

高度衛星デジタル放送 伝送路符号化方式  
報告書案（技術的条件）

○ 伝送路符号化方式の概要

項目		内容
変調方式		$\pi/2$ シフトBPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
誤り訂正方式	内符号	LDPC(符号長44880)
	符号化率	1/4 (11/40), 1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (27/40), 3/4 (89/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8, 9/10 (109/120) (公称値(真値))
	外符号	BCH ( 65535, 65343, t=12 )短縮符号
伝送制御信号	変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK
	内符号	LDPC(31680, 9614): LDPC(44880, 22814)の短縮符号
	外符号	BCH(9614, 9422): BCH(65535, 65343)の短縮符号
	制御単位	スロット単位の伝送制御
	制御情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変調方式および符号化率の制御</li> <li>・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, 可変長パケット)</li> <li>・階層化伝送制御</li> <li>・緊急警報放送起動制御</li> <li>・複数独立TS識別制御</li> <li>・バルク伝送</li> <li>・サイトダイバーシティ情報</li> <li>・衛星中継器動作点設定情報</li> </ul>
フレーム構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・120スロット/フレーム</li> <li>・MPEG-2 TS長の整数倍のスロット長</li> </ul>	
シンボルレート	32.5941 Mbaud	
ロールオフ率	0.1	
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同期補強バーストをTMCCと兼用することでTMCC容量を現行の384ビットから9422ビットへ拡大</li> <li>・パイロット信号により、衛星非線形特性による受信性能劣化を改善</li> </ul>	

## 目次

2.2 伝送路符号化方式 .....	4
2.2.1 伝送路符号化方式検討の基本的な考え方 .....	4
2.2.2 採用する伝送路符号化方式の概要 .....	4
2.2.3 伝送路符号化部の基本構成 .....	4
2.2.4 多重信号のフレーム構成 .....	5
2.2.5 変調信号のフレーム構成 .....	9
2.2.6 誤り訂正方式 .....	11
2.2.7 TMCC 用誤り訂正方式 .....	14
2.2.8 エネルギー拡散方式 .....	15
2.2.9 インターリーブ .....	17
2.2.10 変調方式 .....	20
2.2.11 伝送シンボルレートと許容偏差 .....	22
2.2.12 ロールオフ率 .....	25
2.2.13 パイロット信号 .....	27
2.2.14 TMCC 信号 .....	27
付録 (LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル) .....	38
3. 回線設計例 .....	56
_Toc201465553	

## 2.2 伝送路符号化方式

### 2.2.1 伝送路符号化方式検討の基本的な考え方

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

### 2.2.2 採用する伝送路符号化方式の概要

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

### 2.2.3 伝送路符号化部の基本構成

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

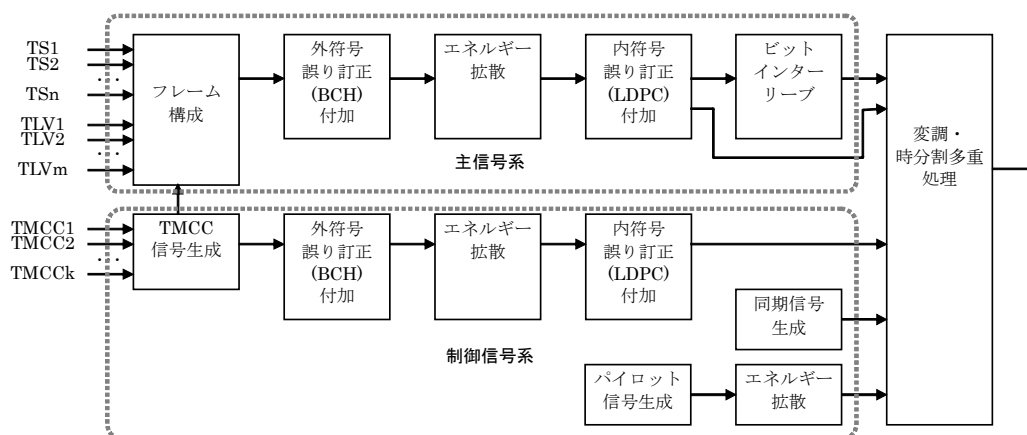


図 2.2-1 伝送路符号化基本構成 (信号処理)

(理由)

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

## 2.2.4 多重信号のフレーム構成

### (1) 主信号のフレーム構成

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

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

BCH パリティはヘッダとデータについて計算し、データの後に配置する。BCH パリティの後に、6 ビットのスタフビット(0x3F)を配置し、ヘッダ、データ、BCH パリティ、スタフビットに対してエネルギー拡散を施したのち LDPC パリティを計算し、スタフビットの後に配置する。各符号化率に対するスロットのビット配分を表 2.2-1 に、また、スロットの割り当て規則を表 2.2-2 に示す。スロットへの変調方式の割り当ては 5 スロット単位とし、複数の変調方式・符号化率で伝送する場合のスロットへの変調方式・符号化率の割り当てについては、TMCC 信号により、スロット番号 1 から昇順に、

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

から順にスロットへの割付を行う。

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

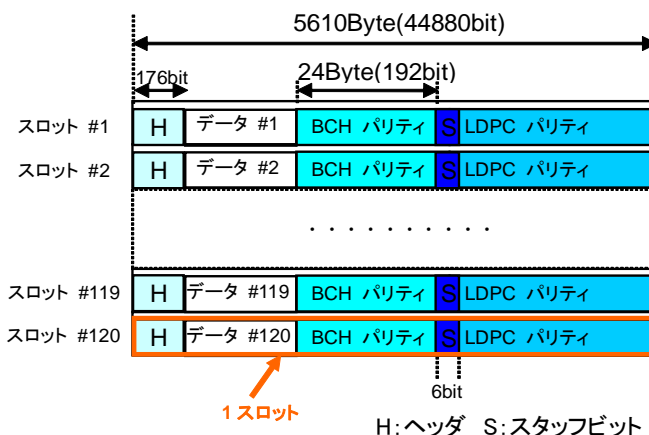


図 2.2-2 主信号のフレーム構成

表 2.2-1 各符号化率のスロット構成

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

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

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

※3 (a)×(b)

表 2.2-2 スロット割り当て規則

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

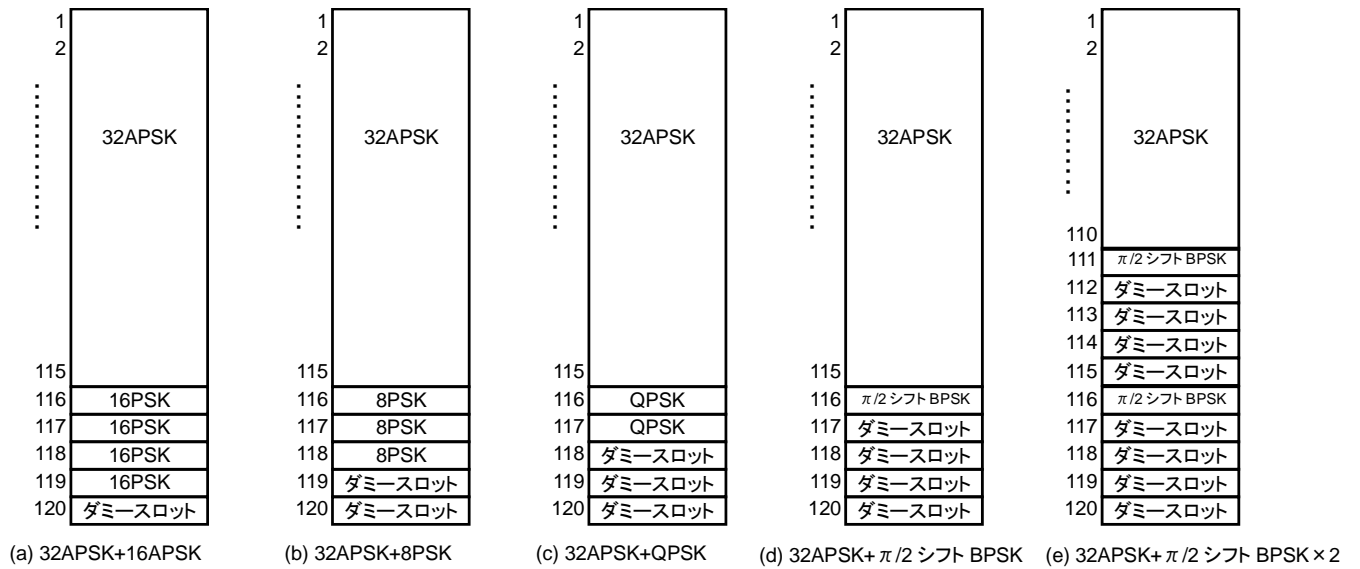


図 2.2-3 スロット割り当ての例

(2) 制御信号のフレーム構成

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

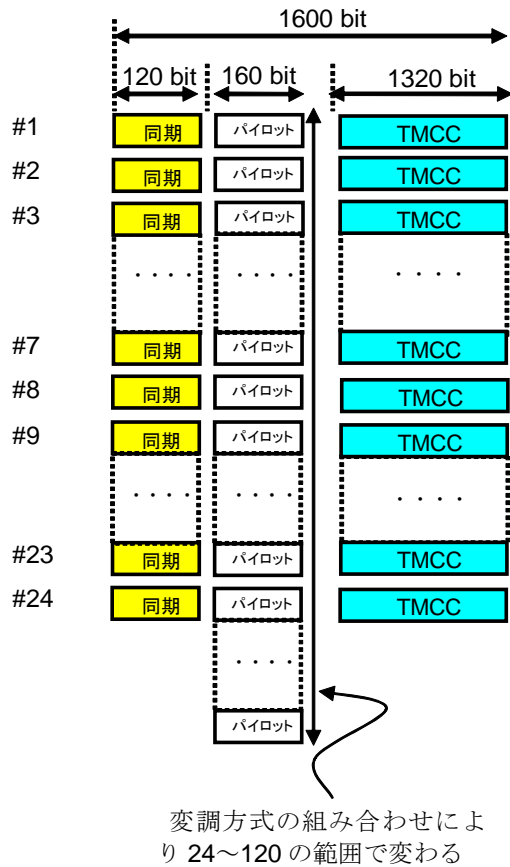


図 2.2-4 制御信号のフレーム構成

(理由)

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

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

表 2.2-2 に示すダミースロットの挿入規則については、現行の衛星デジタル放送方式と同様に、変調方式の組み合わせに関わらず、フレームのビットレートを固定でき、回路構成を容易にすることを目的としている。

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

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



## 2.2.5 変調信号のフレーム構成

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

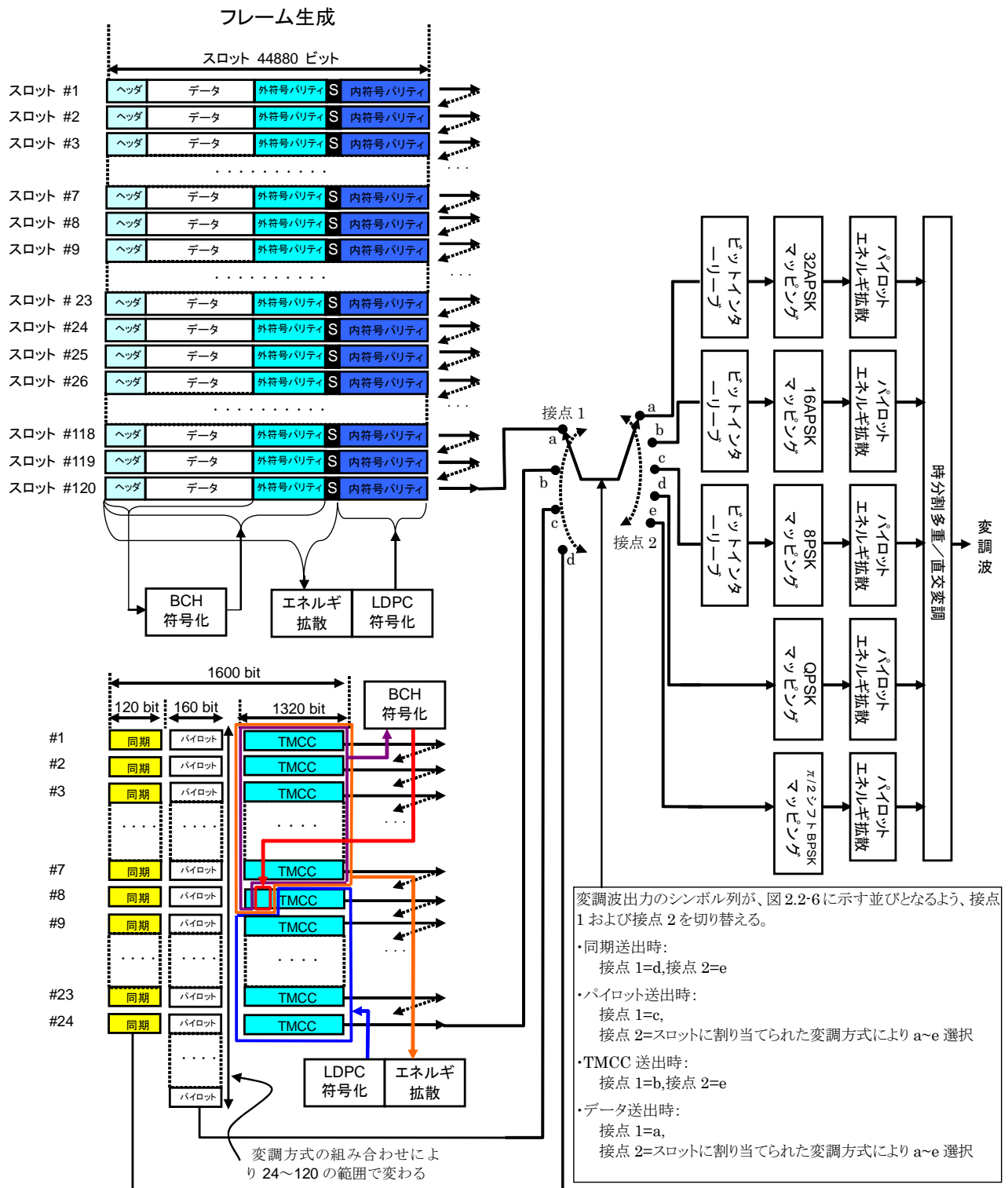


図 2.2-5 変調信号の生成

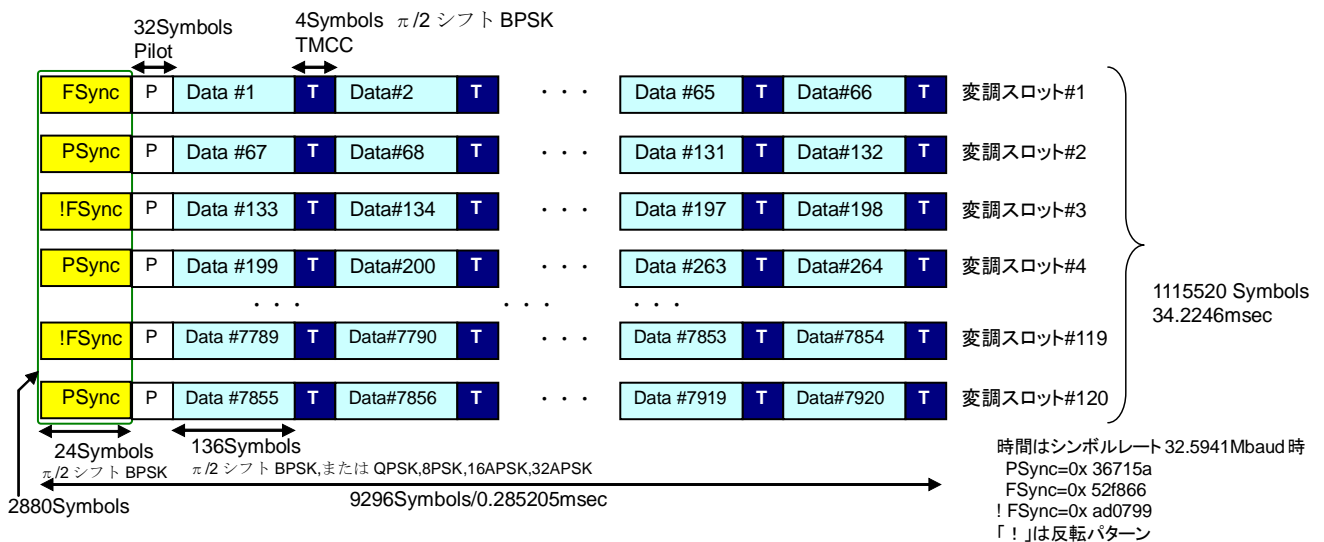


図 2.2-6 変調信号のフレーム構成

(理由)

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

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

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

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

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

...

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

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

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

パイロット信号については、1 フレーム内で 32 シンボルの信号点を等間隔で 120 回、スロットに指定した変調方式で伝送する。最小多値数の $\pi/2$  シフト BPSK の場合、1 シンボルが 1 ビットの情報に対応することから、32 シンボル×1 ビット/シンボル×120 回=3840 ビットとなる。一方、最大多値数の 32APSK の場合、1 シンボルが 5 ビットの情報に対応することから、32 シンボル×5 ビット/シンボル×120 回=19200 ビットとなる。したがって、パイロット信号は、スロットに割り当てる変調方式の組み合わせにより、3840 ビット~19200 ビットの間で変化する。擬似衛星中継器による実証実験では、32APSK(符号化率 4/5)の受信

においてパイロット信号を使った受信の場合、使わなかった場合に比べて約 1.4dB 所要 C/N の低減効果を確認した。

## 2.2.6 誤り訂正方式

### (1) 外符号符号化方式

訂正能力  $t=12$  の BCH(65535,65343)の短縮符号とし、短縮化前の BCH 符号化生成多項式は、表 2.2-3 の全ての多項式の積で表されるものとする。

表 2.2-3 BCH 符号の多項式リスト

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

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

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

上への BCH 符号化を行う。

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

(2) 内符号符号化方式

符号長44880ビットのLDPC符号とし、符号化率は、表2.2-4の10種類とする。

表2.2-4 内符号の符号化率

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

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

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

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

$$\begin{aligned} p_{4958} &= p_{4958} \oplus i_0 \\ p_{6639} &= p_{6639} \oplus i_0 \\ p_{6721} &= p_{6721} \oplus i_0 \\ p_{8238} &= p_{8238} \oplus i_0 \\ p_{9540} &= p_{9540} \oplus i_0 \\ p_{9550} &= p_{9550} \oplus i_0 \\ p_{10491} &= p_{10491} \oplus i_0 \\ p_{11742} &= p_{11742} \oplus i_0 \\ p_{11641} &= p_{11641} \oplus i_0 \\ p_{12092} &= p_{12092} \oplus i_0 \\ p_{13056} &= p_{13056} \oplus i_0 \\ p_{13460} &= p_{13460} \oplus i_0 \end{aligned}$$

- ・373 までの情報ビット  $i_m, m=1,2,\dots,373$  は、 $i_m$  に、これに対応するパリティビット  $\{x+(m \bmod 374) \times q\} \bmod (n_{ldpc} - k_{ldpc})$  を積算する。ここで、 $x$  は  $i_0$  に対応したパリティビット、 $q$  は表 2.2-5 に示す符号化率により決まる定数である

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

$$\begin{aligned} p_{4997} &= p_{4997} \oplus i_1 \\ p_{6678} &= p_{6678} \oplus i_1 \\ p_{6760} &= p_{6760} \oplus i_1 \\ p_{8277} &= p_{8277} \oplus i_1 \\ p_{9579} &= p_{9579} \oplus i_1 \\ p_{9589} &= p_{9589} \oplus i_1 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

- 375 番目以降の情報ビット  $i_{374} \sim i_{747}$  に対応するパリティビット積算は付表 1 から付表 11の各表の 2 行目を使用する。
- 374 個の新たな情報ビット毎に、同様に付表 1から付表 11の各表から新たな行をパリティビット積算に使用する。

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

- $i=1$  から開始し、次の演算を順次実行する。

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

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

表 2.2-5 q 値

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

(理由)

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

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

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

## 2.2.7 TMCC 用誤り訂正方式

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

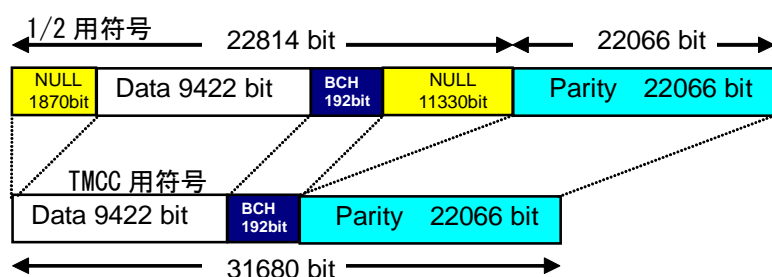


図 2.2-7 TMCC 符号化

(理由)

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

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

## 2.2.8 エネルギー拡散方式

### (1) 主信号用

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

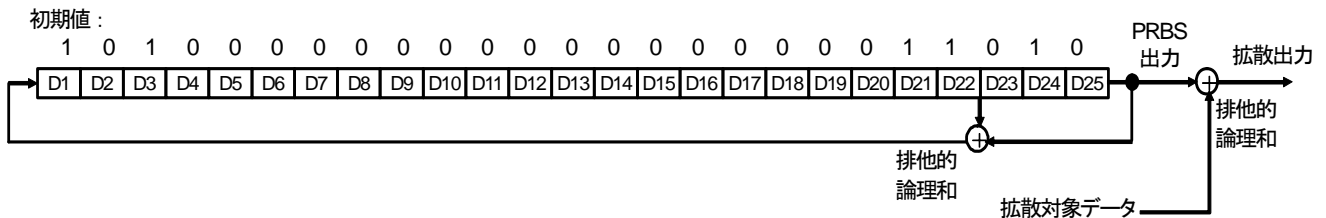


図 2.2-8 エネルギー拡散 (スロットデータ用)

### (2) TMCC 信号用

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

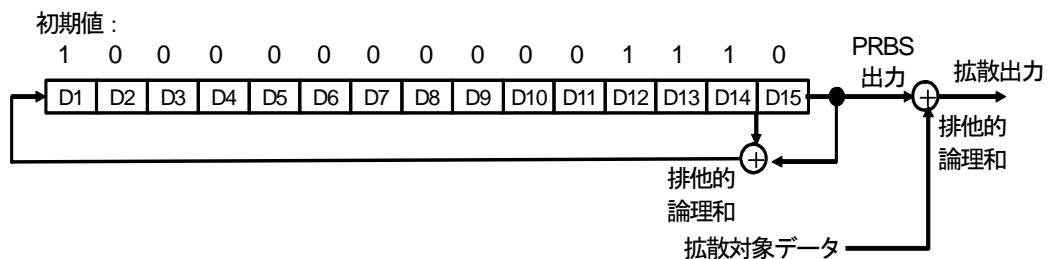


図 2.2-9 エネルギー拡散 (TMCC 用)

### (3) パイロット信号用

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

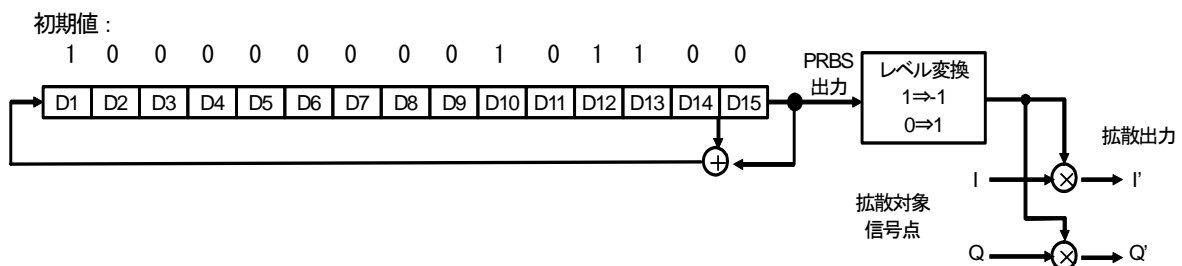


図 2.2-10 エネルギー拡散 (パイロットシンボル用)

(理由)

主信号については、例えば、ヌルパケットが連続して伝送される場合など、「1」または「0」が連続して伝送する場合がある。この場合、特定周波数に線スペクトルを発生し、電力束密度が規定値を超える可能性があり、また、受信機の同期再生系にも悪影響を与える。そこで、PRBS 発生器(PN 符号発生器)により発生させた擬似ランダムパターンとの排他的論理和をとることで、ビット列のランダム化によるエネルギー拡散を行う。拡散符号長としては、1 フレーム分の LDPC パリティを除くデータ長(4,891,920 ビット)以上とする必要があるため、23 次以上の拡散符号を使用する必要があるため、ここでは 25 次の拡散符号を採用した。

TMCC 信号についても、拡張領域など、「1」または「0」が連続する場合が想定される。TMCC のデータ長は 9614 ビットであるため、14 次以上の拡散符号が必要となるため、ここでは 15 次の拡散符号を採用した。

パイロット信号については、固定パターンの繰り返しとなるため、やはり、線スペクトルの発生要因となる。パイロット信号の 1 フレームあたりの総シンボル数は 31680 シンボルであるため、15 次以上の拡散符号が必要であり、ここでは TMCC 用と同じ PRBS 発生器を初期値を変えて利用することとした。



## 2.2.9 インターリーブ

LDPC 符号化部からの出力はブロックインターリーブによりビットインターリーブする。表2.2-6に各変調方式のビットインターリーブの大きさを、また図2.2-11～図2.2-16に構成図を示す。データはインターリーブに列方向に上から下へ書き込み、行方向に左(MSB)から右(LSB)へ読み出す順方向読み出しと、右(LSB)から左(MSB)へ読み出す逆方向読み出しがある。いずれを使用するかは、表2.2-7のように符号化率によって異なる。

表 2.2-6 ビットインターリーブ

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

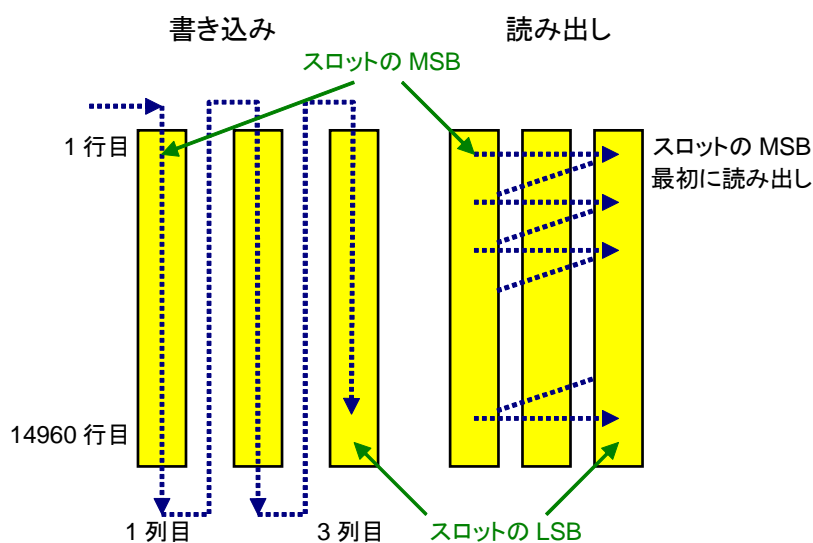


図2.2-11 ビットインターリーブ 8PSK (順方向読み出し)  
書き込み 読み出し

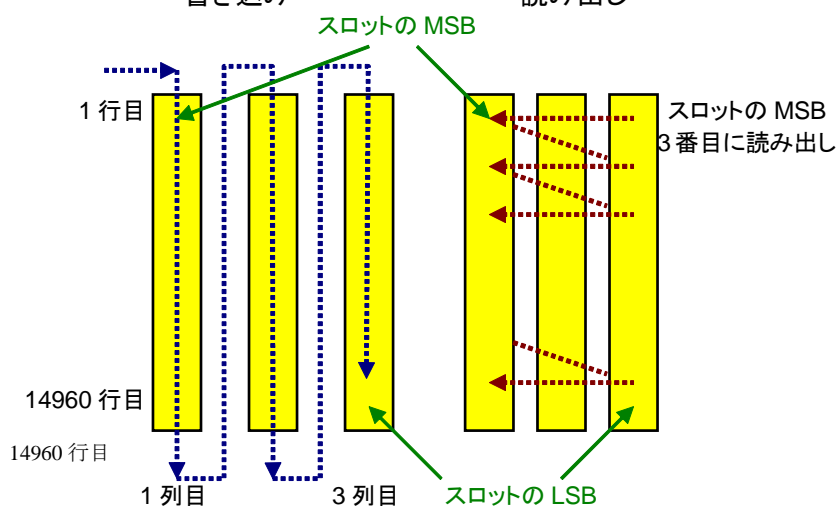


図2.2-12 ビットインターリーブ 8PSK (逆方向読み出し)

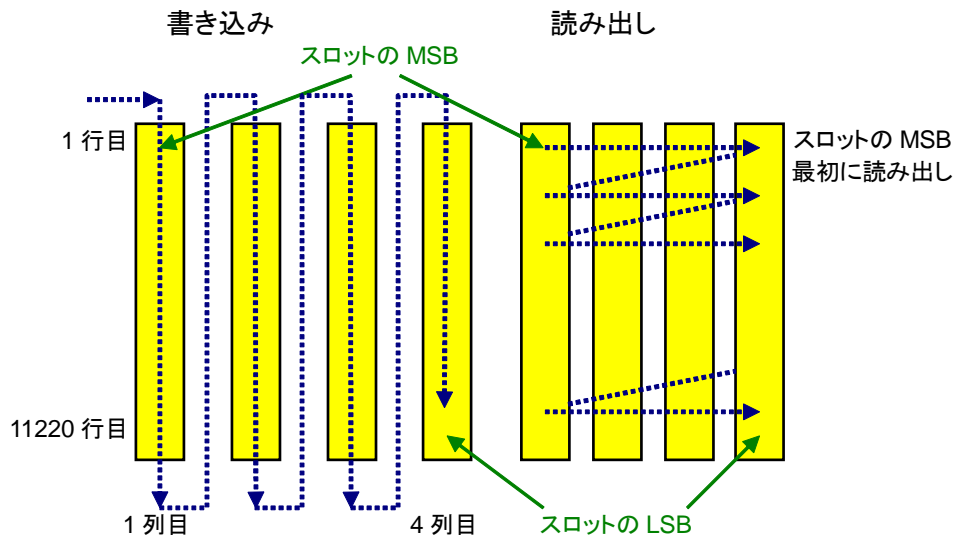


図2.2-13 ビットインターリーブ 16APSK (順方向読み出し)

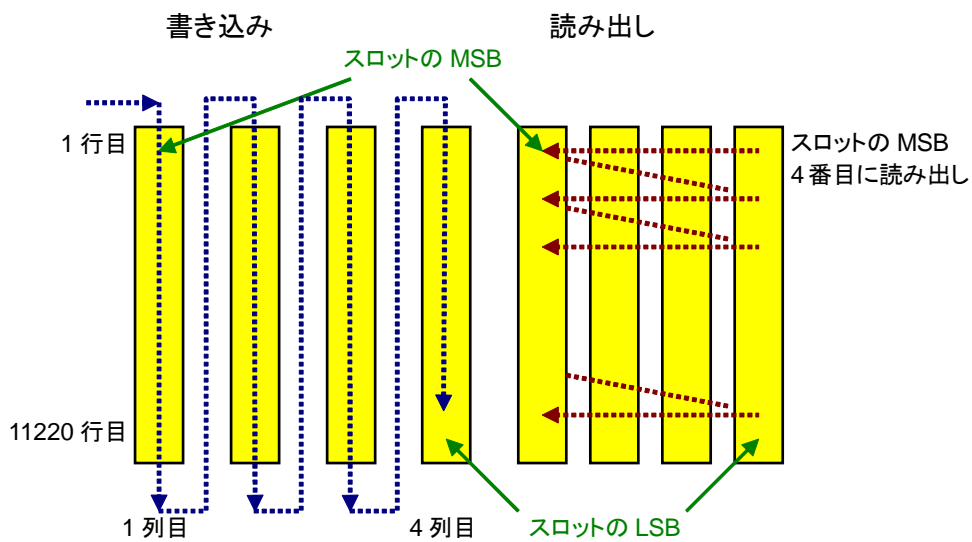


図2.2-14 ビットインターリーブ 16APSK (逆方向読み出し)  
書き込み 読み出し

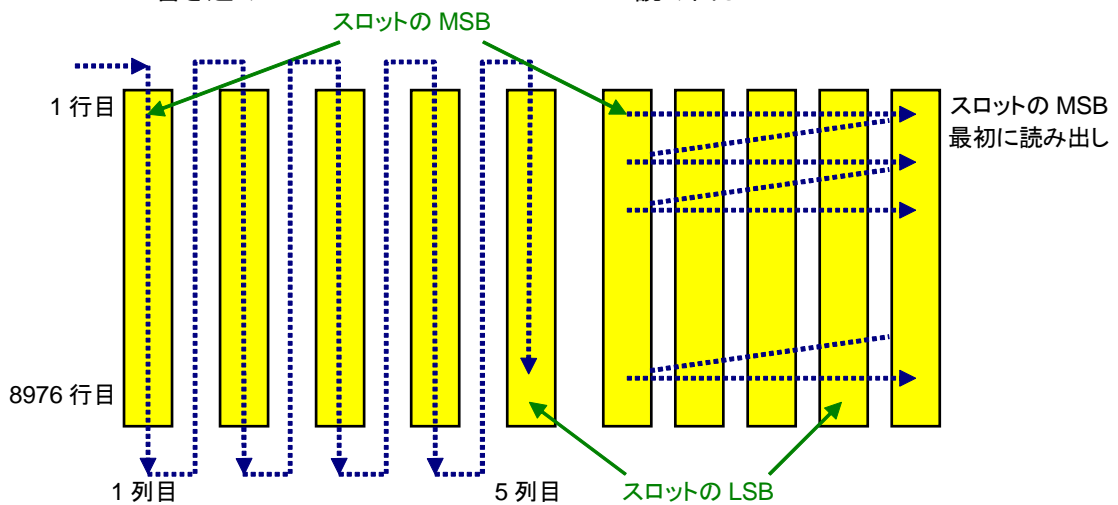


図2.2-15 ビットインターリーブ 32APSK (順方向読み出し)

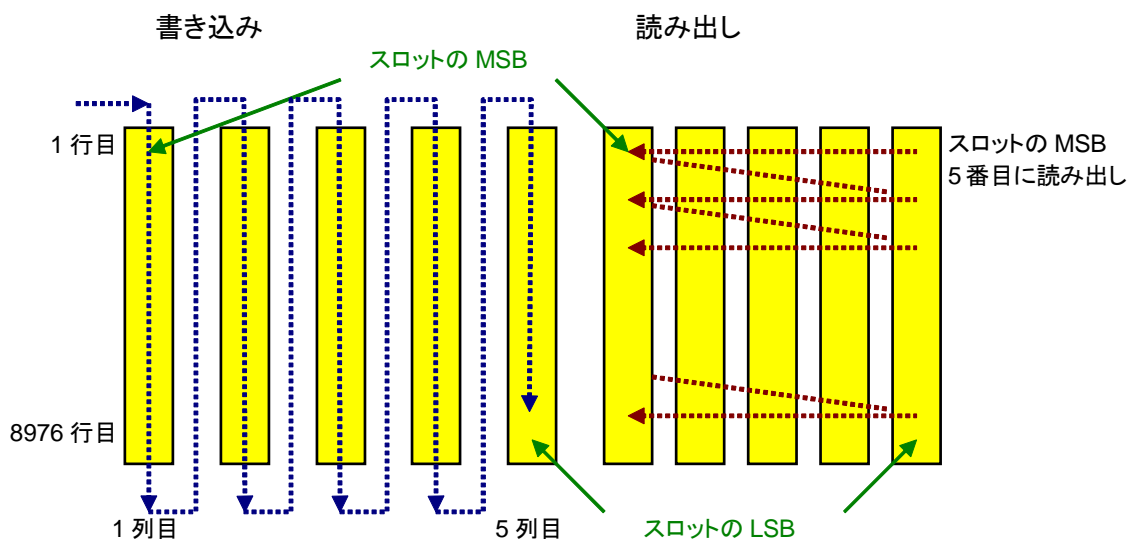


図2.2-16 ビットインターリーブ 32APSK (逆方向読み出し)

表 2.2-7 インターリーブ読み出し

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

(理由)

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

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

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

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

### 2.2.10 変調方式

表 2.2-8 に示す 5 つの変調方式を採用する。フレーム同期、パケット同期、および TMCC 信号は  $\pi/2$  シフト BPSK とする。各変調方式の信号点配置は、図 2.2-17 のとおりである。

表 2.2-8 対応する変調方式

変調方式	用途	周波数効率
$\pi/2$ シフト BPSK	フレーム同期 パケット同期 TMCC 信号 主信号 (パイロット信号含む)	1 bps/Hz
QPSK	主信号 (パイロット信号含む)	2 bps/Hz
8PSK		3 bps/Hz
16APSK		4 bps/Hz
32APSK		5 bps/Hz

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

16APSK および 32APSK については、最適性能を得るため、符号化率により、表 2.2-11 および表 2.2-10 に示す半径比  $\gamma (=R_2/R_1)$  および  $\gamma 1 (=R_2/R_1)$ ,  $\gamma 2 (=R_3/R_1)$  をとる。また、(a)~(c) では半径 1 とし、電力を 1 に規格化しているが、(d) および (e) については電力を 1 に規格化する場合、 $4R_1^2+12R_2^2=16$  および  $4R_1^2+12R_2^2+16R_3^2=32$  とする。

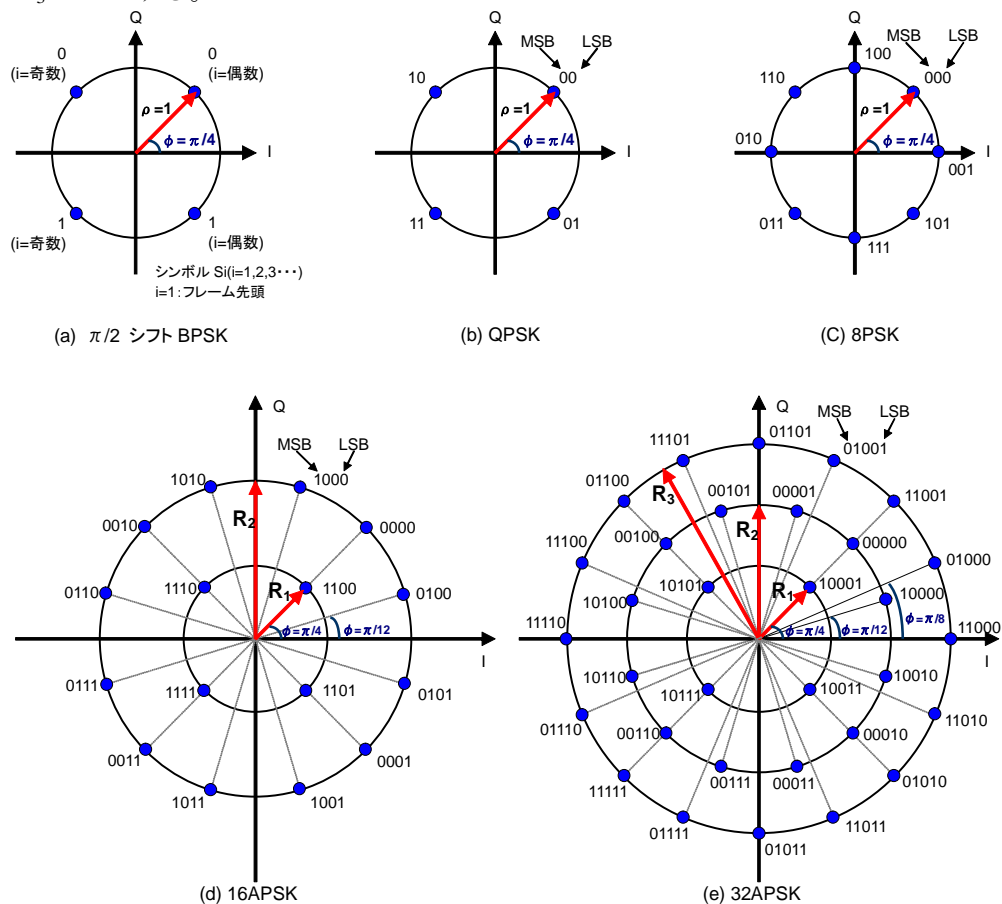


図 2.2-17 各変調方式の信号点配置

表 2.2-11 16APSK の半径比

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

表 2.2-10 32APSK の半径比

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

(理由)

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

以上の変調方式に加え、より高ビットレートの伝送が可能な APSK (16APSK および 32APSK) も利用可能とした。これらの変調方式は、複数の同心円上に等間隔に信号点を配置しており、同心円の半径比の最適値が符号化率ごとに異なる。表 2.2-9 および表 2.2-10 に示す半径比は、計算法シミュレーションにより、一定の雑音を加えた状態で、半径比を変化させ、ビット誤り率が最小となる半径比を探索して求めたものである。このシミュレーションにおいては、使用する衛星が特定できないため、衛星中継器の特性は考慮せず、線形伝送路を想定した。従来、半径比の最適化は理想符号を用いてなされているが、ここでは実際に用いる LDPC 符号と組み合わせた状態での最適化を図っており、実際に使用する条件において性能を上げる設計方法を採用した。

## 2.2.11 伝送シンボルレートと許容偏差

34.5MHz 衛星中継器を利用する場合の伝送シンボルレートを 32.5941Mbaud とする。  
許容偏差は±20ppm とする。

(理由)

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

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

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

### (1) 擬似中継器による室内伝送実験

実験においては、ロールオフ率  $\alpha$  を 0.1、0.15、0.2、0.25 とした場合の、占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレートを計算機シミュレーションにより求め、これを超えないシンボルレート数点について、所要 C/N を測定した。ここでは、 $10^{10}$  ビット観測してエラーが発生しない最小 C/N を所要 C/N とした。表 2.2-11 に占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレートを示す。

表 2.2-11 占有帯域幅 34.5MHz を満たす最大シンボルレート

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

測定は、以下の条件において行なった。

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

8PSK 3/4 および 32APSK 4/5 の実験結果を図 2.2-18 および図 2.2-19 に示す。なお、8PSK 3/4 の場合の所要 C/No の値は 85.30dBHz 以下(受信アンテナ 45cm、最悪月サービス時間率 99.7%以上)、32APSK 4/5 の場合の所要 C/No の値は 96.83dBHz 以下(受信アンテナ 1.2m、最悪月サービス時間率 99.5%以上)とし、ODU を挿入した状態で、パイロット信号を使用した受信を行うものとした。測定値は C/No に換算して示した。同図において、プロットを線で結んだものは、同一シンボルレートの高度衛星デジタル放送の 8PSK を干渉波として多重し、さらに ODU を通した状態で所要 C/N を測定したものである。また、干渉波を現行の衛星デジタル放送方式 (28.86Mbaud、 $\alpha=0.35$ ) の 8PSK とした場合も同図に示す。

図 2.2-18 より、高度衛星デジタル放送方式および現行の衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合の所要 C/No はほぼ同じ値であった。8PSK については、表 2.2-11 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

図 2.2-19 より、高度衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合の所要 C/No は、現行の衛星デジタル放送方式の 8PSK を干渉波とした場合に比べて 0.1dB 程度劣化した。32APSK についても、表 2.2-11 に示す各ロールオフ率に対する最大シンボルレートにおいて、所要 C/No の設定値を満たした。

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

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

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

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

これらの結果より、ロールオフ率によって 1.1 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。

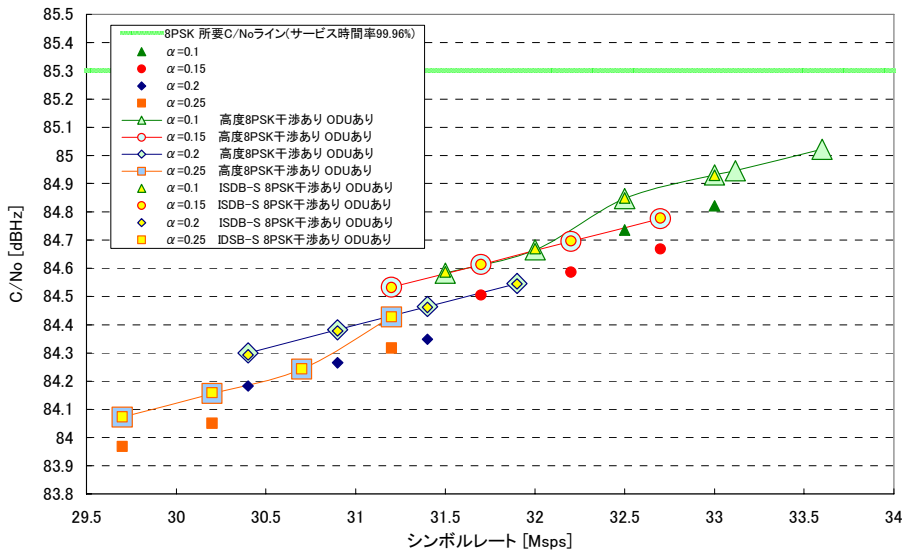


図 2.2-18 擬似中継器実験結果(8PSK)

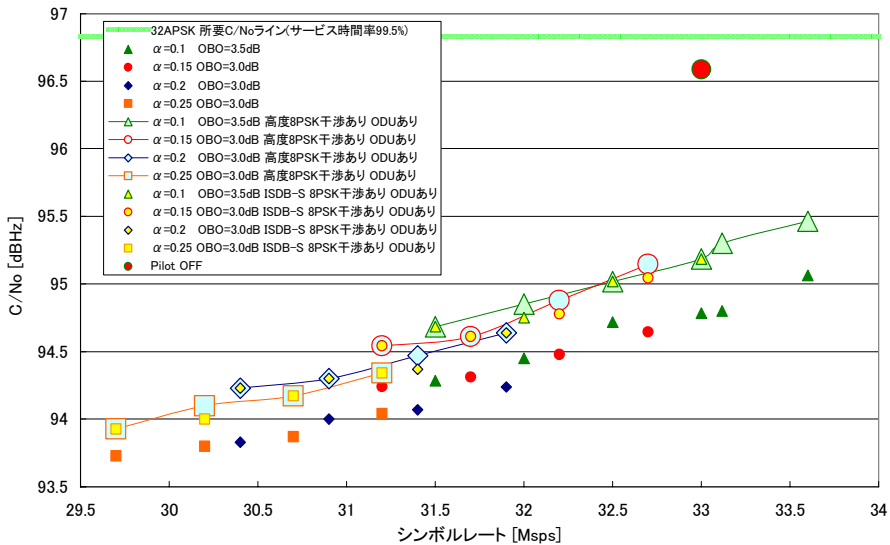


図 2.2-19 擬似中継器実験結果(32APSK)

(2) シンボルレートの決定

擬似中継器実験においては、8PSK3/4, 32APSK ともに表 2.2-11 に示す最大シンボルレート以下において、設定した C/No 値を満足した。したがって、最も高いビットレートが確保できるロールオフ率 0.1、シンボルレート 33.6Mbaud という条件も選択肢となるが、現行の衛星デジタル放送の占有帯域幅(33.77MHz, シミュレーション値)も考慮し、ロールオフ率 0.1 において、BS デジタル放送の占有帯域幅 33.77MHz となるシンボルレート(32.68Mbaud, シミュレーション値)以下とした。

また、シンボルレートの検討にあたっては、以下の条件も考慮する。

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

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

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

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

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

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

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

以上の結果より、

- ロールオフ率 0.1
- シンボルレート 32.5941 Mbaud

とするのが望ましいと考えられる。このシンボルレートの場合の情報ビットレート (188 バイトの MPEG-2 TS のレート) を表 2.2-12 に示す。

表 2.2-12 情報ビットレート

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

注 120slot 全てを同一変調方式とした場合の値



### 2.2.12 ロールオフ率

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

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

また、変調器出力の周波数スペクトラムの相対減衰量、および変調器出力フィルタの群遅延特性の許容値は、図2.2-20、および図2.2-21(詳細値は表2.2-13)に示す範囲とする(図は修正)。

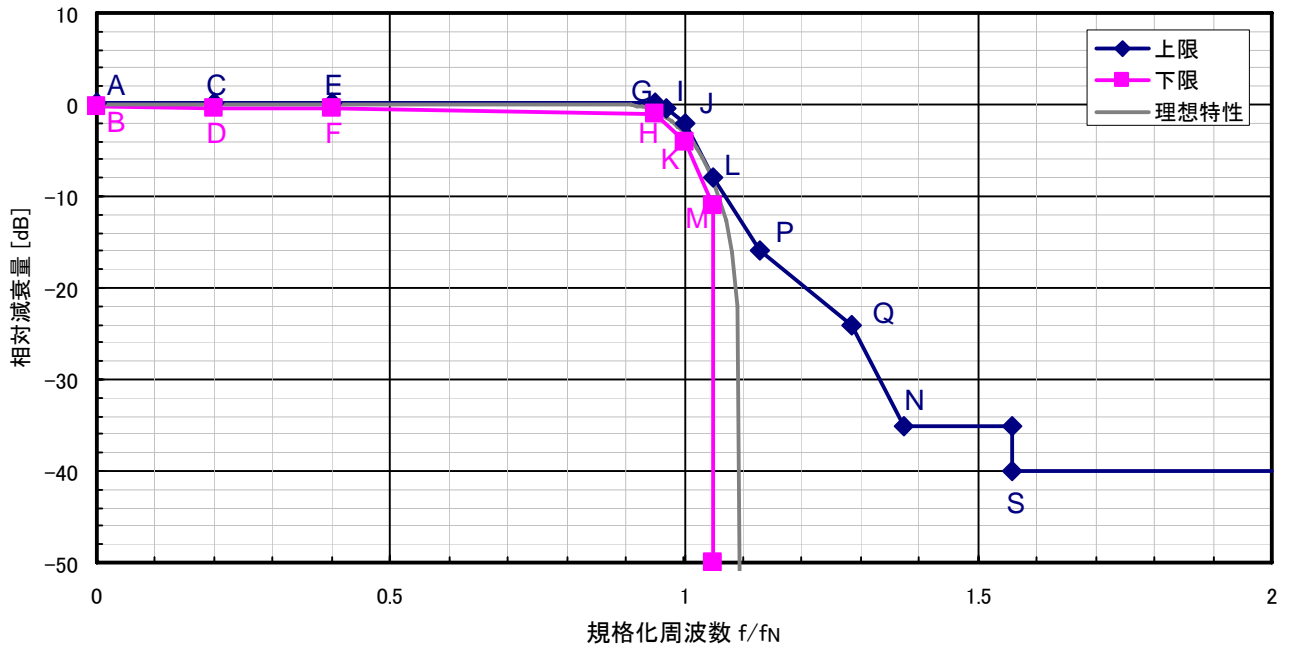


図 2.2-20 変調器出力のスペクトラム相対減衰量許容値

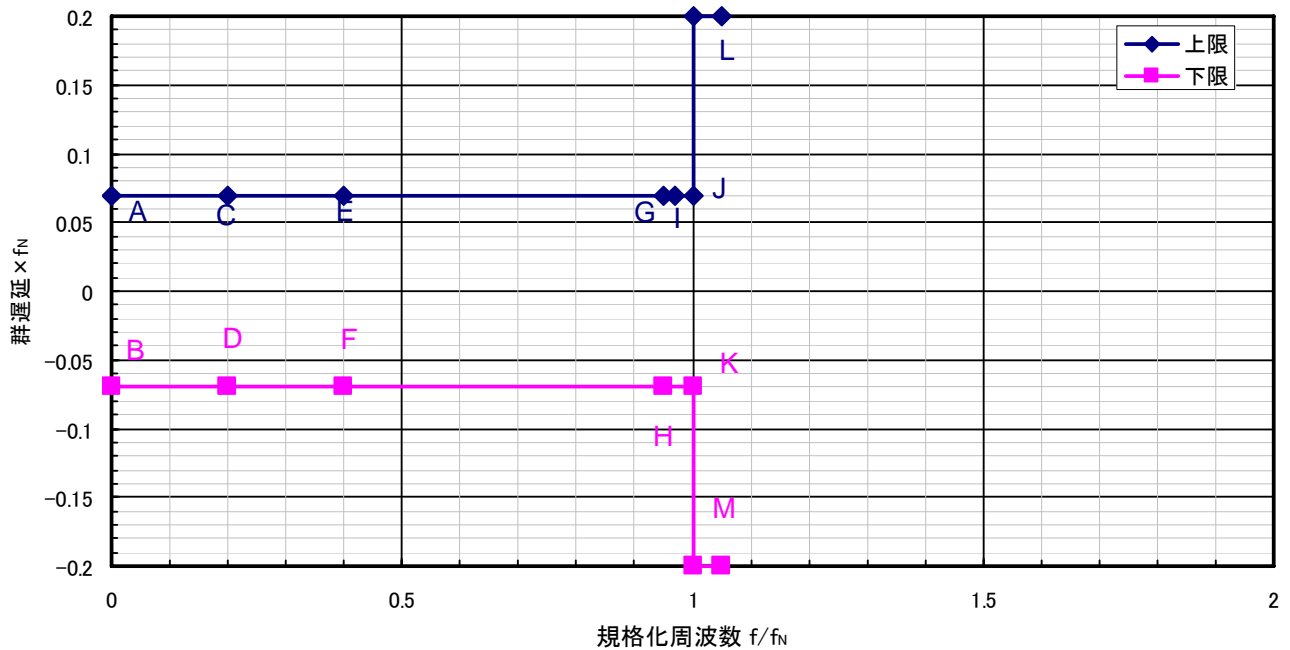


図 2.2-21 変調器出力フィルタの群遅延許容値

表 2.2-13 変調器出力のスペクトラム相対減衰量と出力フィルタ群遅延の許容値 (表も修正)

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

(理由)

ロールオフ率については前小節で述べた理由により決定した。

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

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

### 2.2.13 パイロット信号

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

(理由)

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

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

### 2.2.14 TMCC 信号

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

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

TMCC 信号の制御情報の構成を図 2.2-22 に示す。

変更指示	フレームカウンタ	伝送モード／スロット情報	ストリーム種別／相対ストリーム情報	パケット形式／相対ストリーム情報	ポインタ／スロット情報	ストリーム接続／相対ストリーム情報	相対ストリーム／スロット情報	相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表	送受信制御情報	拡張情報
8ビット	8ビット	192ビット	128ビット	896ビット	3840ビット	512ビット	480ビット	256ビット	8ビット	3094ビット

図 2.2-22 TMCC 信号の制御情報の構成

(理由)

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

伝送モードやストリームの編成に関しては、委託放送事業者の運用により任意のタイミングで変更される可能性があり、また、送受信制御も任意のタイミングで行われるため、受信機においては電源投入時や

チャンネル変更時のみならず、すべてのフレームで伝送されている TMCC 信号を監視することを前提とする。

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

(1) 変更指示

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

(理由)

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

(2) フレームカウンタ

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

(理由)

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

(3) 伝送モード／スロット情報

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

伝送モード／スロット情報の構成を図 2.2-23 に、またフィールドの値を、表 2.2-14～表 2.2-16 に示す。

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

図 2.2-23 伝送モード／スロット情報の構成

表 2.2-14 伝送モードの変調方式

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

表 2.2-15 伝送モードの符号化率

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

表 2.2-16 伝送モードの衛星出力バックオフ

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

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

伝送フレーム内での変調方式、符号化率の順 (信号点数の多い変調方式、同一変調方式内では大きな符号化率の順) に伝送モード 1~8 を割り当てる。また、使用する変調方式が 8 に満たない場合は、残りの変

調方式の値を「1111」、符号化率の値を「1111」、割り当てスロット数を「00000000」、バックオフを「00000000」とする。

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

(理由)

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

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

#### (4) ストリーム種別／相対ストリーム情報

ストリーム種別／相対ストリーム情報は、相対ストリーム／スロット情報（(7)参照）の項目で示す各スロットに割り当てる相対ストリーム番号毎に、パケットストリームの種別を示す。

ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成を図 2.2-24 に、また、ストリーム種別の値を表 2.2-17 に示す。

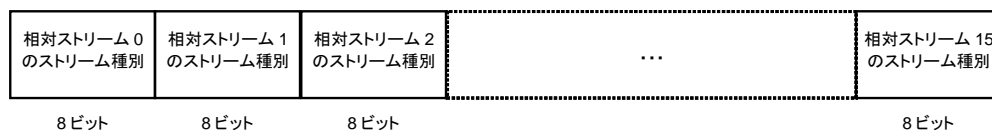


図 2.2-24 ストリーム種別／相対ストリーム情報の構成

表 2.2-17 ストリーム種別

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

(理由)

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

#### (5) パケット形式／相対ストリーム情報

パケット形式／相対ストリーム情報は、相対ストリーム／スロット情報（(7)参照）で各スロットに割り当てる相対ストリーム番号毎に、パケットの形式を示す。パケット形式／相対ストリーム情報の構成を図 2.2-25 に示す。

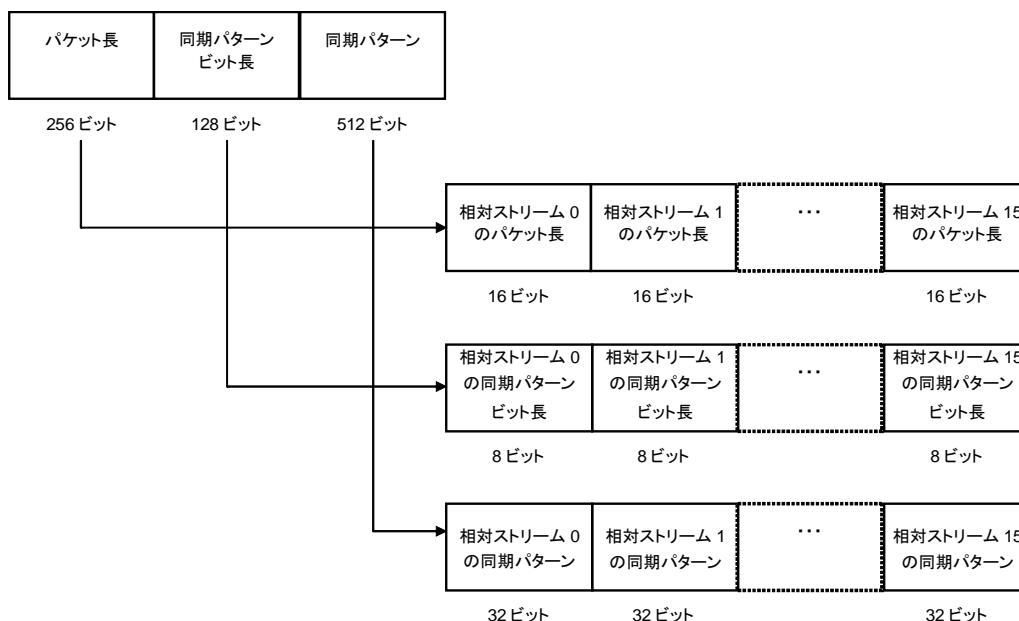


図 2.2-25 パケット形式／相対ストリーム情報の構成

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

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

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

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

(理由)

降雨減衰などにより受信できないパケットが存在した場合、そのパケットをそのままそれ以降の処理に渡してしまうと、不具合が発生する可能性がある。たとえば、同一ストリーム内で複数の伝送モードを併用する階層変調を行う場合、受信不能な階層のパケットの識別子が、ビット誤りにより受信可能な階層のパケットの識別子に化けることがあり、受信可能な階層の受信に障害を与えることになる。これを避けるために、受信できなかったパケットについてはパケットの無効化を行う。パケットの無効化をヌルパケットへの置換により行う場合、送信側で置換すべきパケット形式を指定できるよう、相対ストリームごとに、パケット長および同期パターンについての情報を指定できるようにした。これにより、受信側で受信不能パケットが発生した場合に、データ部分のヌル化に加え、パケット先頭部分に同期符号やヘッダ情報を上書きして出力するなどの処理が可能となり、より柔軟なパケット無効化処理が可能となる。

#### (5) ポインタ／スロット情報

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

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

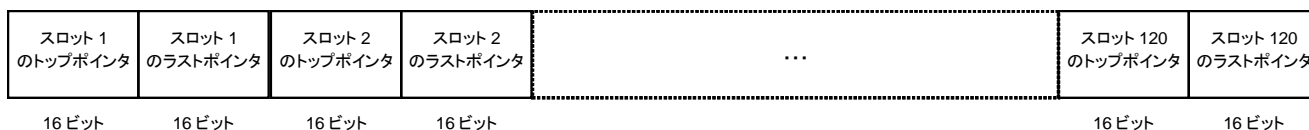


図 2.2-26 ポインタ／スロット情報の構成

(理由)

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

#### (6) ストリーム接続／相対ストリーム情報

ストリーム接続／相対ストリーム情報は、バルク伝送を行う際の相対ストリーム番号0から15についてのストリームの接続情報である。ストリーム接続／相対ストリーム情報の構成を図 2.2-27 に示す。

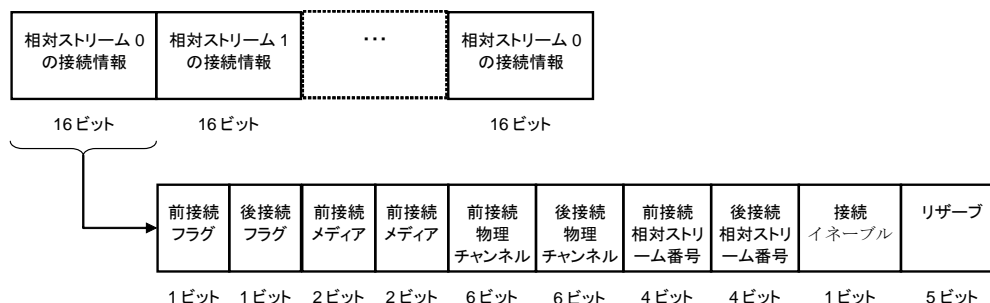


図 2.2-27 ストリーム接続／相対ストリーム情報の構成

各相対ストリームについて、以下の情報を伝送する。

- ア 前接続フラグ：当該相対ストリームの前に接続して受信すべきストリームが存在する場合1、それ以外は0とする。
- イ 後接続フラグ：当該相対ストリームの後に接続して受信すべきストリームが存在する場合1、それ以外は0とする。
- ウ 前接続メディア：前接続フラグが1である場合に、接続先のメディアの種別を示す。接続メディア種別の値を表 2.2-18 に示す。
- エ 後接続メディア：後接続フラグが1である場合に、接続先のメディアの種別を示す。接続メディア種別の値を表 2.2-18 に示す。



表 2.2-18 接続メディア種別

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

- オ 前接続物理チャンネル：前接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの物理チャンネルを示す。接続物理チャンネルの値を表 2.2-19 に示す。
- カ 後接続物理チャンネル：後接続フラグが 1 である場合に、接続先のメディアの物理チャンネルを示す。接続物理チャンネルの値を表 2.2-19 に示す。

表 2.2-19 接続物理チャンネル

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

- キ 前接続相対ストリーム：前接続フラグが 1 である場合に、接続先の物理チャンネルの相対ストリーム番号を示す。
- ク 後接続相対ストリーム：後接続フラグが 1 である場合に、接続先の物理チャンネルの相対ストリーム番号を示す。
- ケ 接続イネーブル：前接続フラグまたは後接続フラグが 1 になった後、実際にバルク伝送が開始されるタイミングを示す。接続イネーブルが 0 から 1 に変わった 2 フレーム後からバルク伝送が開始される。また、1 から 0 に変わった 2 フレーム後からバルク伝送が解除される。

(理由)

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

#### (7) 相対ストリーム／スロット情報

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

一つの変調波内では最大16のストリームを伝送可能とし、4ビットで相対ストリーム番号を示す。また、ダミースロットにも同じ番号を割り当てる。図2.2-28に相対ストリーム／スロット情報の構成を示す。

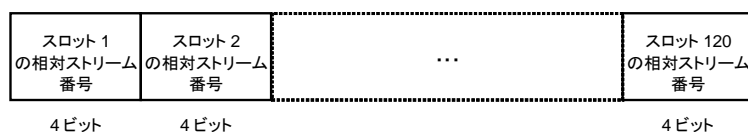


図 2.2-28 相対ストリーム／スロット情報の構成

(理由)

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

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

#### (8) 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表

相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表は、相対ストリーム／スロット情報で使われる相対ストリーム番号と、MPEG-2 TSの場合にはMPEG-2 SystemsのTS\_ID、TLV形式の場合にはTLVストリームIDとの対応関係を示す。TS\_IDおよびTLVストリームIDをまとめて伝送ストリームIDと呼ぶ。相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表の構成を図2.2-29に示す。

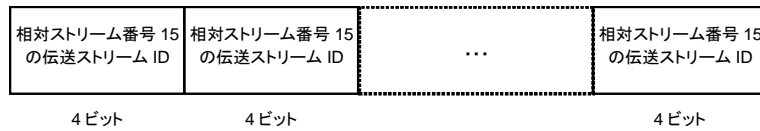


図 2.2-29 相対ストリーム／伝送ストリーム番号対応表の構成

(理由)

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

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

(9) 送受信制御情報

送受信制御情報は、緊急警報放送における受信機起動制御のための信号や、アップリンク局切り替えのための制御信号を伝送する。送受信制御情報の構成を図 2.2-30 に示す。

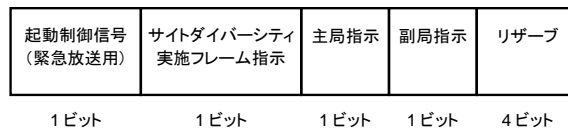


図 2.2-30 送受信制御情報の構成

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

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

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

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

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

(理由)

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

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

(10) 拡張情報

拡張情報は、将来の TMCC 信号拡張のために使用するフィールドである。TMCC 信号拡張の際には、拡張フラグを「1」とし、その後ろに続くフィールドが有効であることを示す。拡張情報の構成を図 2.2-31 に示す。拡張フラグが「0」の場合には、拡張フィールドは「1」でスタッフィングする。



図 2.2-31 拡張情報の構成

(理由)

将来の拡張用として、十分な要領を確保した。

# 付 録

付録 (LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル)

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

付表 1 符号化率1/3の符号テーブル

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

付表 2 符号化率2/5の符号テーブル

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

付表 3 符号化率1/2の符号テーブル

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



付表 3 符号化率1/2の符号テーブル (つづき)

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

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル

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

付表 4 符号化率3/5の符号テーブル (つづき)

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

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル

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

付表 5 符号化率2/3の符号テーブル (つづき)

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

付表 6 符号化率3/4の符号テーブル

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

付表 6 符号化率3/4の符号テーブル (つづき)

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

付表 7 符号化率4/5の符号テーブル

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



付表 7 符号化率4/5の符号テーブル (つづき)

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

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル

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

付表 8 符号化率5/6の符号テーブル (つづき)

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

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル

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

付表 9 符号化率7/8の符号テーブル (つづき)

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

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル

220	484	3688	3808
880	1335	2704	4106
544	556	2092	2416
1504	1660	2152	
1336	3700	3891	
1564	2320	4024	
1168	2644	4060	
1958	2056	3712	
938	2992	3004	
3100	3459	4047	
1045	1576	3050	
278	1826	2235	
1000	1984	3255	
1178	3662	3724	
172	2907	3532	
160	2380	3064	
628	1116	1790	
579	2212	3328	
302	435	1264	
1479	1792	3796	
1300	3591	3901	
820	1143	3856	
724	1093	2968	
1106	3099	3604	
255	2164	2656	
951	1684	3472	
592	2027	2308	
2473	2487	3887	
1024	1288	2269	
736	1851	3172	
1166	2436	2547	
374	1312	2848	
854	1924	3304	
456	1108	1372	
950	2091	2799	
915	1708	1970	
304	1059	3804	
292	2030	2620	
841	1240	1827	
1492	2376	3160	
546	976	1813	
2127	2786	3972	
604	2871	3652	
471	2822	3040	
290	640	3544	
2282	2824	3784	
1204	3500	4055	
699	1743	3364	
527	1599	2978	
1250	3748	4074	
316	373	2692	
3220	3324	3490	
925	3431	3736	
1934	2007	3904	
734	1971	2584	
2055	3279	3964	
1551	1672	4108	
1596	2488	2560	

付表 10 符号化率9/10の符号テーブル (つづき)

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

### 3. 回線設計例

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

表1 回線計算の前提条件

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



注)

1. アップリンクの C/N については、降雨減衰を見込んだ場合の値として 24dB とした。  
平成 2 年度電通技審答申 諮問 4 4 号より引用。
2. OBO の定義は、図 1 に示すように、OMUX 出力における、無変調信号の飽和点出力に対する、変調信号の動作点出力の差分値とした。

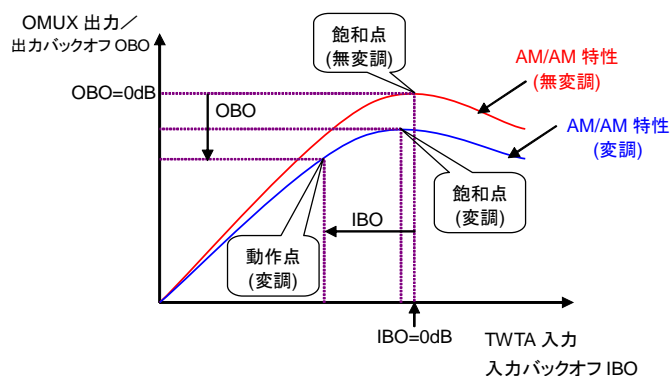


図 1 出力バックオフの定義

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

計算には以下の条件を用いた。

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

(5) 交差偏波識別度 (勧告 ITU-R BO.1213)

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

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

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

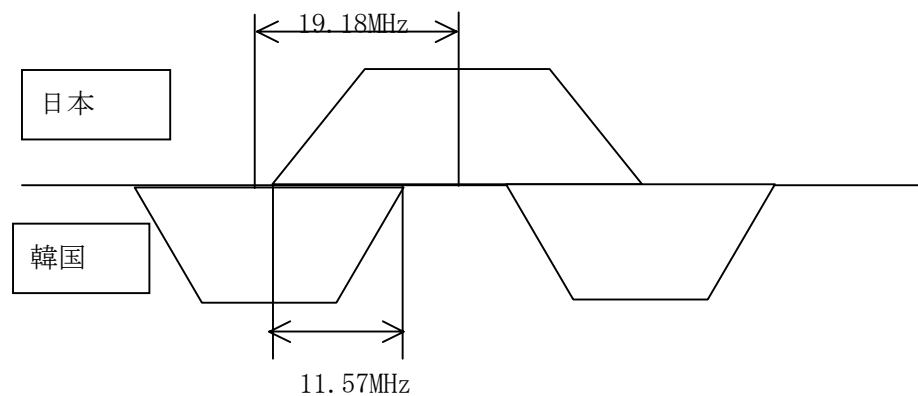


図2 チャンネル配置

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

表2 受信点の降雨減衰量

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

表 3 受信アンテナ開口径と最悪月サービス時間率との関係

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

表中の灰色の部分は、最悪月サービス時間率が 99.5%以上(勧告 ITU-R BO.1696)であることを示す。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

## 参 考 资 料

# 目 次

- 参考資料 1-1 スロットの割り当て規則
- 参考資料 1-2 PCR の管理
- 参考資料 1-3 PCR 付け替え方法の例
- 参考資料 1-4 シンボルレートと帯域幅の関係
- 参考資料 1-5 信号点配置
- 参考資料 1-6 TMCC 符号化方式の伝送性能
- 参考資料 1-7 TMCC 信号のストリーム制御機能
- 参考資料 1-8 パイロット信号による受信特性の改善
- 参考資料 1-9 TMCC 信号によるバルク伝送機能
- 参考資料 1-10 バルク伝送の運用イメージと今後の課題
- 参考資料 1-11 32APSK を小型受信アンテナで受信する場合のサービス時間率  
向  
上について
- 参考資料 1-12 略語・用語集

スロットの割り当て規則

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

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

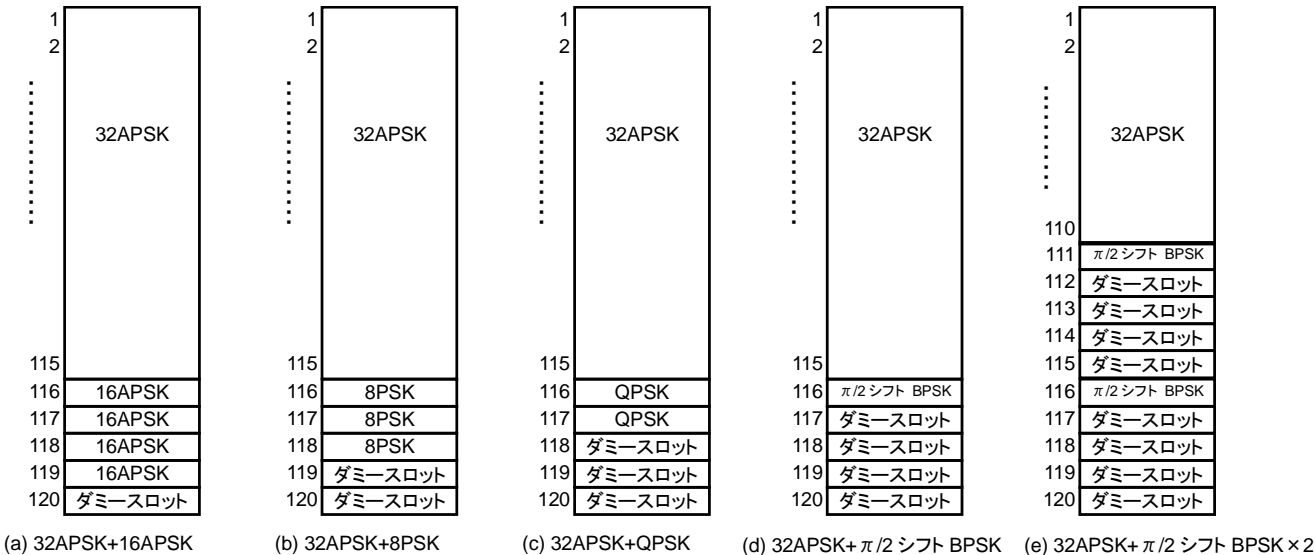


図 1 スロット割り当ての例

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

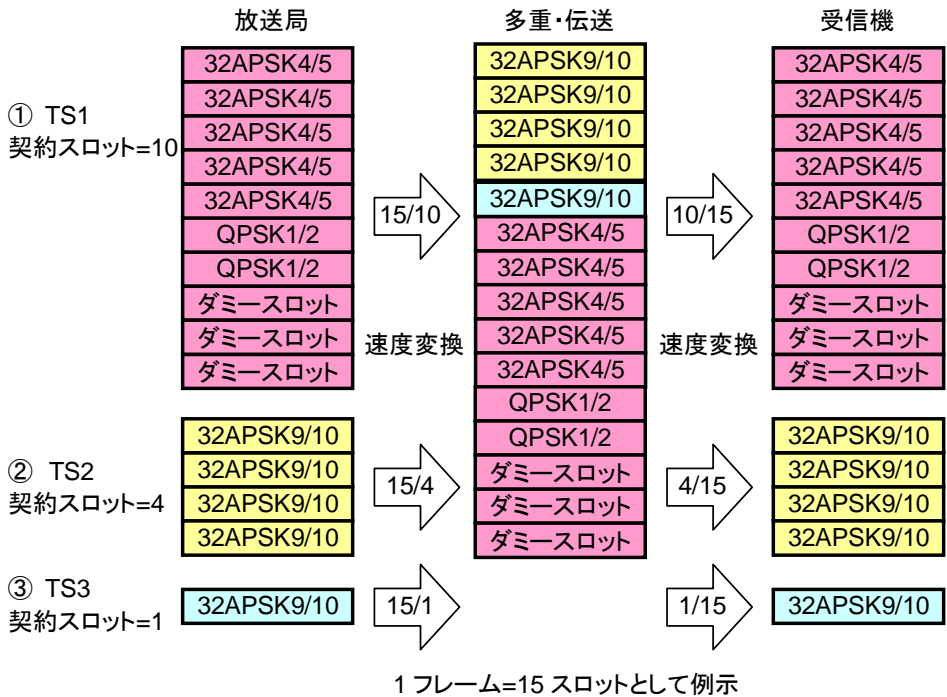


図 2 複数 TS 合成の例

## PCR の管理

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

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

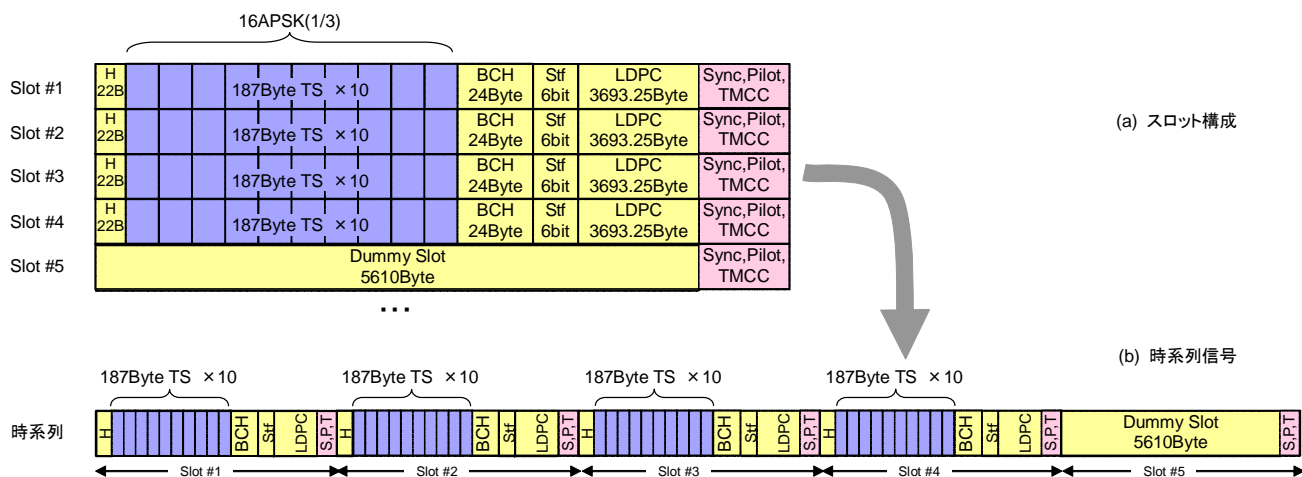


図 1 受信機で再生されるストリームの例



## PCR の付け替え方法の例

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

表 1 各符号化率のスロット構成

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

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

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

※3 (a)×(b)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

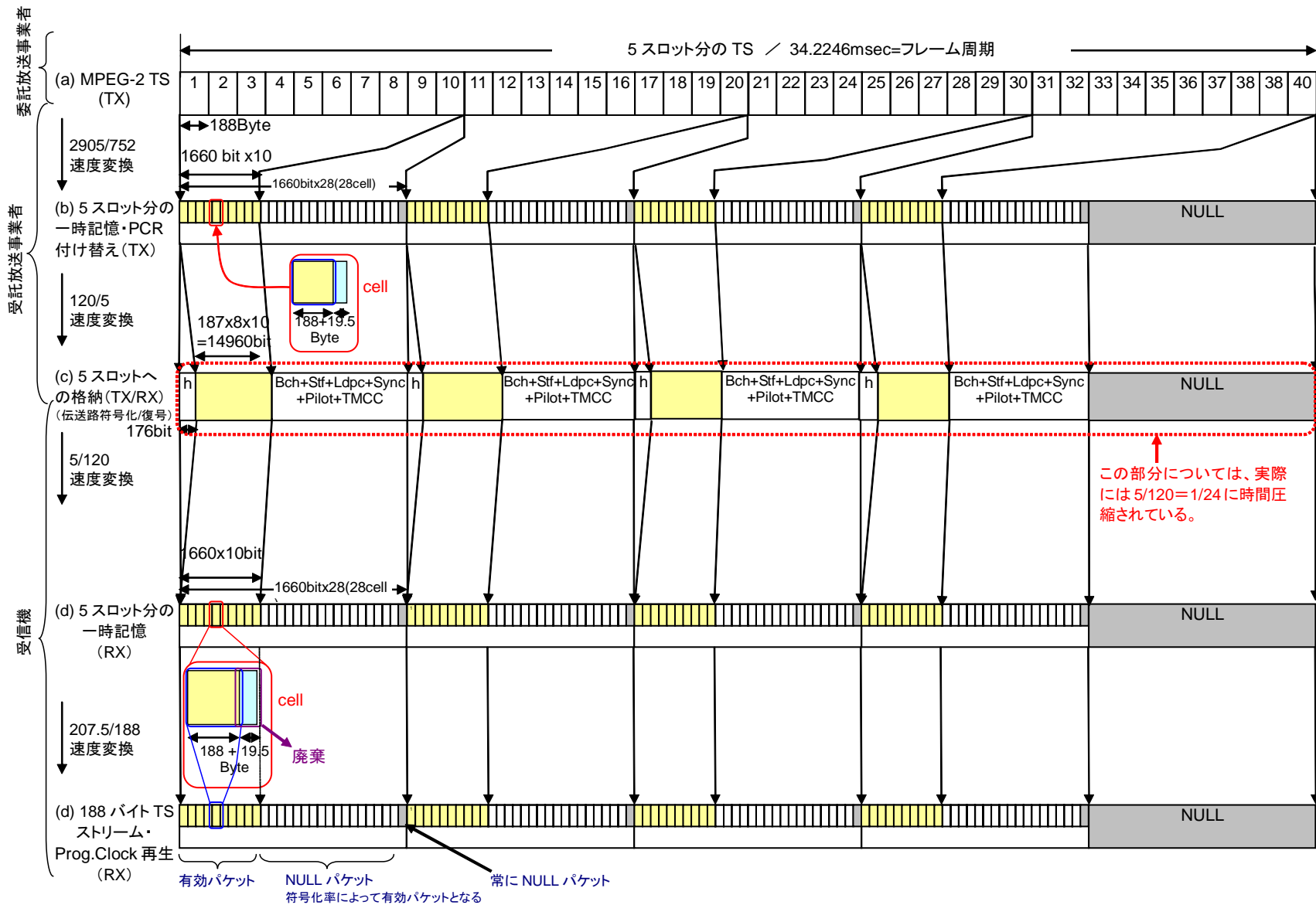


図 1 PCR 付け替えの例

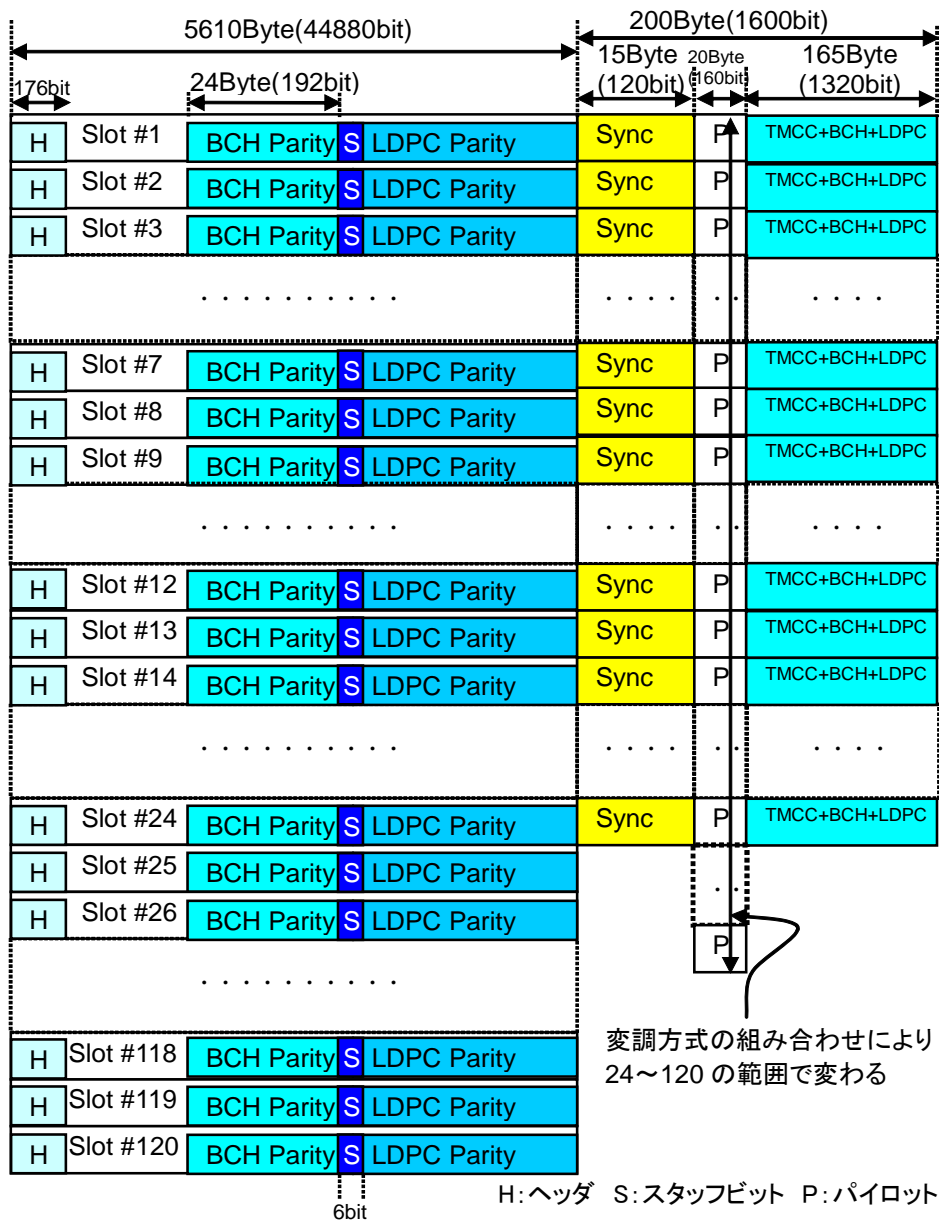


図2 フレーム構成

## シンボルレートと帯域幅の関係

### 1. シミュレーション系統図

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

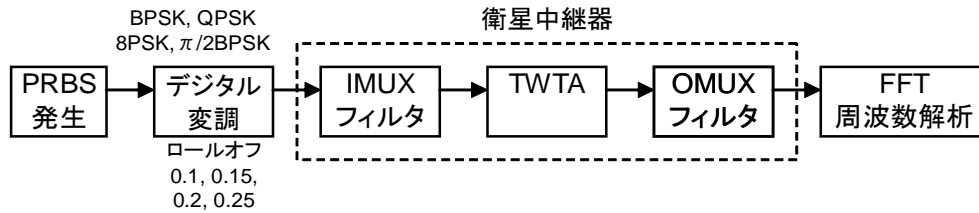


図 1 シミュレーション系統図

### 2. 各変調方式のシンボルレートと帯域幅

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

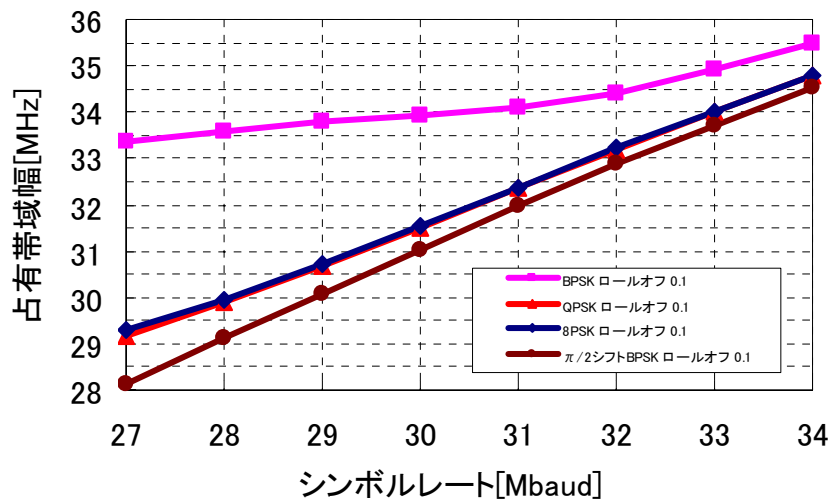


図 2 シミュレーション結果

表 1 シミュレーション結果

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

### 3. シミュレーション結果とシンボルレート候補値

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

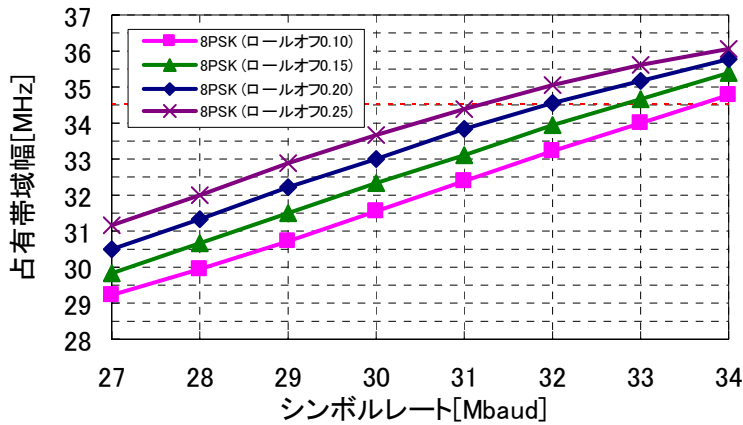
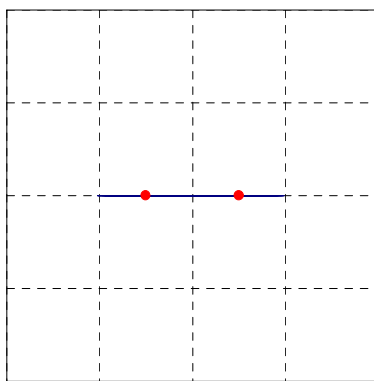


表 2 ロールオフ率と最大シンボルレートの関係

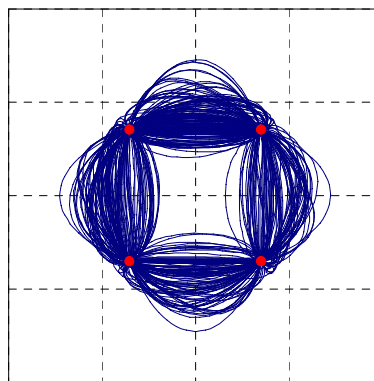
ロールオフ率	最大シンボルレート [MBaud]
0.1	33.6
0.15	32.7
0.2	31.9
0.25	31.1

図 3 シミュレーション結果

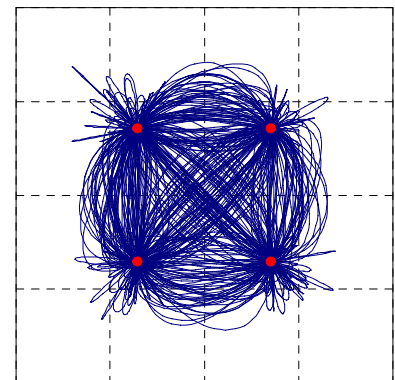
参考. 各変調方式の信号点の軌跡(理想伝送路)



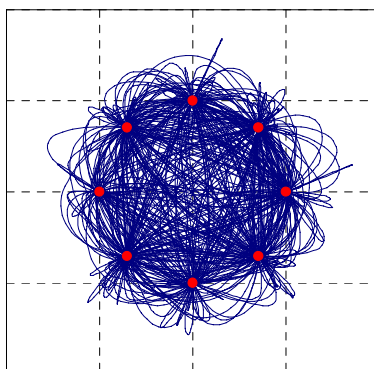
(a) BPSK



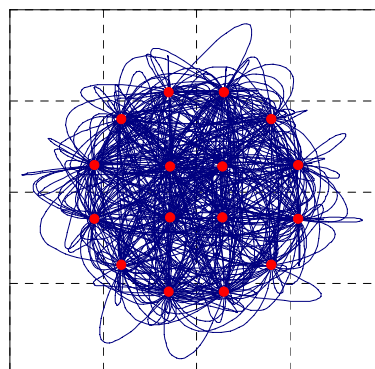
(b)  $\pi/2$  シフト BPSK



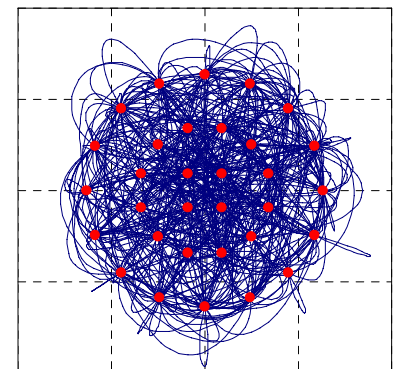
(c) QPSK



(d) 8PSK



(e) 16APSK



(a) 32APSK

## 信号点配置

### 1. BPSK 変調の信号点配置の変更について

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

### 2. APSK 信号点配置の半径比の決定について

APSK の信号点配置は、提案する LDPC 符号を適用したときにおいて最適な特性となるよう設計した\*。16APSK および 32APSK の信号点配置を図 1・表 1 および図 2・表 2 に示す。

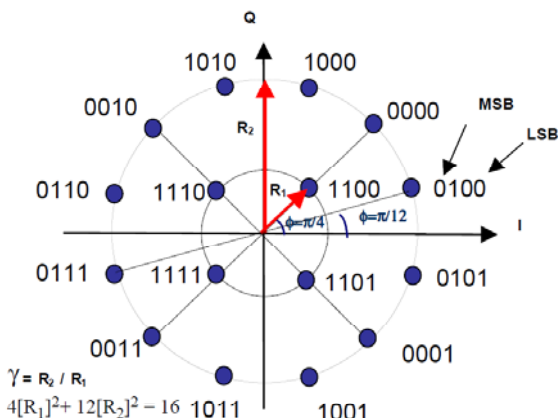


図 1 16APSK の信号点配置

表 1 16APSK の半径比

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

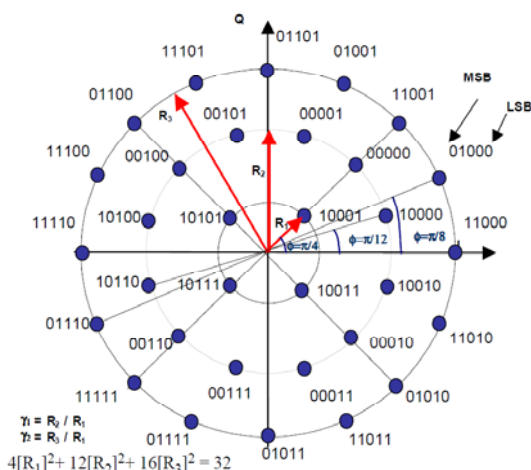


図 2 32APSK の信号点配置

表 2 32APSK の半径比

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

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

TMCC 用誤り訂正方式の伝送性能

高度衛星デジタル放送方式におけるTMCC信号の誤り訂正符号としては、内符号については、主信号用LDPC(1/2)を短縮化して利用する(図1参照)。LDPC符号のデータとして、NULLデータ(1870ビット、オールゼロ)、TMCCデータ(9422ビット)、BCHパリティ(192ビット)、およびNULLデータ(11330ビット、オールゼロ)に対し、符号化率1/2のLDPCパリティ(22066ビット)を付加し、NULLデータを削除したものをTMCCシンボルとして伝送する。受信側では、NULLデータ部分については理想的に0が伝送された場合のシンボルを挿入した後、符号化率1/2のLDPC符号復号を行う。

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

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

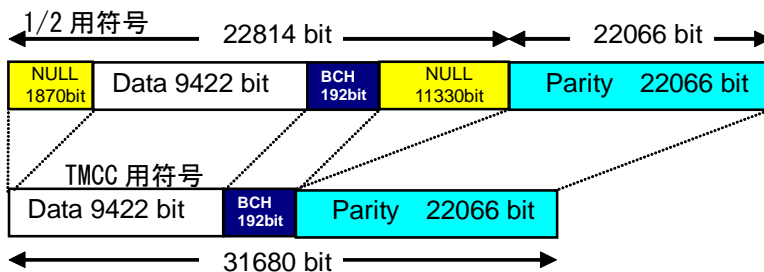


図1: TMCC 符号化方式

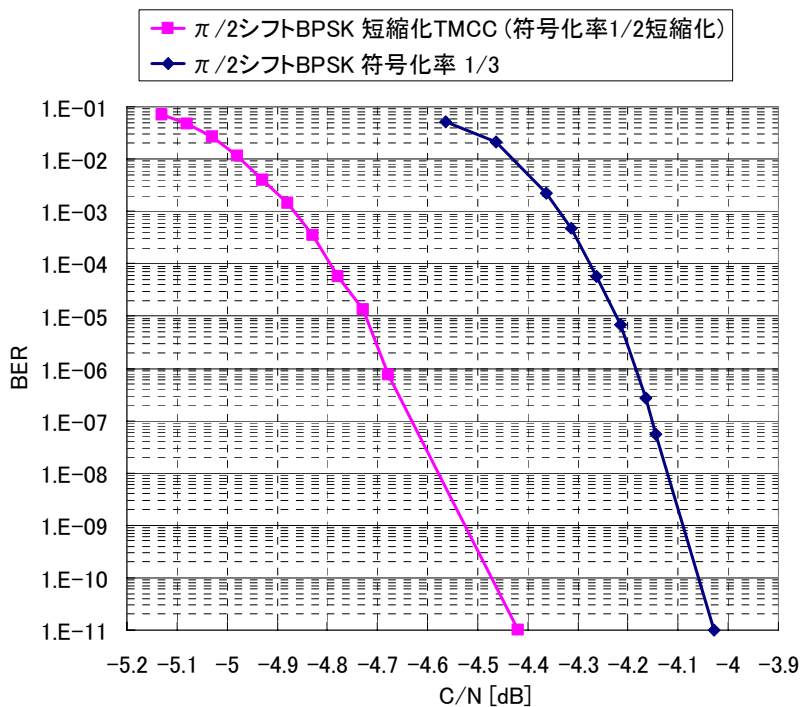


図2: TMCC 符号化方式 C/N 対ビット誤り率特性



## TMCC 信号によるストリーム制御機能

### 1 ストリーム制御の必要性

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

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

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

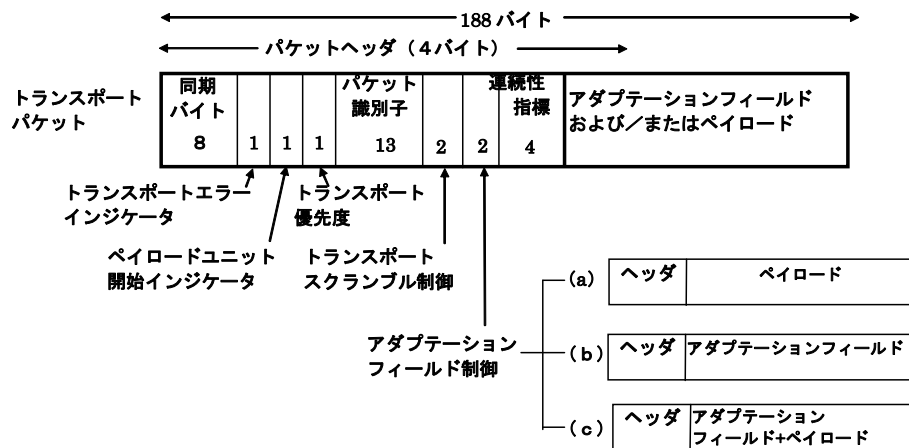


図 1 MPEG-2 TS の構造

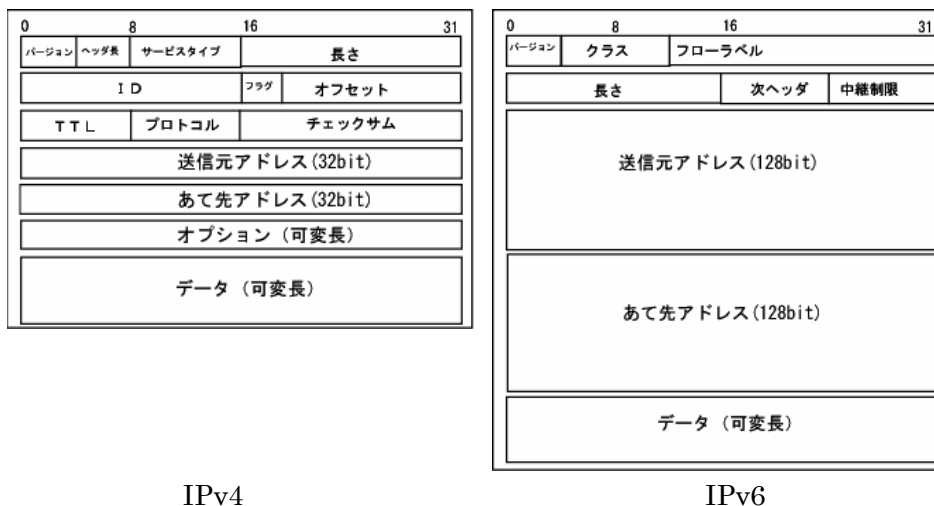


図 2 IP パケットの構造

## 2 TMCC 信号のストリーム制御関連情報

TMCC 信号のストリーム制御関連情報を表 1 にまとめる。

表 1 TMCC 信号のストリーム制御関連情報

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

### (1) 複数ストリーム伝送

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

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

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

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

### (2) パケット同期

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

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

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

### (3) パケットの無効化

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

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

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

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

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

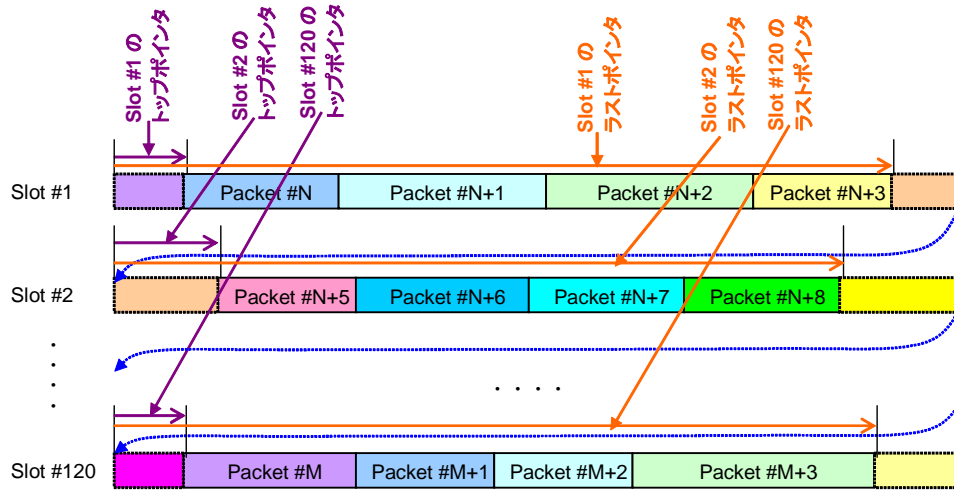


図3 トップポインタとラストポインタ

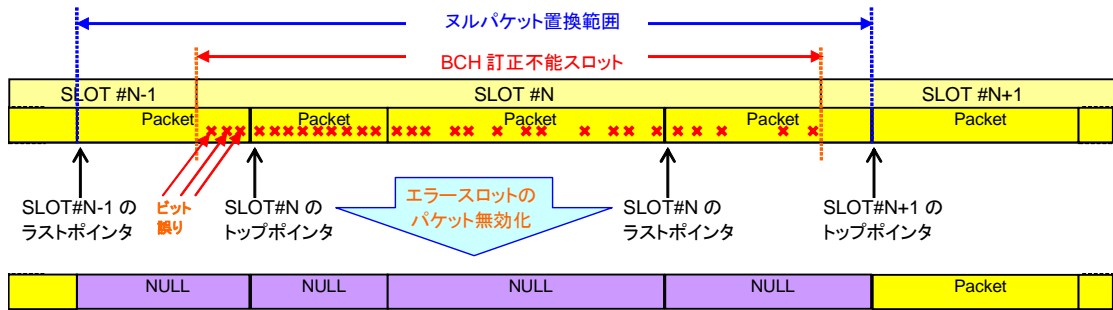


図4 受信機におけるマルチパケット置換

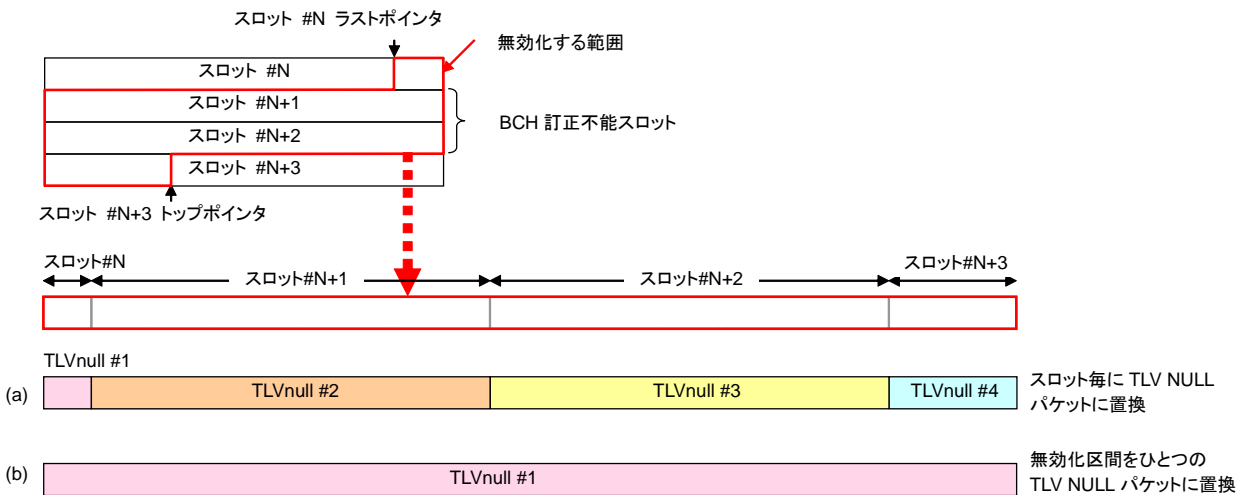


図5 無効化区間の TLV NULL パケットへの置換

## パイロット信号による受信特性の改善

### 1. 想定される受信機の同期確立プロセスの概要

想定される受信機の初期同期の動作フローを図1に示す。

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

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

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

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

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

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

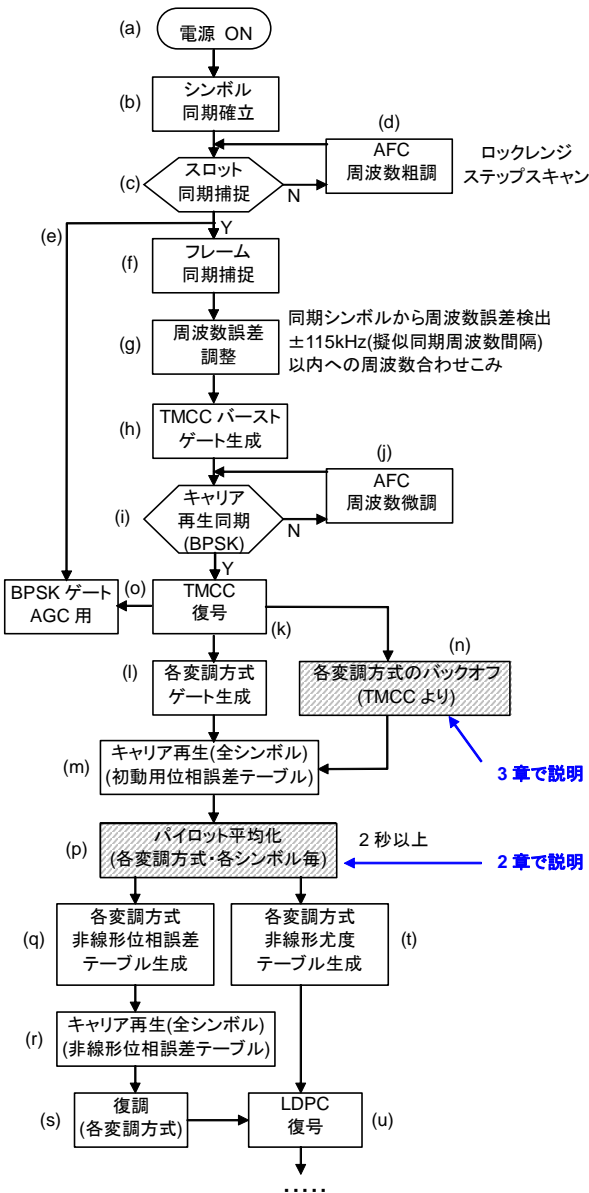


図1 想定する受信フロー

ことができる。

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

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

## 2. パイロット信号

### 2.1 パイロット信号の機能

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

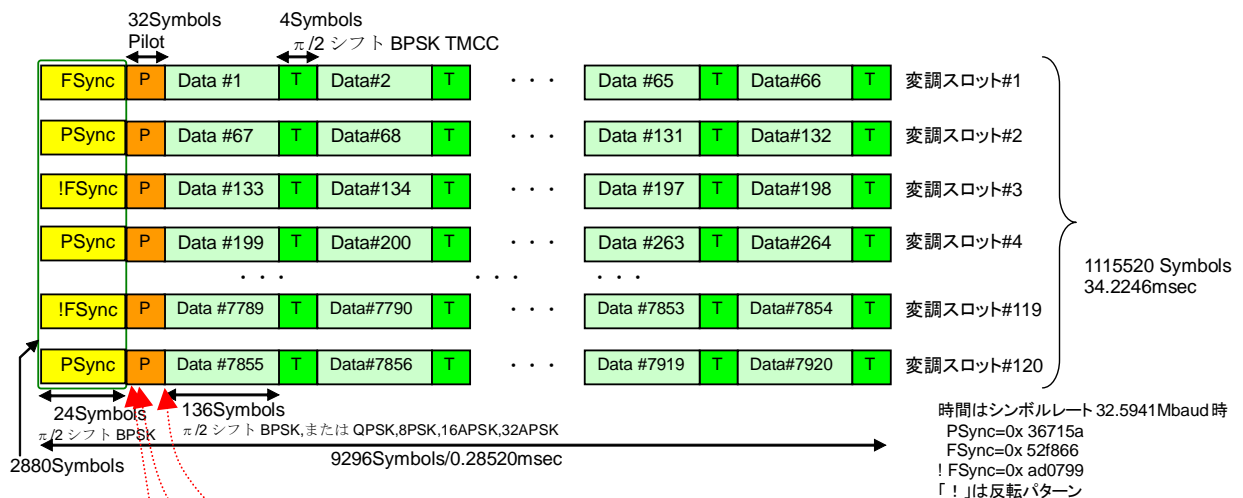


図2 変調信号形式

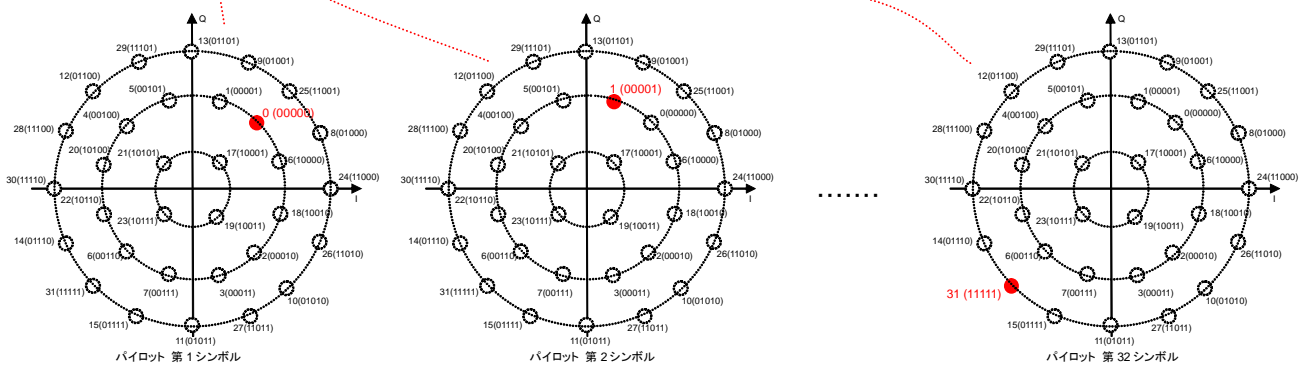
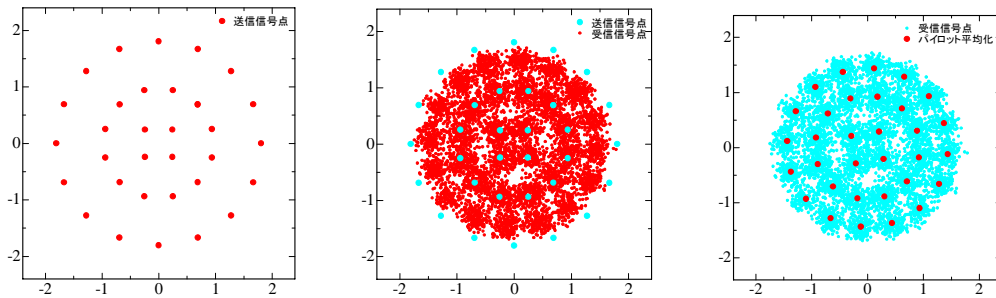


図3 パイロットシンボルの例(32APSK)



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

図4 パイロット平均化による非線形通過後の信号点配置の取得

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

## 2.2 尤度テーブルおよび位相誤差テーブルへの応用

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

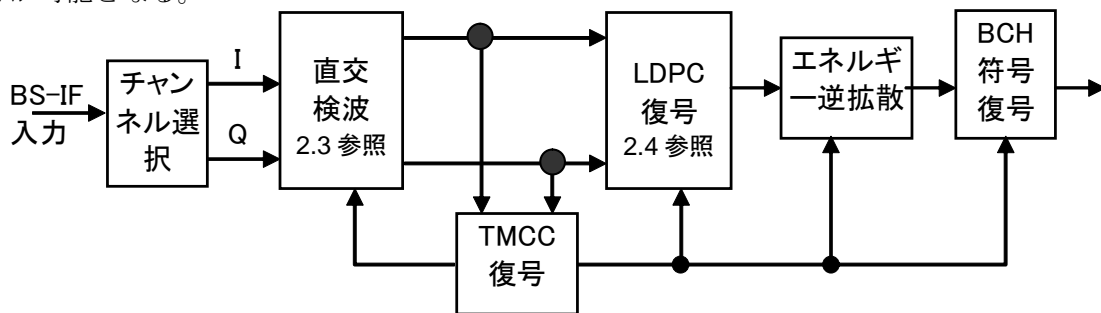


図5 受信機の構成

## 2.3 キャリア再生用位相誤差テーブル

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

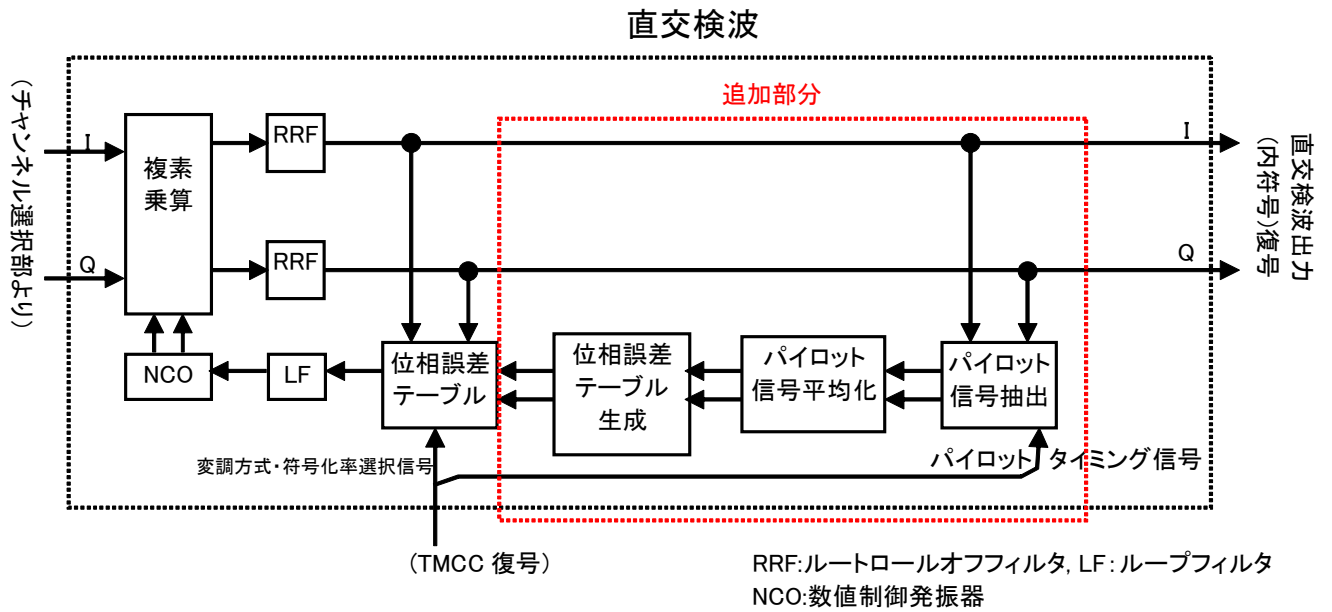


図6 パイロットによる補償を行う場合の直交検波の構成例

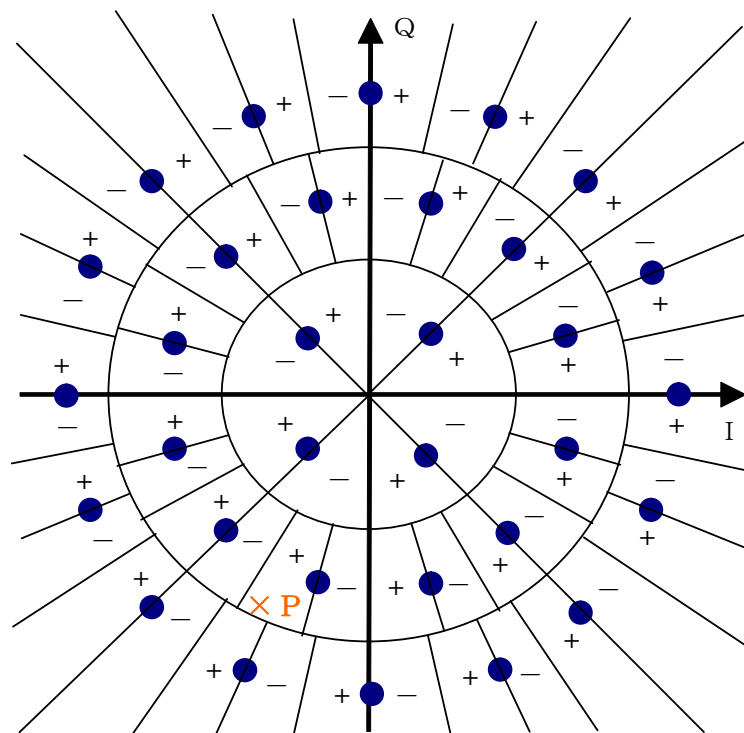


図7 位相誤差テーブルの例(32APSK)

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



## 2.4 LDPC 復号用尤度テーブル

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

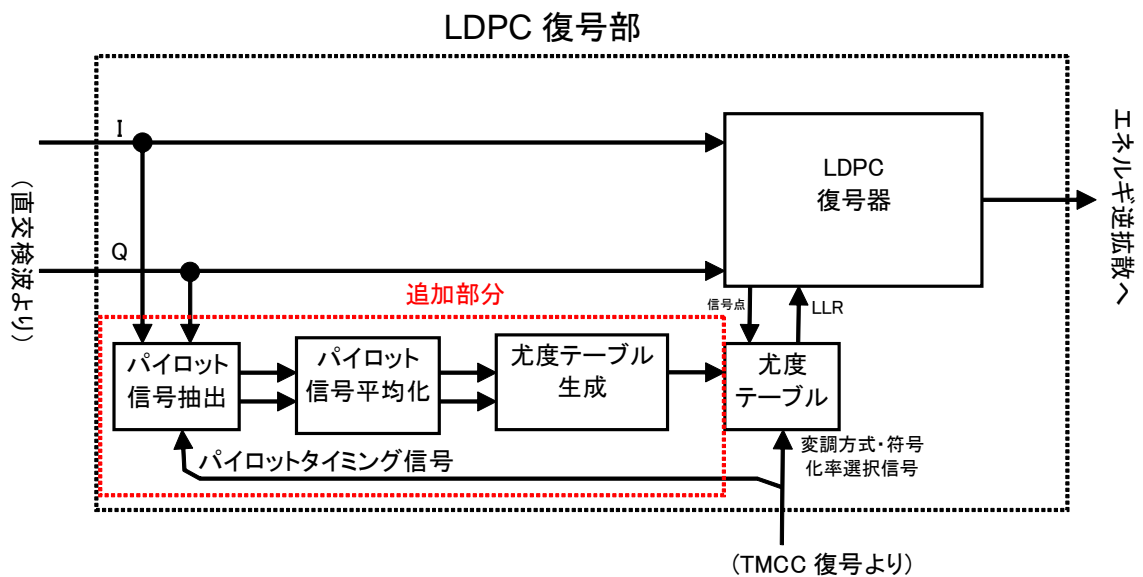


図8 パイロットによる補償を行う場合のLDPC復号の構成

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

## 2.5 パイロットの所要平均時間

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

## 3 TMCC信号における衛星中継器のバックオフ情報

### 3.1 TMCC信号

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

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

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

表 7 TMCC 信号のスロット/変調方式情報

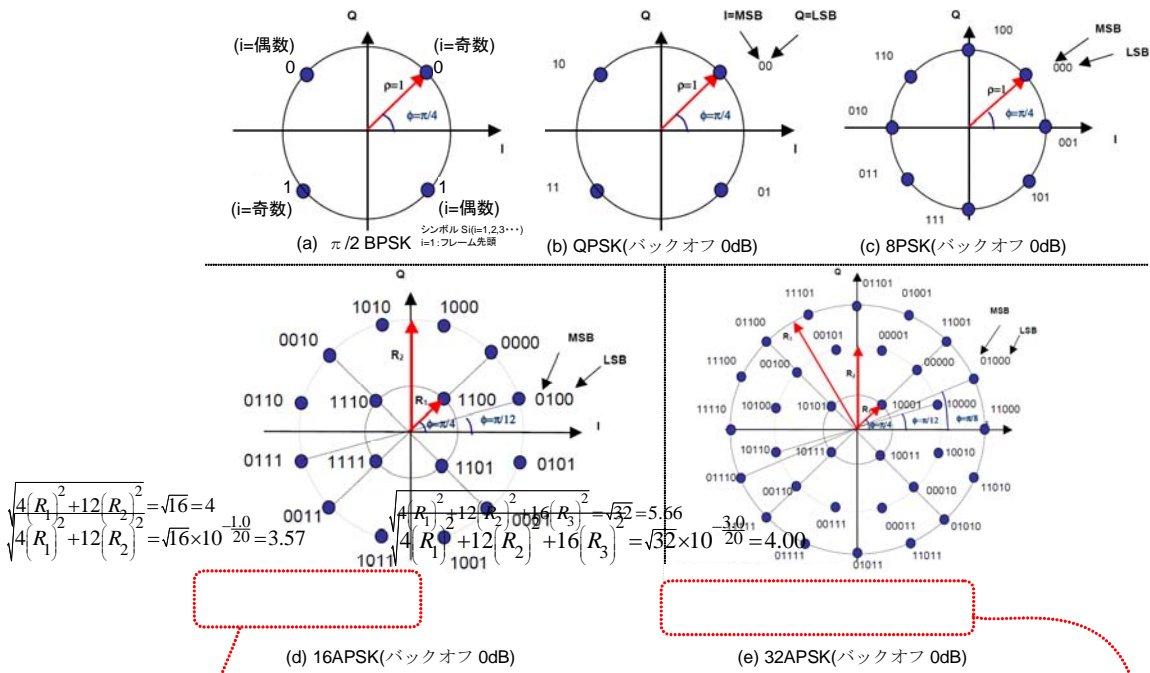
名称	bit	内訳	bit	備考
伝送モード/ スロット 情報	192	伝送モード 1 (変調)	4	変調方式5種類 0000 : reserved      0001: $\pi/2$ シフトBPSK 0010:QPSK            0011:8PSK 0100:16APSK        0101:32APSK 0110-1110:reserved 1111:割当なし 内符号11種類 0000: reserved 0001: 1/3   0010: 2/5   0011: 1/2 0100: 3/5   0101: 2/3   0110: 3/4 0111: 4/5   1000: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

表 8 スロット割り当て規則

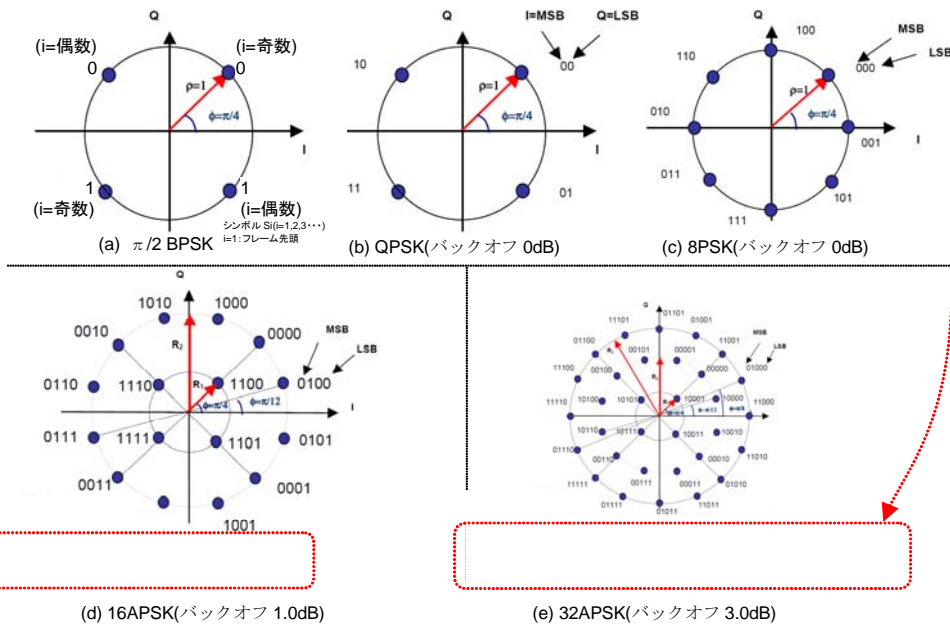
変調	周波数 効率 [bps/Hz]	規格化 効率	割当単位 [slot]	データ	ダミー
				[slot]	[slot]
32APSK	5	1	5	5	0
16APSK	4	4/5	5	4	1
8PSK	3	3/5	5	3	2
QPSK	2	2/5	5	2	3
$\pi/2$ シフト BPSK	1	1/5	5	1	4

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

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



位相誤差テーブル・尤度テーブルの基準信号点  
(TMCC 受信前)



位相誤差テーブル・尤度テーブルの基準信号点

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

## TMCC 信号によるバルク伝送機能

### 1. バルク伝送

ISDB-S 方式を使った現行の BS デジタル放送では最悪月時間率 99.7% で 52.17Mbps の伝送容量を確保している。ロールオフ率の低減や LDPC 符号などの最新の技術を使った場合でも、現在の衛星 EIRP や帯域幅の条件下で、同様のサービス時間率を確保した場合の伝送容量は概ね 70Mbps が限度である。

高度衛星デジタル放送の伝送方式においては、サービス時間率を確保しつつ大容量のデータを伝送するため、バルク(bulk)伝送技術を導入している。バルク伝送は、複数の伝送路を合成してひとつの伝送路として使い、大容量データの伝送を行う技術である。一例として、ISDN の転送容量 64kbps のチャンネルを 2 つ同時に使用して、128kbps でのデータ転送を行なうサービスなどが知られている。

### 2. 高度衛星デジタル放送におけるバルク伝送

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

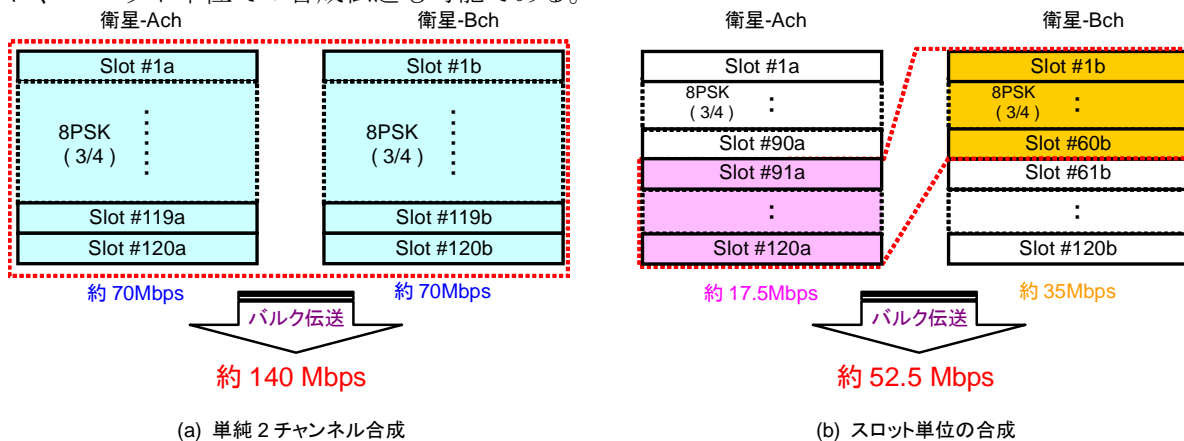


図 1 高度衛星デジタル放送のバルク伝送

### 3. TMCC 信号のバルク伝送関連情報

TMCC 信号のバルク伝送関連情報を表 1 にまとめる。

表 1 TMCC 信号のバルク伝送関連情報

名称	bit	内訳	bit	備考
フレームカウンタ	8		8	1フレームごとにインクリメント
他チャンネル Stream 接続情報	512	相対ストリーム0の他 c h 接続情報	32	接続フラグ(2bit) 前接: 有(1)/無(0), 後接: 有(1)/無(0)
		.....	...	接続メディア 前接(2bit): BS(0),110CS(1),..... 後接(2bit): BS(0),110CS(1),.....
		相対ストリーム15の他 c h 接続情報	32	前接続物理ch番号(6bit): 後接続物理ch番号(6bit): 前接続相対Stream番号(4bit): 後接続相対Stream番号(4bit): 接続イネーブル(1bit): reserved (5bit):

### (1) フレームカウンタ

フレームカウンタは1フレームごとにインクリメントするカウンターであり、バルク伝送を行う際のチャンネル間同期をとるために利用する。

バルク伝送を行う場合、利用するチャンネル間で送信機の

- ・動作クロックが同期している
- ・フレームカウンタの値が一致している

という条件が必要がある。

フレームカウンタの値を強制的に同じ値にセットすることは容易であるが、チャンネル間でフレームのタイミングは、電源投入のタイミングなどでもずれるため、チャンネル間では±1 フレーム未満の時間ずれが生じ得ることになる。

受信機側では、フレーム同期とフレームカウンタの値が合致するように、フレームタイミングが進んでいる方のチャンネルに遅延素子を入れてタイミングを合わせることで、チャンネル間の同期をとることが可能となる。

### (2) 他チャンネル Stream 接続情報

他チャンネル Stream 接続情報は、バルク伝送に使われるストリームが組み合わせられる相手チャンネルの情報が含まれている。高度衛星デジタル放送では1チャンネルあたり16ストリームまで伝送可能であるが、それぞれのストリームについて、構成スロット群の前・後に接続されるストリームの有・無、接続先のメディア(BS、広帯域CS、その他)、接続先のチャンネル番号(BS:1~23ch、広帯域CS:ND1~ND24ch)、接続先の相対ストリーム番号に加え、バルク伝送を開始するタイミング信号として、接続イネーブルも伝送される。

### (3) 受信機の動作

受信機は、受信中のストリームの接続フラグを常時監視し、フラグが立ったとき、その接続メディアおよび接続チャンネル番号を確認し、対応するバルク伝送受信用チューナーを起動する。バルク伝送用チャンネルが受信状態に入ったら、接続元のチャンネルとタイミングが一致するように、フレーム同期およびフレームカウンタを参照してチャンネル間の遅延量を調整し、バルク伝送接続先のストリーム受信を開始する。接続イネーブルがアサートされたら、そのTMCC信号が伝送されたフレームの2フレーム後にバルク伝送を開始する。また、接続イネーブルがネゲートされたら、そのTMCC信号が伝送されたフレームの2フレーム後にバルク伝送を終了、バルク伝送接続先のチューナーの電源をOFFにする。

## バルク伝送の運用イメージと今後の課題

高度衛星デジタル放送の伝送路符号化方式においては、1 中継器の伝送容量を超えるコンテンツの伝送や複数の中継器間にわたる柔軟な伝送スロットの割り当てが可能なバルク伝送の機能を規定している。本資料では、バルク伝送による放送の運用イメージと今後の課題を示す。

### 1. バルク伝送の運用イメージ

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

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

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

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

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

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

図 1 番組編成イメージ例

### 2. 今後の課題

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

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

今後、バルク伝送を運用するための要求条件を整理し、標準規格および運用規定策定時において運用形態も含めた議論を行う必要がある。

## APSK を小型受信アンテナで受信する場合の サービス時間率向上について

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

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

### (1) 衛星搭載中継器の定格出力の増大

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

### (2) サービスエリア内の衛星 e.i.r.p.の均一化

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

### (3) アップリンクの高 C/N 化

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

## 略語・用語集

本報告書で使用される略語の綴りと意味を示す。

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

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