

一般社団法人電波産業会
デジタル放送システム開発部会

超高精細度テレビジョン放送の伝送路符号化方式に関する中間報告

伝送路符号化方式

1. 伝送路符号化方式検討の基本的な考え方

伝送路符号化方式については、超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件に示されている「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、できるだけ高い伝送容量を確保できる方式であることおよび「インターネットなどの通信系を利用したサービスや蓄積型サービスについても考慮すること」を基本とし、現行の衛星デジタル放送の状況を考慮して検討した。

2. 採用する伝送路符号化方式

- ・ 高度広帯域伝送デジタル放送に適用する伝送路符号化方式としては、高度広帯域衛星デジタル放送方式を基本とする。
 - LDPC 符号の採用による誤り訂正能力の強化
 - 8PSK (符号化率 3/4) で約 70Mbps の伝送容量を確保
(現行 BS デジタル放送 ISDB-S は約 52Mbps)
 - ARIB 標準規格では APSK 方式も採用されており、更なる大容量伝送が可能
 - 現行の衛星デジタル放送方式である ISDB-S が有する機能は全て備えている
- ・ 高度狭帯域伝送デジタル放送に適用する伝送路符号化方式としては、高度狭帯域衛星デジタル放送方式を基本とする。
 - DVB-S2 をベースとした方式により、8PSK (符号化率 2/3) で約 45Mbps の伝送容量を確保

3. 高度広帯域伝送デジタル放送に適用する伝送路符号化方式の概要

3-1. 概要

採用する伝送路符号化方式は、高度広帯域衛星デジタル放送方式を基本とし、さらにロールオフ率を低減することによりシンボルレートを高速化し、伝送容量の拡大を図る。概要を表 1-1 にまとめる。誤り訂正符号については、強力な誤り訂正能力をもつ LDPC 符号とした。変調方式については、表 1-2 に示すように $\pi/2$ シフト BPSK、QPSK、8PSK、16APSK および 32APSK を利用可能な方式とした。特に APSK については、衛星中継器の TWTA の非線形特性による劣化が生じやすいため、非線形の影響があっても最適な LDPC 復号を可能とするパイロット信号を導入している。ロールオフ率については、TBD という急峻なフィルタ特性を採用することにより高いシンボルレートの採用を可能とした。伝送制御信号 (TMCC 信号) については、現行の衛星デジタル放送方式における同信号の機能に加え、IP パケットなど可変長パケットを伝送するための制御信号を備える。

表 3-1 高度広帯域衛星デジタル放送の伝送路符号化方式の概要

項目		内容
変調方式		$\pi/2$ シフトBPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
誤り訂正方式	内符号	LDPC(符号長44880)
	符号化率	1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (27/40), 3/4 (89/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8 (7/8), 9/10 (109/120) (公称値(真値))
	外符号	BCH (65535, 65343, t=12)短縮符号
伝送制御信号	変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK
	内符号	LDPC(31680, 9614) : LDPC(44880, 22814)の短縮符号
	外符号	BCH(9614, 9422) : BCH(65535, 65343)の短縮符号
	制御単位	スロット単位の伝送制御
	制御情報	・変調方式および符号化率の制御 ・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, TLV) ・階層化伝送制御 ・緊急警報放送起動制御 ・複数独立TS識別制御 ・サイトダイバーシティ情報 ・衛星中継器動作点設定情報
フレーム構造		・120スロット/フレーム ・187Byteの整数倍のスロット長
シンボルレート		TBD (実証実験により決定)
ロールオフ率		TBD (実証実験により決定)
その他		・同期補強バーストをTMCCと兼用することでTMCC容量を現行の384ビットから9422ビットへ拡大 ・パイロット信号により、衛星非線形特性による受信性能劣化を改善

表 1-2 対応する変調方式

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

3-2. ロールオフ率低減によるシンボルレート拡大

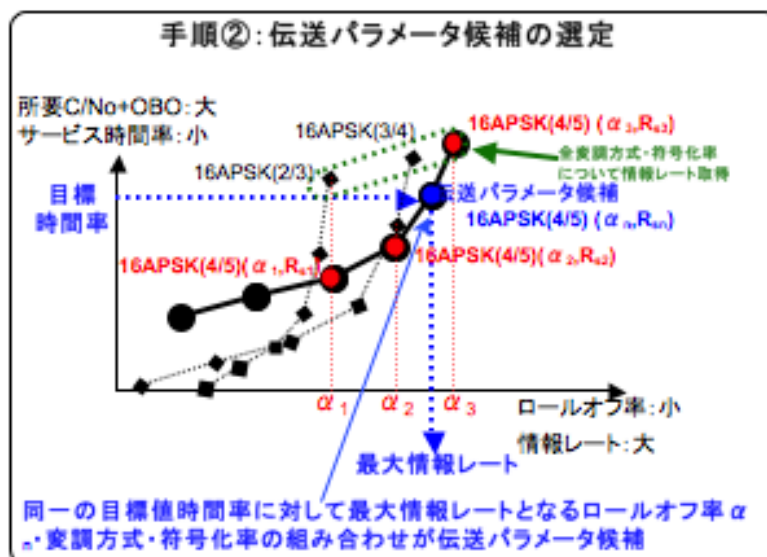
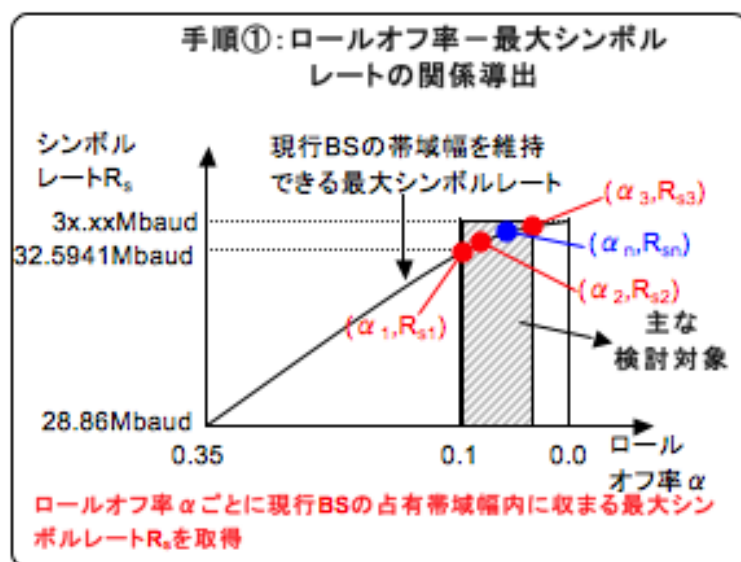
現行の衛星放送システム 1ch の帯域を利用して、大容量の超高精細度テレビジョン放送信号を伝送するために、帯域の利用効率の向上を図る。具体的には、ロールオフ率を 0.1 以下に低減することで、シンボルレートを高速化し、伝送容量を増大する。

○シンボルレートの選定法

高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式では、伝送実験を実施し、ロールオフ率 0.1 において、8PSK 変調波の TWT 飽和動作時に、現行 BS 放送の帯域幅を超えない条件でシンボルレートを決定した。今回も、伝送実験により、現行 BS 放送を超えない占有帯域幅となる条件において、目標とするサービス時間率を満足するロールオフ率・シンボルレートを選定する。選定手順を以下に示す。

手順 1：8PSK 変調波の TWT 飽和動作において、ロールオフ率 α ごと（0.01～0.1）に、現行 BS 放送の帯域幅を超えない最大シンボルレート R_s を取得する。結果として、ロールオフ率 α_n ごとのシンボルレート R_{sn} の組（ α_n, R_{sn} ）を得る。

手順 2：16APSK において、符号化率 2/3、3/4、4/5 のときの、（ α_n, R_{sn} ）に対するビット誤り率を取得し、目標とするサービス時間率を満足しつつ、伝送容量が最大となる符号化率、ロールオフ率、シンボルレートの組を選定する。



3-3. APSK 方式のサービス時間率改善

APSK 方式のサービス時間率改善の方策として以下の検討を行った。

(1) APSK 方式検討の経緯

- ・ 2008 年情報通信審議会答申書（平成 20 年 7 月 29 日）においては、サービス時間率の低下を主な要因として、今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式との注釈を付けて答申され、省令・告示（高度広帯域伝送方式）からは除外された。
- ・ 技術的には実用化レベルであること、欧州では、ETSI において標準規格化されていることを踏まえ、民間規格である ARIB 標準規格においては、ARIB STD-B44 に反映された。
- ・ 現時点においては、国内において高度広帯域伝送方式を用いて衛星デジタル放送を実施する場合は、シンボルレート 32.5941Mbaud で、8PSK（TS レート約 69.6Mbps）まで伝送可能である。
- ・ 16APSK（3/4）を適用すれば、シンボルレート 32.5941Mbaud で、約 92.8Mbps まで伝送が可能となる

(2) サービス時間率の規定

無線通信規則（Radio Regulations）には明確な規定はないが、勧告 ITU-R B0.1696 において、最悪月 99.5%以上（年間 99.86%以上）を推奨している。

Rec. ITU-R B0.1696 : 「Methodologies for determining the availability performance for digital multiprogramme broadcasting-satellite service systems, and their associated feeder links operating in the planned bands」

(3) APSK 方式のサービス時間率低下の要因の検討

16APSK（3/4）の例を以下に示す。

- ・ シンボルレート拡大（28.86Mbaud → 32.5941Mbaud）で雑音帯域幅増による C/N 約 0.5dB の低下
- ・ 現行の衛星デジタル放送に比べ、所要 C/N の増大（所要 C/N : 11.6dB）
- ・ 衛星バックオフ（OBO）（16APSK は 1.7dB（平成 20 年答申書参照））分の送信電力の低下
- ・ 従って、ISDB-S（所要 C/N（OBO 込み）：10.7dB）に対して、トータルで C/N マージン 3.1dB の低下

→APSK 方式のサービス時間率の低下の大きな要因である衛星出力バックオフによる衛星送信出力の低下を補うことでサービス時間率の改善が見込める。

(4) 衛星 e.i.r.p. の上限値

12GHz 帯放送衛星視得の送信電力の上限値は無線通信規則や国際調整により規定されており、BS を例に下記を検討

- ・ 無線通信規則による衛星送信電力の制限
 - 無線通信規則では、12GHz 帯 BSS の放送衛星の EIRP は、PFD で -103.6dB(W/m²/27MHz) までという制限がある。これは、34.5MHz では 60dBW に相当することから、60dBW までは送信可能。

(5) 衛星出力増大によるサービス時間率の向上

BS の場合についての検討結果

放送衛星中継器の定格電力を増力し、衛星からの送信 e. i. r. p. を無線通信規則上限値とした場合のサービス時間率について検討した（詳細は表 1、表 2 を参照）。受信点は東京と仮定する。

- ・ 現行の放送衛星中継器を利用した場合の 16APSK（3/4）サービス時間率の例
 - 衛星 EIRP 58.3dBW（中継器定格出力 120W、バックオフ 1.7dB）

➤ 年間サービス時間率 99.91% (最悪月 99.66%)

→ 年間遮断時間 457 分 (最悪月 149 分)

現行の衛星放送 (ISDB-S TC-8PSK) の年間遮断時間 153 分 (最悪月 57 分) に対し、304 分の増加となる。

・ 放送衛星中継器の定格電力を増力し、無線通信規則上限の e. i. r. p. とした場合

➤ 衛星 EIRP60dBW (中継器定格出力 178W) 、バックオフ 1.7dB

➤ 年間サービス時間率 99.95% (最悪月 99.80%)

→ 年間遮断時間 247 分 (最悪月 88 分)

現行の衛星放送の年間遮断時間 153 分 (最悪月 57 分) に対し、94 分の増加まで軽減。

検討の結果から、衛星中継器の定格電力を増力し、無線通信規則上限の e. i. r. p. とすることで年間遮断時間を 210 分の削減が可能である。

(6) 今後の予定

- ・ 今回の検討は東京を受信点と仮定した場合のみの例であり、異なる気候区分やサービスエリア端を含む複数の地域についての回線設計を実施。
- ・ 現在検討中のシンボルレートの拡大時の雑音帯域幅を適用した場合について評価。
- ・ BS に加え、CS についても同様の評価を実施
- ・ 最終的には、サービス時間率の考え方をまとめた上での、変調方式 (符号化率) の採否を決定

表 3-1 現行の放送衛星中継器を利用した場合のサービス時間率

変調方式 (符号化率)	ISDB-S	8PSK(3/4)	16APSK(3/4)
増幅器 定格出力 [W]	120		
OBO [dB]	—	0.9	1.7
衛星 EIRP [dBW]	60.0	59.1	58.3
シンボルレート[Mbaud]	28.86		32.5941
伝送レート(TS) [Mbps]	52.17	69.60	92.81
所要 C/N [dB]	10.7 (OBO 含む)	8.7	11.6
年間サービス 時間率 [%]	99.97	99.98	99.91
最悪月サービス 時間率 [%]	99.87	99.89	99.66
年間遮断時間 [分] (153 分との差)	<u>153</u>	126 (-27)	457 (+304)

表 3-2 放送衛星中継器の定格電力を増力し、無線通信規則上限の e.i.r.p.とした場合のサービス時間率

変調方式 (符号化率)	ISDB-S	8PSK(3/4)	16APSK(3/4)
増幅器 定格出力 [W]	120	178 (1.7dB 増)	
OBO [dB]	－	1.7	
衛星 EIRP [dBW]	60.0		
シンボルレート[Mbaud]	28.86	32.5941	
伝送レート(TS) [Mbps]	52.17	69.60	92.81
所要 C/N [dB]	10.7 (OBO 含む)	8.7	11.6
年間サービス 時間率 [%]	99.97	99.98	99.95
最悪月サービス 時間率 [%]	99.87	99.91	99.80
年間遮断時間 [分] (153 分との差)	<u>153</u>	97 (-56)	247 (+94)

- (1)受信場所：東京 (2)受信アンテナ開口径 45cm
(3)アップリンク C/N：24dB (4)韓国衛星および交差偏波の干渉なし
(5)ポインティングロス 0.1dB (0.35 度) を見込む (6)OBO は 2008 年答申書記載の値を利用

3-4. 実証実験の概要

選定したロールオフ率およびシンボルレートによる伝送性能を評価・確認するための実証実験を実施する。実証実験としては、以下の2つの実験からなる。なお、4節で述べたロールオフ率・シンボルレートの選定のための実験についてもシミュレータ予備実験として記述している。

(1) 実証実験項目

- 衛星中継器シミュレータによる室内実験
シミュレータ予備実験：シンボルレート、ロールオフ率暫定値の選定
シミュレータ実験：衛星中継器シミュレータ折り返しの性能評価
- 衛星伝送実験
地球局内折り返し(トランスレータ)伝送実験：地球局内折り返しの性能評価
衛星伝送実験：衛星折り返しの性能評価

(2) 実証実験の内容

試験項目
占有帯域幅測定
BER 特性測定
同期特性測定

(3) 衛星伝送実験系統図

図 5-1 に衛星伝送実験の概要を示す。

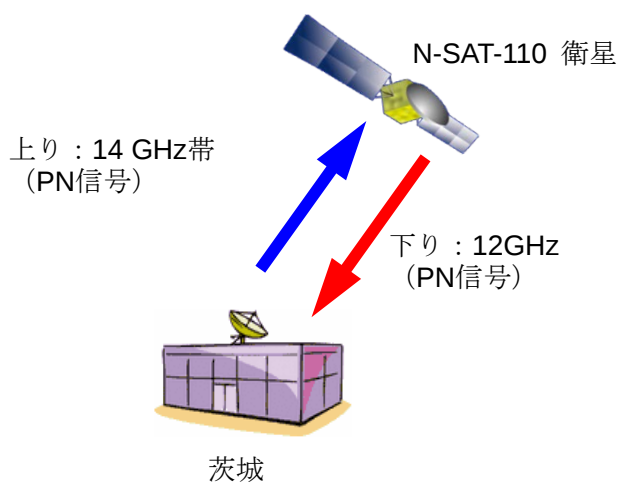


図5-1 衛星伝送実験の概要

4. 高度狭帯域伝送デジタル放送に適用する伝送路符号化方式

採用する伝送路符号化方式は、高度狭帯域衛星デジタル放送の伝送方式を基本とする。本方式は、単位あたり周波数でより多くの情報の伝送を可能とし、周波数の有効利用を図ることができる方式として、国際標準化されている DVB-S2 方式において、変調方式 8PSK、符号化率 3/5 及び 2/3、伝送形式 CCM(Constant Coding and Modulation)、単一トランスポートストリームを採用している。

表 4-1 高度狭帯域デジタル放送の伝送路符号化方式の概要

項目	内容
変調方式	8PSK
符号化率	3/5、2/3
伝送形式	CCM(Constant Coding and Modulation)
誤り訂正符号方式	LDPS 符号及び BCH 符号
誤り訂正符号長	64800 ビット
トランスポートストリーム	単一
ロールオフ率	0.2