

# デジタル有線テレビジョン放送

## 「ケーブルテレビにおける超高精細度 テレビジョン放送の導入に関する 伝送方式の高度化提案」

### 中間報告(案)

(一社)日本CATV技術協会

規格・標準化委員会

## 目次

1	規格化に当たっての基本的な考え方.....	1
2	要求条件と対象範囲.....	2
2.1	要求条件.....	2
2.2	要求条件との整合性.....	9
3	技術的条件1部 (高度なデジタル有線テレビジョン放送方式).....	15
3.1	本方式の概要.....	15
3.2	受信者端子における電磁波の条件.....	16
3.2.1	搬送波の周波数及び伝送帯域.....	16
3.2.2	搬送波等の条件.....	17
3.3	伝送信号の技術的条件.....	24
3.3.1	システムのアーキテクチャ.....	24
3.3.2	C2システム入力処理.....	27
3.3.2.1	モード適合.....	27
3.3.2.2	ストリーム適合.....	37
3.3.3	ビットインターリーブされた符号化と変調.....	39
3.3.3.1	FEC符号化.....	39
3.3.3.2	変調方式.....	45
3.3.4	データスライスパケットの生成.....	55
3.3.4.1	データスライスタイプ1のデータスライスパケット.....	55
3.3.4.2	データスライスタイプ2のデータスライスパケット.....	56
3.3.5	レイヤー1パート2シグナリングの生成、符号化、変調.....	60
3.3.5.1	概要.....	60
3.3.5.2	プリアンブルヘッダ.....	61
3.3.5.3	L1シグナリングパート2のデータ.....	62
3.3.5.4	L1シグナリングパート2のデータの変調と誤り訂正符号化.....	69
3.3.5.5	L1シグナリングパート2データの時間インターリーブ.....	77
3.3.6	フレームビルダ.....	79
3.3.6.1	C2フレームの構造.....	79
3.3.6.2	パイロット用シーケンス.....	80
3.3.6.3	プリアンブルシンボル.....	82
3.3.6.4	データスライスの生成.....	85

3.3.6.5	スタッフィングデータスライス .....	92
3.3.6.6	パイロットの挿入 .....	93
3.3.6.7	予約ダミーキャリア .....	97
3.3.7	OFDMの生成 .....	99
3.3.8	PLPバンドル .....	102
3.3.9	緊急地震速報への対応 .....	104
3.3.10	多重化 .....	105
3.3.11	参照 .....	109
3.3.12	用語の定義 .....	109
4	技術的条件2部 (複数搬送波伝送方式) .....	113
4.1	複数搬送波伝送方式の概要 .....	113
4.2	変調方式及び伝送路符号化方式 .....	114
4.3	拡張TSMF多重フレームヘッダ(Extended_TSMF_header) .....	115
4.3.1	シンタックス (符号化データ列の規則) .....	116
4.3.2	拡張TSMFのシンタックス .....	116
4.3.3	基本情報 .....	118
4.3.3.1	パケットヘッダ .....	118
4.3.3.2	多重フレーム同期信号 (frame_sync) .....	119
4.3.3.3	変更指示 (version_number) .....	120
4.3.3.4	スロット情報 .....	120
4.3.3.5	識別子/相対ストリーム番号対応情報(stream_id/original_network_id) .....	122
4.3.3.6	送受信制御情報 .....	123
4.3.3.7	受信状態(receive_status) .....	123
4.3.3.8	緊急警報指示(emergency_indicator) .....	124
4.3.3.9	相対ストリーム番号対スロット対応情報 (relative_stream_number) .....	124
4.3.3.10	CRC .....	125
4.3.4	拡張情報 .....	126
4.3.4.1	地震動警報情報 (earthquake_early_warning) .....	126
4.3.4.2	ストリーム種別(stream_type) .....	127
4.3.4.3	搬送波群の識別(group_id) .....	127
4.3.4.4	搬送波の総数(number_of_carriers) .....	128
4.3.4.5	搬送波の順序(carrier_sequence) .....	128
4.3.4.6	フレーム数(number_of_frames) .....	128
4.3.4.7	フレーム位置情報(frame_position) .....	129
4.3.4.8	未定義領域(reserved_for_future_use) .....	130
4.4	有線複数搬送波伝送分配システム記述子 .....	131
4.4.1	周波数 (frequency) .....	132

4.4.2	多重フレーム形式番号 (frame_type) .....	132
4.4.3	外符号 (FEC_outer) .....	133
4.4.4	変調 (modulation) .....	133
4.4.5	シンボルレート (symbol_rate) .....	134
4.4.6	内符号 (FEC_inner) .....	134
4.4.7	group_id (搬送波群の識別) .....	134
4.5	複数搬送波伝送された信号の選局手順.....	135
4.6	TLV信号の拡張TSMFへの多重化.....	136
4.6.1	TLV信号の拡張TSMFへの多重化 .....	136
	(参考) 拡張TSMF多重化の機能ブロック構成例 .....	138
4.7	パケットの配置順.....	140
4.7.1	搬送波間のフレームの位相合わせ.....	140
4.7.2	スロットの配列順 .....	140
4.7.3	パケットのスロットへの配置順.....	142
4.8	参考文献.....	143
4.9	用語解説.....	145
5	技術的条件3部 (IFパススルー方式) (仮) .....	147
5.1	電気信号に係る技術的条件 (仮) .....	147
6	想定されるサービスイメージ例.....	148
6.1	高度なデジタル有線テレビジョン放送方式.....	148
6.2	複数搬送波伝送方式.....	148
6.3	パススルー方式 (仮) .....	148
7	今後の検討課題.....	149
7.1	国際標準化に関する課題.....	149
7.2	各方式の更なる高度化に関する課題.....	149
7.3	その他の技術的条件.....	151
7.3.1	ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件.....	151
7.3.2	技術的条件1部 (高度なデジタル有線テレビジョン放送方式) .....	152
7.3.2.1	保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子 .....	152
7.3.3	技術的条件2部 (複数搬送波伝送方式).....	153
7.3.3.1	保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子 .....	153
7.3.4	技術的条件部 (IFパススルー方式).....	154
7.3.4.1	保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子 .....	154

7.3.4.2	受信用光伝送装置の入力端子.....	154
参考資料 1	.....	1
1.	今後の課題.....	1
2.	4Kケーブル自主放送伝送方式.....	1
2.1	4Kケーブル自主放送伝送方式の概要.....	1
2.2	主要パラメータ.....	1
3.	中間報告の概要.....	2
参考資料 2	.....	1
1.	実験データ.....	1

## 1 規格化に当たっての基本的な考え方

ケーブルテレビによるサービスおよび伝送方式の高度化に対応するため、情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会報告（平成 26 年 3 月 25 日）として公表された“超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件”を満たす広帯域伝送（34.5MHz 帯域幅）ならびに狭帯域伝送（27MHz 帯域幅）のための映像符号化方式、音声符号化方式、多重化方式（MMT/TLV ならびに拡張 MPEG-2 TS）、限定受信方式による衛星デジタル放送をケーブルテレビ事業者が受信して、有線一般放送の品質に関する技術基準を満たすケーブルテレビ施設で再放送を行い、または自主放送によりサービスを提供することができる伝送方式である。

伝送路符号化方式については、要求条件に示されている「HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン（UHDTV）サービス（8K フォーマットまで）を基本とする」に対応し、衛星放送と同様にケーブルテレビでも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や蓄積型サービスについても考慮すること」を基本とし、現行のデジタルケーブルテレビの施設の状況を考慮している。

総務省より電波法施行規則の一部を改正する省令案等に係る意見募集が行われ、平成 26 年 7 月、衛星基幹放送及び衛星一般放送における超高精細度テレビジョン放送に関する技術的条件に係る省令・告示が改正された。

今後、（一社）電波産業会や（一社）次世代放送推進フォーラム等の標準化団体における規格や運用規定の策定状況をふまえ、超高精細度テレビジョン放送のケーブルテレビ再放送および自主放送の実現を目指して当協会における標準規格の策定を進めていく必要がある。

## 2.1 要求条件

本項は 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 ケーブルテレビ UHDTV 作業班で検討されている要求条件を参照しており、同要求条件を以下に再掲載する。

### (1) 基本的な考え方

超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件の基本的な考え方は次のとおりとする。

- ・ 超高精細度テレビジョン放送による高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
- ・ 将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用するとともに、その後に想定されるサービスや機能の追加等にも配慮した拡張性を有する方式とすること。
- ・ 現行の放送サービスや他のデジタル放送メディアとの相互運用性をできる限り確保するとともに、通信との連携による新たなサービスにも対応できること。
- ・ 既存の設備や端末の活用並びに既存の運用形態の適用が最大限行えること。
- ・ 送信設備、受信機及び伝送設備が満たすべき条件が開示されていること。

### (2) 具体的な要求条件

表 2.1-1～表 2.1-4 のとおりとする。

表 2.1-1 システム

項目	要求条件	備考
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星放送、ケーブルテレビ、IPTV 等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。</li> <li>・既存のシステムに妨害を与えないこと。</li> <li>・ケーブルテレビにおける既存の放送・通信サービスと併存でき、新方式の円滑な導入およびマイグレーションが可能であること</li> </ul>	
サ ー ビ ス  高機能化 ／多様化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス*を基本とすること。</li> <li>・高精細度テレビジョン (HDTV) サービスまでを可能とすること。</li> <li>・多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。</li> <li>・インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。</li> <li>・HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。</li> <li>・種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。</li> <li>・さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。</li> <li>・チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。</li> <li>・年齢による視聴制限 (パレンタルレート) 設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。</li> <li>・緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及び緊急情報の放送について考慮すること。</li> </ul>	<p>※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。</p>
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。</li> </ul>	



アクセシ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者、障がい者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。</li> </ul>	
実時間性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。</li> <li>・視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。</li> </ul>	
システム制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。</li> <li>・送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。</li> </ul>	
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。</li> </ul>	
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信者の個人情報保護について考慮すること。</li> </ul>	
国際標準との 整合性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際標準との整合性を考慮し、容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。</li> </ul>	

表 2.1-2 放送品質

項目	要求条件	備考
画質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービス*が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。</li> <li>・情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。</li> <li>・サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。</li> </ul>	<p>※自主放送においては4Kフォーマットまでを基本として、再放送においては8Kフォーマットまで考慮する</p>
音質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービスに対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。</li> <li>・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。</li> </ul>	

表 2.1-3 技術方式

項目	要求条件	備考	
映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービス*を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	<p>※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。</p>	
音声入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率かつ高音質な符号化方式であること。</li> <li>・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>		
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> <li>・通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>		
多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。</li> <li>・多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。</li> <li>・通信系のサービスとの連携を考慮すること。</li> <li>・他のサービスとの相互運用性を考慮すること。</li> <li>・衛星等による放送波の再放送のような、他の放送ネットワークからの乗り移りの容易性を考慮すること。</li> <li>・自主放送信号及び再放送信号の独立性が確保できるように考慮すること。</li> </ul>		
限定受信方式	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高度な秘匿性を有すること。</li> <li>・不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。</li> </ul>	
	関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。</li> <li>・種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。</li> <li>・個々の受信者へ向けた情報の伝送、表示が可能であること。</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。</li> <li>・関連情報は可能な限り共通の形式によること。</li> <li>・関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。</li> </ul>	
伝送路符号化方式	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送とその IF 周波数帯並びに既存の周波数帯を対象とすること。</li> </ul>	
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ、他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。</li> </ul>	
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存の放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の条件を満足すること。</li> </ul>	
	変調系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス*を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。</li> </ul>	※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。
	誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・採用する変調方式との整合性が良いこと。</li> <li>・符号化効率が良いこと。</li> <li>・サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の低下を最小限にとどめること。</li> </ul>	
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。</li> </ul>	
受信機等への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行設備や受信機への負担等を考慮して、技術方式を選定すること。</li> </ul>		

表 2.1-4 受信機

項目	要求条件	備考
操作性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作が簡単であること。</li> <li>・受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。</li> <li>・高齢者、障がい者等に配慮した操作性を有すること。</li> <li>・所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。</li> </ul>	
処理系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能・能力を持つこと。</li> </ul>	
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。</li> <li>・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。</li> <li>・高速データ転送が可能であること。</li> <li>・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。</li> <li>・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。</li> </ul>	
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。</li> </ul>	

## 2.2 要求条件との整合性

総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 ケーブルテレビ UHDTV 作業班で検討されている要求条件に対して、今回検討した方式との整合性を次のとおり表 2.2-1～表 2.2-4 に示す

表 2.2-1 システム

項目	要求条件	整合性
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星放送、ケーブルテレビ、IPTV 等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。</li> <li>・既存のシステムに妨害を与えないこと。</li> <li>・ケーブルテレビにおける既存の放送・通信サービスと併存でき、新方式の円滑な導入およびマイグレーションが可能であること</li> </ul>	(今後追記予定)
サ ー ビ ス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス*を基本とすること。</li> <li>・高精細度テレビジョン (HDTV) サービスまでを可能とすること。</li> <li>・多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。</li> <li>・インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。</li> <li>・HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。</li> <li>・さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。</li> <li>・チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。</li> <li>・年齢による視聴制限（パレンタルレート）設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。</li> <li>・緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及び緊急情報の放送について考慮すること。</li> </ul>	
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。</li> </ul>	
アクセシビリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者、障がい者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。</li> </ul>	
実時間性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。</li> <li>・視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。</li> </ul>	
システム制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。</li> <li>・送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。</li> </ul>	
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。</li> </ul>	
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信者の個人情報保護について考慮すること。</li> </ul>	
国際標準との整合性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際標準との整合性を考慮し、容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。</li> </ul>	

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。

表 2.2-2 放送品質

項目	要求条件	整合性
画質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービス*が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。</li> <li>・情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。</li> <li>・サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。</li> </ul>	(今後追記予定)
音質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービスに対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。</li> <li>・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。</li> </ul>	

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する

表 2.2-3 技術方式

項目	要求条件	整合性
映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UHDTV サービス*を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	(今後追記予定)
音声入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率かつ高音質な符号化方式であること。</li> <li>・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。</li> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。</li> <li>・通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。</li> </ul>	



	多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。</li> <li>• 多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。</li> <li>• 通信系のサービスとの連携を考慮すること。</li> <li>• 他のサービスとの相互運用性を考慮すること。</li> <li>• 衛星等による放送波の再放送のような、他の放送ネットワークからの乗り移りの容易性を考慮すること。</li> <li>• 自主放送信号及び再放送信号の独立性が確保できるように考慮すること。</li> </ul>	
限定受信方式	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高度な秘匿性を有すること。</li> <li>• 不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。</li> </ul>	
	関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。</li> <li>• 種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。</li> <li>• 個々の受信者へ向けた情報の伝送、表示が可能であること。</li> <li>• 新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。</li> <li>• 関連情報は可能な限り共通の形式によること。</li> <li>• 関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。</li> </ul>	
伝送路符号化	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送とその IF 周波数帯並びに既存の周波数帯を対象とすること。</li> </ul>	
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ、他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。</li> </ul>	
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 既存の放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の条件を満足すること。</li> </ul>	

方式	変調系	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス*を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。</li> </ul>	
	誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用する変調方式との整合性が良いこと。</li> <li>符号化効率が良いこと。</li> <li>サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の低下を最小限にとどめること。</li> </ul>	
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。</li> </ul>	
受信機等への配慮		<ul style="list-style-type: none"> <li>現行設備や受信機への負担等を考慮して、技術方式を選定すること。</li> </ul>	

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。

表 2.2-4 受信機

項目	要求条件	整合性
操作性	<ul style="list-style-type: none"> <li>操作が簡単であること。</li> <li>受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。</li> <li>高齢者、障がい者等に配慮した操作性を有すること。</li> <li>所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。</li> </ul>	(今後追記予定)
処理系	<ul style="list-style-type: none"> <li>番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能・能力を持つこと。</li> </ul>	

インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。</li> <li>・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。</li> <li>・高速データ転送が可能であること。</li> <li>・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。</li> <li>・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。</li> </ul>	
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。</li> </ul>	

\*1 : 国際規格 (ITU-T J.382) に準拠した方式 (DVB-C2)

\*2 : 複数 TS 伝送フレーム (ITU-T J.183) を拡張した多重フレームにより TS を分割して複数搬送波で伝送する方式

\*3 : IF パススルー方式

### 3 技術的条件 1 部 (高度なデジタル有線テレビジョン放送方式)

\*本項文中に記載の「[TBD]」から始まる段落に記載の内容、または同記載に続く数値に関しては、実証実験に伴う精査により今後変更の予定。

---

#### 3.1 本方式の概要

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式は ITU-T J.382 方式\*を基盤とした方式である。

なお、J.382 における詳細なパラメータや規格値等は、同規格の参照先である ETSI EN 302 769 を合わせて参照する事。

本提案方式では、伝送路符号化方式の 1 搬送波(16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM)の伝送容量を超えるストリーム(TS もしくは TLV, GSE)をしかるべき方式に変換後 複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。また、既存の放送や伝送容量を超えるストリーム等の複数ストリームを 1 搬送波に多重し、受信側で分割する機能をも備える。

### 3.2 受信者端子における電磁波の条件

既存の有線テレビジョン放送施設において高度なデジタル有線テレビジョン放送方式を導入することを前提とすることから、デジタル有線テレビジョン方式に特有な事項を除き、デジタル放送の標準方式に準じることとし、具体的には次による。

#### 3.2.1 搬送波の周波数及び伝送帯域

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する帯域（以下「伝送帯域」という。）の幅は最大 338MHz、基本はデジタル放送の標準方式に準じた 6MHz とする。連結送信することによりガードバンドの有効活用を実現可能とした。

送信機は、最大 5.71MHz 幅からなるデータスライスを 1 つ、もしくは複数連結した固定長 物理レイヤ TDM フレーム（以下 C2 フレームと言う）を送信する。一方、受信機は当該 C2 フレーム信号の中から所望のデータスライスを 1 つ以上選択し受信する。尚、C2 フレーム内の全データスライス構造や搬送波周波数の情報は、L1 ブロック内のシグナリング箇所に格納される。

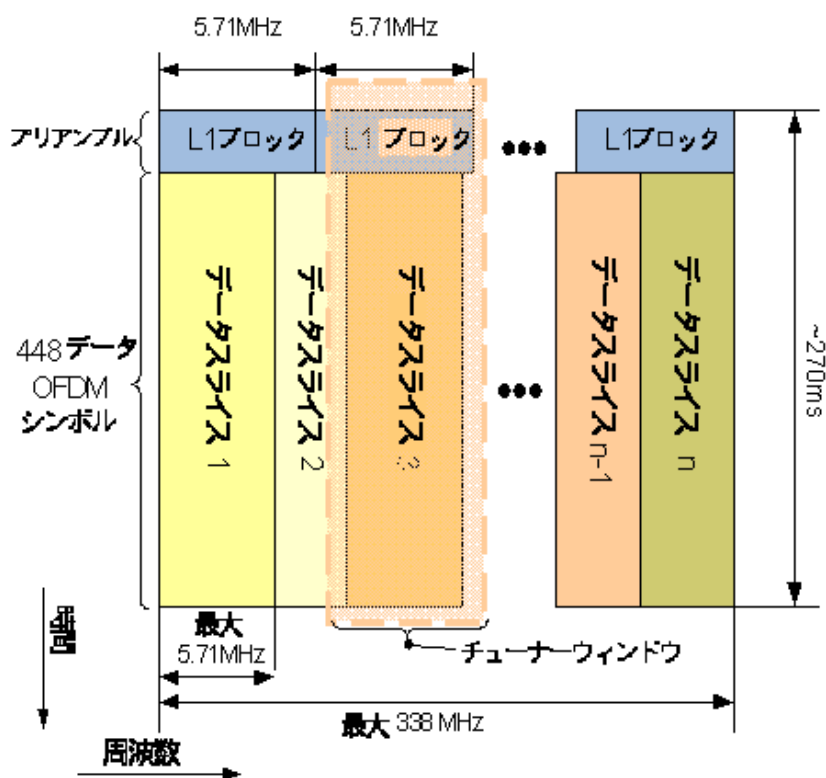


図 3.2-1 搬送波の伝送帯域の構成

(理由)

既存のデジタル有線テレビジョン放送施設において高度なデジタル有線テレビジョン放送方式を導

入することを前提とすることから、基本的な伝送帯域の幅はデジタル有線テレビジョン放送の帯域幅と同様 6MHz とする。さらに、OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing)変調技術を用いることにより複数チャネルの連結送信を実現し、各チャネルの両脇に必要とされるガードバンド領域(6MHz帯域の場合計 0.29MHz)の有効利用を可能とする。データスライスの帯域幅は従来有線テレビジョン放送の帯域幅 6MHz からガードバンド分を差し引いた 5.71MHz 幅を最大とすることで、従来技術との整合性をとる。

### 3.2.2 搬送波等の条件

#### (1) 搬送波の周波数間隔

隣接する搬送波の周波数間隔は 6MHz 以上とし、複数データスライスを連結送信する場合はその帯域幅に合わせて間隔を設定する。

(理由)

デジタル放送の標準方式、デジタル有線テレビジョン放送方式と整合性をとるために 6MHz 幅を基準とし、受信制御情報を含む L1 ブロックサイズも 6MHz からガードバンド分を差し引いた 5.71MHz 幅と定めた。

以下は、各符号化率、変調方式を用いた場合の伝送速度の一覧を表 3.2-1 に、UHDTV 放送の再放送イメージを図 3.2-2 に示す。

表 3.2-1 6MHz帯域あたりのビットレート表

	16QAM	64QAM	256QAM	1 024QAM	4 096QAM
2/3	-	22.1 Mbps	-	-	-
3/4	-	-	33.2 Mbps	41.5 Mbps	-
4/5	17.7 Mbps	26.6 Mbps	-	-	53.1 Mbps
5/6	-	-	36.9 Mbps	46.2 Mbps	55.4 Mbps
9/10	22.1 Mbps	30.0 Mbps	39.9 Mbps	49.9 Mbps	59.9 Mbps

注：“-”は適用外の意。

(パラメータ: 6MHz送信、ガードインターバル 1/128、パイロット密度 1/96)

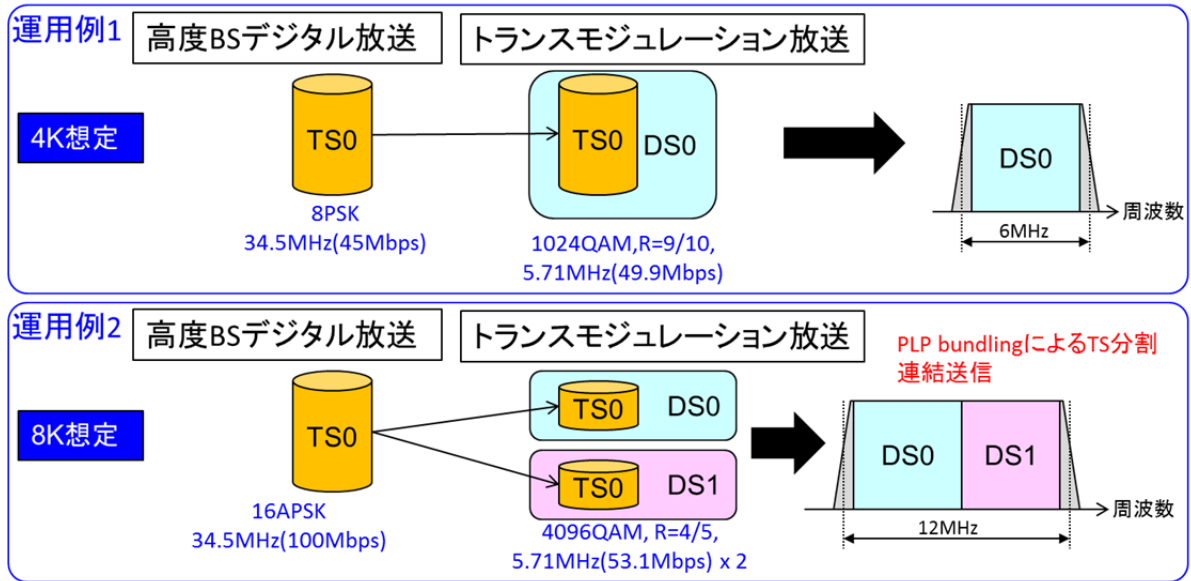


図 3.2-2 UHDTV放送の再放送イメージ

(2) 搬送波の周波数の許容偏差

[TBD] 搬送波の周波数の許容偏差は $\pm 20\text{kHz}$ \*以内とする。

(理由)

省令・告示の技術基準と整合するため、 $\pm 20\text{kHz}$ [TBD] 以内とする。なお、本規格値の妥当性は伝送試験により確認し、最終的に決定する。

(3) ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性

[TBD] ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性は、搬送波を中心とする  $6\text{MHz}$  の帯域内において、当該搬送波の周波数と等しい周波数の電磁波のレベルを基準とした場合において $\pm 3\text{dB}$  以内とする。

(理由)

周波数特性の劣化は中継増幅器などの多段接続で発生し、振幅特性については、既存の有線テレビジョン放送施設の許容値が現行同等の為となっていることから上記の値とした。

(4) 搬送波のレベル

[TBD] 搬送波の変調包絡線の最高値に対応するレベル(以下「搬送波のレベル」といい実効値で表す。)は、 $1\mu\text{V}$  を  $0\text{dB}\mu\text{V}$  として表す値が、次に掲げる式による A の値以上 B の値以下とする。

$$A=59+10 \log_{10}(Z/75)$$

$$B=85+10 \log_{10}(Z/75)$$

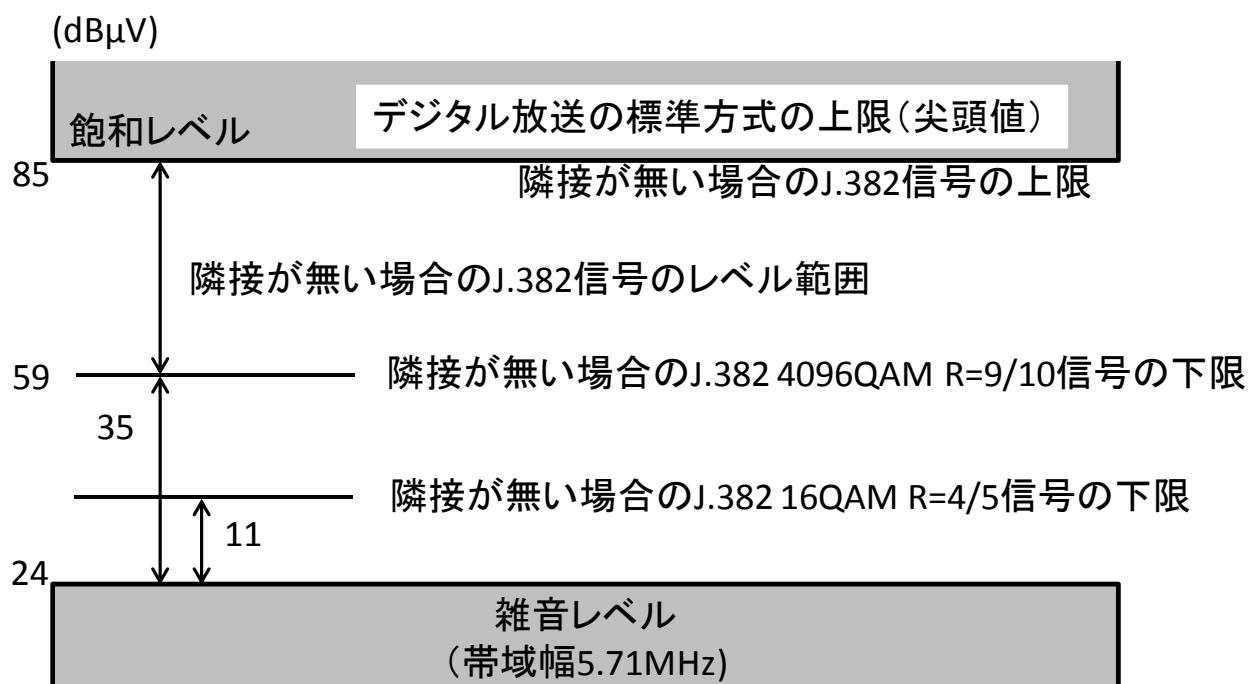
(理由)

搬送波の変調包絡線の最高値に対するレベル(以下「搬送波のレベル」といい、実効値で表す。)の上

限については、デジタル放送の標準方式の尖頭値又は現行の J.83 AnnexC の尖頭値と同じとすることとし、出力端子の定格出力インピーダンスが 75 オームの場合において 85dB $\mu$ V とする。

一方、雑音レベルについては、デジタル放送の標準方式の下限値 60dB $\mu$ V、所要 CN 比 38dB 及び当該帯域幅による雑音のレベル換算 2dB より、24dB $\mu$ V となる。

搬送波のレベルの下限については、J.382 本伝送条件の最大値 4096QAM, R=9/10 の時の所要 CN 比 (35dB) であることから、59dB $\mu$ V (平均値) となるよう上記の値とした。



※ J.382信号が上側、下側に隣接する場合のレベル範囲は実測の上、最終報告に追記

図 3.2-3 J.382搬送波のレベル



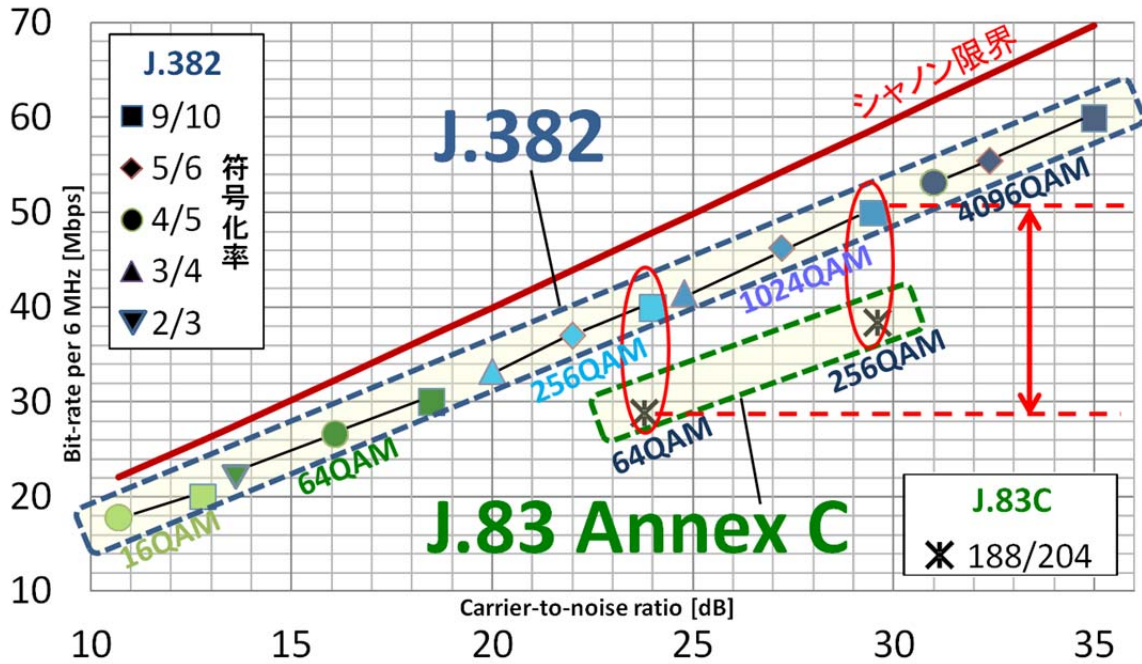


図 3.2-4 J.382 LDPC符号による符号化利得と所要CN比

(5) 搬送波のレベルと変動

[TBD] 搬送波のレベル変動は1分間において3dB以内とする。

(理由)

搬送波のレベル変動はヘッドエンドの送出電力の変動、中継増幅器の利得変動などが複合して発生すると考えられる。

受信機のAGC範囲は充分大きいですが低いレベルにおいて変動が大きいと誤り率が增大することもあるので3dB以内とした。

(6) 搬送波のレベルと隣接する他のデジタル有線テレビジョン放送の搬送波のレベルとの差

[TBD] 本方式の1024QAMの搬送波のレベルとデジタル有線テレビジョン放送方式の256QAMの搬送波のレベルを同一とする。

また、QAMのオーダーを一つ上げる毎に各搬送波のバックオフを6dB上げることとする。

(理由)

実験結果から、本方式1024QAMとデジタル有線テレビジョン放送方式の256QAMの搬送波のレベルを同一にし、QAMのオーダーを一つ上げると所要D/Uが6dB上がることから上記の値を選定した。

(7) 搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する雑音(ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までのもの

であって、当該搬送波の周波数を中心とする 4MHz の周波数帯の範囲にあるすべてのものに限る。) のレベルは-37dB 以下とする。

(理由)

64QAM 変調によるデジタル伝送においては、搬送波尖頭レベルと平均レベルとの差は 3.7dB となる。

目標とする誤り率は[TBD] $1 \times 10^{-11}$  (BCH 復号後) であり、実験による受信機の CN 比対 BER 特性より、所要 CN 比は 26dB であるが、測定は平均レベルでおこなわれているので、セットレベルに換算すれば  $26+3.7=29.7$ dB となる。これをデジタル放送の標準方式の CN 比測定帯域幅と同じ 4MHz 幅に換算すると 1.2dB を補正して 30.9dB となる。

以上のことから搬送波レベルに対する雑音のレベルは-31dB 以下とした。

#### (8) 搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する妨害波(ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。)のレベルは、単一周波数妨害の場合にあっては伝送帯域内において-30dB 以下とし、三次相互変調による妨害の場合にあっては図 3.2-5 に示す値-43dB (TBD) 以下とする。

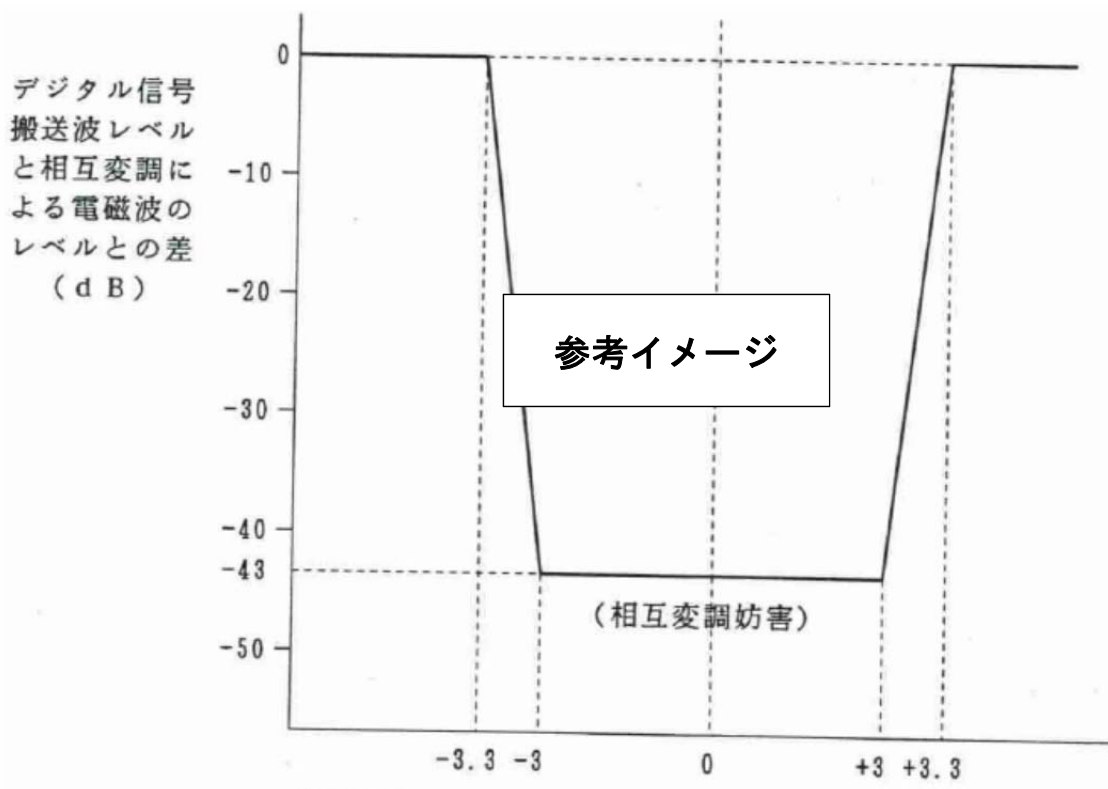


図 3.2-5 三次相互変調妨害の限度

(理由)

デジタル有線テレビジョン放送の中継増幅器が 2 以上の搬送波を同時に増幅すると増幅器の非直線性から 2 次、3 次等多くのひずみが発生し、デジタル信号に妨害を与える。

[TBD] BCH 復号後の誤り率  $1 \times 10^{-11}$  のときの相互変調妨害波のレベルは、実験の結果、搬送波のレベルに対し-42dB であったが、これに余裕 1dB をみて-43dB とした。

また、単一周波数妨害についても、実験の結果より [TBD] BCH 復号後の誤り率  $1 \times 10^{-11}$  に対する値で上記のとおり規定した。

(9) 搬送波のレベルと当該搬送波の反射による電磁波とのレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する当該搬送波の反射 (ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。) による電磁波のレベルは図 3.2-6 に示す値-30dB 以下とする。

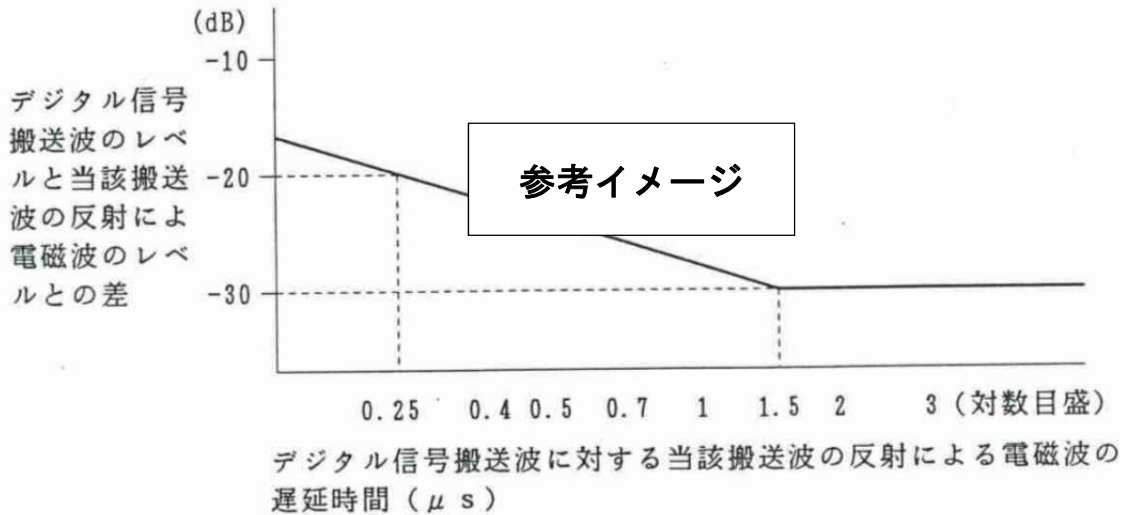


図 3.2-6 反射波の限度

(理由)

既存の施設で有線テレビジョン放送を導入することを前提とすると、この項目は現行の技術基準に準じて定めるのが適当である。

有線テレビジョン放送施設の中継増幅器、分岐器、分配器、タップオフ等の装置により反射が生じると希望する信号の外に時間的に遅れた信号が到着し、伝送誤りを発生させる。

伝送誤りの程度は直接波と反射波のレベル差、遅延時間差により定まるが、実験結果より、デジタル放送の標準方式の場合の基準と同一とした。

(10) 交流電源に起因する電磁波による搬送波の変調度

[TBD] 次の式による値が-30dB 以下とする。

$$20 \log_{10}((a-b)/a) \quad (\text{dB})$$

a は搬送波の変調包絡線の最高点における振幅とする。

b は搬送波の変調包絡線の最低点における振幅とする。

(理由)

実験により、交流電源による変調からデジタル有線テレビジョン信号に対する影響は、-30dB 以下であれば影響がないことを確認した。

(11) その他の妨害波及びひずみ

その他の妨害波及びひずみ（いずれもヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。）はデータに障害を与えないものとする。

（理由）

データは誤り訂正がおこなわれているが、訂正が不能になるような障害（[TBD] BCH 復号後で誤り率がおおむね  $1 \times 10^{-11}$  以上）は許容できない。

### 3.3 伝送信号の技術的条件

#### 3.3.1 システムのアーキテクチャ

##### (1) 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の概要

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式のシステム全体概要を図 3.3-1 に示す。本システムは、伝送路符号化方式の 1 搬送波(16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM)の伝送容量を超えるストリーム(TS もしくは TLV, GSE)をしかるべき方式に変換後 複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。また、既存の放送や伝送容量を超えるストリーム等の複数ストリームを 1 搬送波に多重し、受信側で分割する機能をも備える。

本方式を実現するため、伝送路の有効活用を実現する新たな伝送路符号化方式を導入する。本伝送路符号化方式は、ITU-T J.382 方式\*を基盤とし拡張された方式である。また、新たに高度なデジタル有線テレビジョン放送方式伝送分配システム記述子を定義する。

\* ITU-T J.382 方式については別途規格書を参照のこと

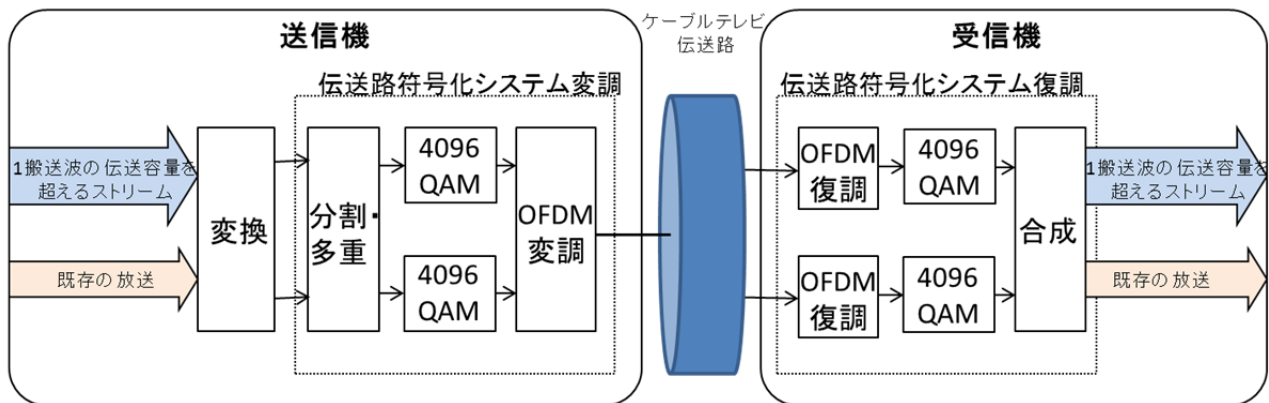


図 3.3-1 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式システム全体の高レベルブロック図

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化システム（以降 C2 システムと呼ぶ）の概略を図 3.3-1 に示す。システム入力 は 1 つまたは複数の MPEG-2 トランスポートストリーム、1 つまたは複数の汎用システム、あるいは両方である。入力プリプロセッサはシステムの一部ではなく、サービスをシステム入力の 1 つまたは複数の論理データストリームに分割するために使用される、トランスポートストリーム(TS)用のサービススプリッタまたはデマルチプレクサを含むことが許される。その後、これらは個別の物理レイヤーパイプ(以降 PLP と呼ぶ)によって搬送される。

システム出力は単一の信号で単一の RF チャネルにより伝送される。

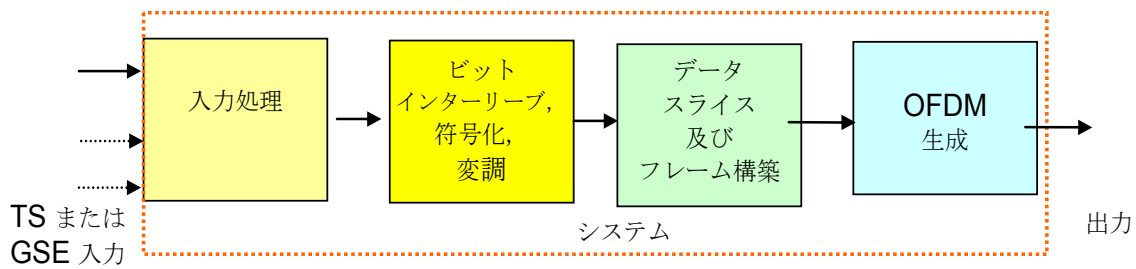


図 3.3-2 伝送路符号化システムの高レベル・ブロック図

入力データストリームには、1つの物理レイヤーフレーム(すなわち C2 フレーム)の期間における入力データの総容量が C2 システムの容量を超えてはならないという制約がある。1つまたは複数の PLP が PLP グループに配列され、1つまたは複数の PLP グループによりデータスライスが形成される。システムは、1つまたは複数のデータスライスで構成される。PLP の各グループに含めることのできる共通 PLP は1つだけだが、PLP グループに必ずしも共通 PLP を含める必要はない。高度なデジタル有線テレビジョン放送方式信号が単一の PLP を搬送するとき、共通 PLP は存在しない。レシーバーは常に、1つのデータ PLP と、存在するならば関連付けられた共通 PLP を受信することが想定される。

(2) C2 システムのアーキテクチャ

入力処理のブロックを図 3.3-2 に示す。この図はいくつかの部分に分割される。図 3.3-3(a)は、複数の PLP が存在する場合の入力処理を示している。図 3.3-3(b)は BICM モジュールを、図 3.3-3(c)はフレームビルダモジュールを示している。図 3.3-3(d)は OFDM 生成モジュールを示している。

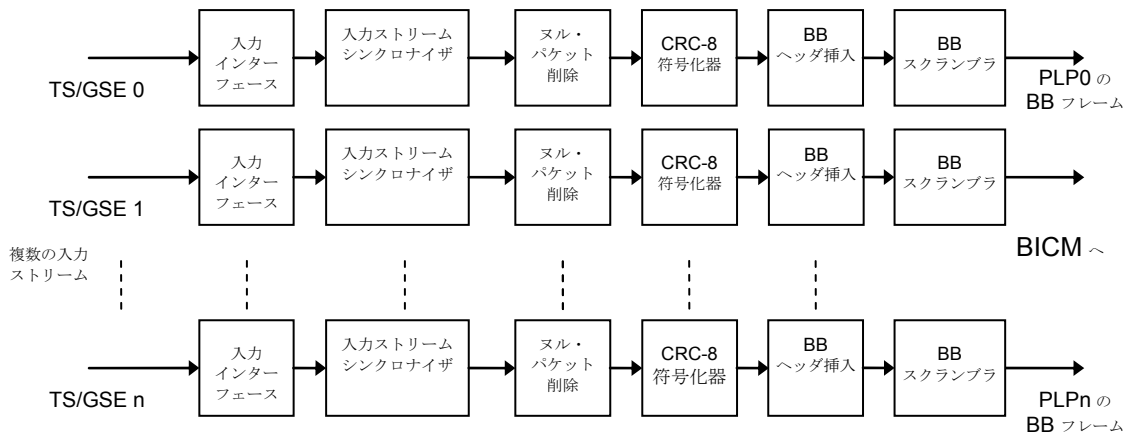


図 3.3-3 (a) 複数の入力ストリーム(PLP)へのモード適合

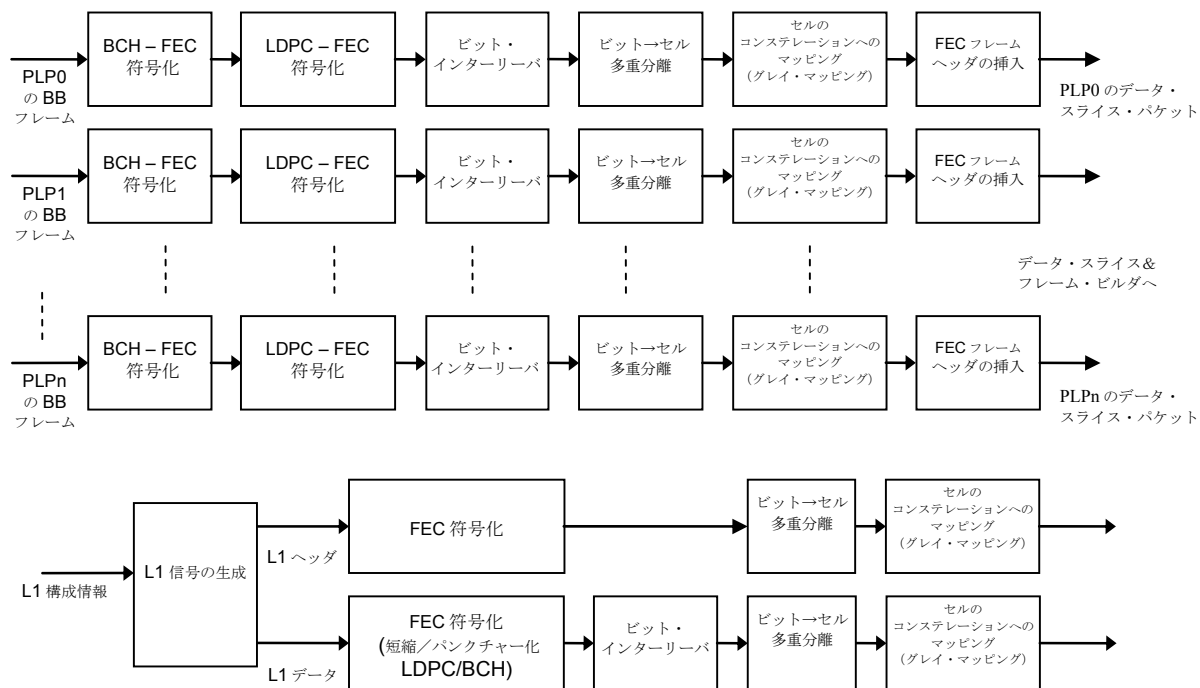


図 3.3-3(b) ビットインターリーブ符号化変調(BICM)

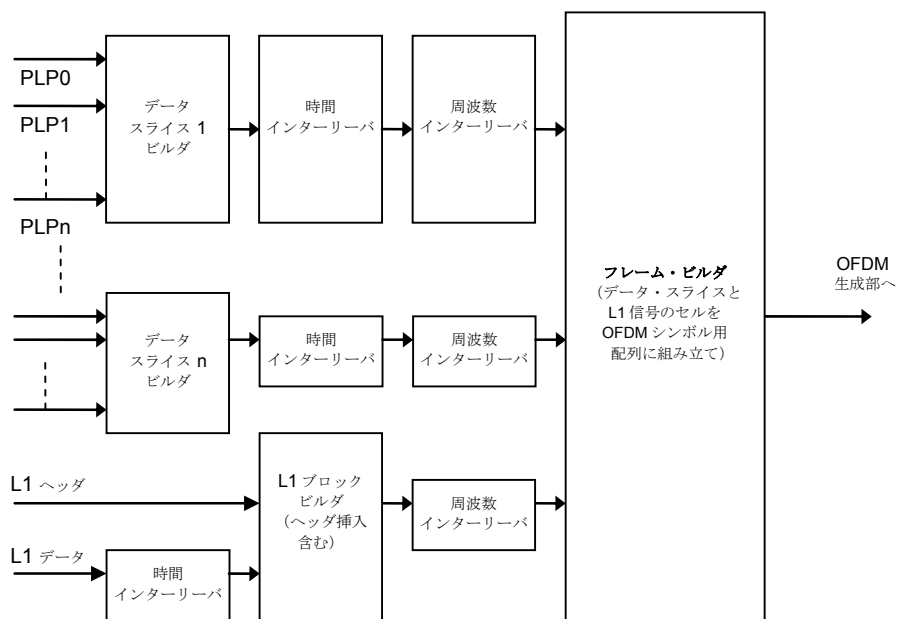


図 3.3-3(c) データスライス及びフレームビルダ

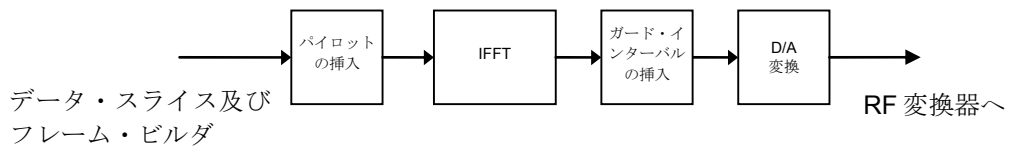


図 3.3-3(d) OFDM信号の生成

図 3.3-3(e)は、(a)から(d)までの図に示された機能を組み合わせたもので、1つの簡素化された全体のブロック図である。

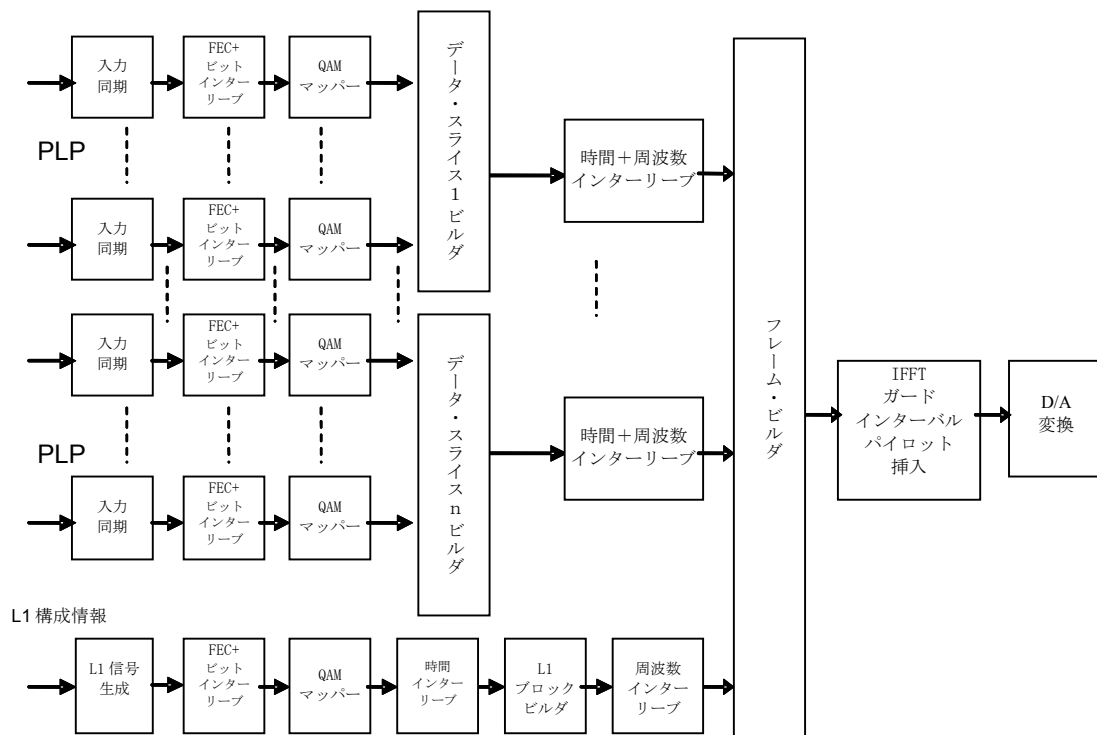


図 3.3-3 (e) 変調器ブロック図

### 3.3.2 C2システム入力処理

#### 3.3.2.1 モード適合

C2システムへの入力、1つまたは複数の論理データストリームで構成される。1つの論理データストリームは、1つのPLPにより搬送される。モード適合モジュールは各PLPのコンテンツに対して別々に動作し、入力データストリームをデータフィールドに分割する。これらのデータフィールドはストリーム適合の後でベースバンドフレーム(BBFrame)を形成する。

各入力PLPは、(1)で定義されるうちの、いずれか1つのフォーマットを持つ。モード適合モジュール



は、通常モード(以降 NM と呼ぶ)または高効率モード(以降 HEM と呼ぶ)のいずれかのモードで入力データを処理できる。これらのモードについては、それぞれ(6)と(7)で解説する。HEM では信号オーバーヘッドを削減するためさらなる最適化を実行する。ベースバンドヘッダー (以降 BBHeader と呼ぶ)は、入力ストリームの種類と処理モードを通知する。

#### (1) 入力フォーマット

入力信号は、単一または複数のストリームの形でモード適合モジュールへ供給される。トランスポートストリーム(TS)の場合パケット転送速度は常に一定だが、パケットの一部のみがサービスのデータに対応し、残りはヌルパケットであることも許容される。

C2 システムの各入力ストリーム(PLP)は、静的に構成される変調および FEC モードに関連付けられる。

入力 PLP は次のいずれかのフォーマットであり、BBHeader の TS/GS フィールドにて指定される。

- トランスポート・ストリーム(以降 TS と呼ぶ)
- 汎用カプセル化ストリーム(以降 GSE と呼ぶ)
- 汎用連続ストリーム(以降 GCS と呼ぶ)
- 汎用固定長パケット化ストリーム(以降 GFPS と呼ぶ)

尚、TLV 方式で受信された信号は C2 システム前段の変換モジュールにて GSE 方式へと変換される。(変換方法については 3.3.10 参照)

トランスポートストリーム(TS)は固定長のユーザーパケット(UP)を持ち、長さは  $O-UPL = 188 \times 8$  ビット(1MPEG.TS パケットあたり)、先頭は SYNC バイト(47<sub>HEX</sub>)である。

GSE ストリームは可変長または固定長のパケットを持ち、その長さは GSE パケットヘッダー内で指定される。

GCS は連続的なビットストリームである。可変長パケットストリームでモジュレータがパケット境界を認識しない場合、または 64 k ビットを超える固定長パケットストリームは GCS として扱われ、BBHeader の TS/GS フィールドで GCS および  $UPL = 0_0$  として指定される。

GFPS は固定長ユーザー・パケット(UP)のストリームで、長さは  $O-UPL$  ビット( $O-UPL$  の最大値は 64 K)、BBHeader の TS/GS フィールドで指定される。伝送されるユーザーパケット長  $UPL$  は BBHeader で指定される。

(理由)

現在放送に使われているトランスポート層の方式は MPEG2-TS が主流であり、さらに GSE 方式を用いることでインターネットプロトコル(IP)をベースとする伝送が実現可能である。また、GCS、GFPS 方式に対応することにより、他放送規格との親和性も確保され放送で実現されるほぼ全方式の網羅が可能となる。

#### (2) 入力インターフェイス

入力インターフェイスサブシステムは、入力を内部論理ビットフォーマットにマップする。最初に受信されるビットが最上位ビット(MSB)と見なされる。入力インターフェイスは、それぞれの物理レイヤーパイプ(PLP)について別々に適用される。図 3.3-3(a)を参照のこと。

入力インターフェイスはデータフィールドを読み取る。データフィールドの長さは DFL (Date Field Length)ビットで、次の条件が適用される。

$$0 \leq \text{DFL} \leq (K_{\text{bch}} - 80)$$

ここで  $K_{\text{bch}}$  は、BCH および LDPC 符号により保護されるビット数を示す。

DFL の最大値は選択されている LDPC 符号に依存し、 $K_{\text{bch}}$  ビットのペイロードを搬送する。データフィールドの前には 10 バイト(80 ビット)の BBHeader が追加され、同様に BCH および LDPC 符号により保護される。

入力インターフェイスは、UP サイズとデータフィールド容量  $K_{\text{bch}} - 80$  の関係に応じて、1UP 内の入力ビットを均等に複数のデータフィールドに割当て分割するか、データフィールド内に整数個の UP を割当てて。DFL の値が  $K_{\text{bch}} - 80$  より小さい場合ストリームアダプター(3.3.2.2 参照)を用いてパディングフィールドを挿入する。

(理由)

誤り訂正方式としてブロック符号である BCH 符号、LDPC 符号を用いている為、規定されたブロックサイズを実現する必要がある。

### (3) 入力ストリームの同期(オプション)

C2 モジュレータにおけるデータ処理では伝送遅延が変動することが許される。入力ストリーム同期サブシステムは、いかなる入力データフォーマットに対しても一定のビット転送速度(CBR)と一定のエンドツーエンド伝送遅延を保証する方法を提供する。入力ストリーム同期サブシステムの使用はオプションだが、C2 フレームごとに FEC ブロック数が増加する場合には必ず使用する必要がある。また、この機能は異なるデータスライスにまたがって単一 PLP を伝送する場合の同期にも使用可能である。

ISSY フィールド(入力ストリーム同期、2 バイトまたは 3 バイト)は、モジュレータのクロック速度で駆動するカウンタ値を搬送し、レシーバーにおいて出力ストリームの正確なタイミングを再生成するために使用される。ISSY フィールドの搬送は(6),(7) および図 3.3-4~図 3.3-8 に従い入力ストリームフォーマットとモードによって変化する。通常モードでは、ISSY フィールドはパケット化されたストリームの UP に追加される。高効率モードでは遅延やジッターが共通であることを利用して BBFrame ごとに 1 つの ISSY フィールドが伝送される。

ISSY 機能が使用されない場合、BBHeader が存在するならば、該当フィールドは「0」に設定する。

(理由)

シームレスな放送を実現するためにビット転送速度一定とエンドツーエンド伝送遅延を保証することが必要である一方、無効信号を送らないというような伝送の効率化も必要である。ISSY システムを用いることにより、受信機側で変動ビットレート信号を元の定ビットレート信号に変換することが可能となり、結果、伝送の効率化が実現可能となる。

#### (4) ヌルパケットの削除(オプション、TS のみ、NM および HEM)

トランスポートストリームの規定により、送信機のマルチプレクサ出力および受信機のデマルチプレクサ入力のビット速度が一定でありエンドツーエンド遅延も一定であることが要求される。一方、トランスポートストリーム入力信号には多くのヌルパケットが存在することがありうる。この場合、不要な伝送オーバーヘッドを回避するため、TS ヌルパケットは(PID = 8191<sub>D</sub>)で識別し削除しても良い。この処理により、削除されたヌルパケットが受信機において削除前と同じ場所に再挿入され、一定のビット転送速度を保証すると同時にタイムスタンプ(PCR)の更新を不要にする。

ヌルパケット削除が実行される場合、有効パケット(PID ≠ 8191<sub>D</sub> の TS パケット)には ISSY フィールドも含めて伝送され、ヌルパケット(PID = 8191<sub>D</sub> の TS パケット)は ISSY フィールドも含めて削除が許される(図 3.3-4 を参照)。

UP の伝送後に、DNP (削除済みヌルパケット、1 バイト)と呼ばれるカウンタを最初にリセットし、その後削除されたヌルパケット数分インクリメントする。

DNP が最大許容値である DNP = 255<sub>D</sub> に到達し、次のパケットが再度ヌルパケットである場合、そのヌルパケットは有効なパケットとして保持され伝送される。

DNP フィールド(1 バイト)は(7)および図 3.3-4 の記述に従い伝送される各 UP の後に挿入される。

(理由)

ヌルパケットを削除することにより伝送の効率化が可能となる。削除されたヌルパケットは ISSY システムにより受信機にて再現され、効率化と同時に一定の伝送速度が保証される。

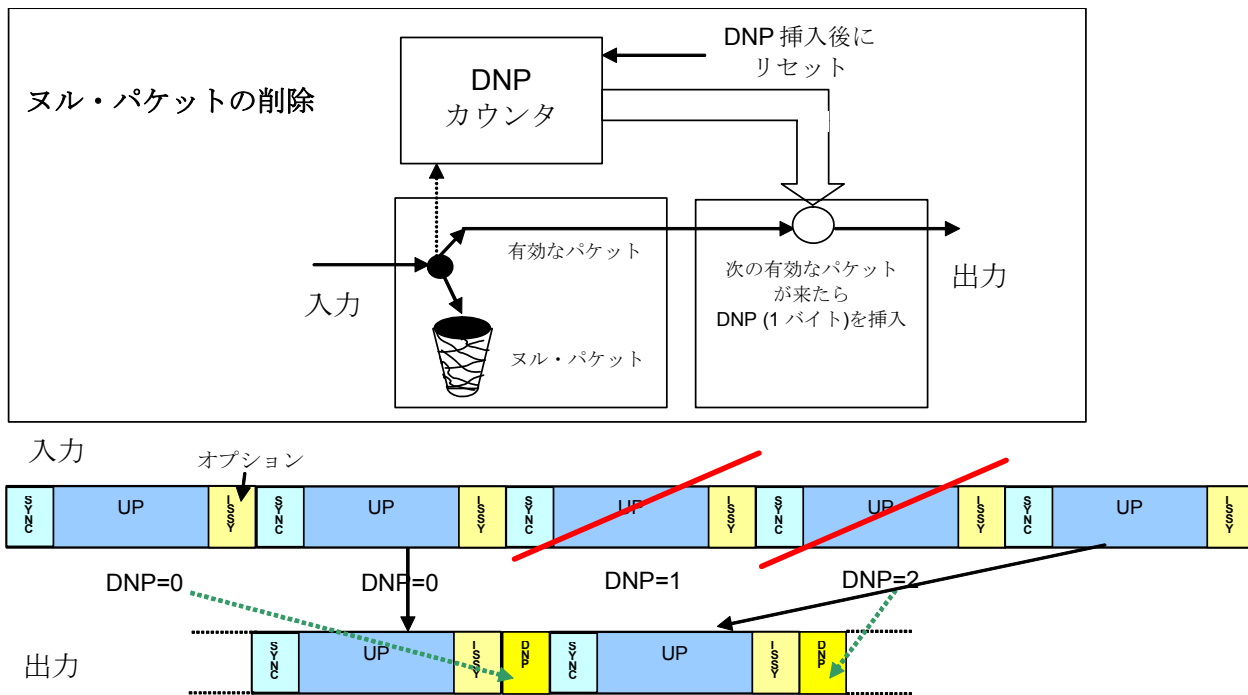


図 3.3-4 ヌルパケットの削除処理

(5) CRC-8 符号化(GFPS および TS、NM のみ)

CRC-8 は、UP レベルのエラー検出に適用される(通常モードおよびパケット化ストリームのみ)。該当する場合((7)を参照)、UPL から 8 ビットの UP を差し引いたもの(SYNC バイトの削除後)を、添付規格書の付録 E に定義されている組織的な 8 ビット CRC-8 符号化器で処理する必要がある。計算された CRC-8 は、(7) に従い、UP の後に追加する。

(理由)

CRC 符号化を行うことにより BB Header の各種パラメータとして受信機側で解釈した値が正しいものである保障を得ることが可能となる。

(6) ベースバンドヘッダー(BBHeader)の挿入

ベースバンドデータフィールドの前にデータフィールドのフォーマットを記述するための 10 バイト BBHeader を挿入する。BBHeader は通常モード(N)では図 3.3-5 (a)、高効率モード(HEM)では図 3.3-5 (b) を使用する。現在のモード(NM または HEM)は、MODE フィールドにより検出される(CRC-8 フィールドとの XOR 演算により得られる)。

(理由)

BB Frame を処理する上での基本的情報を、受信時に最初に解釈すべき BBHeader としてシグナリングすることにより、その後のスムーズな受信処理が可能となる。



図 3.3-5 (a) BBヘッダの形式 (NM)



図 3.3-5 (b) BBヘッダの形式 (HEM)

**MATYPE (2 バイト):** 入力ストリームのフォーマットと、モード適合の種類を、表 3.3-1 に従って記述する。MATYPE フィールドのビットの使用法は以下のとおり。

**最初のバイト(MATYPE-1):**

- TS/GS フィールド(2 ビット)、入力ストリームのフォーマット: 汎用パケット化ストリーム(GFPS)、トランスポート・ストリーム(TS)、汎用連続ストリーム(GCS)、汎用カプセル化ストリーム(GSE)
- SIS/MIS フィールド(1 ビット): 単一または複数の入力ストリーム
- CCM/ACM フィールド(1 ビット): 固定符号化および変調、または可変/適合型符号化および変調
- ISSYI (1 ビット)、入力ストリーム同期インジケータ: ISSYI = 1 (アクティブ)のとき、(7)に従ってISSY フィールドを計算し挿入する。
- NPD (1 ビット): ヌルパケット削除のアクティブ/非アクティブ。NPD がアクティブなとき、DNP を計算し UP の後に追加する。
- EXT (2 ビット): メディア固有情報(C2 の場合は EXT = 0 で、将来使用のため予約)

表 3.3-1 MATYPE-1のフィールドの定義

TS/GS (2ビット)	SIS/MIS (1ビット)	CCM/ACM (1ビット)	ISSYI (1ビット)	NPD (1ビット)	EXT (2ビット)
00 = GFPS 11 = TS 01 = GCS 10 = GSE	1 = 単一 0 = 複数	1 = CCM 0 = ACM	1 = アクティブ 0 = 非アクティブ	1 = アクティブ 0 = 非アクティブ	将来使用の為に予約
注: 通常モードでGSEが使用される場合、連続ストリームとして扱わなければならない、TS/GS = 01と明示しなければならない。					

**2 番目のバイト(MATYPE-2):**

- SIS/MIS = 0 (複数入力ストリーム)の場合、2 番目のバイト = 入力ストリーム識別子(PLP\_ID)。そうでない場合、2 番目のバイト = 「0」(将来使用のため予約)。

BBHeader の他のフィールドの使用法を、表 3.2-2 に示す。

表 3.3-2 BBヘッダのフィールドの詳細

フィールド	サイズ(バイト)	詳細
MATYPE	2	前述の通り.
UPL	2	ユーザーパケット長 (0~65535ビット)
DFL	2	データフィールド長 (0~58112ビット)
SYNC	1	ユーザパケットのSYNCバイトに等しい. GCSでは0xB9~0xFFのいずれかに設定.
SYNCD	2	データフィールドの開始位置とデータフィールド内の最初に送信されたユーザーパケットの開始位置の距離. SYNCD=0であれば最初のユーザーパケットはデータフィールドの先頭であり, SYNCD = 65535 であればユーザーパケットはデータフィールド内には無いこととなる. GCSではSYNCDは将来の為に予約されていて, 定義されない限り, 0としなければならない.
CRC-8 MODE	1	CRC-8フィールド (1バイト) とMODEフィールド (1バイト) の排他的論理和. CRC-8はBBヘッダの最初の9バイトに割り当てられたエラー検出符号 (附録E参照). MODE (8ビット)は以下の値をとるものとする. <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0 : 通常モード.</li> <li>● 1 : 高効率モード</li> <li>● 上記以外の値 : 将来使用の為に予約</li> </ul>

(理由)

入力ストリームのフォーマット、及びモード適合情報、パケット長、データフィールド長など受信に必要な基礎情報をフレームの先頭に置き、受信機が最初に処理できるようにする。また、これら情報は受信する上で重要な情報であるため、その信頼性を保証するためのCRC符号化を施す。

#### (7) モード適合サブシステムの出力ストリームのフォーマット

この節では、各種のモードと入力ストリームのフォーマットについてのモード適合処理とフラグメンテーションについて解説し、出力ストリームのフォーマットを示す。

#### 通常モード、GFPS および TS

BBHeader の信号については(6)を参照のこと。

トランスポートストリームではO-UPL = 188 × 8ビットで、最初のバイトはSYNCバイト(47<sub>HEX</sub>)である。

UPL (伝送されるユーザーパケット長)は最初はO-UPLと同じに設定される必要がある。

モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-6 を参照)。

- 入力ストリーム同期を挿入する (オプション)。ISSY フィールド長に応じて、UPL が 16<sub>D</sub> または 24<sub>D</sub> ビットだけ増やされる。ISSY フィールドが各 UP の後に追加される。TS については、短いまたは長いフォーマットの ISSY 両方の使用が許可される。GFPS については短いフォーマットのみ。
- UP の先頭バイトが SYNC バイトである場合、その 1 バイトを削除し BBHeader の SYNC フィールドに格納して UPL を 8<sub>D</sub> ビットだけ減らす。そうでない場合、BBHeader の SYNC を 0 に設定し UPL は変更しない。

- TS についてのみヌルパケット削除を実行する (オプション)。DNP を計算し次に伝送される UP の後に格納する。UPL を  $8_D$  だけ増やす。
- CRC-8 を計算する。UP の後に CRC-8 を格納し UPL を  $8_D$  だけ増やす。
- SYNC D を計算(データフィールド内で最初に伝送される UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP のビットは、前の UP の CRC-8 (使用される場合)で始まり、元 UP が続き、ISSY および DNP フィールド(使用される場合)で終了する。このため SYNC D は前の UP の CRC-8 の最初のビットを指す。
- GFPS の場合: BBHeader に UPL が格納される。

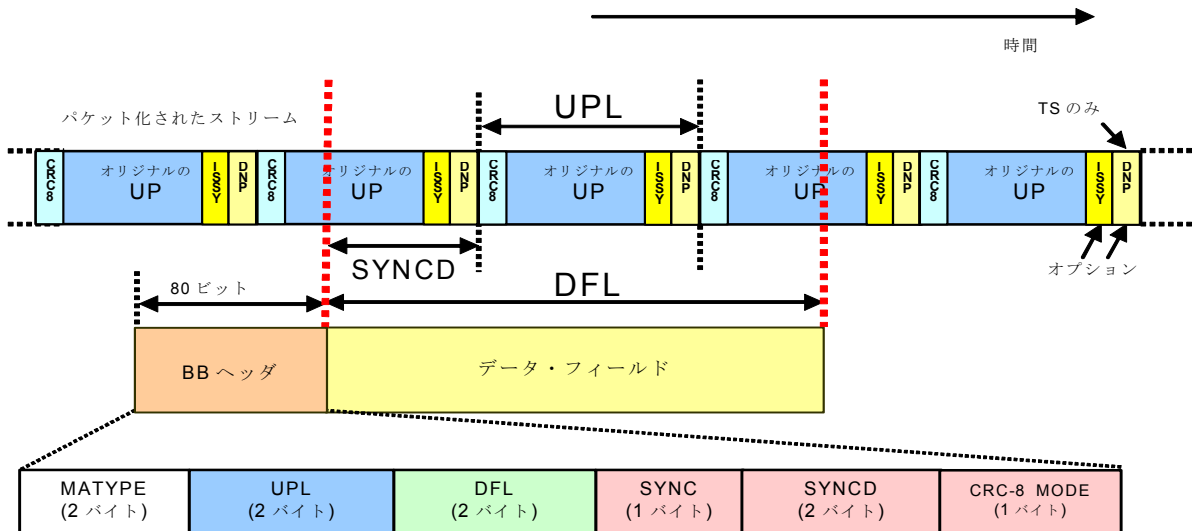


図 3.3-6 通常モード, GFPS, TSでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式

### 高効率モード、トランスポートストリーム

トランスポートストリームについては、SYNC バイトと O-UPL =  $188 \times 8$  の情報を受信機側は既知であるため、UPL および SYNC フィールドは ISSY フィールドの伝送に利用される。モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-7 を参照)。

- データフィールドの最初の UP に関する入カストリーム同期(3)を参照)を挿入 (オプション)。つまり BBHeader の UPL および SYNC フィールドに ISSY フィールドが挿入される。
- 同期バイトが削除されるが、BBHeader の SYNC フィールドに格納しない。
- ヌルパケットを削除する((4)を参照)(オプション)。DNP を計算し次に伝送される UP 後に格納する。
- UP レベルでの CRC-8 は計算されず挿入もされない。
- SYNC D を計算(データフィールド内の最初の UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP のビットは SYNC バイト削除後の元 UP で始まり DNP フィールド(使用される場合)で終了する。このため SYNC D は SYNC バイトに続く元 UP の最初のビットを指す。
- UPL は計算されず BBHeader で伝送もされない。

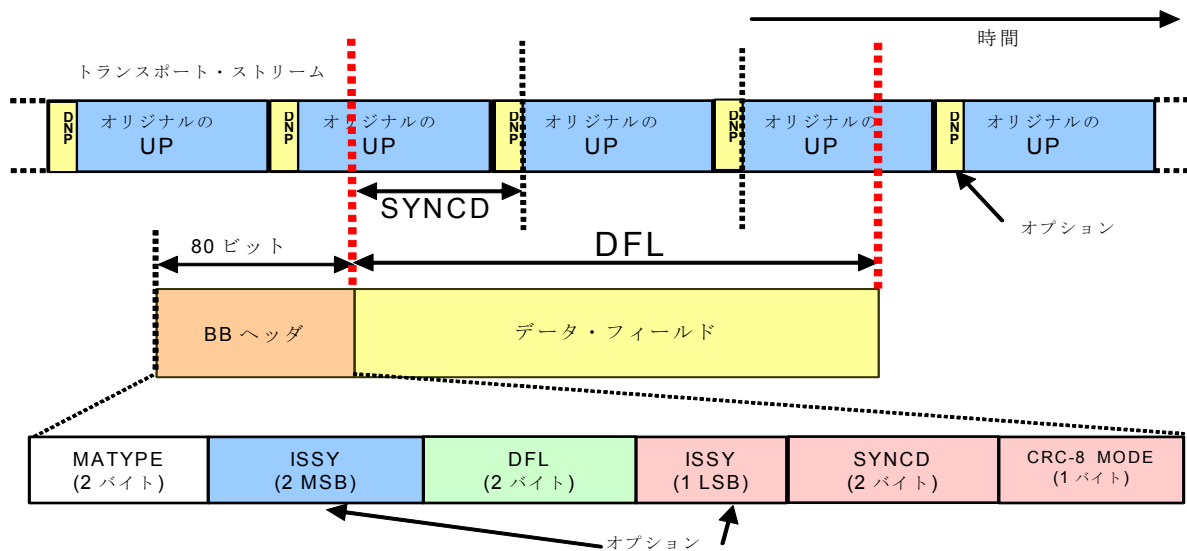


図 3.3-7 TS用高効率モードでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式  
(UP用CRC-8無し, BBヘッダにオプションの単一ISSY有り, UPL無し)

### 通常モード、GCS および GSE

BBHeader の信号については(6)を参照のこと。GCS については入力ストリームに構造が存在しないかモジュレータが構造を認識しない。GSE については、最初の GSE パケットは常にデータフィールドに同期される。

GCS と GSE の双方について、モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-8 を参照)。

- UPL = 0<sub>D</sub> を設定する。SYNC を設定する。SYNC = 0x00~0xB8 はトランスポートレイヤープロトコル信号用に予約されており参考文献<sup>1</sup>に従って設定する必要がある。SYNC = 0xB9~0xFF はユーザーのプライベート。SYNCD は将来使用のため予約されており、他の定義がない限り 0<sub>D</sub> に設定すること。
- ヌルパケットの削除((4)を参照)およびデータフィールドの CRC-8 の計算((5)を参照)は行わない。

<sup>1</sup> ETSI TS 101 162: 「デジタル・ビデオ放送(DVB): サービス情報(SI)の割り当て、およびデジタル・ビデオ放送(DVB)システム用のデータ放送コード(Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) and Data Broadcasting Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems)」



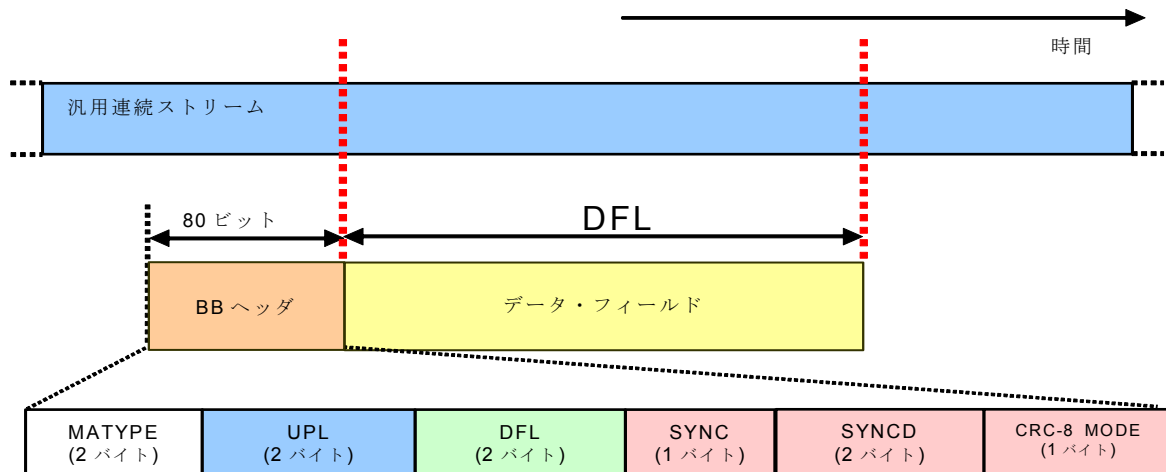


図 3.3-8 通常モード (GSE及びGCS) でのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式

### 高効率モード、GSE

GSE の可変長または固定長 UP を HEM で伝送できる。GSE パケットの分割が行われる場合、SYNC D を計算する必要がある。GSE パケットが分割されない場合、最初のパケットはデータフィールドに同期され、したがって SYNC D は常に  $0_D$  に設定される。レシーバーは UP を導出可能である為、BBHeader での UPL 伝送は行わない。TS と同様 ISSY フィールドをオプションとして BBHeader で伝送可能である。モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-9 を参照)。

- データフィールド内最初の UP に関連する入力ストリーム同期を挿入(オプション)。つまり BBHeader の UPL および SYNC フィールドに ISSY フィールドが挿入される。
- ヌルパケット削除および UP レベルでの CRC-8 は計算されず挿入もされない。
- SYNC D を計算(データフィールド内最初の UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP は元 UP 自体に対応する。このため SYNC D は元 UP の最初のビットを指す。
- UPL は計算されず伝送もされない。

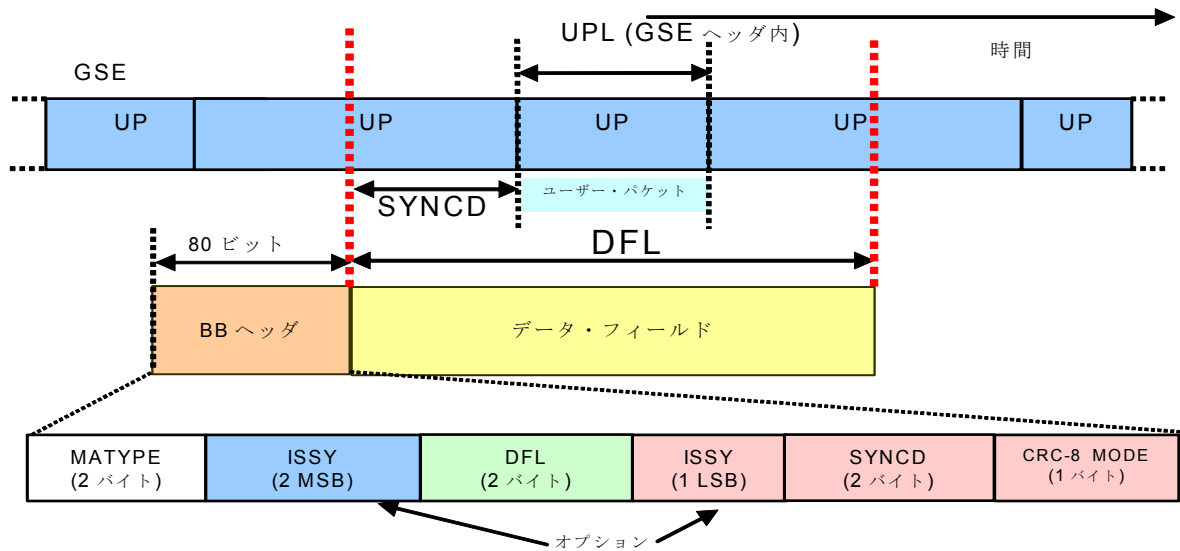


図 3.3-9 GSE用高効率モードでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式  
(UP用CRC-8無し, BBヘッダにオプションの単一ISSY有り, UPL無し)

### 高効率モード、GFPS および GCS

これらのモードは定義されない。

(理由)

TS パケット長情報や SYNC バイト情報など、受信情報での既知情報の伝送領域を再利用することでより一層の効率化を図ることが可能となる。

#### 3.3.2.2 ストリーム適合

ストリーム適合(図 3.3-3(a)~(c)を参照)は次の機能を備える。

- スケジューリング((1)を参照)
- 固定長( $K_{\text{bch}}$  ビット)の BBFrame を完成するためのパディング((2)を参照)
- エネルギー分散のためのスクランブル((3)を参照)

ストリーム適合モジュールへの入力ストリームは、BBHeader の後にデータフィールドが続いたものである。出力ストリームは、図 3.3-10 に示す BBFrame である。



図 3.3-10 ストリームアダプタ出力に於けるBBフレームの形式

(1) スケジューラ

L1 パート 2 シグナリング情報を生成するため、スケジューラはデータスライズビルダーとともに、最終的な C2 システムでどのデータスライスがどの PLP に属するデータを搬送するかを決定する。

(理由)

C2 システムの構造に関する情報をスケジューラモジュールに持たせることにより、フレーム構築制御を効率的に行うことが可能となる。

(2) パディング

$K_{bch}$  は表 3.3-3(a)および(b)に示される符号化率に依存する。ユーザーデータ長が BBFrame を完全に満たすのに十分でない場合または BBFrame 内に整数個の UP を割当てて必要がある場合、 $(K_{bch} - DFL - 80)$ 個のビット 0 がデータフィールド後に追加される。結果、BBFrame は  $K_{bch}$  ビットの固定長となる。

(理由)

適用する誤り訂正符号がブロック符号であるため、特定のブロック長を実現する必要があり、不足分にビット 0 を詰めることでそのブロック長を実現する。

(3) BB スクランブル

BBFrame はスクランブルシーケンスによってランダム化される必要がある。スクランブルシーケンスは BBFrame と同期し MSB から開始されて  $K_{bch}$  ビット後に終了する。

スクランブルシーケンスは図 3.3-11 のフィードバックシフトレジスタにより生成され、その定義多項式は以下の通り。

$$1 + X^{14} + X^{15}$$

BBFrame 開始時に初期値シーケンス(100101010000000)をレジスタへロードし動作を開始する。

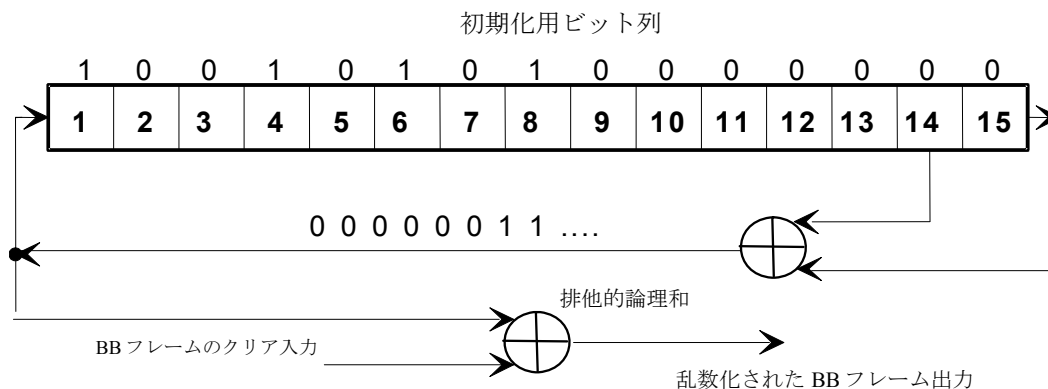


図 3.3-11 PRBS符号化器の実装例

(理由)

データに依存し特定のビットシーケンスが連続することを避けるため、信号のランダムイズは必須である。また、その周期は  $2^{15}-1$  程度で十分である。

### 3.3.3 ビットインターリーブされた符号化と変調

本項で、規定する変調方式と符号化方式の組み合わせは、3.2.2の表 3.2-1 に記載の内容に限定する

#### 3.3.3.1 FEC符号化

このサブシステムは、外符号化(BCH)、内符号化(LDPC)、およびビットインターリーブを実行する。

各 BBFrame ( $K_{bch}$  ビット)は FEC 符号化サブシステムにより処理され、FECFrame ( $N_{ldpc}$  ビット)が生成される。図 3.3-12 に示すように、組織的な BCH 外符号のパリティチェックビット(BCHFEC)が BBFrame の後に追加され、LDPC 内符号化器のパリティチェックビット(LDPCFEC)が BCHFEC フィールドの後に追加される。

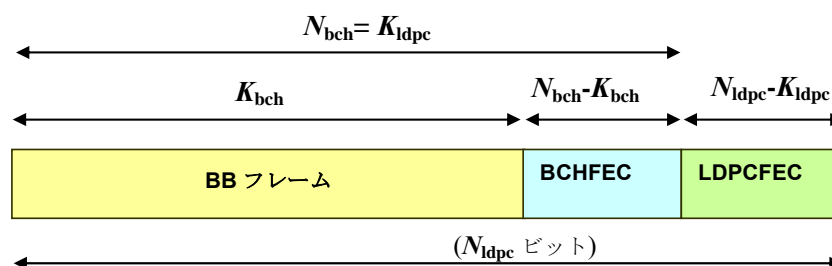


図 3.3-12 ビットインターリーブ前のデータ形式  
(通常FECFrame時  $N_{ldpc} = 64\,800$  ビット, 短縮FECFrame時,  $N_{ldpc} = 16\,200$  ビット)

表 3.3-3(a) 符号化パラメータ(通常FECフレーム  $N_{ldpc} = 64800$  時)

LDPC 符号 符号化率	BCH 情報ブロック $K_{bch}$	BCH符号ブロック $N_{bch}$ LDPC情報ブロック $K_{ldpc}$	BCH エラー訂正 ビット数 $t$	$N_{bch} - K_{bch}$	LDPC符号ブロック $N_{ldpc}$
2/3	43 040	43 200	10	160	64 800
3/4	48 408	48 600	12	192	64 800
4/5	51 648	51 840	12	192	64 800
5/6	53 840	54 000	10	160	64 800
9/10	58 192	58 320	8	128	64 800

表 3.3-3(b) 符号化パラメータ(短縮FECフレーム  $N_{ldpc}=16200$  時)

LDPC 符号 識別子	BCH 情報ブロック $K_{bch}$	BCH符号ブロック $N_{bch}$ LDPC情報ブロック $K_{ldpc}$	BCH エラー訂正 ビット数 $t$	$N_{bch} - K_{bch}$	実効LDPC 符号化率 $K_{ldpc} / N_{ldpc}$	LDPC符号 ブロック $N_{ldpc}$
1/2 (注参照)	7 032	7 200	12	168	4/9	16 200
2/3	10 632	10 800	12	168	2/3	16 200
3/4	11 712	11 880	12	168	11/15	16 200
4/5	12 432	12 600	12	168	7/9	16 200
5/6	13 152	13 320	12	168	37/45	16 200
8/9	14 232	14 400	12	168	8/9	16 200

注：この符号化率はL1プリングナリング参照用識別子であり，実際のデータの符号化率と異なる。

### (1) BCH 符号化

t-エラー訂正 BCH ( $N_{bch}$ ,  $K_{bch}$ )符号を各 BBFrame に適用しエラー保護されたパケットを生成する。 $N_{ldpc} = 64,800$  の BCH 符号のパラメータを表 3.3-3(a)に、 $N_{ldpc} = 16,200$  のパラメータを表 3.3-3(b)に示す。

t エラー訂正 BCH 符号化の生成多項式  $g(x)$ は、 $N_{ldpc} = 64,800$  の場合は表 3.3-4(a)、 $N_{ldpc} = 16,200$  の場合は表 3.3-4 (b)にある最初の t 個の多項式を乗算して得られる。

表 3.3-4(a) BCH 多項式 (通常 FEC フレーム  $N_{ldpc} = 64\ 800$ )

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

表 3.3-4(b) BCH 多項式 (短縮 FEC フレーム  $N_{ldpc} = 16\ 200$ )

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

情報ビット  $M = (m_{K_{bch}-1}, m_{K_{bch}-2}, m_1, m_0)$  からパリティビット BCHFEC は次のように得られる。

メッセージ多項式  $m(x) = m_{K_{bch}-1}x^{K_{bch}-1} + m_{K_{bch}-2}x^{K_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$  を  $x^{N_{bch}-K_{bch}}$  で乗算する。  
 $x^{N_{bch}-K_{bch}}m(x)$  を、生成多項式  $g(x)$  で除算した時の剰余多項式を  $d(x) = d_{N_{bch}-K_{bch}-1}x^{N_{bch}-K_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$  とした場合、その係数のビット列が BCHFEC となる。

(理由)

LDPC 符号はシャノン限界に迫る高い性能を誇る一方、伝送電力をあげてもエラー耐性が上がらないエラーフロアと呼ばれる現象を併せ持つことが知られている。BCH 符号を外符号として備えることにより、エラーフロアの影響を低減することが可能となる。

(2) LDPC 符号化

LDPC 符号化器は、BCH 符号化の出力  $I = (i_0, i_1, \dots, i_{N_{\text{bch}}-1})$  をサイズ  $K_{\text{ldpc}} = N_{\text{bch}}$  の情報ブロックとして扱い、サイズ  $N_{\text{ldpc}}$  の符号語  $A$  上に組織的に符号化する。ここで

$$A = (\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_{\text{ldpc}}-1}) = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1})$$

LDPC 符号パラメータ ( $N_{\text{ldpc}}, K_{\text{ldpc}}$ ) を、表 3.3-3(a) および (b) に示す。

● LDPC 符号化

符号化器は  $K_{\text{ldpc}}$  個の情報ビット ( $i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}$ ) から  $N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$  個のパリティビット ( $p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1}$ ) を以下の手順で決定する。

- $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1} = 0$  に初期化する。
- 対応する符号インデックス<sup>2</sup>表の  $1$  行目に指定されているインデックス  $k_{0j}$  を持つパリティビットに最初の情報ビット  $i_0$  を加算する。(尚すべての加算 $\oplus$ は排他的論理和)。また、インデックスを  $Q_{\text{ldpc}}l$  増やし  $i_l$  を加算する。ここで  $l$  は  $1$  以上  $360$  未満の整数である。

$$\begin{array}{lll}
 p_{k00} = p_{k00} \oplus i_0 & p_{k01} = p_{k01} \oplus i_0 & \dots \dots \dots p_{k0w0} = p_{k0w0} \oplus i_0 \\
 p_{k00+Q} = p_{k00+Q} \oplus i_l & p_{k01+Q} = p_{k01+Q} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Q} = p_{k0w0+Q} \oplus i_l \\
 \dots \dots \dots & & \\
 p_{k00+Ql} = p_{k00+Ql} \oplus i_l & p_{k01+Ql} = p_{k01+Ql} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Ql} = p_{k0w0+Ql} \oplus i_l
 \end{array}$$

- 同様に符号インデックス表の  $i+1$  行目に指定されているインデックス  $k_{ij}$  を持つパリティビットに最初の情報ビット  $i_{360i}$  を加算する。また、インデックスを  $Q_{\text{ldpc}}l$  増やし  $i_l$  を加算する。ここで  $l$  は  $0$  以上  $360$  未満の整数である。

すべての情報ビットが処理された後で、次の方法により最終的なパリティビットが得られる。

- 次の演算を、 $i = 1$  から順に実行する。

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}} - 1$$

尚、 $Q_{\text{ldpc}}$  の値は以下の表の通り。

<sup>2</sup> ETSI EN 302 769 Annex A, B にある Table A, B を参照

表 3.3-5(a) 通常フレームに於ける  $Q_{ldpc}$

符号化率	$Q_{ldpc}$
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
9/10	18

表 3.3-5(b) 短縮フレームに於ける  $Q_{ldpc}$

符号化率	$Q_{ldpc}$
1/2	25
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

(理由)

シャノン限界に迫る高い性能を持つ LDPC 符号を用いることで、高い伝送効率を確保することが可能となる。また、準巡回構造をもつ LDPC 符号を用いることにより符号化器・復号器の平行実装が可能となり、伝送のスループットを上げることが可能となる。

### (3) ビットインターリーブ

LDPC 符号化器の出力  $A$  は最初にパリティインターリーブされ、後にカラムツイストインターリーブされる。パリティインターリーブの出力を  $U$ 、カラムツイストインターリーブの出力を  $V$  で表す。

パリティインターリーブ部分では、パリティビットは次のようにインターリーブされる。

$$u_i = \lambda_i \quad \text{for } 0 \leq i < K_{ldpc}$$

$$u_{K_{ldpc} + 360t + s} = \lambda_{K_{ldpc} + Q_{ldpc}s + t} \quad \text{for } 0 \leq s < 360, 0 \leq t < Q_{ldpc}$$

各変調フォーマットについてのカラムツイストインターリーブメモリの構成を表 3.2-6 に示す。



表 3.3-6 カラムツイストインターリーブメモリの構成

変調	行数 $N_r$		列数 $N_c$
	$N_{\text{ldpc}} = 64\,800$	$N_{\text{ldpc}} = 16\,200$	
16QAM	8 100	2 025	8
64QAM	5 400	1 350	12
256QAM	4 050	-	16
	-	2 025	8
1024QAM	3 240	810	20
4096QAM	5 400	-	12
	-	675	24

パリティインターリーブバの出力ビット  $u_i$  は、図 3.3-13 に示すように、カラムツイストインターリーブの列方法に書き込まれ、行方向に読み出される(BBHeader の MSB が最初に読み出される)。このとき、各列の書き込み開始位置は、表 3.3-7(b)に従い、 $t_c$  だけシフトされる。この出力を  $V$  とする。

- インデックス  $i$  の入力ビット  $u_i$  が、 $0 \leq i < N_{\text{ldpc}}$  について、インターリーブバの列  $c_i$ 、行  $r_i$  に書き込まれる。ここで、

$$c_i = i \operatorname{div} N_r$$

$$r_i = i + t_{c_i} \operatorname{mod} N_r$$

- インデックス  $j$  の出力ビット  $v_j$  が、 $0 \leq j < N_{\text{ldpc}}$  について、行  $r_j$ 、列  $c_j$  から読み出される。ここで、

$$r_j = j \operatorname{div} N_c$$

$$c_j = j \operatorname{mod} N_c$$

表 3.3-7(a) カラムツイストパラメータ  $t_c$  (0~11列目)

変調	列数 $N_c$	$N_{\text{ldpc}}$	ツイストパラメータ $t_c$											
			列 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16 QAM	8	64 800	0	0	2	4	4	5	7	7	-	-	-	-
		16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
64 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
		16 200	0	0	0	2	2	2	3	3	3	6	7	7
256 QAM	16	64 800	0	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	22
	8	16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
1024 QAM	20	64 800	0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16
		16 200	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5
4096 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
	24	16 200	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2

表 3.3-7(b) カラムツイストパラメータ  $t_c$  (12~23列目)

変調	列数 $N_c$	$N_{ldpc}$	ツイストパラメータ $t_c$											
			列12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16 QAM	8	64 800	-	-	-	-								
		16 200	-	-	-	-								
64 QAM	12	64 800	-	-	-	-								
		16 200	-	-	-	-								
256 QAM	16	64 800	27	27	28	32								
	8	16 200	-	-	-	-								
1024 QAM	20	64 800	21	21	23	25	25	26	28	30				
		16 200	5	7	7	7	7	8	8	10				
4096 QAM	12	64 800												
	24	16 200	2	3	7	9	9	9	10	10	10	10	10	11

(理由)

パリティインターリーブを行うことにより対応するパリティ検査行列のパリティビット対応部分の構造が準巡回となる。また、カラムツイストインターリーブを行うことによりフェイジング環境への耐性が強化される。

### 3.3.3.2 変調方式

#### (1) 変調ビットマッピング

各 FECFrame は、最初に入力ビットをデマルチプレクサによりセルに変換し、次にそれらのセルをコンスタレーション値にマップする。出力セルの数と、セルごとのビット数  $\eta_{MOD}$  を、表 3.3-8 に示す。

表 3.3-8 コンスタレーションへのビットのマッピングパラメータ

LDPCブロックの長さ ( $N_{ldpc}$ )	変調方式	$\eta_{MOD}$	セル出力数
64 800	4096QAM	12	5 400
	1024QAM	10	6 480
	256QAM	8	8 100
	64QAM	6	10 800
	16QAM	4	16 200
16 200	4096QAM	12	1 350
	1024QAM	10	1 620
	256QAM	8	2 025
	64QAM	6	2 700
	16QAM	4	4 050
	QPSK	2	8 100

(理由)

より効率的な伝送を実現するために、1024QAM や 4096QAM の様な高次元多値変調を導入した。また、16QAM から 4096QAM という多様な変調方式を具備することにより伝送所要 CN 比のレンジが広範なものとなり、伝送環境に応じた CN 比選択が可能となる。

(2) ビットからセルへのデマルチプレクサ

ビットインターリーブからのビットストリーム  $v_i$  は、図 3.3-13 に示すようにデマルチプレクスされ、 $N_{\text{substreams}}$  個のサブストリームに変換される。 $N_{\text{substreams}}$  の値は表 3.3-9 の通り。

表 3.3-9 デマルチプレクサから出力されるサブストリーム数

変調	$N_{\text{ldpc}}$	サブストリーム数 $N_{\text{substreams}}$
QPSK	任意	2
16QAM	任意	8
64QAM	任意	12
256QAM	64 800	16
	16 200	8
1024QAM	任意	20
4096QAM	64 800	12
	16 200	24

デマルチプレクスは、ビットインターリーブされた入力ビット  $v_{di}$  から、出力ビット  $b_{e,do}$  へのマッピングとして定義される。ここで、

- $do = di \text{ div } N_{\text{substreams}}$
- $e$  はデマルチプレクスされたビットサブストリーム番号 ( $0 \leq e < N_{\text{substreams}}$ ) で、表 3.3-10 に定義されている  $di$  に依存する。
- $v_{di}$  はデマルチプレクサへの入力。
- $di$  は入力ビット番号。
- $b_{e,do}$  はデマルチプレクサからの出力。
- $do$  は、デマルチプレクサの出力における、与えられたストリームのビット番号。

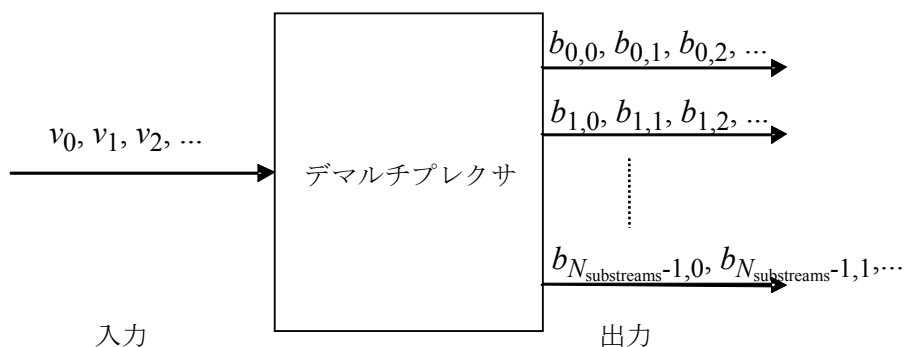


図 3.3-13 ビット列のサブストリームへのデマルチプレクス

表 3.3-10(a) ビット列からサブストリームへのデマルチプレクスパラメータ

変調方式	QPSK																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1																		
出力ビット番号 $e$	0	1																		
変調方式	16QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 $e$	7	1	4	2	5	3	6	0												
変調方式	64QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
変調方式	256QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
出力ビット番号 $e$	15	1	13	3	8	11	9	5	10	6	4	7	12	2	14	0				
変調方式	256QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 $e$	7	3	1	5	2	6	4	0												
変調方式	1024QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 $e$	8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
変調方式	1024QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 $e$	8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ ), パート1																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ ), パート2																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
出力ビット番号 $e$	6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

(符号化率1/2, 3/4, 4/5, 5/6, 9/10(8/9)の時)

表 3.3-10 (b) ビット列からサブストリームへのデマルチプレクスパラメータ (符号化率2/3の時)

変調方式	QPSK																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1																		
出力ビット番号 $e$	0	1																		
変調方式	16QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 $e$	7	1	4	2	5	3	6	0												
変調方式	64QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
変調方式	256QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
出力ビット番号 $e$	7	2	9	0	4	6	13	3	14	10	15	5	8	12	11	1				
変調方式	256QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 $e$	7	3	1	5	2	6	4	0												
変調方式	1024QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 $e$	8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
変調方式	1024QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 $e$	8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$ )																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ ), パート1																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 $e$	10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
変調方式	4096QAM ( $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ ), パート2																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
出力ビット番号 $e$	6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

(理由)

LDPC 符号ビットとコンスタレーションポイントの各ビットのエラー耐性の組み合わせをでマルチプレクサにより最適化することで、より高い伝送効率を実現できる。

(3) セルから I/Q コンスタレーションへのマップ

(2)のデマルチプレクサからの各セルワード $[y_{0,do}..y_{\eta\text{MOD}-1,do}] = [b_{0,do}..b_{N\text{substreams}-1,do}]$

は、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM コンスタレーションのいずれかを使用して変調され、正規化の前にコンスタレーションポイント  $z_q$  が与えられる。

$z_q$  の座標  $\text{Re}(z_q)$  および  $\text{Im}(z_q)$  は、入力ビット  $y_{e,q}$  に対して表 3.3-11(a)~(m)で与えられる。

表 3.3-11(j)および(k)は、1024QAM マッピングおよび対応するビット・パターンの記述を示している。  
 表 3.3-11(l)および(m)は、4096QAM マッピングおよび対応するビット・パターンの記述を示している。  
 各入力セル $(y_{0,q}..y_{\eta\text{MOD}-1,q})$ について、コンスタレーションポイント  $z_q$  は電力 1 に正規化され、使用すべき正しい複素数セル値  $f_q$  が得られる。

表 3.3-11(a) 変調・マッピング (BPSK)

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1
$\text{Im}(z_q)$	0	0

表 3.3-11(b) 変調・マッピング (QPSK 実数部)

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1

表 3.3-11(c) 変調・マッピング (QPSK 虚数部)

$y_{1,q}$	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-1	1

表 3.3-11(d) 変調・マッピング (16QAM 実数部)

$y_{0,q}$	1	1	0	0
$y_{2,q}$	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-3	-1	1	3

表 3.3-11(e) 変調・マッピング (16QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	0	0
$y_{3,q}$	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-3	-1	1	3

表 3.3-11(f) 変調・マッピング (64QAM 実数部)

$y_{0,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{4,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

表 3.3-11(g) 変調・マッピング (64QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{5,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

表 3.3-11(h) 変調・マッピング (256QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{6,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

表 3.3-11(i) 変調・マッピング (256QAM 虚数部)

$Y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{7,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

表 3.3-11(j) 変調・マッピング (1024QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

表 3.3-11(k) 変調・マッピング (1024QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

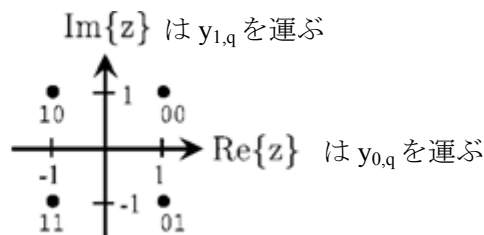
表 3.3-11(l) 変調・マッピング (4096QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63



表 3.3-11(m) 変調・マッピング (4096QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63



QPSK

ビット順序 :

$y_{0,q} y_{1,q}$

図 3.3-14 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(QPSK)

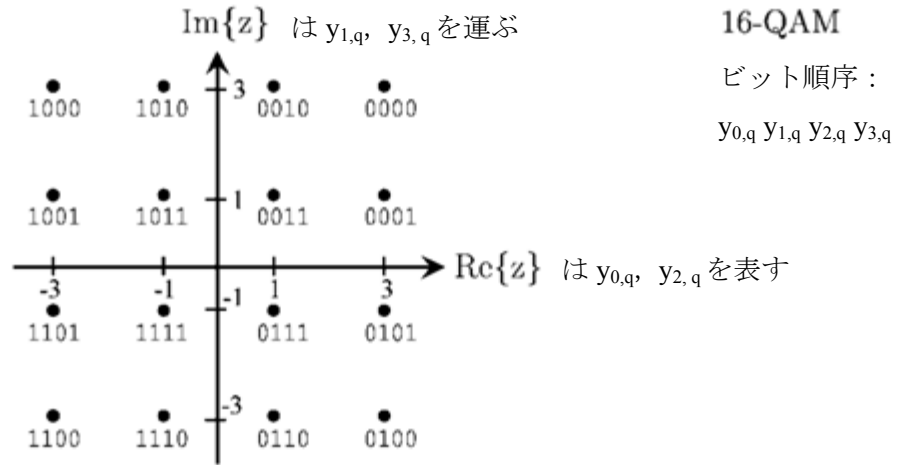


図 3.3-15 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(16QAM)

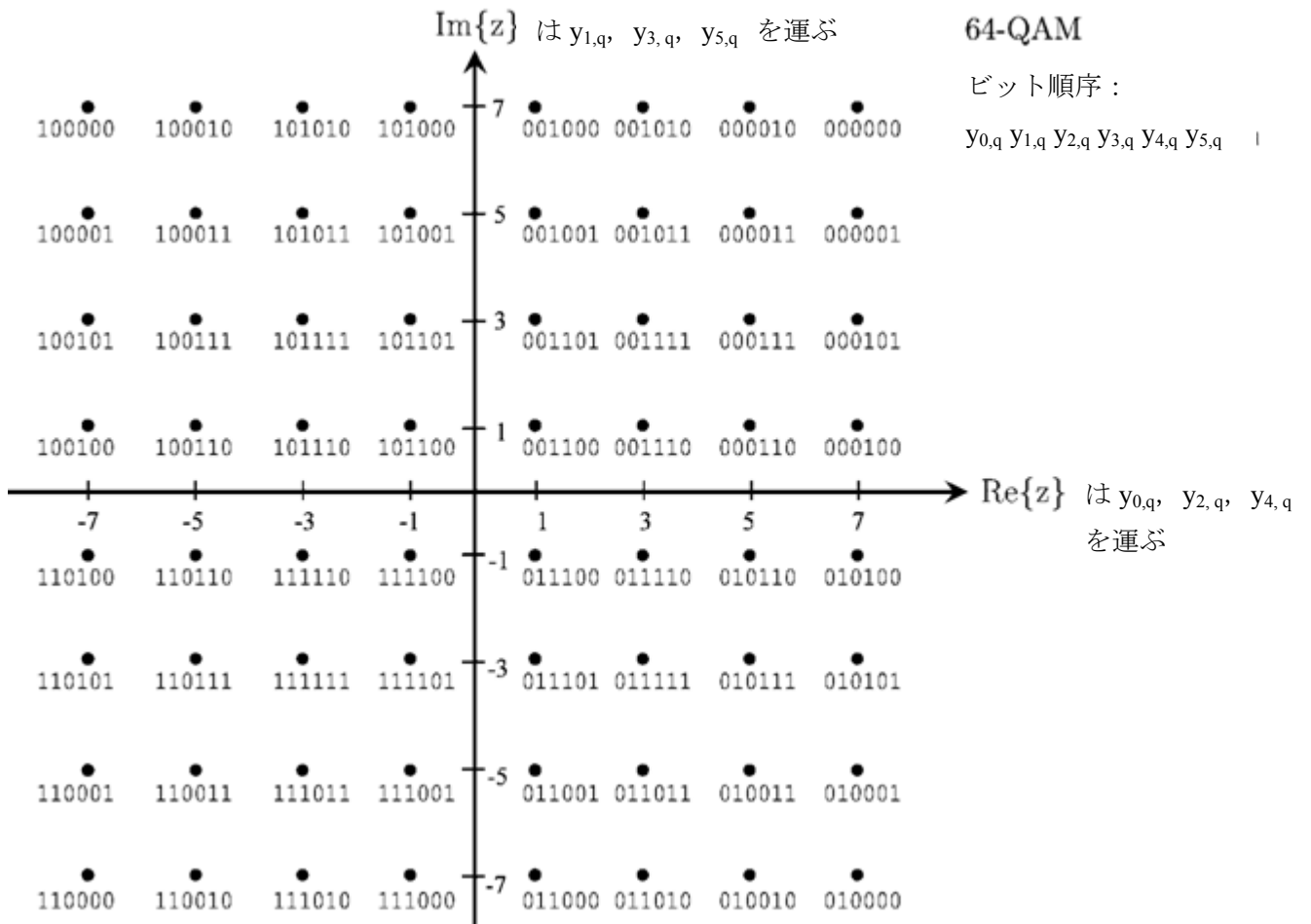


図 3.3-16 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(64QAM)

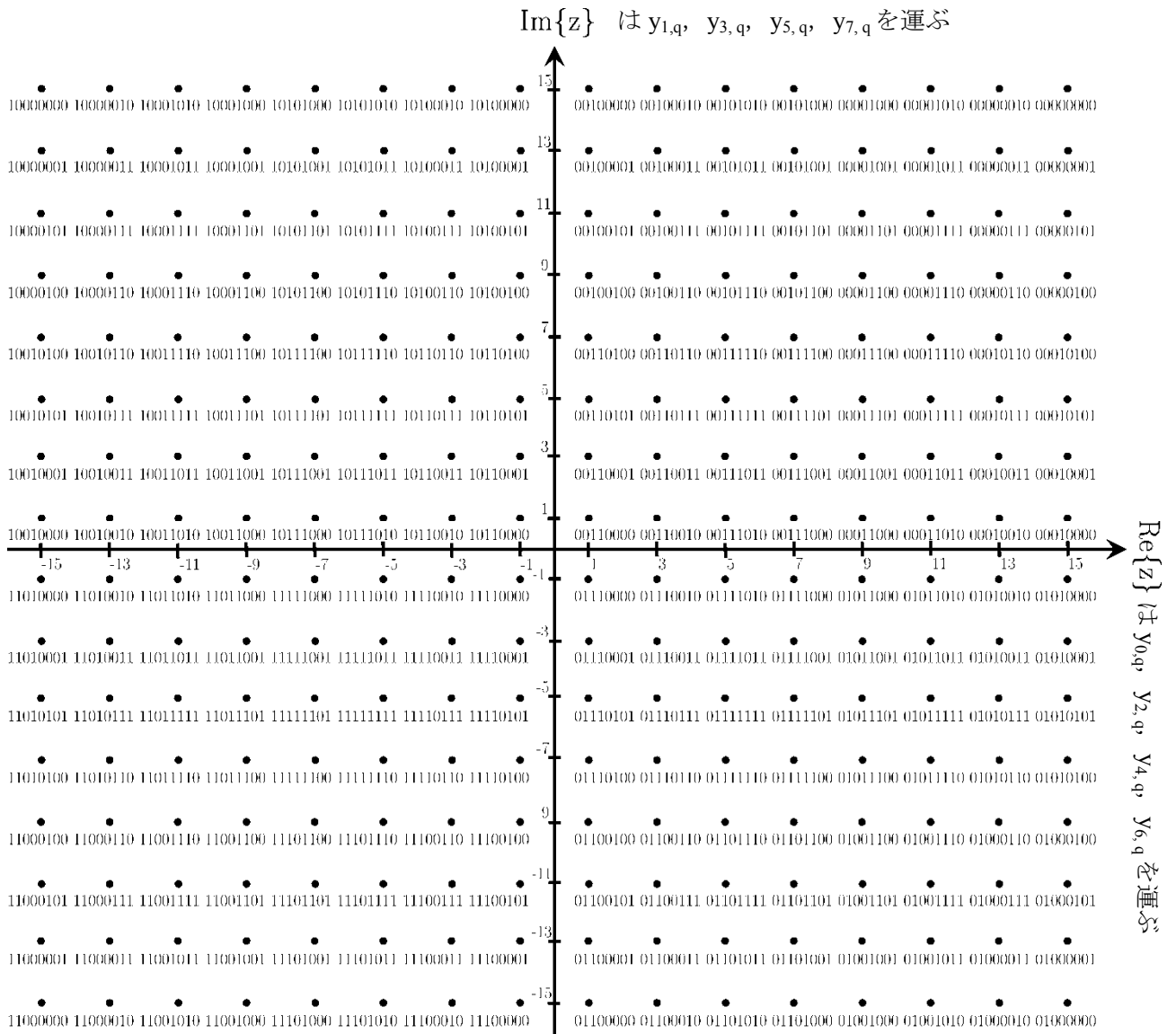


図 3.3-17 ビット・パターンのコンステレーションへのマッピング(256QAM)

表 3.3-12 データ・セルに対する正規化係数

変調	正規化
QPSK	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2}}$
16QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{10}}$
64QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{42}}$
256QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{170}}$
1024QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{682}}$
4096QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2730}}$

(理由)

より効率的な伝送を実現するために、1024QAMや4096QAMの様な高次元多値変調を導入した。また、16QAMから4096QAMという多様な変調方式を具備することにより伝送所要 CN 比のレンジが広範なものとなり、伝送環境に応じた CN 比選択が可能となる。

### 3.3.4 データスライスパケットの生成

#### 3.3.4.1 データスライスタイプ1のデータスライスパケット

タイプ1のデータスライス(DSLICE\_TYPE=0)で伝送されるデータスライスパケットは、1つのLDPC符号語に含まれる $[N_{\text{idpc}}/\eta_{\text{MOD}}] = N_{\text{DP}}$ 個のセル $g$ により形成される。

タイプ1のデータスライスのシグナリングはプリアンプル内、すなわちレイヤー1 - パート2で行われる。データスライスタイプ1では、フレームごとに変調と符号化パラメータが固定で1PLPのみ伝送可能である。

(理由)

フレーム内のパラメータ変動を制限することにより無駄なシグナリング伝送を省き、伝送の効率化が実現可能となる。

### 3.3.4.2 データスライスタイプ2のデータスライスパケット

データスライスタイプ 2 のデータスライスパケットは、1 つまたは 2 つの FECFrame の前に追加の FECFrame ヘッダーを伝送する。このヘッダーは次の XFECFrame の PLP\_ID、符号化と変調のパラメータ、および XFECFrame 数を通知する。これらのデータスライスパケットの構造を、図 3.3-18 に示す。

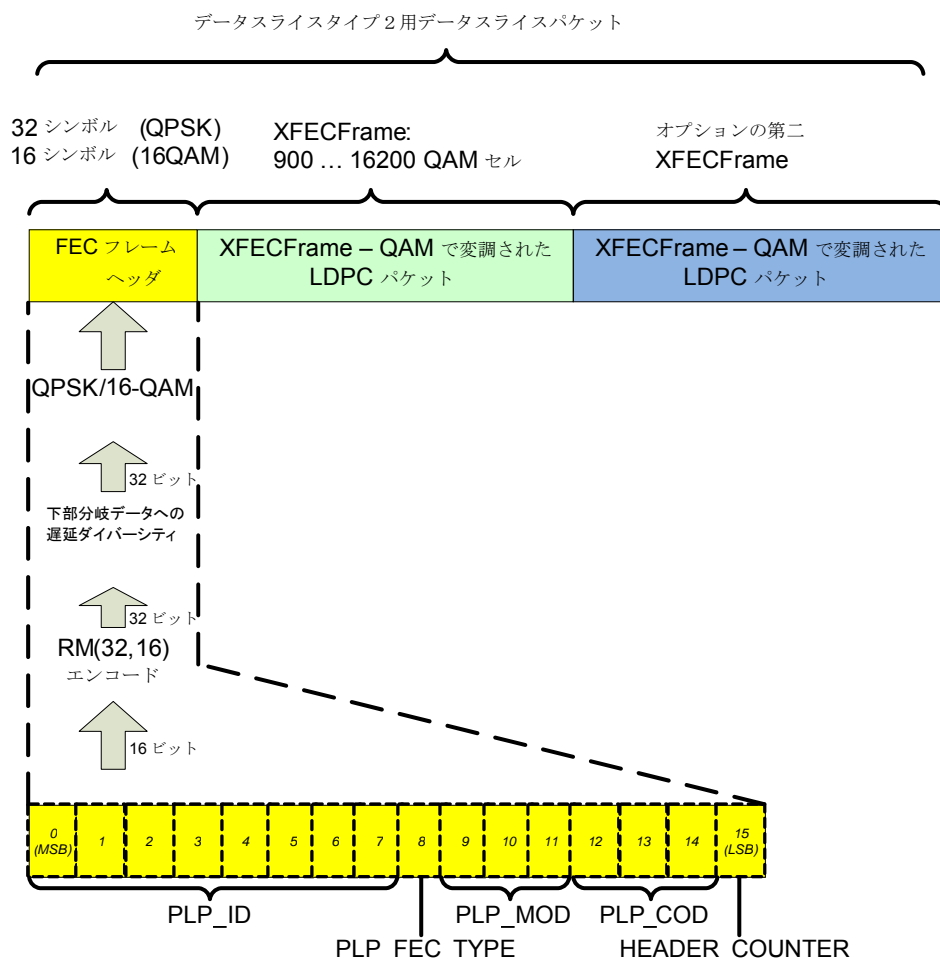


図 3.3-18 FECフレームヘッダとそれに続くXFECFrameパケットから成るデータスライスパケット

#### (1) FECFrame ヘッダーのシグナリングデータ

FECFrame ヘッダーの 16 個の情報ビットは次のように定義される。常に MSB が最初にマップされる。

**PLP\_ID(8 ビット):** C2 システム内で PLP を一意に識別する。

**PLP\_FEC\_TYPE(1 ビット):** 次の FECFrame のサイズを通知する(0 = 16,200 ビット、1 = 64,800 ビット)。

**PLP\_MOD(3 ビット):** 表 3.3-13 に従い使用される QAM マッピングを示す。

表 3.3-13 QAMマッピングに対するPLP\_MOD値

PLP_MOD	QAMマッピング
000	予約済み
001	16QAM
010	64QAM
011	256QAM
100	1024QAM
101	4096QAM
110 ~ 111	将来使用の為に予約

**PLP\_COD(3 ビット):** 表 3.3-14 に従い FECFrame の LDPC 符号化率を示す。

表 3.3-14 符号化率に対するPLP\_COD値

PLP_COD値	符号化率
000	予約済み
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC) 9/10 (64K LDPC)
110 ~ 111	将来使用の為に予約

**HEADER\_COUNTER(1 ビット):** FECFrame の数を通知する。「0」は FECFrame が 1 つだけであることを示す。「1」は FECFrame が 2 つで、両方の FECFrame の PLP\_ID、PLP\_FEC\_TYPE、PLP\_MOD、PLP\_COD が同じであることを示す。

(理由)

PLP ID、FECFrame の長さ、符号や変調のパラメータ等、FECFrame の受信に必要な不可欠なパラメータを FECFrame の先頭に置くことにより、受信機側ではその情報を速やかに取得し FECFrame の受信処理を進めることが可能となる。

## (2) FECFrame ヘッダの符号化

FECFrame ヘッダデータ 16 ビットは最初にリード・マラー(32,16)符号化される。次に、32 ビットのリード・マラー符号語は上下 2 ブランチに分割され、下ブランチのみ符号語内でサイクリックシフトされ PN シーケンスによりスクランブルされる。その後、QPSK 変調 (高耐性 FECFrame) または 16QAM 変調(高効率 FECFrame)にマップされる。

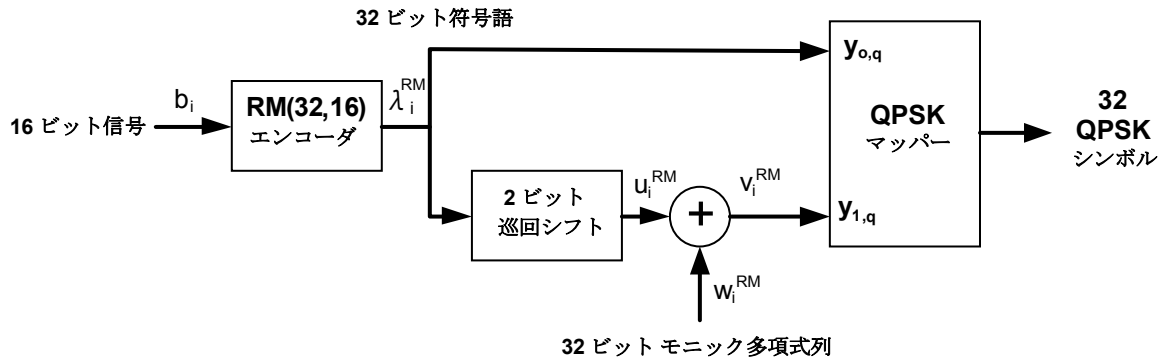


図 3.3-19(a) 高耐性FECフレームヘッダ

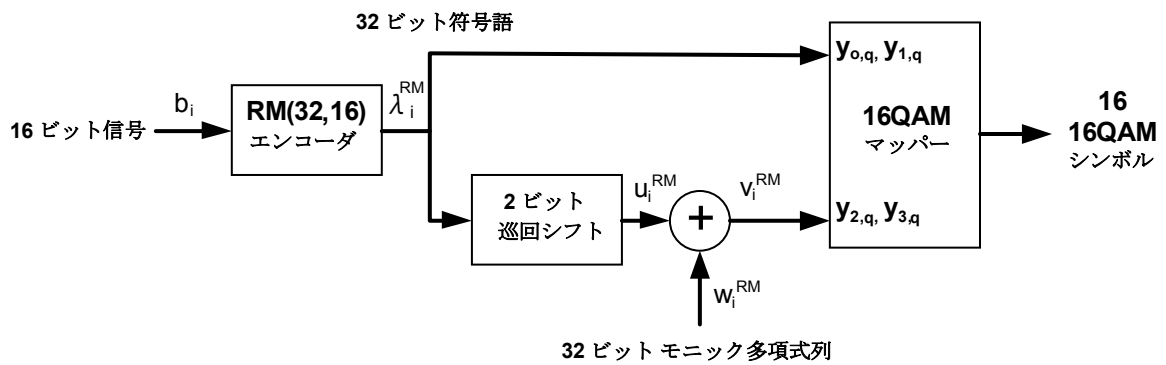


図 3.3-19(b) 高効率FECフレームヘッダ

● エラー訂正符号化

情報 16 ビットはリード・マラー(32,16)符号により符号化される。

このリード・マラー(32,16)符号の生成行列  $G$  を以下に示す。





ため、FECFrame ヘッダの符号化に適した符号であると言える。また信号をサイクリックにシフトし拡散することで時間的なダイバーシティを得ることによりエラー耐性を強化している。

### (3) QAM 変調へのマッピング

上ブランチの 32 ビットと、下ブランチの 32 ビットは、2 種類の QAM 変調へマップされる。

#### ● 高耐性 FECFrame ヘッダ

高耐性 FECFrame ヘッダは 3.3.3.2(3) に定義されている QPSK を使用して変調され 32 個の複素数セル値  $f_q$  が得られる。32 個のマッパー入力セルは、次のように定義される。

$$[y_{0,i}, y_{1,i}] = [\lambda_i^{\text{RM}}, v_i^{\text{RM}}] \quad i = 0, 1, \dots, 31$$

#### ● 高効率 FECFrame ヘッダ

高効率 FECFrame ヘッダは 3.3.3.2(3) に定義されている 16QAM を使用して変調され、16 個の複素数セル値  $f_q$  が得られる。16 個のマッパー入力セルは、次のように定義される。

$$[y_{0,i}, y_{1,i}, y_{2,i}, y_{3,i}] = [\lambda_{2i}^{\text{RM}}, \lambda_{2i+1}^{\text{RM}}, v_{2i}^{\text{RM}}, v_{2i+1}^{\text{RM}}] \quad i = 0, 1, \dots, 15$$

(理由)

高耐性・高効率の 2 モードを選択肢として用意することにより、利用者のニーズに合わせた運用が可能となる。

## 3.3.5 レイヤー1パート2シグナリングの生成、符号化、変調

### 3.3.5.1 概要

C2 フレームの構造を図 3.3-20 に示す。L1 シグナリングパート 2 は、OFDM パラメータに加えてデータスライス、PLP、およびノッチバンドについて関連するすべての情報を伝送する。

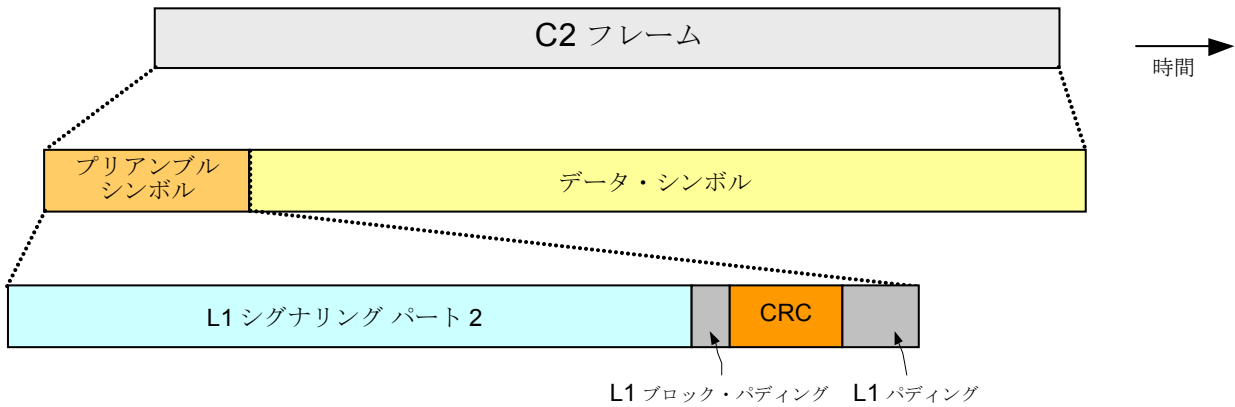


図 3.3-20 L1パート2シグナリングの構成

### 3.3.5.2 プリアンブルヘッダ

図 3.3-21 に示すように、各プリアンブルシンボルの L1 時間インターリーブブロックの前に、32OFDM セルからなるプリアンブルヘッダを挿入する。1 つの C2 フレーム内においてすべてのヘッダは同一である。プリアンブルヘッダには、L1 パート 2 の長さや L1 ブロックの時間インターリーブモードを記述する。プリアンブルヘッダに含まれる 16 個の情報ビットはリード・マラー(32,16)符号により符号化され QPSK に変調される。

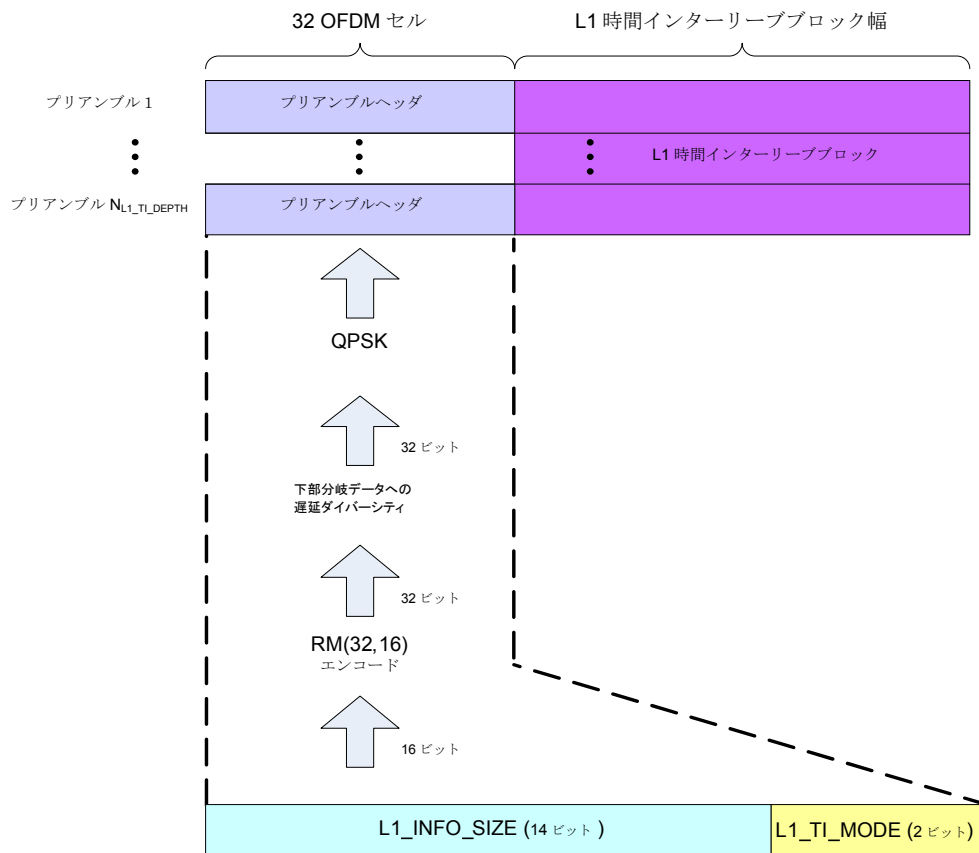


図 3.3-21 プリアンブルヘッダの生成と伝送形式フィールド

**L1\_INFO\_SIZE(14 ビット):** L1 パート 2 サイズの半分を示す。  $K_{L1part2\_ex\_pad}$  の値はパリティの長さ 32 と  $L1\_INFO\_SIZE \times 2$  とを加算して求められる。

**L1\_TI\_MODE(2 ビット):** 現在の C2 フレームの L1 パート 2 の時間インターリーブモードを示す。時間インターリーブモードは、表 3.3-16 に従って通知される。

表 3.3-16 L1\_TI\_MODEフィールドの定義

L1_TI_MODE	モード(インターリーブ長)
00	インターリーブ無し
01	最適
10	4 OFDM シンボル
11	8 OFDM シンボル

(理由)

プリアンブルヘッダ領域には L1 シグナリングパート 2 の受信に必要な全情報が格納される。受信機はプリアンブルの先頭にあるヘッダの情報をまず解釈し、以降に続く L1 パート 2 信号の受信動作への準備が可能となる。プリアンブルヘッダの情報取得に失敗すると以降の動作を進めることが出来ない為、リード・マラー符号化を行い、また最もエラー耐性のある QPSK 変調で送信する。

### 3.3.5.3 L1シグナリングパート2のデータ

L1 シグナリングパート 2 のデータについて、フィールドの詳細な使用法を表 3.3-17 に示す。

表 3.3-17 L1シグナリングパート2のデータフィールド

フィールド	サイズ(ビット)
NETWORK_ID	16
C2_SYSTEM_ID	16
START_FREQUENCY	24
C2_BANDWIDTH	16
GUARD_INTERVAL	2
C2_FRAME_LENGTH	10
L1_PART2_CHANGE_COUNTER	8
NUM_DSLICE	8
NUM_NOTCH	4
for i=0..NUM_DSLICE-1 {	
DSLICE_ID	8
DSLICE_TUNE_POS	14 or 13
DSLICE_OFFSET_LEFT	9 or 8
DSLICE_OFFSET_RIGHT	9 or 8
DSLICE_TI_DEPTH	2
DSLICE_TYPE	1
if DSLICE_TYPE=='1' {	
FEC_HEADER_TYPE	1
}	
DSLICE_CONST_CONF	1
DSLICE_LEFT_NOTCH	1
DSLICE_NUM_PLP	8
for i=0..DSLICE_NUM_PLP-1 {	
PLP_ID	8
PLP_BUNDLED	1
PLP_TYPE	2
PLP_PAYLOAD_TYPE	5
if PLP_TYPE=='00' or '01' {	
PLP_GROUP_ID	8
}	
if DSLICE_TYPE=='0' {	
PLP_START	14
PLP_FEC_TYPE	1
PLP_MOD	3
PLP_COD	3
}	
PSI/SI_REPROCESSING	1
if PSI/SI_REPROCESSING=='0' {	
transport_stream_id	16
original_network_id	16
}	
RESERVED_1	8
}	
RESERVED_2	8
}	
for i=0..NUM_NOTCH-1 {	
NOTCH_START	14 or 13
NOTCH_WIDTH	9 or 8
RESERVED_3	8
}	
RESERVED_TONE	1
EMERGENCY_INDICATOR*	1
RESERVED_4	15

注) EMERGENCY\_INDIDATOR は ITU-T J.382 に追加された新規機能となる。

**NETWORK\_ID(16 ビット):** 現在のネットワークを一意に識別する。

**C2\_SYSTEM\_ID(16 ビット):** ネットワーク内の C2 システムを一意に識別する。

**START\_FREQUENCY(24 ビット):** 現在の C2 システムの開始周波数を、0 Hz からの距離として示し、現在の C2 システムのキャリア間隔の整数倍として unsigned int の値をとる。

**C2\_BANDWIDTH(16 ビット):** 現在の C2 システムの帯域幅を示す。

**GUARD\_INTERVAL(2 ビット):** 表 3.3-18 に従い、現在の C2 フレームのガードインターバルを示す。

表 3.3-18 ガードインターバルフィールドの定義

GUARD_INTERVAL	ガードインターバル比率
00	1/128
01	1/64
10 ~ 11	将来使用の為に予約

**C2\_FRAME\_LENGTH(10 ビット):** C2 フレームごとのデータシンボル数( $L_{data}$ )を示す。本ドキュメントに従う C2 システムでは  $C2\_FRAME\_LENGTH = 0x1C0$  (10 進数の 448)のみが許される。

**L1\_PART2\_CHANGE\_COUNTER(8 ビット):** 構成が変化する場所の前にある C2 フレームの数を示す。

**NUM\_DSLSICE(8 ビット):** 現在の C2 フレーム内で搬送されるデータスライス数を示す。

**NUM\_NOTCH(4 ビット):** ノッチバンド数を示す。

以下のフィールドは、データスライスループに出現する。

- **DSLSICE\_ID(8 ビット):** C2 システム内でデータスライスを一意に識別する。
- **DSLSICE\_TUNE\_POS(13 または 14 ビット):** データスライスのチューニング位置を START\_FREQUENCY との相対値として示す。
- **DSLSICE\_OFFSET\_LEFT(8 または 9 ビット):** 関連するデータスライスの開始位置をチューニング位置から左への距離として示す。
- **DSLSICE\_OFFSET\_RIGHT(8 または 9 ビット):** 関連するデータスライスの終了位置をチューニング位置から右への距離として示す。
- **DSLSICE\_TI\_DEPTH(2 ビット):** 表 3.3-19 に従い、関連するデータスライス内での時間インターリーブの深さを示す。

表 3.3-19 時間インターリーブの深さフィールドの定義

DSLSICE_TI_DEPTH	時間インターリーブの深さ
00	インターリーブ無し
01	4 OFDMシンボル
10	8 OFDMシンボル
11	16 OFDMシンボル

- **DSLSICE\_TYPE(1 ビット):** 表 3.3-20 に従い関連するデータスライスのタイプを示す。

表 3.3-20 データスライスタイプフィールドの定義

DSLICE_TYPE	データスライスタイプ
0	データスライスタイプ1
1	データスライスタイプ2

次のフィールドは DSLICE\_TYPE が「1」のときのみ出現する。

- **FEC\_HEADER\_TYPE(1 ビット):** 表 3.3-21 に従い、関連するデータスライス内の FECFrame ヘッダのタイプを示す。

表 3.3-21 FECフレームヘッダタイプフィールドの定義

FEC_HEADER_TYPE	FECフレームヘッダタイプ
0	高耐性モード
1	高効率モード

- **DSLICE\_CONST\_CONF(1 ビット):** 関連するデータスライスの構成が可変か固定かを示す。このフィールドが値「1」に設定されている場合関連するデータスライスの構成は変化しない。そうでない場合「0」に設定される。
- **DSLICE\_LEFT\_NOTCH(1 ビット):** 関連するデータフィールドの左に隣接するノッチバンドの存在を示す。関連するデータスライスの開始位置に隣接するノッチバンドが存在する場合、このフィールドは「1」に設定される。そうでない場合「0」に設定される。
- **DSLICE\_NUM\_PLP(8 ビット):** 関連するデータスライス内で搬送される PLP 数を示す。

以下のフィールドは、PLP ループに出現する。

- **PLP\_ID(8 ビット):** C2 システム内で PLP を識別する。
- **PLP\_BUNDLED(1 ビット):** 現在の C2 システム内で、関連する PLP が他の PLP とバンドルされるかどうかを示す。関連する PLP がバンドルされる場合、このフィールドは「1」に設定される。そうでない場合「0」に設定される。
- **PLP\_TYPE(2 ビット):** 関連する PLP のタイプを示す。

表 3.3-22 PLP\_TYPEフィールドの定義

PLP_TYPE	PLPのタイプ
00	共通PLP
01	グループ化データPLP
10	通常データPLP
11	将来使用の為に予約

- **PLP\_PAYLOAD\_TYPE(5 ビット):** 関連する PLP により搬送されるペイロードデータのタイプを示す。

表 3.3-23 PLP\_PAYLOAD\_TYPEフィールドの定義

PLP_PAYLOAD_TYPE	ペイロードのタイプ
00000	GFPS
00001	GCS
00010	GSE
00011	TS
00100 ~ 11111	将来使用の為に予約

次のフィールドは、PLP\_TYPEが「00」または「01」のときのみ出現する。

- **PLP\_GROUP\_ID(8ビット):** 現在のPLPが、C2システム内でどのPLPグループに関連付けられているかを識別する。

以下のフィールドは、データスライスタイプ1が使用されているときのみ出現する。

- **PLP\_START(14ビット):** 関連するPLPの最初の完全なXFECframeの開始位置を、現在のC2フレーム内で示す。
- **PLP\_FEC\_TYPE(1ビット):** 関連するPLPで使用されるFECタイプを示す。
- **PLP\_MOD(3ビット):** 関連するPLPで使用される変調を示す。

表 3.3-24 PLP\_MOD及びPLP\_FEC\_TYPEフィールドの定義

PLP_FEC_TYPE	PLP_MOD	PLP FECタイプ	変調	XFECFrameの長さ
0	000	16K LDPC	予約済み	NA
	001		16QAM	4 050
	010		64QAM	2 700
	011		256QAM	2 025
	100		1024QAM	1 620
	101		4096QAM	1 350
	110		予約済み	1 158
	111		予約済み	1 013
1	000	64K LDPC	予約済み	900
	001		16QAM	16 200
	010		64QAM	10 800
	011		256QAM	8 100
	100		1024QAM	6 480
	101		4096QAM	5 400
	110		予約済み	4 629
	111		予約済み	4 050

- **PLP\_COD(3ビット):** 関連するPLPで使用される符号化率を示す。

表 3.3-25 符号化率フィールドの定義

PLP_COD	符号化率
000	将来使用の為に予約
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC) 9/10 (64K LDPC)
110 ~ 111	将来使用の為に予約

- **PSI/SI\_REPROCESSING(1 ビット):** PSI/SI 再処理が実行されるかどうかを示す。この値は、受信機にて処理が PSI/SI パートに依存するかどうかを認識するために使用される。PSI/SI 再処理が実行される場合このフィールドは「1」に、そうでない場合は「0」に設定される。

以下のフィールドは、PSI/SI\_REPROCESSING が「0」のときのみ出現する。

- **transport\_stream\_id(16 ビット):** 配信システム内でこの TS を他の多重化から識別するためのラベルとして機能する。
- **original\_network\_id(16 ビット):** 元になる配信システムの network\_id を識別するためのラベルとなる。
- **RESERVED\_1(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。
- **RESERVED\_2(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。

以下の 3 フィールドはノッチループに出現する。

- **NOTCH\_START(13 または 14 ビット):** 関連するノッチバンドの開始位置を、START\_FREQUENCY との相対値として unsigned int で示す。
- **NOTCH\_WIDTH(8 または 9 ビット):** 関連するノッチバンドの幅を、unsigned int として示す。
- **RESERVED\_3(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。
- **RESERVED\_TONE(1 ビット):** 一部のキャリアが予約されているかどうかを示す。現在の C2 フレーム内に予約キャリアが存在する場合、このビットは「1」に設定される。そうでない場合、「0」に設定される。
- **EMERGENCY\_INDICATOR(1 ビット):** 緊急警報指示の有無を表す。起動制御が行われている場合、このビットは「1」に設定される。そうでない場合、「0」に設定される。尚、本機能は ITU-T J.382 に追加予定の機能である。
- **RESERVED\_4(15 ビット):** 将来使用のため予約されている。

(理由)

受信に必要な基本的パラメータを L1 シグナリングパート 2 部分に格納し、受信機はこの領域の解釈をすることでペイロードデータの受信への準備が可能となる。また、各フレームごと、PLP ごとに変更されるパラメータに対応し動的にそのデータ量を変更することが可能となっており、必要最低限のシグ



ナリング情報を伝送すれば良いので効率的な伝送が可能となっている。更に、L1 シグナリング領域は受信機の初動フェイズにて解釈される領域である為、緊急警報指示などの低遅延での処理が必要とされる情報の格納に適している。

その他、L1 シグナリングパート 2 に続くプリアンブルシンボル領域に以下の情報が格納される。

(図 3.3-21 参照)

(1) L1 ブロックのパディング

1 ビットのフィールドであり、L1 シグナリングパート 2 データと本領域をあわせた L1 シグナリングパート 2 の長さが 2 の倍数であることを保証する。値は「0」に設定する。

(理由)

プリアンブルヘッダのシグナリング L1\_INFO\_SIZE が L1 シグナリングパート 2 サイズの半分として定義されている為、L1 シグナリングパート 2 の長さは 2 の倍数である必要がある。

(2) L1 シグナリングパート 2 の CRC

L1 シグナリングパート 2 の、L1 シグナリングパート 2 データと L1 ブロックパディングを含めた全体に、32 ビット CRC 符号が適用される。

● CRC 符号語の計算

CRC 符号化器は図 3.3-22 に示す通りシフト・レジスタによって実現される。

データブロックの最初のビット(MSB が最初となる)を入力した後、レジスタの内容は各係数に応じて排他的論理和演算した後に MSB 側へ 1 シフトされる。この手順は、各データビットについて繰り返される。データブロックの最後のビット(LSB)を入力し 1 シフトした時点での 32 レジスタの中身が CRC 符号語となる。データと CRC の符号語は、MSB から先に伝送される。

$$G_{32}(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

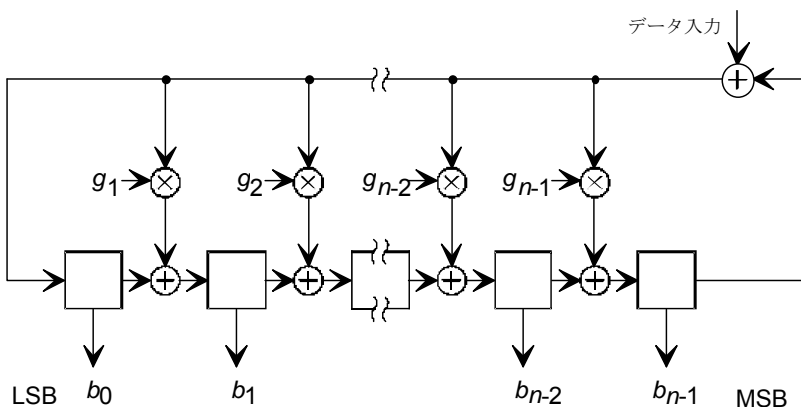


図 3.3-22 CRC符号化器のブロック図

また、入力開始前に全レジスタは1に初期化される。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 に格納される情報はペイロードデータを受信処理する上での基本情報である為、誤り検出符号である CRC 符号化を行うことで情報の信頼性を保証することが可能となる。

### (3) L1 パディング

可変長のフィールドで、L1 シグナリングパート 2 の CRC フィールドに続けて挿入される。これによって、L1 シグナリングパート 2 が複数のブロックに分割された場合に、各 LDPC ブロックが同じ情報サイズを持つことを保証できる。L1 パディングビットが存在する場合、値は「0」に設定すること。

(理由)

分割された複数ブロックのサイズをパディングすることにより統一することが可能となり、L1 シグナリングパート 2 で用いられる LDPC 符号の種類を統一することが可能となる。

#### 3.3.5.4 L1シグナリングパート2のデータの変調と誤り訂正符号化

##### (1) 概要

L1 シグナリングパート 2 の符号化および変調の概念的な処理を図 3.3-23 に示す。

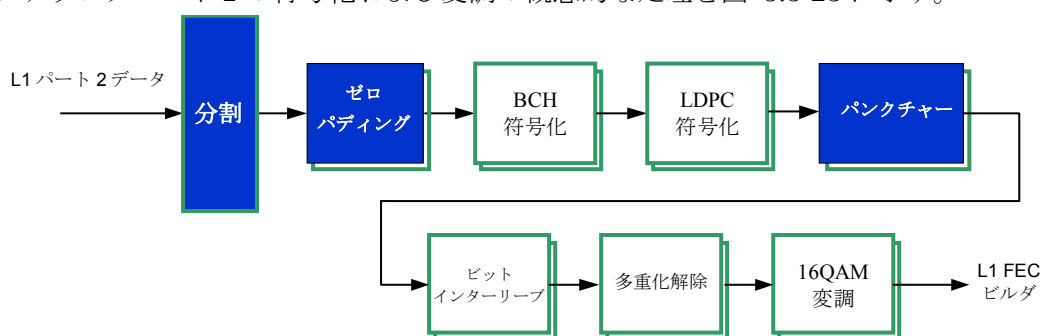


図 3.3-23 L1シグナリングパート2の符号化及び変調

各 L1 FECFrame パッケージは、OFDM シンボル内の 1L1 ブロックに対応する。複数の L1 FECFrame パッケージが必要になると同じ数の OFDM シンボル、プリアンブルシンボルも必要になる。L1 パート 2 のデータの長さが  $N_{L1part2\_max\_per\_Symbol}$  を超える場合、L1 パート 2 データを同じ長さのブロックに分割する必要がある。図 3.3-24(a)および(b)は、次のような場合の処理例を示している。

- a) L1 パート 2 が、1 つの L1-part2 LDPC FECFrame に収まる場合(図 3.3-24(a)を参照)。
- b) L1 パート 2 が、1 つの L1-part2 LDPC FECFrame を超える場合(図 3.3-24(b)を参照)。

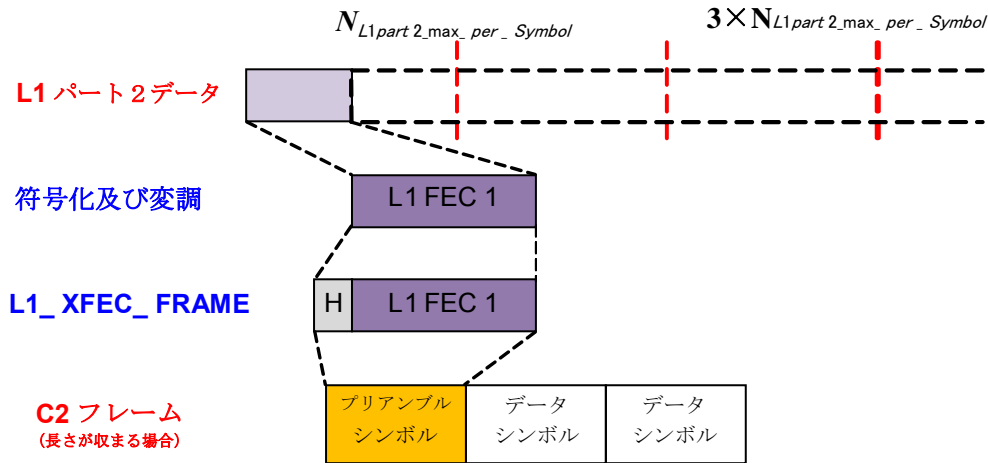


図 3.3-24(a) 一つのL1パート2 LDPC FECフレームにL1パート2が収まる場合

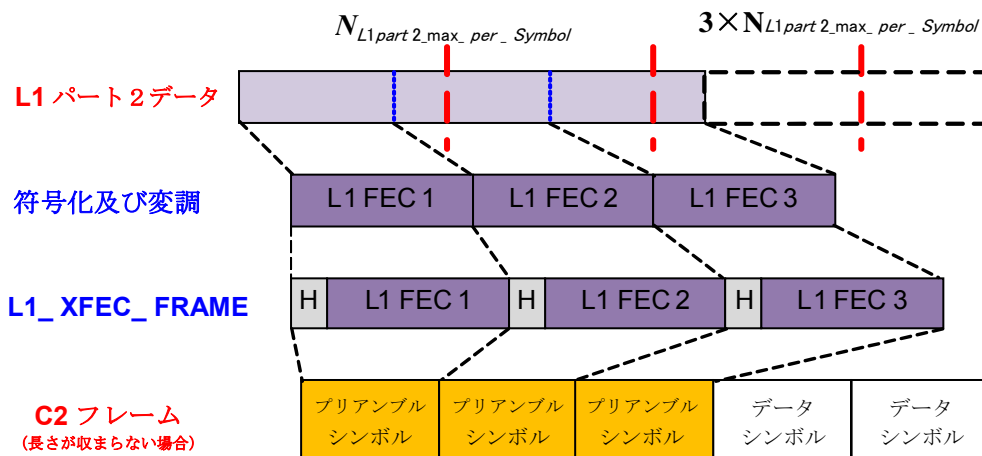


図 3.3-24(b) 一つのL1パート2 LDPC FECFrameにL1パート2が収まらない場合

L1 シグナリングパート 2 ヘッダーに含まれる時間インターリーブのシグナリングフィールド「L1\_TI\_MODE」に従い、時間インターリーブを L1 FECFrame へ適用する。

各 L1 FECFrame をプリアンブルへマップした後に余りのセルが存在する場合には、L1 パート 2 ヘッダを含んだ L1 FECFrame はプリアンブルブロック全体が満たされるまで繰り返される。プリアンブル内における L1 FECFrame の構造情報は L1 パート 2 ヘッダーに記述される。

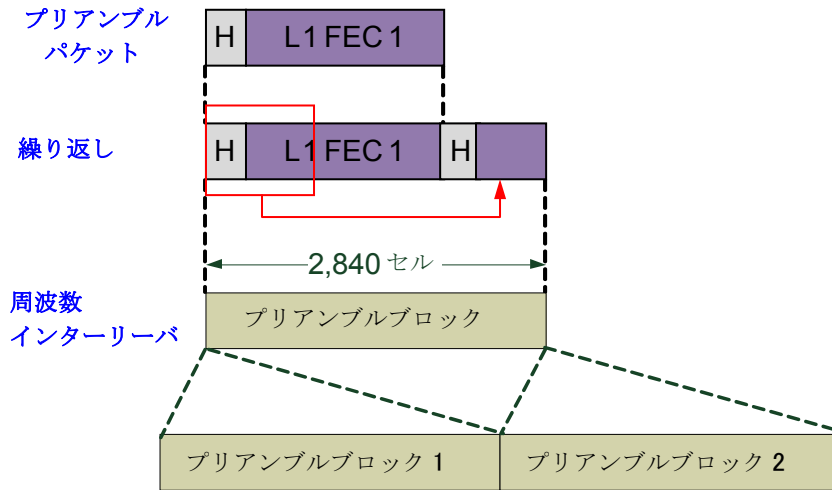


図 3.3-25 L1 FECフレームのL1ブロック（プリアンブルブロック）への配置

(2) L1 パート 2 データの符号化のパラメータ

L1 パート 2 のデータビット数は可変であり、長さに応じて 1 つまたは複数の 16K LDPC ブロックとして伝送される。L1 パート 2 データ用の LDPC ブロック数  $N_{L1part2\_FEC\_Block}$  は、次のように計算される。

$$N_{L1part2\_FEC\_Block} = \left\lceil \frac{K_{L1part2\_ex\_pad}}{N_{L1part2\_max\_per\_Symbol}} \right\rceil$$

ここで  $\lceil x \rceil$  は、 $x$  以上の最小の整数を意味し、 $K_{L1part2\_ex\_pad}$  は  $2 \times L1\_INFO\_SIZE + 32$  である。

$N_{L1part2\_max\_per\_Symbol}$  は 4,759、さらに L1\_PADDING フィールドの長さ  $K_{L1part2\_PADDING}$  は次のように計算される。

$$K_{L1part2\_PADDING} = \left\lceil \frac{K_{L1part2\_ex\_pad}}{N_{L1part2\_FEC\_Block}} \right\rceil \times N_{L1part2\_FEC\_Block} - K_{L1part2\_ex\_pad}$$

パディングフィールド  $K_{L1part2}$  を含む、L1 シグナリングパート 2 全体の最終的な長さは次のように設定される。

$$K_{L1part2} = K_{L1part2\_ex\_pad} + K_{L1\_PADDING}$$

そして、 $N_{L1part2\_FEC\_Block}$  個の各ブロック内の情報ビット数  $K_{sig}$  は次の式で定義される。

$$K_{sig} = \frac{K_{L1part2}}{N_{L1part2\_FEC\_Block}}$$

情報サイズ  $K_{sig}$  の各ブロックは、外符号として BCH 符号および内符号として LDPC 符号の接続によ

り保護される。与えられた  $K_{\text{sig}}$  および変調方式に応じ、 $N_{\text{punc}}$  は次の手順で決定される。

手順 1) パンクチャーするビットの数を、次の式で計算する。

$$N_{\text{punc\_temp}} = \left\lfloor \frac{6}{5} \times (K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}) \right\rfloor$$

ここで  $K_{\text{bch}}$  は符号化率 1/2 の 16K LDPC 符号を選択した場合の BCH 符号情報長 7,032 であり、演算  $\lfloor x \rfloor$  は  $x$  以下の最大の整数を意味する。

$$\text{手順 2) } N_{L1\text{part}2\_temp} = K_{\text{sig}} + N_{\text{bch\_parity}} + N_{\text{ldpc}} \times (1 - R_{\text{eff\_16K\_LDPC\_1\_2}}) - N_{\text{punc\_temp}}$$

16K LDPC 符号で符号化率が 1/2 の場合、 $N_{\text{ldpc}} \times (1 - R_{\text{eff\_16K\_LDPC\_1\_2}}) = 9,000$  である。

手順 3) L1 パート 2 ヘッダー内の時間インターリーブフィールド「L1\_TI\_MODE」の値(3.2.5.2 節を参照)に従い、 $N_{L1\text{part}2}$  を次のように計算する。

$$N_{L1\text{part}2} = \begin{cases} \text{L1\_TI\_MODE} = 00 \text{ または } 01 \text{ なら} \\ \left\lfloor \frac{N_{L1\text{part}2\_temp}}{2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\text{part}2\_FEC\_Block}} \right\rfloor \times 2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\text{part}2\_FEC\_Block} \\ \text{そうでないなら} \\ \left\lfloor \frac{N_{L1\text{part}2\_temp}}{2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\_TI\_Depth}} \right\rfloor \times 2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\_TI\_Depth} \end{cases}$$

ここで、 $\eta_{\text{MOD}}$  は 16QAM なので 4、 $N_{L1\_TI\_Depth}$  は L1\_TI\_MODE = 10 および 11 についてそれぞれ 4 および 8 である。

$$\text{手順 4) } N_{\text{punc}} = N_{\text{punc\_temp}} - (N_{L1\text{part}2} - N_{L1\text{part}2\_temp})$$

$N_{L1\text{part}2}$  は各情報ブロックの符号化ビットの数である。短縮およびパンクチャーの後で、各ブロックの符号化されたビットは、 $N_{\text{MOD\_per\_Block}} = \frac{N_{L1\text{part}2}}{\eta_{\text{MOD}}}$  個の変調されたシンボルにマップされる。 $N_{L1\text{part}2\_FEC\_Block}$  個のブロックの変調シンボルの総数  $N_{\text{MOD\_Total}}$  は、 $N_{\text{MOD\_Total}} = N_{\text{MOD\_per\_Block}} \times N_{L1\text{part}2\_FEC\_Block}$  で与えられる。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 は基本的に可変長であるが、それを保護する誤り訂正符号は符号長がある程度定まったブロック符号である為、長さをブロック長に調整する必要がある。また、プリアンブルシンボ

ルのサイズも単位ブロックの整数倍である必要があるため、長さの調整が必要である。

### (3) FEC 符号化

- BCH 情報ビットの 0 パディング

(2) で定義された  $K_{sig}$  個のビットは、BCH 符号化後に、16K ( $N_{ldpc}=16,200$ ) の LDPC 符号語へ符号化される。 $K_{sig}$  は常に、BCH 情報ビットの数( $K_{bch}=7,032$ ) より小さいため、BCH 符号は短縮される。情報ビットの  $K_{bch}$  ビットに満たない部分には 0 がパディングされる。パディングビットは伝送されない。 $K_{bch}$  個の BCH 情報ビットは  $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{bch}-1}\}$  で表記され、次のように  $N_{group} (= K_{ldpc}/360)$  個のグループに分割される。

$$X_j = \left\{ m_k \mid j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \leq k < K_{bch} \right\} \text{ for } 0 \leq j < N_{group}$$

L1 パート 2 データの符号パラメータ ( $K_{bch}, K_{ldpc}$ ) を、表 3.3-26 に示す。

表 3.3-26 L1パート2データ用の符号パラメータ ( $K_{bch}, K_{ldpc}$ )

	$K_{bch}$	$K_{ldpc}$
L1シグナリングパート2	7 032	7 200

図 3.3-26 に示すように  $0 \leq j \leq N_{group}-2$  について各ビットグループ  $X_j$  は 360 ビットで最後のビットグループ  $X_{N_{group}-1}$  は  $360 - (K_{ldpc} - K_{bch}) = 192$  ビットとなる。

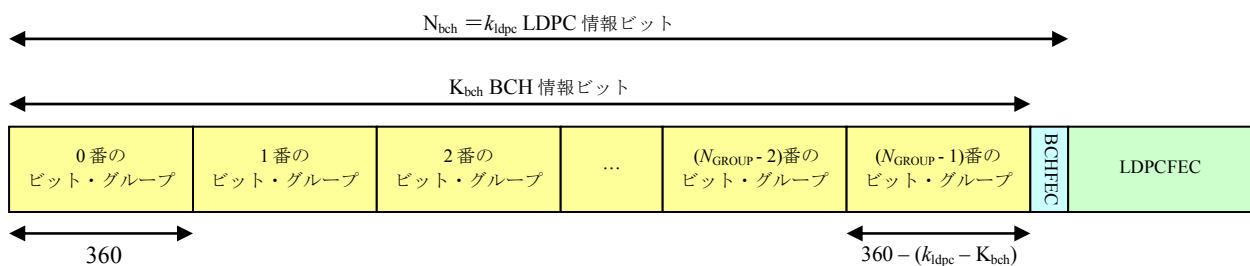


図 3.3-26 L1シグナリングパート2のLDPC符号化後のデータ構造

任意の  $K_{sig}$  について 0 パディングビットの数は  $(K_{bch} - K_{sig})$  で計算され、次のように短縮される。

手順 1) すべてのビットがパディングされるグループの数  $N_{pad}$  を、次のように求める。

$$0 < K_{sig} \leq 360 \text{ なら, } N_{pad} = N_{group} - 1$$

$$\text{そうでないなら, } N_{\text{pad}} = \left\lceil \frac{K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}}{360} \right\rceil$$

手順 2)  $N_{\text{pad}}$  個のグループ  $X_{\pi_S(0)}, X_{\pi_S(1)}, \dots, X_{\pi_S(m-1)}, X_{\pi_S(N_{\text{pad}}-1)}$  については、グループのすべての情報ビットが 0 でパディングされる。ここで、 $\pi_S$  は表 3.2-27 に記述されている、符号化率と変調方式に依存する置換演算子である。

手順 3)  $N_{\text{pad}} = N_{\text{group}} - 1$  の場合、 $(360 - K_{\text{sig}})$  個の情報ビットがビットグループ  $X_{\pi_S(N_{\text{group}}-1)}$  の最後の部分に追加でパディングされる。そうでない場合、グループ  $X_{\pi_S(N_{\text{pad}})}$  について、 $(K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}} - 360 \times N_{\text{pad}})$  個の情報ビットが  $X_{\pi_S(N_{\text{pad}})}$  の最後の部分に追加でパディングされる。

手順 4) 最後に  $K_{\text{sig}}$  個の情報ビットが上述の手順により  $K_{\text{bch}}$  個の BCH 情報ビット  $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{\text{bch}}-1}\}$  にパディングされないビット位置へ シーケンシャルにマップされる。

表 3.3-27 L1シグナリングパート2用にパディングされる情報ビットグループの置換

変調及び 符号化率		$N_{\text{group}}$	$\pi_S(j) \ (0 \leq j < N_{\text{group}})$									
			$\pi_S(0)$	$\pi_S(1)$	$\pi_S(2)$	$\pi_S(3)$	$\pi_S(4)$	$\pi_S(5)$	$\pi_S(6)$	$\pi_S(7)$	$\pi_S(8)$	$\pi_S(9)$
			$\pi_S(10)$	$\pi_S(11)$	$\pi_S(12)$	$\pi_S(13)$	$\pi_S(14)$	$\pi_S(15)$	$\pi_S(16)$	$\pi_S(17)$	$\pi_S(18)$	$\pi_S(19)$
16QAM	1/2	20	18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
			9	8	7	3	2	1	6	5	19	0

(理由)

LDPC 符号ブロックにおいては、エラー耐性の強いビットと弱いビットがあるため、なるべくエラー耐性の強いビットに有効情報をマッピングすることにより、L1 シグナリングパート 2 情報の伝送を強靱なものとするのが可能となる。

● BCH の符号化

$K_{\text{bch}}$  個の情報ビット ( $K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}$  個の 0 パディングビットを含む) は、3.3.3.1(1) に従い BCH 符号化され、 $N_{\text{bch}} = K_{\text{ldpc}}$  個の出力ビット ( $i_0 \dots i_{N_{\text{bch}}-1}$ ) が生成される。

(理由)

ペイロードデータと同様に LDPC 符号で除去しきれなかったエラーを BCH 符号により除去することが可能である。

● LDPC の符号化

BCH 符号化器の  $N_{\text{bch}} = K_{\text{ldpc}}$  個の出力ビット ( $i_0 \dots i_{N_{\text{bch}}-1}$ ) は、 $(K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}})$  個の 0 パディングビットと、 $(K_{\text{ldpc}} - K_{\text{bch}})$  個の BCH パリティビットを含み、LDPC 符号化器用の  $K_{\text{ldpc}}$  個の情報ビット  $I = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1})$  を形成する。LDPC 符号化器は、 $K_{\text{ldpc}}$  個の情報ビットを、サイズ  $N_{\text{ldpc}}$  の符号語  $A$  へ組織的に符号化する。

$$A = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1})$$

3.3.3.1(2)を参照

(理由)

ペイロードデータと同様に理論限界に迫る性能を実現可能な LDPC 符号を用いることで、L1 シグナリングパート 2 情報をエラーから保護することが可能となる。

● LDPC パリティビットのパンクチャー

シグナリングビット符号化の際、一部の LDPC パリティビットは LDPC 符号化後にパンクチャーされる。これらパンクチャーされるビットは伝送されない。

$N_{ldpc} - K_{ldpc}$  個の LDPC パリティビットは  $\{p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}\}$  で表記され、すべてが  $Q_{ldpc}$  個のパリティグループに分割される。各パリティグループは次のように、 $N_{ldpc} - K_{ldpc}$  個の LDPC パリティビットのサブセットとして形成される。

$$P_j = \{p_k \mid k \bmod Q_{ldpc} = j, 0 \leq k < N_{ldpc} - K_{ldpc}\} \quad \text{for } 0 \leq j < Q_{ldpc}$$

ここで  $P_j$  は  $j$  番目のパリティグループを表し、 $Q_{ldpc}$  は表 3.3-5(b)で与えられる。各グループは、図 3.3-27 に示すように  $(N_{ldpc} - K_{ldpc})/Q_{ldpc} = 360$  ビットである。

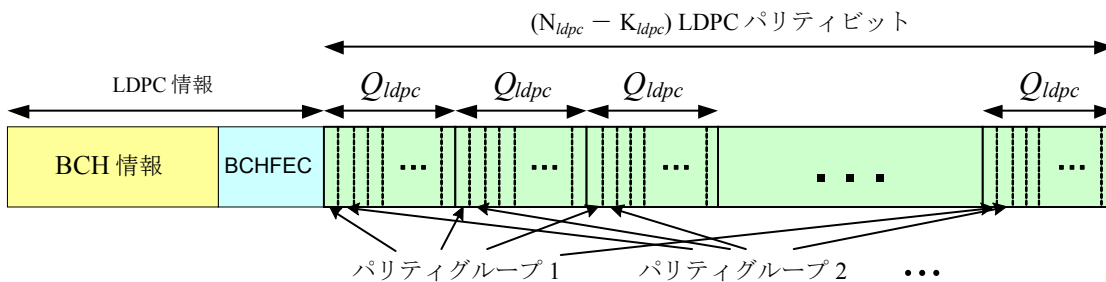


図 3.3-27 FECブロック内のパリティビットグループ

パンクチャーされるパリティビットの数について、 $N_{punc}$  は 3.3.5.4(2)節で与えられる。

手順 1) すべてのビットがパンクチャーされるグループの数  $N_{punc\_groups}$  を、次のように求める。

$$N_{punc\_groups} = \left\lfloor \frac{N_{punc}}{360} \right\rfloor \quad \text{for } 0 \leq N_{punc} < N_{ldpc} - K_{ldpc}$$

手順 2)  $N_{punc\_groups}$  個のパリティビットグループ  $P_{\pi_P(0)}, P_{\pi_P(1)}, \dots, P_{\pi_P(N_{punc\_groups}-1)}$  については、グループのすべてのパリティビットがパンクチャーされる。ここで、 $\pi_P$  は符号化率と変調方式に依存する順列演算子で、表 3.3-28 に示されている。

手順 3) グループ  $P_{\pi_P(N_{punc\_groups})}$  について、グループの最初の部分にある  $(N_{punc} - 360 \times N_{punc\_groups})$  個のパリティビットが追加でパンクチャーされる。



表 3.3-28 L1シグナリングパート2用にパンクチャーされるパリティグループの置換

変調及び符号化率		パンクチャーされるパリティグループの置換 $\{\pi_p(j), 0 \leq j < Q_{ldpc} = 25\}$												
		$\pi_p(0)$	$\pi_p(1)$	$\pi_p(2)$	$\pi_p(3)$	$\pi_p(4)$	$\pi_p(5)$	$\pi_p(6)$	$\pi_p(7)$	$\pi_p(8)$	$\pi_p(9)$	$\pi_p(10)$	$\pi_p(11)$	$\pi_p(12)$
		$\pi_p(13)$	$\pi_p(14)$	$\pi_p(15)$	$\pi_p(16)$	$\pi_p(17)$	$\pi_p(18)$	$\pi_p(19)$	$\pi_p(20)$	$\pi_p(21)$	$\pi_p(22)$	$\pi_p(23)$	$\pi_p(24)$	-
16QAM	1/2	6	4	13	9	18	8	15	20	5	17	2	22	24
		7	12	1	16	23	14	0	21	10	19	11	3	-

(理由)

BCH 符号の短縮と同様、LDPC 符号ビットにはエラー耐性が強いビット弱いビットがある為、LDPC 符号の特性に応じたパンクチャーを行うことで結果的に効率的な伝送が実現される。

● L1 シグナリングパート 2 用のビットインターリーブ

L1 シグナリングパート 2 は LDPC 符号化後ブロックインターリーバを用いてビットインターリーブされる。ビットインターリーバの構成を、表 3.3-29 に示す。

表 3.3-29 ビットインターリーバの諸元

変調及び符号化率		行数 $Nr$	列数 $Nc$
16QAM	1/2	$N_{L1part2} / 8$	8

LDPC 符号語は、インターリーバに列方向に書き込まれ行方向に読み出される(L1 シグナリングパート 2 の MSB が最初に読み出される)。

(理由)

符号ビットをインターリーバにより攪拌することで同一シンボル内にマップされるビットのエラー耐性が平均化され、結果より効率的な伝送が実現される。

(4) ビットから変調へのマッピング

● L1 シグナリングパート 2 のデマルチプレクス

インターリーブされた各 LDPC 符号語は、次に変調方式へマップされる。出力データセルの数と、セルごとの実効ビット数  $\eta_{MOD}$  の定義を、表 3.3-30 に示す。

入力ビットストリーム  $v_{di}$  は、3.3.3.2(1)の図 3.3-13 に示すように、デマルチプレクスされて  $N_{substreams}$  個のサブストリーム  $b_{e,do}$  に変換される。1 デマルチプレクスのパラメータは、3.3.3.2(2)の表 3.3-10(a) のものと同じ。

表 3.3-30 変調へのマッピング・パラメータ

変調方式	$\eta_{MOD}$	出力データ・セル数	サブ・ストリーム数 $N_{substreams}$
16QAM	4	$N_{L1part2} / 4$	8

16QAM については、デマルチプレクスによる出力ワードは幅  $N_{substreams}$ ,  $[b_{0,do} \dots b_{N_{substreams}-1,do}]$  で、幅  $\eta_{MOD}$

$=N_{\text{substreams}}/2$ ,  $[y_{0,2do} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do}]$ および $[y_{0,2do+1} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do+1}]$ の2つのワードに分割される。

(理由)

LDPC 符号ビットのエラー耐性と 16QAM 変調の各ビットのエラー耐性の間の組み合わせを最適化することでより伝送効率を上げることが可能となる。

- QAM 変調へのマップ

符号化された L1 シグナリングパート 2 それぞれのセルワード $[y_{0,q} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,q}]$ は、3.3.3.2(2),(3) に従い、16QAM 変調  $f_q$  へマップされる。ここで、 $q$  はビットインターリーブされた各 LDPC 符号語内のセルのインデックスである。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 はペイロードデータを受信する上で不可欠な基本情報を伝送する領域であるため、より高耐性な伝送を行う必要がある。16QAM という低次変調を用いることでペイロードよりも強靱な伝送が可能となる。

### 3.3.5.5 L1シグナリングパート2データの時間インターリーブ

時間インターリーブ用パラメータと L1 ブロック構造の関係を図 3.3-28 に示す。

L1\_TI\_MODE は L1 パート 2 データの時間インターリーブの深さを示し、L1 ヘッダー信号で通知される。L1\_TI\_MODE = 「00」は L1 パート 2 に時間インターリーブが適用されないことを意味する。L1\_TI\_MODE = 「01」のとき、時間インターリーブの深さは L1 ブロックを搬送するために必要な最小 OFDM シンボル数、または  $N_{L1\text{part2\_FEC\_Block}}$  となる。そうでない場合、時間インターリーブの深さは明示的に通知される。例えば L1\_TI\_MODE = 「10」の時、深さは 4 OFDM シンボルとなる。

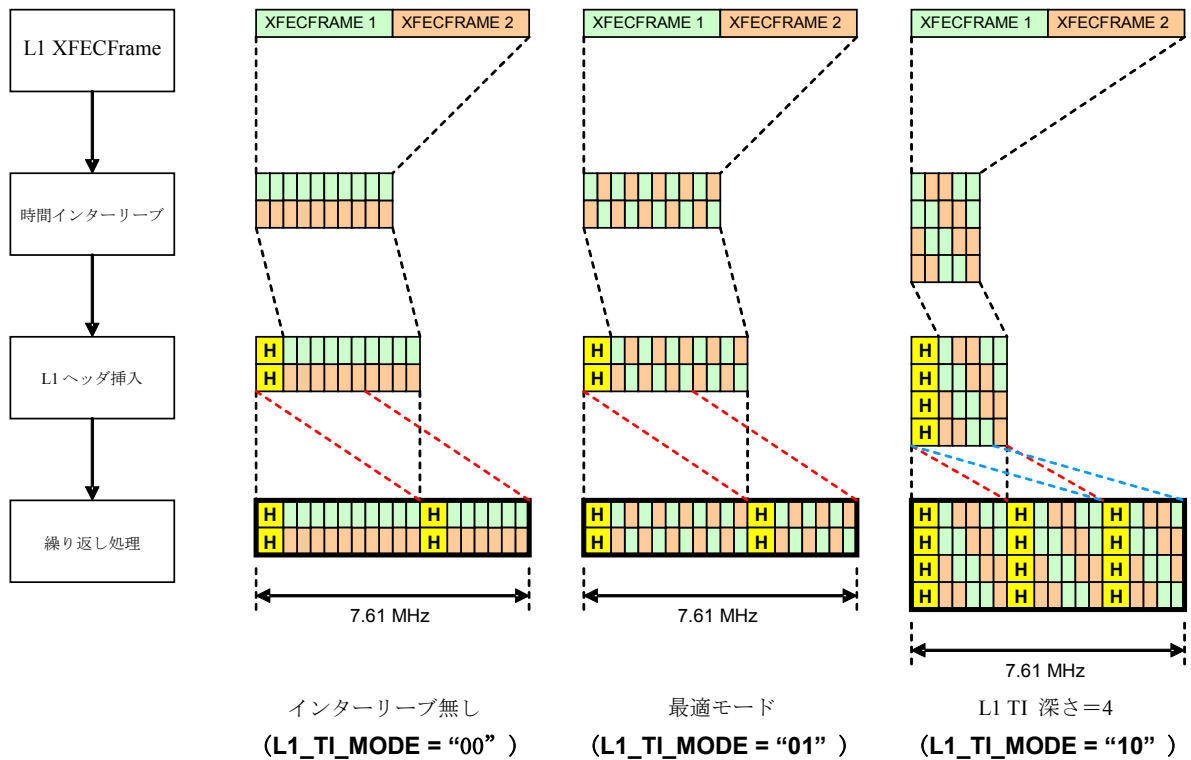


図 3.3-28 L1パート2データの時間インターリーブ

時間インターリーブ期間の長さ  $T_P$  は次のように計算される。

$$T_P = T_S \times N_{L1\_TI\_DEPTH}$$

ここで、 $T_S$  は OFDM シンボルの総持続期間、 $N_{L1\_TI\_DEPTH}$  は時間インターリーブの深さで、L1 ヘッダ一信号により通知される  $L1\_TI\_MODE$  から決定される。

TI メモリの行数  $N_r$  は  $N_{L1\_TI\_DEPTH}$  に等しく、列数  $N_c$  は次の式で計算される。

$$N_c = N_{MOD\_Total} / N_{L1\_TI\_DEPTH}$$

ここで、 $N_{MOD\_Total}$  は L1 パート 2 データセルの総数である。 $N_{L1\_TI\_DEPTH}$  は、L1 ブロック  $N_{L1part2\_FEC\_Block}$  を搬送するために必要な OFDM シンボルの最小数と等しいか、より大きい。

図 3.3-29 に示すように入力 L1 パート 2 データセルは TI メモリへ斜め方向に書き込まれ行方向に読み出される。

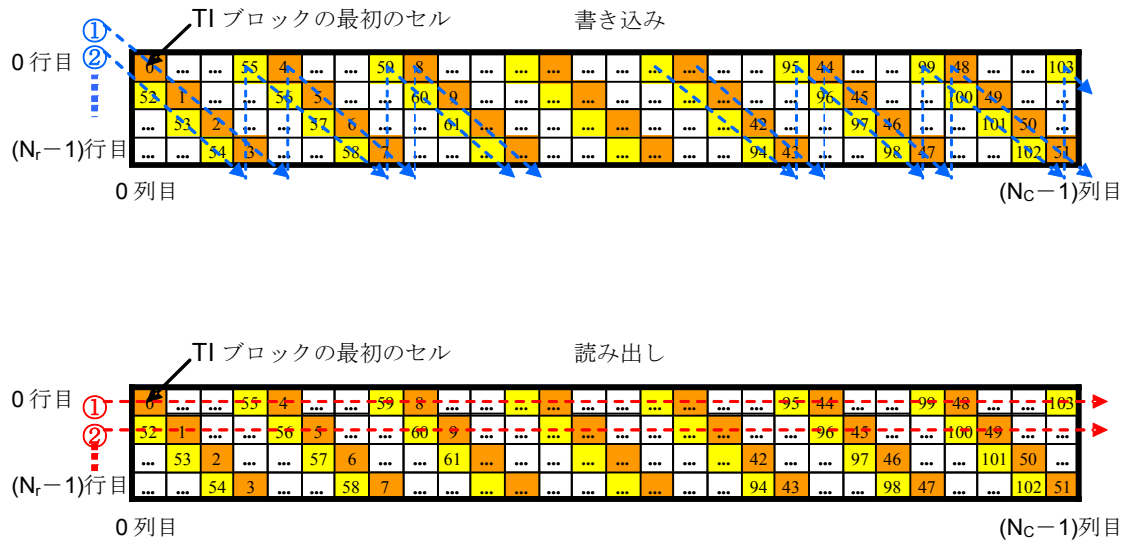


図 3.3-29 L1データの時間インターリーブ ( $N_{MOD\_TOTAL}=208, N_{LI\_TI\_DEPTH}=4$ )

時間インターリーバへ入力される L1 パート 2 データセルが  $d_i (i=0, \dots, N_{MOD\_Total} -1)$  である時、 $d_i$  を格納するための列インデックス  $C_i$ 、行インデックス  $R_i$ 、および関連するツイストパラメータ  $T_{C_i}$  は次のように計算される。

$$C_i = i \bmod N_c$$

$$T_{C_i} = C_i \bmod N_r$$

$$R_i = (T_{C_i} + (i \div N_c)) \bmod N_r$$

(理由)

時間インターリーバの深さを可変にすることにより、伝送路の状況に応じた時間インターリーバを選択することが可能となる。また、時間インターリーブを用いることにより時間ダイバーシティを得ることとなり、フェージング環境への耐性が強化される。

### 3.3.6 フレームビルダ

#### 3.3.6.1 C2フレームの構造

C2フレームは  $L_p$  個のプリアンブルシンボル ( $L_p \geq 1$ ) とそれに続く  $L_{data}$  個のデータシンボルで形成される。プリアンブルシンボルは周波数方向に固定帯域幅 (3,408 サブキャリア、約 5.71MHz) の L1 ブロックシンボルへ分割される。データスライスの帯域幅は任意であるが L1 ブロックシンボルの帯域幅を超えない。また C2 信号内に周波数ノッチを挿入できる。

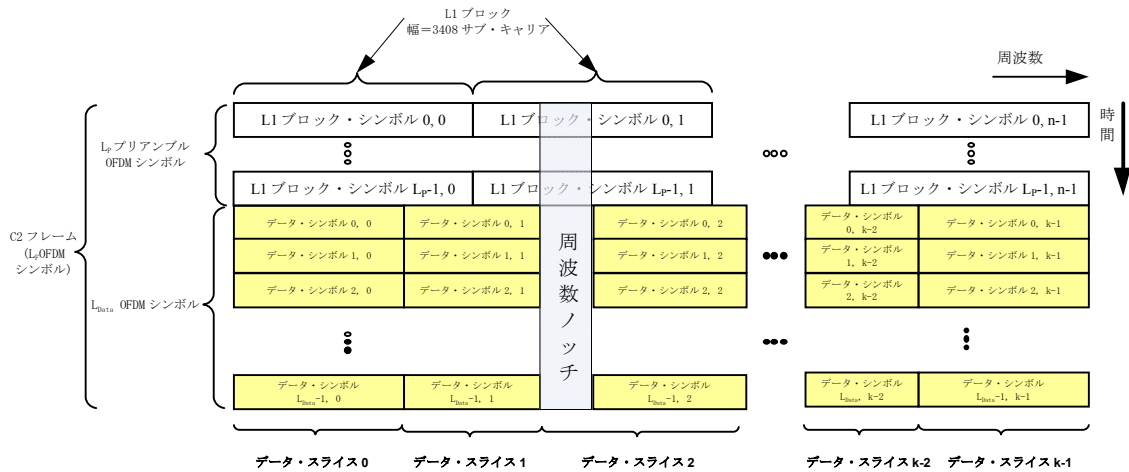


図 3.3-30 C2フレームの構成

(C2フレームは $L_p$ 個のプリアンブルシンボルで始まり、それに $L_{data}$ 個のデータシンボルが続く)

(理由)

受信機が最初に受信し解釈する必要がある部分が L1 ブロックであるため、その位置は受信機にとって既知であることが望ましい。また、データスライスの幅に上限を与えることにより、受信機コストを抑えることが可能となる。

#### (1) C2 フレームの持続期間

プリアンブルシンボルは C2 フレームの開始を伝える。C2 フレームのデータ部分は、 $L_{data} = 448$  個のシンボル( $GI = 1/64$  で約 362.4ms、 $GI = 1/12$  で約 359.6ms)で構成される。プリアンブルシンボルの数  $L_p$  は、各 L1 シグナリングパート 2 ブロックの先頭にある長さ情報から導出できる。

したがって、C2 フレームの持続期間は次の式で与えられる。

$$T_F = (L_p + L_{data}) \times T_s$$

ここで、 $T_s$  は 1OFDM シンボル辺りの持続時間を意味する。

(理由)

C2 フレームのデータシンボル数を一定にすることにより持続時間もほぼ一定となり、受信機の起動時間が一定に保証されることとなる。単位時間当たりの処理データ量も一定であることが保証される。

#### 3.3.6.2 パイロット用シーケンス

##### (1) データのスクランブルシーケンス

以下のシーケンスはプリアンブルデータをスクランブルし、パイロット信号を生成する。

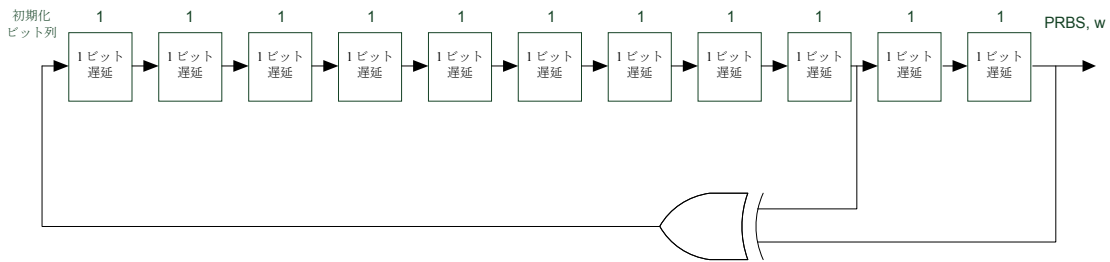


図 3.3-31 PRBSの生成

PRBS シーケンス  $w_i$  は図 3.3-31 に従い生成される。全シフトレジスタの初期値は「1」である。ここで、 $w_i$  は PRBS 発生器の  $i$  番目の出力値であり、生成多項式は以下のとおり。

$$X^{11} + X^2 + 1$$

(理由)

スクランブルをかけることにより、データに特定のビットシーケンスが現れることが避けられ伝送信号の偏りが軽減されることとなる。

## (2) パイロットのスクランブルシーケンス

パイロットは OFDM の絶対キャリアインデックス  $k$  に応じた独自の同期シーケンス  $w_k^P$  を搬送する。

$$w_k^P = w_k \oplus w_i'$$

ここで  $w_k$  は(1)で定義されている参照シーケンスの  $k$  番目の出力、 $w_i'$  は図 3.3-32 で定義される PRBS 発生器の  $i$  番目の出力、 $i = (k \bmod K_{LI}) / D_P$ 、 $D_P = 6$  はプリアンブルパイロットの周期を示す。 $w_k^P$  はパイロット位置にのみ定義される為  $i$  は整数となる。

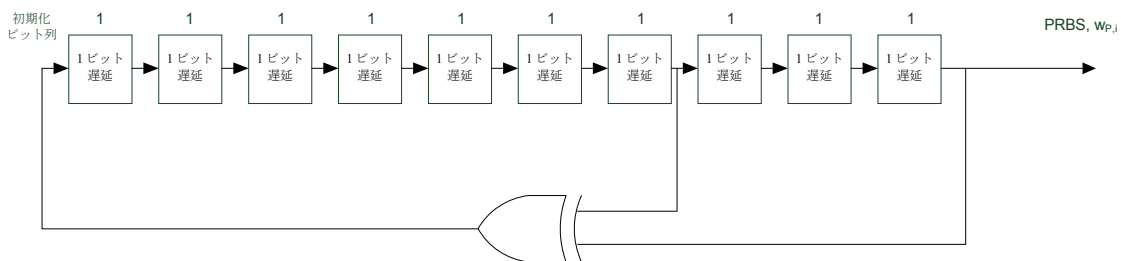


図 3.3-32 パイロット用PRBSの生成

尚、全シフトレジスタの初期値は「1」である。シーケンス  $w_i'$  の生成多項式は次のとおり。

$$X^{10} + X^3 + 1$$

(理由)

既知ビットシーケンスをパイロット信号として送出することにより、受信側でのパイロット検出が容易となる。また、絶対キャリアインデックス  $k$  に応じたシーケンスを多重することにより受信側でキャリアインデックス情報を得ることが可能となる。

### (3) パイロットシーケンス

OFDM パイロットのパイロットシーケンスは、位置  $k$  について次の式で与えられる。

$$r_k = \begin{cases} w_k^P & k \bmod K_{L1} = 0 \text{ の場合} \\ r_{k-6} \oplus w_k^P & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

ここで  $r_k$  は、 $k$  が 6 の倍数のときのみ定義される。

(理由)

パイロット信号にのみ独自のシーケンスを重ねることにより、受信側でパイロット位置を検出することが可能となる。

#### 3.3.6.3 プリアンブルシンボル

##### (1) プリアンブルシンボルの概要

すべてのフレームの先頭ではプリアンブルシンボルを送信する必要がある。プリアンブルシンボルは  $L_P$  個の OFDM シンボルで構成され、プリアンブルシンボルは通常のデータシンボルと同じ OFDM パラメータを持つ。周波数ドメインで、プリアンブルはさらに  $L1$  シグナリングブロックへ分割される。各  $L1$  シグナリングブロックは、3.3.5 節で定義されているすべての  $L1$  パート 2 情報を含む。

OFDM セル  $c_{m,L,k}^P$  は  $k = 0, \dots, \infty$  について包括的に定義されるが、実際に伝送される OFDM キャリアはある帯域内のセル  $K_{min} \leq k \leq K_{max}$  に限定される。

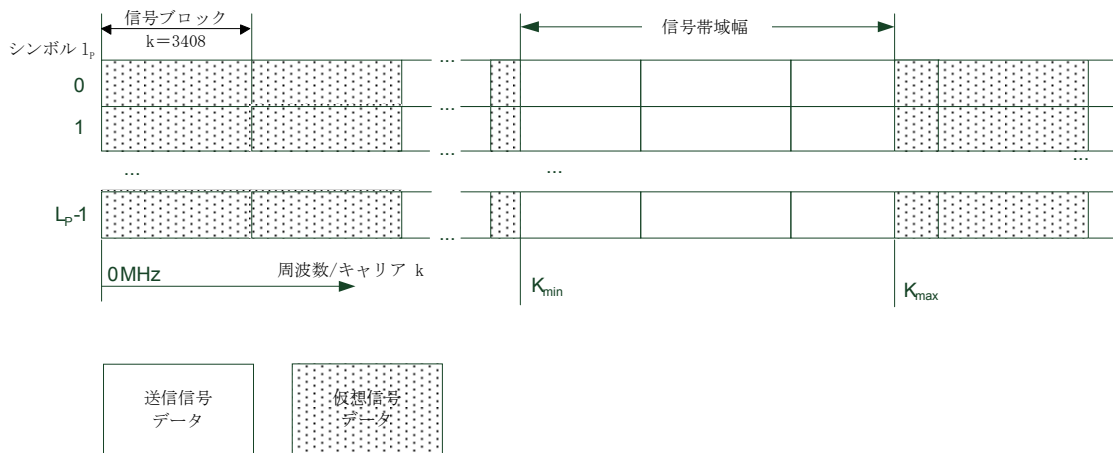


図 3.3-33 周波数領域でのプリアンブルシンボルの構成

(2) 周波数インターリーブ

プリアンブルにもデータと同じ周波数インターリーバ(3.3.6.4(5)節を参照)を使用する。これは各 L1 ブロックの  $N_{L1}=2,840$  個のデータセルに対して動作する。

インターリーブされたベクタ  $A_{l_p,0}^P = (a_{l_p,0}^P, a_{l_p,1}^P, \dots, a_{l_p,N_{L1}-1}^P)$  は次のように定義される。

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p,H_0(q)} \quad l_p \bmod 2 = 0, \quad q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1 \text{ の場合}$$

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p,H_1(q)} \quad l_p \bmod 2 = 1, \quad q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1 \text{ の場合}$$

(理由)

プリアンブル周波数インターリーバにより、隣接するデータセルが分離され、ナローバンド干渉や周波数選択性により起きるエラーバーストを回避することが可能となる。

(3) パイロット挿入

各信号ブロックのパイロットは一意に定義されプリアンブルへの時間および周波数の同期が可能となる。また、通常のパイロットとは異なりプリアンブル内のパイロットはデータと同じパワーレベルで伝送される。これらのパイロットは差動 BPSK 変調され、受信機はこの差動符号化された参照情報に同期することができる。

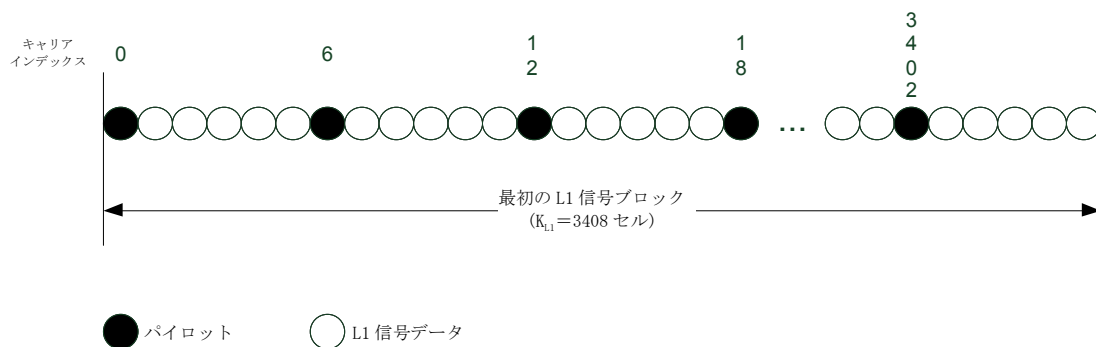


図 3.3-34 L1ブロック信号

● プリアンブルパイロットの位置

プリアンブルシンボルの与えられた OFDM キャリア  $k$  は、次の等式が成立するときにパイロットである。

$$k \bmod D_P = 0$$

ここで、 $k$  は OFDM キャリアのインデックス、 $D_P = 6$  はプリアンブルパイロットの周期である。

(理由)

パイロット信号を伝送することにより、チャネル推定が可能となり、また時間・周波数同期が可能とな



る。

- プリアンブルパイロットの振幅と変調

パイロットは、次のように変調される。

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} = A_{pp} \cdot 2(1/2 - r_k)$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} = 0$$

ここで、 $A_{pp}$  はプリアンブルパイロットの振幅、 $r_k$  は 3.6.2.2(3)で定義されるパイロットシーケンス、 $m$  は C2 フレーム番号、 $l_p$  はプリアンブルシンボルの番号、 $k$  は絶対キャリアインデックスである。

プリアンブルパイロットの振幅( $A_{pp}$ ) は、1/128 ガードインターバルでは  $A_{pp}=6/5$  に、1/64 ガードインターバルでは  $A_{pp}=4/3$  に固定されている。

(理由)

差動変調を行うことにより時間同期が容易となる。また、パイロット信号の電力を上げることにより同期やチャネル推定が容易となる。

#### (4) シグナリングデータのマッピングとスクランブル

パイロット以外の OFDM セルはシグナリングデータを搬送する。シグナリングデータは周波数ドメイン内で巡回する為スクランブルされる。各データプリアンブル OFDM セル  $k$  は次のように定義される。

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} = \operatorname{Re}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k}$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} = \operatorname{Im}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k} \quad q = (k \bmod K_{L1}) - [(k \bmod K_{L1})/6] \text{ の場合}$$

ここで、 $a_{l_p,q}^P$  は OFDM シンボル  $l_p$  のインデックス  $q$  の周波数インターリーバー出力で、 $w_k$  は 3.3.6.2(1)で定義されたシーケンスの  $k$  番目の出力、 $K_{L1}=3,408$  は L1 シグナリングブロックごとの OFDM キャリア数である。

(理由)

スクランブルシーケンスを元に差動符号化することで、受信機側での同期が容易となる。

#### (5) プリアンブルシンボル内のノッチ

データスライスと同様に、プリアンブルシンボルもノッチを含むことができる。プリアンブルノッチ内のセルは、一切の伝送パワーを搬送しない。プリアンブルノッチは常に、データスライスノッチと一致する、すなわち同じ OFDM サブキャリアが省略される。ノッチをプリアンブルシンボルに適用する方法は 2 つ存在する。

- ナローバンドノッチ

ナローバンドノッチは、48 OFDM サブキャリア未満の帯域幅を持つ。データスライスの帯域幅はガードインターバル粒度( $GI = 1/64$  について 11、23、35、47 サブキャリア、 $GI = 1/128$  について 23、47 サブキャリア)の整数倍である。

3408 OFDM サブキャリア帯域幅のいかなるチューニング位置でも、ナローバンドノッチは1つだけ許される。

- ブロードバンドノッチ

ブロードバンドノッチは、48 サブキャリア以上の帯域幅を持つ。

ブロードバンド・ノッチは、3,408 サブキャリアよりも上に、最低1つの隣接する連続 L1 シグナリングブロック領域が利用可能でない限り、C2 システムに挿入してはならない。これによって、C2 システムの初期取得時にレシーバーはブロードバンドノッチを認識し、整合した L1 シグナリングデータが存在する周波数範囲へ再同調できる。

ブロードバンドノッチは常に、異なるデータスライス間に配置される。

ブロードバンドノッチに隣接する C2 システムのサブキャリアの組が 3,408 サブキャリア未満である(すなわち、L1 ブロックを信頼性の高い方法で復号不能な)場合、このサブキャリアの組に含まれるすべてのデータスライスはデータスライスタイプ 2 を使用し、「固定」に構成(すなわち、L1-part2 信号の `DSLICE_CONST_CONF` フラグが 1 に設定される)しなければならない。

(理由)

C2 システムの初期取得時にレシーバーはブロードバンドノッチを認識し、整合した L1 シグナリングデータが存在する周波数範囲へ再同調することが可能となる。また、どのような場合も、ブロードバンドノッチに隣接する C2 システムのサブキャリアの最小の組は 841 サブキャリアで、これによってレシーバーで信号が正しく処理されるよう、関連する周波数帯に最低でも 5 つの連続したパイロットが利用可能なことが保証される。

### 3.3.6.4 データスライスの生成

データスライスは別のチャンネルとして扱うことができ、異なるスライス間でインターリーブは実行されない。各データスライスは、OFDM キャリアの開始  $K_{DS,min}$  と、OFDM キャリアの終了  $K_{DS,max}$  により識別され、このとき  $K_{DS,min} < K_{min}$  かつ  $K_{DS,max} < K_{max}$  である。データスライスの開始および終了は必ずスキッタードパイロットの位置で、終了はスキッタードパイロット位置のとなりとなる。また、データスライスは互いにオーバーラップしてはならない。

#### (1) データスライスの位置

- データスライスの OFDM キャリアの開始と終了

データスライスの開始および終了周波数は、レイヤー1 シグナリングで `START_FREQUENCY`、`DSLICE_TUNE_POS`、`DSLICE_OFFSET_LEFT`、および `DSLICE_OFFSET_RIGHT` の値により伝送される。`START_FREQUENCY` と `DSLICE_TUNE_POS` は異なる C2 フレーム間で準静的であるが、他の 2 つの値は選択したモードによってはフレームごとに変化することが許される。データスライスはスキッター

ドパイロットの位置でのみ開始し、そのとなりでのみ終了するため、信号は値  $D_X$  (この値はガードインターバルのサイズに依存する) に依存する。さらに、`START_FREQUENCY` の値は同様に  $D_X$  の整数倍である必要がある。このため、データスライスの開始周波数と終了キャリアは次のようになる。

$$K_{DS,min} = (\text{DSLICE\_TUNING\_POS} + \text{DSLICE\_OFFSET\_LEFT}) \cdot D_X + \text{START\_FREQUENCY}$$

$$K_{DS,max} = (\text{DSLICE\_TUNING\_POS} + \text{DSLICE\_OFFSET\_RIGHT}) \cdot D_X + \text{START\_FREQUENCY} - 1$$

(理由)

データスライスの帯域幅は 5.71MHz 以下である制限があるものの任意であるため、その開始位置、終了位置を受信機に明示的に知らせる必要がある。

- データスライスの最大幅  
各データスライスの幅は 3,408 OFDM キャリアを超えてはならない。すなわち

$$K_{DS,max} - K_{DS,min} < 3408$$

(理由)

データスライス幅に制限を与えることで、受信機コストが抑えられる。

- データスライスの最小幅  
レイヤー1 シグナリングでは、ペイロード容量を一切持たないデータスライスを示すことが許される。伝送すべきペイロードデータが存在しない場合このようなデータスライスを使用できる。これらのデータスライスは次のように通知される。

$$\text{DSLICE\_OFFSET\_LEFT} = \text{DSLICE\_OFFSET\_RIGHT}$$

負の幅を持つデータスライスは通知されてはならない。`DSLICE_TYPE` が「0」で、データスライスの幅が 0 より大きい場合、そのデータスライスは最低 1 つの完全なデータスライスパッケージを伝送できる。

(理由)

幅 0 のデータスライスを許容することで動的なフレーム構造変動へのより柔軟な対応を可能とする。

- データスライス内のノッチ  
データスライスはノッチを含むことができる。これらのノッチ内のセルは一切の伝送パワーを搬送しない。各ノッチの開始および終了キャリアは、対応するレイヤー1 シグナリング内で示される。ノッチは常に、分散したパイロット位置のとなりで開始および終了する。各ノッチの開始キャリアと終了キャリアは次のように定義される。

$$K_{N,\min} = \text{NOTCH\_START} \cdot D_X + \text{START\_FREQUENCY} + 1$$

$$K_{N,\max} = (\text{NOTCH\_START} + \text{NOTCH\_WIDTH}) \cdot D_X + \text{START\_FREQUENCY} - 1$$

ここで、 $D_X$ はガードインターバルに依存するパイロットの再分割周期である。

(理由)

従来であればノッチ領域を包含する1チャンネル分がすべて使用不可な状況であったが、ノッチ機能を搭載することにより領域の境界まで有効利用することが可能となった。

## (2) データスライスのペイロードセルの数

OFDM シンボルごと、データスライスごとのペイロードセルの数  $N_{DS}$  は、 $(K_{DS,\max} - K_{DS,\min} + 1)$  から、コンティニューアルパイロット、スキッタードパイロット、予約トーン、およびノッチに配置されたセルを引いた結果に等しい。

データスライス内のペイロードセルの数は、1つのC2フレーム内でもOFDMシンボルごとに異なる可能性がある。

(理由)

パイロット信号などの各種信号を、伝送環境に応じてシンボルごとに配置し、より柔軟な伝送環境の実現が可能となっている。

## (3) データスライスパケットのマッピング

データスライスパケットは、OFDMシンボルごとに  $N_{DS}$  個のデータセルにマップされる。データスライスパケットのデータ  $g_0, \dots, g_{N_x-1}$  にはOFDMシンボルのデータセル  $a_{m,l,k}$  がインデックスの昇順にマップされる。ここでインデックス  $k$  は  $K_{DS,\min} \leq k \leq K_{DS,\max}$  の範囲内で定義される。

1つのデータスライスパケットのデータの長さがC2フレームの長さを超える場合、データは次のC2フレームへ継続される。前のC2フレームにデータスライスが存在しない(幅0のデータスライスが存在する)場合、データスライスパケットはデータスライス内の最初の有効データセルにマップされる。

DSLICE\_TYPE が「0」の時、データスライスパケット開始位置が、レイヤー1シグナリングのPLP\_STARTに通知される。データスライス幅が0の場合、PLP\_STARTは0に設定される。

DATA\_SLICE\_TYPE が「1」でペイロードデータを伝送しない場合には代わりにダミーのデータスライスパケットを伝送する必要がある。

(理由)

あらゆるサイズやタイプのデータスライスに対応する柔軟なマッピング機能を備えている。

## (4) 時間インターリーブ

時間インターリーバー(TI)はデータスライスレベルで動作する。時間インターリーブのパラメータは

C2 システム内のデータスライスごとに異なることが許されるが、データスライス内のすべての PLP については同一である。各データスライス内の、すべてのパイロットおよび予約トーンの正確な数と位置は、フレーム構築前に TI に通知される。

各データスライス内データセルは時間インターリーブブロックとしてグループ化される。データスライスを構成する各 PLP のデータスライスパケットの開始と終了は、時間インターリーブブロックの開始や終了とは同期していないことがある。データスライス内の各時間インターリーブブロックには、 $N_{\text{DSLICE\_TI\_DATA\_CELL}}$  個のペイロードデータセルが含まれ、 $N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}}$  個のデータシンボルにより搬送される。 $N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}}$  は、L1 シグナリングパート 2 で通知される  $\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}$  から得られる。また、 $N_{\text{DSLICE\_TI\_DATA\_CELL}}$  は次の式で計算される。

$$N_{\text{DSLICE\_TI\_DATA\_CELL}} = \sum_{l \in \text{TI block}} N_{\text{DS}}^l$$

ここで  $N_{\text{DS}}^l$  は時間インターリーブブロックの  $l$  番目のデータシンボルのペイロードセル数であり、データスライスのすべての時間インターリーブブロックには同じ数のペイロードセルが存在する。

時間インターリーブ期間の長さ  $T_P$  は次のように計算される。

$$T_P = T_S \times N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}}$$

ここで、 $T_S$  は 1 OFDM シンボル辺りの持続時間である。

TI は、データスライスビルダ出力データセルを TI メモリに格納する。すべてのパイロットおよび予約トーンの数と位置は TI に対して事前に通知されるため、データセルはパイロットまたは予約トーン的位置には格納されない。

TI はツイストされたブロックインスーリーバーである。インターリーバーの行数  $N_r$  は時間インターリーブの深さ  $N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}}$  に等しく、列数  $N_c$  はデータスライスの幅  $N_{\text{DSLICE\_WIDTH}}$  に等しい。データスライスの幅は次の式で表される。

$$N_{\text{DSLICE\_WIDTH}} = K_{\text{DS,max}} - K_{\text{DS,min}}$$

ここで、 $K_{\text{DS,max}}$  および  $K_{\text{DS,min}}$  はそれぞれデータスライス内の開始と終了 OFDM セルインデックスである。図 3.3-35 に示すように、入力セルはインターリーバーメモリへ斜め方向に書き込まれ、行方向に読み出される。

インデックス  $i$  の範囲が 0 から  $(N_{\text{DSLICE\_TI\_CELL}} - 1)$  までであると想定する。ここで、 $N_{\text{DSLICE\_TI\_CELL}}$  はデータスライスの  $N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}}$  個のデータシンボルに含まれるセルの総数で、次の式で計算される。

$$N_{\text{DSLICE\_TI\_CELL}} = N_{\text{DSLICE\_TI\_DEPTH}} \times N_{\text{DSLICE\_WIDTH}}$$

列インデックス  $C_i$ 、行インデックス  $R_i$ 、および関連するツイスト・パラメータ  $T_{C_i}$  は次のように計算

される。

$$C_i = i \bmod N_c$$

$$T_{C_i} = C_i \bmod N_r$$

$$R_i = (T_{C_i} + (i \operatorname{div} N_c)) \bmod N_r$$

このとき、TIメモリ内のすべてのセルの位置は、座標 $(R_i, C_i)$ によって一意に定義される。入力データ・セル $d_k (k = 0, \dots, N_{\text{DSLICE\_TI\_DATA\_CELL}} - 1)$ は、その位置がペイロードデータセルに割り当てられている場合のみ位置 $(R_i, C_i)$ のTIメモリ内へ書き込まれる。

$k = 0;$

*for* ( $i = 0; i < N_{\text{DSLICE\_TI\_CELL}}; i = i + 1$ ) {

*GENERATE* ( $R_i, C_i$ );

*if* ( $R_i, C_i =$  データ・セルの位置 {

*WRITE*  $d_{kto}$  ( $R_i, C_i$ );

$k = k + 1;$

    }

}

(理由)

時間インターリーブを導入することにより、ペイロードデータに時間ダイバーシティが得られ、より高耐性な伝送を行うことが可能となる。また、時間インターリーブの単位をデータスライスとしたことによって、受信機は所望のデータスライスのみを処理すれば良いこととなる。

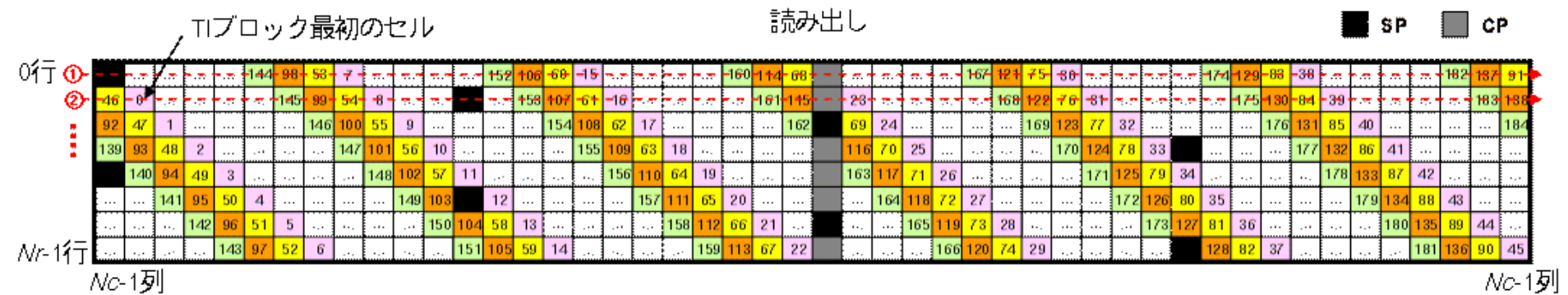
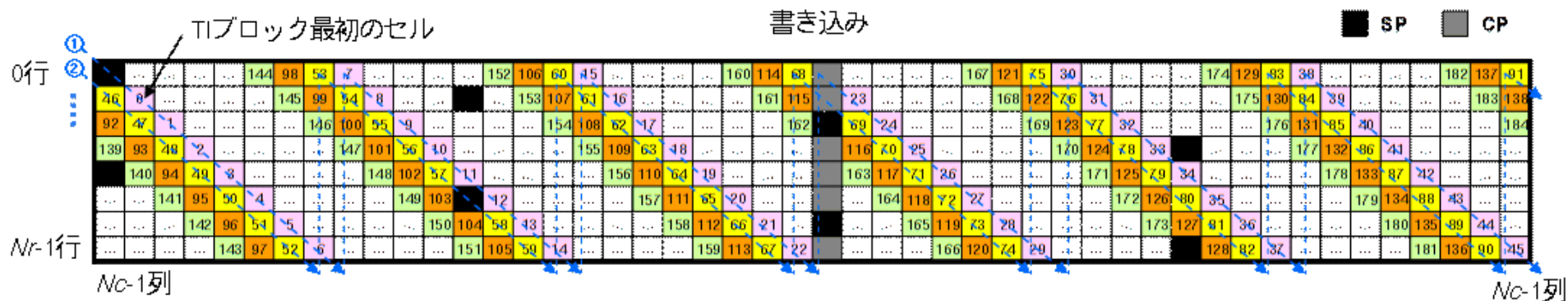


図 3.3-35 時間インターリーブ ( $D_x=12, GI=1/64, N_r=8, N_c=48, DSLICE\_WIDTH=4$ )

(5) 周波数インターリーブ

周波数インターリーバは、1つの OFDM シンボルのデータセルに対して動作し、フレームビルダ出力としてのデータセルを各 OFDM シンボル内の  $N_{\text{data}}$  個のデータキャリアにマップする。

周波数インターリーバは、データスライス  $n$  における C2 Frame  $m$  内の OFDM Symbol  $l$  に含まれるデータセル  $X_{m,l} = (x_{m,l,0}, x_{m,l,1}, \dots, x_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$  を処理する。

$M_{\text{max}}$  は、データスライスの最大セル幅である 3,408 よりも大きい最小の 2 べき数、すなわち 4,096 と定義される。

データスライス  $n$  が、 $N_{\text{data}}(n)$  個のデータキャリアを OFDM シンボル  $l$  内に持ち、 $M_{\text{max}}$  個のサブキャリアである場合、インターリーブされたベクタ  $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$  は次のように定義される。

$$l = 0 \pmod{2} \text{ の時} \quad a_{m,l,q} = x_{m,l,H_0}(q)$$

$$l = 1 \pmod{2} \text{ の時} \quad a_{m,l,q} = x_{m,l,H_1}(q)$$

ここで、 $H_0(q)$  および  $H_1(q)$  は置換関数であり、元となるシーケンス  $R'_i$  は次のように定義される。

$N_r = \log_2 M_{\text{max}} = 12$  であるとき、 $(N_r - 1)$  ビットのバイナリワード  $R'_i$  は次の値となる。

$$i = 0, 1 \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 0$$

$$i = 2 \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 1$$

$$2 < i < M_{\text{max}} \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 3, N_r - 4, \dots, 1, 0] = R'_{i-1} [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 2, 1]; \quad R'_i [N_r - 2] = R'_{i-1} [0] \oplus R'_{i-1} [2]$$

ベクタ  $R_i$  はベクタ  $R'_i$  から、表 3.3-31 に与えられているビット置換により導出される。

表 3.3-31 4Kモードでのビット順列

$R_i$ ビット位置	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$R_i$ ビット位置( $H_0$ )	7	10	5	8	1	2	4	9	0	3	6
$R_i$ ビット位置( $H_1$ )	6	2	7	10	8	0	3	4	1	9	5

それぞれの順列関数  $H(q)$  は、次のアルゴリズムで定義される。

$$q = 0;$$

$$\text{for } (i = 0; i < M_{\text{max}}; i = i + 1)$$

$$\{ H(q) = (i \pmod{2}) \cdot 2^{N_r - 1} + \sum_{j=0}^{N_r - 2} R_i(j) \cdot 2^j;$$

$$\text{if } (H(q) < N_{\text{data}}(n)) \quad q = q + 1; \}$$



置換関数の生成に使用されるアルゴリズムの構造的なブロック図を、図 3.3-36 に示す。

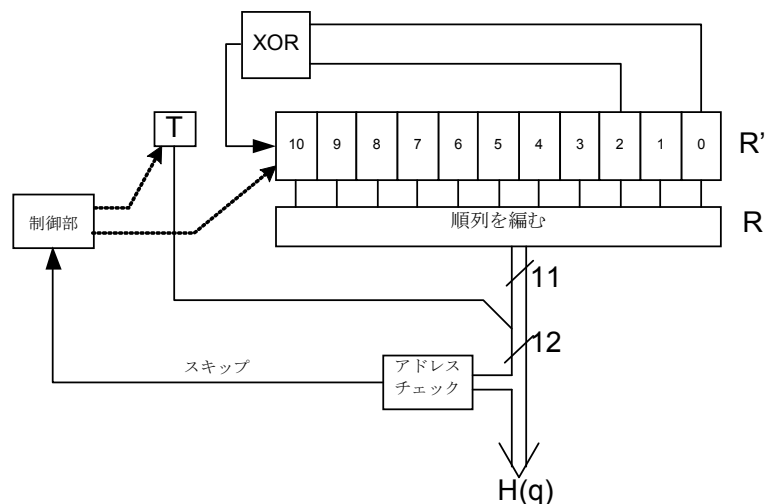


図 3.3-36 4KモードOFDM用の周波数インターリーバのアドレス生成処理

データスライス  $n$  についての周波数インターリーバの出力を  $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$  と表すと、これらは C2 フレーム  $m$  のシンボル  $l$  に含まれるデータセル  $v_{m,l,j}$  へ次のように割り当てられる。

$$v_{m,l,B(n)+i} = a_{m,l,i}$$

ここで  $B(n)$  は、スライス  $n$  に割り当てられる最初のデータセルの位置である。

(理由)

周波数インターリーブを施すことにより周波数ダイバーシティを得、周波数選択制の高いフェージング環境でのエラー耐性が高まる。

### 3.3.6.5 スタッフィングデータスライス

OFDM 信号内ではスタッフィングデータスライスを伝送できる。スタッフィングデータスライスは L1 シグナリング内では通知されない。パイロットおよびダミーキャリアは、通常のデータスライスの場合と同じ位置で伝送される。

パイロットまたは予約トーンにマップされないセル信号は平均パワー値 1 で搬送される。送信機は信号がほぼランダムに分散することを保証する必要がある。

(理由)

C2 フレームの空き領域をスタッフィングデータスライスで満たすことにより、C2 フレーム構造を一定に保持することが可能となる。

### 3.3.6.6 パイロットの挿入

#### (1) 概要

OFDM フレーム内の各種のセルは、受信機側で既知な参照情報付きで変調される。参照情報を含むセルは、ブーストされたパワーレベルで伝送され、スキッタード、コンティニュアル、およびエッジパイロットと呼ばれる。パイロット情報の値は、参照シーケンス  $r_k$  から導出される。

表 3.3-32 シンボルに含まれる各種パイロット(X=有り)

シンボル	パイロットの種類			
	スキッタード	コンティニュアル	エッジ	プリアンブル
プリアンブル				X
データ	X	X	X	

(理由)

パイロット信号の挿入により、フレーム同期、周波数同期、時間同期、チャンネル推定、また位相ノイズを追跡することも可能となる。

#### (2) スキッタードパイロットの挿入

##### ● スキッタードパイロットの位置

スキッタードパイロットの位置は、シンボルインデックス  $l$ 、キャリアインデックス  $k$ 、および GI 比率にのみ依存する。シンボル  $l$  上の OFDM 信号のキャリア  $k$  は、次の等式が満たされる時、スキッタードパイロットの位置となる。

$$k \bmod (D_X \cdot D_Y) = D_X (l \bmod D_Y)$$

ここで、 $D_X$ 、 $D_Y$  は表 3.2-32 で定義される。

- $k$ : 0 RF を 原点としたキャリアインデックス
- $l$ : データシンボルインデックス

表 3.3-33 スキッタードパイロットのパターンを決めるパラメータ

GI比率	パイロットを含む キャリア間隔( $D_X$ )	スキッタードパイロットのパターンの シンボル周期( $D_Y$ )
1/64	12	4
1/128	24	4

(理由)

複数のキャリア間隔を備えることにより、伝送路の状況に応じてスキッターードパイロットの比率を変更することが可能である。

- スキッターードパイロットの振幅

スキッターードパイロットの振幅 $A_{SP}$ は 7/3 に固定されている。この振幅は、コンティニュアルパイロットとエッジパイロットにも共通に使用される。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャンネル推定することも可能となる。

- スキッターードパイロットの変調

スキッターードパイロットの位相は、3.3.6.2 節に記載されている参照シーケンスから導出される。

スキッターードパイロットの変調値は次のように与えられる。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = A_{SP} \sqrt{2(1-r_k)}$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

ここで、 $A_{SP}$ は上記の定義に従い、 $r_k$ は 3.3.6.2 節で定義され、 $m$  は C2 フレームのインデックス、 $k$ はキャリアの周波数インデックスである。

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャンネル推定することも可能となる。

### (3) コンティニュアルパイロットの挿入

上述のスキッターードパイロットに加えて、フレームの、プリアンプルシンボルを除くすべてのシンボルにはコンティニュアルパイロットが挿入される。コンティニュアルパイロットの数と位置はすべての GI 比率について同じである。

- コンティニュアルパイロットの位置

コンティニュアルパイロットの位置は $K_{L1} = 3,408$  キャリアのブロック内で定義され、全キャリア内でこのパターンが繰り返される。 $K_{L1}$  キャリアインデックスブロックは L1 シグ

ナリングブロックと同期する。

コンティニューアルパイロットの $K_{L1}$  キャリアブロック内での位置を表 3.3-34 に示す。OFDM 信号のキャリアインデックス  $k \bmod K_{L1}$  は、表 3.3-33 のいずれかの数値と一致する場合コンティニューアルパイロットである。

表 3.3-34 コンティニューアルパイロットのキャリア・インデックス

インデックス							
96	216	306	390	450	486	780	804
924	1 026	1 224	1 422	1 554	1 620	1 680	1 902
1 956	2 016	2 142	2 220	2 310	2 424	2 466	2 736
3 048	3 126	3 156	3 228	3 294	3 366		

- コンティニューアルパイロットの振幅

コンティニューアルパイロットの振幅 $A_{CP}$ は 7/3 に固定されている。この振幅は、スキッタードパイロットとエッジ・パイロットにも共通に使用される。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

- コンティニューアルパイロットの変調

コンティニューアルパイロットの位相は、3.3.6.3 節に記載されている参照シーケンスから導出される。

コンティニューアルパイロットの変調値は次のように与えられる。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = 2 A_{CP} (1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

ここで、 $r_k$ は 3.3.6.2 節で定義されている。

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

(4) エッジパイロットの挿入

スキッタードおよびコンティニューアルパイロットに加えて、プリアンブルシンボルを

除くすべてのシンボルの「エッジ」キャリア位置には、多くのエッジパイロットも挿入される。エッジパイロットの数は、OFDM 信号内のスペクトラムノッチの数に依存する。

(理由)

エッジパイロットの挿入により、OFDM 信号の両端を検出することが可能となる。

● エッジパイロットの位置

エッジキャリアには、OFDM スペクトラムの上限および下限に配置されるキャリアと、スペクトラムノッチの上限及び下限に配置されるキャリアの 2 種類がある。どちらの場合にもエッジパイロットが挿入される。

OFDM スペクトラムの最低周波数のエッジパイロットは、データもしくはスキッタードパイロットキャリアに置き換えて挿入される。これに対して、最高周波数のエッジパイロットは、データキャリアへの追加キャリアとして挿入される。これによって、エッジパイロットがスキッタードパイロットのベアリングキャリアに存在することが保証される。これらのパイロットの位置を、図 3.2-33 に示す。

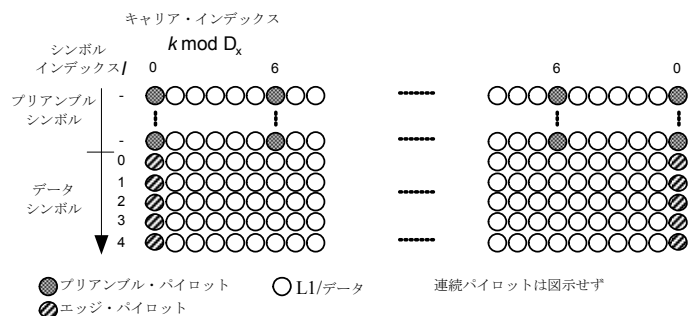


図 3.3-37 OFDMスペクトラムに於けるエッジ・パイロットの位置

エッジ・パイロットはスペクトラムノッチのいずれの側にも配置される。ノッチの低周波数側エッジ・パイロットはキャリアインデックス  $K_{N,\min} - 1$  に挿入され、ノッチの高周波数側エッジ・パイロットはキャリアインデックス  $K_{N,\max} + 1$  に挿入される。ここで、 $K_{N,\min}$  および  $K_{N,\max}$  は、スペクトラムノッチの開始および終了のキャリアインデックスである。これらのエッジパイロットはスキッタードパイロットのベアリングサブキャリア上に配置される。

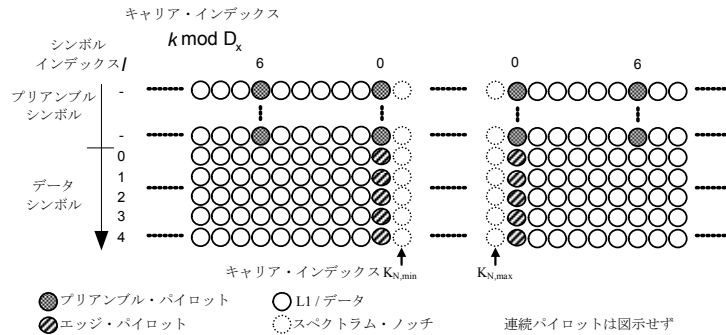


図 3.3-38 スペクトラムノッチのエッジパイロットの位置

注意: エッジパイロットの位置は常に $D_x$ の整数倍である。これらは、スキッタードパイロットのベアリングキャリアである。

(理由)

エッジパイロットを挿入することにより、受信機はC2システムの両端の検出が可能となる。

- エッジパイロットの振幅

エッジパイロットの振幅は  $7/3$  である。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

- エッジパイロットの変調

これらのセルの変調はスキッタードパイロットと同じである。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = A_{\text{SP}} 2(1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

### 3.3.6.7 予約ダミーキャリア

PAPR 低減など各種の目的で OFDM セルの予約が可能である。これらのセルの振幅は自

由に定義可能だがパワーレベルはデータ OFDM シンボル内のパイロットのパワーレベルを超えてはならない。

プリアンブルシンボルを除くデータシンボルにおいて、表 3.3-35 に定義されているキャリアとそれらをサイクリックシフトしたキャリアの組は、L1 シグナリングパート 2 「RESERVED\_TONES」により予約トーンがアクティブにされた時、OFDM シンボルのインデックスに応じて予約される。2 つの連続する OFDM シンボル間のシフト量は、パイロットのベアリングキャリア周期 $D_X$ 、およびスキッタードパイロットシーケンスのシンボル周期 $D_Y$ により決定される(3.3.6.6(2)節の表 3.3-33 を参照)。さらに、予約されたキャリアのパターンは、 $K_{L1}=3,408$  キャリアを 1 ブロックとした時の 8 ブロックごとに繰り返される。このため、C2 フレームのデータシンボル  $l$  では次の条件が満たされる場合に OFDM セルが予約される。

$$[k \bmod (8 \cdot K_{L1})] - D_X(l \bmod D_Y) \in S_0 \quad 0 \leq k < L_{Data}$$

ここで、 $k$  は絶対キャリアインデックス、 $L_{data}$  は C2 フレーム内のデータシンボル数を表し、 $S_0$  は表 3.3-35 に記載されているキャリアインデックスの組である

ノッチ内の予約キャリアの位置は、予約されるキャリアの組から除外される。

表 3.3-35 予約済みのキャリアインデックス  $S_0$

予約済みのキャリアインデックス $S_0$
161, 243, 296, 405, 493, 584, 697, 741, 821, 934, 1021, 1160, 1215, 1312, 1417, 1462, 1591, 1693, 1729, 1845, 1910, 1982, 2127, 2170, 2339, 2365, 2499, 2529, 2639, 2745, 2864, 2950, 2992, 3119, 3235, 3255, 3559, 3620, 3754, 3835, 3943, 3975, 4061, 4210, 4270, 4371, 4417, 4502, 4640, 4677, 4822, 4904, 5026, 5113, 5173, 5271, 5317, 5426, 5492, 5583, 5740, 5757, 5839, 5935, 6033, 6146, 6212, 6369, 6454, 6557, 6597, 6711, 6983, 7047, 7173, 7202, 7310, 7421, 7451, 7579, 7666, 7785, 7831, 7981, 8060, 8128, 8251, 8326, 8369, 8445, 8569, 8638, 8761, 8873, 8923, 9017, 9104, 9239, 9283, 9368, 9500, 9586, 9683, 9782, 9794, 9908, 9989, 10123, 10327, 10442, 10535, 10658, 10739, 10803, 10925, 11006, 11060, 11198, 11225, 11326, 11474, 11554, 11663, 11723, 11810, 11902, 11987, 12027, 12117, 12261, 12320, 12419, 12532, 12646, 12676, 12808, 12915, 12941, 13067, 13113, 13246, 13360, 13426, 13520, 13811, 13862, 13936, 14073, 14102, 14206, 14305, 14408, 14527, 14555, 14650, 14755, 14816, 14951, 15031, 15107, 15226, 15326, 15392, 15484, 15553, 15623, 15734, 15872, 15943, 16043, 16087, 16201, 16299, 16355, 16444, 16514, 16635, 16723, 16802, 16912, 17150, 17285, 17387, 17488, 17533, 17603, 17708, 17793, 17932, 18026, 18081, 18159, 18285, 18356, 18395, 18532, 18644, 18697, 18761, 18874, 18937, 19107, 19119, 19251, 19379, 19414, 19522, 19619, 19691, 19748, 19875, 19935, 20065, 20109, 20261, 20315, 20559, 20703, 20737, 20876, 20950, 21069, 21106, 21231, 21323, 21379, 21494, 21611, 21680, 21796, 21805, 21958, 22027, 22091, 22167, 22324, 22347, 22459, 22551, 22691, 22761, 22822, 22951, 22981, 23089, 23216, 23290, 23402, 23453, 23529, 23668, 23743, 24019, 24057, 24214, 24249, 24335, 24445, 24554, 24619, 24704, 24761, 24847, 24947, 25089, 25205, 25274, 25352, 25474, 25537, 25612, 25711, 25748, 25874, 25984, 26078, 26155, 26237, 26324, 26378, 26545, 26623, 26720, 26774, 26855, 26953, 27021, 27123

(理由)

予約トーンを用いて送信信号のピーク電力を制御することにより、C2 システムで心配される、1024QAM や 4096QAM の様な高次変調や multiple-PLP による TS 多重などに起因する PAPR の増加が低減される。

### 3.3.7 OFDMの生成

OFDM 生成モジュールの機能は、フレームビルダにより生成されたセルを周波数ドメインへ変換することである。

#### (1) IFFT - OFDM 変調

この節では、それぞれの伝送モードを使用するための OFDM 構造について説明する。伝送される信号は、フレーム単位に編成される。各フレームの持続期間は $T_F$ で、 $L_F$ 個の OFDM シンボルにより構成される。それぞれのシンボルは $K_{total}$ 個のキャリアの組で構成され、持続期間 $T_S$ で伝送される。これは、持続期間 $T_U$ の有効な部分と、持続期間  $\Delta$  のガードインターバルの 2 つの部分で構成される。ガードインターバルは有用データ $T_U$ のサイクリックなコピーより構成される。FFT サイズとガードインターバル比率の許容される組み合わせを、表 3.3-37 に示す。

C2 フレームのシンボルには 0 から $L_F - 1$ までの番号が付けられる。すべてのシンボルにはデータと既知参照情報が含まれる。

キャリアには、 $k \in [K_{min}; K_{max}]$ の範囲でインデックスが付けられている。隣接するキャリアの間隔は $1/T_U$ で、キャリアの間隔 $K_{min}$ および $K_{max}$ は $K_{total}/T_U$ で決定される。送信信号は次の式で記述される。

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \left[ \frac{1}{\sqrt{K_{total}}} \sum_{l=0}^{L_F-1} \sum_{k=K_{min}}^{K_{max}} C_{m,l,k} \psi_{m,l,k}(t) \right] \right\}$$

ここで

$$\psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi\frac{k}{T_U}(t-\Delta-lT_S-mT_F)} & mT_F + lT_S \leq t < mT_F + (l+1)T_S \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

ここで各変数定義は以下の通り。

- $k$       キャリア番号
- $l$       OFDM シンボル番号、フレーム先頭のプリアンブルシンボルのインデックスは 0
- $m$       C2 フレーム番号
- $K_{total}$    伝送されるキャリアの数、すなわち $K_{total} = K_{max} - K_{min} + 1$
- $L_F$       フレームごとの OFDM シンボル総数(プリアンブルを含む)



$T_S$	すべてのシンボルの合計シンボル持続期間で、 $T_S = T_U + \Delta$
$T_U$	表 3.3-37 で定義されているアクティブなシンボルの持続期間
$\Delta$	ガードインターバルの持続期間、(2)を参照
$C_{m,l,k}$	キャリア $k$ の複素数の変調値、OFDM シンボル番号 $l$ 、C2 フレーム番号 $m$ に対応
$T_F$	フレームの持続期間、 $T_F = L_F T_S$
$K_{min}$	最初(最低周波数)のアクティブなキャリアのキャリアインデックス
$K_{max}$	最後(最高周波数)のアクティブなキャリアのキャリアインデックス

OFDM パラメータの要約を、表 3.3-37 に示す。時間に関係するさまざまなパラメータの値は基本期間  $T$  の倍数として、マイクロ秒単位で与えられる。

表 3.3-36 チャンネルラスタに対する基本期間

チャンネルラスタ	"6 MHz"
基本期間 $T$	7/48 $\mu$ s

表 3.3-37 OFDM パラメータ

パラメータ	"6 MHz" 1/64	"6 MHz" 1/128
L1ブロック $K_{L1}$ 当たりのOFDMキャリア数	3 408	3 408
L1シグナリングブロックの帯域幅 (注参照)	5,71 MHz	5,71 MHz
期間 $T_U$	4 096 $T$	4 096 $T$
期間 $T_U$ $\mu$ s (注参照)	597,3	597,3
キャリア間隔 $1/T_U$ (Hz) (注参照)	1 674	1 674
ガードインターバル期間 $\Delta T_U$	64 $T$	32 $T$
ガードインターバル 期間 $\Delta T_U$ $\mu$ s (注参照)	9,33	4,66
注：斜体の数値は凡その値		

(理由)

OFDM 変調方式を導入することにより、よりマルチパス環境、フェイジング環境に強靱な伝送が可能となる。また、連結送信が可能となるため、ガードバンド領域の有効利用が可能となる。

(2) ガードインターバルの挿入

2つの異なるガードインターバル比率( $\Delta T_U$ )が定義されている。

(理由)

OFDM の導入とガードインターバルの挿入により、ガードインターバル内の干渉波の除去が可能となる。また、伝送環境に応じてより高耐性なモードが高効率なモードかを選択することも可能となっている。

### (3) スペクトラム特性

OFDM シンボルは等間隔の直交キャリアを構成する。データセルキャリアの振幅と位相はシンボルごとに変化する。各キャリアのパワースペクトル密度 $P_k(f)$ は、周波数

$$f_k = \frac{k}{T_u} \quad (K_{\min} \leq k \leq K_{\max} \text{ について})$$

において、次の式で定義される。

$$P_k(f) = \left[ \frac{\sin \pi(f - f_k)T_s}{\pi(f - f_k)T_s} \right]^2$$

変調されたデータセルキャリアの総合的なパワースペクトル密度は、これらのキャリアすべてのパワースペクトル密度の和となる。理論的な送信信号スペクトラムを図 3.2-35 に示す。青の曲線は、幅 5.71 MHz 信号の理論的なスペクトラムを示す(最初のサブキャリア  $K_{\min}$  は相対周波数 0 MHz に配置)。赤の曲線は 338 MHz 幅の信号の周波数下限エッジを示している。OFDM シンボルの持続期間はキャリアの間隔の逆数よりも大きいため、各キャリアのパワースペクトル密度のメインローブは、キャリア間隔の 2 倍よりも狭くなる。このためスペクトル密度は帯域幅内で一定ではない。

注意: この理論的なスペクトラムでは、パイロットキャリアのブーストによって起きるキャリア間でのパワー変動は考慮されていない。

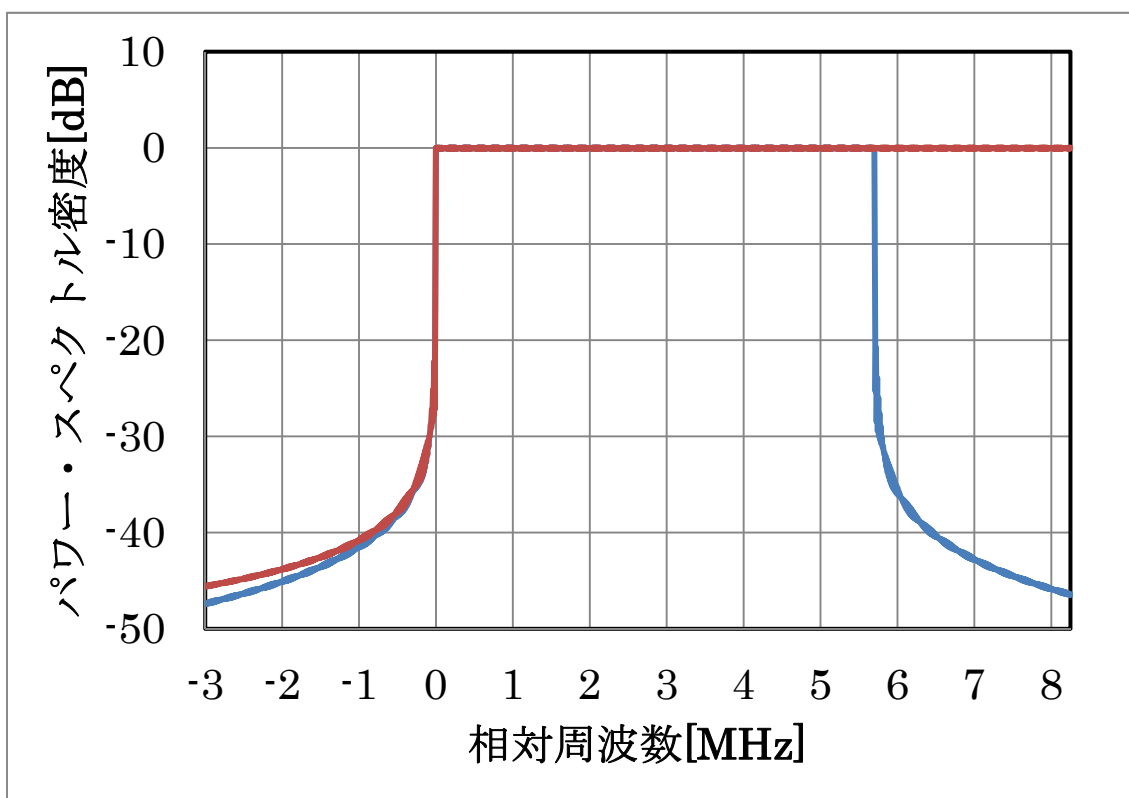


図 3.3-39 C2信号のスペクトラムの理論値  
(GI比=1/128, 帯域幅6 MHzと338 MHz (下側エッジのみ) )

増幅とフィルタ処理の後で、スペクトラム特性について特別な要件は設定されない。これは、関連する標準化機関により、C2 システムが展開される地域および周波数帯に応じてより適切に定義されることが考慮されているためである。

### 3.3.8 PLPバンドル

#### (1) PLP バンドルの概要

基本動作モード(すなわち、1つまたは複数の PLP が 1つのデータ・スライスに配置される)に加えて、C2 システムでは単一の PLP 接続のデータを、複数のデータ・スライスに分散させることもできる(PLP バンドル)。結果として、単一の PLP 接続のスループット率は、C2 システムの総合的なスループット率まで向上可能となる。この動作モードは、単一データ・スライスの容量を超えるスループット率を要求する、高度なサービスを意図したものである。

バンドルされた PLP 接続のすべてのデータ・パケットは、同じ入力処理ブロックを通過する必要がある。この動作モードでは、異なるデータ・スライスからのパケットをレシーバー側で再度順序付け可能にするため、モード適合ブロックに ISSY タイムスタンプを必ず

挿入する必要がある。入力処理ブロックの出力において、バンドルされた PLP の BBFrame は、異なるデータ・スライスに分散している。PLP バンドル動作モードのブロック図を、図 3.3-40 に示す。

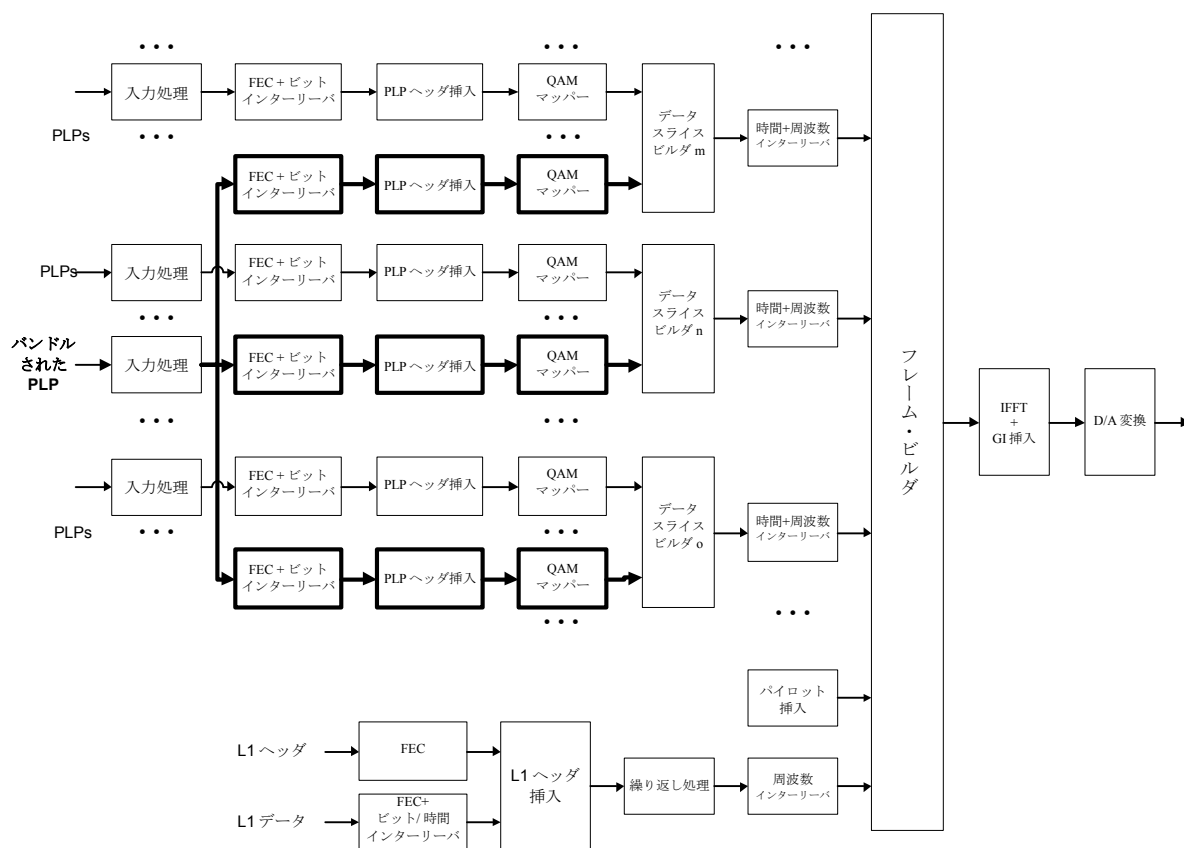


図 3.3-40 バンドルされたPLP

PLP バンドル動作モードでは、バンドルされる PLP からのパケットを含むデータ・スライスに、必ず FECFrame ヘッダーを使用する必要がある。

注意 1: 基本動作モードと同様に、バンドルされる PLP からの FECFrame を含むデータ・スライスも、他の PLP の FECFrame パケットを含むことが許される。

注意 2: 単一の 8 MHz 受信チューナーを持つ C2 レシーバーでは、バンドルされた PLP を復号する必要はない。これらの C2 レシーバーは、バンドルされた PLP を L1-part2 信号から認識し、関連するデータ・スライス・パケットを破棄する。

## (2) PLP バンドルの送信設定

PLP をバンドルして送信する時、L1 信号 part2 の PLP\_BUNDLED を 1 に設定する。

また、BBFrame は高効率モードを使用する。

### (3) PLP バンドルのチャンネル割り当て

PLP bundling 使用時に、複数チャンネルへ BBFrame を割り当てる方法を規定する。チャンネルの割り当てには以下 2 つの制約を与えることとする。

- 各チャンネルの伝送可能データレートの比に従い各チャンネルに BBFrame を割り当てる
- チャンネル 1 のデータレートを A、チャンネル 2 のデータレートを B とすると、チャンネル 1 とチャンネル 2 のデータレートはそれぞれ、 $A/(A+B)$ 、 $B/(A+B)$  の割合で BBFrame を割り当てる。
- 送信側スケジューラは規定の割合を最も下回っているチャンネルを選択する。
- 同一チャンネルに 5BBFrame 以上連続で送ることがないようにデータレート比を決定する。

#### (理由)

チャンネル間の復調、復号の遅延調整、およびデータレートの差異による遅延調整のため、受信機はバッファを搭載する必要がある。受信機側で実装しておくべきバッファ量を算出するために送信側の振り分け方法に制約を与える。本規格における変調方式、符号化率の組み合わせから算出される最小と最大のデータレートの比が 4 倍未満であることから、5BBFrame を超える連続送信を行う必要性は低い。

### 3.3.9 緊急地震速報への対応

#### (1) 地震動警報情報

共通 PLP を用いて 204 ビットの地震動警報情報を伝送する。

204 ビットの地震動警報情報の構成に関しては、デジタル放送に関する送信の標準方式（平成 23 年総務省令第 87 号）第 22 条第 2 項に規定する地震動警報情報を伝送するための AC 信号の構成と同等とする。

地震動警報情報を伝送する共通 PLP が使用するパラメータを表 3.2-39 に示す。また、地震動警報情報を伝送する共通 PLP の BBFrame 内の配置を表 3.2-40 に示す。

#### (理由)

共通 PLP を活用することで、複数ある PLP のどの PLP を受信している場合にも受信処理をしながら当該地震動警報情報を取得することが可能となる。

表 3.3-38 common PLPが使用するパラメータ

パラメータ	値
変調方式	16QAM
LDPC 符号長	16200bit
LDPC 符号化率	4/5
BBFrame 長	12432bit

表 3.3-39 BBFrame内の配置

シンタックス	ビット数	説明
BBHeader	80	BBFrame の Header 地震動警報情報 予約領域
Emergency_information	204	
RESERVED	12148	

### 3.3.10 多重化

(1) サービス多重の基本方式

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

(2) データグループ

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

(3) 伝送パケット

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

ただし、TLV パケットで伝送された場合には TLV パケットから GSE パケットへの変換を行った上で、GSE パケットを伝送する。図 3.3-41 に変換方法を示す。また、TLV のペイロードサイズによって、使用する GSE のタイプを変えることとする。表 3.3-40 に TLV のペイロードサイズと GSEtype の関係を示す。

(理由)

TLV のデータ長は 16 ビットで規定されるが、GSE のデータ長は 12 ビットであるため、TLV のデータ量のほうが多い状況が想定される。そのため、TLV パケットを GSE パケットの分割機能を用いて伝送することができる。このとき、パケット種別からプロトコルタ

IPへの変換を適切に行うことにより、TLV パケットの必要な情報を GSE パケットで伝送することが可能となる。

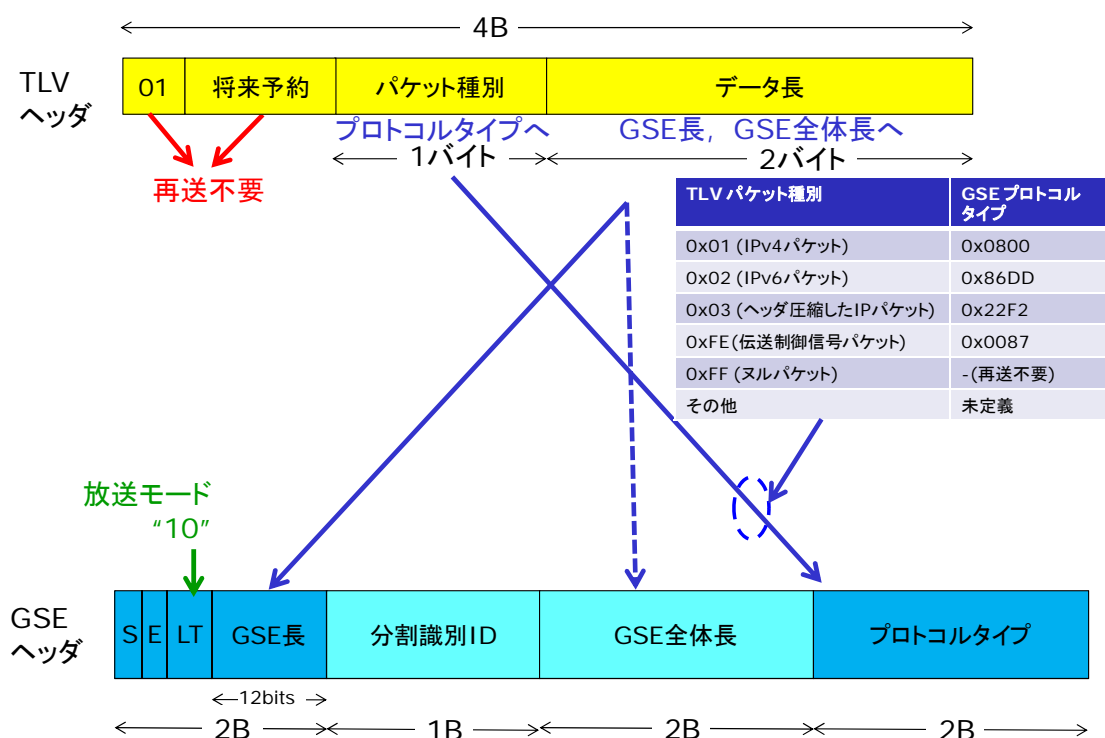


図 3.3-41 TLVパケットからGSEパケットへの変換

表 3.3-40 TLVのペイロードサイズとGSEtypeの関係

TLV のペイロードサイズ	GSEtype
1800 バイト以下	GSE-Lite
4093 バイト以下	GSE(分割なし)
4094 バイト以上	GSE(分割あり)

(4) 伝送制御、番組配列情報等は衛星デジタル放送方式に準じるものとする。

なお、伝送制御で使用する NIT(Network information table)の第 2 ループで使用する記述子(descriptor)として C2\_delivery\_system\_descriptor を定める。

記述子タグ(descriptor\_tag)の割り当て、データ構成及びデータ構造は、それぞれ表 3.3-41、図 3.3-42、表 3.3-42 に示す通りである。

表 3.3-41 descriptor一覧

記述子タグ (descriptor_tag)	割り当て
0x00~0xXX	(衛星デジタル放送方式と同一。)
0xXX	C2_delivery_system_descriptor
0xXX~0xFF	(衛星デジタル放送方式と同一。)

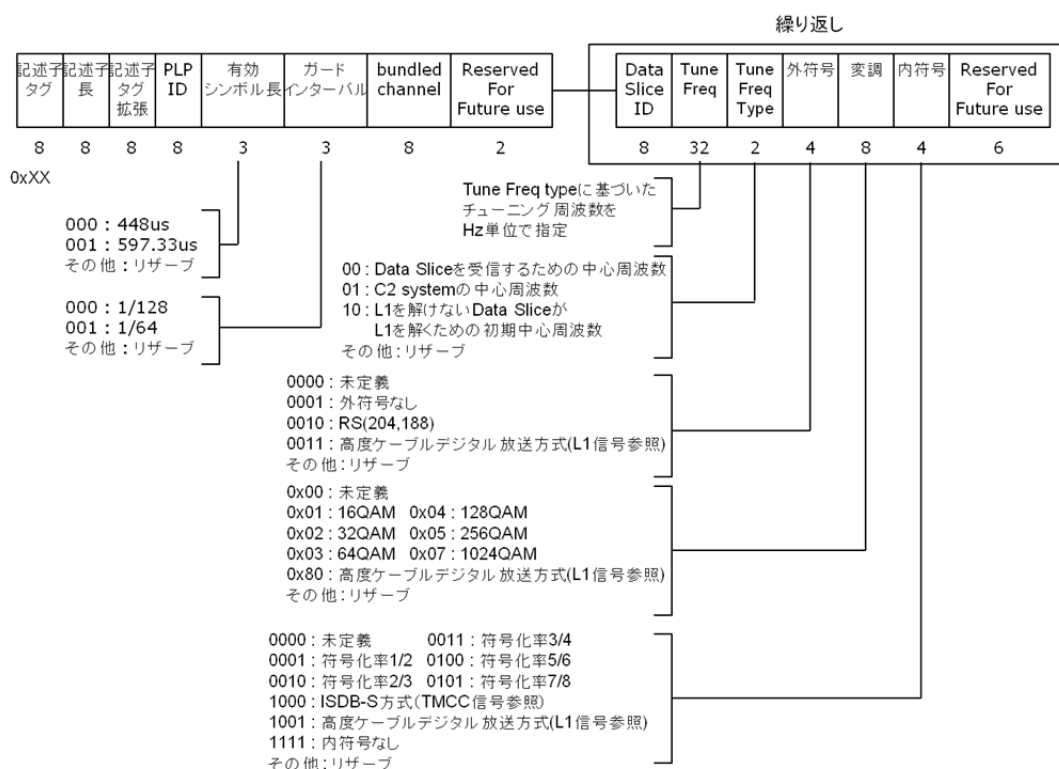


図 3.3-42 データ構成



表 3.3-42 データ構造

シンタックス	ビット数	備考
C2_delivery_system_descriptor(){		
descriptor_tag	8	0xXX
descriptor_length	8	-
descriptor_tag_extension	8	-
plp_id	8	-
active_OFDM_symbol_duration	3	000 : 448us 001 : 597.33us その他：リザーブ
guard_interval	3	000 : 1/128 001 : 1/64 その他：リザーブ
bundled_channel	8	-
reserved_for_future_use	2	0x3(未定義)
for(i = 0; i < N; ++i){		
data_slice_id	8	-
C2_tuning_frequency	32	Tune Freq typeに基づいたチューニング周波数をHz単位で指定 00 : Data Sliceを受信するための中心周波数
C2_tuning_frequency_type	2	01 : C2 systemの中心周波数 10 : L1を解けないData Sliceが L1を解くための初期中心周波数 その他：リザーブ
outer_code	4	0000 : 未定義 0001 : 外符号なし 0010 : RS(204,188) 0011 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) その他：リザーブ
modulation	8	0x00 : 未定義 0x01 : 16QAM   0x04 : 128QAM 0x02 : 32QAM   0x05 : 256QAM 0x03 : 64QAM   0x07 : 1024QAM 0x80 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) その他：リザーブ
inner_code	4	0000 : 未定義   0011 : 符号化率3/4 0001 : 符号化率1/2   0100 : 符号化率5/6 0010 : 符号化率2/3   0101 : 符号化率7/8 1000 : ISDB-S方式(TMCC信号参照) 1001 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) 1111 : 内符号なし その他：リザーブ
reserved_for_future_use	6	-
}		
}		

(5)多重信号に関する識別子

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

### 3.3.11 参照

以下で参照されているドキュメントは、3.3 節の記述の引用元である。

[1] ETSI EN 302 769: 「デジタルビデオ放送(DVB): ケーブルシステム向けの第 2 世代デジタル伝送システム(DVB-C2)のフレーム構造、チャンネルの符号化および変調 (Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2))」

また、以下で参照されているドキュメントは、3.3 節の応用のため必要となる。

[2] ETSI TS 101 162: 「デジタル・ビデオ放送(DVB): サービス情報(SI)の割り当て、およびデジタル・ビデオ放送(DVB)システム用のデータ放送コード(Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) and Data Broadcasting Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems)」

### 3.3.12 用語の定義

3.3 節の記述において、以下の用語と定義を使用している。

用語	説明
⊕	排他的論理和/モジュロ 2 加算
0xkk	「kk」の部分は 16 進数と解釈される。
アクティブセル	L1 シグナリングまたは PLP のコンスタレーションポイントを搬送する OFDM セル
補助データ	その時点で未定義の変調および符号化を搬送するセルのシーケンスで、データスライスのスタッフィングとして、またはデータスライスパケットのスタッフィングとして使用される可能性がある。
BBFrame	モードおよびストリーム適合後の入力信号のフォーマット
BBHeader	ベースバンドデータフィールドの前のヘッダ
BUFS	遅延変動を補償するためレシーバーに必要なバッファの最大サイズ
BUFSTAT	レシーババッファの実際のステータス
C2 フレーム	固定の物理レイヤ TDM フレームで、各種のサイズのデータスライスにさらに分割される。
C2 システム	伝送される一塊の C2 信号で対応するプリアンプルの

	L1-part2 ブロックで記述される。
共通 PLP	特別な PLP で、複数の PLP (トランスポートストリーム)により共有されるデータが含まれる。
データセル	パイロットまたはトーン予約セルのいずれでもない OFDM セル
データ PLP	ペイロードデータを搬送する PLP
データスライス	特定の周波数のサブバンドで 1 つ以上の PLP を搬送する、OFDM セルのグループ
データスライスパケット	関連する FECFrame ヘッダを含む、XFECFrame
データシンボル	C2 フレーム内の、プリアンブルシンボル以外の OFDM シンボル
div	整数除算で、次のように定義される。 $x \text{ div } y = \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$
ダミーセル	疑似ランダム値を搬送する OFDM セルで、L1 シグナリング、PLP、および補助データにより使用されない、残りの容量を埋めるため使用される。
基本期間	チャンネルのラスタに依存する期間で、C2 システム内の他の期間を定義するために使用される。
FECFrame	1 回の LDPC 符号化操作で処理される $N_{LDPC}$ (16,200 または 64,800) ビットの組 注意: 単一の PLP を搬送するデータスライスで、一定の変調および符号化が適用される場合、FECFrame ヘッダ情報をレイヤ 1 パート 2 で搬送でき、データスライスパケットは XFECFrame と同一になる。
FFT サイズ	C2 レシーバ用の FFT の公称サイズは 4K である。
Im(x)	x の虚数部
レイヤ 1 (L1)	C2 信号方式の最初のレイヤ名(物理レイヤパラメータの信号)
L1 ブロック	L1-part2 COFDM セルの組で、周波数ドメイン内でサイクリックに繰り返される。
L1-part1	データスライスパケットのヘッダで搬送される信号で、関連する XFECFrame の変調および符号化のパラメータを搬送する。
L1-part2	プリアンブル内でサイクリックに伝送されるレイヤ 1 信号で、C2 システム、データスライス、ノッチ、および PLP に

	ついでにより詳細な L1 情報を搬送する。
レイヤ 2 (L2)	C2 信号方式の 2 番目のレイヤー名(物理レイヤパラメーターの信号)
mod	モジュロ演算子で、次のように定義される。 $x \bmod y = x - y \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$
モードアダプタ	入力信号処理ブロックで、出力として BBFrame を配信する。
nn <sub>D</sub>	「nn」を 10 進数と解釈する。
ノッチ	各 OFDM シンボル内で隣接する OFDM セルの組で、エネルギー伝送を伴わないもの。
ヌルパケット	Packet_ID が 0x1FFF の MPEG パケットで、ペイロードデータを搬送せず、パディングに使用される。
OFDM セル	1 つの OFDM シンボル、たとえば単一のコンスタレーションポイント内における、1 つの OFDM キャリアの変調値
OFDM シンボル	対応する変調値で変調されるすべてのアクティブなキャリアで構成され、ガードインターバルを含む期間を持つ波形 Ts
物理レイヤパイプ(PLP)	1 つ以上のデータスライス内で搬送される論理チャネル
PLP バンドル	複数のデータスライスを使用して 1 つの PLP を伝送すること。
PLP_ID	8 ビットのフィールドで、C2 伝送信号内の PLP を一意に識別する。
プリアンブルヘッダ	プリアンブルの最初の部分で伝送される固定サイズの信号で、レイヤ 1 パート 2 データの長さインターリーブのパラメータを搬送する。
プリアンブルシンボル	各 C2 フレームの最初に伝送される 1 つまたは複数の OFDM シンボルで、レイヤ 1 パート 2 シグナリングデータを搬送する。
Re(x)	x の実数部
将来使用のため予約	「将来使用のため予約」と示されているすべてのフィールドの値は、他の定義がない限り「0」とすること。
START_FREQUENCY	C2 システムの OFDM サブキャリアで使用される最も低いインデックス。START_FREQUENCY の値は D <sub>X</sub> の整数倍であること。
x*	x の複素共役

XFECFrame	QAM コンスタレーションにマップされる FECFrame
[x]	x より小さい、または等しい最大の整数。
[x]	x より大きい、または等しい最少の整数。

4.1 複数搬送波伝送方式の概要

複数搬送波伝送方式は、図 4.1-1 に示すように複数 TS 伝送方式の 1 搬送波(64 QAM/256 QAM)の伝送容量を超えるストリーム (TS もしくは TLV) を複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。分割した大容量ストリームの一部と既存のデジタル放送の TS パケットを区別して同一フレーム内に多重化することも可能である。

本方式を実現するため、既存の複数 TS 多重フレーム(TSMF)\*を拡張する。以下の説明では、拡張する複数 TS 多重フレームを” 拡張 TSMF (Extended TSMF) ” と称する。

また、複数搬送波伝送方式の信号を受信するため、新たに有線複数搬送波伝送分配システム記述子(channel\_bonding\_cable\_delivery\_system\_descriptor) を定義する。

\*TSMF: Transport Stream Multiplexing Frame (ITU-T J.183)

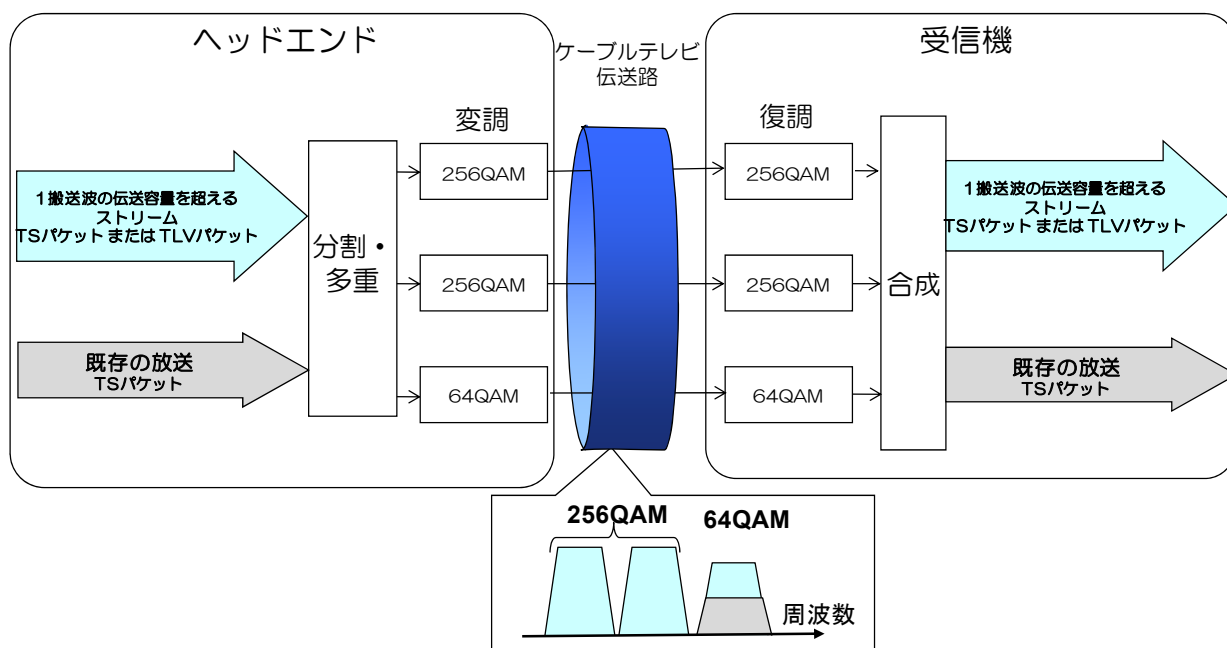


図 4.1-1 複数搬送波伝送方式の概要

(拡張TSMFを適用して2つの256 QAMと1つの64 QAMで分割伝送する例)

## 4.2 変調方式及び伝送路符号化方式

複数搬送波伝送方式で送信する分割したストリームの伝送路符号化方式は、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化方式と同一とする。シンボルレートは搬送波間で同期しているものとする。

(理由)

複数搬送波伝送方式の各搬送波は、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同一の伝送路符号化方式（変調方式、ロールオフ率、エネルギー拡散方式、誤り訂正方式、インターリーブ方式、フレーム同期信号、フレーム構造）を用いることにより、図 4.2-1に示すように、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じ信号形式として処理することが可能でありこれまでに開発してきた技術や規格を活用することが可能であることが、実証実験<sup>(註)</sup>により確認された（予定）。

先頭バイトの値が0x47で188バイトのデータ列を採用することにより、単一TS伝送方式や複数TS伝送方式と同様に複数搬送波伝送方式を既存の伝送路符号化方式で扱うことが可能である。シンボルレートを同期させることで送受信機の構成を簡素化できる。

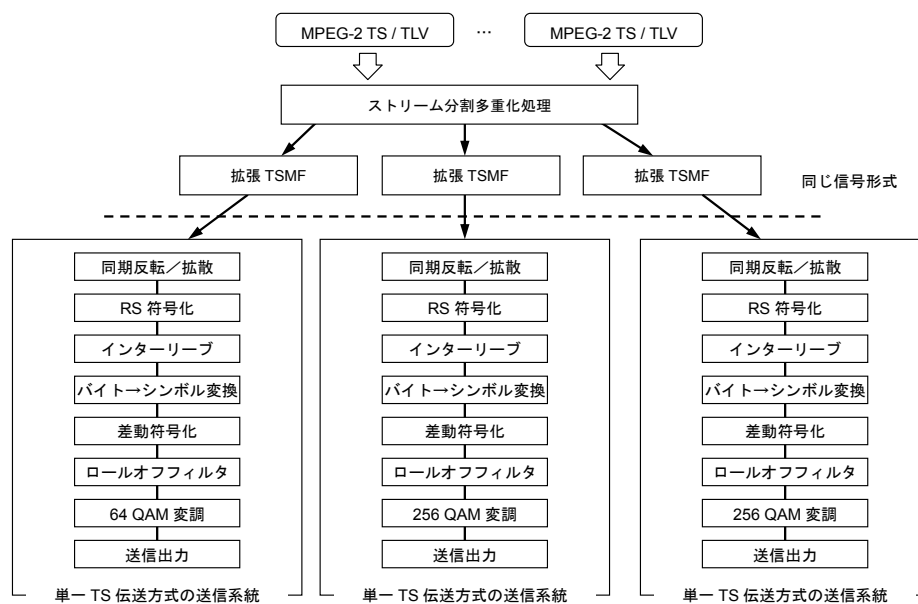


図 4.2-1 複数搬送波伝送方式

(大容量のストリームを1つの64 QAMと2つの256 QAMに分割して伝送する例)

<sup>(註)</sup>複数搬送波伝送方式によるデジタル有線テレビジョン放送の実現性を実証するために、平成26年\*月から同年\*月にかけて、一般社団法人日本CATV技術協会における実験作業班によって実施された伝送実験。

### 4.3 拡張TSMF多重フレームヘッダ(Extended\_TSMF\_header)

拡張TSMF多重フレームヘッダの構成を図 4.3-1に示す。各領域の値は、最上位ビットを先頭として格納する。また、単位の無い数はその領域のビット数を示す。以下、同様とする。

拡張情報以外の情報を基本情報とする。基本情報の構成は、TSMFと同様である。

(理 由)

一定の制約のもとでは、TSMFを受信可能な既存の受信機により、多重されている一部のストリームを受信することができ、既存の複数TS伝送方式との互換性を持たせることが可能である。

パケ ット ヘッ ダ	多重 フレー ム同期 信号	変 更 指 示	スロッ ト情報	識別子/ 相対スト リーム番 号対応情 報	送受信 制御情 報	相対スト リーム番 号/スロ ット 対応 情報	拡張情報	CRC
32	16	3	21	480	32	208	680	32

図 4.3-1 拡張TSMF多重フレームヘッダの構成



#### 4.3.1 シンタックス（符号化データ列の規則）

表 4.3-1に概要を示す。

**表 4.3-1 拡張TSMF多重フレームヘッダのシンタックス概要**

(名称)		(説明)	
パケットヘッダ		同期バイト、frame_PID、および連続性指標	
frame_sync		多重フレーム同期信号	
version_number		変更指示	
relative_stream_number_mode		スロット配置法の区別	
frame_type		多重フレーム形式の区別	※
stream_status		相対ストリーム番号に対する有効、無効指示	
stream_id/original_network_id		識別子／相対ストリーム番号対応情報	
receive_status		ヘッドエンドでの受信状態	
reserved_for_future_use		未定義	
emergency_indicator		緊急警報指示	
relative_stream_number		相対ストリーム番号対スロット対応情報	※
拡張情報	earthquake_early_warning	地上波デジタル放送の地震動警報情報	
	stream_type	ストリーム種別（TS または TLV を区別）	※
	group_id	搬送波群の識別	※
	number_of_carriers	搬送波群を構成する搬送波の総数	※
	carrier_sequence	搬送波の復調出力の合成順	※
	number_of_frames	拡張 TSMF のフレーム数	※
	frame_position	拡張 TSMF のフレーム位置情報	※
reserved_for_future_use		将来利用（未定義）	※
CRC		誤り検出	

注1 ※TSMF 多重フレームヘッダに追加または改定する部分

#### 4.3.2 拡張 TSMF のシンタックス

表 4.3-2に拡張TSMFのシンタックスを示す。

表 4.3-2 拡張 TSMF のシンタックス

シンタックス	ビット数	ニーモニック
Extended_TSMF_header(){		
sync_byte	8	ビット列
'000'	3	ビット列
frame_PID	13	符号無し整数
'0001'	4	ビット列
continuity counter	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	3	符号無し整数
frame_sync	13	ビット列
version_number	3	符号無し整数
relative_stream_number_mode	1	ビット列
frame_type	4	符号無し整数
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_status[i]	1	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_id[i]	16	符号無し整数
original_network_id [i]	16	符号無し整数
}		
for(i=0; i<N; ++i){		
receive_status[i]	2	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
emergency_indicator	1	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=52
relative_stream_number[i]	4	符号無し整数
}		
earthquake_early_warning	204	ビット列
'0000'	4	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_type [i]	1	ビット列
}		
'0'	1	ビット列

group_id	8	符号無し整数
number_of_carriers	8	符号無し整数
carrier_sequence	8	符号無し整数
number_of_frames	4	符号無し整数
frame_position	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	424	
CRC	32	符号無し整数
}		

### 4.3.3 基本情報

#### 4.3.3.1 パケットヘッダ

図 4.3-2に、パケットヘッダの構成を示す。パケットヘッダを構成する32ビットは、シンタックスをTSパケットと共通にして、拡張TSMF多重フレームヘッダをTSパケットと同様に扱えるようにしている。

同期バイト 0x47	'000'	多重フレームPID	'0001'	連続性指標
8	3	13	4	4

図 4.3-2 パケットヘッダの構成

(理 由)

既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同一の変調方式を用いることにより、これまでに開発してきた技術や規格を活用することが可能である。単一TS伝送方式、複数TS伝送方式とともに複数搬送波伝送方式を同一の変調器で運用することができる。

#### (1) 同期バイト (sync\_byte)

sync\_byteは、8ビットのフィールドである。値は0x47とする。またsync\_byteからcontinuity counterまでの32ビットは、シンタックスをTSパケットと共用して拡張TSMF多重フレームヘッダをTSパケットと同様に扱えるようにしている。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

既存のデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化方式を用いるため、拡張TSMF多重フレームヘッダの先頭の1バイトは、TSパケットの同期バイトと同じ値を用いる必要がある。

## (2) 多重フレームPID (frame\_PID)

多重フレームPIDは、13ビットのフィールドである。値として0x002Fを用いることがJCTEAおよびARIBにより確認されている。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

多重フレームPIDは、拡張TSMFの多重フレームヘッダを確実に識別するため、他のスロットで使われるPIDとは異なる値を用いる。平成23年総務省告示第311号によれば、デジタル有線テレビジョン放送方式の多重フレームヘッダ情報の構成のうち多重フレームPIDは、0x0011 から0x002F までの中から割当てるとすると定められている。

なお平成11年12月24日、一般社団法人日本CATV技術協会(JCTEA)と社団法人電波産業会(ARIB)衛星デジタル放送開発部会共通分科会多重化作業班との間で、0x002Fをケーブルテレビ用のPIDとすることが確認され、JCTEA STD-002 "デジタル有線テレビジョン放送多重化装置"およびARIB STD-B10"第1部デジタル放送における番組配列情報の構成及び識別子の運用基準"に規定されている。

## (3) 連続性指標 (continuity\_counter)

continuity\_counterは、多重フレームごとに1ずつ増加する4ビットのフィールドである。continuity\_counterが最大の場合、次は0x0とする。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

連続性指標をTSパケットのヘッダ部分と同様の構造として設けることで、拡張TSMF多重フレームヘッダの脱落等を検出することを可能としている。

### 4.3.3.2 多重フレーム同期信号 (frame\_sync)

図 4.3-3に、多重フレーム同期信号の構成を示す。frame\_syncは、13ビットのフィールドである。その値は、0x1A86とし、拡張TSMF多重フレーム毎に全ビットを反転させる。反転したframe\_syncの値は、0x0579である。frame\_PIDとともに多重フレームヘッダを識別するために用いることができる。

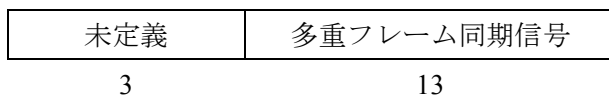


図 4.3-3 多重フレーム同期信号の構成

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

多重フレーム同期信号の値は、‘0’及び‘1’の数がほぼ均等であり、ビット毎の同値連続が長くないような値である。

また、多重フレーム毎に全ビットを反転させることは、多重フレームの疑似同期の確率を減らすのに有効であるため採用している。

#### 4.3.3.3 変更指示 (version\_number)

図4.3-4に、変更指示の構成を示す。version\_numberは、拡張TSMF多重フレームヘッダの情報に変更があった場合に1ずつ増加する3ビットのフィールドである。version\_number値が最大値の場合、次の値は0x0とする。拡張TSMF多重フレームヘッダの情報の変更と伝送誤りを区別するために利用できる。

変更を調べる対象となる領域は、version\_numberの直後から拡張情報のnumber\_of\_framesまでの領域とする。

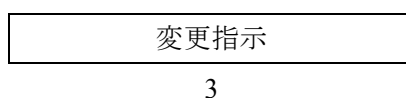


図 4.3-4 変更指示の構成

(理 由)

拡張TSMF多重フレームヘッダの情報に変更があったのか、伝送誤りなのかを区別するために必要である。TSMFと異なり、拡張TSMFでは変更を調べる対象に拡張情報のnumber\_of\_framesまでの領域を含めることが適当である。

#### 4.3.3.4 スロット情報

図4.3-5にスロット情報の構成を示す。

スロット 配置法の 区別	多重フレー ム形式	相対ストリーム 番号 1に対する 有効、無効指示	相対ストリーム 番号 2に対する 有効、無効指示	……	相対ストリーム 番号 15に対する 有効、無効指示	未定義
1	4	1	1		1	1

図 4.3-5 スロット情報の構成

#### (4) スロット配置法の区別 (relative\_stream\_number\_mode)

スロット割当を区別するための1ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-3に示す。毎多重フレームで同じスロットに割り当ててる「静的割り当て法」のとき、

relative\_stream\_number\_modeの値は'0'とする。将来、それ以外の割り当て法が規定される可能性を考慮して値'1'をreserved\_for\_future\_useとする。

表 4.3-3 スロット配置法の区別

値	意味
'0'	静的割当
'1'	reserved_for_future_use

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

平成12年のJCTEAにおける複数TS伝送方式の実証実験で確認された「静的割当」を規定し、値を'0'とする。将来、それ以外の割当法が規定される可能性を考慮して、値'1'を未定義としている。

(5) 多重フレーム形式 (frame\_type)

frame\_typeは多重フレームの形式（多重フレーム長、最大多重ストリーム数の組、ならびに複数TS伝送方式もしくは複数搬送波伝送方式の運用）を指定する4ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-4に示す。

0x1: 複数TS伝送方式の信号のみをTSMFに多重化する場合、もしくは複数搬送波伝送方式の信号の一部と複数TS伝送方式の信号を拡張TSMFに多重化する場合。

0x2: 複数搬送波伝送方式の信号のみを多重化する場合。

表 4.3-4 多重フレーム形式

値	[多重フレーム長、最大多重ストリーム数]
0x1	[53、15]
0x2	[53、15] 複数TS伝送方式で受信できない
0xF	使用しない
その他	未定義

frame\_type は、原則として有線複数搬送波伝送分配システム記述子の値と同じ値を用いる。ただし、表 4.3-4 に記載されている”多重フレーム化なしの単一 TS 伝送”を意味する値 0xF は、多重フレームヘッダ内の frame\_type の値として使用されることは無い。

(理由)

0x1はTSMFによる従来の複数TS伝送方式の運用に加えて、拡張TSMFによる複数搬送波伝送方式の運用を可能とした。frame\_typeが0x1のときは、複数TS伝送方式のみに対応する受信機であっても、TSMFに準じて多重されたストリームを受信することができる。

0x2は拡張TSMFによる複数搬送波伝送方式のみ運用されている場合を示す。frame\_typeが0x2のときは、複数TS伝送方式のみに対応する受信機は、多重されたいずれのストリームも受信しようとするると不具合が生じる可能性があるため、この多重フレームを無視することが望ましい。

有線複数搬送波伝送分配システム記述子において0xFは単一TS伝送方式の多重フレーム形式番号として割り当てられているため、多重フレームヘッダ内の多重フレーム形式の値としては0xFは使用しないこととした。

#### (6) 相対ストリーム番号に対する有効、無効指示 (stream\_status)

この表は、stream\_id/original\_network\_idの表の各要素が有効か無効かを示すものである。表の大きさは、frame\_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は1ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-5に示す。最初の要素は相対ストリーム番号が1に対応し、以下相対ストリーム番号の順に対応させる。

表 4.3-5 相対ストリーム番号に対する有効、無効指示

値	意味
'0'	無効
'1'	有効

(理由)

拡張TSMFの各スロットにはTSパケットまたは分割されたTLVのいずれかを多重することができる。そこで、既存のTSMFのフレームヘッダ情報におけるTS\_statusをstream\_statusと称することとした。これによりストリームまたは相対ストリーム番号に対する有効、無効指示は、実際に多重するストリーム (TSまたはTLV) の数が最大多重ストリーム数よりも少ない場合、各ストリームが受信可能かどうかを示すために必要である。

#### 4.3.3.5 識別子／相対ストリーム番号対応情報(stream\_id/original\_network\_id)

図 4.3-6 識別子／相対ストリーム番号対応情報の構成に識別子／相対ストリーム番号対応情報の構成を示す。多重するストリーム (TSまたはTLV) は、相対ストリーム番号を用いて間接的にstream\_id/original\_network\_idと対応させる。この表は、相対

ストリーム番号と stream\_id / original\_network\_id の対応を示す。表の大きさは、frame\_type で指定される最大多重ストリーム数 (=15) とする。表の各要素は、stream\_id と original\_network\_id (各16ビット) をこの順に指定する。

stream\_id は、TS の場合 TS\_id とし、TLV の場合 TLV\_id とする。

相対ストリーム番号1に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	相対ストリーム番号2に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	相対ストリーム番号3に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	.....	相対ストリーム番号15に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別
32	32	32		32

図 4.3-6 識別子/相対ストリーム番号対応情報の構成

(理由)

TS または TLV とスロットとの関係を示すために相対ストリーム番号を使用している。相対ストリーム番号とストリーム識別/オリジナルネットワーク識別とを対応させるために必要である。

#### 4.3.3.6 送受信制御情報

図 4.3-7 に送受信制御情報の構成を示す。

相対ストリーム番号1に対する受信状態	相対ストリーム番号2に対する受信状態	.....	相対ストリーム番号15に対する受信状態	未定義	緊急警報指示
2	2		2	1	1

図 4.3-7 送受信制御情報の構成

#### 4.3.3.7 受信状態(receive\_status)

ヘッドエンドで各ストリーム(TS または TLV) の受信状態を示す表である。表の大きさは、frame\_type で指定される最大多重ストリーム数 (=15) とする。各要素は、2ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-6 に示す。最初の要素は相対ストリーム番号が1に対応し、以下相対ストリーム番号の順に対応させる。各要素の値は、良い状態から悪い状態を、'00'、'01'、'10' の順に対応させる。

なお、各受信状態の定義や受信装置の動作は、運用上の課題とする。



表 4.3-6 受信状態

値	意味
'00'	受信状態（'00'、'01'、'10'の順で良い状態から悪い状態を表す）
'01'	
'10'	
'11'	未定義

(理由) ※既存の TSMF と同じ

受信機でヘッドエンドにおける受信状態を知る手段を設けることにより、BSデジタル放および高度BSデジタル放送が階層化サービスを行っている場合、受信機が階層化サービスを受信する際にその情報を利用できるようにするために必要である。

#### 4.3.3.8 緊急警報指示(emergency\_indicator)

emergency\_indicator は、デジタル放送の TMCC 内で送られてくる起動制御の情報を格納する 1 ビットのフィールドであり、その値を表4.3-7に示す。デジタル放送の複数の搬送波からのストリームを一つの多重フレームに多重したとき、いずれかの搬送波で起動制御が行われる場合に、emergency\_indicatorは「起動制御が行われている」を示す'1'とする。受信装置の動作は運用上の課題とする。

表 4.3-7 緊急警報指示

値	意味
'0'	起動制御が行われていない
'1'	起動制御が行われている

(理由) ※既存の TSMF と同じ

BSデジタル放送、高度BSデジタル放送、地上デジタル放送の起動制御信号が、一搬送波（例えば、BSデジタル放送では一中継器、地上デジタルテレビジョン放送では6 MHz帯域幅）当たり 1 ビット割り当てられている。この情報を伝送するために必要である。

#### 4.3.3.9 相対ストリーム番号対スロット対応情報 (relative\_stream\_number)

図4.3-8に、相対TS番号/スロット対応情報の構成を示す。多重フレームの各スロットに格納された TSまたはTLV分割パケットの相対ストリーム番号を示す。表の大きさは、frame\_typeで指定される多重フレーム長(=53)から多重フレームヘッダのスロット数(=1)を減じた値とする。各要素は 4ビットのフィールドであり、値の最小値は1、

最大値はframe\_typeで指定される最大多重ストリーム数 (=15)とする。TSまたはTLV分割パケットを配置していないスロットに対応する要素の値は 0x0とする。最初の要素は拡張TSMF多重フレームヘッダの直後のスロットに対応し、以下スロットの順に対応させる。

スロット 1 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット 2 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット 3 に対する 相対ストリ ーム番号	……	スロット 51 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット 52 に対する 相対ストリ ーム番号
4	4	4		4	4

図 4.3-8 相対ストリーム番号/スロット対応情報の構成

(理 由)

多重フレーム内に複数のストリーム(TSまたはTLV)を多重するために、各ストリームが多重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。多重するストリームとスロット位置の関係は、スロット毎にストリーム識別とオリジナルネットワーク識別を直接記述することより、相対ストリーム番号を用いて間接的に対応させる方が伝送効率が高い。最大ストリーム数が15であるので4ビットの相対ストリーム番号を使用することで各ストリームを識別できる。

#### 4.3.3.10 CRC

図 4.3-9に、CRCの構成を示す。CRCは、CRC値を格納するための32ビットのフィールドである。CRC値は、ISO/IEC 13818-1 Annex:Bで定義するデコーダにおいて、多重フレームヘッダのうち先頭の4バイトを除いた184バイトをレジスタに入力した時のレジスタ出力がゼロになる値である。

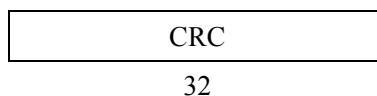


図 4.3-9 CRC の構成

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

拡張TSMF多重フレームヘッダの伝送誤りの検出に使用するために必要である。静的割当では多重フレームヘッダの内容変更の頻度は低いため、誤りが検出された際に前多重フレームヘッダの内容を利用することが可能である

#### 4.3.4 拡張情報

図 4.3-10に、拡張情報の構成を示す。このフィールド（680ビット）に複数搬送波伝送方式を運用するために必要な情報を多重する。

地上波デジタル放送地震動警報情報 AC信号	'0000'	ストリーム種別	'0'	搬送波群の識別	搬送波の総数	搬送波の順序	フレーム数	フレーム位置情報	未定義
204	4	15	1	8	8	8	4	4	424

図 4.3-10 拡張情報の構成

##### 4.3.4.1 地震動警報情報 (earthquake\_early\_warning)

図 4.3-11に地震動警報情報の構成を示す。既存のTSMFにおける拡張情報(680ビット)の先頭204ビットを地上波デジタル放送の地震動警報情報を送るための領域として特定し、他の用途に用いないこととする。地上波デジタル放送の再放送で地震動警報情報を伝送するためのAC信号を併せ送らない場合は、全ビット'1'とする。

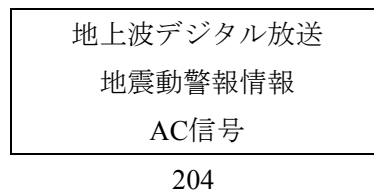


図 4.3-11 地震動警報情報の構成

(理由)

平成23年 総務省告示第311号<sup>3</sup>により、有線一般放送の品質に関する技術基準のうち、地震動警報情報を併せ送る地上デジタル放送を複数TS伝送方式で再放送するときに、地震動警報情報を配置する位置を定める規定が追加された。

<sup>3</sup>標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式（平成 23 年総務省令第 87 号）第 22 条第 2 項に規定する地震動警報情報を伝送するための AC 信号\*1を併せ送る放送を再放送する場合において、当該放送に当該 AC 信号を併せ送るときは、拡張領域の先頭 204 ビットに AC シンボルを配置するものとする。

\*1：「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式標準規格」 ARIB STD-B31 の 3.16 で示される AC(Auxiliary Channel)参照

#### 4.3.4.2 ストリーム種別(stream\_type)

relative\_stream\_number毎に、ストリームがTSであるかTLVであるかを識別する1ビットのフィールドである。表の大きさは、frame\_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は1ビットのフィールドであり、その値を表4.3-8に示す。relative\_stream\_numberに対応する領域にストリームが無い場合、stream\_typeの値は、'1'とする。

表 4.3-8 ストリーム種別

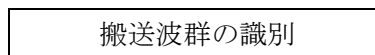
値	意味
'0'	TLVパケット
'1'	TSパケット またはストリームが無い場合

(理 由)

拡張TSMFの各スロットにはTSパケットまたは分割されたTLVパケットのいずれかを多重することができる。このため、各スロットに多重されている信号種別を明示する必要がある。この表では相対ストリーム番号に対応するストリーム種別を示す値、すなわちTLVパケットの場合には'0'、TSパケットまたはストリームが無い場合には'1'の値を用いることとした。これらは、相対ストリーム番号に対する有効、無効指示(stream\_status)と合わせて用いる。

#### 4.3.4.3 搬送波群の識別(group\_id)

図4.3-12に、搬送波群の識別の構成を示す。拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。複数搬送波伝送方式で伝送される各ストリームは、それぞれ一つの搬送波群に属する搬送波のみで伝送する。一つのストリームを複数の搬送波群にまたがって伝送することはしない。



8

図 4.3-12 搬送波群の識別の構成

(理 由)

搬送波群の識別により、受信機はストリームを再生しようとするとき、どの複数の搬送波を受信すればよいかを知ることができる。

#### 4.3.4.4 搬送波の総数(number\_of\_carriers)

図 4.3-13に、搬送波の総数を示す。複数搬送波伝送される各搬送波群に属する搬送波の総数を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は2、最大値は255以下である。値'0'および'1'は用いない。

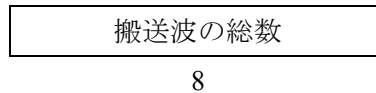


図 4.3-13 搬送波の総数の構成

(理 由)

受信機が、ある搬送波群に含まれるすべての搬送波を検知するために、全搬送波を掃引して搬送波群の識別をしようとするとき、その搬送波群に含まれる搬送波の総数を知ることができる。有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令では、ケーブルテレビの搬送波の周波数が定められている。90 MHzから770 MHzの範囲に適用するケーブルテレビの搬送波の数は113ある。このため、8ビットのフィールドにより最大値255まで適用できるようにした。

#### 4.3.4.5 搬送波の順序(carrier\_sequence)

図 4.3-14に、搬送波の順序を示す。受信機で複数の搬送波を復調した出力から、ストリームを再生するための合成の順序を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は1、最大値は255以下である。値'0'は用いない。

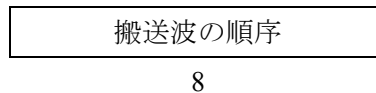


図 4.3-14 搬送波の順序の構成

(理 由)

受信機が、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを、元のストリームに再生するとき、合成するための順番を知るために必要である。number\_of\_carriersの最大値に対応させるため、8ビットのフィールドを用いることとした。

#### 4.3.4.6 フレーム数(number\_of\_frames)

複数搬送波伝送方式において、複数の拡張TSMFで構成されるフレーム（以下、スーパーフレーム）を定義する。number\_of\_framesは、スーパーフレームに含まれる、一つの搬送波の拡張TSMFの数を示す4ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-9に示す。

64 QAMの搬送波では、スーパーフレームは3つの拡張TSMFで構成される。256 QAMの搬送波では、スーパーフレームは4つの拡張TSMFで構成される。その他の値は未定義とする。

表 4.3-9 フレーム数

値	意味
0x03	3
0x04	4
その他	未定義

(理由)

搬送波群に変調方式の異なる搬送波が含まれる場合、それぞれの伝送速度が異なるため、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを元のストリームに再生するとき、相互を同期させることが必要になる。それを実現するためにスーパーフレームを導入した。受信機で各搬送波を同期させるためには、それぞれのスーパーフレームのサイズを知る必要がある。

将来の拡張性を考慮し、フィールドの領域を4ビットとして、スーパーフレームの長さを最大15まで適用できるようにした。

#### 4.3.4.7 フレーム位置情報(frame\_position)

図4.3-15に、フレーム位置情報の構成を示す。frame\_positionは、当該拡張TSMFがスーパーフレーム内の何番目に配置されているかを示す位置情報であり、4ビットのフィールドである。値は、スーパーフレーム内の時間順に1番目は'0'、2番目は'1'、3番目は'2'、4番目は'3'を用いる。その他の値は未定義とする。

フレーム位置情報

4

図 4.3-15 フレーム位置情報の構成

(理由)

上述のように、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを元のストリームに再生するとき、相互を同期させることが必要になる。受信機で各搬送波の復調出力であるスーパーフレームを同期させるためには、それぞれのスーパーフレームのサイズとともに、スーパーフレームの位相をそろえるために拡張TSMFがスーパーフレームのどの位置にあるかを知る必要がある。64 QAMの場合の値は'0'から'2'までの範囲、

256 QAMの場合は'0'から'3'までの範囲となる。

#### 4.3.4.8 未定義領域(reserved\_for\_future\_use)

図4.3-16に、拡張情報における未定義領域の構成を示す。将来利用のため全ビット'1'とする。



図 4.3-16 未定義領域の構成

#### 4.4 有線複数搬送波伝送分配システム記述子

伝送路で使用される周波数、変調方式などの物理条件の情報伝送には、NIT(Network Information Table)が用いられる。NITの記述子の領域2に配置される既存の有線分配システム記述子では、搬送波の周波数、誤り訂正符号の形式、変調方式、シンボルレート等の物理伝送情報が指定される。

複数搬送波伝送方式の信号を受信するためには、分割伝送された各搬送波の物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別(group\_id)およびフレーム位置情報(frame\_position)を知る必要がある。

本方式では新たに有線複数搬送波伝送分配システム記述子(channel\_bonding\_cable\_delivery\_system\_descriptor)を定義する。有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成及びシンタックスは、それぞれ図4.4-1及び表4.4-1に示す通りとする。繰り返しループ数Nは、拡張TSMFヘッダ内のnumber\_of\_carriersと等しい。ループ内の順番はcarrier\_sequenceの順とする。

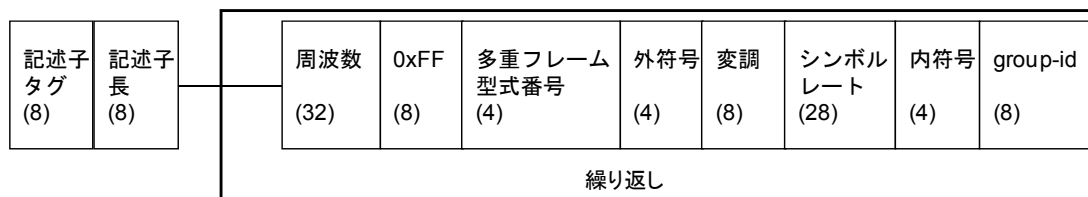


図 4.4-1 有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成

(理由)

複数搬送波伝送方式の信号を受信するためには、分割伝送に用いる各搬送波の物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別(group\_id)および搬送波の順序(carrier\_sequence)を知る必要がある。そのため有線複数搬送波伝送分配システム記述子により、これらの情報の記述を可能にした。



表 4.4-1 有線複数搬送波伝送分配システム記述子のシンタックス

データ構造	説明	ビット数	ニーモニック
channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor(){			
descriptor_tag	新たに定義するタグ値 0x**	8	符号なし整数
descriptor_length		8	符号なし整数
for(i=0;i<N;i++){	N=number_of_carriers		
frequency	周波数	32	ビット列
reserved_for_future_use	未定義	8	
frame_type	多重フレーム形式番号	4	符号なし整数
FEC_outer	外符号	4	ビット列
modulation	変調	8	ビット列
symbol_rate	シンボルレート	28	ビット列
FEC_inner	0xf	4	ビット列
group_id		8	ビット列
}			
}			

#### 4.4.1 周波数 (frequency)

これは32ビットのフィールドで、4ビットBCDコード8桁で周波数を表す。有線分配システム記述子では、周波数は、最上位桁より起算して第4桁の後ろが小数点となるMHz単位で符号化される。

#### 4.4.2 多重フレーム形式番号 (frame\_type)

これは4ビットのフィールドで、表 4.4-2に従って多重フレーム形式の種別を表す。

表 4.4-2 多重フレーム形式番号 (frame\_type)

値	[多重フレーム長、最大多重ストリーム数]
0x1	[53、15]
0x2	[53、15] 複数TS伝送方式で受信できない
0xF	単一TS伝送方式
その他	未定義

#### 4.4.3 外符号 (FEC\_outer)

これは4ビットのフィールドで、表4.4-3に従って外符号を表す。

表 4.4-3 外符号 (FEC\_outer)

FEC_outer (外符号)	意味
0000	未定義
0001	外符号なし*
0010	RS(204,188)*
0011-1111	将来使用のためリザーブ

\*: 平成 23 年総務省告示第 312 号による

#### 4.4.4 変調 (modulation)

これは8ビットのフィールドで、表4.4-4に従って有線分配システムで使用される変調方式を示す。

表 4.4-4 変調 (modulation)

変調	意味
0x00	未定義
0x01	16 QAM
0x02	32 QAM
0x03	64 QAM*
0x04	128 QAM
0x05	256 QAM*
0x07	1024 QAM
0x06, 0x08-0xFF	将来使用のためリザーブ

\*: 平成 23 年総務省告示第 312 号による

#### 4.4.5 シンボルレート (symbol\_rate)

これは28ビットフィールドで、4ビットBCDコード7桁で、最上位桁より起算して第3桁の後ろが小数点となるMsymbol/s単位でシンボルレート値を表す。

#### 4.4.6 内符号 (FEC\_inner)

これは4ビットのフィールドで、表 4.4-5に従って内符号を表す。  
このフィールドの値は‘1111’(\*)とする。

表 4.4-5 内符号 (FEC\_inner)

F E C (内符号)	意 味
0000	未定義
0001	符号化率 1/2
0010	符号化率 2/3
0011	符号化率 3/4
0100	符号化率 5/6
0101	符号化率 7/8
1000	ISDB-S 方式 (TMCC 信号参照)
1111	内符号なし
0110-0111 1001-1110	将来使用のためリザーブ

(\*) : 平成23年総務省告示第312号による

#### 4.4.7 group\_id (搬送波群の識別)

この拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。

4.5 複数搬送波伝送された信号の選局手順

図 4.5-1 にTSの番組選択フローを一例として示す。

TLVの番組選択フローについては、ARIB標準規格と運用規定策定後に検討する。

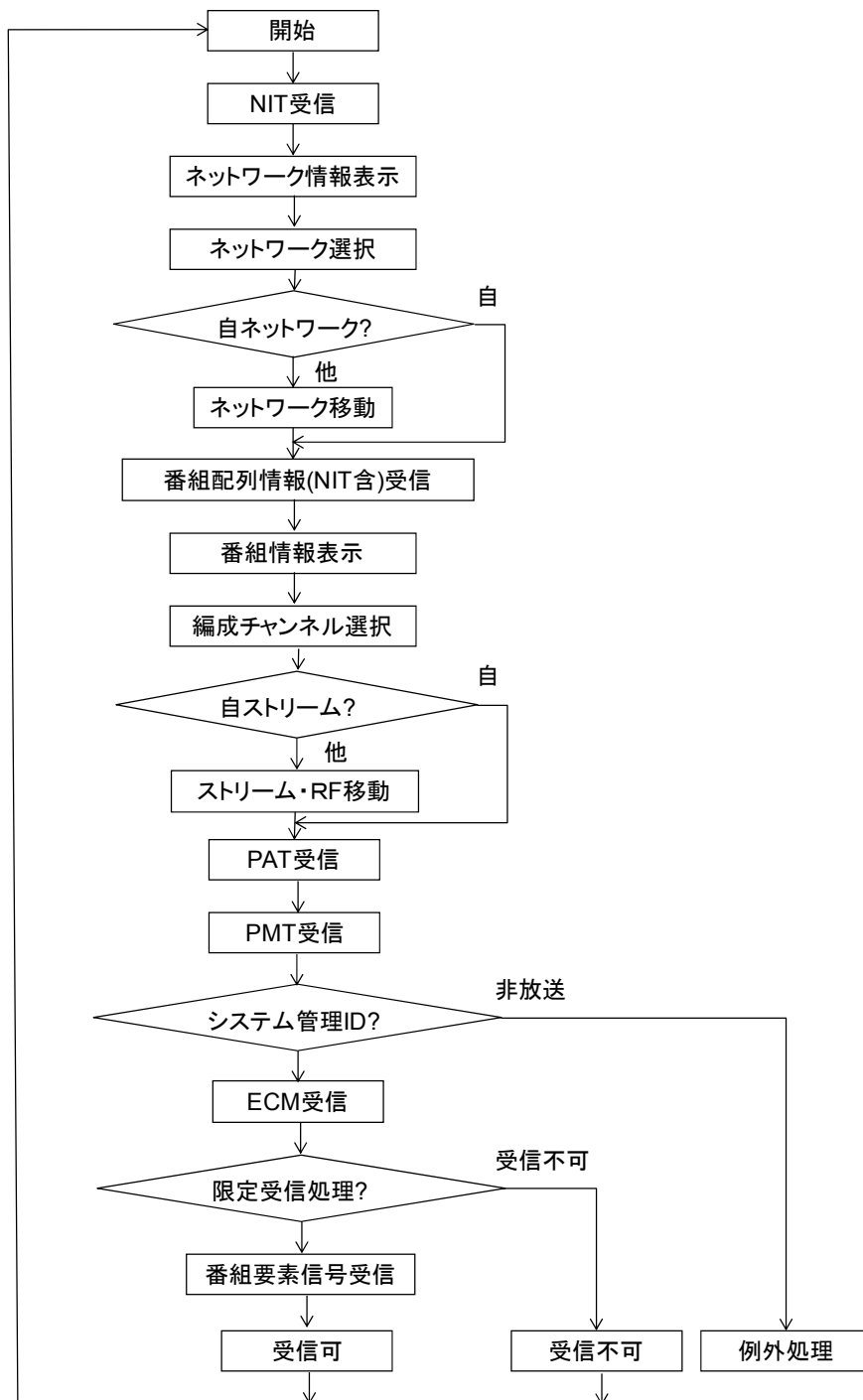


図 4.5-1 TSの番組選択フロー

#### 4.6 TLV信号の拡張TSMFへの多重化

拡張TSMF多重化装置は、TS信号入力ポートに入力したTS信号もしくはTLV信号入力ポートに入力したTLV信号を、拡張TSMF上のスロットに、入力TS信号もしくは入力TLV信号の独立性を保ちながら多重化し、出力するものである。

##### 4.6.1 TLV信号の拡張TSMFへの多重化

多重化するTLV信号に含まれるTLV-NITがケーブルテレビネットワーク（自ネットワーク）用のものでないときは、ケーブルテレビネットワーク（自ネットワーク）用書き換えたTLV-NITをTLV信号に挿入して出力するものとする。

TLV信号は、可変長なTLVパケットの集合である。拡張TSMF多重化装置では、TLVパケットを固定長（188バイト）の分割TLVパケットに変換しスロットに多重する。分割TLVパケットは、先頭の3バイトをヘッダとし、これに続く185バイトをペイロードとする。図4.6-1にTLVパケットを分割して、分割TLVパケットが生成される例を示す。ペイロードには、分割された複数のTLVパケットが含まれることもある。

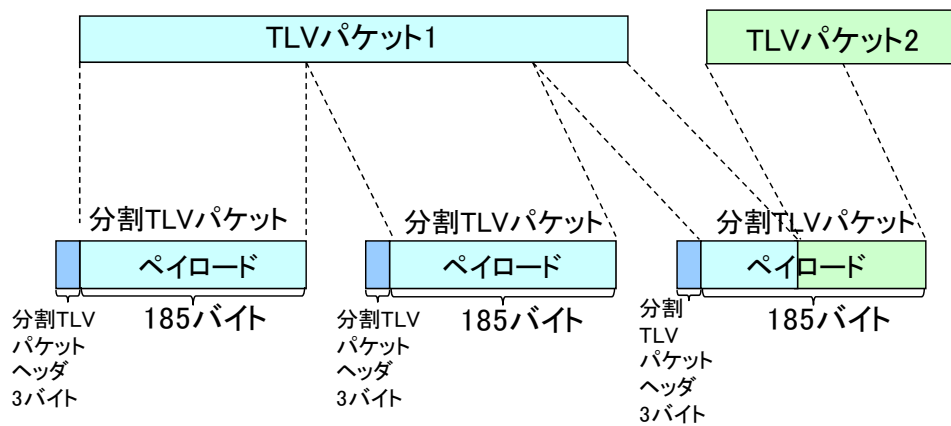


図 4.6-1 分割 TLV パケットの例

分割 TLV パケットの構成を図 4.6-2 に示す。

- ・ 同期バイトは、0x47 とする。
- ・ トランスポートエラーインジケータは、分割 TLVパケット内のビットエラーの有無を示すフラグとし、‘1’ のとき、少なくとも1 ビットの訂正不可能なエラーが分割TLVパケットに存在することを示す。
- ・ TLVパケット開始インジケータは ‘1’ のとき、この分割TLVパケットのペイロード内にTLVパケットの先頭が含まれていることを示す。
- ・ PID は、ペイロードのデータがTLVデータであることを識別するために使用する領域とする。(値はT.B.D.: 規定が必要 or ヌル 0x1FFF)
- ・ 先頭TLV指示は、TLVパケット開始インジケータが ‘1’ のときに用いるペイロードの先頭 1 バイトである。先頭TLV指示の値により、ペイロードの何バイト目にTLVパケットの先頭位置があるかを示す。これにより受信機は、分割TLVパケットのペイロード内に含まれるTLVパケットの先頭位置を検知できる。TLVパケット開始インジケータが ‘0’ のときには、先頭TLV指示を挿入しない。

同期 バイト	トランスポートエラーインジケータ	TLVパケット開始インジケータ	‘0’	PID	ペイロード 先頭TLV指示 (8)
8	1	1	1	13	185×8

図 4.6-2 分割 TLV パケットの構成

(参考) 拡張TSMF多重化の機能ブロック構成例

- ・ 拡張TSMF多重化装置では、入力TLV信号の伝送速度に対して、これを欠落無く送出可能とするスロット数をあらかじめ確保しておく。換算された伝送速度が入力TLV信号の伝送速度を上回る場合には、ヌルTLVパケット（別紙参照）を挿入して速度調整を行い、確保されたスロットの全てを分割TLVパケットで埋めなくてはならない。

TLV信号の拡張TSMF多重化の機能ブロック構成例を図4.6-3 に示す。

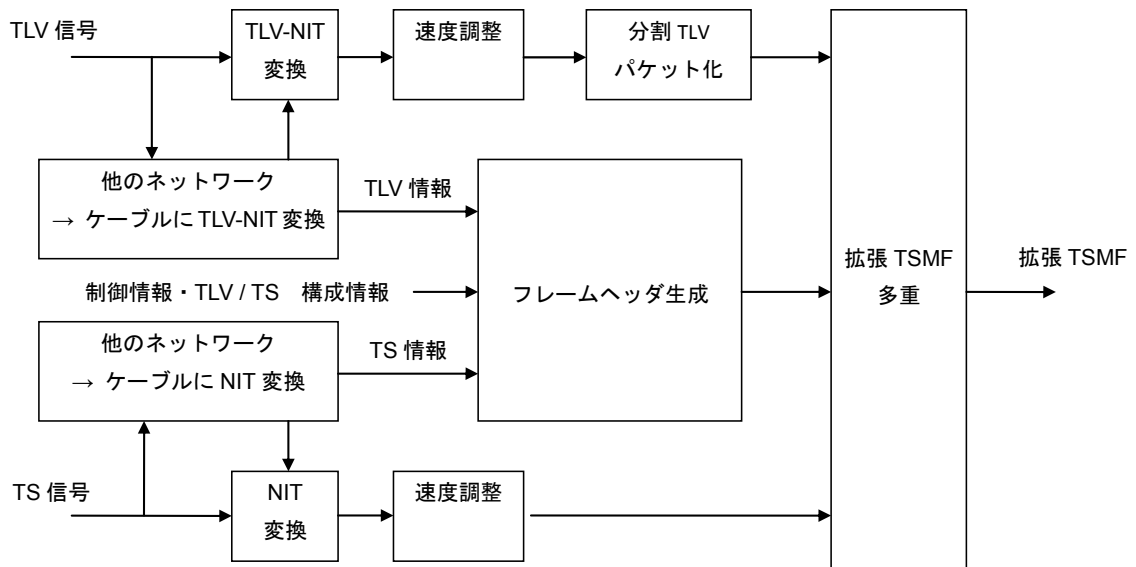


図 4.6-3 TS 信号および TLV 信号を拡張 TSMF 多重する構成例

(別紙) 抜粋して引用<sup>4</sup>

別表第八号 TLV パケットの送出手順

'01'	'111111'	パケット種別	データ長	データ
2	6	8	16	8×N

送出順→

注

- 1 パケット種別は、TLV に格納するパケットの種別を識別するために使用する領域とし、その割当ては別記に示すとおりとする。
- 2 データ長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

別記 パケット種別の割当て

パケット種別の値	割当て
0x00	未定義
0x01	IPv4 パケット
0x02	IPv6 パケット
0x03	ヘッダ圧縮した IP パケット
0x04 - 0xFD	未定義
0xFE	伝送制御信号パケット
0xFF	ヌルパケット

注 ヌルパケットは、データ長に示される長さの 0xFF のバイト列をデータに書き込んだパケットとする。

---

<sup>4</sup> 関連情報の構成及び送出手順、PES パケット等の送出手順並びに伝送制御信号及び識別子の構成等（標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式第3条、第16条、第22条の4、第22条の13、第22条の23、第22条の24、第35条の3、別表第19号の23）平成二十一年二月二十日 総務省告示第八十八号 平成二十二年四月二十三日 総務省告示第百七十一号



## 4.7 パケットの配置順

TSパケットまたはTLV分割パケットのロットへの配置順（拡張TSMFロットへの配置の順序）については、以下の通り定める。

### 4.7.1 搬送波間のフレームの位相合わせ

搬送波間のフレームの位相合わせは、各搬送波のスーパーフレームの先頭のロット（フレーム位置情報(frame\_position)が'0'のTSMFの拡張TSMF多重フレームヘッダ）を基準として合わせるものとする。次節以降では、搬送波間のフレームの位相合わせは、すでに行われているものとする。

(理 由)

パケットの送出順を決めるには、搬送波間の位相をそろえておく必要がある。特に、伝送中に搬送波ごとに伝搬遅延時間が異なる場合に、受信機では処理を開始する前に搬送波間の位相をそろえておくことが必須である。

### 4.7.2 スロットの配列順

各搬送波のスーパーフレームの先頭のロットからフレーム数(number\_of\_frames)と同じ数のロットごとに区切り、それぞれをサブフレームと定義する。一つのスーパーフレームに含まれる各搬送波のサブフレームの数は、搬送波の変調方式によらず 53 である。サブフレーム内のロット配列順は、図 4.7-1 に示す'0'から'3'の範囲のロット位置情報 (sp: slot\_position) の値が小さい順とする。サブフレーム内でのロット位置情報が同一の場合には、搬送波の順序 (carrier\_sequence) の値が小さい順とする。

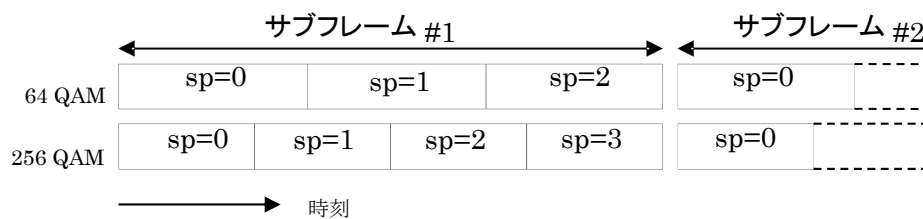


図 4.7-1 サブフレームとロット位置情報の定義 (64 QAM, 256 QAM)

(理 由)

異なる変調方式の搬送波を搬送波群とする場合には、一つのパケットを送出する時間が搬送波間で異なるが、サブフレームを定義することで、ロットの配列順の定義が容易になる。例として、図 4.7-2 搬送波群に属する搬送波の変調方式が等しい場合のロットの配列順に、同じ変調方式の 4 波で搬送波群を構成した場合のロットの配列順を示す。また異なる変調方式の 2 波で搬送波群を構成した場合の例として、図 4.7-3 および図 4.7-4 に、

64 QAM (2波) と 256 QAM (2波) の合計 4 波を用いる場合のスロットの配列順を示す。

第1搬送波	1	5	9	13	17	21	
第2搬送波	2	6	10	14	18	22	
第3搬送波	3	7	11	15	19	23	
第4搬送波	4	8	12	16	20	24	

時刻

図 4.7-2 搬送波群に属する搬送波の変調方式が等しい場合のスロットの配列順

		← サブフレーム #1 →			← サブフレーム #2 →		
第1搬送波	64 QAM	1	5	9	15		
第2搬送波	256 QAM	2	6	10	13	16	
第3搬送波	64 QAM	3	7	11	17		
第4搬送波	256 QAM	4	8	12	14	18	

時刻

図 4.7-3 搬送波群に属する搬送波の変調方式が異なる場合のスロットの配列順 (時間軸)

		← サブフレーム #1 →			← サブフレーム #2 →		
第1搬送波	64 QAM	1	5	9	15		
第2搬送波	256 QAM	2	6	10	13	16	
第3搬送波	64 QAM	3	7	11	17		
第4搬送波	256 QAM	4	8	12	14	18	

図 4.7-4 搬送波群に属する搬送波の変調方式が異なる場合のスロットの配列順 (メモリ空間)

#### 4.7.3 パケットのロットへの配置順

ストリームのパケットは、一つの搬送波群に含まれる搬送波の拡張TSMF多重フレームヘッダの相対ストリーム番号対ロット対応情報 (`relative_stream_number`) によってそのストリームに割り当てられているロットに配置される。ストリームのパケットは、そのストリームに割り当てられている搬送波の拡張TSMFにおけるロットの配列順に従って配置される。

(理 由)

パケットのロットへの配置順を規定することにより、受信機は複数搬送波で分割伝送されたストリームを正しく復元することができる。定められたロットの配列順に従って配置することで、送信機・受信機の処理による遅延時間が少なくなるように配慮した。

以上

---

## 4.8 参考文献

- (1) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、  
有線テレビジョン放送におけるデジタル放送方式の技術的条件 (平成 8 年 5 月)
- (2) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、  
地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件 (平成 11 年 5 月)
- (3) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、デジタル  
有線テレビジョン放送における高精細度テレビジョン放送等の導入のための技術的条件  
(平成 12 年 5 月)
- (4) 平成 23 年総務省令第 95 号 「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」  
(平成 23 年 6 月)
- (5) 平成 23 年総務省令第 311 号  
「デジタル有線テレビジョン放送方式に関する多重フレームヘッダ情報の構成を定める件」  
(平成 23 年 6 月)
- (6) 平成 23 年総務省令第 87 号  
「標準テレビジョン放送のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」 (平成 23 年 6 月)  
デジタル有線放送テレビジョン放送 番組配列情報の構成及び識別子の運用基準
- (7) 一般社団法人 日本 CATV 技術協会標準規格 JCTEA STD-007  
デジタル有線放送テレビジョン放送 デジタルケーブルテレビジョン受信装置
- (8) ITU-T J. 83, "Digital multi-programme systems for television, sound and data services for  
cable distribution"
- (9) ITU-T J. 183, "Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable  
television systems"

## 学会論文、国際会議等の公表資料

- [1] 袴田, 他, “ケーブルテレビにおける可変長パケットの伝送方式”, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-8-34, (Sep. 2011)
- [2] Y. Hakamada, et al, “An UHDTV Cable Television Distribution in Combinations of Multiple 64 and 256 QAM Channels”, IEEE ICCE2013 vol.2, pp.488-489, (Jan. 2013)
- [3] 木下, 他, “ケーブルテレビでのスーパーハイビジョンのVOD伝送実験”, 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 7-1-1 (Aug. 2013)
- [4] Y. Hakamada, N. Nakamura, T. Kurakake, T. Kusakabe, and K. Oyamada : “UHDTV (8K) Distribution Technology and Field Trial on Cable Television Networks”, ITE Trans. on MTA, 2, 1, pp. 2-7 (Jan. 2014)
- [5] 袴田, 他, “大規模ケーブルテレビ商用回線での8K・スーパーハイビジョン伝送実験”, 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 21-9 (Sep. 2014)

4.9 用語解説

用語	説明
MPEG-2 Systems	複数の MPEG 映像及び音声のデータストリームを多重する方式。
NIT	<b>Network Information Table</b> 多重方式で使用される伝送制御信号の一つで、ネットワークで使用される周波数・変調方式等の物理条件の情報伝送に使用されるテーブル。
PID	<b>Packet Identifier</b> 該当パケットの個別ストリームの属性を示す識別情報。
reserved_for_future_use	符号化ビットストリームを定義する項の中で使用する場合、その値が将来、標準化団体が定義する拡張子として使用されるかもしれないことを表す。別途定義されない限り、全てのビットは'1'に設定する。
SI	<b>Service Information (番組配列情報)</b> 放送データストリームの分配システム、内容、スケジュール/タイミングなどを記述するデジタルデータ。独自に定義された拡張部分とともに MPEG-2 プログラムスペシフィックインフォメーション (PSI) を含む。
TS	<b>Transport Stream</b> ISO/IEC13818-1(MPEG-2 Systems)で規定されるデータ構造。符号誤りが発生する環境において、複数のビデオ、オーディオ、データで構成される複数の番組を多重化したストリームを伝送(蓄積)の目的で規定した多重化ストリーム。
TS パケット	<b>Transport Stream Packet</b> 188 バイトの固定長パケット。ISO/IEC 13818-1 で規定される。
TS 分割方式	デジタル放送信号等の 1 個の TS を複数の搬送波を用いて分割伝送する方式。1TS の帯域が CATV の伝送帯域より大きい東経 110 度 CS デジタル放送の再放送に用いられる。

拡張 TSMF	Extended TSMF 複数 TS 伝送方式で用いられている TSMF のうち、拡張情報の領域を利用して、複数搬送波伝送方式に適用するため定義したフレーム
スロット	188 バイトの大きさを持つデータを格納する構造であって、複数 TS 伝送方式に於ける多重フレームの構成単位である。
デジタル有線テレビジョン放送方式	周波数 90～770 MHz の周波数範囲の複数の 6 MHz 帯域を用いて、伝送符号は 64 値あるいは 256 値直交振幅変調(64 / 256 QAM)方式による有線テレビジョン放送方式。
デジタル有線テレビジョン放送用受信装置	デジタル有線テレビジョン放送方式におけるデジタル化映像番組の受信装置。アナログホームターミナルに対応するデジタル受信装置。通称セット・トップ・ボックス(STB)と呼ばれる。
多重フレーム	複数個のスロットで構成した同期データ構造。
多重フレームヘッダ	多重フレームの先頭の 1 スロットで送るデータで、多重フレーム同期信号、TS の配置情報などを含む。
多重フレーム構造	BS デジタル放送の TMCC 等をデジタル有線テレビジョン放送するため、新たに構成した TS パケットのフレーム。
単一 TS 伝送方式	複数 TS 伝送方式に対して、従来の一つの伝送路で一つの TS を伝送する方式を単一 TS 伝送方式と呼ぶ。
複数 TS 伝送方式	複数の TS を一つの伝送路で伝送する場合、一つの TS に組み直すのではなく各 TS を区別可能な形で伝送する方式。各 TS を区別する仕組みとして、多重フレーム構造と多重フレームヘッダが用いられる。
有線複数搬送波伝送分配システム記述子	channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor 複数搬送波伝送方式の各搬送波を受信して合成するために、物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別および搬送波の順序に関する情報を含む記述子。

5 技術的条件 3 部 (IF パススルー方式) (仮)

---

5.1 電気信号に係る技術的条件 (仮)



## 6 想定されるサービスイメージ例

---

### 6.1 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式

(今後追記予定)

### 6.2 複数搬送波伝送方式

(今後追記予定)

### 6.3 パススルー方式 (仮)

(今後追記予定)

## 7 今後の検討課題

---

### 7.1 国際標準化に関する課題

※J.382 符号化率手当と J.183 拡張勧告化

(今後追記予定)

---

### 7.2 各方式の更なる高度化に関する課題

※J.382 拡張と組合せ方式の導入

(今後追記予定)



### 7.3 その他の技術的条件

\*本項文中に記載の「[TBD]」から始まる段落に記載の内容、または同記載に続く数値に関しては、実証実験に伴う精査により今後変更の予定。

#### 7.3.1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件については、表 7.2-1 に示す条件が適当である。

表 7.2-1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

区別	条件	
	広帯域 BS CS デジタル放送	高度広帯域 BS CS デジタル放送
復調後におけるビット誤り率	降雨による減衰の最悪月において時間率 99 パーセントの確率で $1 \times 10^{-8}$ 以下（短縮化リードソロモン (204, 188) 符号による誤り訂正前とする。）	TBD

注 施行規則第 18 条第 3 項のとおり。

### 7.3.2 技術的条件1部 (高度なデジタル有線テレビジョン放送方式)

#### 7.3.2.1 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子

区 別	条 件
搬送波のレベル変動	1分間において、3dB以内
搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドの変調波の入力端子から保安装置まで、又は受信用光伝送装置の出力端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む5.71MHzの周波数帯域の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子から受信者端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む5.71MHzの周波数帯幅の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD

#### 7.3.2.2 受信用光伝送装置の入力端子

区 分	条 件
総務大臣が別に告示する方法を用いて算出した搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドの変調波の入力端子から受信用光伝送装置の入力端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む5.71MHzの周波数帯域の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（受信用光伝送装置の入力端子から受信者端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む5.71MHzの周波数帯幅の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD

### 7.3.3 技術的条件2部 (複数搬送波伝送方式)

#### 7.3.3.1 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子

区 別	条 件
搬送波のレベル変動	1 分間において、3 dB 以内
搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドの変調波の入力端子から保安装置まで、又は受信用光伝送装置の出力端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む 5. 3MHz の周波数帯域の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子から受信者端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む 5. 3MHz の周波数帯幅の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD

#### 7.3.3.2 受信用光伝送装置の入力端子

区 分	条 件
総務大臣が別に告示する方法を用いて算出した搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドの変調波の入力端子から受信用光伝送装置の入力端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む 5. 3MHz の周波数帯域の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（受信用光伝送装置の入力端子から受信者端子までのものであつて、当該搬送波の周波数を含む 5. 3MHz の周波数帯幅の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルとの差	TBD

### 7.3.4 技術的条件部 (IFパススルー方式)

#### 7.3.4.1 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子

区 別	条 件
搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドにおける第一中間周波数の搬送波の入力端子から保安装置まで又は受信用光伝送装置の出力端子までのものであって、当該搬送波の周波数を含む 28.86MHz の周波数帯幅の範囲にある全てのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子から受信者端子までのものであって、当該搬送波の周波数を含む 28.86MHz の周波数帯幅の範囲にある全てのもの	TBD

#### 7.3.4.2 受信用光伝送装置の入力端子

区 分	条 件
総務大臣が別に告示する方法を用いて算出した搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドにおける第一中間周波数の搬送波の入力端子から受信用光伝送装置の入力端子までのものであって、当該搬送波の周波数を含む 28.86MHz の周波数帯幅の範囲にある全てのものに限る。）のレベルとの差	TBD
搬送波のレベルと雑音（受信用光伝送装置の入力端子から受信者端子までのものであって、当該搬送波の周波数を含む 28.86MHz の周波数帯幅の範囲にある全てのものに限る。）のレベルとの差	TBD

## 参考資料 1

### 1. 今後の課題

- ・実証実験
- ・関係団体との連絡調整（識別子の運用、記述子タグ値を指定するため）
- ・設備ベンダーへの方式案の照会（既存方式の拡張、受信機の共用）
- ・情報通信審議会 放送システム委員会 ケーブルテレビUHD TV作業班への寄与
- ・国際標準化 ITU-T SG9 における J.183, J.382 の拡張による方式提案

### 2. 4K ケーブル自主放送伝送方式

---

#### 2.1 4K ケーブル自主放送伝送方式の概要

4K ケーブル自主放送伝送方式は、現行のケーブルテレビ放送の技術(64QAM,256QAM)を活用することを基本とする方式である。

総務省情報通信審議会の一部答申（「放送システムに関する技術条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」、2014.3.25）の「狭帯域伝送」を基本とし、現行のケーブルテレビの放送サービスとの相互運用性の確保を考慮している。

日本ケーブルラボにて策定された高度リマックス運用仕様（自主放送）等の各規定を踏まえ、基本的に技術的に同一のものとすることが適当な場合についてはその内容を準用した方式である。

---

#### 2.2 主要パラメータ

項目		内容
伝送路符号化	方式	ITU-T J.83 Annex C 64QAM, 256QAM
多重化	多重化方式	MPEG-2 TS
番組配列情報	PSI/SI	既存と同様(JLabs SPEC-017 等)
映像	解像度・走査方式	<u>4K 60P (MAX)</u>
	表色系	<u>ITU-R BT.2020</u>
	色深度	10 ビット
	符号化	<u>H.265 (Main 10)</u>
音声	符号化	MPEG-2 AAC
その他	EPG	デジタル放送の標準方式に準ずる
	CAS	ARIB STD-B25 準拠





---

放送システム委員会ケーブルテレビ  
UHDTV作業班(第2回)  
「ケーブルテレビにおける  
超高精細度テレビジョン放送の導入に関する  
伝送方式の高度化提案」

2014年9月25日

(一社)日本CATV技術協会  
規格・標準化委員会

## 内容



- 基本的な考え方
- 有線一般放送方式の高度化検討範囲
- 適用する周波数
- 提案概要
  - 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式(J.382)
  - 複数搬送波伝送方式(J.183拡張)

## 基本的な考え方

- 放送サービスの高度化に対応
  - 電波法施行規則の一部を改正する省令である“衛星基幹放送および衛星一般放送における超高精細度テレビジョン放送に関する技術的条件に係る省令・告示の改正(平成26年7月)”に示される内容に準拠。
  - 上記を満たす情報源符号化方式、多重化方式(MMT/TLVならびにMPEG-2 TS)、限定受信方式によるサービスを想定。
  - HDTV(2K)を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン(4K・8K)に対応。
- 有線一般放送方式の高度化
  - ケーブルテレビ事業者等による上記サービスの再放送、または自主放送を行うための新たな伝送方式の規格。

2

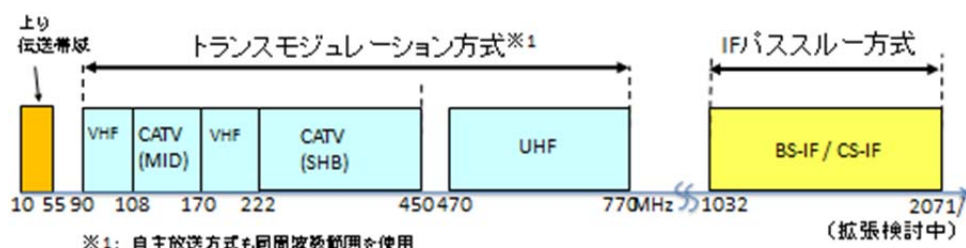
## 有線一般放送方式の高度化

方式種別	衛星放送	衛星放送のケーブルテレビ再放送	
	直接受信	IFパススルー	トランスモジュレーション
映像符号化	HEVC, MPEG-4/AVC, MPEG-2	(*:衛星放送方式に準拠)	
音声符号化	MPEG-4 AAC(22.2ch) MPEG-2 AAC(5.1ch)	(*)	
データ符号化	HTML5, BML	(*)	
PSI/SI	TLV-SI, MMT-SI	(*)	NIT書換
CAS	3重鍵、MULTI2又はAES/Camellia選択	(*)	
多重化	MMT/TLV, MPEG-2 TS	(*)	(*) + J.382又はJ.183拡張
物理層	16APSK等	BS/CS-IFのパススルー伝送	J.83又はJ.382

3

## 適用する周波数範囲

衛星によるUHDTV放送(情報量:約100Mbps)を  
ケーブルテレビで再放送する場合の周波数範囲



4

## トランスモジュレーション方式(概説)

- トランスモジュレーション方式として以下の2方式を検討
  - 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式
    - J.382方式
    - J.382の特徴
      - キャリア伝送方式: OFDM変調
      - 誤り訂正方式: LDPC符号
      - 帯域有効利用方式: データスライス、ノッチ
      - ストリーム多重方式: Multiple PLP, PLP Bundling
    - 追加規定項目
      - 受信機差局用の記述子
      - TLV入力変換方法
      - 緊急警報指示信号の多重方式
  - 複数搬送波伝送方式
    - J.183(複数TS伝送フレーム)を拡張し、複数搬送波で分割伝送するフレームを定義
    - 特徴
      - 大容量の信号を64QAMまたは256QAMの複数チャンネルに分割して伝送
      - ITU-T J.83 Annex Cをベースとして現行のケーブル施設の性能でUHDTV伝送可能
      - 現行方式と互換性(バックワードコンパチブル)を有するため、運用中の設備を利用可能
    - 追加規定項目
      - 送信側で大容量信号を分割して複数の搬送波(64または256QAM)で伝送し、受信側で同期合成できるフレーム構成(スーパーフレーム)
      - 受信機差局用の有線複数搬送波伝送分配システム記述子(仮称)
      - TLVパケットを分割してフレームに多重化・分離合成する形式

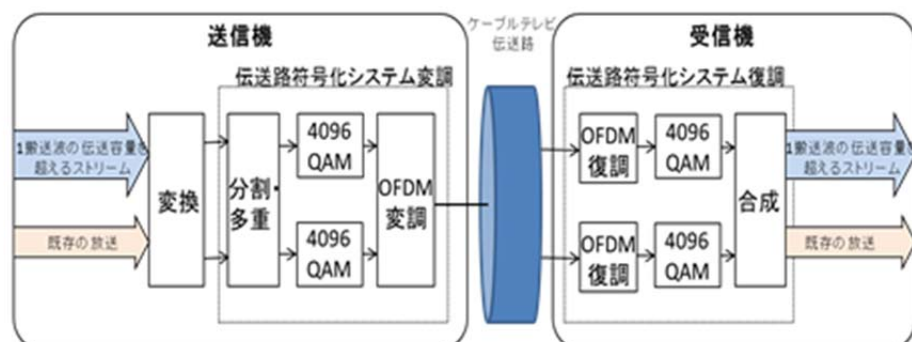
5

トランスモジュレーション方式: 技術的条件<sup>1</sup>

## 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式

6

### 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式(概要)



#### 技術基準策定項目

- 伝送路符号化システム
  - J.382方式
- 追加規定項目
  - 受信機選局用の記述子
  - TLV入力変換
  - 緊急警報指示信号の多重方式

7

## 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式（特徴）

- ITU-T J.382(2014年1月 国際標準勧告)
- J.382の特徴
  - キャリア伝送方式: OFDM変調
  - 誤り訂正方式: LDPC符号
  - 帯域有効利用方式: 連結送信・ノッチ
  - ストリーム多重方式: Multiple PLP, PLP Bundling
- 追加規定項目
  - 受信機選局用の記述子
  - TLV入力変換
  - 緊急警報指示信号の多重方式

8

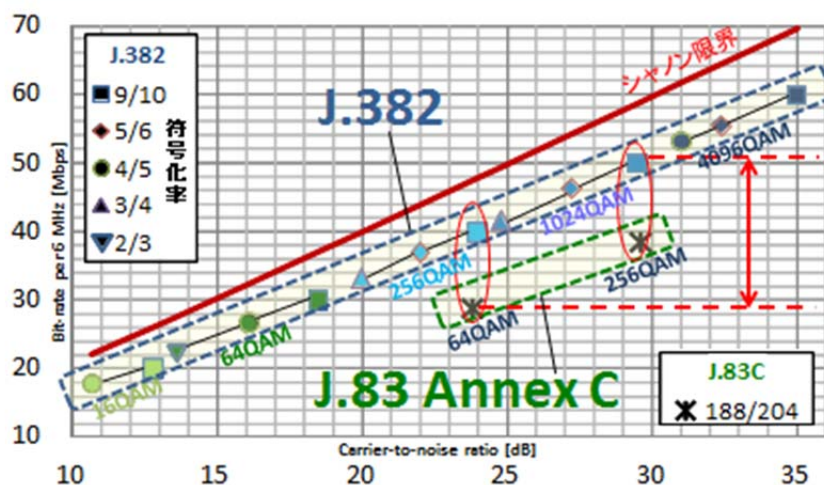
## 従来方式との比較

		J.83 Annex C	J.83 Annex A	J.382		
誤り訂正技術	外符号	RS符号 (204,188)	RS符号 (204,188)	BCH符号		
	内符号	なし	なし	LDPC符号		
	符号化率	-	-	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 9/10		
変調方式	64QAM, 256QAM		16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM		16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM	
Interleaving	Byte		Byte		Bit, 時間, 周波数	
キャリア伝送方式	Single Carrier		Single Carrier		OFDM	
	ロールオフ率	13%	ロールオフ率	15%	FFT size	4K
					GI長	1/64, 1/128
					Pilot	Scattered, continual and edge-pilots
				PAPR低減	Tone Reservation	
				Symbol長	448 $\mu$ s or 397 $\mu$ s	
Signalling	なし		なし		FEC Frame Header, L1-part2	
Stream種	TS		TS		MPEG-TS, GSE	
Stream多重	なし		なし		Multiple PLP	
Frame長	なし		なし		448 data symbols	
信号帯域幅	6MHz		規定なし		5.71MHz以下任意 or 7.61MHz以下任意 (3408 carrier以下)	
帯域有効利用方式					Data Slice / Notch	

9



## 伝送効率の向上

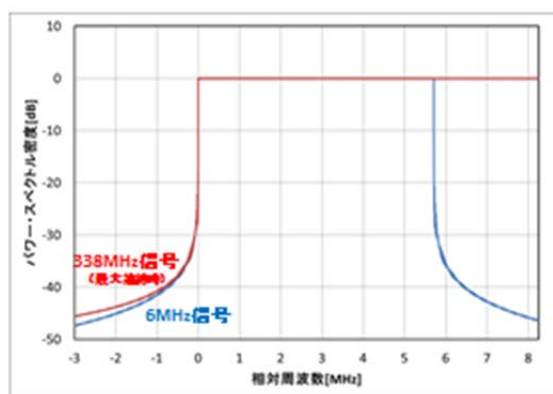


- ◆ 現行規格 256QAMと同じ所要C/Nで**29%伝送容量増** (38.88Mbps→49.97Mbps)
- ◆ 現行規格256QAMと同じ伝送効率で**7dBの符号化利得** (29dB→22dB)

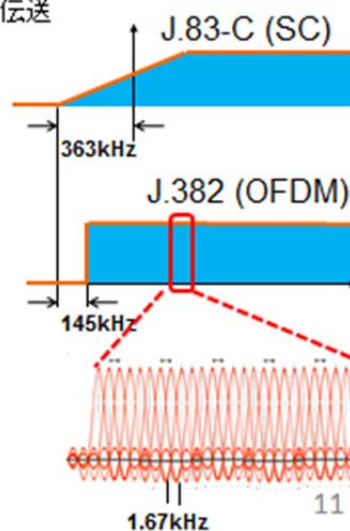
10

## キャリア伝送方式: OFDM

- Single Carrier(SC): 周波数利用効率は roll-off率に依存
- Multi Carrier (OFDM): 直交したsub-carrierを密に伝送



J.382のスペクトル理論値



## 誤り訂正方式: LDPC符号

- ◆理論限界を達成する高性能な方式
- ◆低密度なパリティ検査行列により定義

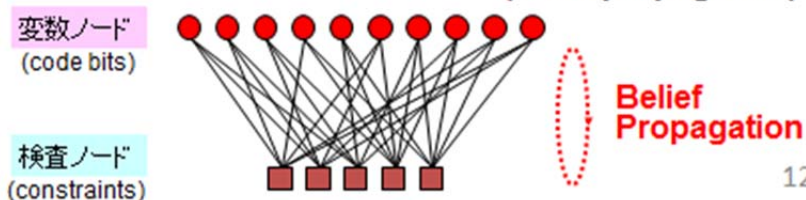
$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

1の数:  $dv=3$

1の数:  $dc=6$

符号長に比して少ない、つまり  
“Low-Density”

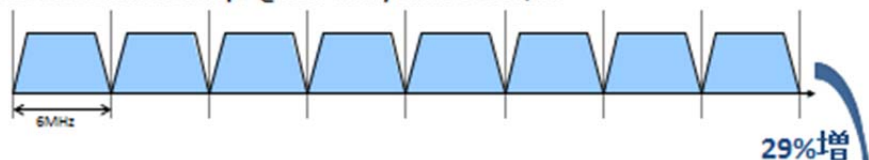
- ◆タナ-グラフに沿った確率伝搬により復号 (belief propagation)



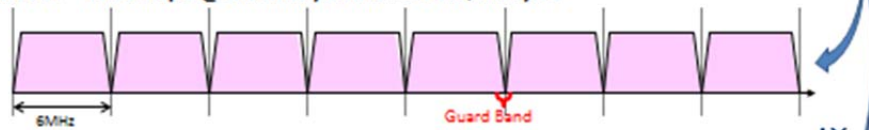
12

## 帯域有効利用方式①: 連結送信

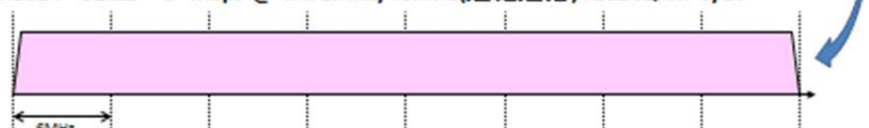
J.83 Annex C: 38.88Mbps @ 5.274MHz/6MHz : 256QAM



J.382: 49.97Mbps @ 5.71MHz/6MHz : 1024QAM 9/10



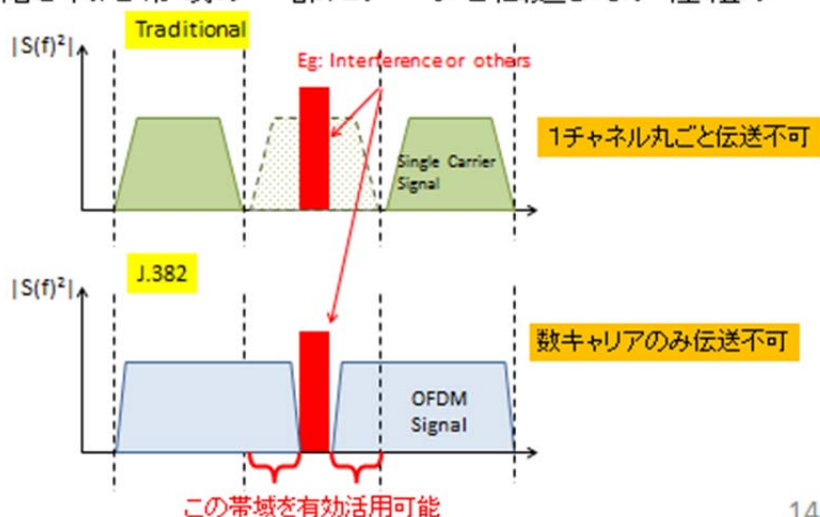
J.382: 52.21 × 8 Mbps @ 47.71MHz/48MHz(連結送信): 1024QAM 9/10



13

## 帯域有効利用方式②：ノッチ

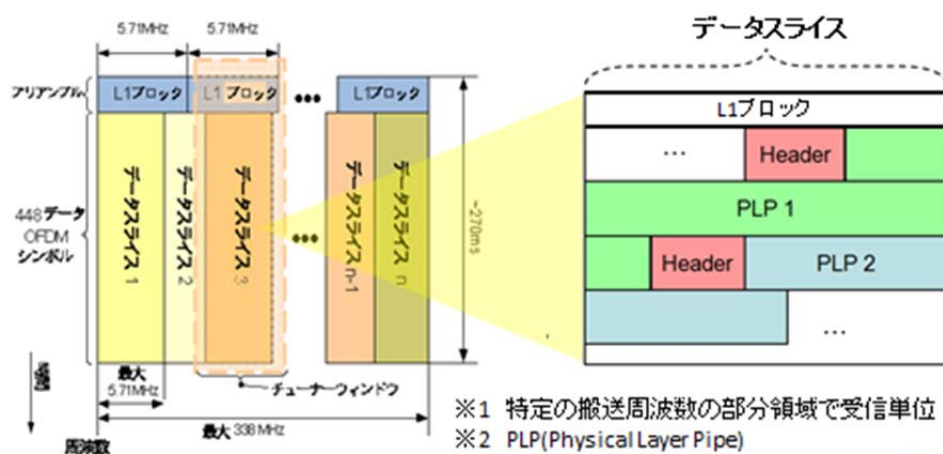
- 連結された帯域の一部にデータを伝送しない仕組み



14

## ストリーム多重方式①：Multiple PLP

- 1データスライス※1内に複数のPLP※2(ストリーム)を多重

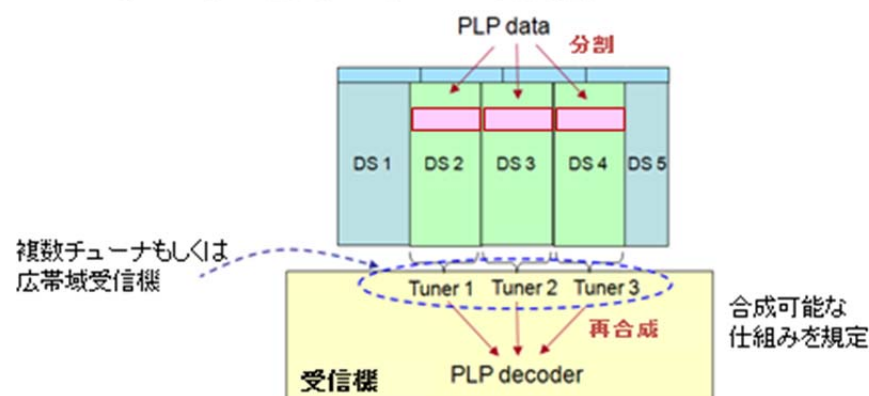


15



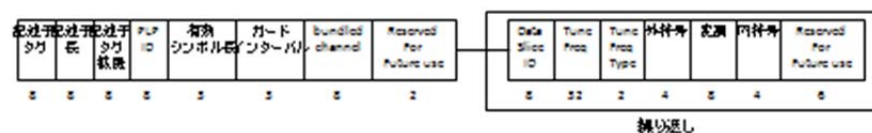
## ストリーム多重方式②: PLP Bundling

- 大容量データ伝送方法
  - PLPを複数データスライスに分割
  - チューナでそれぞれのデータスライスを受信
  - チューナの出カストリームを再合成



16

## NITに追加規定する選局用の記述子

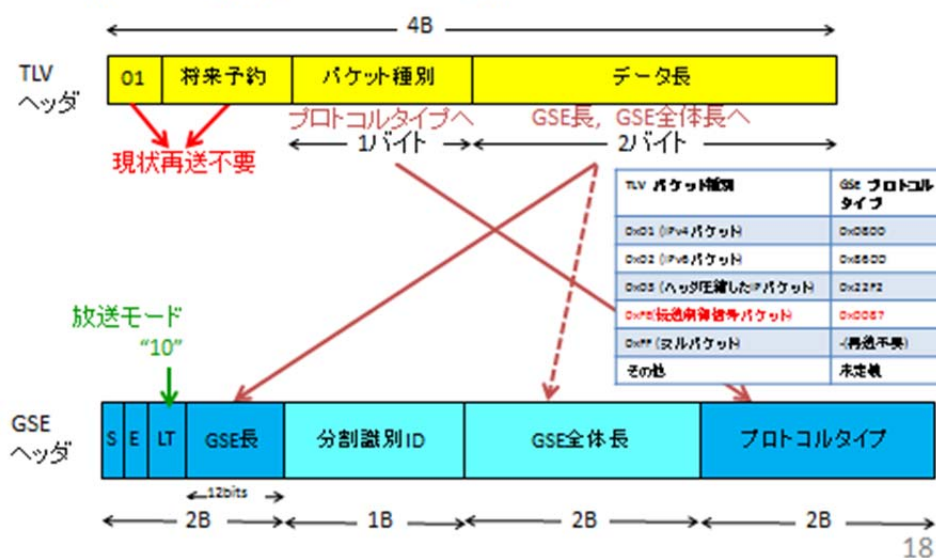


構成要素	内容
記述子タグ	記述子を識別するための値。現行 0x44に対応(未定義)
記述子長	記述子の長さをバイト単位で指定
記述子タグ拡張	同一の記述子タグだが異なる記述子を使用するために使用する値
PLP ID	PLPのIDを示す値
有効シンボル長	OFDMの有効シンボル長
ガードインターバル	ガードインターバル000 : 1/128 001 : 1/64 その他 : reserved
bundled channel	PLP IDで指定されたPLPを送るために必要なData Sliceの数
Data Slice ID	Data SliceのIDを示す値
Tune Freq	Tune Freq typeに基づいたチューニング周波数をHz単位で指定
Tune Freq Type	チューニング周波数の種類を定義する
外符号	ケーブルシステムの伝送で使用する外符号の種別
変調	ケーブルシステムの伝送で使用する変調方式の種別
内符号	ケーブルシステムの伝送で使用する内符号の種別

17

## TLV入力変換仕様

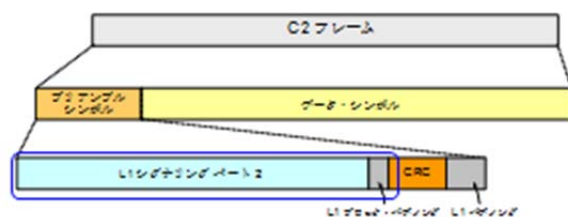
- TLV方式をJ.382で規定されたGSE方式に変換



18

## 緊急警報指示信号の多重方式

J.382 L1 signaling part2 予約領域に  
緊急警報指示信号を追加



緊急警報指示信号を以下のように配置

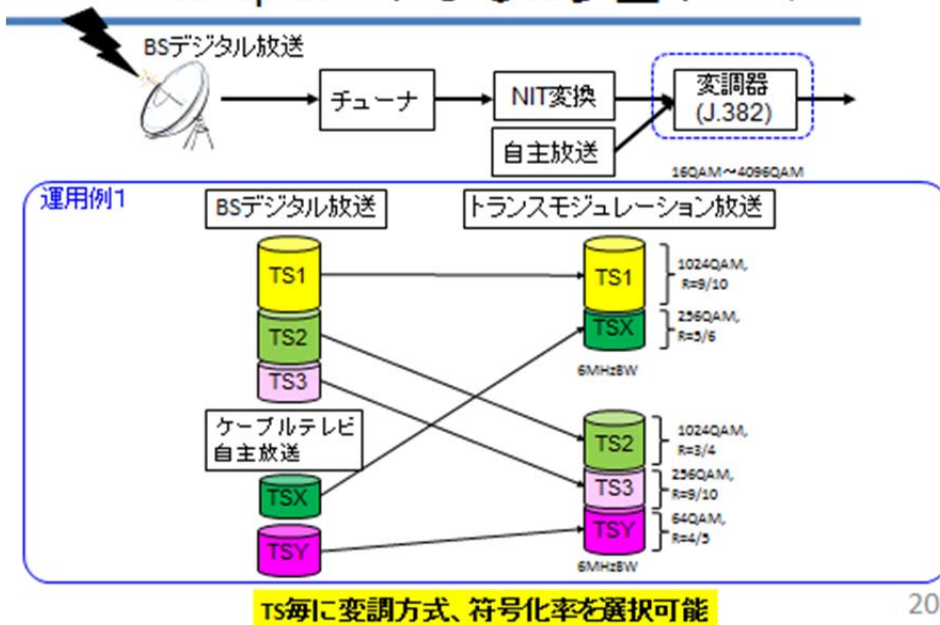
Field	Size(bits)
EMERGENCY_INDICATOR	1
RESERVED_4	15

J.382 L1 signalingの表

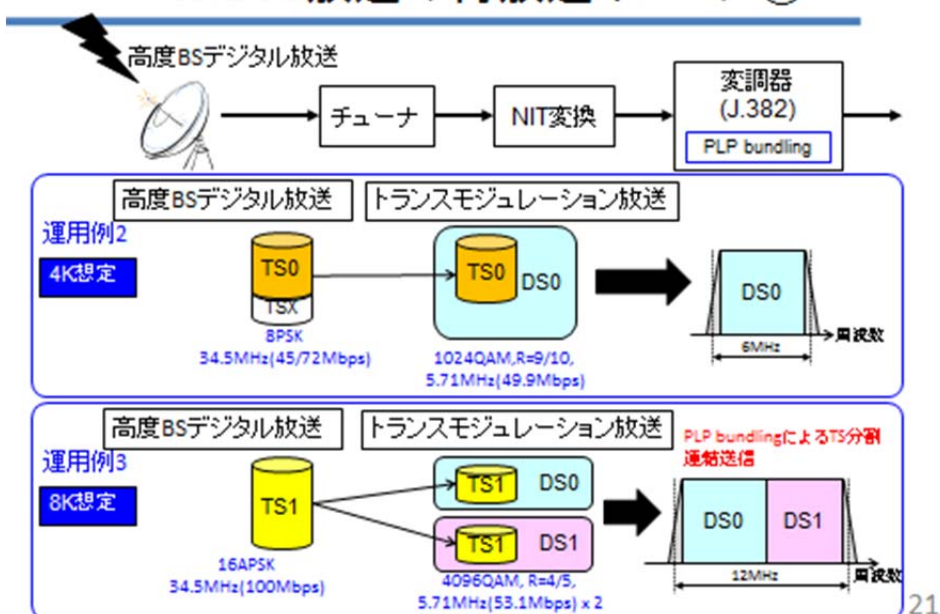
Field	Size(bits)
RESERVED_0	15
RESERVED_1	15
RESERVED_2	15
RESERVED_3	15
RESERVED_4	15
RESERVED_5	15
RESERVED_6	15
RESERVED_7	15
RESERVED_8	15
RESERVED_9	15
RESERVED_10	15
RESERVED_11	15
RESERVED_12	15
RESERVED_13	15
RESERVED_14	15
RESERVED_15	15
RESERVED_16	15
RESERVED_17	15
RESERVED_18	15
RESERVED_19	15
RESERVED_20	15
RESERVED_21	15
RESERVED_22	15
RESERVED_23	15
RESERVED_24	15
RESERVED_25	15
RESERVED_26	15
RESERVED_27	15
RESERVED_28	15
RESERVED_29	15
RESERVED_30	15
RESERVED_31	15
RESERVED_32	15
RESERVED_33	15
RESERVED_34	15
RESERVED_35	15
RESERVED_36	15
RESERVED_37	15
RESERVED_38	15
RESERVED_39	15
RESERVED_40	15
RESERVED_41	15
RESERVED_42	15
RESERVED_43	15
RESERVED_44	15
RESERVED_45	15
RESERVED_46	15
RESERVED_47	15
RESERVED_48	15
RESERVED_49	15
RESERVED_50	15
RESERVED_51	15
RESERVED_52	15
RESERVED_53	15
RESERVED_54	15
RESERVED_55	15
RESERVED_56	15
RESERVED_57	15
RESERVED_58	15
RESERVED_59	15
RESERVED_60	15
RESERVED_61	15
RESERVED_62	15
RESERVED_63	15
RESERVED_64	15
RESERVED_65	15
RESERVED_66	15
RESERVED_67	15
RESERVED_68	15
RESERVED_69	15
RESERVED_70	15
RESERVED_71	15
RESERVED_72	15
RESERVED_73	15
RESERVED_74	15
RESERVED_75	15
RESERVED_76	15
RESERVED_77	15
RESERVED_78	15
RESERVED_79	15
RESERVED_80	15
RESERVED_81	15
RESERVED_82	15
RESERVED_83	15
RESERVED_84	15
RESERVED_85	15
RESERVED_86	15
RESERVED_87	15
RESERVED_88	15
RESERVED_89	15
RESERVED_90	15
RESERVED_91	15
RESERVED_92	15
RESERVED_93	15
RESERVED_94	15
RESERVED_95	15
RESERVED_96	15
RESERVED_97	15
RESERVED_98	15
RESERVED_99	15
RESERVED_100	15
RESERVED_101	15
RESERVED_102	15
RESERVED_103	15
RESERVED_104	15
RESERVED_105	15
RESERVED_106	15
RESERVED_107	15
RESERVED_108	15
RESERVED_109	15
RESERVED_110	15
RESERVED_111	15
RESERVED_112	15
RESERVED_113	15
RESERVED_114	15
RESERVED_115	15
RESERVED_116	15
RESERVED_117	15
RESERVED_118	15
RESERVED_119	15
RESERVED_120	15
RESERVED_121	15
RESERVED_122	15
RESERVED_123	15
RESERVED_124	15
RESERVED_125	15
RESERVED_126	15
RESERVED_127	15
RESERVED_128	15
RESERVED_129	15
RESERVED_130	15
RESERVED_131	15
RESERVED_132	15
RESERVED_133	15
RESERVED_134	15
RESERVED_135	15
RESERVED_136	15
RESERVED_137	15
RESERVED_138	15
RESERVED_139	15
RESERVED_140	15
RESERVED_141	15
RESERVED_142	15
RESERVED_143	15
RESERVED_144	15
RESERVED_145	15
RESERVED_146	15
RESERVED_147	15
RESERVED_148	15
RESERVED_149	15
RESERVED_150	15
RESERVED_151	15
RESERVED_152	15
RESERVED_153	15
RESERVED_154	15
RESERVED_155	15
RESERVED_156	15
RESERVED_157	15
RESERVED_158	15
RESERVED_159	15
RESERVED_160	15
RESERVED_161	15
RESERVED_162	15
RESERVED_163	15
RESERVED_164	15
RESERVED_165	15
RESERVED_166	15
RESERVED_167	15
RESERVED_168	15
RESERVED_169	15
RESERVED_170	15
RESERVED_171	15
RESERVED_172	15
RESERVED_173	15
RESERVED_174	15
RESERVED_175	15
RESERVED_176	15
RESERVED_177	15
RESERVED_178	15
RESERVED_179	15
RESERVED_180	15
RESERVED_181	15
RESERVED_182	15
RESERVED_183	15
RESERVED_184	15
RESERVED_185	15
RESERVED_186	15
RESERVED_187	15
RESERVED_188	15
RESERVED_189	15
RESERVED_190	15
RESERVED_191	15
RESERVED_192	15
RESERVED_193	15
RESERVED_194	15
RESERVED_195	15
RESERVED_196	15
RESERVED_197	15
RESERVED_198	15
RESERVED_199	15
RESERVED_200	15
RESERVED_201	15
RESERVED_202	15
RESERVED_203	15
RESERVED_204	15
RESERVED_205	15
RESERVED_206	15
RESERVED_207	15
RESERVED_208	15
RESERVED_209	15
RESERVED_210	15
RESERVED_211	15
RESERVED_212	15
RESERVED_213	15
RESERVED_214	15
RESERVED_215	15
RESERVED_216	15
RESERVED_217	15
RESERVED_218	15
RESERVED_219	15
RESERVED_220	15
RESERVED_221	15
RESERVED_222	15
RESERVED_223	15
RESERVED_224	15
RESERVED_225	15
RESERVED_226	15
RESERVED_227	15
RESERVED_228	15
RESERVED_229	15
RESERVED_230	15
RESERVED_231	15
RESERVED_232	15
RESERVED_233	15
RESERVED_234	15
RESERVED_235	15
RESERVED_236	15
RESERVED_237	15
RESERVED_238	15
RESERVED_239	15
RESERVED_240	15
RESERVED_241	15
RESERVED_242	15
RESERVED_243	15
RESERVED_244	15
RESERVED_245	15
RESERVED_246	15
RESERVED_247	15
RESERVED_248	15
RESERVED_249	15
RESERVED_250	15
RESERVED_251	15
RESERVED_252	15
RESERVED_253	15
RESERVED_254	15
RESERVED_255	15

19

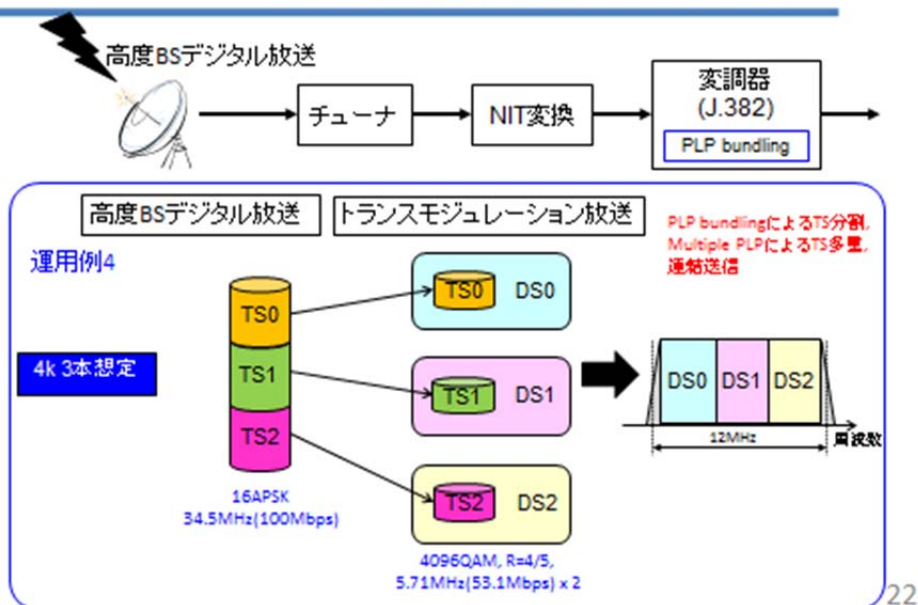
## Multiple PLPによるTS多重イメージ



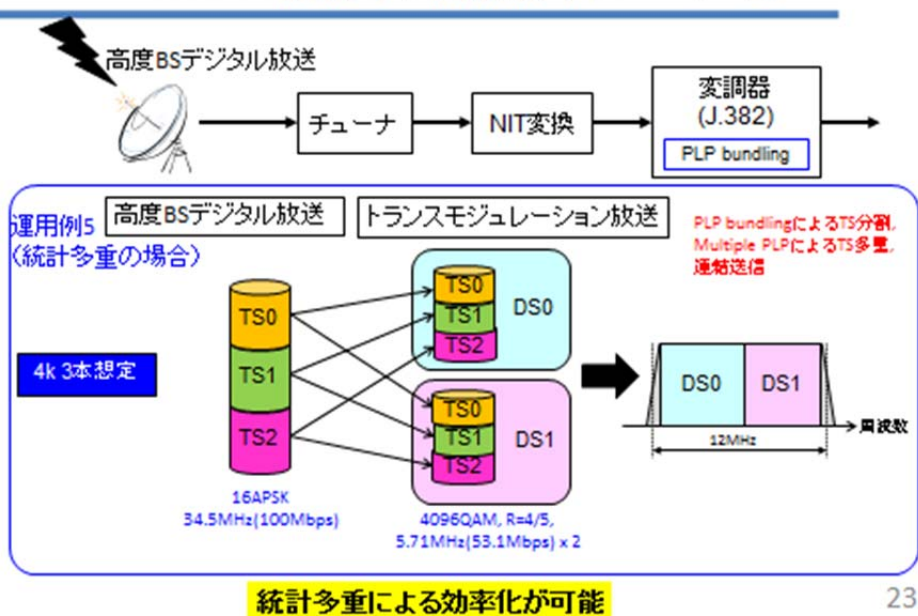
## UHDTV放送の再放送イメージ①



## UHDTV放送の再放送イメージ②



## UHDTV放送の再放送イメージ③

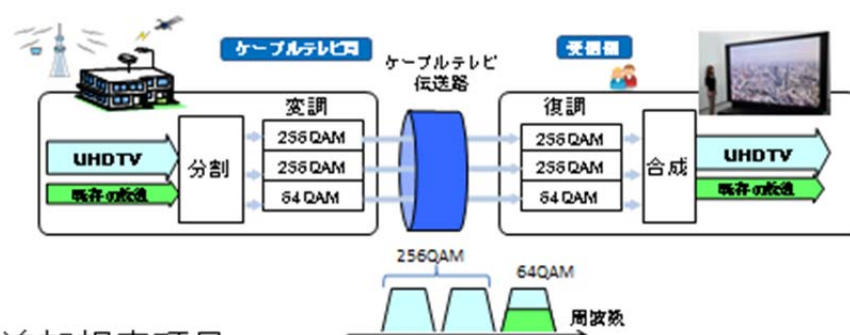


トランスモジュレーション方式:技術的条件2

## 複数搬送波伝送方式

24

### 複数搬送波伝送方式(概要)



#### 追加規定項目

- ① 送信側で大容量信号を分割して複数の搬送波(64QAMまたは256QAM)で伝送し、受信側で同期合成できるフレーム構成
- ② 受信機選局用の複数搬送波伝送用記述子(仮称)
- ③ TLV パケットを分割してフレームに多重化・合成する形式

25



## 複数搬送波伝送用のフレーム



図： 2つの搬送波で約70MbpsのTSを分割伝送し、受信機で合成する例

- 既存デジタル放送のトランスモジュレーション方式で実用化されている複数TS伝送フレーム (TSMF: ITU-T J.183) を拡張
- シンボルレートが等しいので、64QAMと256QAMの伝送速度の比は3:4となる
- 分割伝送している複数波の復調出力をスーパーフレーム単位で同期合成することができる

26

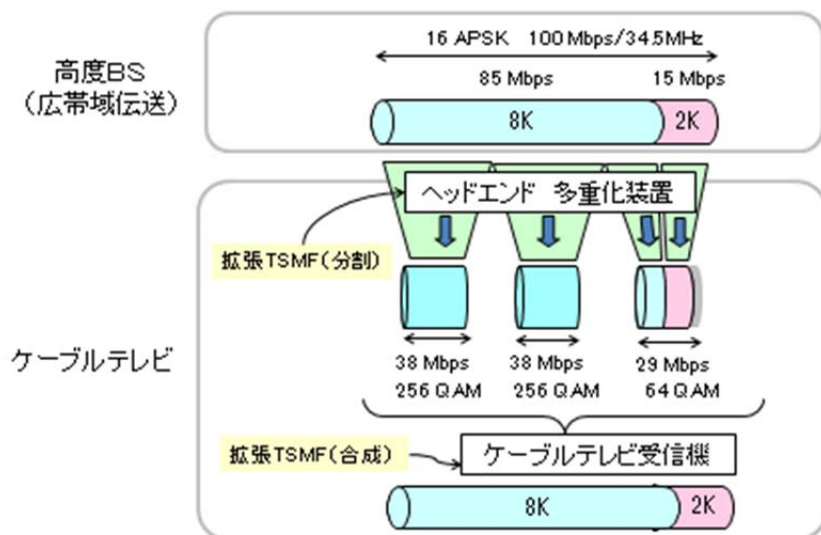
## 複数搬送波伝送方式(特徴)



- 衛星放送と同じサービスをケーブルテレビで提供
  - 64QAM(29Mbps)と256QAM(38Mbps)の任意のチャンネルで分割伝送
  - MMT・TLVおよびMPEG-2 TSの双方に対応可
- 既存のケーブルテレビ設備の性能でUHDTV伝送が可能
  - ITU-T J.83 Annex Cがベース
  - 搬送波を束ねる方式により大容量伝送を実現
  - 既存の放送の空きスロットを有効活用可能
    - 例えば地デジ(トラモジ)の空きスロットを束ねて4K伝送、など
    - 現行方式と後方互換性を有する(バックワードコンパチブル)
  - 実際のケーブルテレビ設備で実証実験に成功
    - 日本ネットワークサービス、山梨県(2013年2月)
    - ジュピターテレコム、東京都(2014年5月)

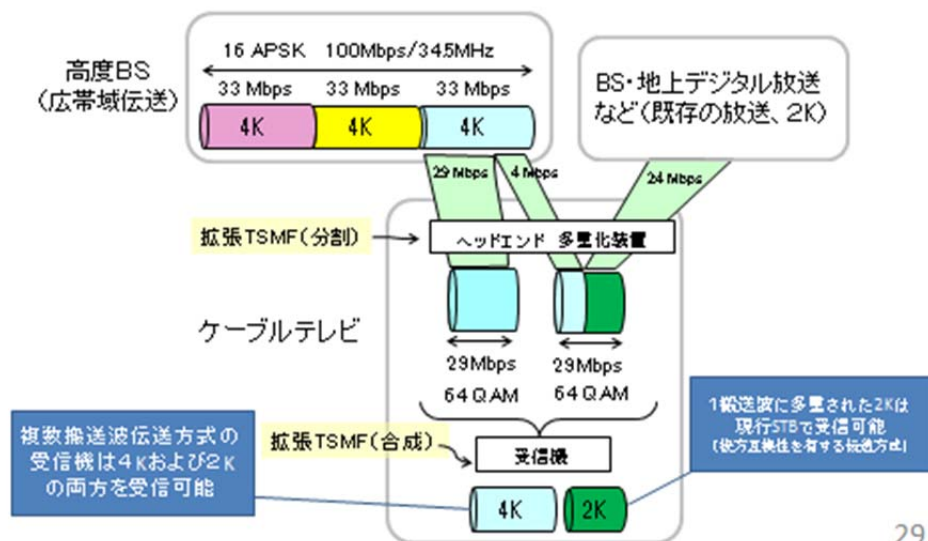
27

## UHDTV衛星放送のケーブル再放送イメージ①



28

## UHDTV衛星放送のケーブル再放送イメージ②

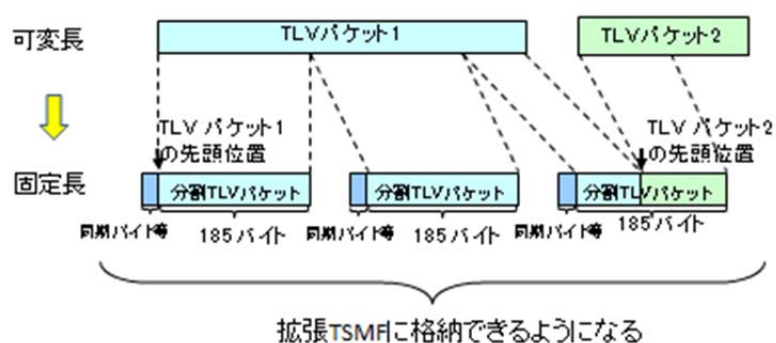


29

## TLVパケットの分割と固定長パケットへのカプセル化

可変長のTLVパケットを拡張TSMFに格納するために

- TLVパケットを185バイト単位に分割する
- 先頭に同期バイト0x47、続いてTLVパケットの先頭位置を示す情報を付加して分割TLVパケット(188バイト)とする



30



## 参考資料

31



## 関連規格

- (1) 電気通信技術審議会答申 諮問第74号「デジタル放送方式に係る技術的條件」のうち、有線テレビジョン放送におけるデジタル放送方式の技術的條件(平成8年5月)
- (2) 電気通信技術審議会答申 諮問第74号「デジタル放送方式に係る技術的條件」のうち、地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的條件(平成11年5月)
- (3) 電気通信技術審議会答申 諮問第74号「デジタル放送方式に係る技術的條件」のうち、デジタル有線テレビジョン放送における高精細度テレビジョン放送等の導入のための技術的條件(平成12年5月)
- (4) 平成23年総務省令第95号「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」(平成23年6月)
- (5) 平成23年総務省令第311号「デジタル有線テレビジョン放送方式に関する多重フレームヘッダ情報の構成を定める件」(平成23年6月)
- (6) 平成23年総務省令第87号「標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」(平成23年6月)
- (7) 一般社団法人日本CATV技術協会標準規格 JCTEA-STD-007  
デジタル有線放送テレビジョン放送 デジタルケーブルテレビジョン受信装置
- (8) ITU-T J.83, "Digital multi-program systems for television, sound and data services for cable distribution"
- (9) ITU-T J.183, "Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems"
- (10) ITU-T J.382, "Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution"

32

## 複数搬送波伝送方式(公表資料)

- [1] 袴田, 他, "ケーブルテレビにおける可変長パケットの伝送方式", 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 8-8-34 (Sep. 2011)
- [2] Y. Hakamada, et al, "An UHD TV Cable Television Distribution in Combinations of Multiple 64 and 256 QAM Channels", IEEE ICCE2013 vol.2, pp.488-489, (Jan. 2013)
- [3] 木下, 他, "ケーブルテレビでのスーパーハイビジョンのVOD伝送実験", 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 7-1-1 (Aug. 2013)
- [4] Y. Hakamada, N. Nakamura, T. Kurakake, T. Kusakabe, and K. Oyamada: "UHD TV (8K) Distribution Technology and Field Trial on Cable Television Networks", ITE Trans. on MTA, 2, 1, pp. 2-7 (Jan. 2014)
- [5] 袴田, 他, "大規模ケーブルテレビ商用回線での8Kスーパーハイビジョン伝送実験", 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 21-9 (Sep. 2014)

33

以上

## 参考資料 2

### 1. 実験データ

(今後追記予定)