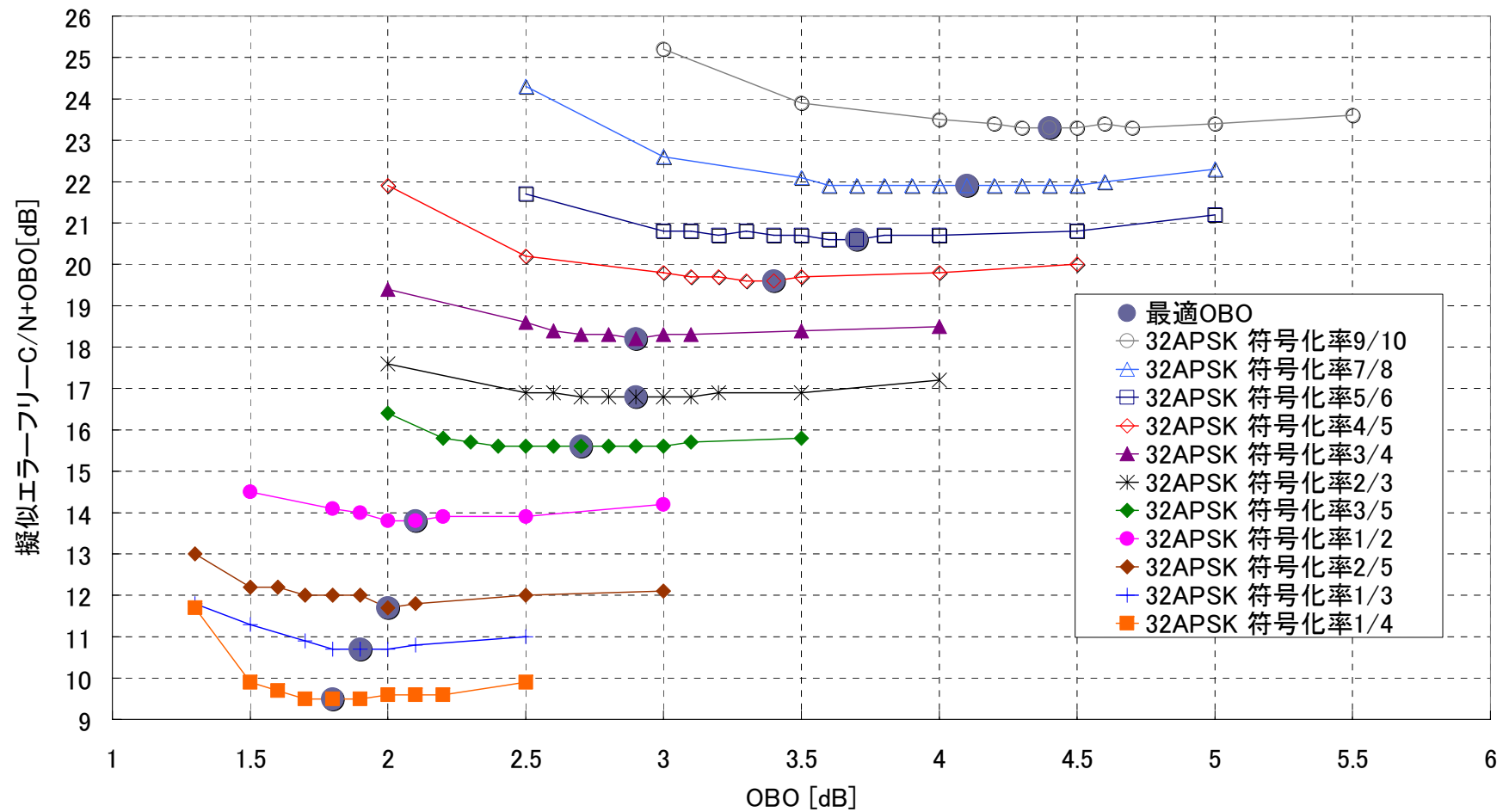


図 15 : 32APSK OBO 対擬似エラーフリーC/N+OBO 測定結果

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	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	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

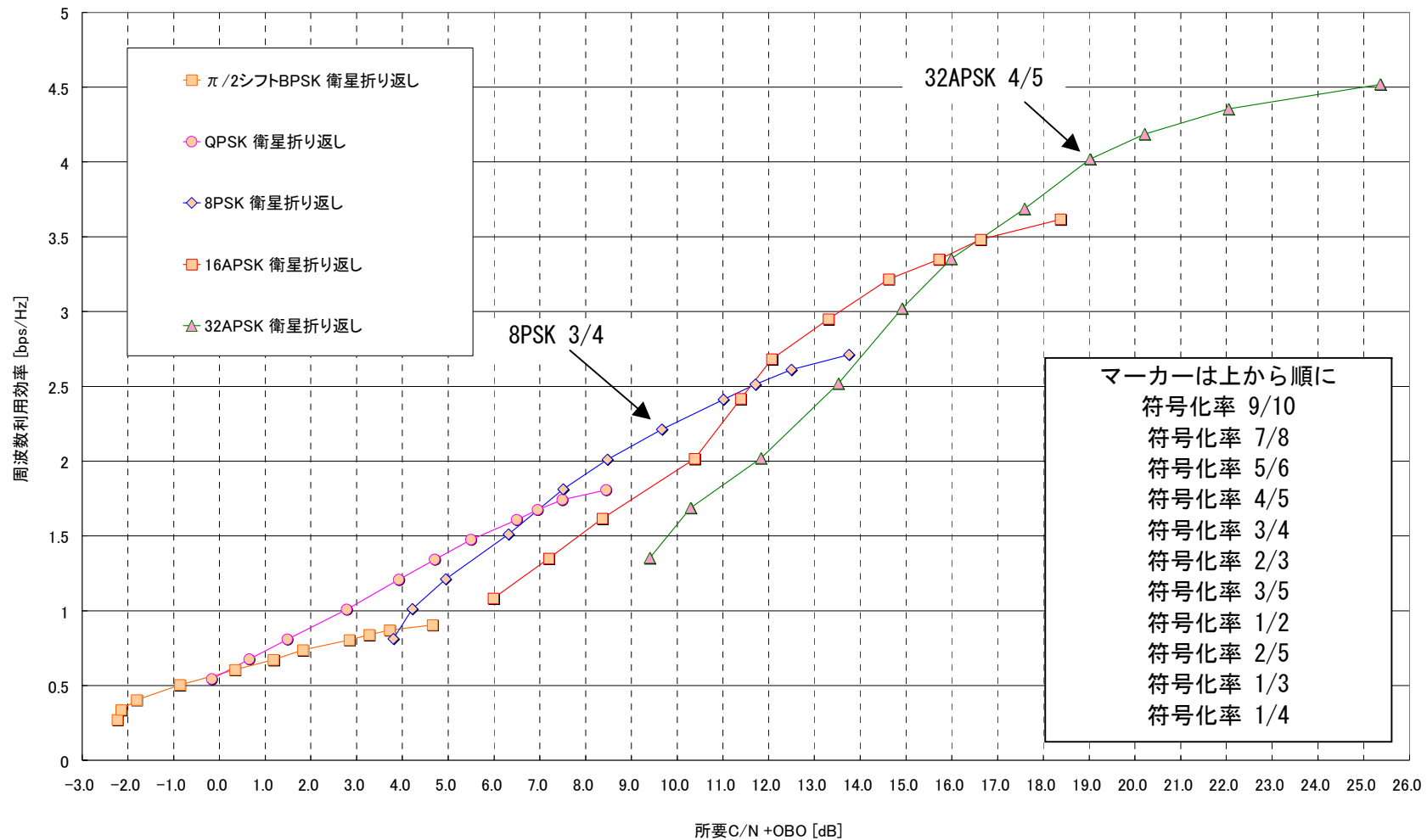


図 17 : 衛星中継器折返し 所要 $C/N+OBO$ 対周波数利用効率

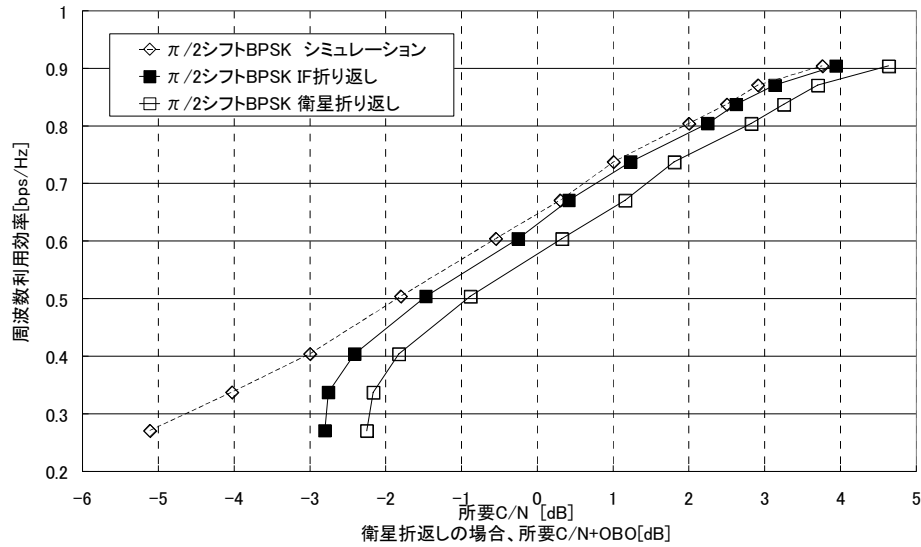


図 18 : $\pi/2$ シフト BPSK 所要 C/N 対周波数利用効率

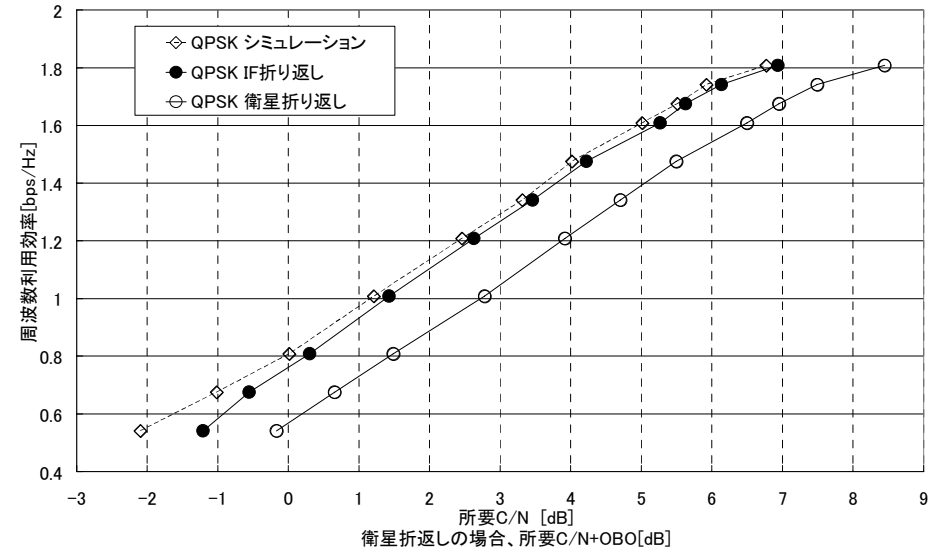


図 19 : QPSK 所要 C/N 対周波数利用効率

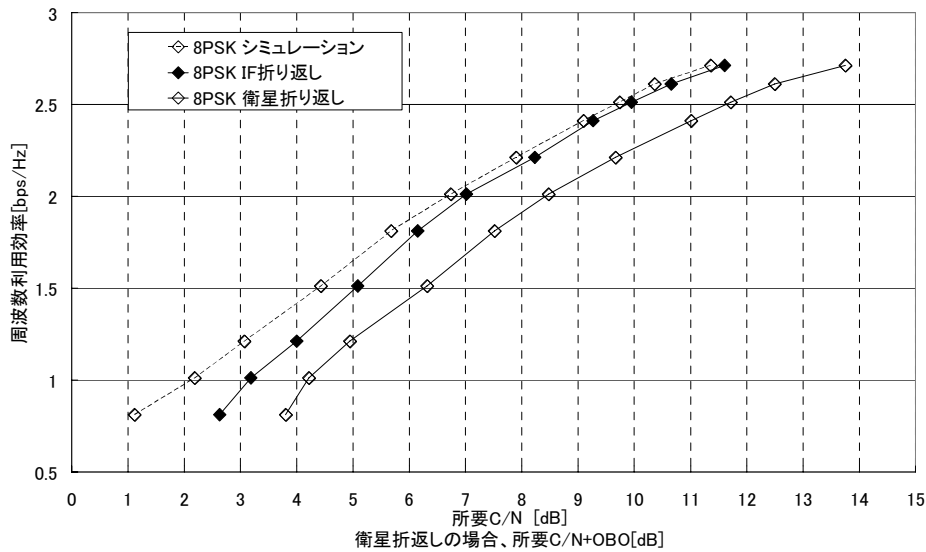


図 20 : 8PSK 所要 C/N 対周波数利用効率

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

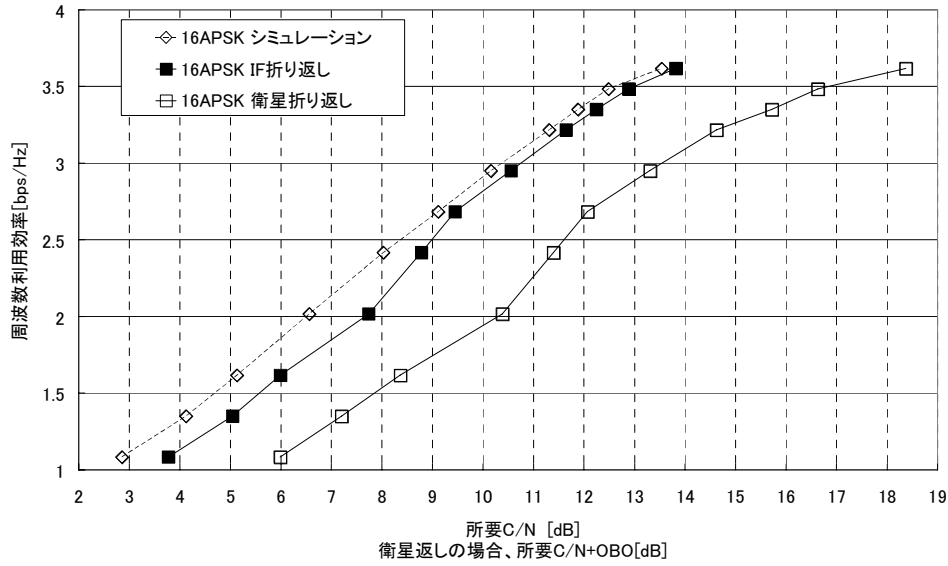


図 21 : 16APSK 所要 C/N 対周波数利用効率

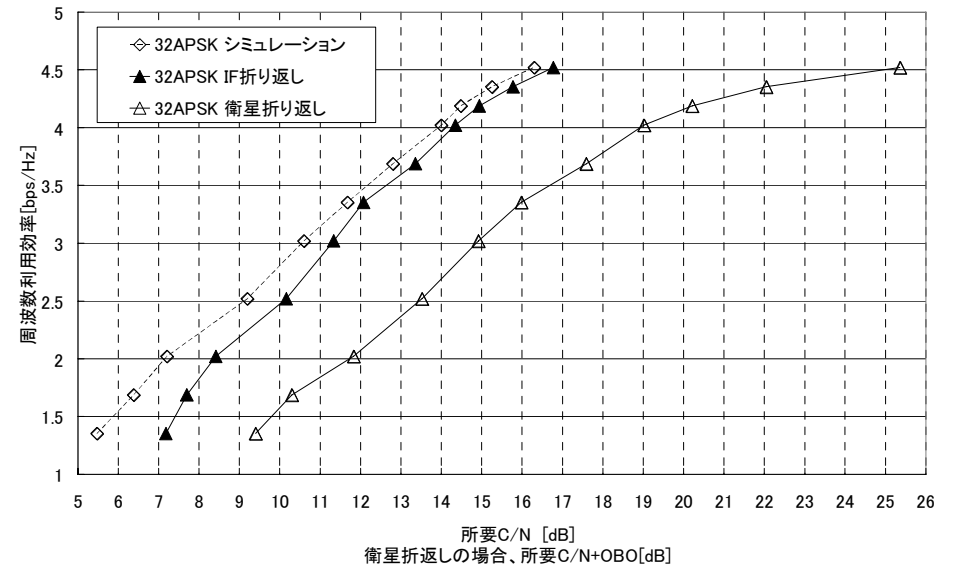


図 22 : 32APSK 所要 C/N 対周波数利用効率

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。

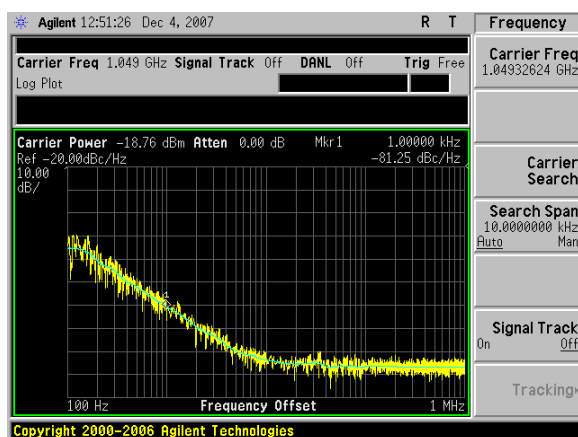


図 23：ODU の位相雑音特性



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

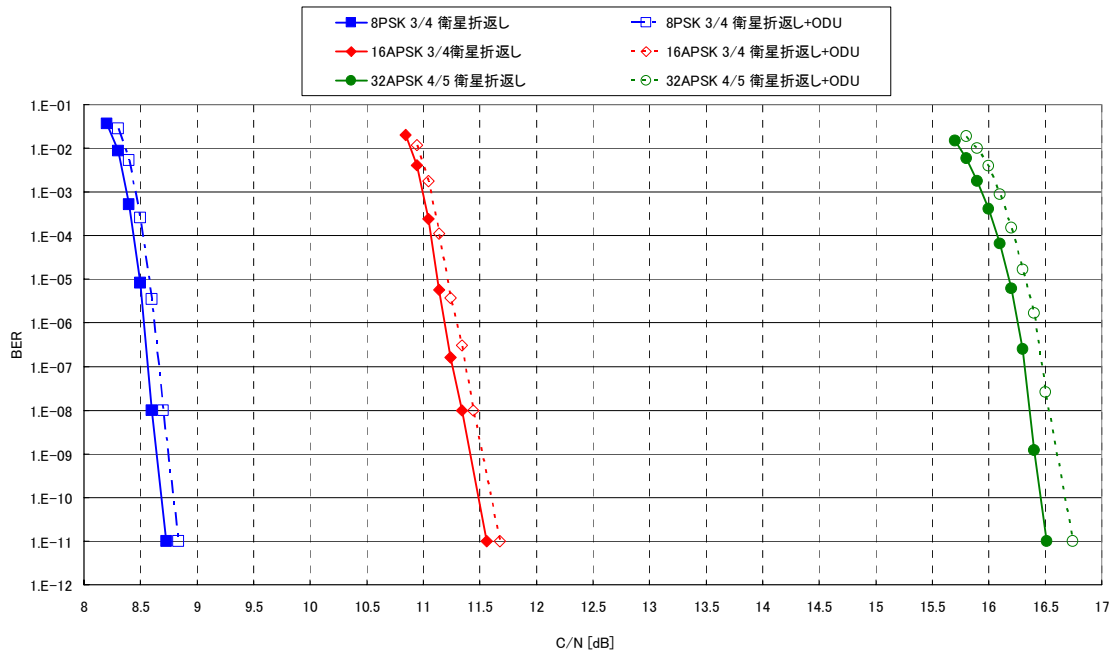


図 25 : ODU 挿入時の 8PSK 3/4 16APSK 3/4 32APSK 4/5 衛星折返し C/N 対ビット誤り率

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)

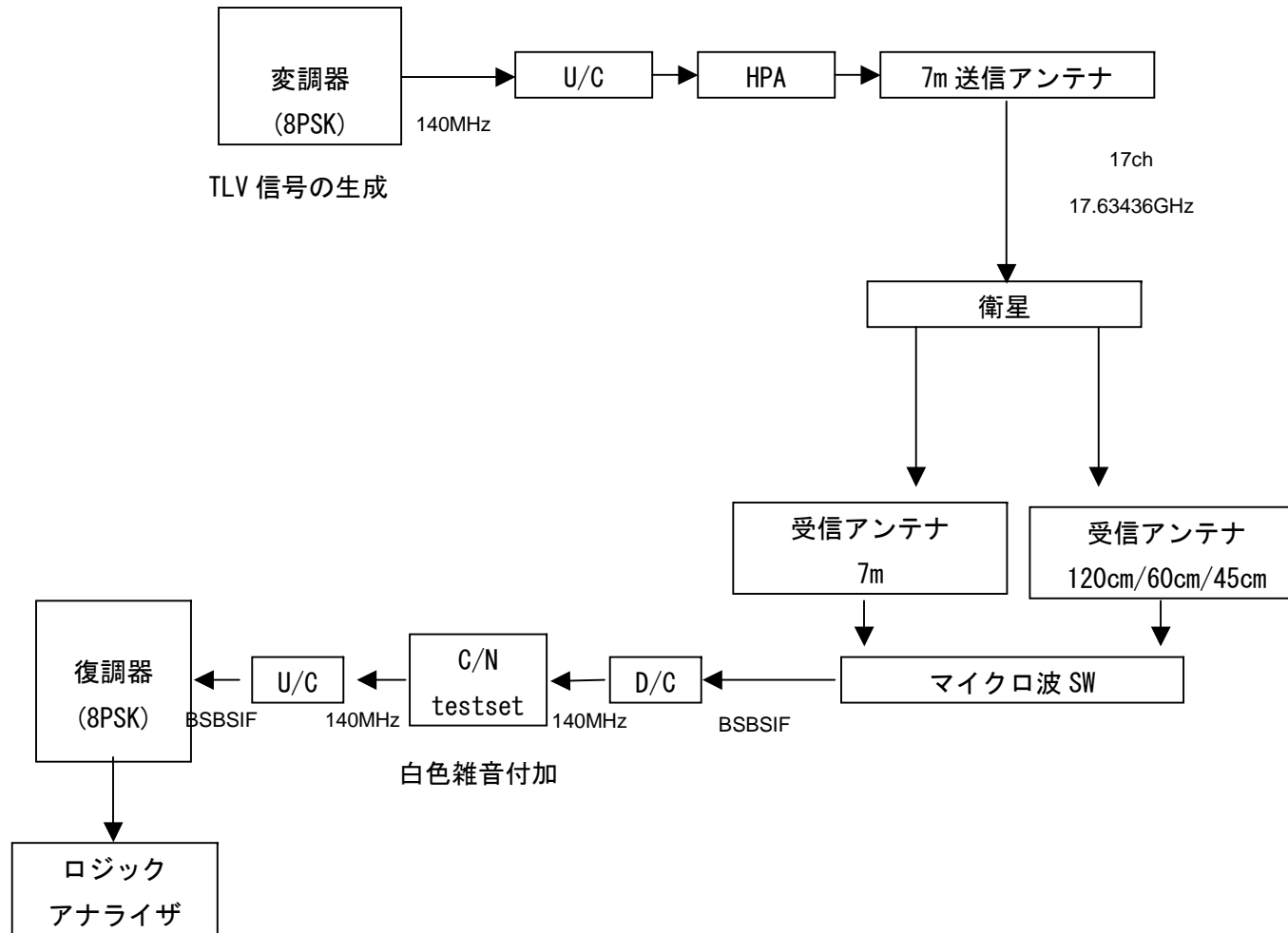


図 28 : TLV モード動作確認試験 実験系統図

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、正常に受信できることを確認した。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

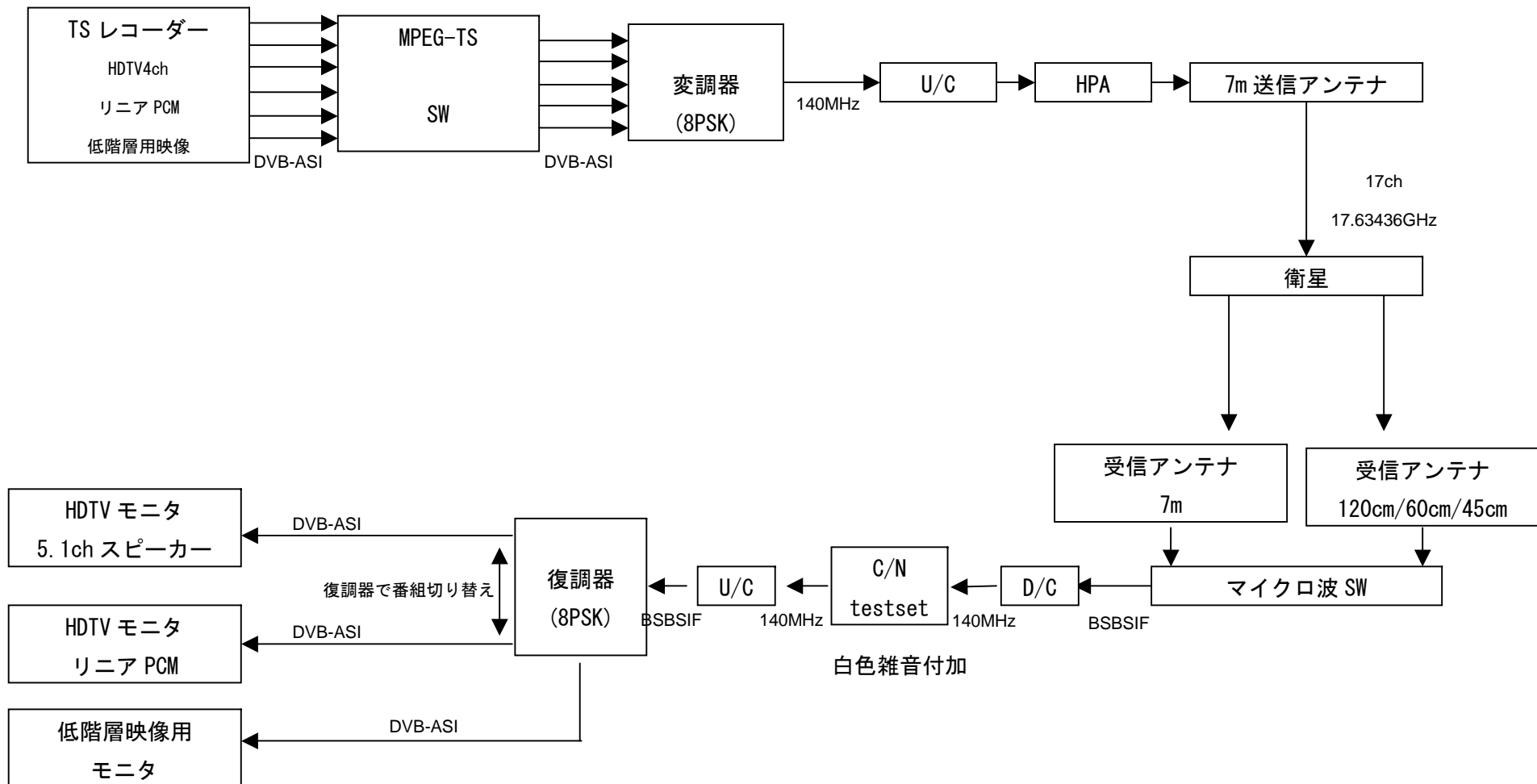


図 29 : 8PSK HDTV 4 番組伝送、リニア PCM 番組伝送、階層伝送 総合試験系統図



図 30 高度衛星デジタル伝送装置

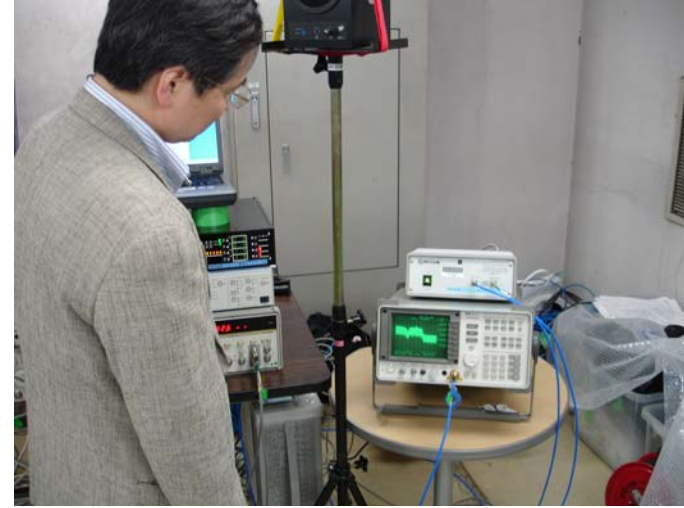


図 31 衛星伝送実験の様子

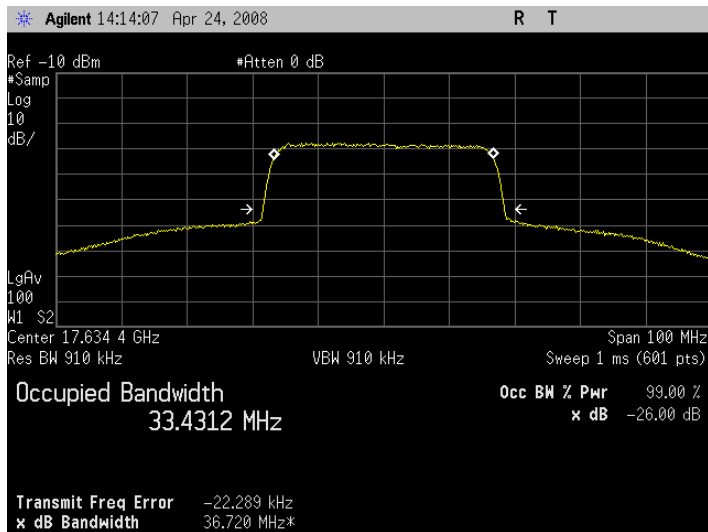


図 32 8PSK 変調波の送信スペクトラム (BS17ch)

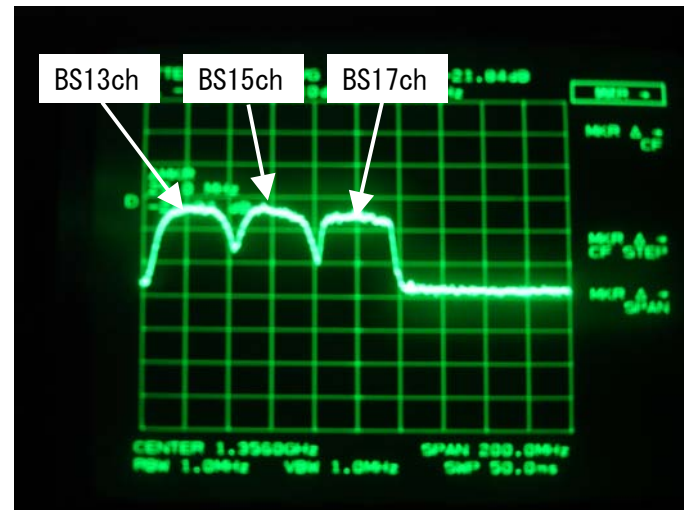


図 33 衛星放送波の受信スペクトラム (BS17ch)



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

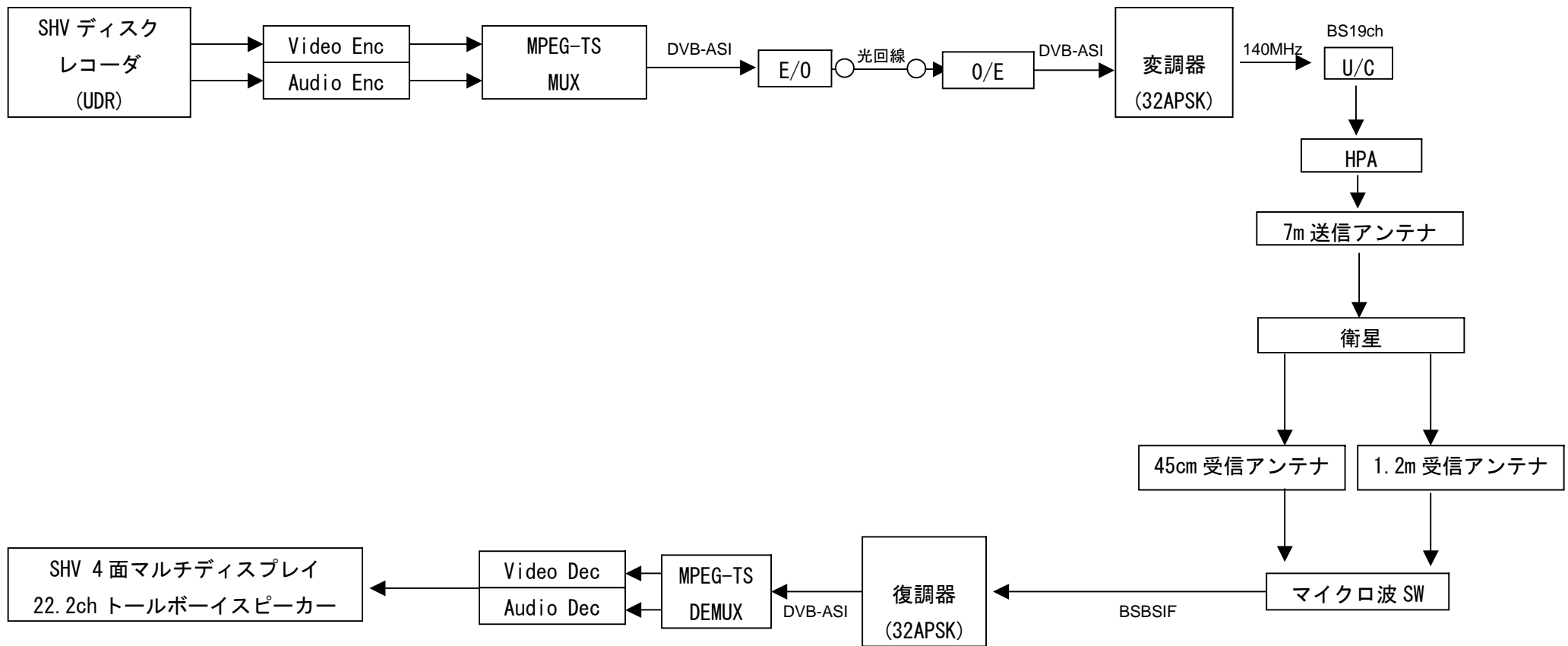


図 37-1 : 32APSK 4/5 SHV 1 番組伝送 総合試験系統図

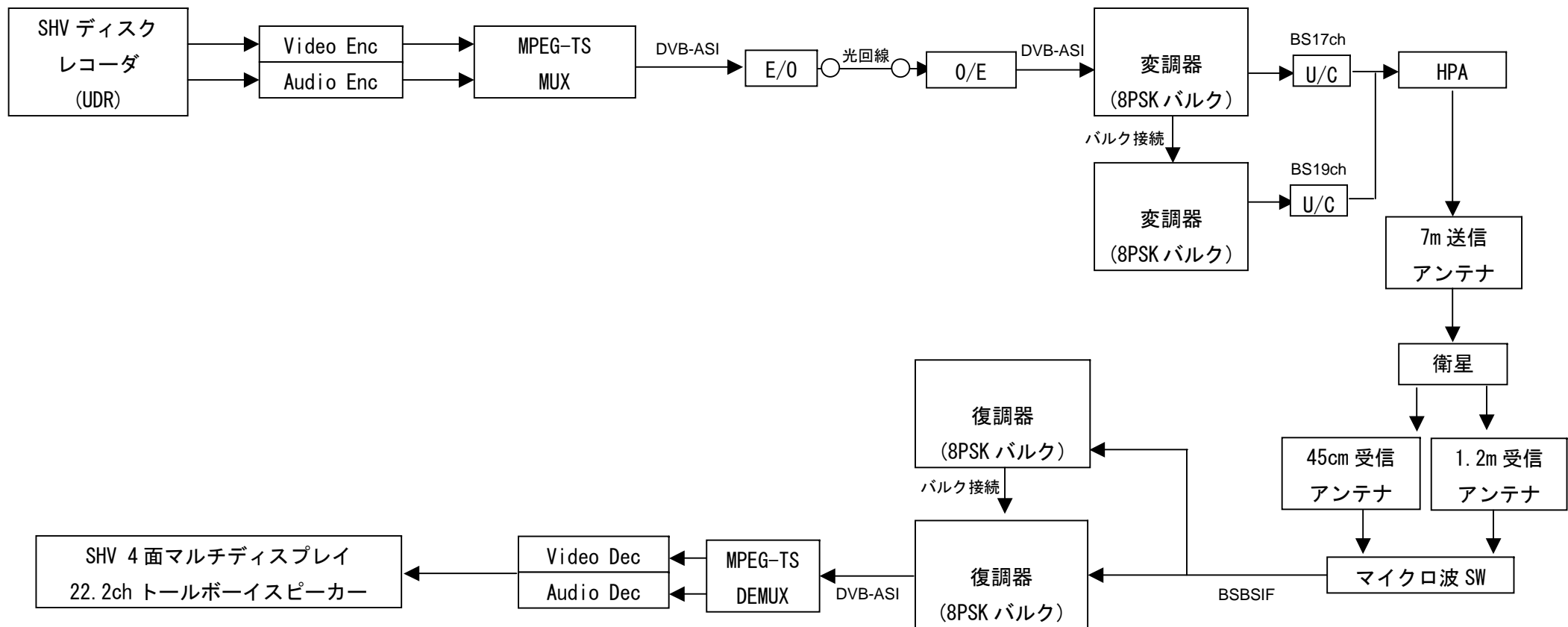


図 37-2 : 8PSK3/4 バルク SHV 1 番組伝送 総合試験系統図



図 38 SHV 番組伝送試験 使用機器

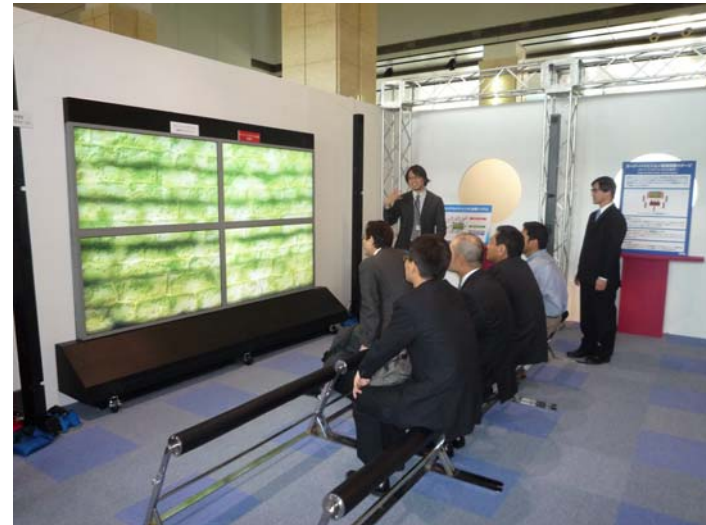


図 39 SHV 番組伝送実験の様子



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 パルク伝送 受信スペクトラム、コンスタレーション

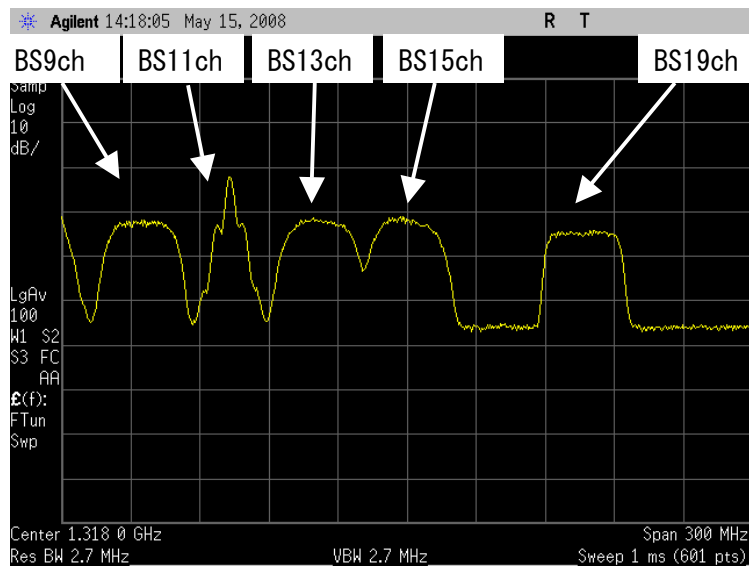


図 42 32APSK 4/5 受信スペクトラム (45cm 径パラボラアンテナ)

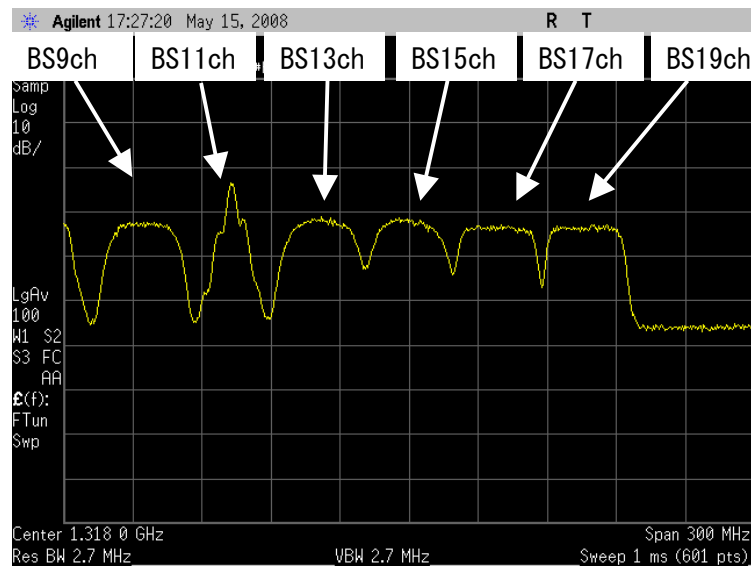


図 43 8PSK 3/4 バルク伝送 受信スペクトラム (45cm 径パラボラアンテナ)

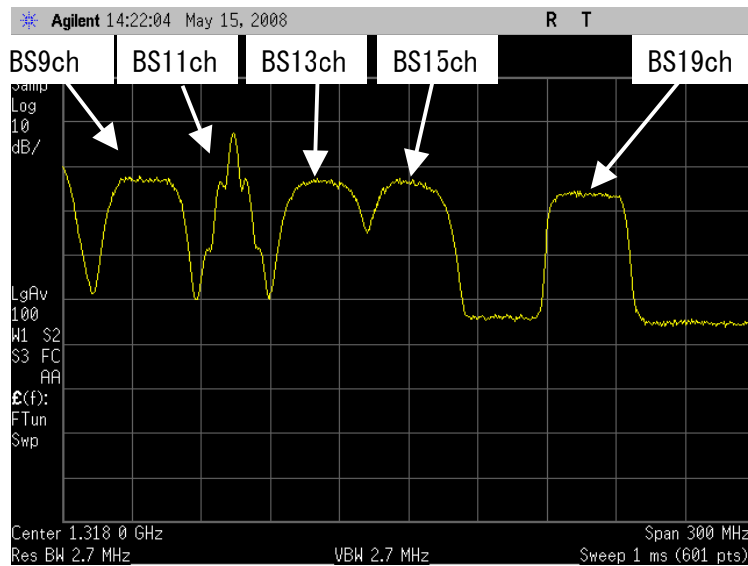


図 44 32APSK 4/5 受信スペクトラム (120cm 径パラボラアンテナ)

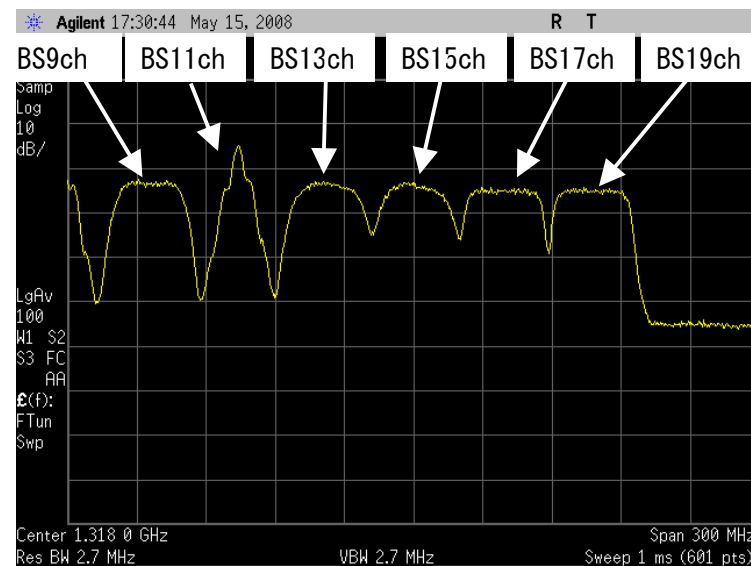


図 45 8PSK 3/4 バルク伝送 受信スペクトラム (120cm 径パラボラアンテナ)



図 46 32APSK 4/5 コンスタレーション(45cm 径パラボラアンテナ)



図 47 8PSK 3/4 バルク伝送 コンスタレーション(45cm 径パラボラアンテナ)



図 48 受信用 45cm 径 パラボラアンテナ



図 49 受信用 120cm 径 パラボラアンテナ

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

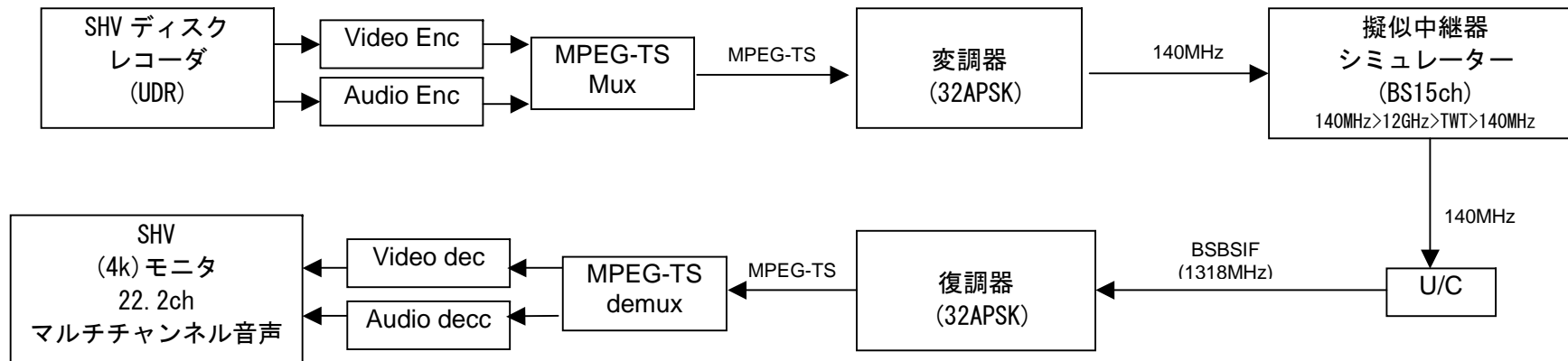
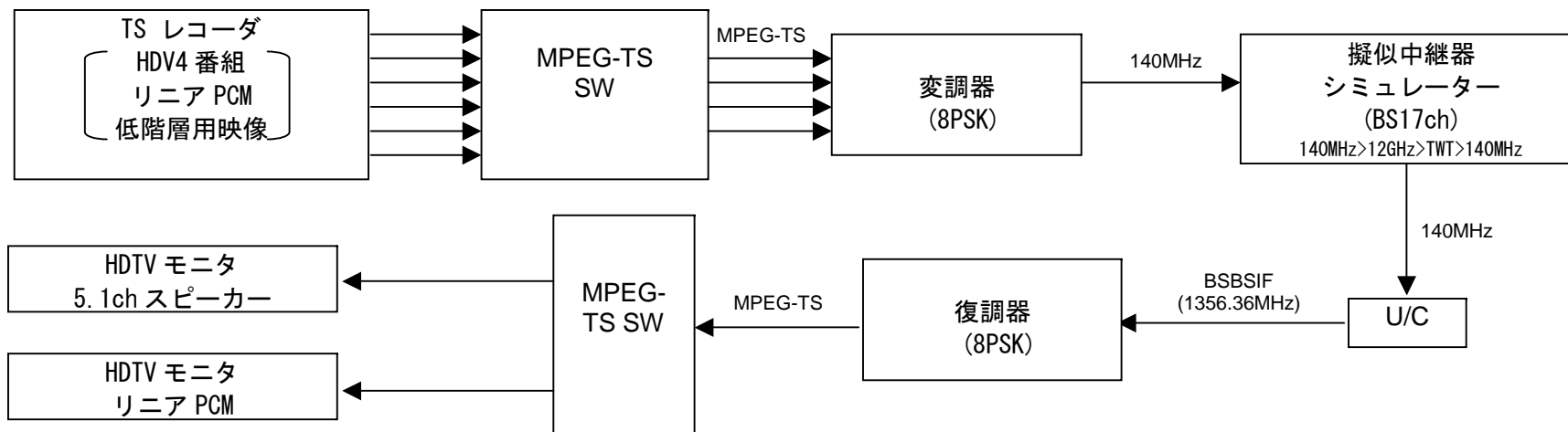


図 50-1 : 擬似中継器折返し デモンストレーション系統図(HDTV4ch 伝送、階層伝送、32APSK による 1 中継器 SHV 伝送)

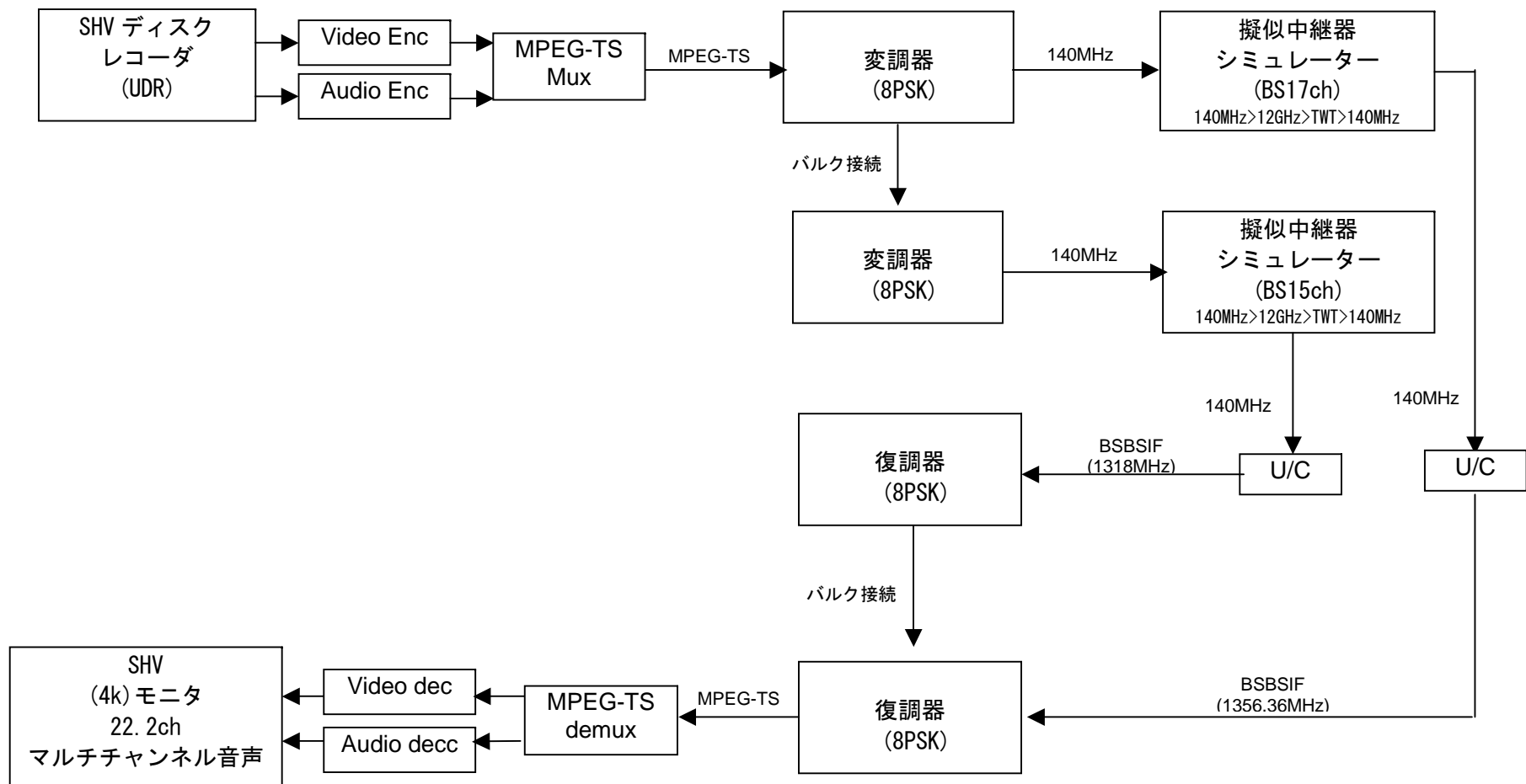


図 50-2 : 擬似中継器折返し デモンストレーション系統図 (8PSK バルク伝送による 2 中継器 SHV 伝送)



図 51 高度衛星デジタル伝送装置



図 52 HDTV 4 番組伝送 映像・音声 符号化 復号装置



図 53 SHV 映像・音声 符号化 復号装置



図 54 リニア PCM 音響装置



図 55 高度衛星デジタル伝送装置のデモの様子



図 56 SHV 映像・音声 符号化 復号装置

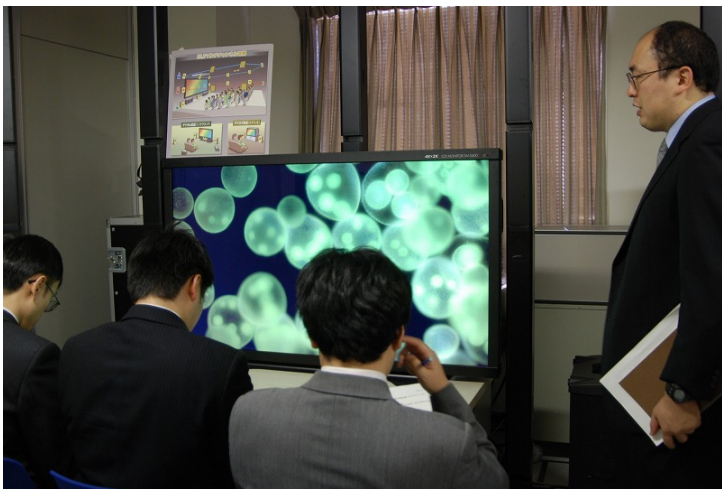


図 57 SHV 番組伝送のデモの様子



図 58 リニア PCM 番組伝送デモの様子

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

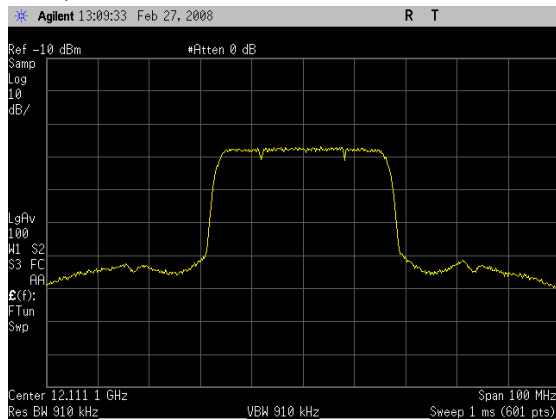


写真 8-1-1 $\pi/2$ シフト BPSK (9/10) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

・ QPSK

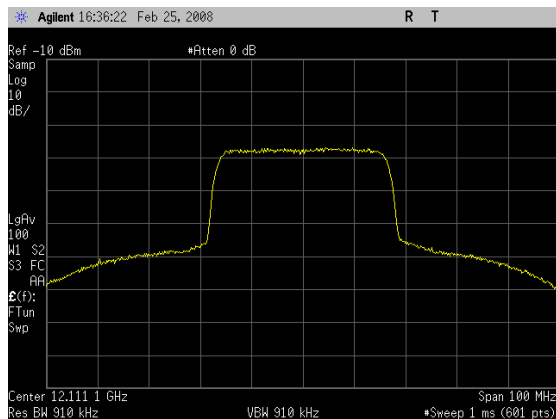


写真 8-2-1 QPSK (3/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

・ 8PSK

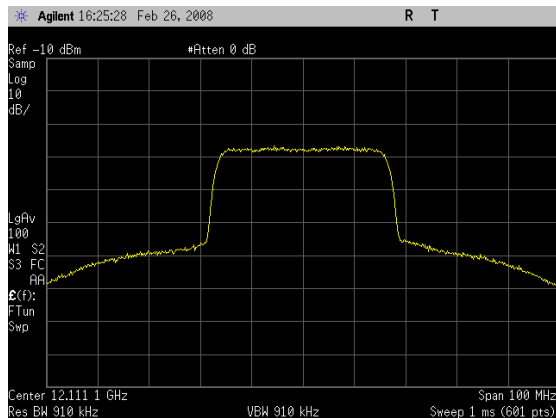


写真 8-3-1 8PSK (3/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

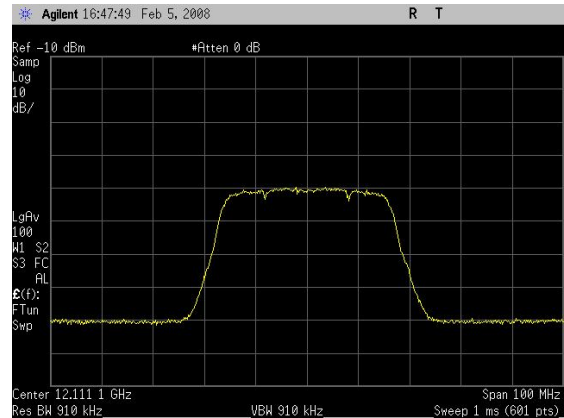


写真 8-1-2 $\pi/2$ シフト BPSK (9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.3MHz)

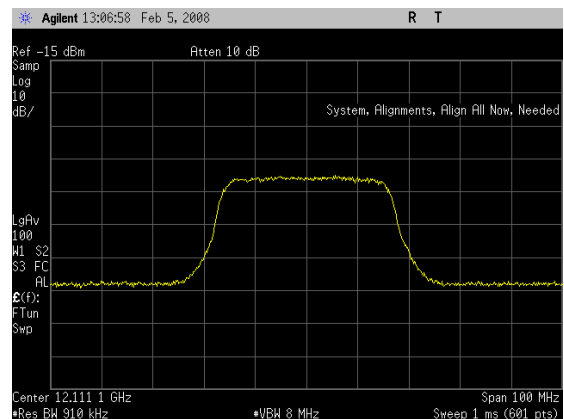


写真 8-2-2 QPSK (1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

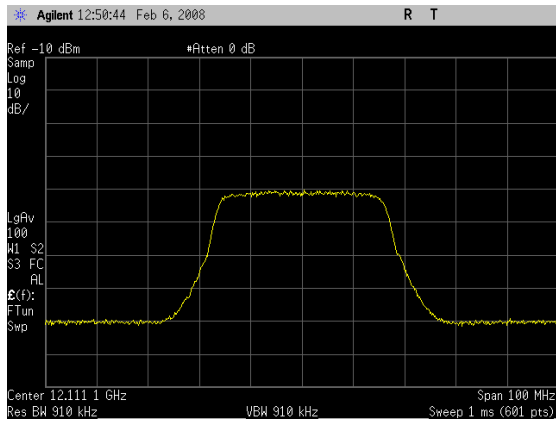


写真 8-3-2 8PSK (3/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)
・ 16APSK

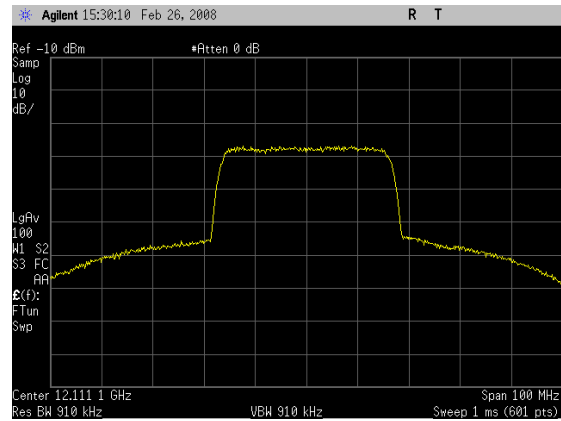


写真 8-4-3-1 16APSK (2/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

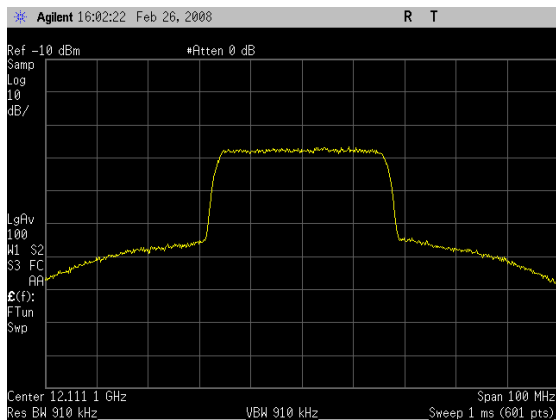


写真 8-4-1-1 16APSK (1/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

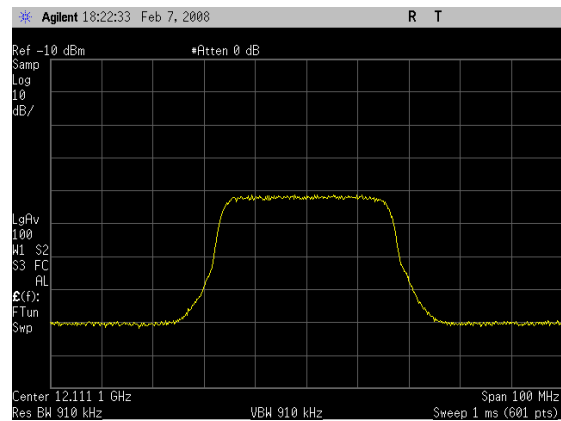


写真 8-4-1-2 16APSK (1/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

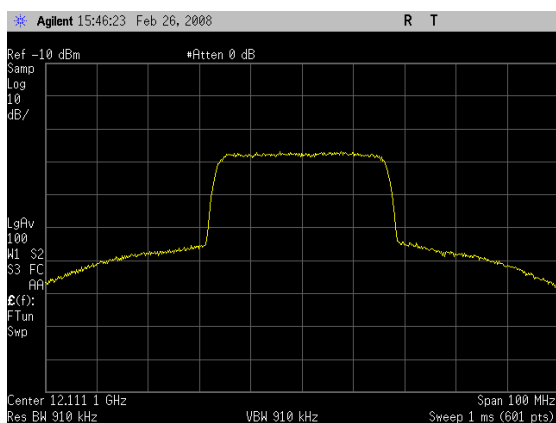


写真 8-4-2-1 16APSK (1/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

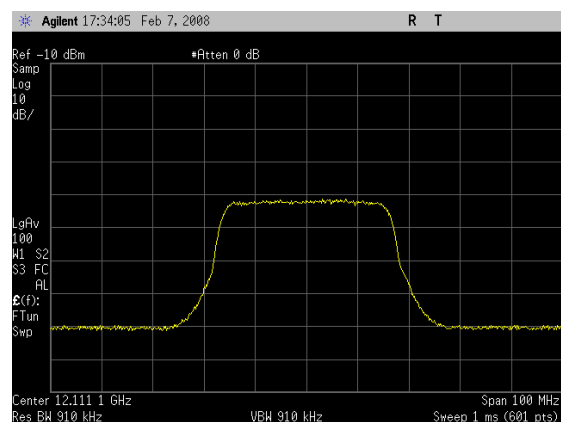


写真 8-4-2-2 16APSK (1/3) 衛星伝送実験

の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

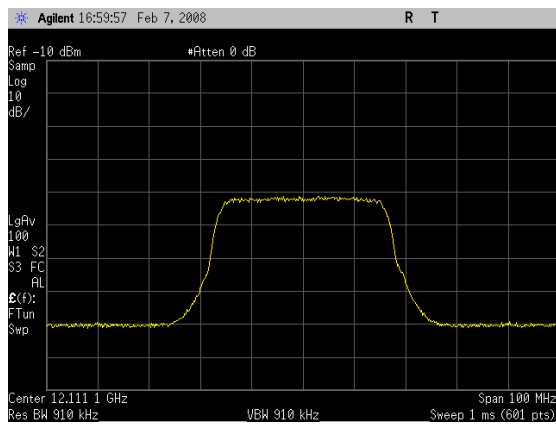


写真 8-4-3-2 16APSK(2/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

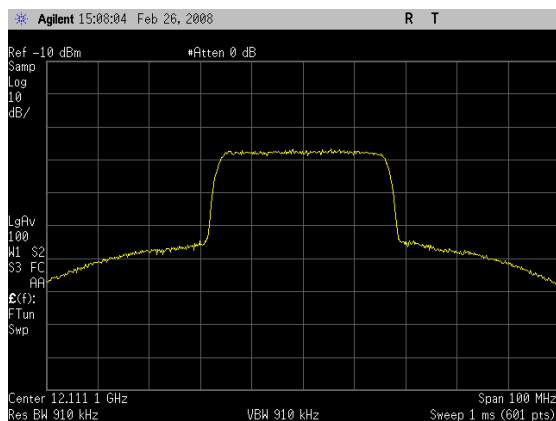


写真 8-4-4-1 16APSK(1/2) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

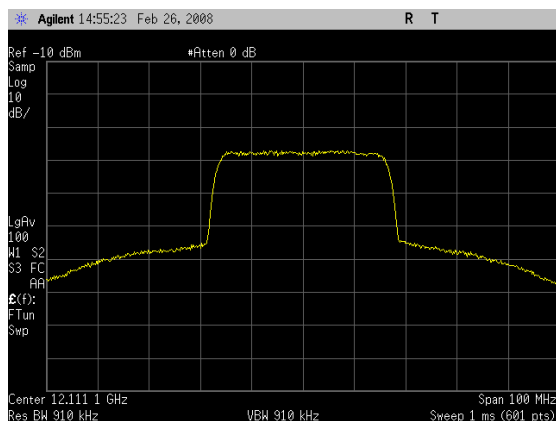


写真 8-4-5-1 16APSK(3/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

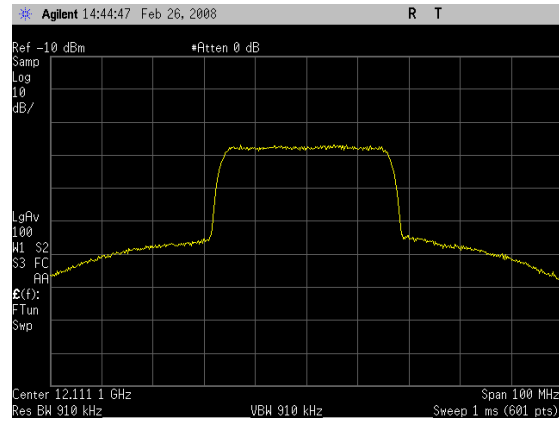


写真 8-4-6-1 16APSK(2/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.4MHz)

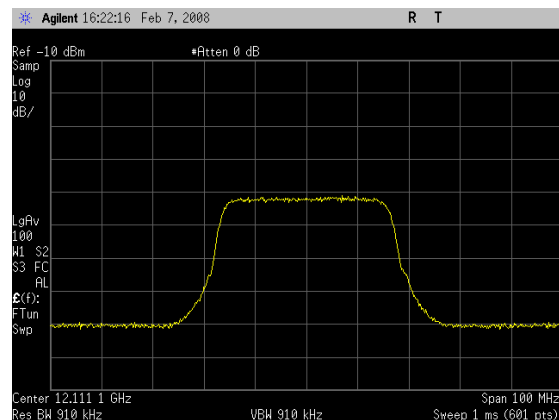


写真 8-4-4-2 16APSK(1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

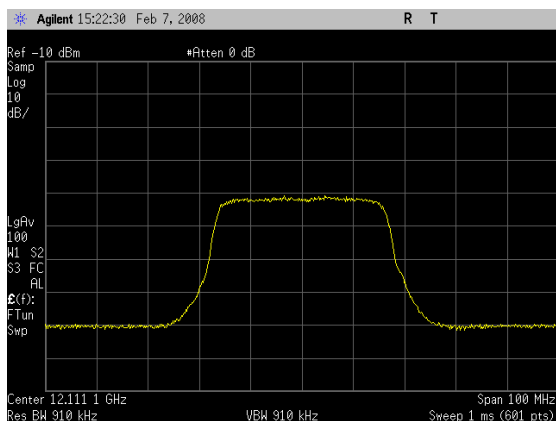


写真 8-4-5-2 16APSK(3/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

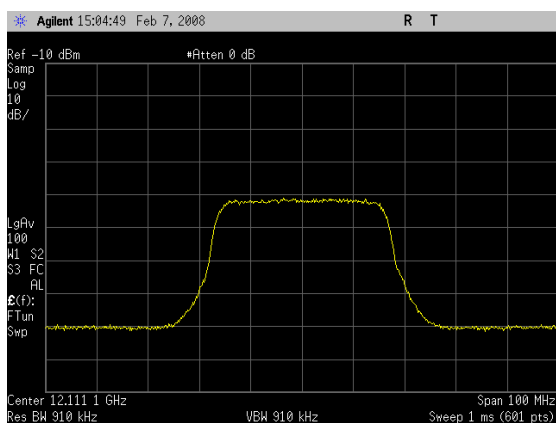


写真 8-4-6-2 16APSK(2/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

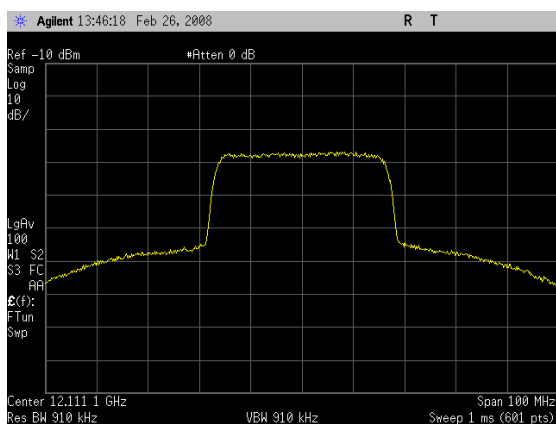


写真 8-4-7-1 16APSK(3/4) トランスレー

ター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

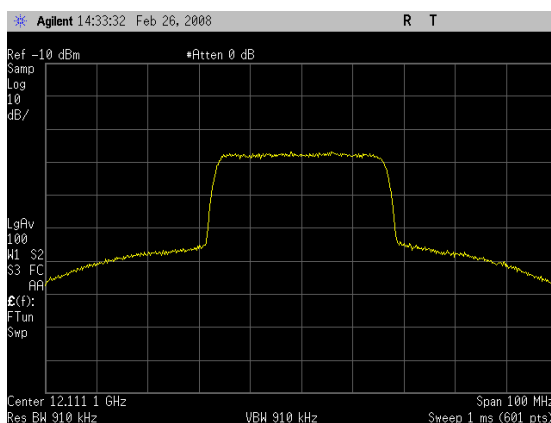


写真 8-4-8-1 16APSK(4/5) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

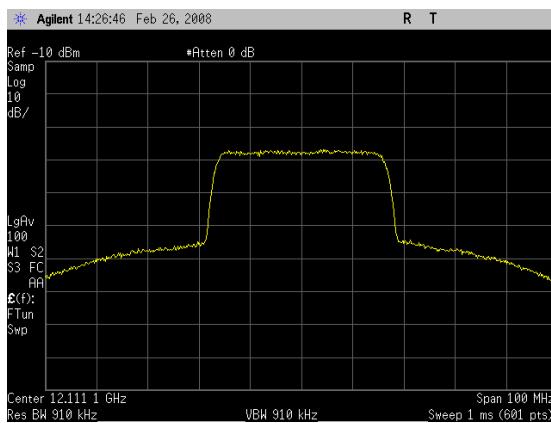


写真 8-4-9-1 16APSK(5/6) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

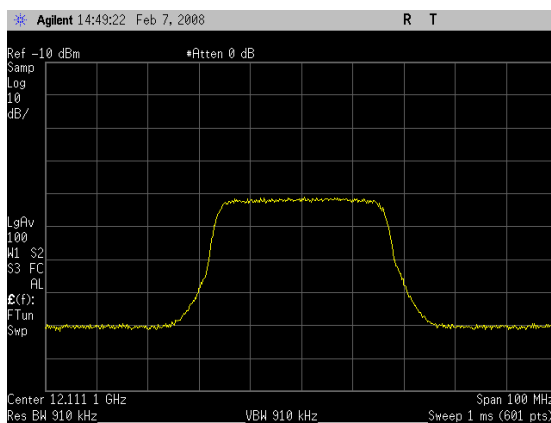


写真 8-4-7-2 16APSK(3/4) 衛星伝送実験
の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

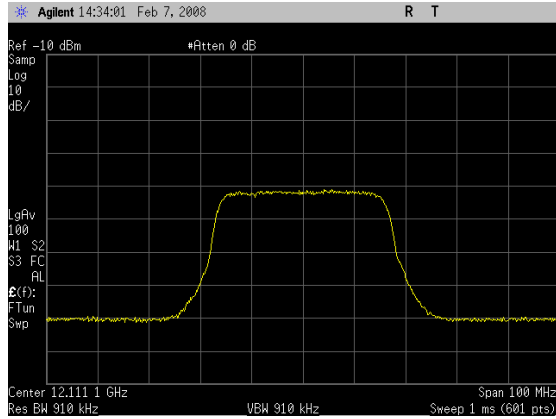


写真 8-4-8-2 16APSK(4/5) 衛星伝送実験
の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

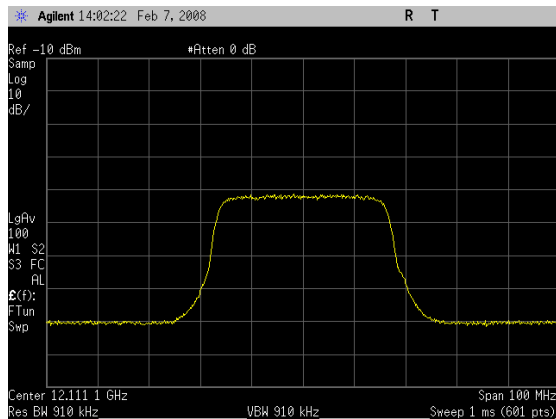


写真 8-4-9-2 16APSK(5/6) 衛星伝送実験
の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

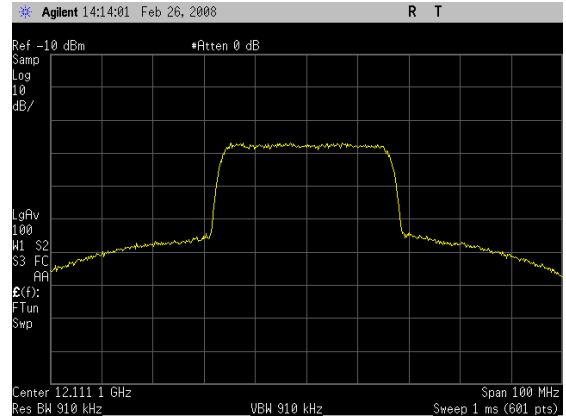


写真 8-4-10-1 16APSK(7/8) トランスレー
ター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

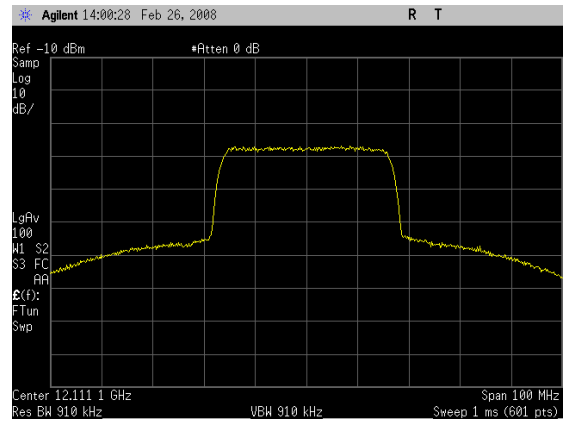


写真 8-4-11-1 16APSK(9/10) トランスレー
ター後のスペクトル(占有帯域幅
=33.5MHz)

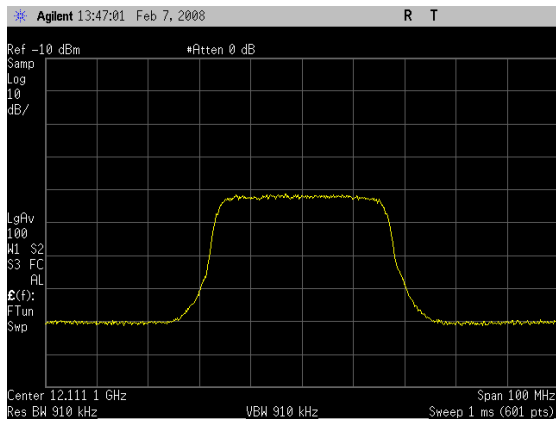


写真 8-4-10-2 16APSK(7/8) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

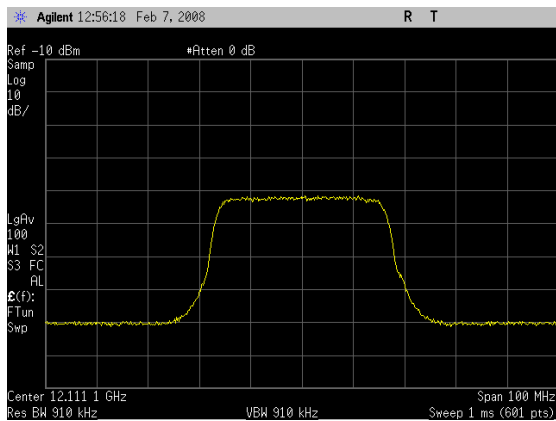


写真 8-4-11-2 16APSK(9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

・ 32APSK

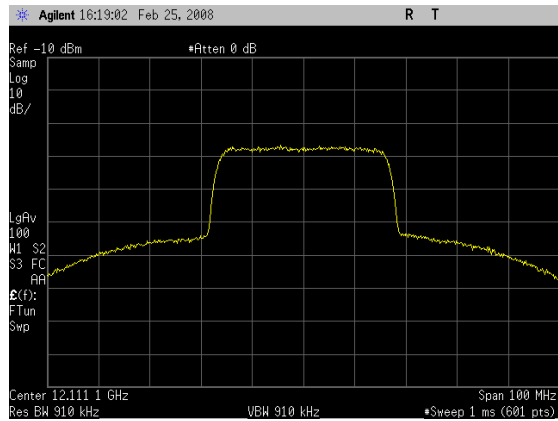


写真 8-5-1-1 32APSK(1/4) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

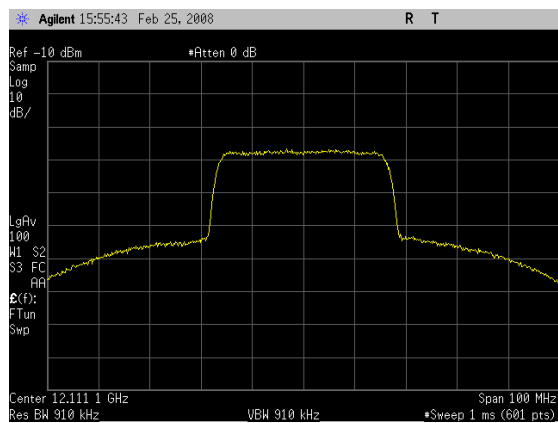


写真 8-5-2-1 32APSK(1/3) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

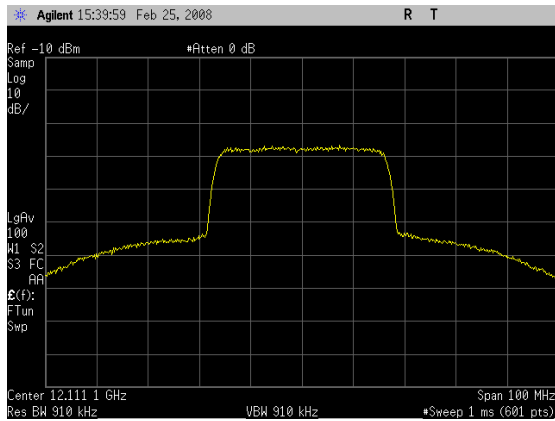


写真 8-5-3-1 32APSK(2/5) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

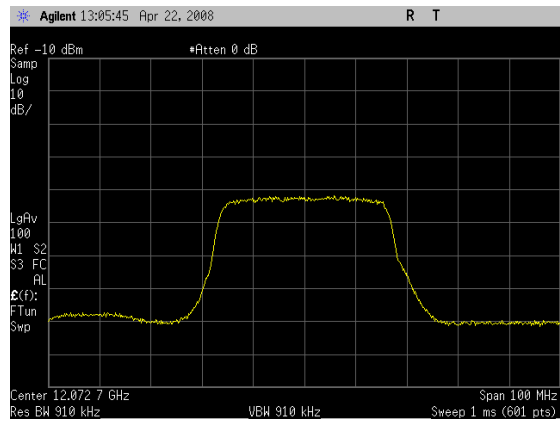


写真 8-5-3-2 32APSK(2/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

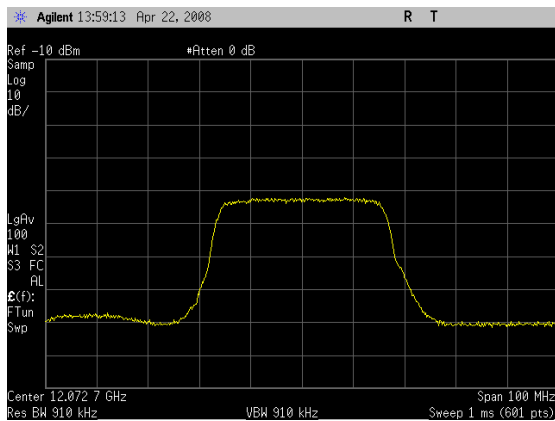


写真 8-5-1-2 32APSK(1/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

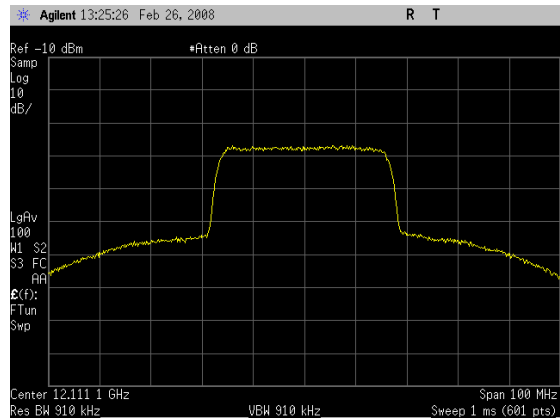


写真 8-5-4-1 32APSK(1/2) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

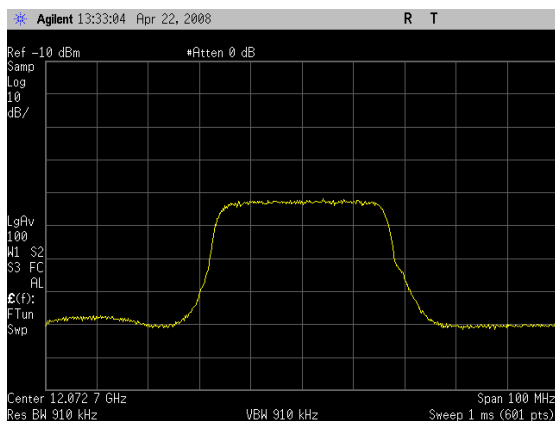


写真 8-5-2-2 32APSK(1/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

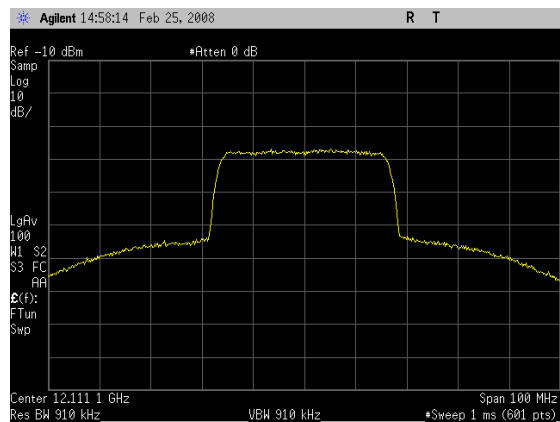


写真 8-5-5-1 32APSK(3/5) トランスレー

ター後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

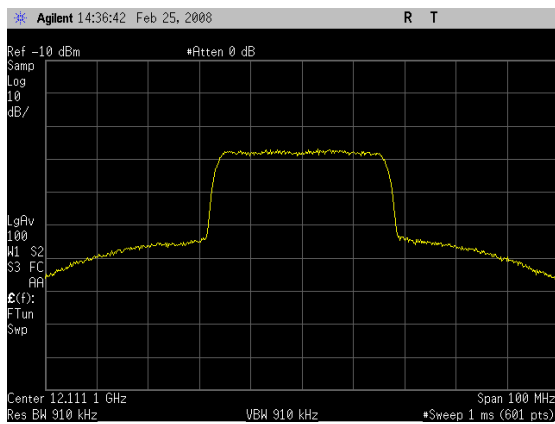


写真 8-5-6-1 32APSK(2/3) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

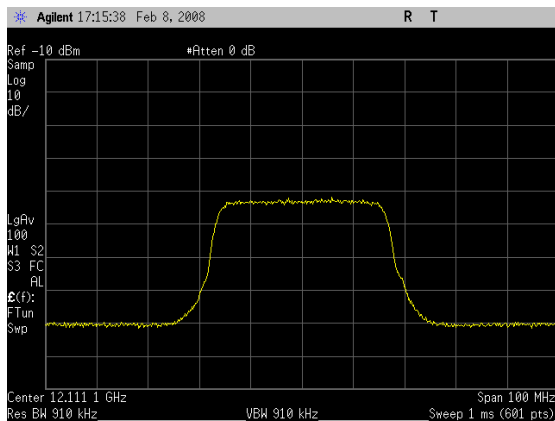


写真 8-5-4-2 32APSK(1/2) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

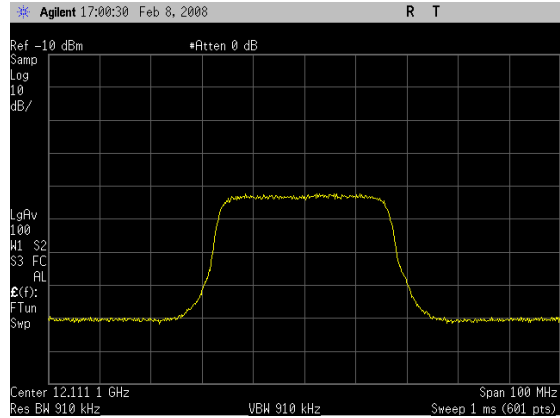


写真 8-5-5-2 32APSK(3/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.2MHz)

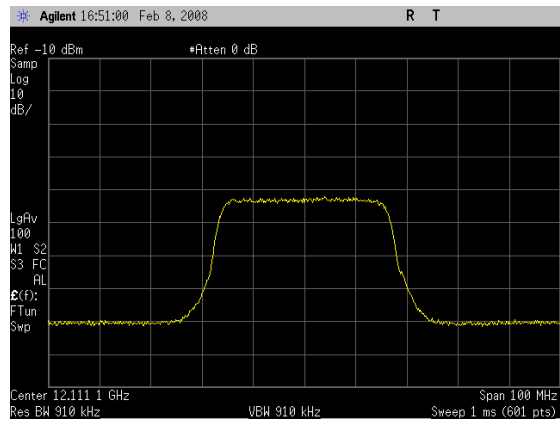


写真 8-5-6-2 32APSK(2/3) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

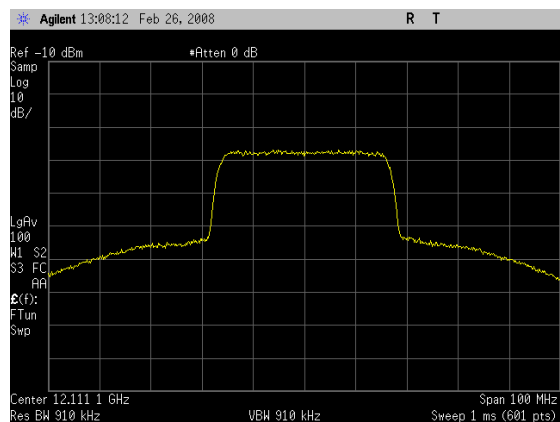


写真 8-5-7-1 32APSK(3/4) トランスレー

ター後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

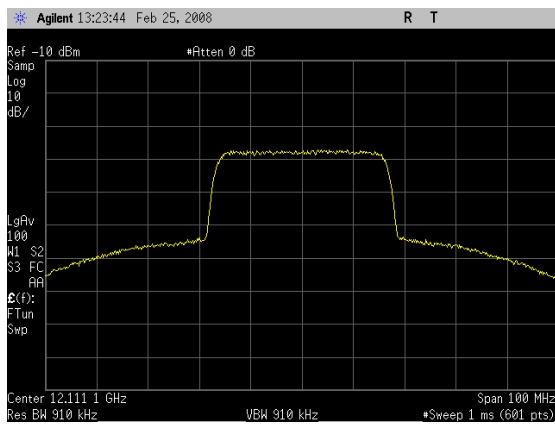


写真 8-5-8-1 32APSK(4/5) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

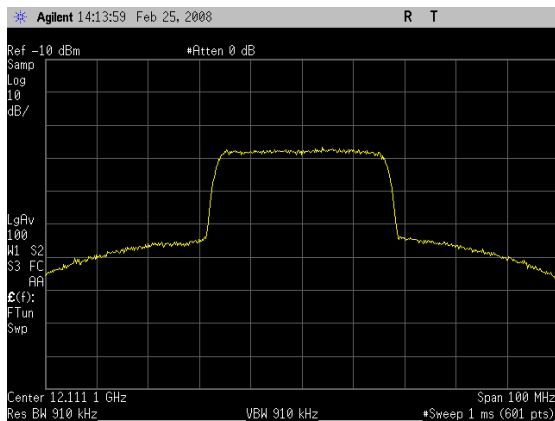


写真 8-5-9-1 32APSK(5/6) トランスレーター後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

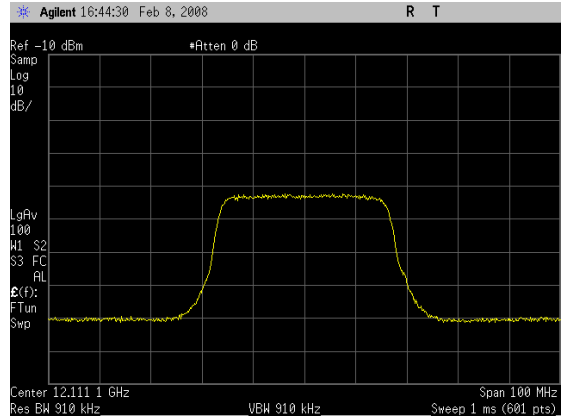


写真 8-5-7-2 32APSK(3/4) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

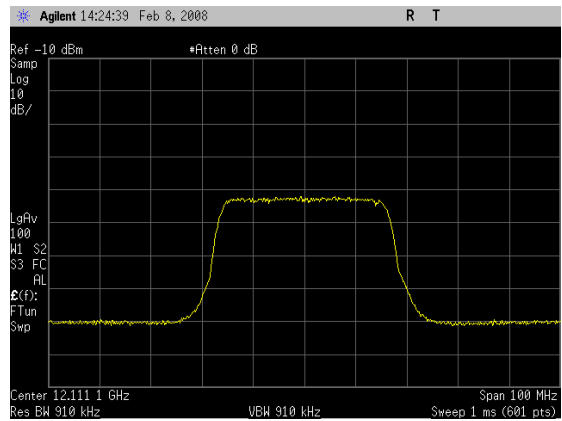


写真 8-5-8-2 32APSK(4/5) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

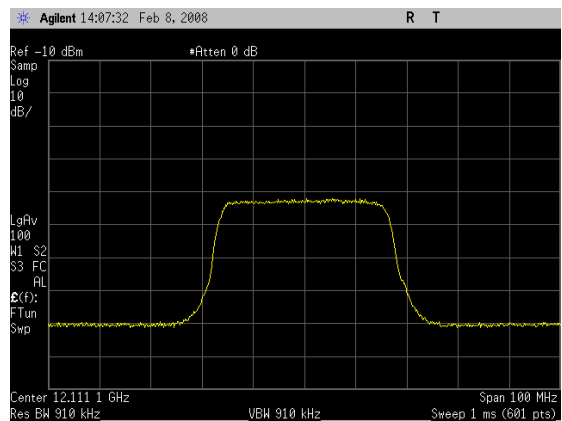


写真 8-5-9-2 32APSK(5/6) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

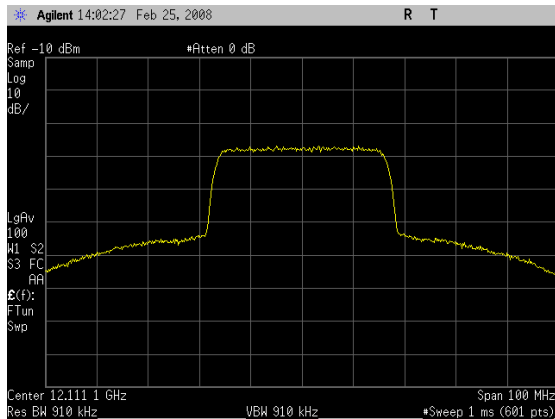


写真 8-5-10-1 32APSK(7/8) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.5MHz)

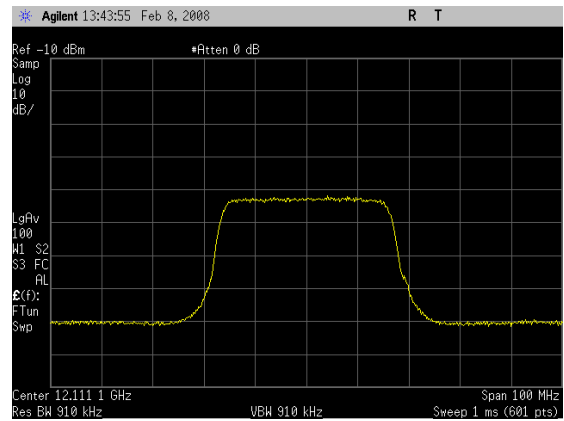


写真 8-5-10-2 32APSK(7/8) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

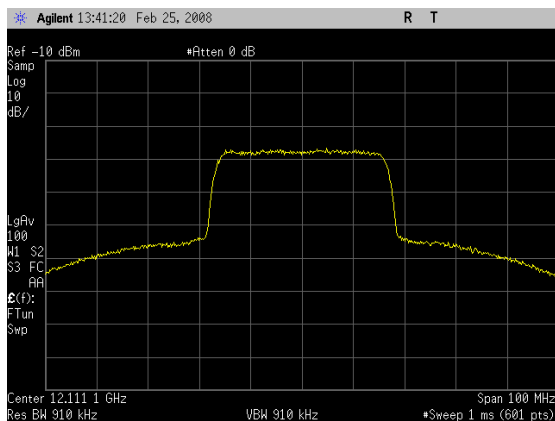


写真 8-5-11-1 32APSK(9/10) トランスレータ後のスペクトル(占有帯域幅=33.6MHz)

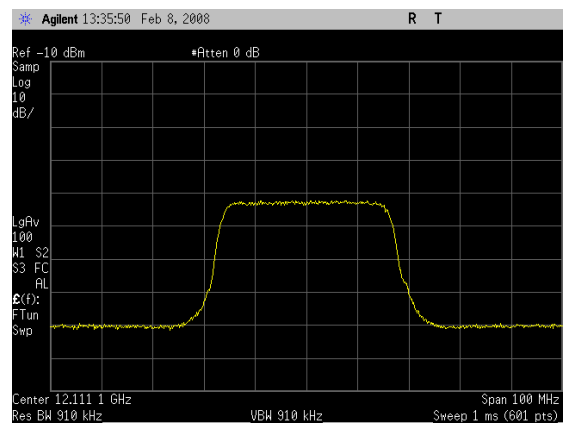


写真 8-5-11-2 32APSK(9/10) 衛星伝送実験の受信スペクトル(占有帯域幅=33.1MHz)

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

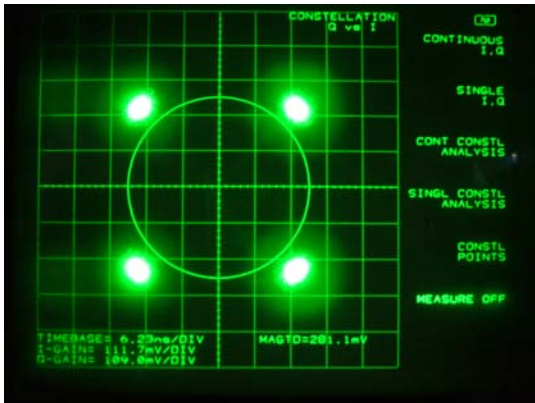


写真 9-1 $\pi/2$ シフト BPSK
トランスレータ折返し
のコンスタレーション

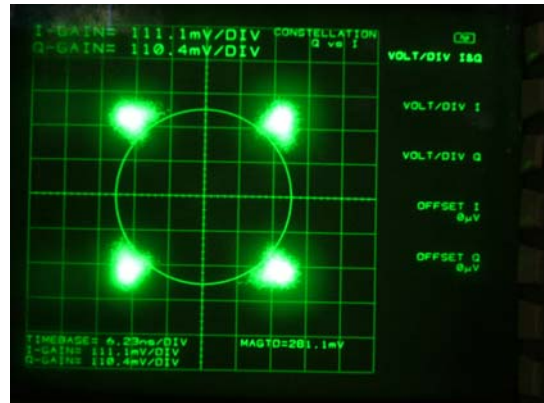


写真 9-2 $\pi/2$ シフト BPSK
衛星伝送実験のコンスタレーション

・ QPSK

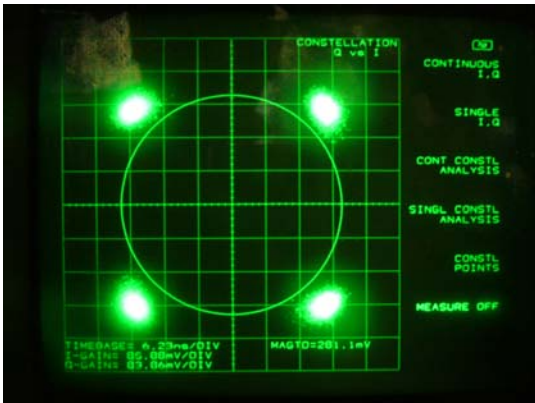


写真 10-1 QPSK トランスレータ折返し
のコンスタレーション



写真 10-2 QPSK 衛星伝送実験の
コンスタレーション

・ 8PSK

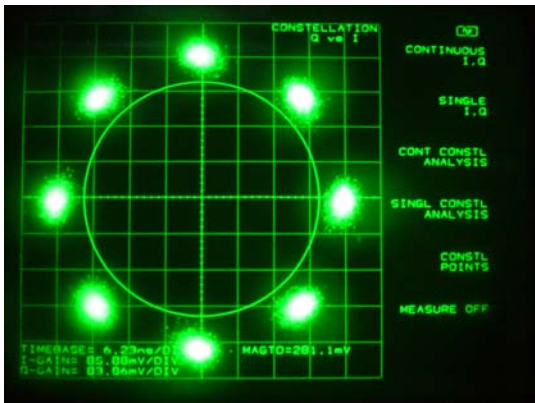


写真 11-1 8PSK トランスレータ折返し
のコンスタレーション

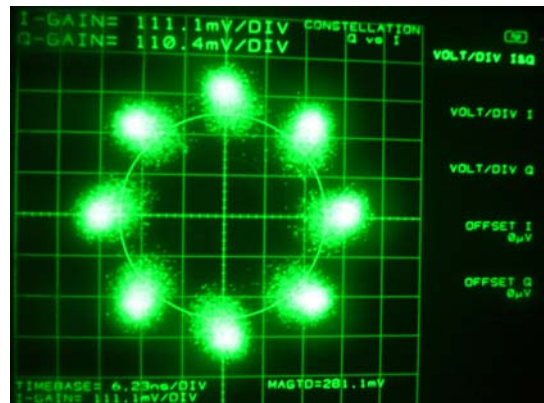


写真 11-2 8PSK 衛星伝送実験の
コンスタレーション

・ 16APSK

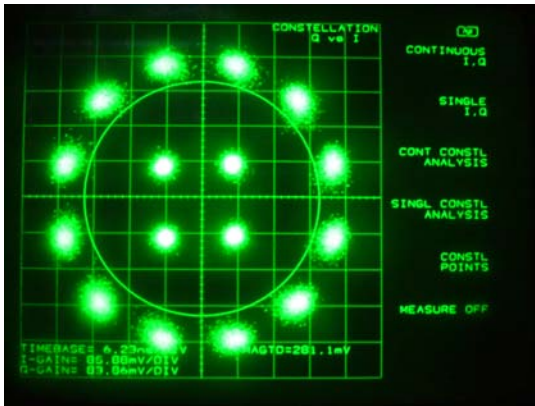


写真 12-1-1 16APSK (1/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

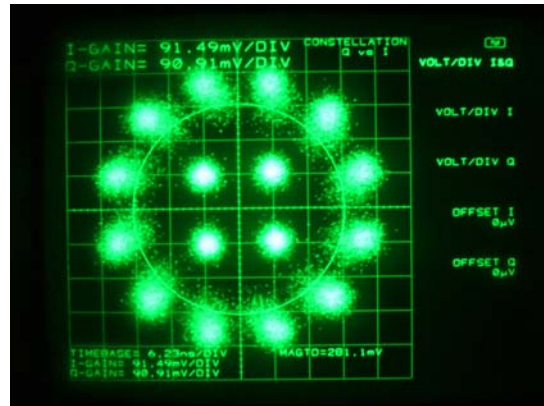


写真 12-1-2 16APSK (1/4) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

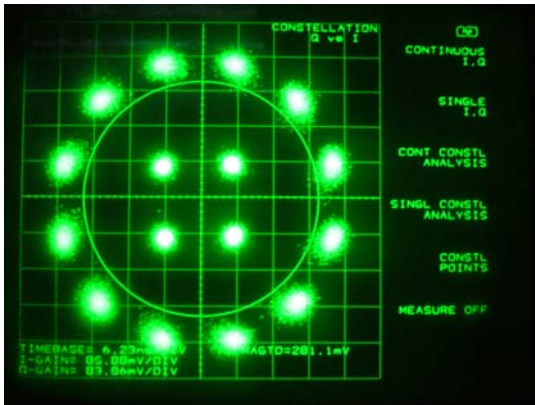


写真 12-2-1 16APSK (1/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

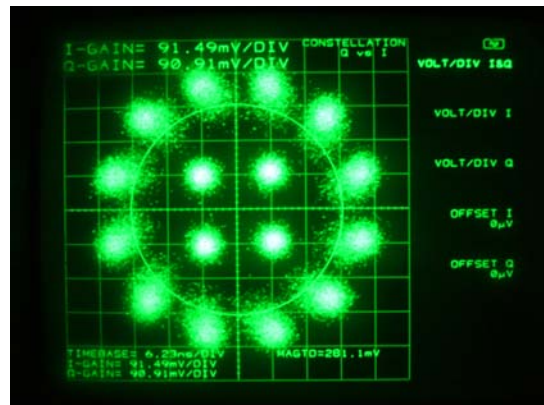


写真 12-2-2 16APSK (1/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

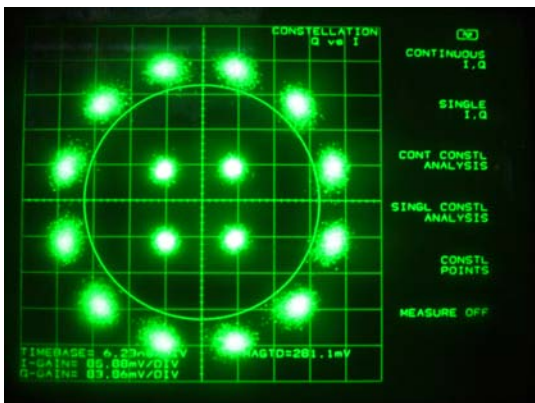


写真 12-3-1 16APSK (2/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-3-2 16APSK (2/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

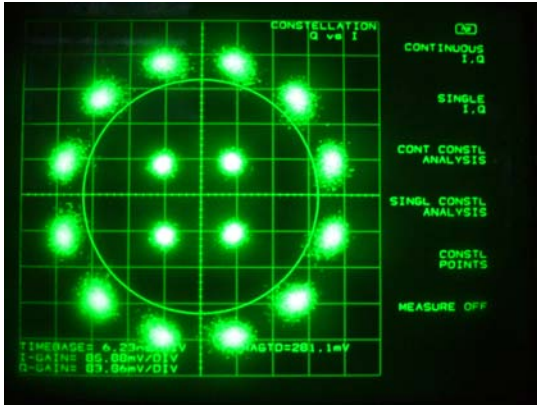


写真 12-4-1 16APSK(1/2)
トランスレーター折返し
のコンスタレーション

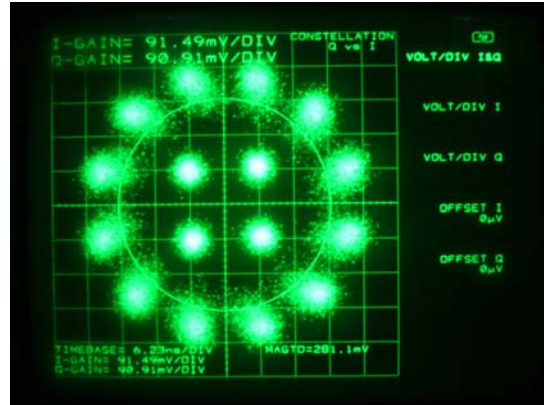


写真 12-4-2 16APSK(1/2) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

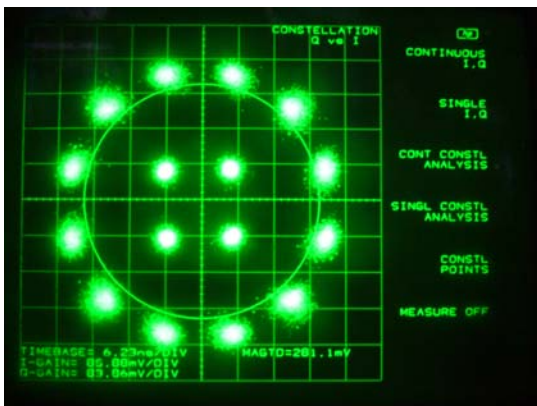


写真 12-5-1 16APSK(3/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-5-2 16APSK(3/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

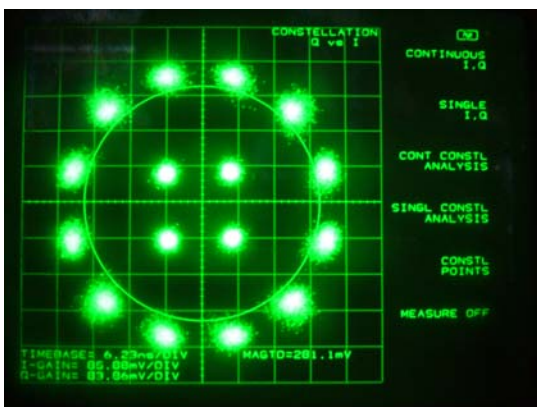


写真 12-6-1 16APSK(2/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 12-6-2 16APSK(2/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

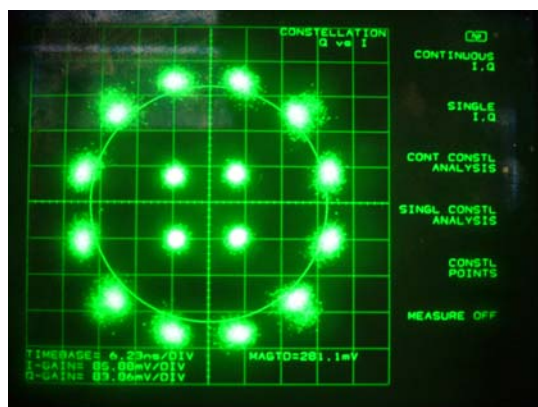


写真 12-7-1 16APSK(3/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

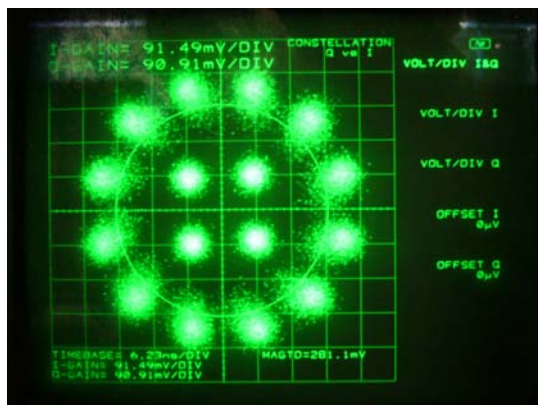


写真 12-7-2 16APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション

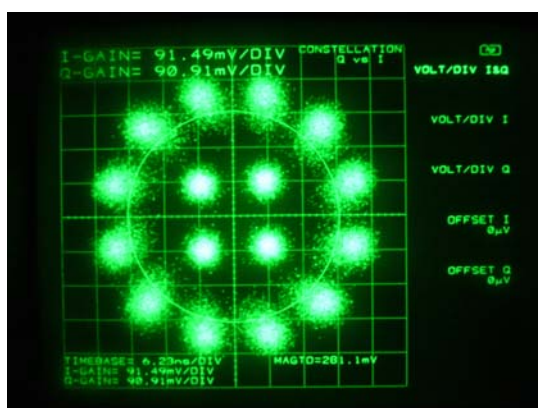


写真 12-7-3 16APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション
(ODU あり)

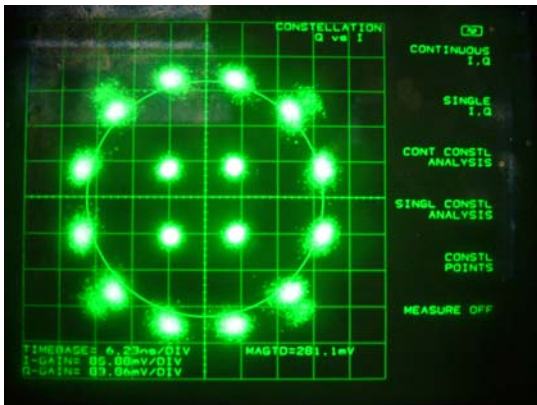


写真 12-8-1 16APSK(4/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

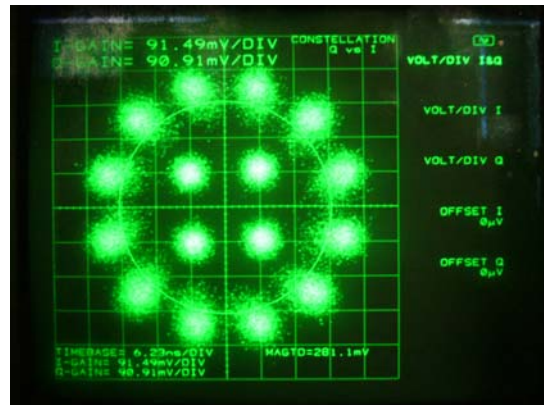


写真 12-8-2 16APSK(4/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

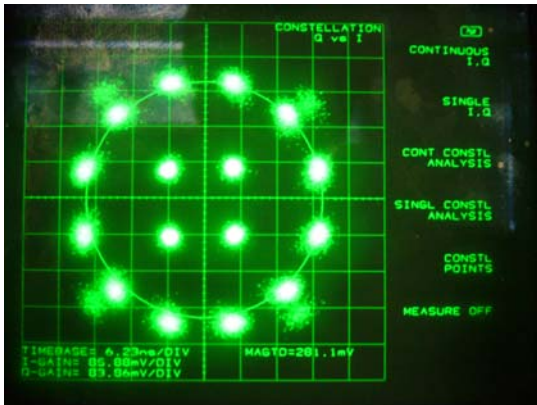


写真 12-9-1 16APSK(5/6)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

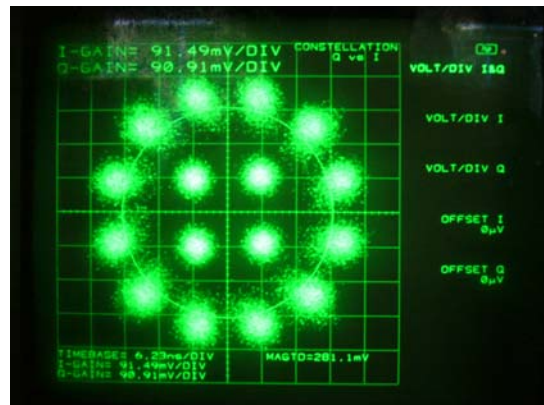


写真 12-9-2 16APSK(5/6) 衛星伝送実験の
コンスタレーション



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

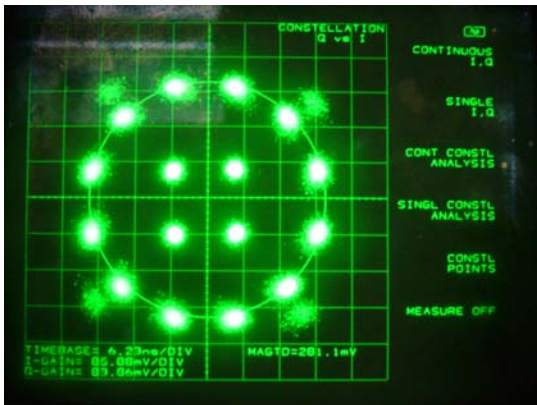


写真 12-11-1 16APSK(9/10)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



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

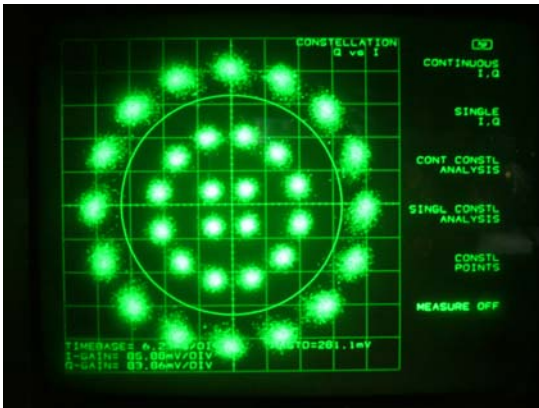


写真 13-1-1 32APSK(1/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

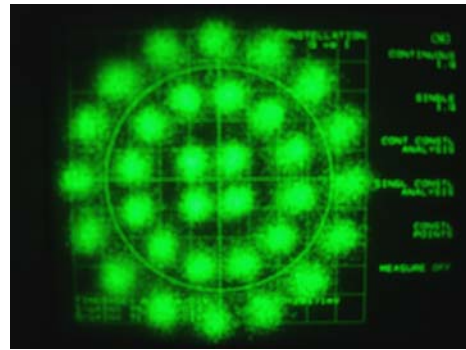


写真 13-1-2 32APSK(1/4) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

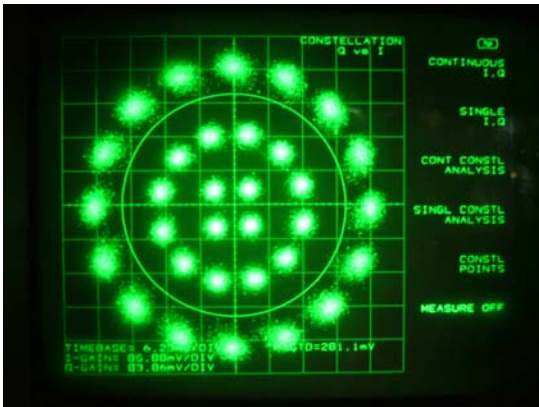


写真 13-2-1 32APSK(1/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

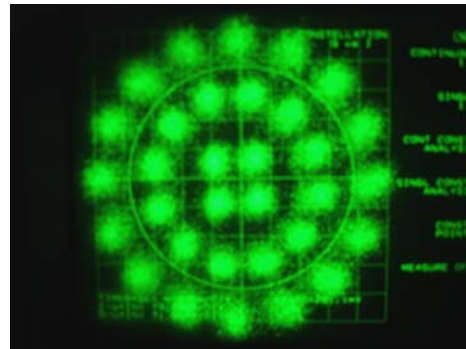


写真 13-2-2 32APSK(1/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

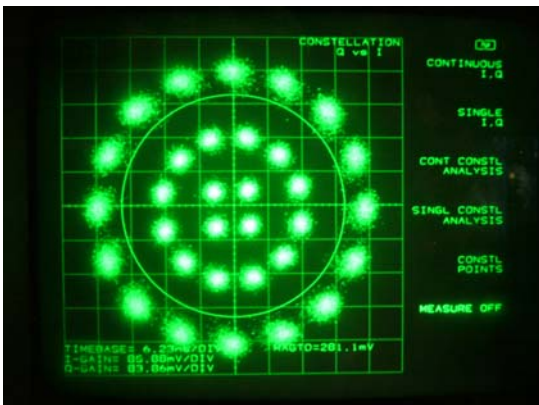


写真 13-3-1 32APSK(2/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

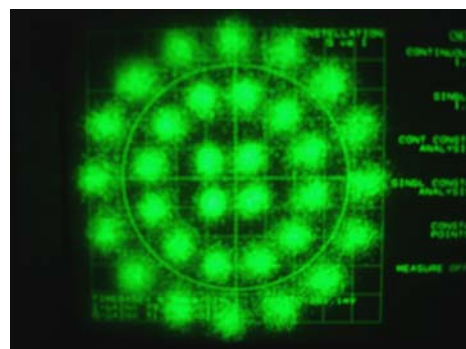


写真 13-3-2 32APSK(2/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

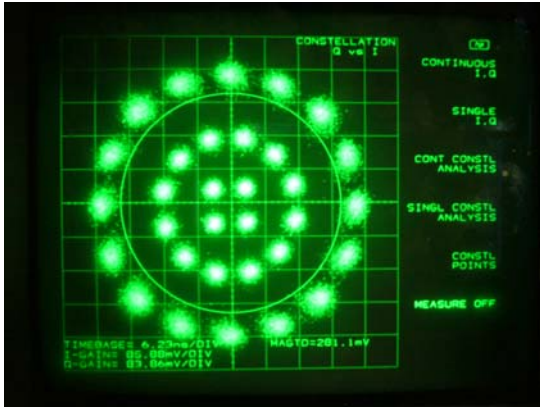


写真 13-4-1 32APSK(1/2)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

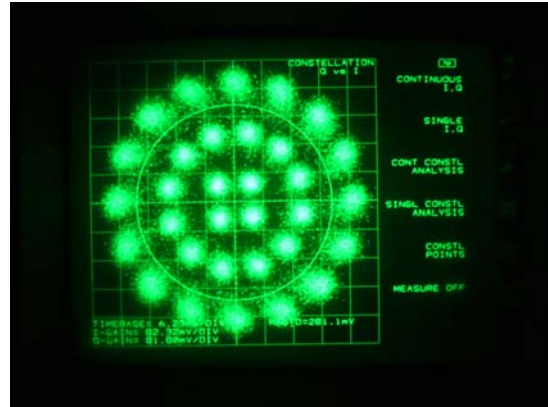


写真 13-4-2 32APSK(1/2) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

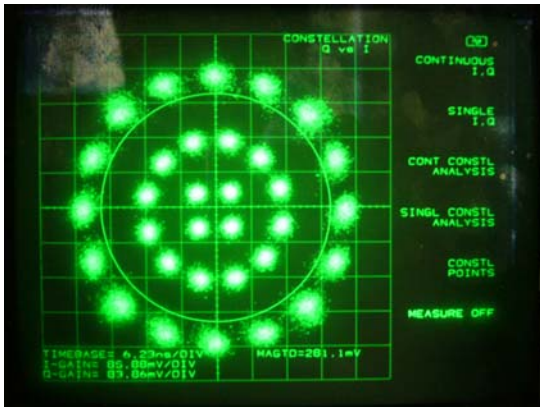


写真 13-5-1 32APSK(3/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-5-2 32APSK(3/5) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

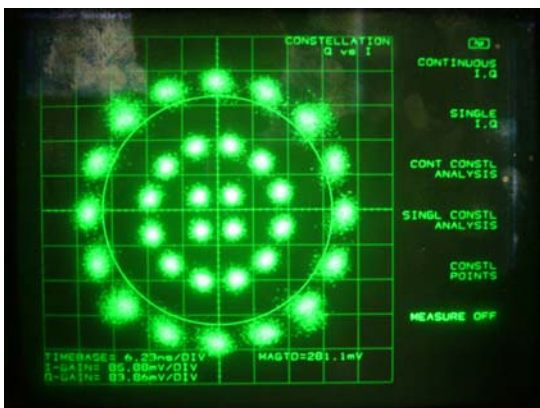


写真 13-6-1 32APSK(2/3)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-6-2 32APSK(2/3) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

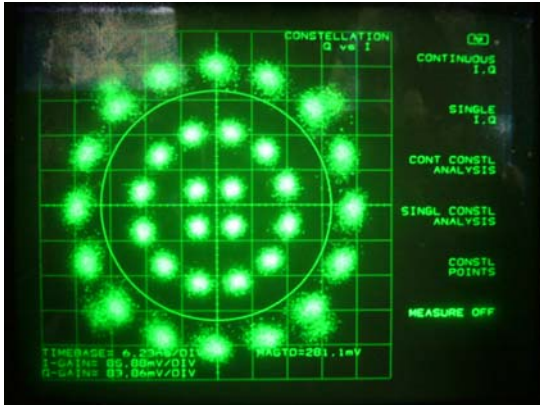


写真 13-7-1 32APSK(3/4)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

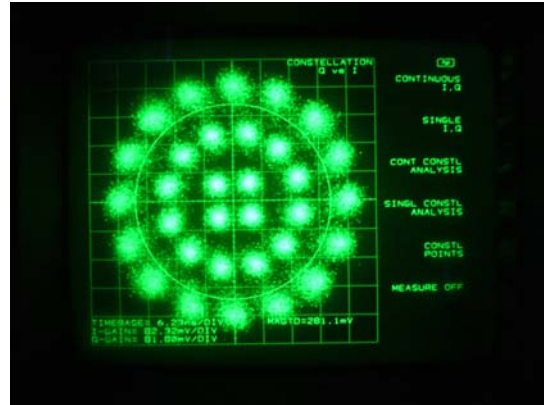


写真 13-7-2 32APSK(3/4)
衛星伝送実験のコンスタレーション

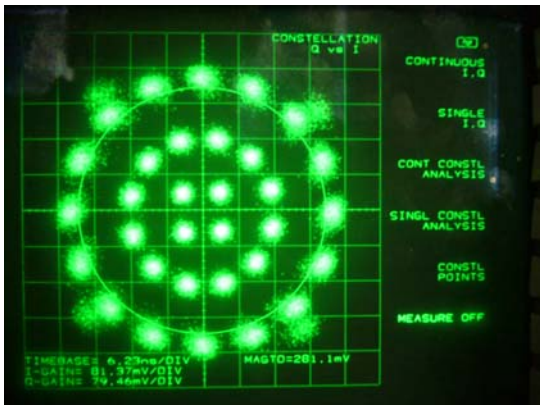


写真 13-8-1 32APSK(4/5)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

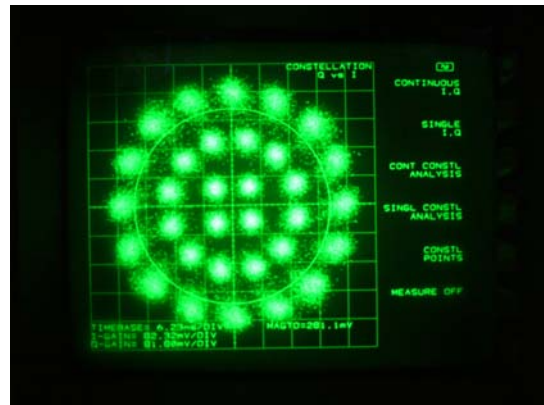


写真 13-8-2 32APSK(4/5)
衛星伝送実験のコンスタレーション



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)

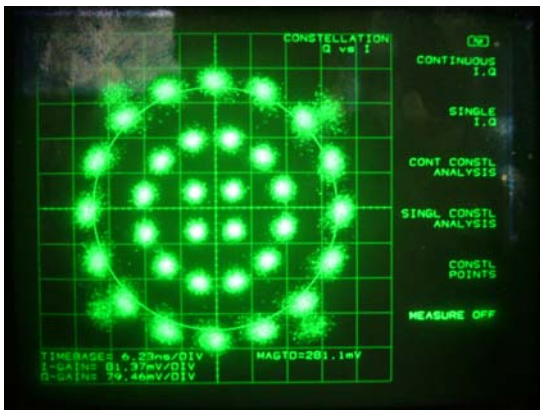


写真 13-9-1 32APSK(5/6)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-9-2 32APSK(5/6) 衛星伝送実験の
コンスタレーション

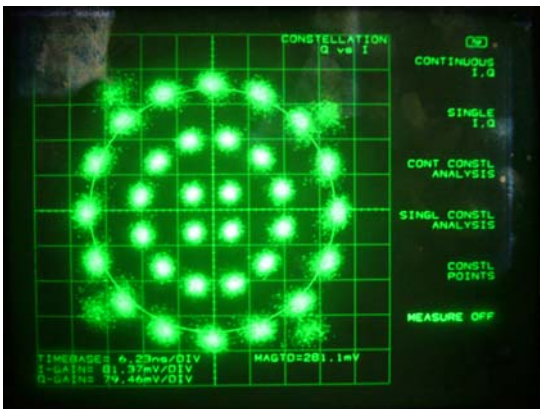


写真 13-10-1 32APSK(7/8)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション



写真 13-10-2 32APSK(7/8) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

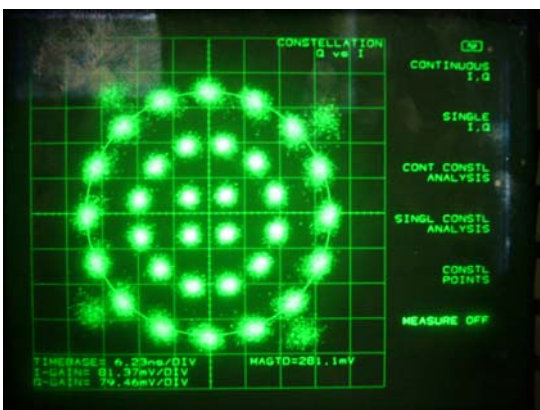


写真 13-11-1 32APSK(9/10)
トランスレーター折返しの
コンスタレーション

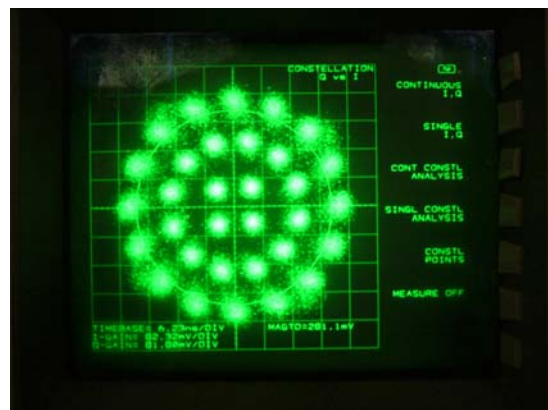


写真 13-11-2 32APSK(9/10) 衛星伝送実験
のコンスタレーション

付録 2-3 : 衛星伝送実験 C/N 対ビット誤り率特性 (4.3 節)

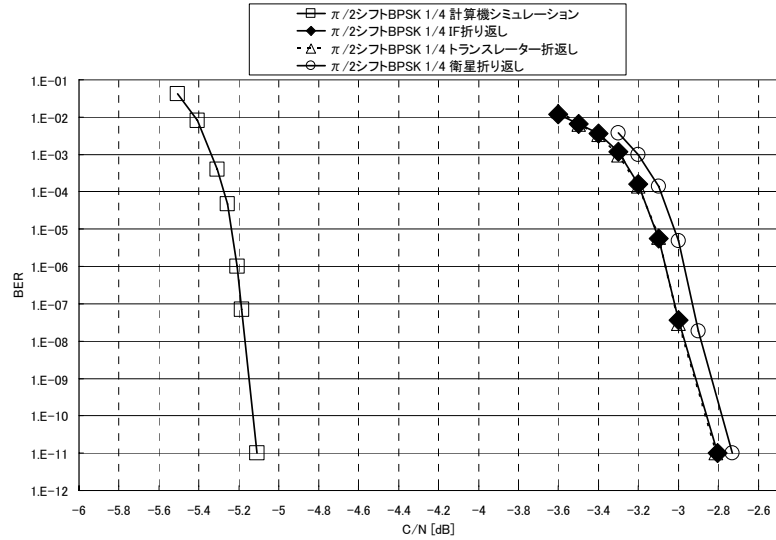


図 59a $\pi/2$ シフト BPSK1/4

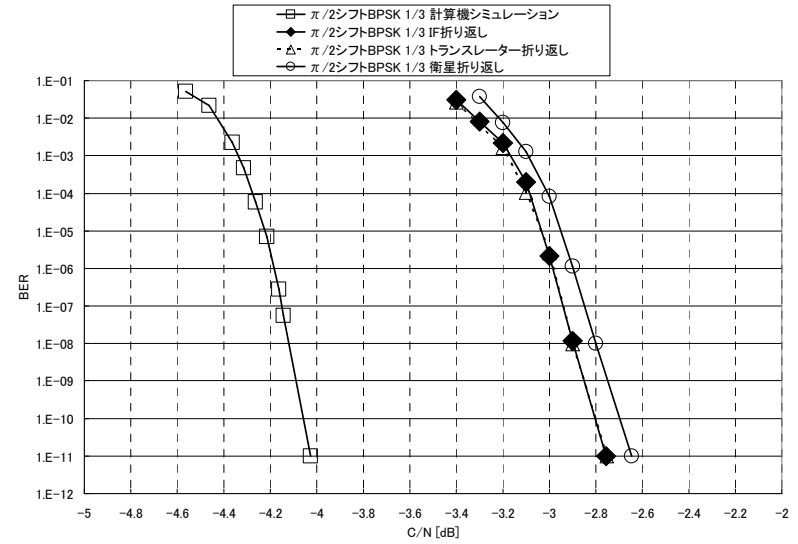


図 59b $\pi/2$ シフト BPSK1/3

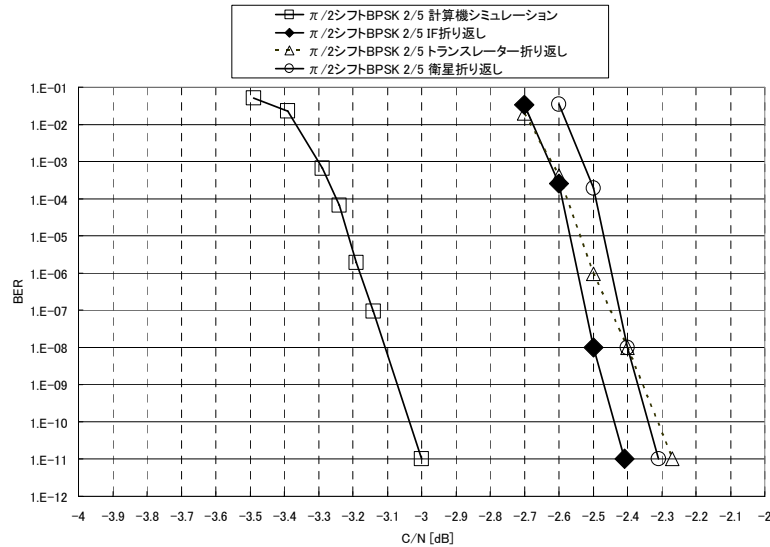


図 59c $\pi/2$ シフト BPSK2/5

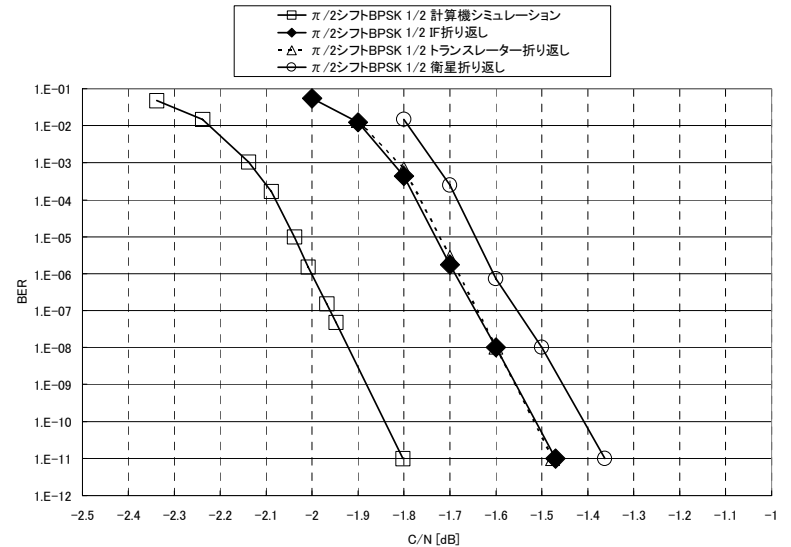


図 59d $\pi/2$ シフト BPSK1/2

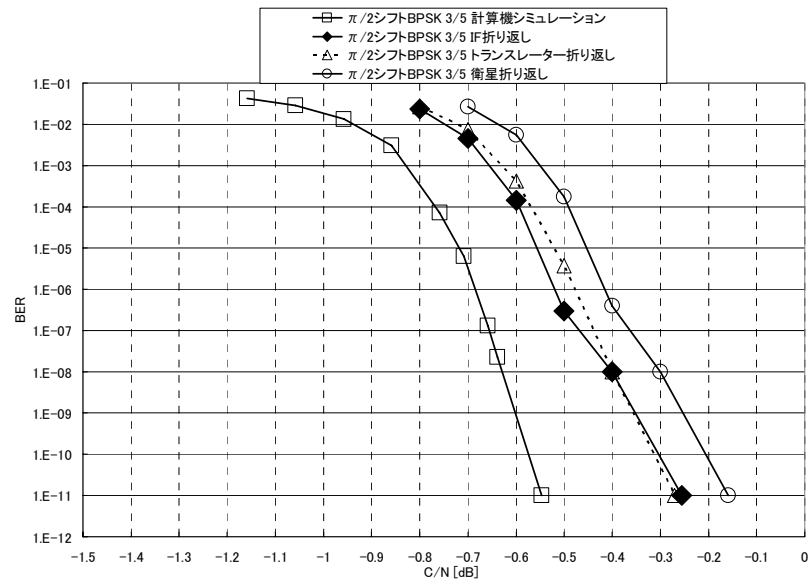


図 59e $\pi/2$ シフト BPSK3/5

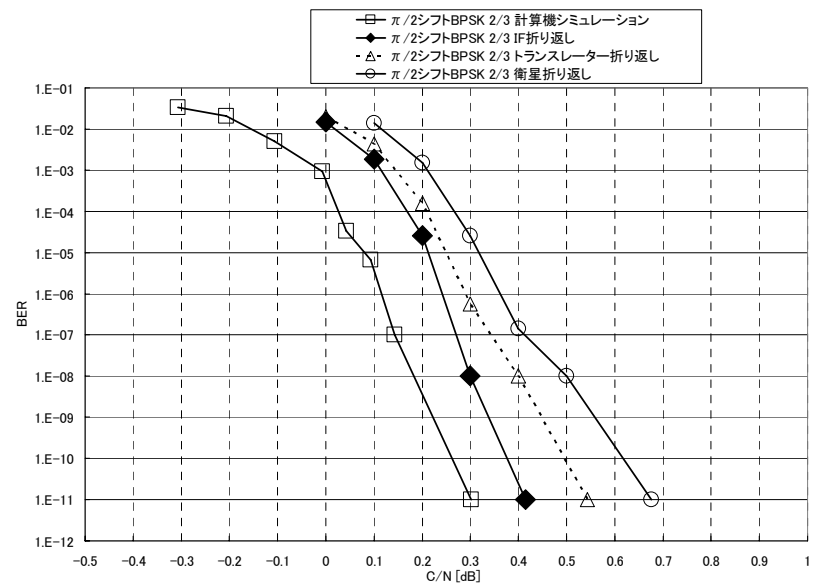


図 59f $\pi/2$ シフト BPSK2/3

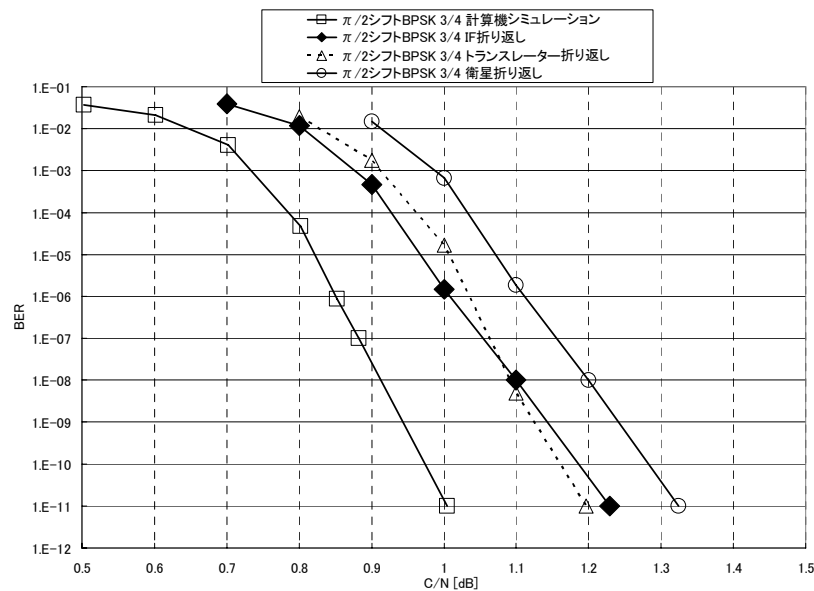


図 59g $\pi/2$ シフト BPSK3/4

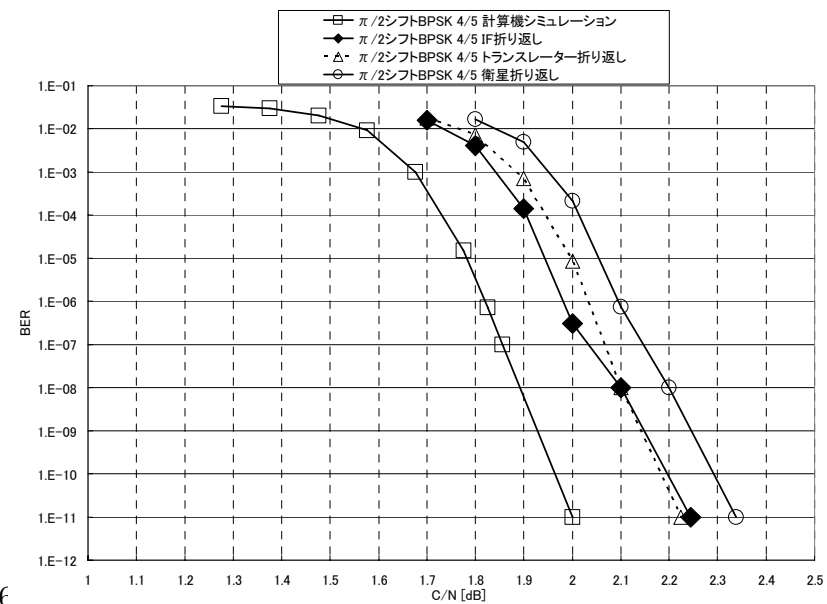


図 59h $\pi/2$ シフト BPSK4/5

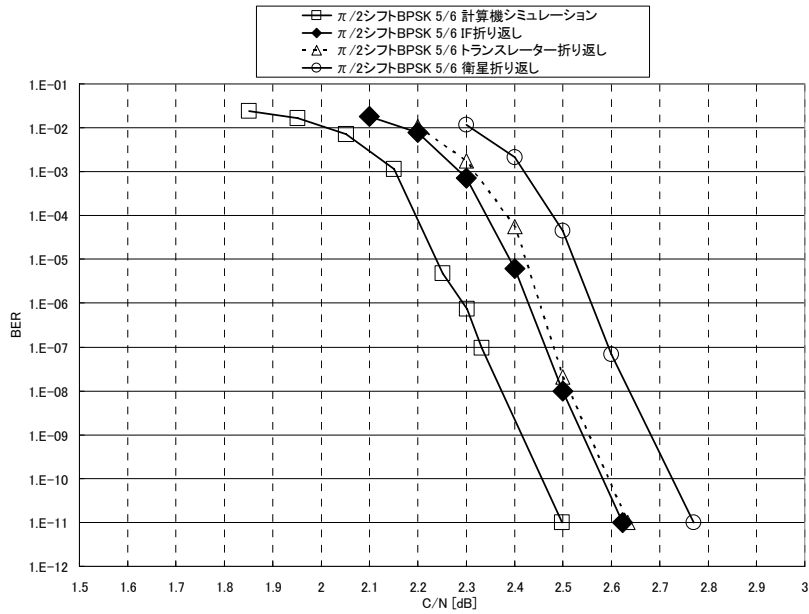


図 59i $\pi/2$ シフト BPSK5/6

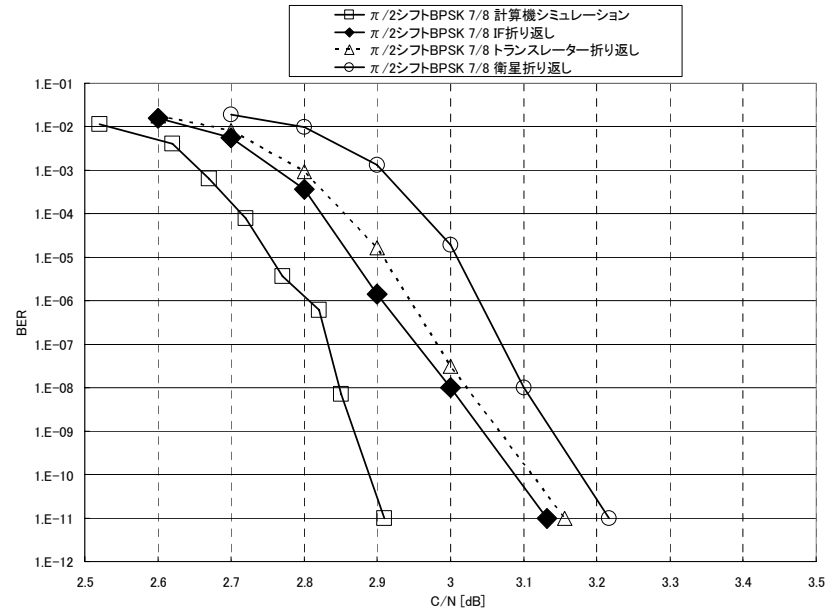


図 59j $\pi/2$ シフト BPSK7/8

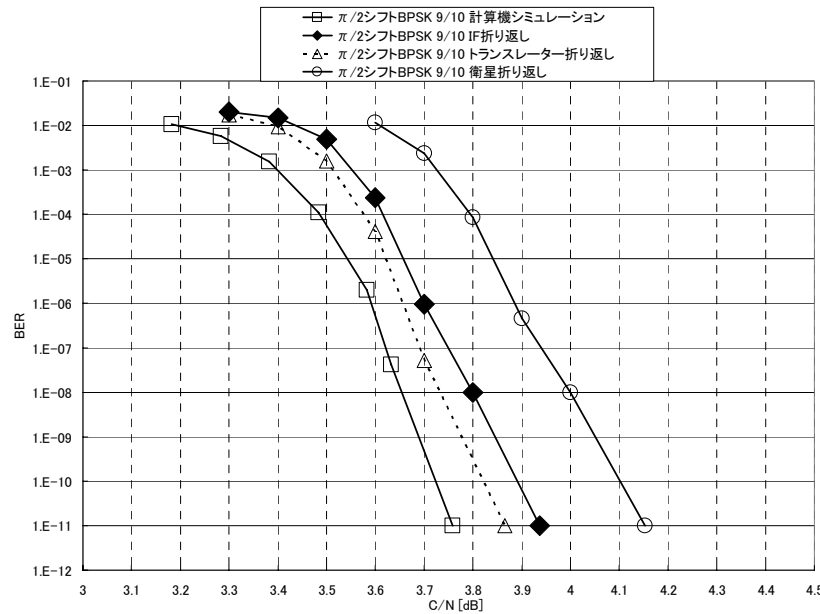


図 59k $\pi/2$ シフト BPSK9/10

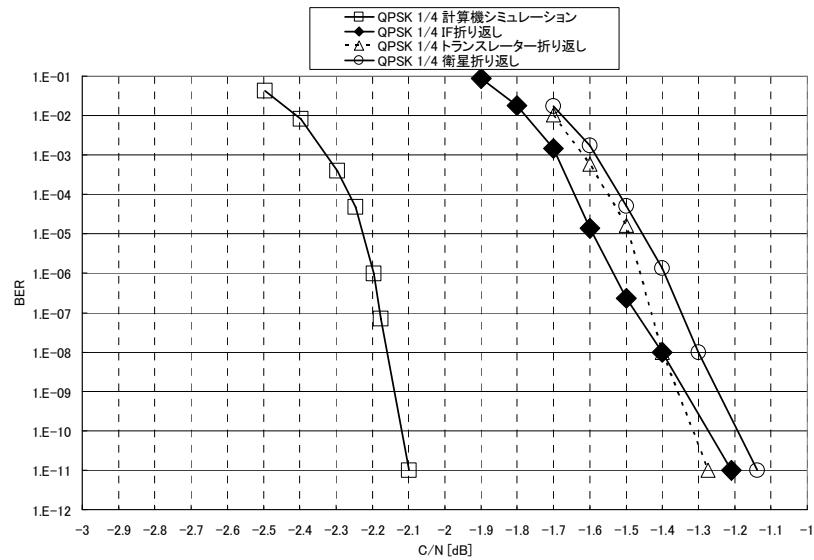


図 60a QPSK1/4

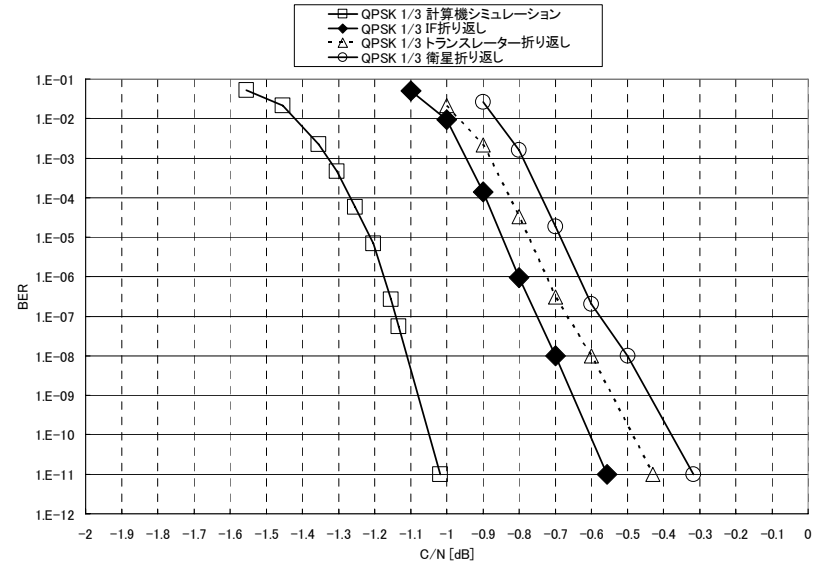


図 60b QPSK 1/3

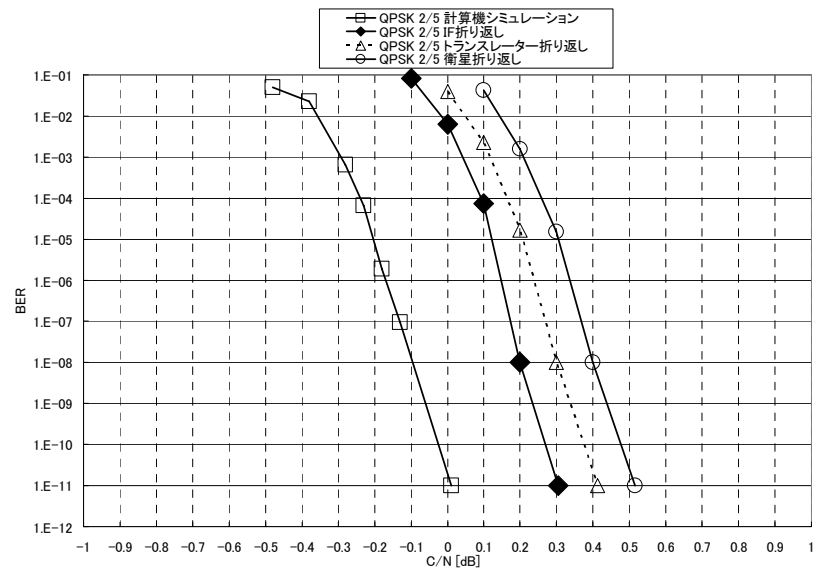


図 60c QPSK2/5

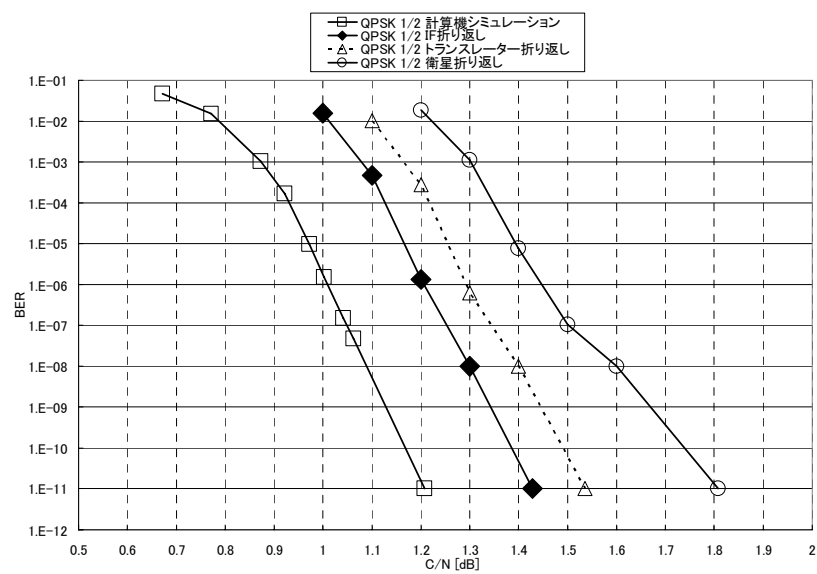


図 60d QPSK 1/2

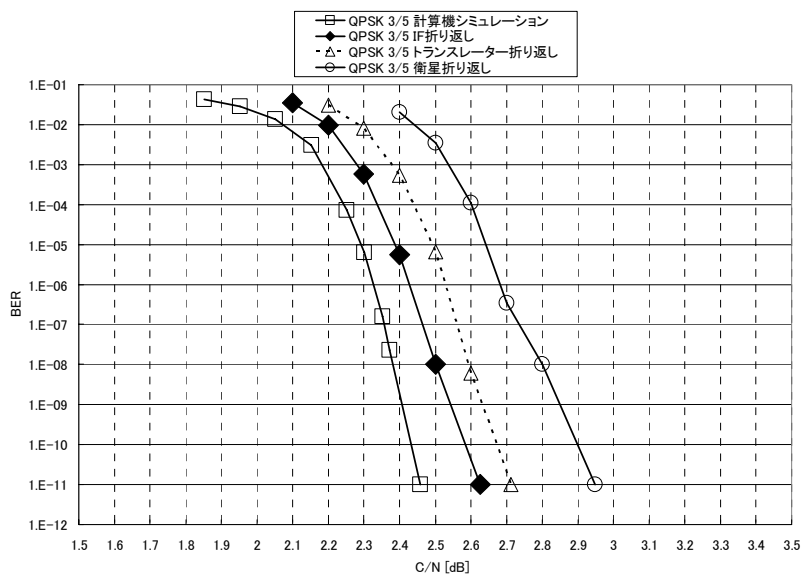


図 60e QPSK3/5

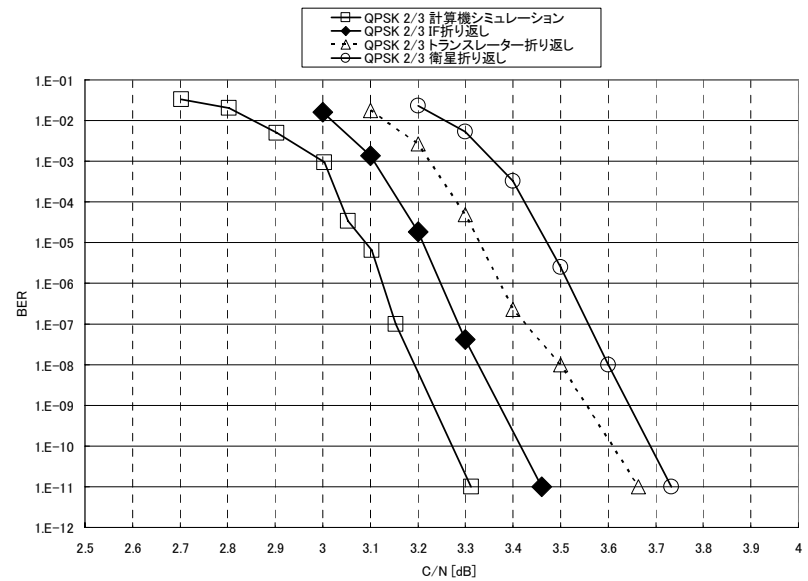


図 60f QPSK2/3

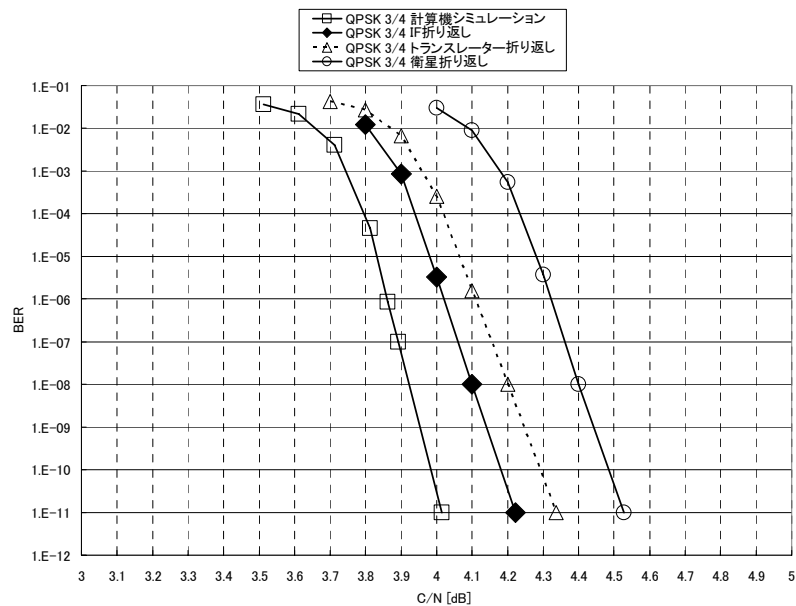


図 60g QPSK3/4

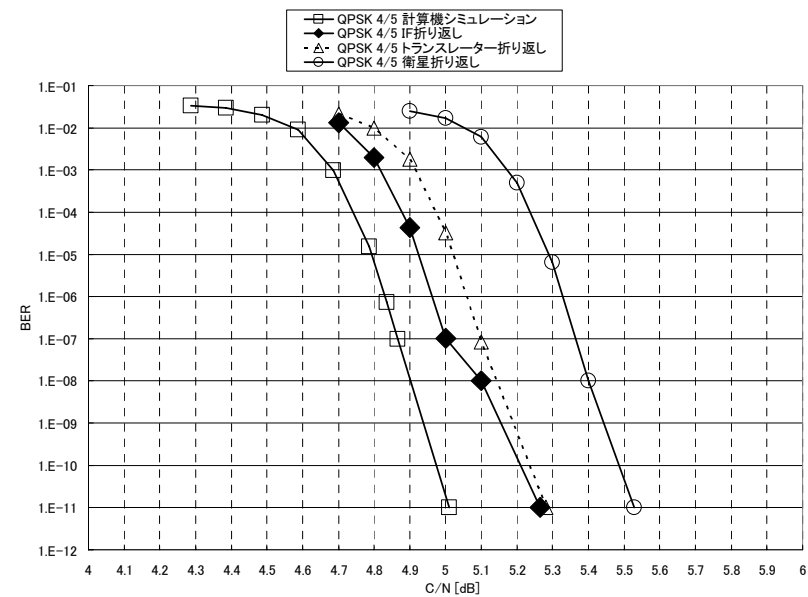


図 60h QPSK4/5

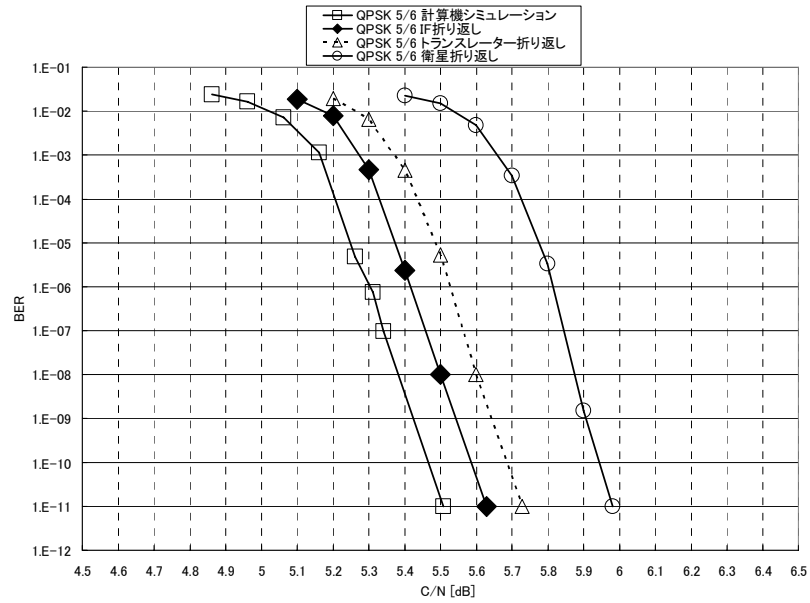


図 60i QPSK 5/6

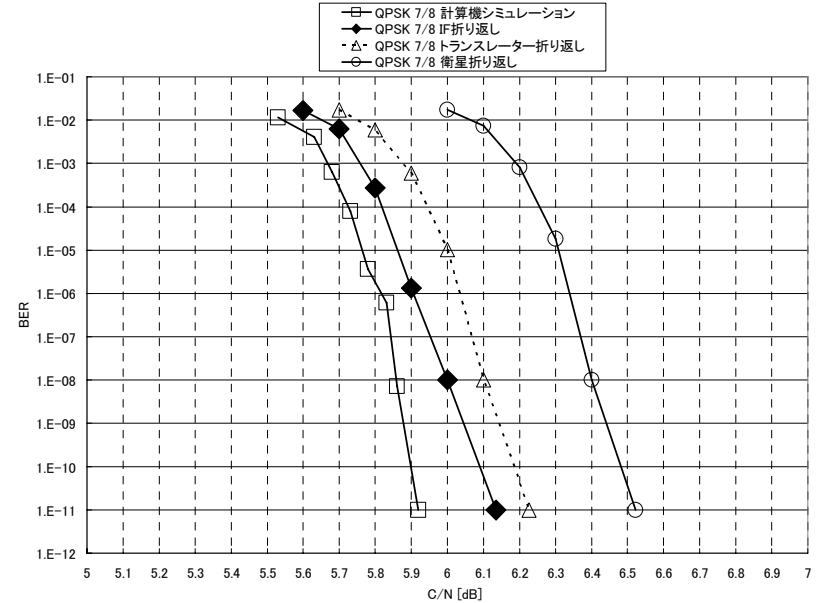


図 60j QPSK 7/8

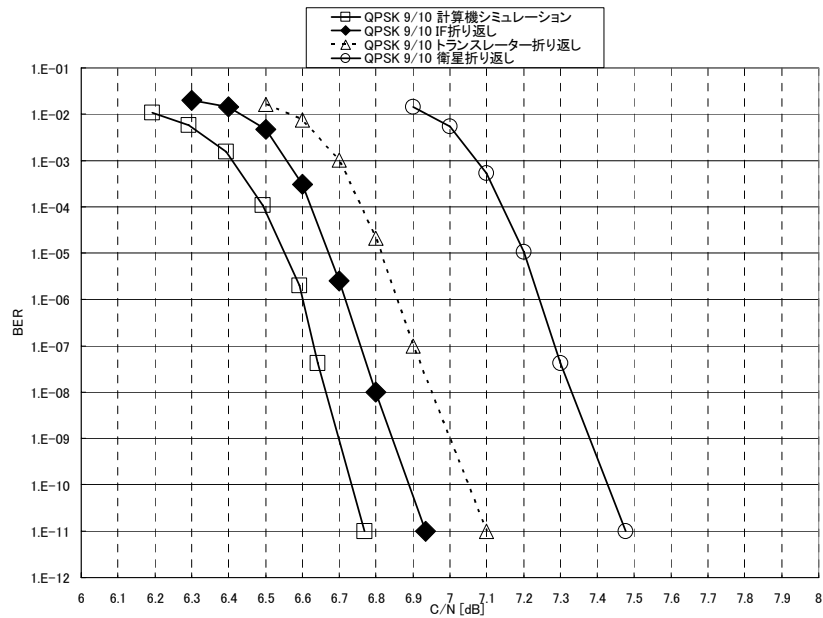


図 60k QPSK 9/10

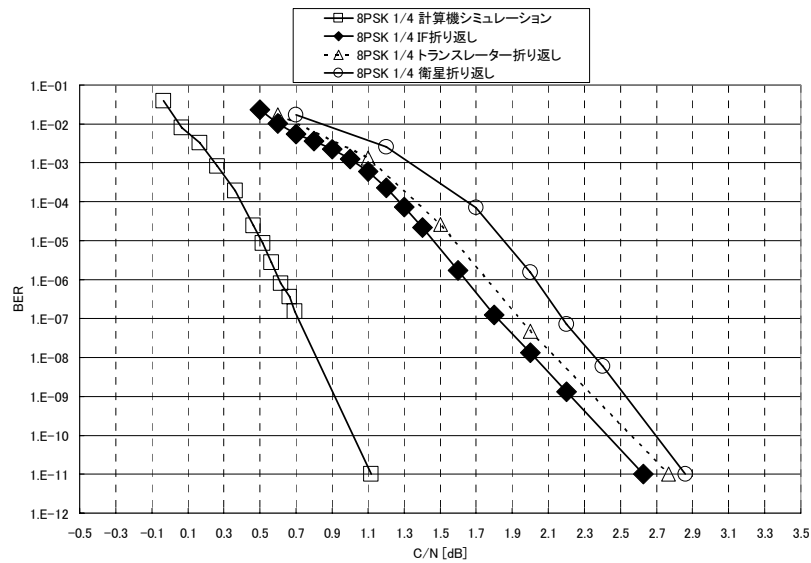


図 61a 8PSK 1/4

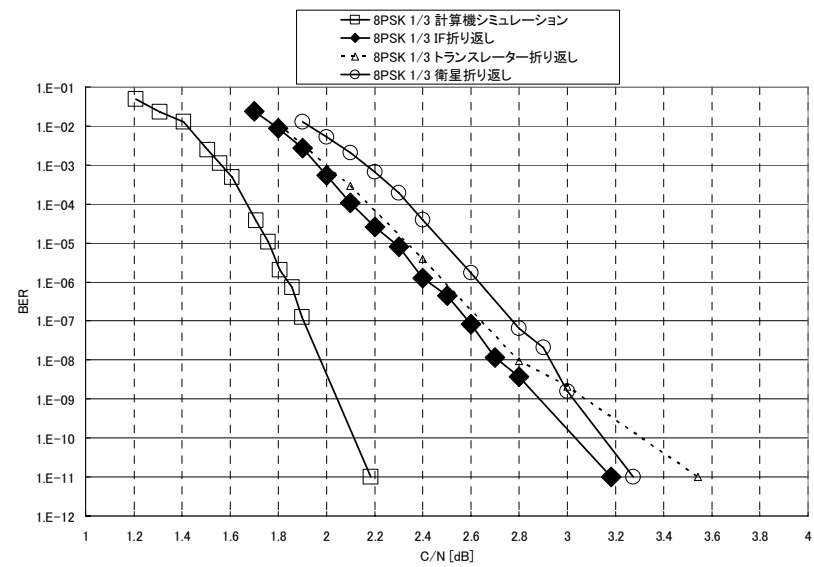


図 61b 8PSK 1/3

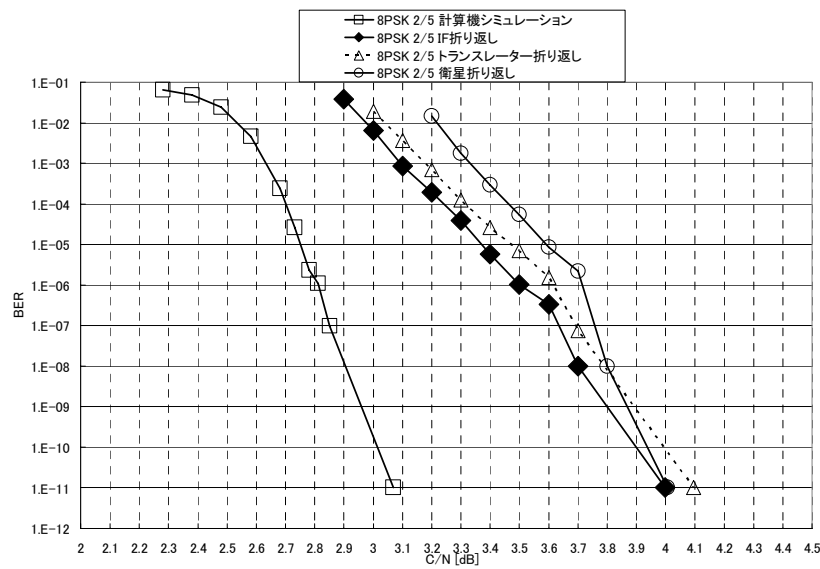


図 61c 8PSK 2/5

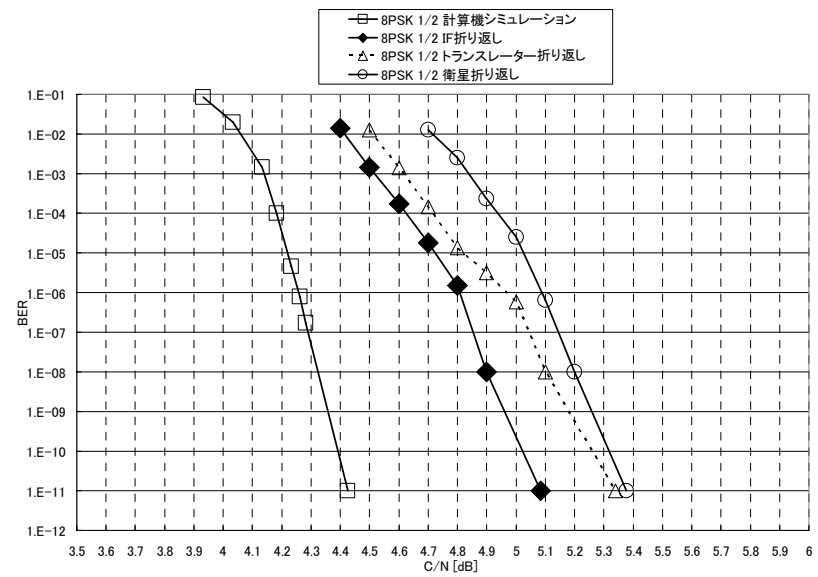


図 61d BPSK 1/2

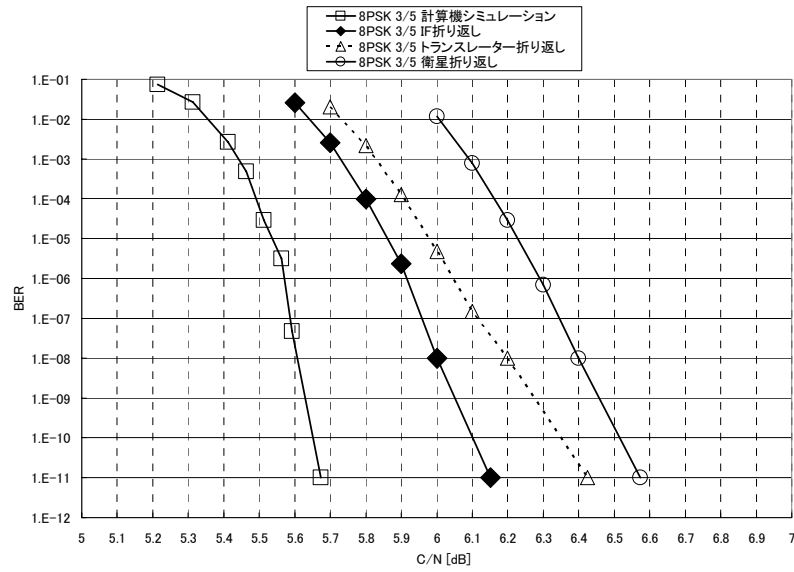


図 61e 8PSK 3/5

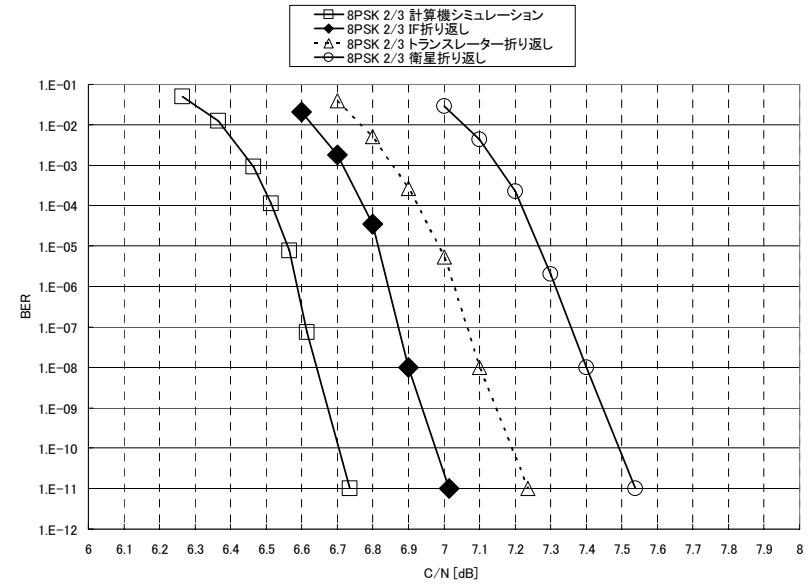


図 61f 8PSK 2/3

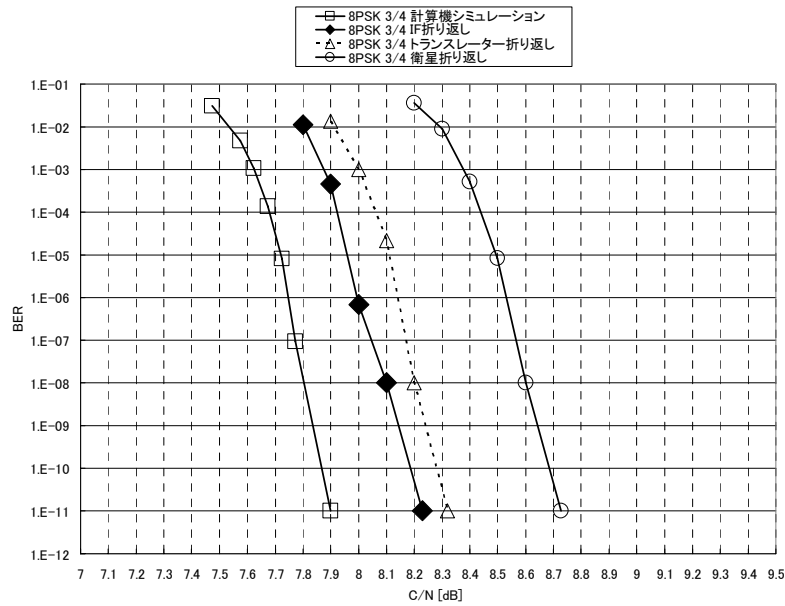


図 61g 8PSK 3/4

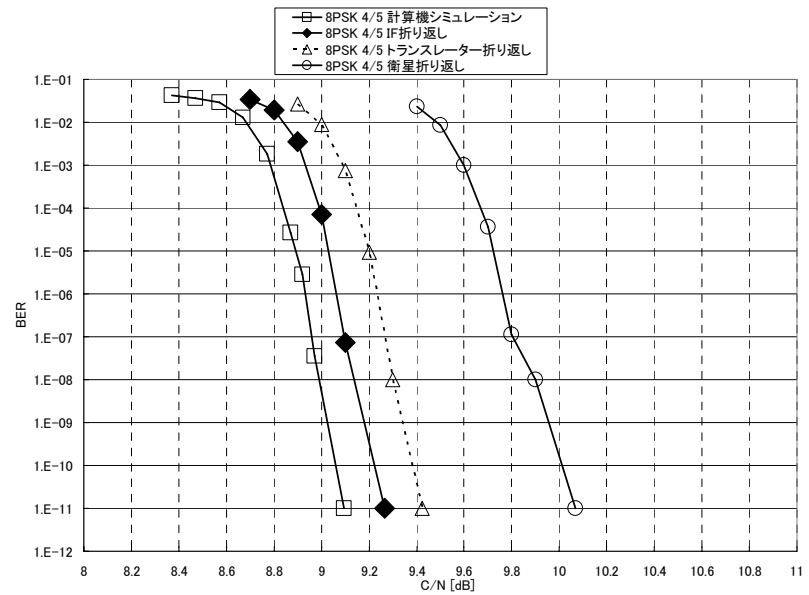


図 61h 8PSK 4/5

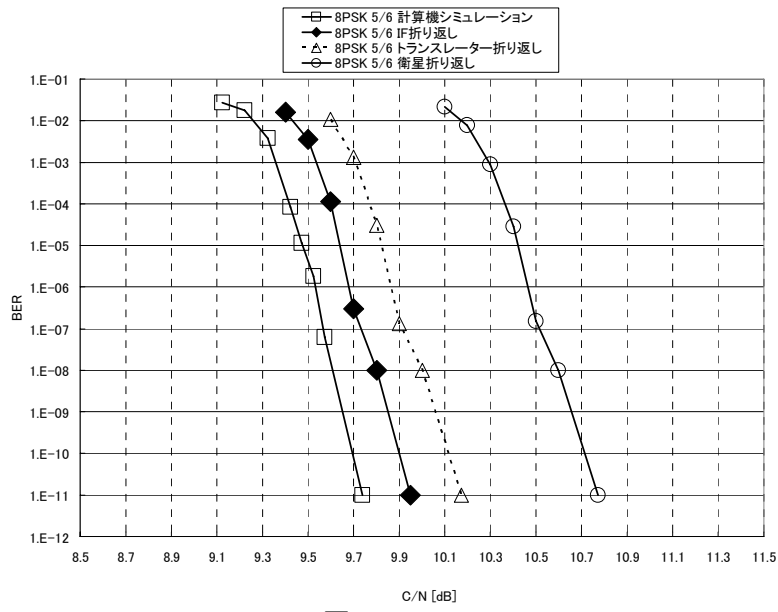


図 61i 8PSK 5/6

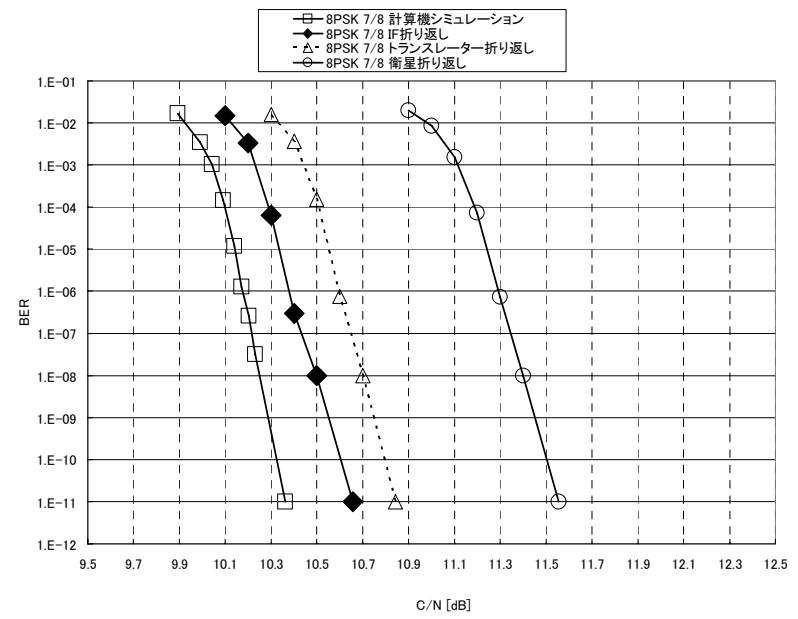


図 61j 8PSK 7/8

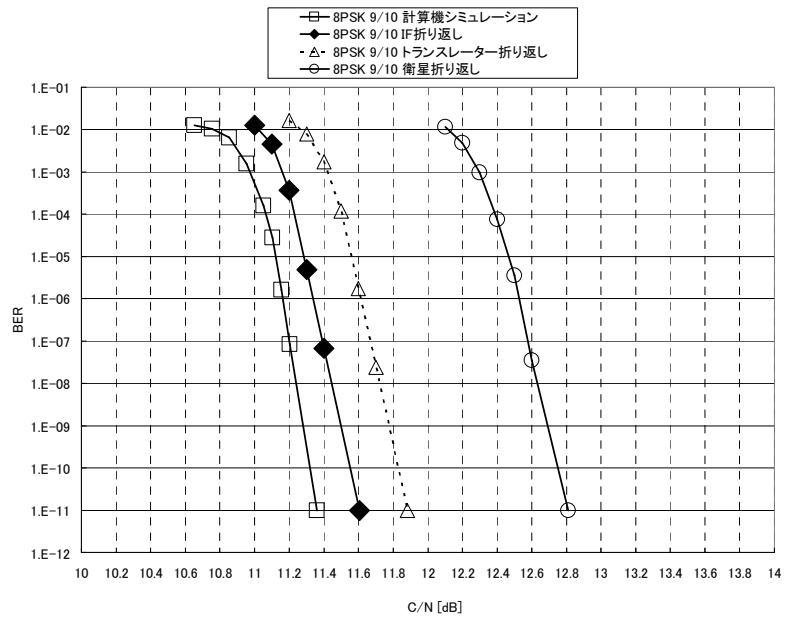


図 61k 8PSK 9/10

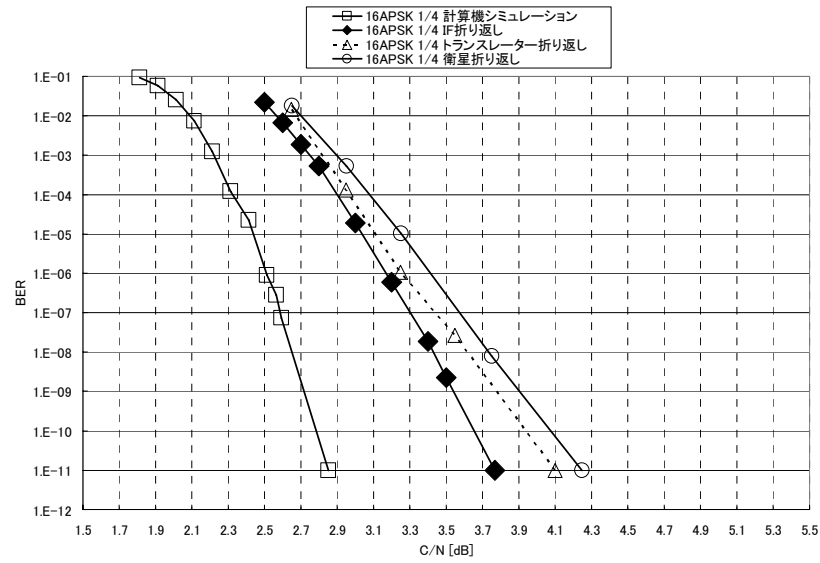


図 62a 16APSK 1/4

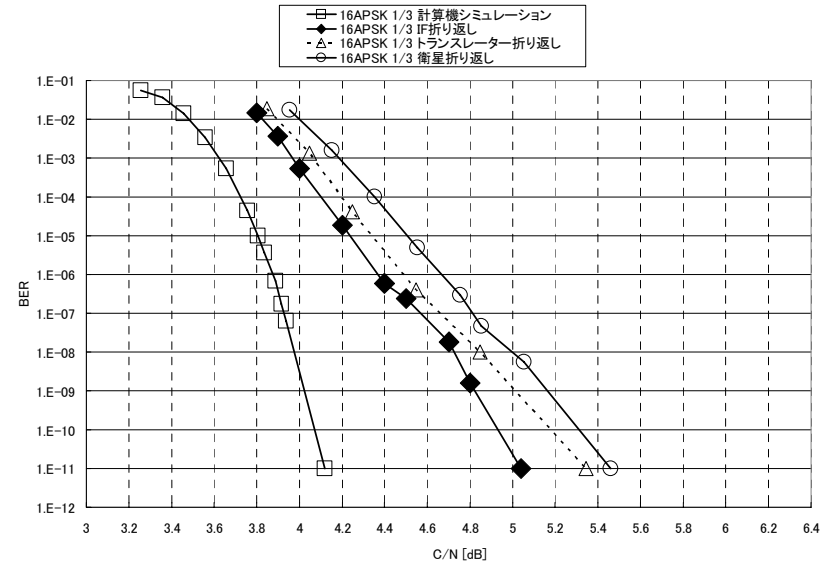


図 62b 16APSK 1/3

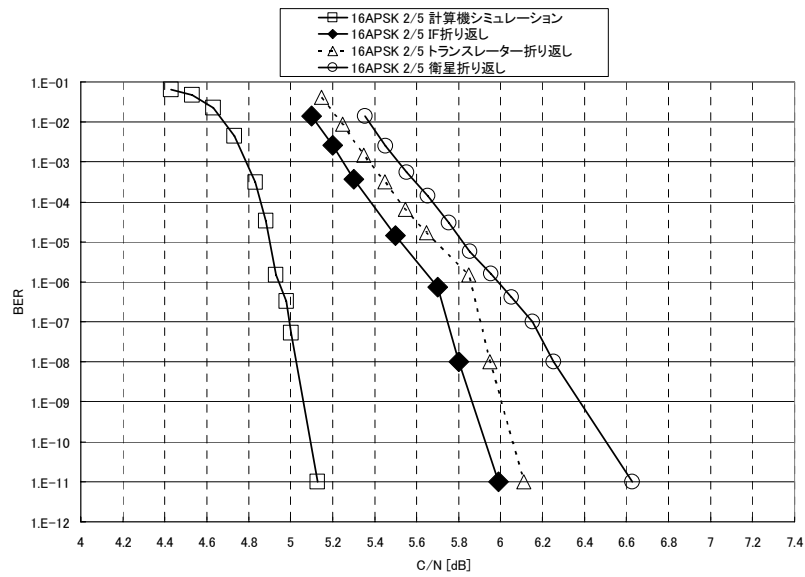


図 62c 16APSK 2/5

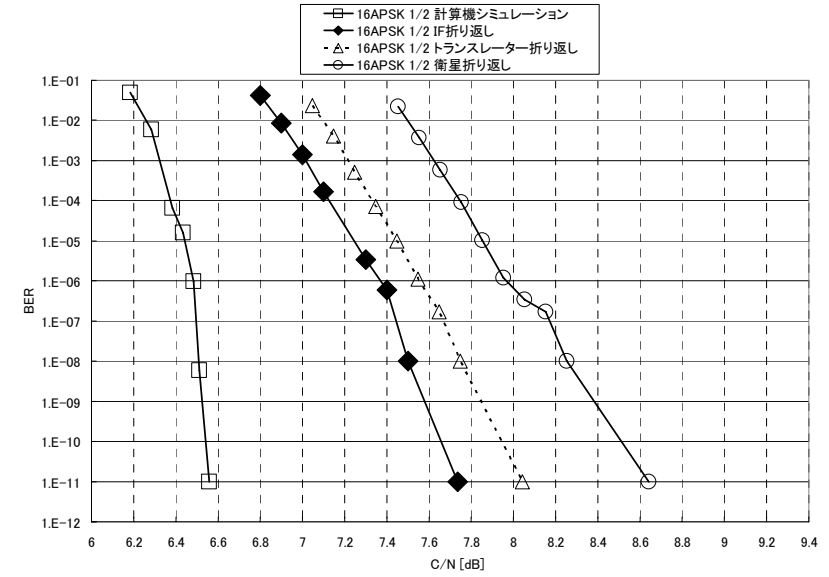


図 62d 16APSK 1/2

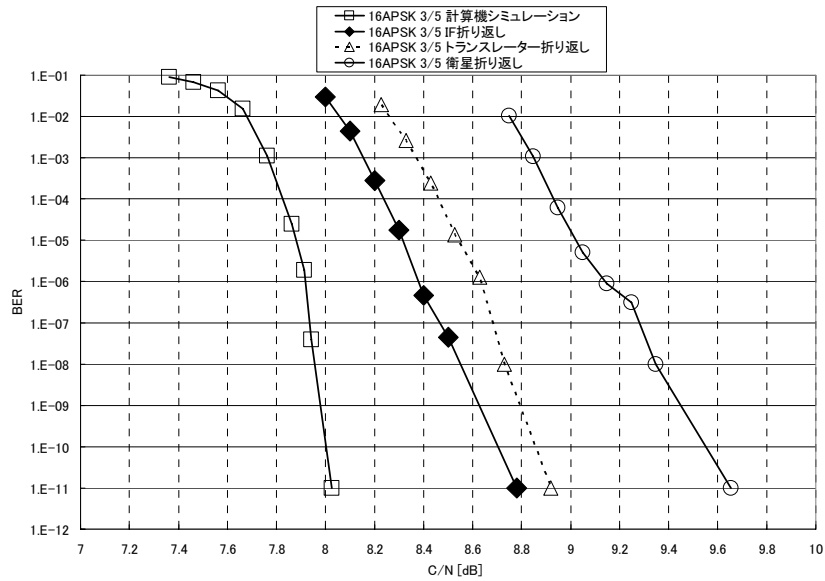


図 62e 16APSK3/5

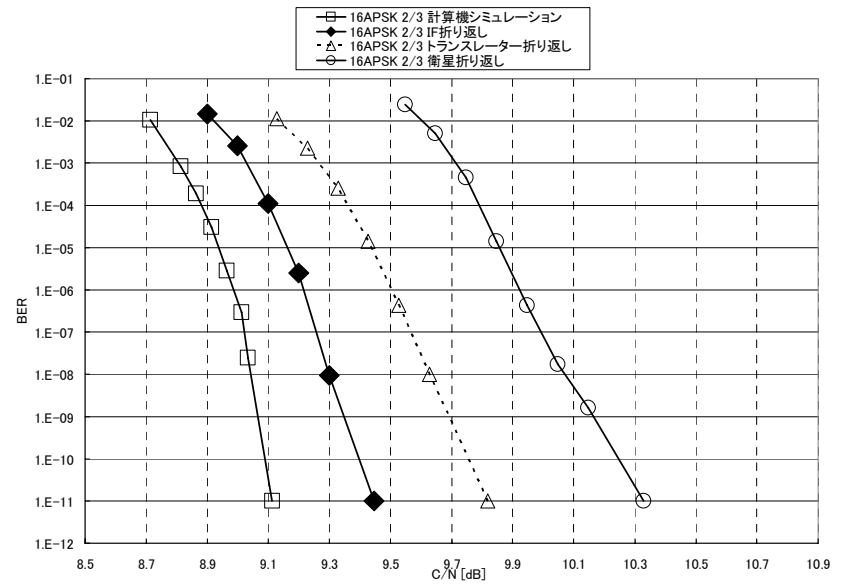


図 62f 16APSK 2/3

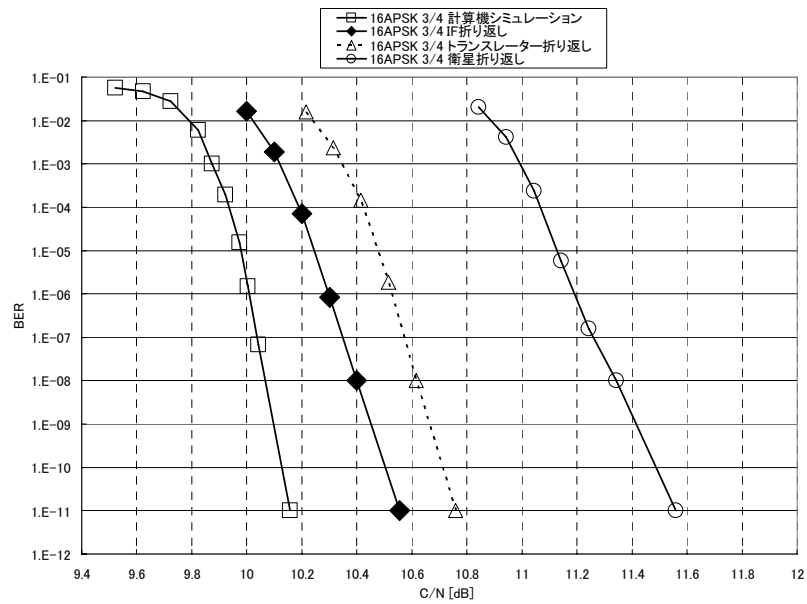


図 62g 16APSK 3/4

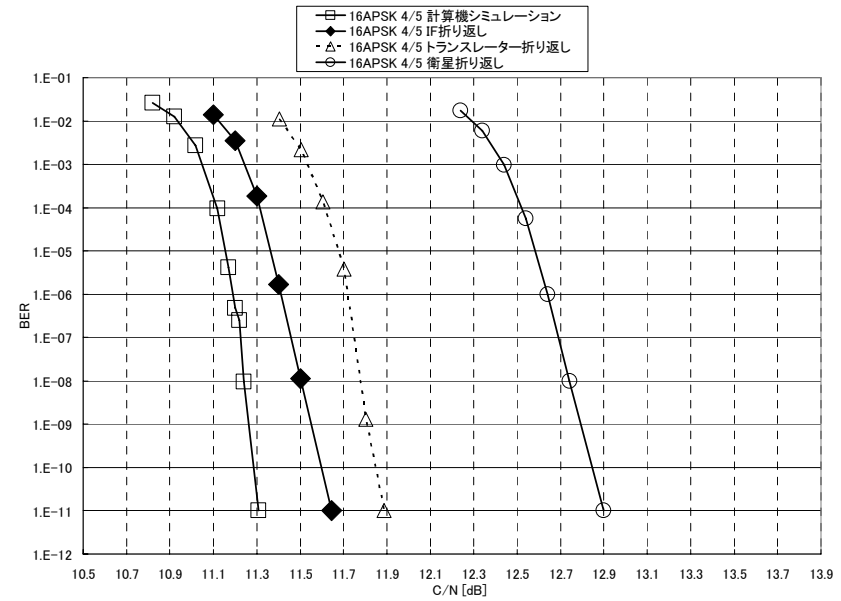


図 62h 16APSK 4/5

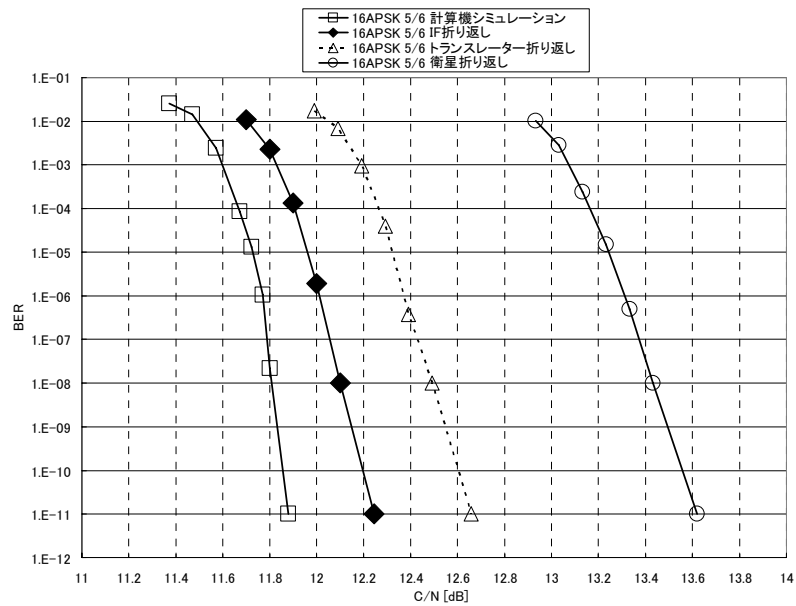


図 62i 16APSK 5/6

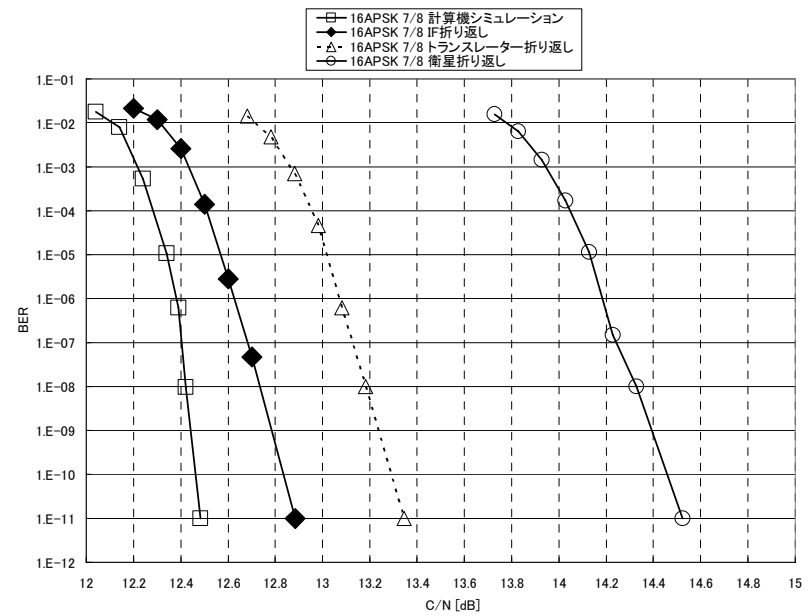


図 62j 16APSK 7/8

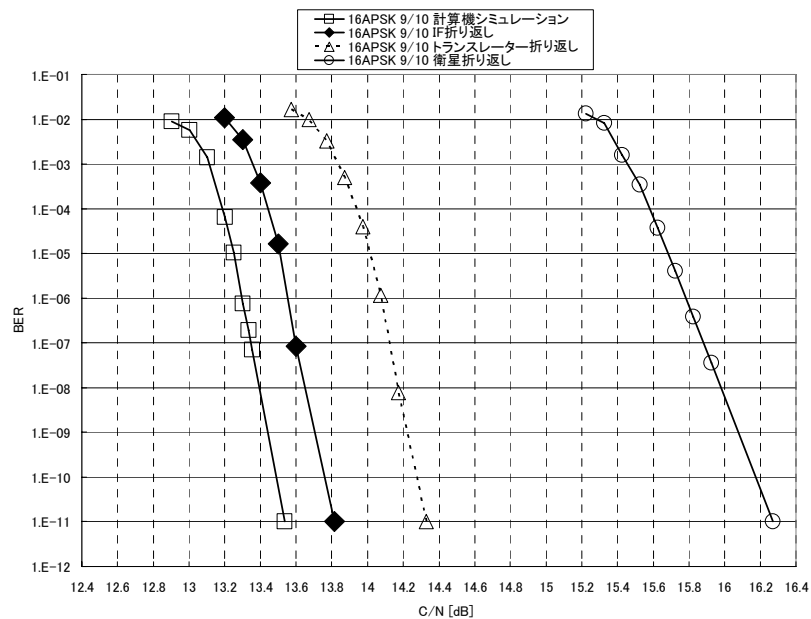


図 62k 16APSK 9/10

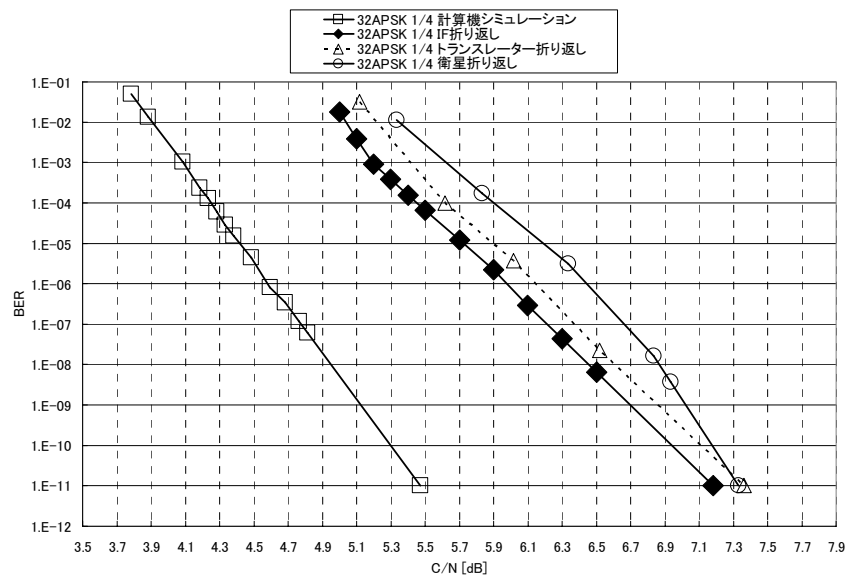


図 63a 32APSK 1/4

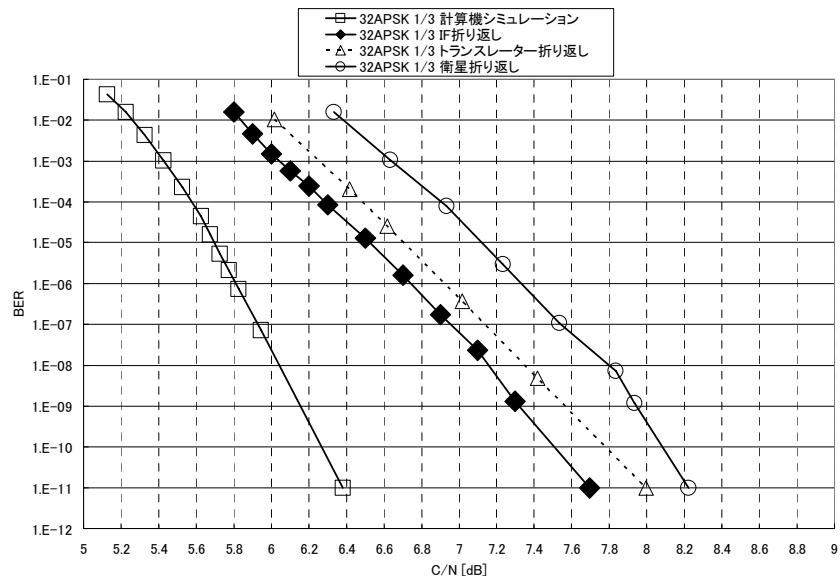


図 63b 32APSK 1/3

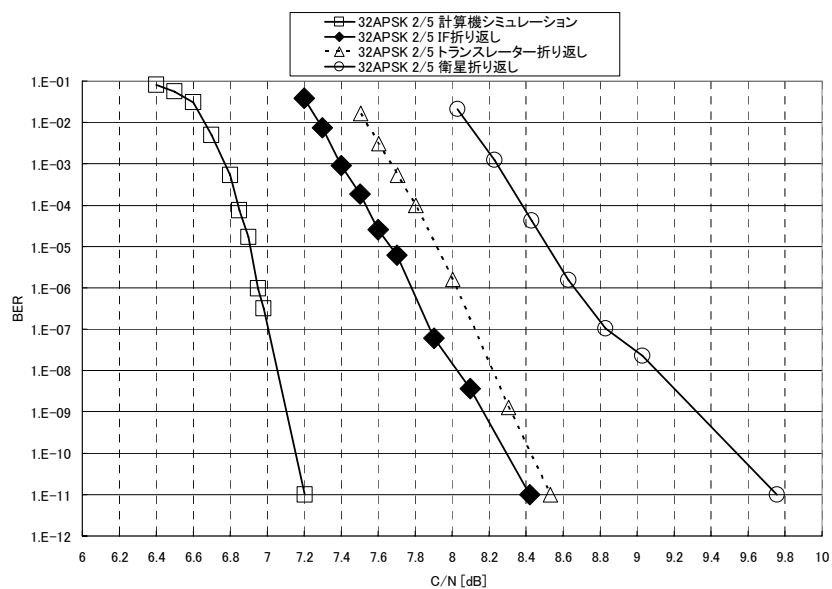


図 63c 32APSK 2/5

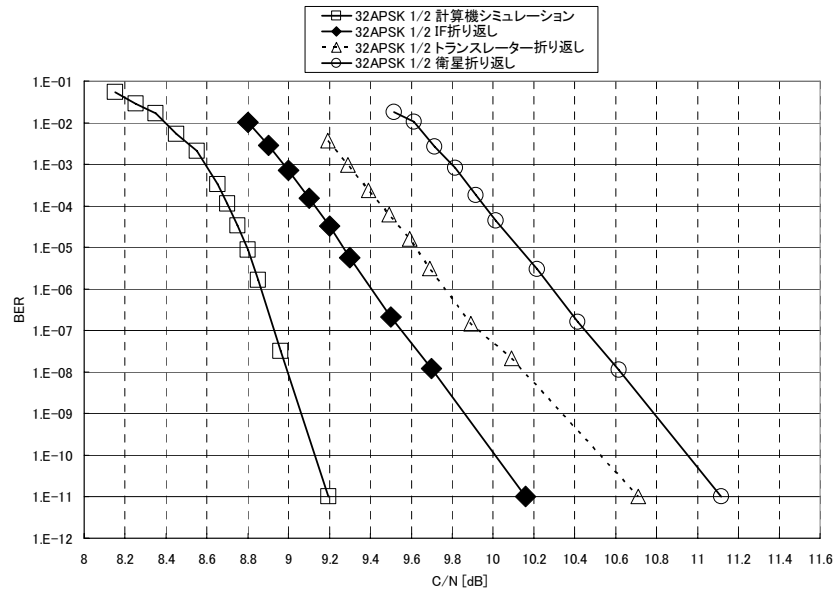


図 63d 32APSK 1/2

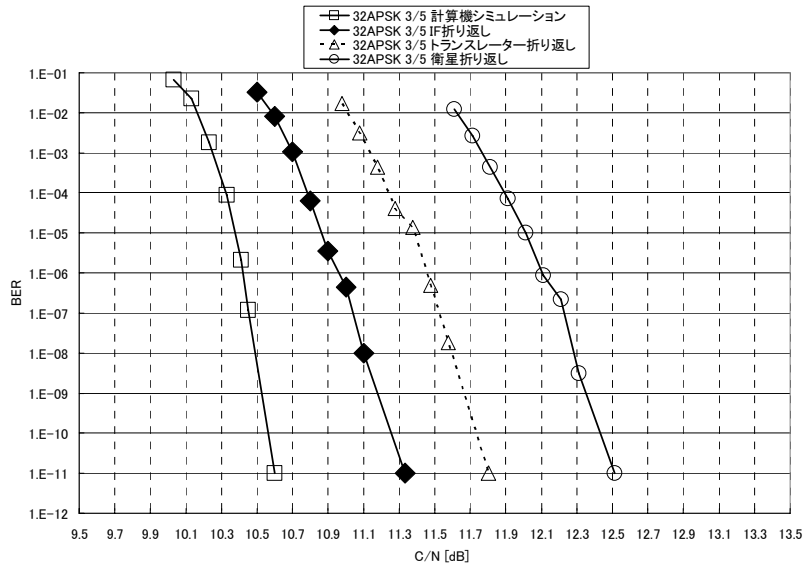


図 63e 32APSK 3/5

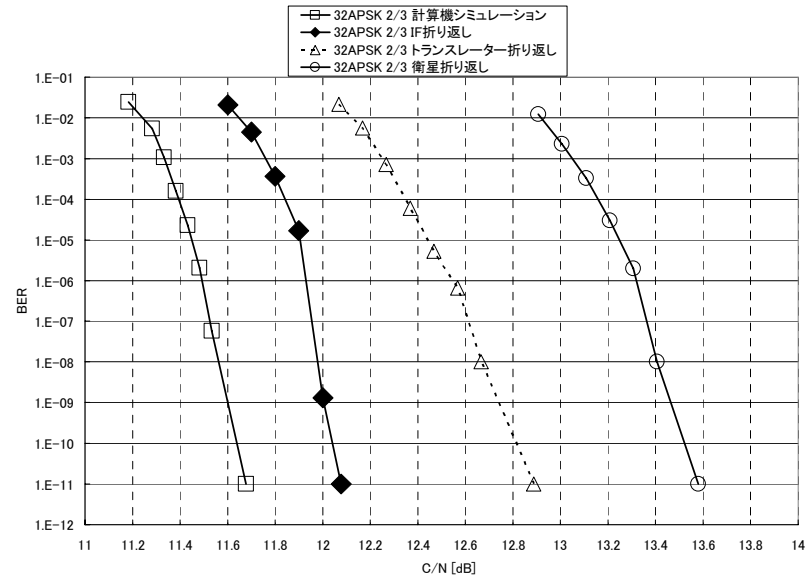


図 63f 32APSK 2/3

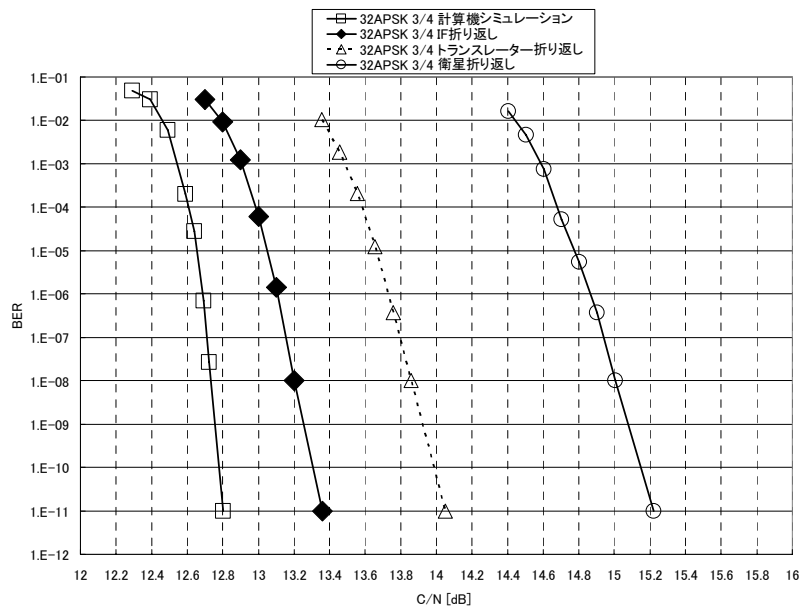


図 63g 32APSK 3/4

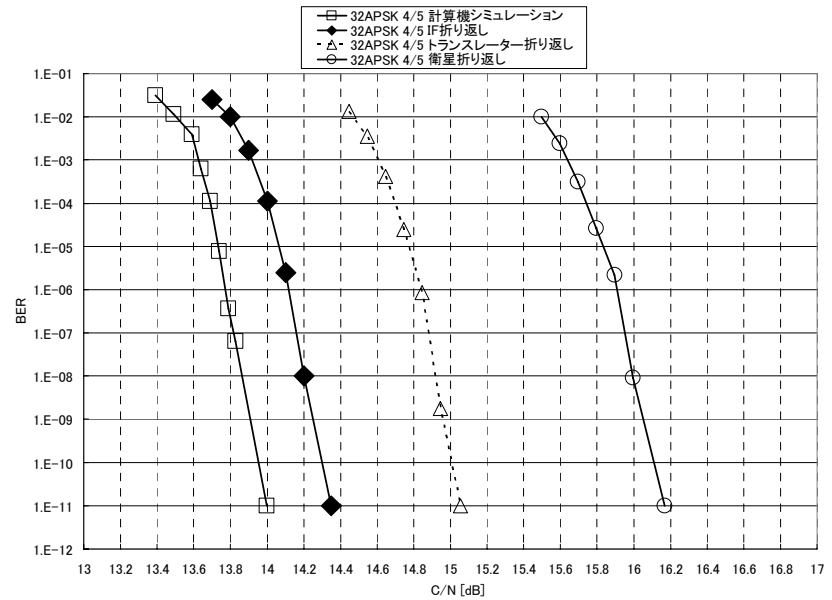


図 63h 32APSK 4/5

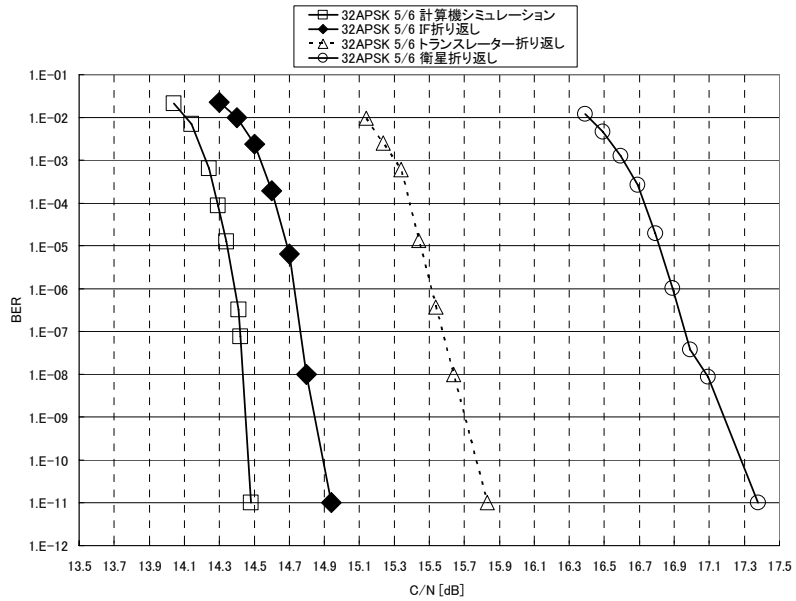


図 63i 32APSK 5/6

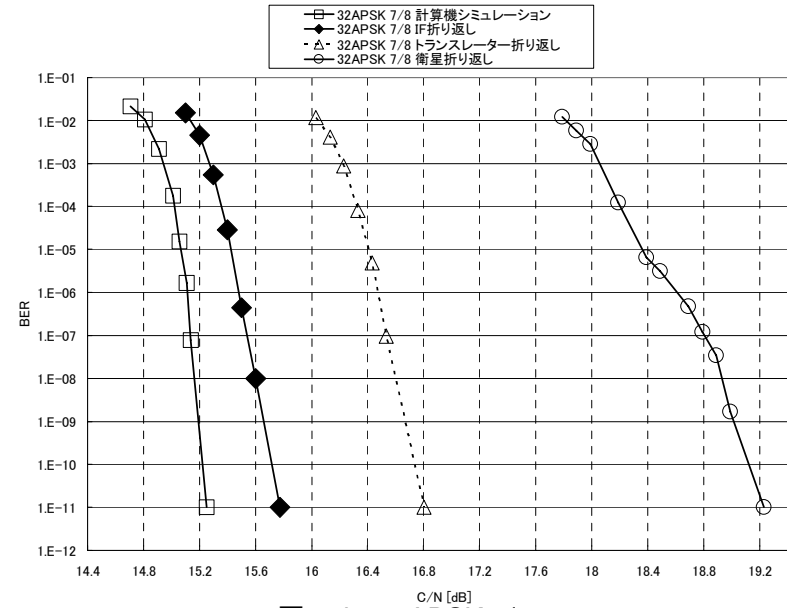


図 63j 32APSK 7/8

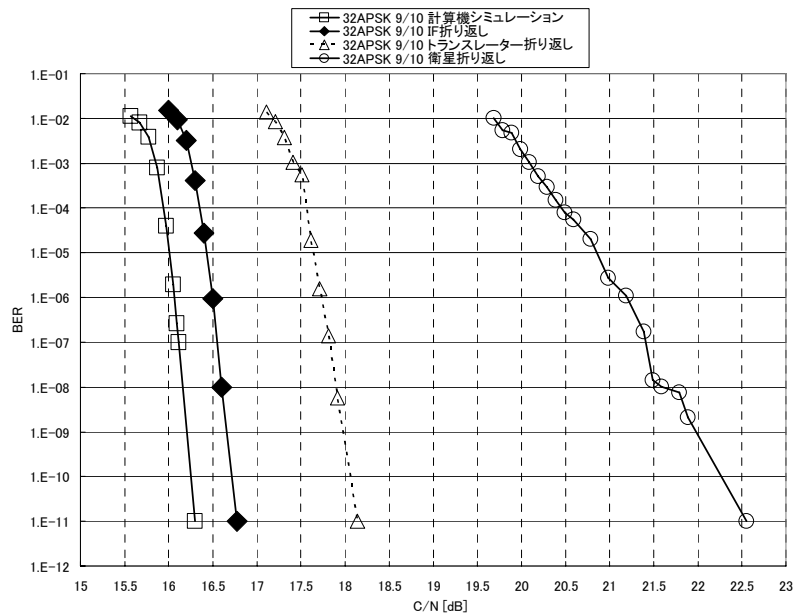


図 63k 32APSK 9/10

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)

表 43 : $\pi/2$ シフト BPSK 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	-5.1	-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、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	-2.1	-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、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	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

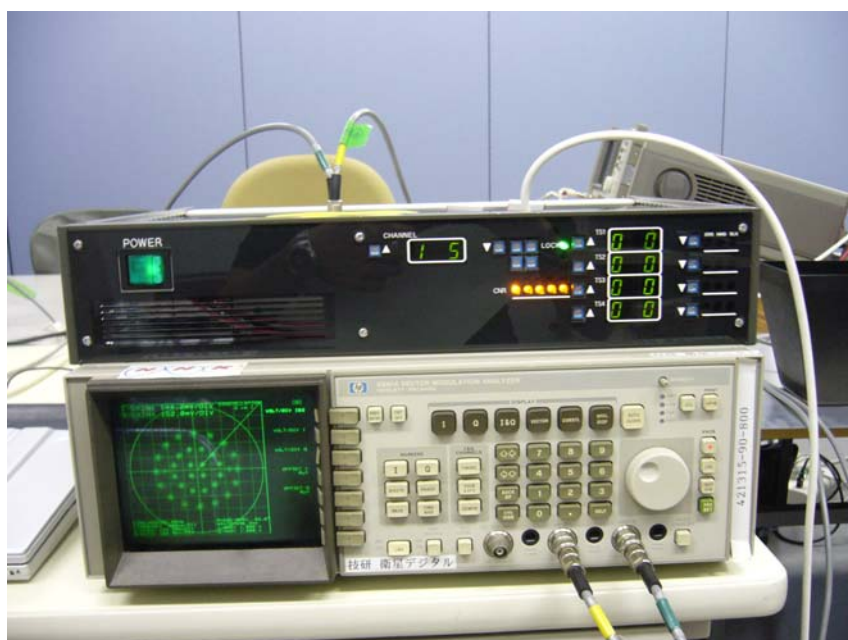


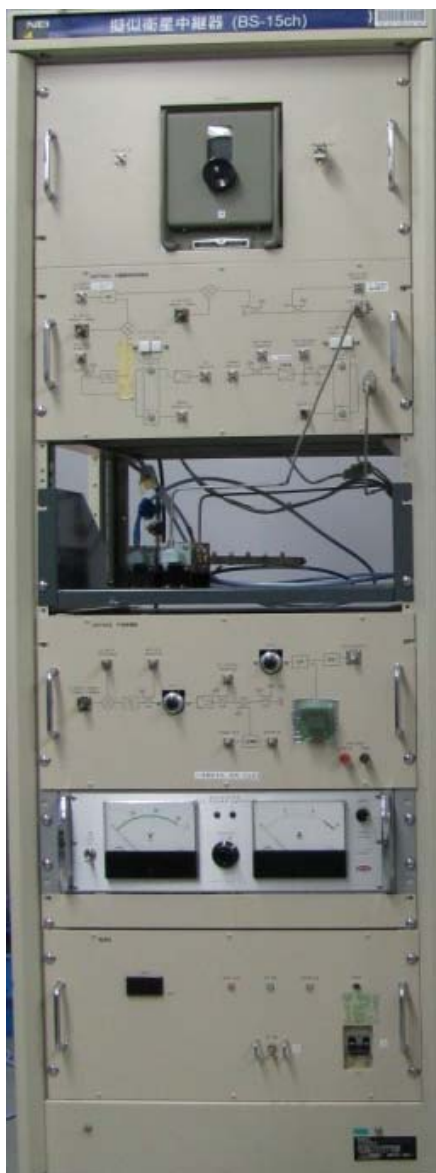
図 65 復調器

付録 3-2 擬似中継器実験

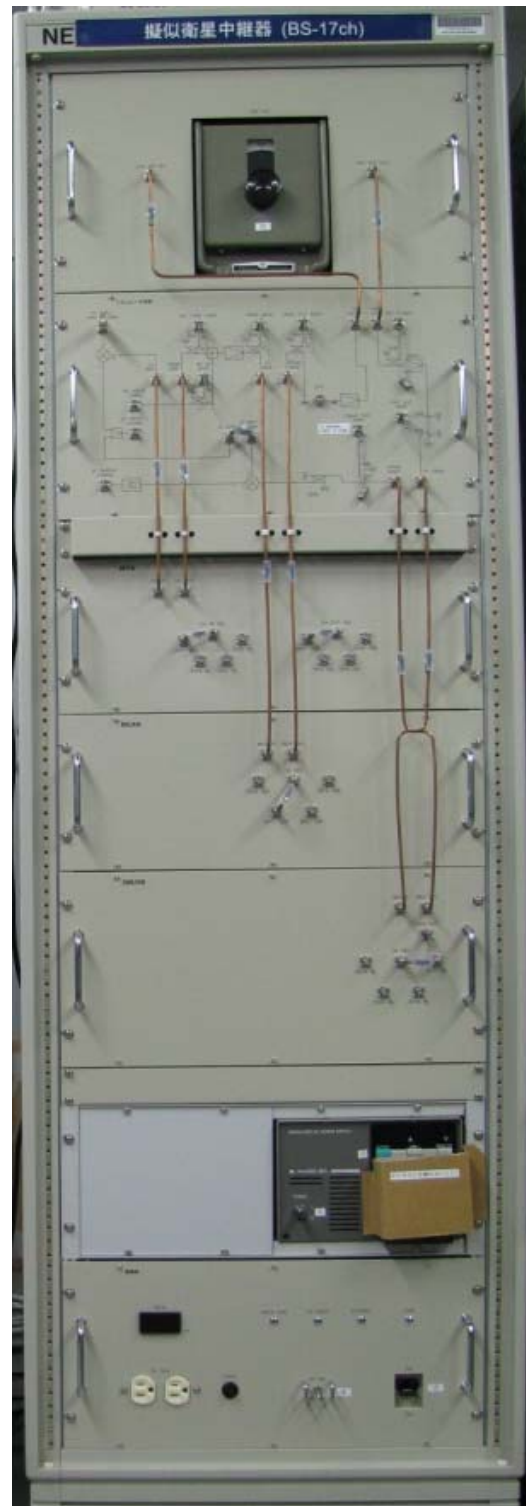
擬似中継器(BS15chおよびBS17ch)の仕様を表48に、外観を図66に、構成を図67(BS15ch)、図68(BS17ch)に示す。またBS15ch、BS17ch中継器のTWTAの特性をそれぞれ図69、図70に、IMUXフィルタの特性を図71、図72に、OMUXフィルタの特性を図73、図74に示す。C/N対誤り率特性などはBS17chを用いて測定し、BS15chは干渉波用として用いた。

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

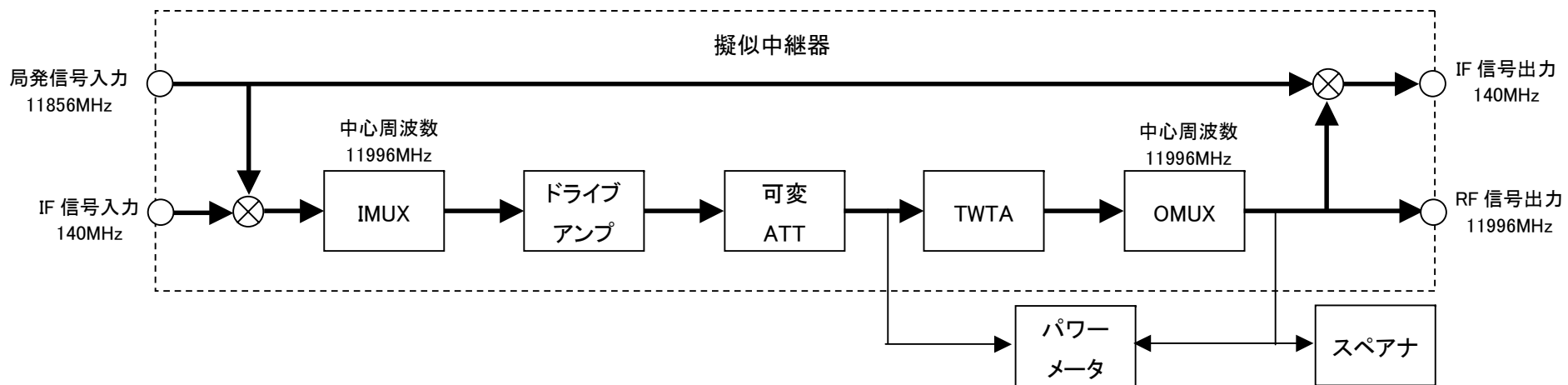


図 67 : 擬似中継器系統図 (BS15ch)

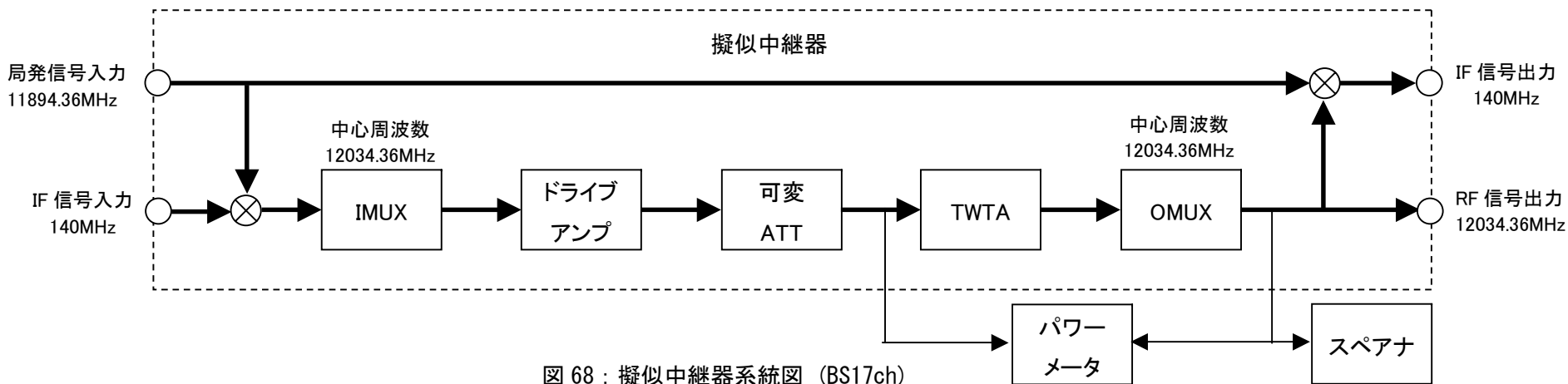


図 68 : 擬似中継器系統図 (BS17ch)

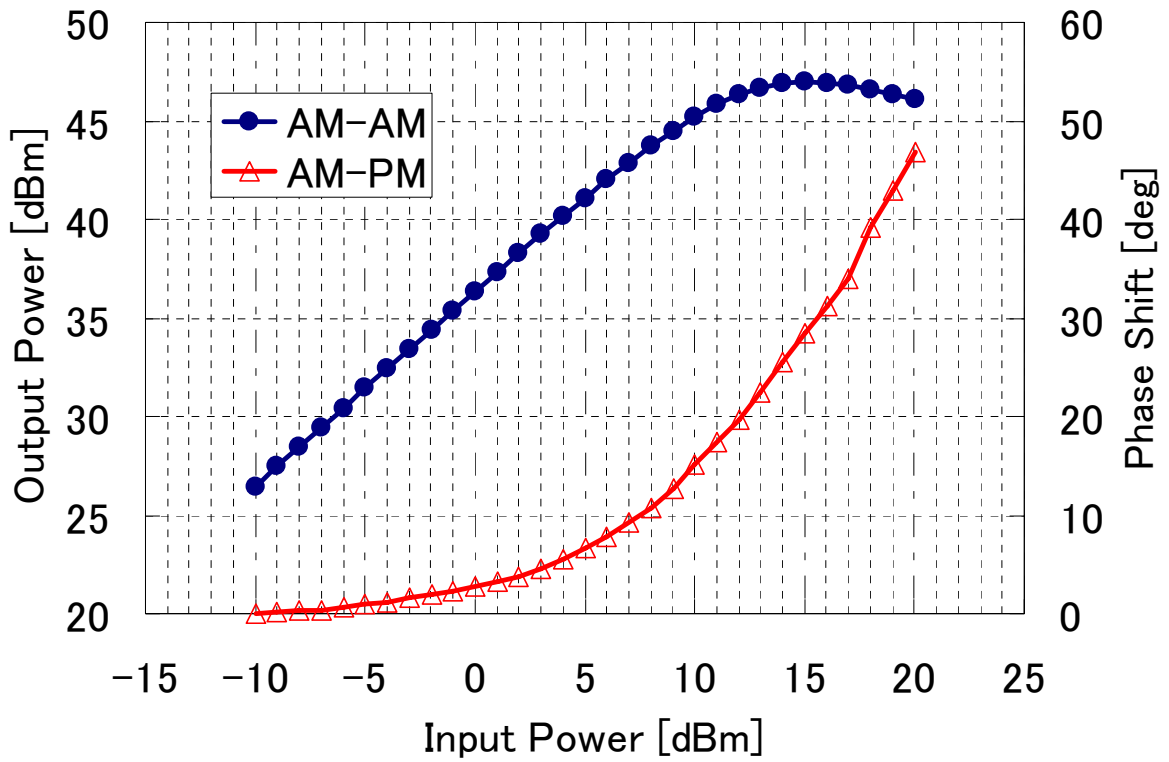


図 69 : TWTA の AM-AM および AM-PM 特性 (BS15ch)

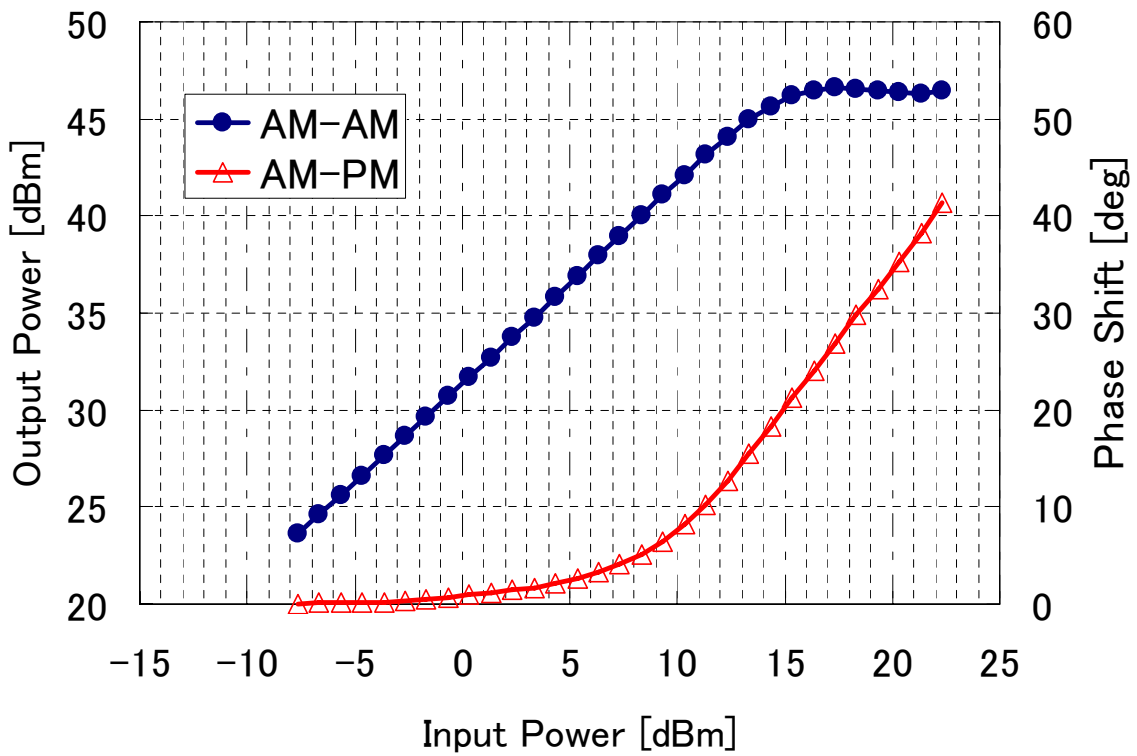


図 70 : TWTA の AM-AM および AM-PM 特性 (BS17ch)

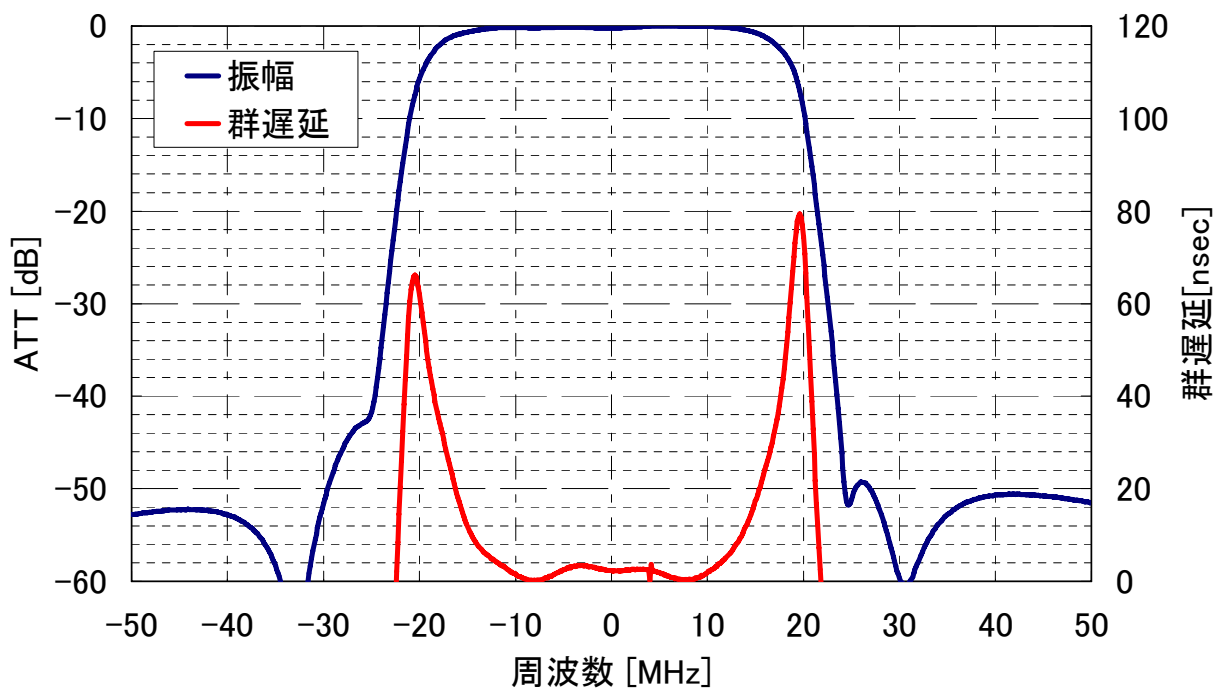


図 71 : IMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)

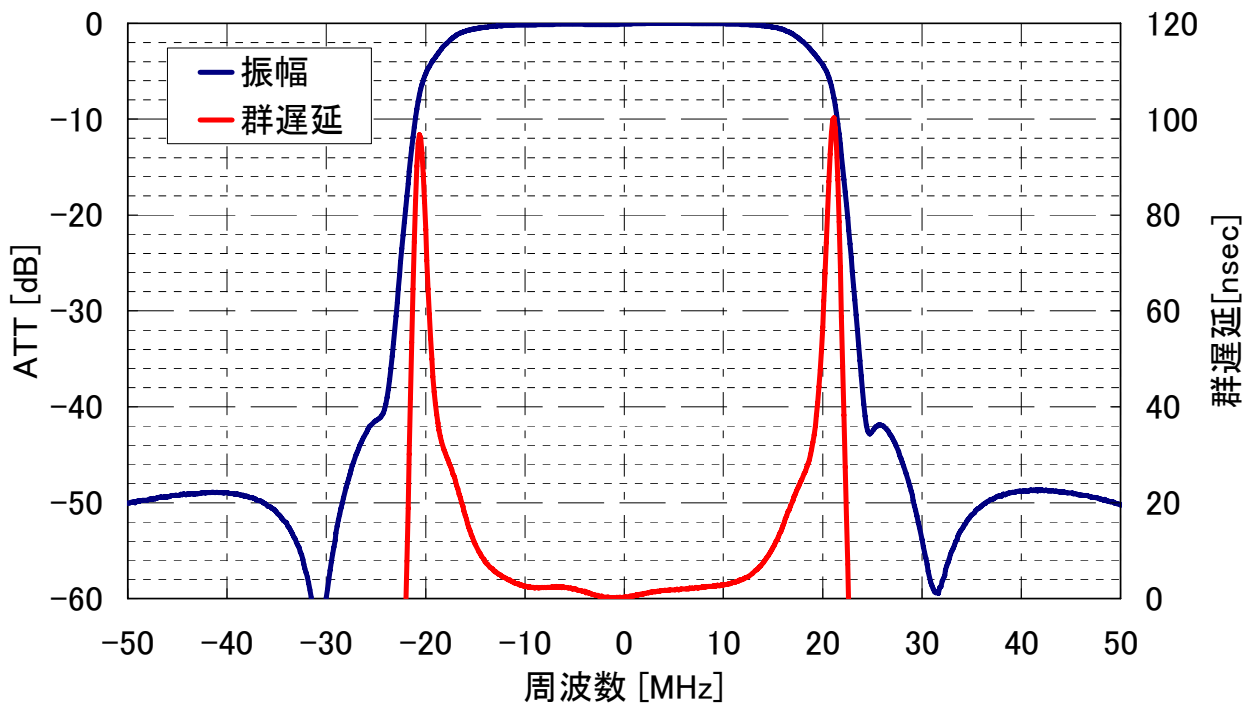


図 72 : IMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS17CH)

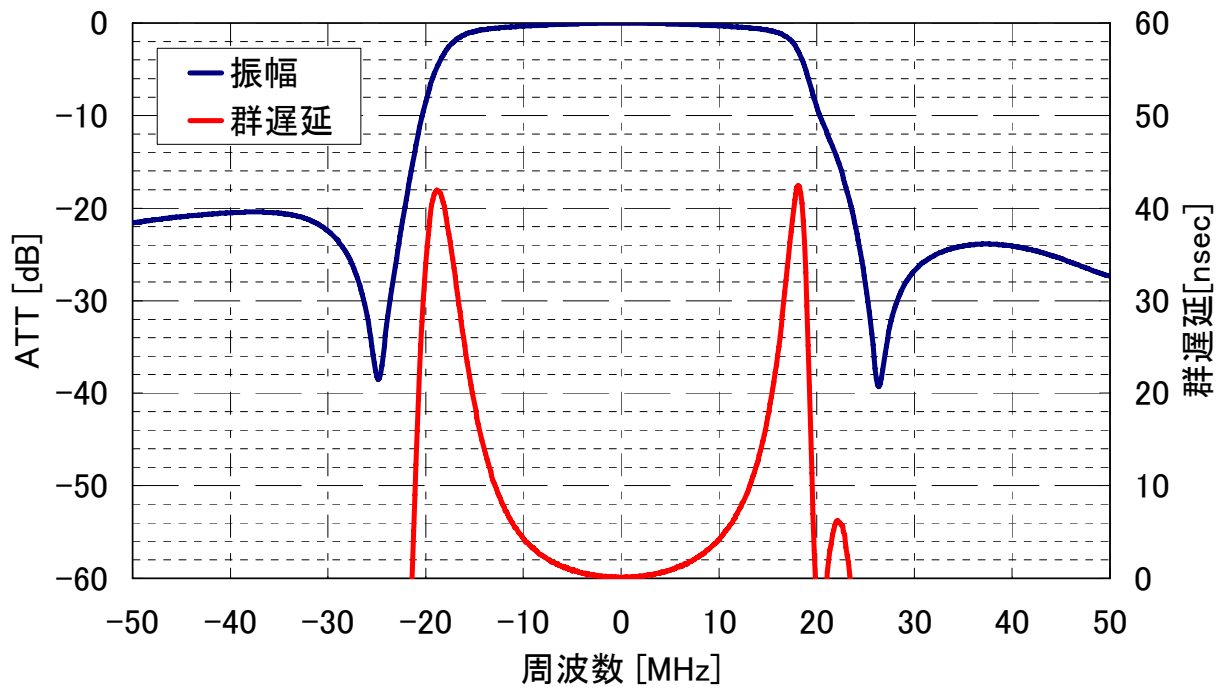


図 73 : OMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS15ch)

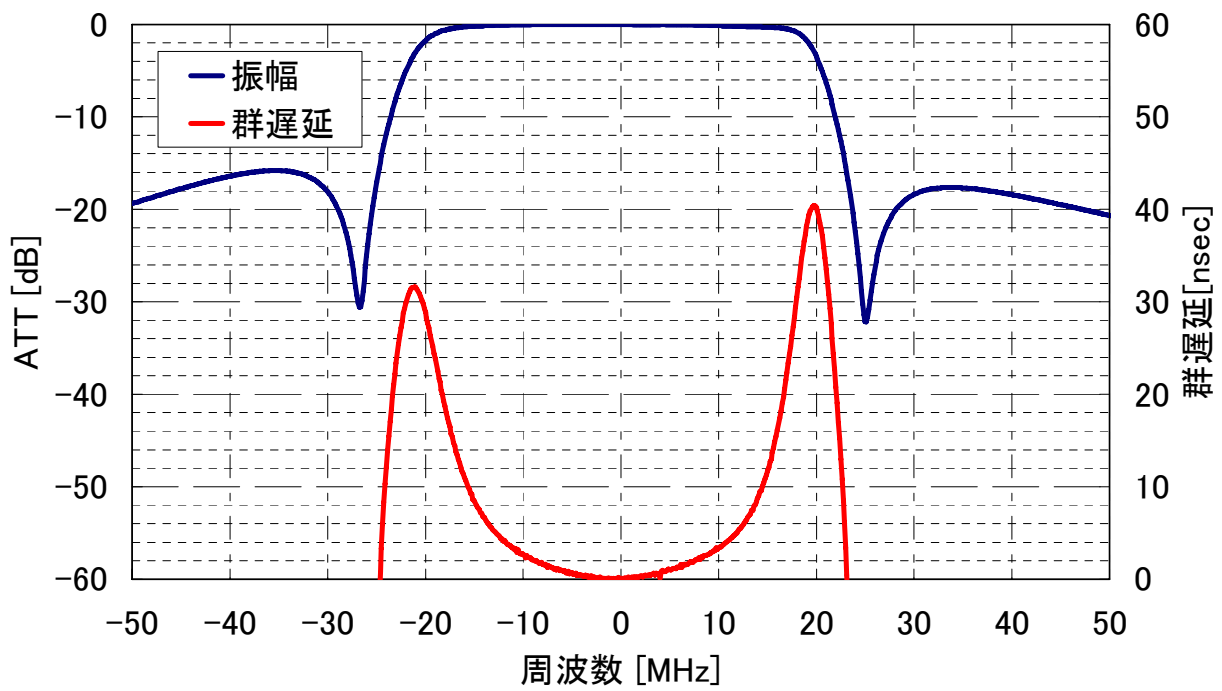


図 74 : OMUX フィルタの振幅および群遅延特性 (BS17ch)

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

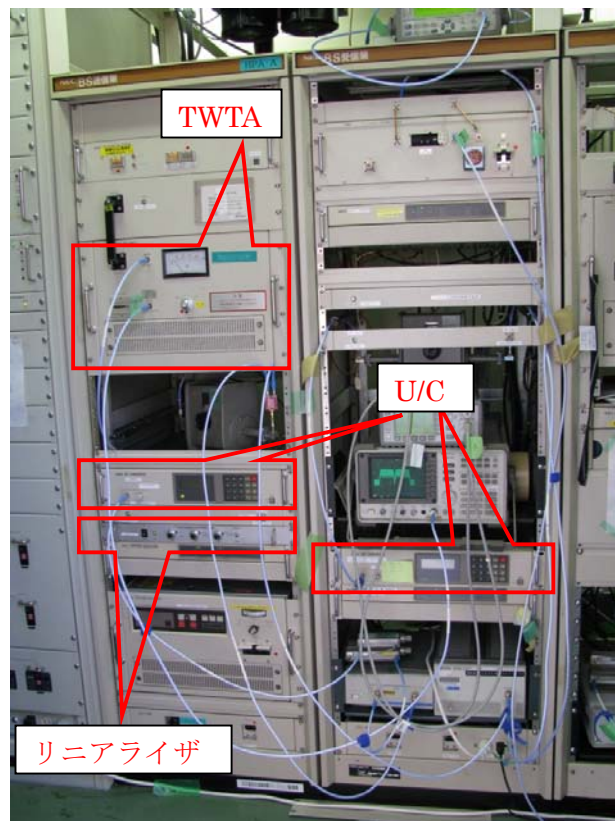


図 75 : 地球局シェルター室内外観

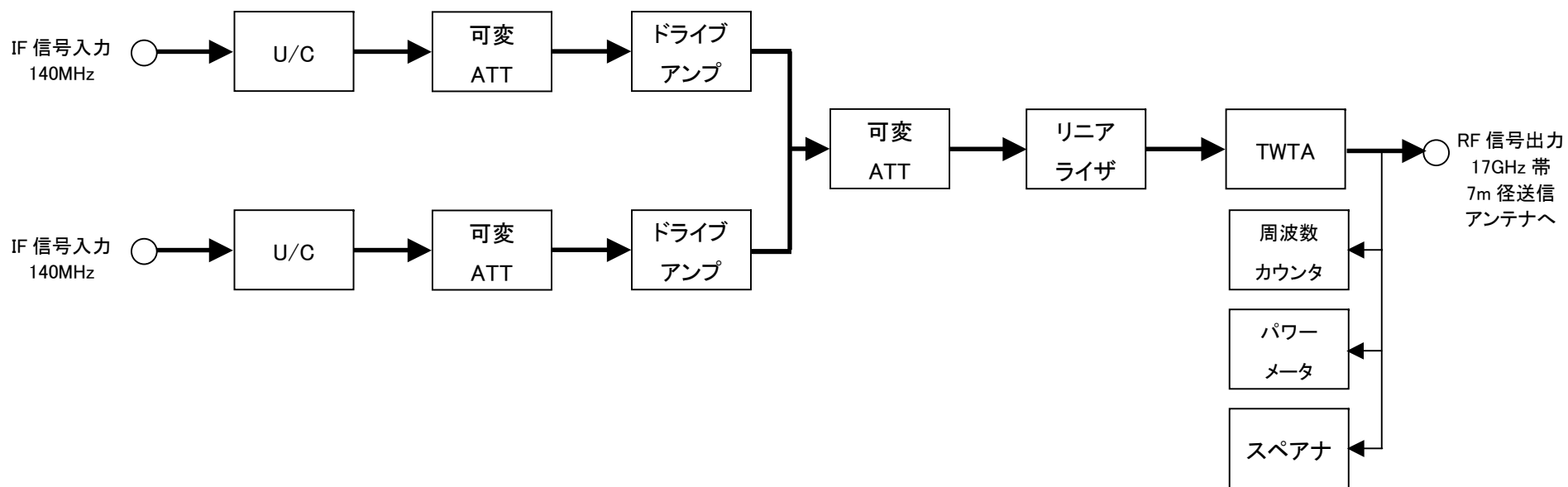


図 76 : 地球局系統図

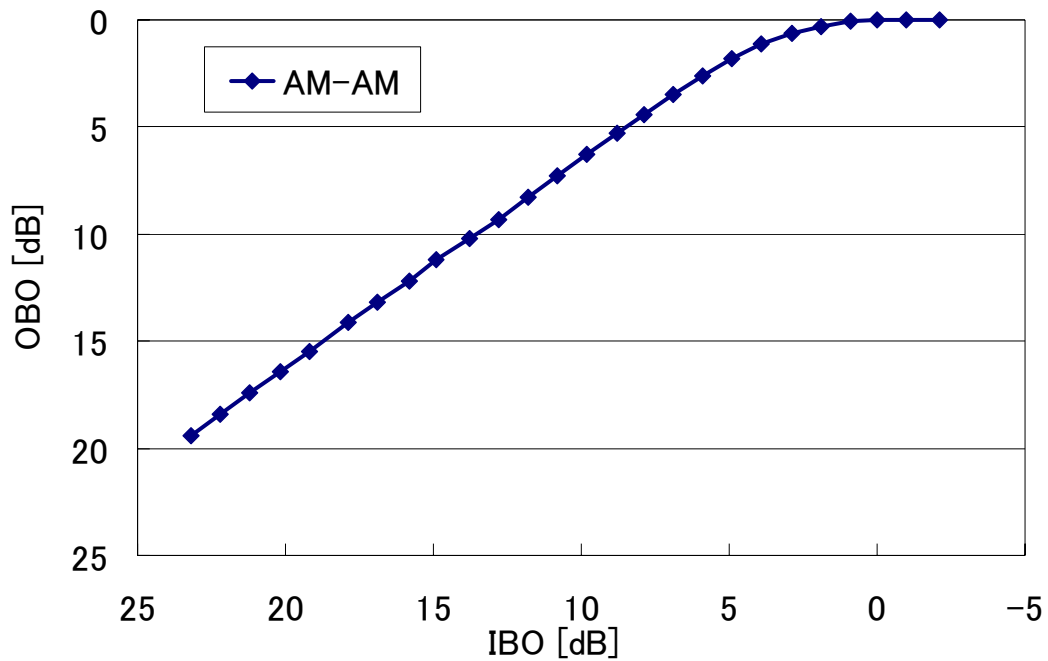


図 77 : TWTA、AM-AM 特性 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)
リニアライザあり)

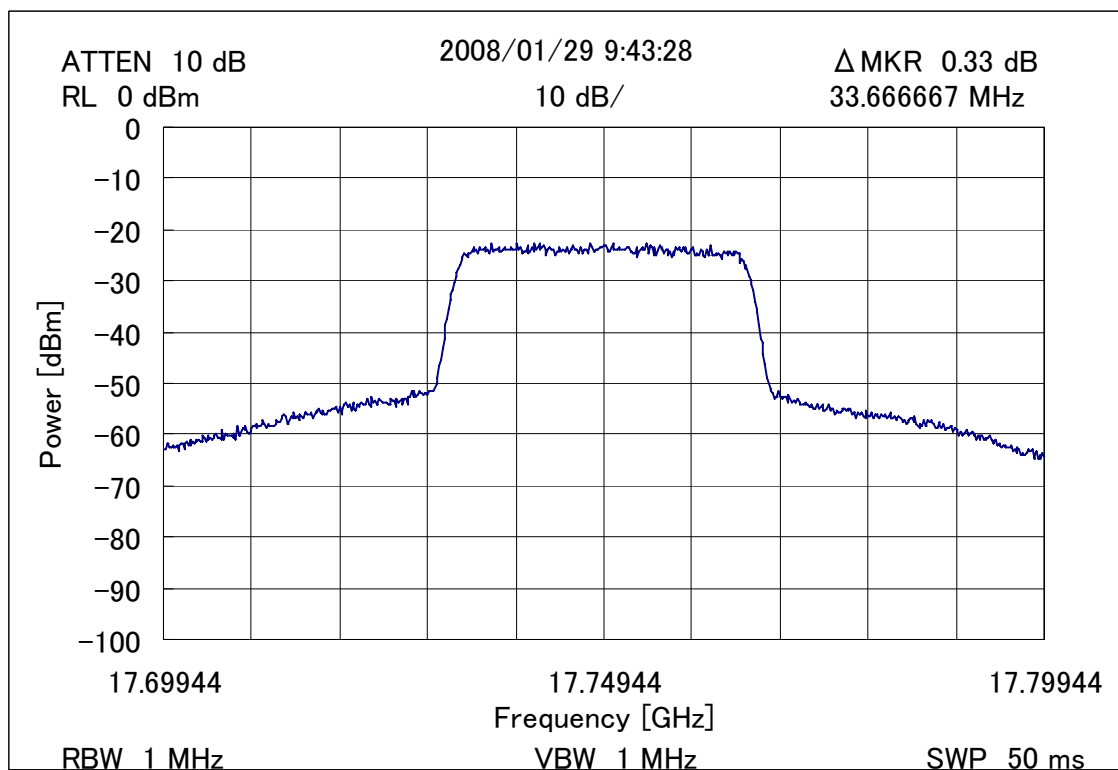


図 78 : TWTA 出カスペクトラム特性 (8PSK 3/4)
(周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OBO 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

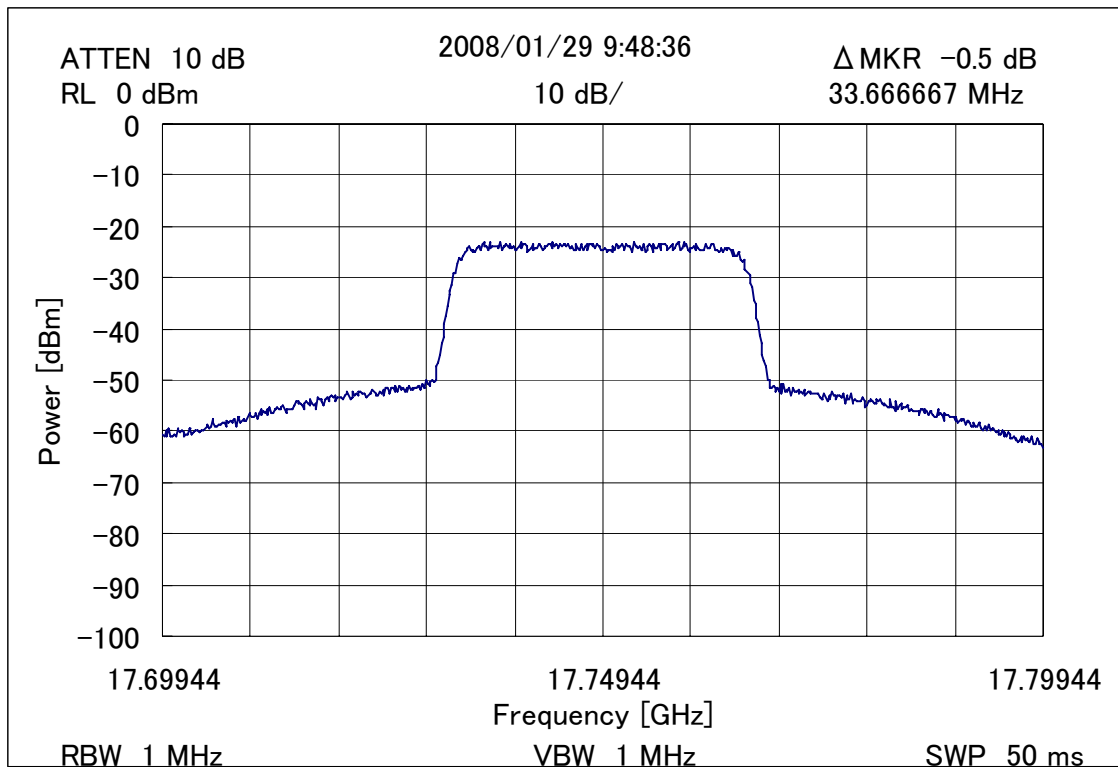


図 79 : TWTA 出カスペクトラム特性 (16APSK 3/4)
 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OB0 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

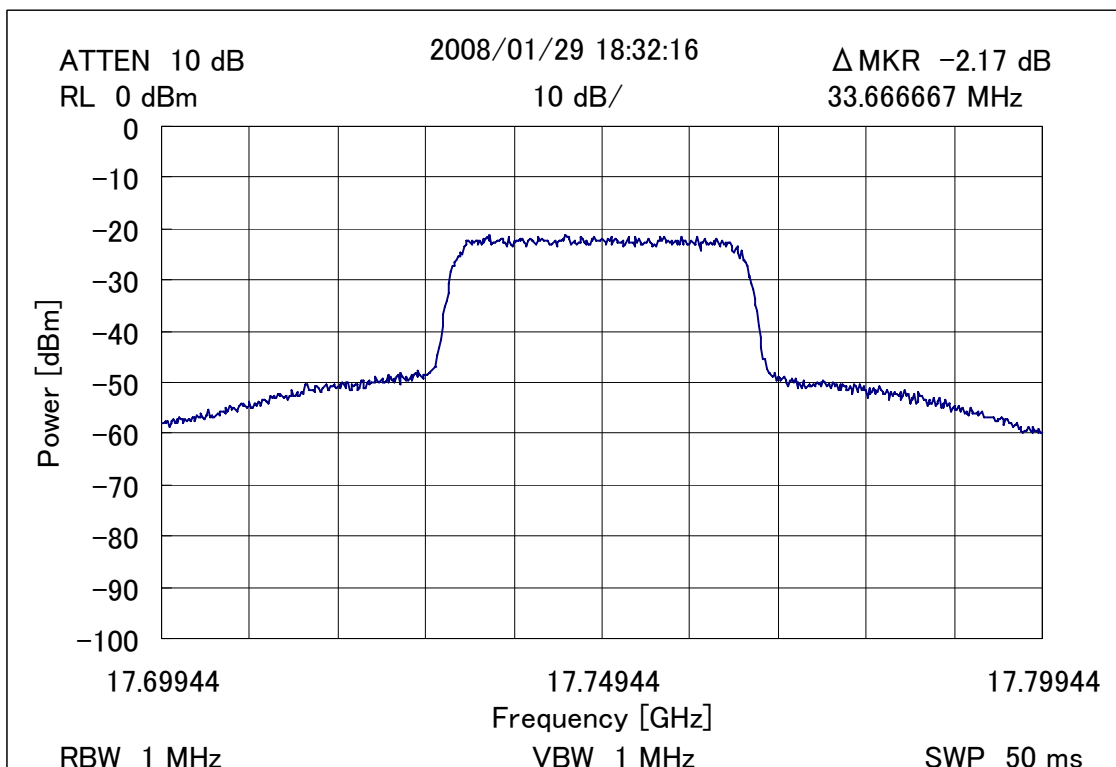


図 80 : TWTA 出カスペクトラム特性 (32APSK 4/5)
 (周波数 17749.44MHz (BS23ch)、OB0 5dB、占有帯域幅 33.7MHz)

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。

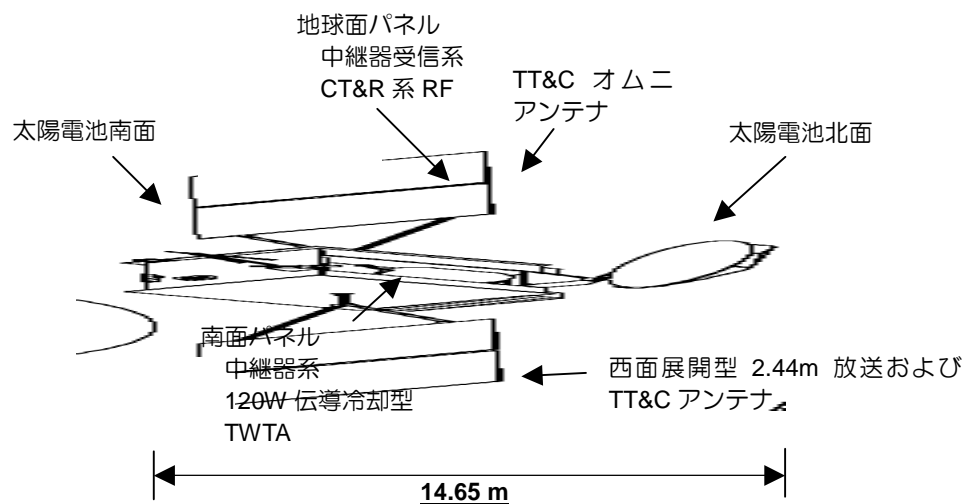
付録 3-4-1 衛星概要

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)