

情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会報告（案）の概要

「放送システムに関する技術的条件」のうち
「衛星デジタル放送高度化にする技術的条件」

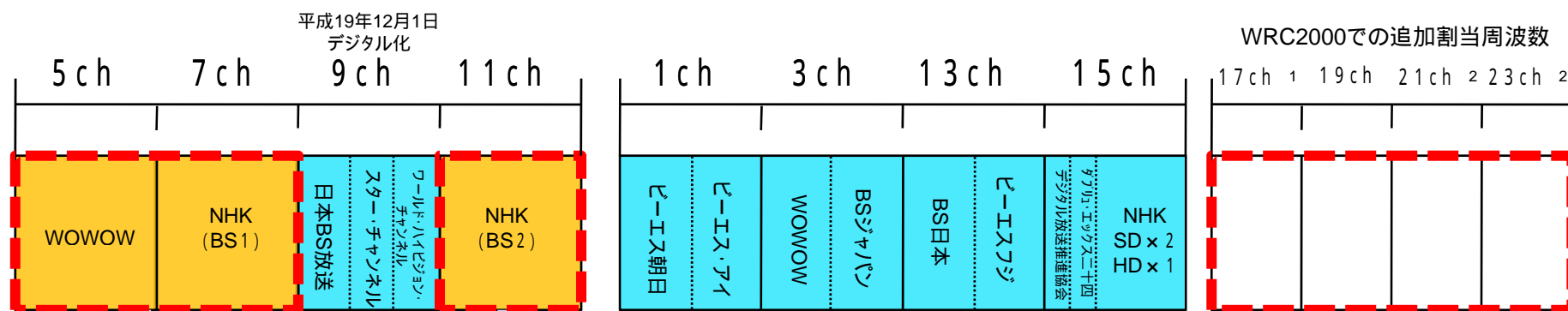
当資料は案としての扱いであり、委員会として承認されていない事項を含みます。

平成 2 0 年 6 月 2 3 日
放送システム委員会

1-1. 高度化の目的・背景

衛星放送の将来像に関する研究会(座長:舟田正之 立教大学法学部教授) <H17.10~H18.10> において、

BSアナログ放送(NHK BS-1・BS-2、WOWOW)終了後(平成23年まで)の3チャンネル
2000年開催の世界無線通信会議(WRC2000)で日本に追加割当てされた新4チャンネル
の利用の在り方等について検討



■ : アナログチャンネル
■ : デジタルチャンネル

今後新たに利用可能となるBS用周波数の利用の在り方について、上記研究会報告書では、以下のとおり提言。

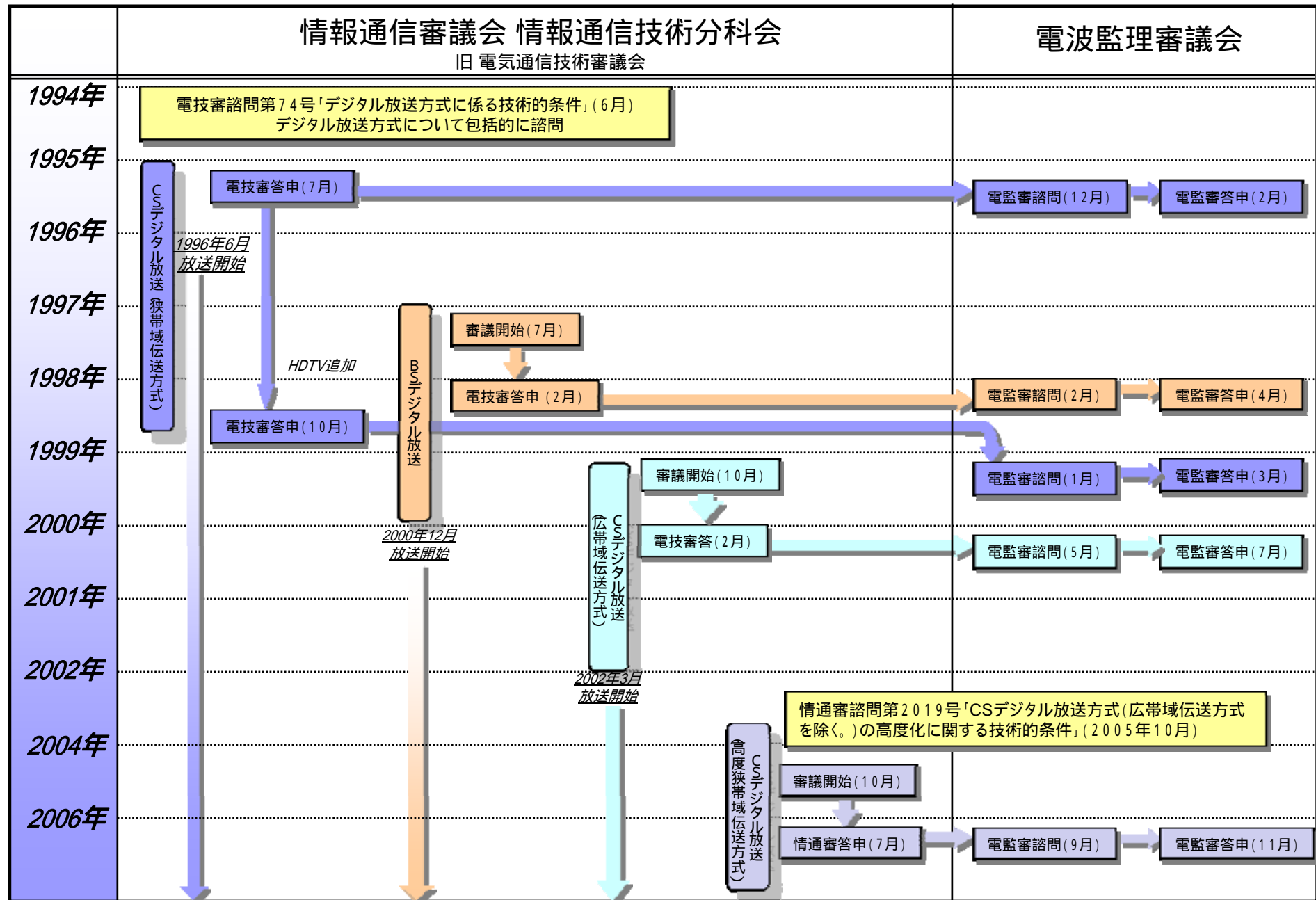
【新たな放送方式の活用】

➤ 平成18年秋から、BSデジタル放送におけるH.264映像符号化方式等の新技術の導入のための技術基準の整備等について検討を開始することが適当。

右提言を踏まえBSデジタル放送の高度化のための技術的条件等について情通審に諮問(H18.9)

1 2009年度中に衛星セーフティネットにて使用予定
2 一部の形態のBS放送受信システムの電波干渉問題あり

1-2. 衛星デジタル放送の技術基準策定経緯



1-3. 衛星デジタル放送の方式比較

		<i>BS</i> デジタル放送	<i>CS</i> デジタル放送 (広帯域伝送方式)	<i>CS</i> デジタル放送 (狭帯域伝送方式)	<i>CS</i> デジタル放送 (高度狭帯域伝送方式)
最大伝送容量 ¹		約52Mbps		約34Mbps	約45Mbps
使用周波数帯		11.7 ~ 12.2 GHz	12.2 ~ 12.75 GHz		
伝送帯域幅		34.5 MHz		27 MHz	
変調方式		BPSK、QPSK、TC8PSK		QPSK	8PSK
誤り訂正方式	内符号	畳込み符号化(符号化率 7/8、5/6、3/4、2/3、1/2)、 ただし、BPSKは1/2、TC8PSKはトレリス符号化2/3			LDPC (符号化率 2/3、3/5)
	外符号	リードソロモン(204、188)			BCH
スクランブル方式		MULTI2			
多重化方式		MPEG-2 Systems			
映像符号化方式		MPEG-2 Video			H.264
音声符号化方式		MPEG-2 Audio AAC ²			

1 正味の情報レート(188バイトTS伝送レート)

2 CSデジタル放送(狭帯域伝送方式)の場合は、MPEG-2 Audio BCも使用可能

1-4. 基本的な考え方と主な検討事項

基本的な考え方

現行BSデジタル放送の技術的条件を踏まえることし、技術的に同一のものとするのが適切な場合については、その内容を準用すること。

将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用するとともに、拡張性を有する方式とすること。

HDTV放送以上の高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。

他のデジタル放送メディアとの整合性を確保するとともに、今後の通信やコンピュータとの融合による新たなサービスにも対応できること。

高度化に関する検討項目

(1) 要求条件の検討

システム 放送品質 技術方式 受信機

(2) 技術的条件の検討

伝送路符号化方式 映像符号化方式 音声符号化方式 多重化方式 限定受信方式
等

1-5.高度衛星デジタル放送の要求条件

	主な要求条件
放送品質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行のデジタルHDTVを考慮した方式であること。さらに、現行のデジタルHDTVを超える高画質サービスも考慮すること。 ・ 多チャンネル音声など高臨場感音声サービスを可能とすること。
システム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放送と通信系や蓄積系のサービスが連携するマルチメディアサービスへのアクセスが容易であること。 ・ 降雨時や故障時のアップリンクや衛星の切り替えなどを自由に行えること。 ・ 放送の要件に応じて伝送方式の選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて多様な受信機制御が可能な方式とすること。 ・ 各委託放送事業者の運用の独立性が確保できること。 ・ 諸外国も容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。 ・ 将来の拡張性を考慮したデータ放送の符号化方式であること。
伝送方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行のデジタルHDTVやこれを超える高画質な放送サービスなどを伝送できるように、できるだけ高い伝送容量を確保できる変調方式であること。 ・ 周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害などを考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。 ・ できるだけ低いC/N時でも安定に受信できる方式であること。 ・ 帯域利用効率が高く、中継器の非線形特性に強い方式を採用すること。 ・ 既存のBSデジタル放送及び広帯域CSデジタル放送の受信アンテナ特性(小口径アンテナを含む)を考慮すること。

1-6. 新方式に導入された主な技術 1 / 2

34.5MHz衛星中継器において30%以上の伝送容量が向上した。(シンボルレート:32.5941Mbaud)
52Mbps 70Mbps (現行と同等のサービス時間率の8PSK 3/4)

伝送路符号化

符号化利得の高い誤り訂正方式であるLDPC符号の導入

...高い符号化利得により8PSKの符号化率を3/4として伝送容量を拡大

...符号長(44880)をMPEG2-TSの整数倍とすることによる伝送効率の向上

シンボルレートの変更

...ロールオフ率0.1の採用により、高シンボルレート化(28.86 32.5941Mbaud)することで伝送容量を拡大

< 伝送制御信号 >

パイロット信号の導入

...非線形増幅による所要C/N劣化の改善

同期バースト信号にTMCC情報をのせることでTMCC制御情報量を増加

...TMCC信号の情報量を増やすことで伝送制御を多機能化

1-6. 新方式に導入された主な技術 2 / 2

H.264等の新技術の導入により、伝送容量の拡大や高品質化、高機能化を実現

多重化

TLV (Type Length Value) 多重化方式の導入

...IPパケットなど種々の可変長パケットを効率的に伝送可能な多重化方式

映像符号化方式

H.264 導入による圧縮率の向上

...従来のMPEG-2に比べて高効率で映像を符号化可能な映像圧縮方式

広色域システムの導入による色彩表現領域の拡大

...三原色信号(RGB)に負値や1を超える値を許容することで、広い色域を表現可能

順次走査HDTV入力フォーマットの追加

音声符号化

2.2chやMPEG-2 AAC+SBR導入による、多様なサービスの実現

他、データ符号化方式について検討を行った。

1-7. 新方式の利用イメージ

BSデジタル放送及びCSデジタル放送(34.5MHz帯域幅を使用するもの)において、多チャンネルHDTV放送を実現

現行方式

34.5MHz衛星中継器 1本に多重可能なHDTVのチャンネル数 : 2ch程度

現行方式(ISDB-S)

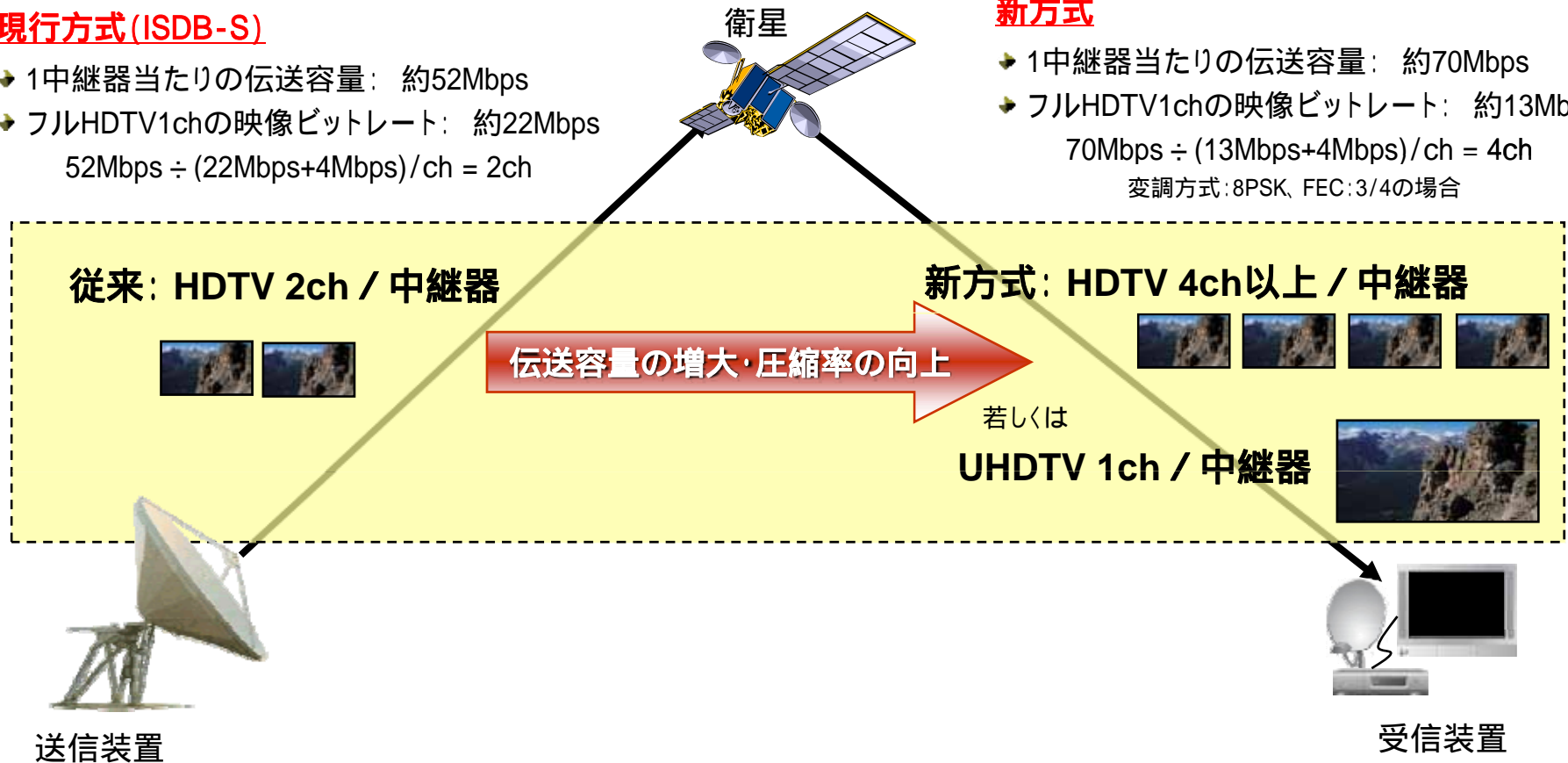
- ➔ 1中継器当たりの伝送容量: 約52Mbps
 - ➔ フルHDTV1chの映像ビットレート: 約22Mbps
- $$52\text{Mbps} \div (22\text{Mbps} + 4\text{Mbps}) / \text{ch} = 2\text{ch}$$

新方式

34.5MHz衛星中継器 1本に多重可能なHDTVのチャンネル数 : 4ch以上

新方式

- ➔ 1中継器当たりの伝送容量: 約70Mbps
 - ➔ フルHDTV1chの映像ビットレート: 約13Mbps
- $$70\text{Mbps} \div (13\text{Mbps} + 4\text{Mbps}) / \text{ch} = 4\text{ch}$$
- 変調方式: 8PSK、FEC: 3/4の場合



2-1. 伝送路符号化

伝送パラメータ

シンボルレート	32.5941 Mbaud
ロールオフ率	0.1

多重化

フレーム構造	<ul style="list-style-type: none"> ・120スロット/フレーム ・MPEG-2 TS長の整数倍のスロット長
--------	--

主信号

変調方式		/2シフトBPSK QPSK 8PSK 16APSK 32APSK
誤り訂正符号	内符号	LDPC符号(符号長44880)
	符号化率 (公称値(真値))	$1/3$ ($41/120$), $2/5$ ($49/120$), $1/2$ ($61/120$), $3/5$ ($73/120$), $2/3$ ($27/40$), $3/4$ ($89/120$), $4/5$ ($97/120$), $5/6$ ($101/120$), $7/8$, $9/10$ ($109/120$)
外符号		BCH (65535, 65343, t=12)短縮符号

今後の周辺技術の進展により適用が可能となる方式

2-2. 伝送路符号化～伝送制御～

TMCC信号

変調方式		/2シフトBPSK
誤り訂正符号	内符号	LDPC(31680, 9614) (LDPC(44880, 22814)の短縮符号)
	外符号	BCH(9614, 9422) (BCH(65535, 65343)の短縮符号)
制御単位		スロット単位の伝送制御
制御情報		<ul style="list-style-type: none"> ・変調方式および符号化率の制御 ・多重データフォーマット制御 (MPEG-2 TS, 可変長パケット) ・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
容量		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

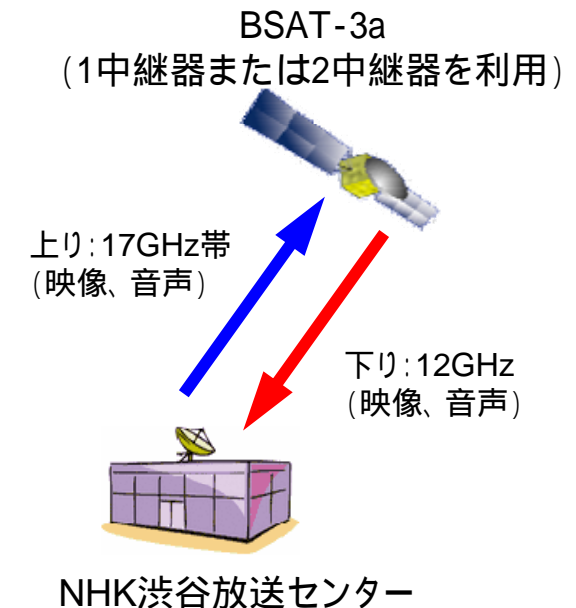
2-3. 実証実験

擬似中継器実験(平成19年11月~12月)

- 伝送路符号化方式のパラメータ決定
 - シンボルレート、ロールオフ率等(C/N vs BER、干渉などの要求条件を満たす)
 - シンボルレート32.5941Mbaud、ロールオフ率0.1

衛星伝送実験(平成20年2月~5月)

- 伝送路符号化方式の性能確認
 - 誤り率特性の検証
 - 所要C/Nの把握
 - 8PSK(3/4): 8.7dB(OBO 0.9dB)
 - 16APSK(3/4): 11.6dB(OBO 1.7dB)
 - 32APSK(4/5): 16.2dB(OBO 2.9dB)
 - HDTV映像・音声伝送の確認
 - 階層化伝送機能の確認



2-4. 擬似中継器実験～シンボルレート・ロールオフ率の決定～


■ 目的

- シンボルレートを高くすることによる伝送容量の増大

■ 制約条件

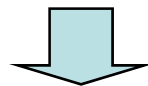
- 占有帯域幅(99%電力帯域幅)は34.5MHz以下(電波法による制約)
- 占有帯域幅は現行の放送方式と同等(現行方式との整合性)
- 放送衛星の出力は現行の衛星と同じ(電力の条件)
- 8PSK(3/4)のサービス時間率は現行方式と同等(最悪月99.7%以上)(サービス条件)
所要C/N 10.7dB以下(TC8PSK)、45cm受信アンテナ
- 32APSKについては、120cmアンテナで最悪月99.5%以上(サービス条件)
- 隣接チャンネル間干渉が小さい

■ 手段

- 誤り訂正符号の符号化利得(電力の条件、サービス条件)
衛星放送方式に適したLDPC符号の開発
- ロールオフ率を小さくすることで占有帯域幅を小さくする(高いシンボルレート)
受信機デジタルフィルタのタップ数の増大などハードウェアの進展
13タップ(ISDB-S開発時の試作機の例)  1000タップ以上可能(現状)

■ 放送事業者のビットレート管理のしやすさという観点からの制約条件

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



ロールオフ率: 0.1
シンボルレート: 32.5941 Mbaud

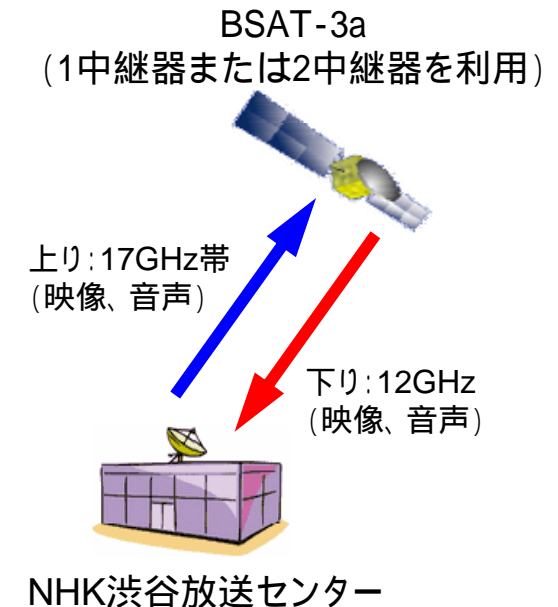
2-5. 衛星伝送実験～映像・音声の伝送による機能検証～

HDTV衛星伝送実験(平成20年4月)

- 8PSK 3/4(約70Mbps)
 - 約17Mbps(HDTV16Mbps、音声0.32Mbps) × 4番組
 - リニアPCM(約7Mbps)についても実施
 - 45cmアンテナで受信

スーパーハイビジョン衛星伝送実験(平成20年5月)

- 32APSKでの1中継器による伝送
 - 32APSK 4/5(約126Mbps)
 - スーパーハイビジョン映像118Mbps、22.2ch音声1.92Mbps
- バルク伝送
 - (8PSK 3/4(約70Mbps)) × 2 中継器
 - 映像・音声のビットレートは32APSK伝送と同じ
- NHK放送技術研究所において受信し、映像・音声を確認
 - 32APSK伝送、バルク伝送ともに120cmおよび45cmアンテナで受信



3-1. 多重化方式 ~リアルタイム型放送サービス~

多重化方式

準拠規格	ITU-T H.222.0 ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems)
PESパケット セクション形式 TSパケット 伝送制御信号 識別子	平成15年総務省令第26号第1章第3号 平成15年総務省告示第37号

伝送制御信号および識別子の追加

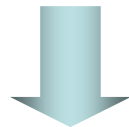
衛星分配記述子	変調方式およびFEC(内符号)の識別領域に 「高度衛星デジタル放送方式」を追加
システム管理記述子	放送の標準方式の種別と割当てに 「高度衛星デジタル放送方式」を追加

3-2. 多重化方式 ~ 蓄積型放送サービス ~

新多重化方式

大容量コンテンツの高速伝送による蓄積型放送サービスを想定

- 視聴者ニーズの高い番組を一斉配信
- 既存デジタル放送の付加サービスではない新たな放送サービス
- ハイビジョンを超える高品質コンテンツの提供を実現
- 広帯域伝送路を効率よく利用可能な方式による高速伝送



サーバー型放送

(タイプ2: データカラムセルによるファイルダウンロード)

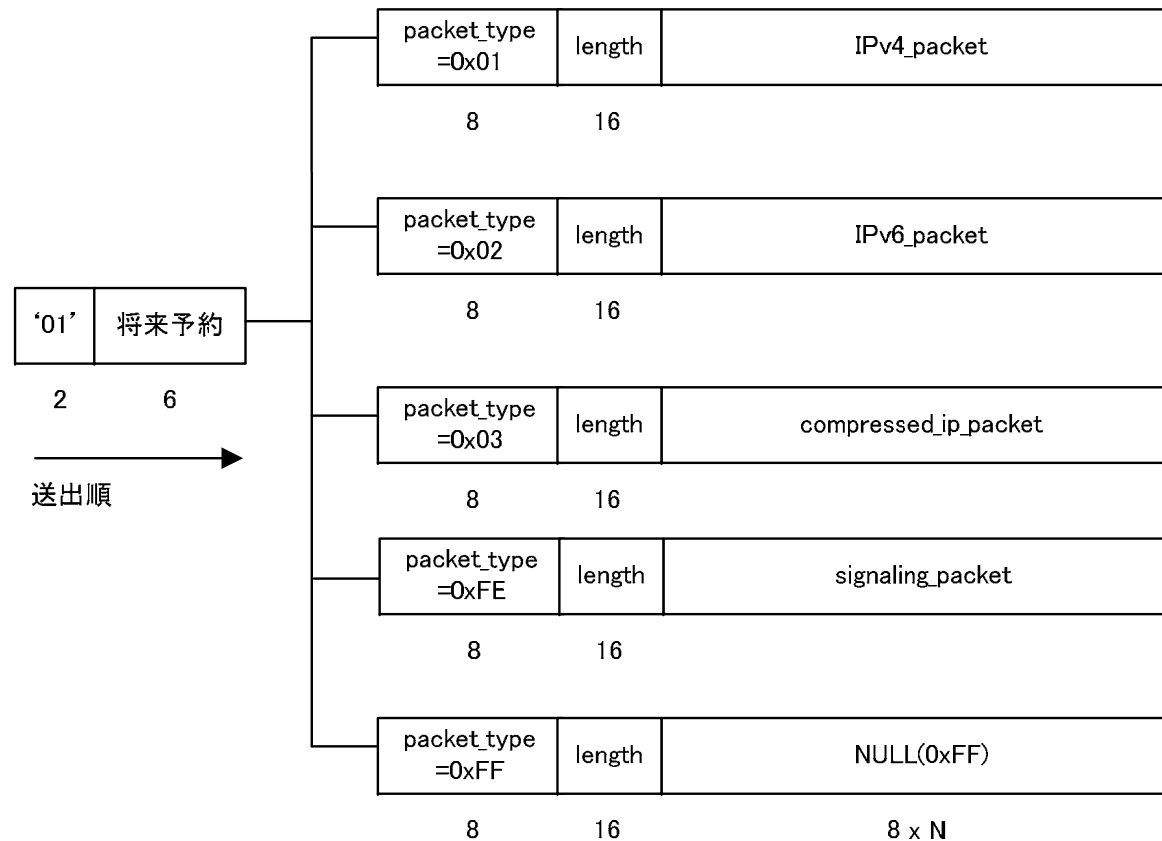
- 最大10Mbit/s程度を前提
- 大容量ファイル伝送の想定なし

要求条件

- さまざまなフォーマットのファイルを伝送可能
- 伝送オーバーヘッドの削減
- 高ビットレート、大容量伝送が可能
- 簡便な処理による受信が可能
- 通信ネットワークを用いたサービスとの整合性

3-3. 多重化方式 ~ TLV (Type Length Value) ~

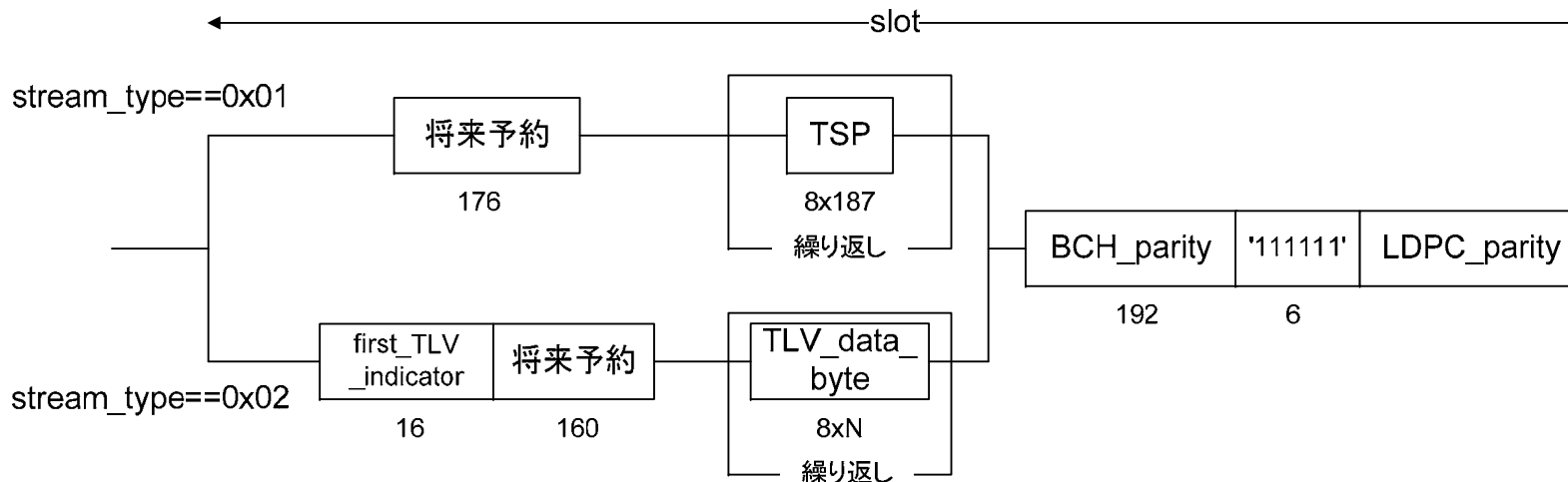
TLVの構成



特徴	可変長で長パケットの伝送による伝送効率の改善
可変長パケットの種別	IPv4パケット、IPv6パケット、ヘッダ圧縮IPパケット、伝送制御信号パケット(TLV-NIT, Address Map Table)、ヌルパケット

3-4. 多重化方式 ~ 衛星伝送路への多重 ~

スロットの構成



プロトコルスタック

リアルタイム型放送サービス		蓄積型放送サービス		
PES	Section	IPパケット	ヘッダ圧縮 IPパケット	伝送制御
MPEG-2 TS		TLV		
スロット				
物理層				

4-1. 映像符号化 ~映像入力フォーマット~

時空間フォーマット

基本	1920x1080/60/I 1920x1080/60/P 3840x2160/60/P
マルチサービス専用	720x483/60/I 720x483/60/P
実験用	7680x4320/60/P

今後のサービス提供上の環境が整うことにより適用可能となるフォーマット

信号方式

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

カラリメトリ

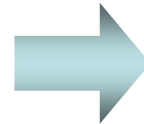
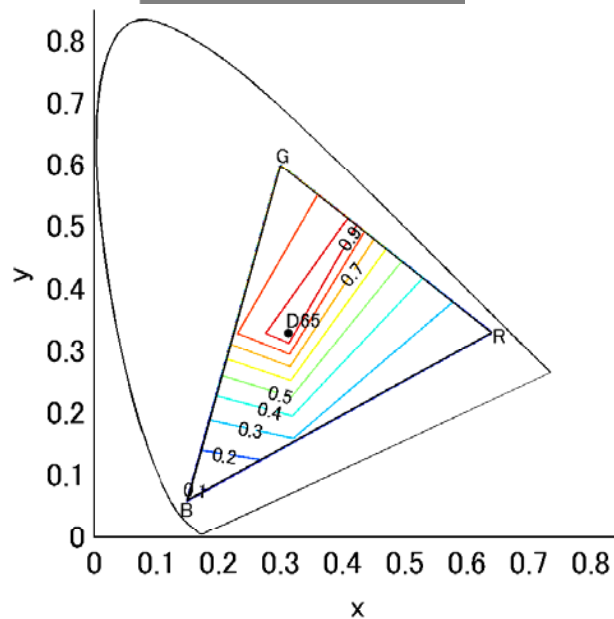
	x	y	(CIE, 1931)
三原色色度点	赤 (R)	0.640	0.330
	緑 (G)	0.300	0.600
	青 (B)	0.150	0.060
基準白色	D_{65}	0.3127	0.3290
光電変換特性	定義式の高精度化、負値/1超のRGBを許容		

4-2. 映像符号化 ~ 広色域システム ~

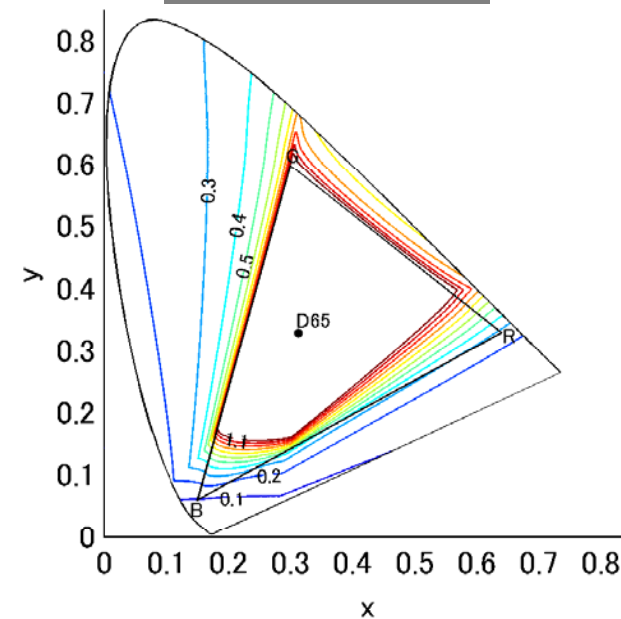
負RGB方式による色域拡大

- 三原色信号 (RGB) に負値や1を超える値を許容することで、広い色域を表現可能。
- 輝度・色差信号 (YCbCr) のダイナミックレンジは現行方式と同じ。
 - 実在する最も彩度の高い表面色の集合 (Pointer Colors) を全て表現可能。
- 広色域ディスプレイでは広色域を、従来ディスプレイでは従来通りの色域を再現可能。
- 国際標準 (ITU-R勧告BT.1361、IEC 61966-2-4(xvYCC))

現行システム



広色域システム



4-3. 映像符号化 ~ 情報源符号化方式 ~

準拠規格

準拠規格	ITU-T H.264 ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 AVC)
------	--

プロファイルとレベル

プロファイル	High 4:2:2 (High, High 10を包含) - 4:2:0または4:2:2 - 8 ~ 10 bits	
レベル	480/60/I	3
	480/60/P	3.1
	1080/60/I	4
	1080/60/P	4.2
	2160/60/P	TBD (H.264 MPEG-4 AVCへの規定追加が必要)
	4320/60/P	

技術動向

- 各映像フォーマット対応コーデックの実現時期の予測
 - 1080/60/P: 2009年頃、2160/60/P: 2011年頃、4320/60/P: 2016年頃

4-4. 映像符号化 ~ 実証実験 ~

広色域システムの特性確認実験

- 信号レベル、互換性(信号、ディスプレイ)、色再現性を確認した。

MPEG-4 AVCの1080/60Iハードウェアコーデックの性能確認実験

- 所要ビットレート13Mbit/s以上の結果を得た。

映像フォーマットと所要ビットレートの確認実験

- マルチフォーマット(1080/60/I, 1080/60/P, 2160/60/P)テスト画像により、映像フォーマット毎の所要ビットレートを確認した。今後、より詳細な検討が望まれる。

1080/60/I	1080/60/P	2160/60/P
13 Mbit/s	17 Mbit/s	60 Mbit/s

クロマフォーマットと画質の確認実験

- 4:2:0、4:2:2、4:4:4の画質差や所要ビットレートへの影響を確認した。

5-1. 音声符号化 ~ 音声入力信号 ~

音声入力信号

最大入力音声チャンネル数	22.2チャンネル
入力サンプリング周波数	48kHz (注)
入力量子化ビット数	16、20、24ビット
音声モード	<u>モノラル</u> 、 <u>ステレオ</u> 、 <u>マルチチャンネルステレオ</u> 0-3/0/0-0.0 (3.0), 0-2/0/1-0.0 (3.0), 0-3/0/1-0.0 (4.0), 0-2/0/2-0.0 (4.0), <u>0-3/0/2-0.0 (5.0)</u> , <u>0-3/0/2-0.1 (5.1)</u> , <u>0-3/0/3-0.1 (6.1)</u> , 2/0/0-2/0/2-0.1 (6.1), <u>0-5/0/2-0.1 (7.1)</u> , <u>0-3/2/2-0.1 (7.1)</u> , <u>2/0/0-3/0/2-0.1 (7.1)</u> , 0/2/0-3/0/2-0.1 (7.1), 2/0/0-3/2/3-0.2 (10.2), <u>3/3/3-5/2/3-3/0/0.2 (22.2)</u> , 2 音声(デュアルモノラル) 下線を引いたモードが推奨音声モード

5-2. 音声符号化 ~ 音声符号化方式 ~

基本サービス用

準拠規格	MPEG-2 AAC LCプロファイル AAC+SBRの使用も可能
符号化制約条件	既存方式に準ずる ただし、最大22.2ch入力に伴う拡張を実施

非圧縮・ロスレス高音質サービス用

準拠規格	・MPEG-4 (ISO/IEC 14496-3) ALS ただし、放送応用に適したサブセット化を実施(検討中) ・リニアPCM音声符号化 SMPTE302Mに準拠したPES伝送方式を用いる
符号化制約条件	・最大音声符号化チャンネル数: 5.1ch

ただし、周波数有効利用等の観点から課題がある。

5-3. 音声符号化 ～ 実証実験 ～

リニアPCM・伝送実証実験

- リニアPCM符号化方式によるMPEG-2システム伝送をハードウェアにより確認した。

ロスレス音声符号化・圧縮性能実証実験

- 方式提案された2方式について、複数の音源・パラメータによる圧縮性能を確認した。

ロスレス音声符号化・TS生成実証実験

- 方式提案された2方式について、MPEG-2 TSを生成し音声の再生ができることを確認した。

6. データ符号化方式

符号化方式

データ符号化・伝送方式	ARIB-J (ARIB STD-B23)
機能拡張	<ul style="list-style-type: none">・アプリケーション蓄積・デジタルビデオレコーダ制御・宅内ネットワークアクセス機能・ユーザインタフェース拡張