

地上放送高度化実験方式について

令和2年5月18日
日本放送協会

1. 背景
2. 地上放送高度化実験方式の基本的な考え方
3. 地上放送高度化実験方式の概要
 - 無線伝送方式
 - 映像方式
 - 音声方式
 - 多重化方式
4. まとめ

- 2018年、新4K8K衛星放送が開始
 - ケーブルテレビ、IPTV、OTTによる4K配信も普及しつつある
- 地デジ(2K放送)の開発・導入以降の大きな技術進展
 - 映像 ハイビジョン(2K) → スーパーハイビジョン(4K8K/HDR)
 - 音響 2ch, 5.1ch → 22.2ch, オブジェクトベース音響
 - 映像符号化 MPEG-2 Video → MPEG-I VVC
 - 音声符号化 MPEG-2 AAC → MPEG-H 3DA
 - トランスポート MPEG-2 TS → IP, MMT, CMAF
 - 無線伝送 64QAM, 畳込 + RS → 1024QAM, LDPC+BCH



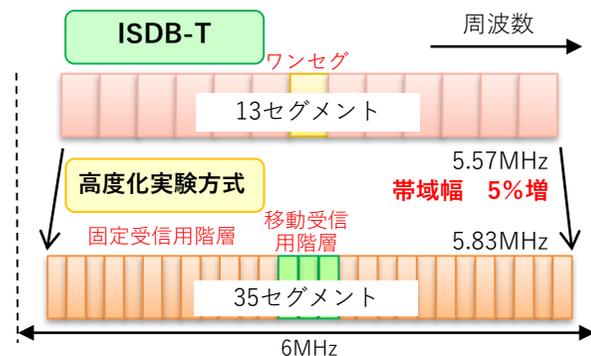
地上放送高度化実験方式

HDTVを超えるサービスやIPを用いた放送と通信が連携したサービスの実現を目指し、国の委託研究や技術試験事務を通じて伝送容量の拡大と伝送耐性の向上に取り組んできた。その結果、4K放送サービスや放送と通信を融合したシステムの技術的な実現の目途が立った。

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	<p>要素技術の研究開発</p> <p>研究開発 (補正予算) 次世代放送基盤技術 研究開発 (委託研究) 超高精細度衛星・地上放送の周波数利用技術 人吉実験試験局</p>								
				<p>伝送方式の研究開発</p> <p>研究開発 (委託研究) 地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発 東京、名古屋実験試験局</p>					
							<p>実用に向けた技術の実証</p> <p>技術試験事務 新たな放送サービスの実現に向けた調査検討 東京、名古屋、大阪、福岡実験試験局</p>		

■ 伝送容量の拡大と伝送耐性の向上

- 多値変調と帯域幅の拡張により、伝送容量を増加
- 誤り訂正にLDPC符号を採用し、所要CN比を減少
- 階層伝送やSFN等、ISDB-Tの機能も継承



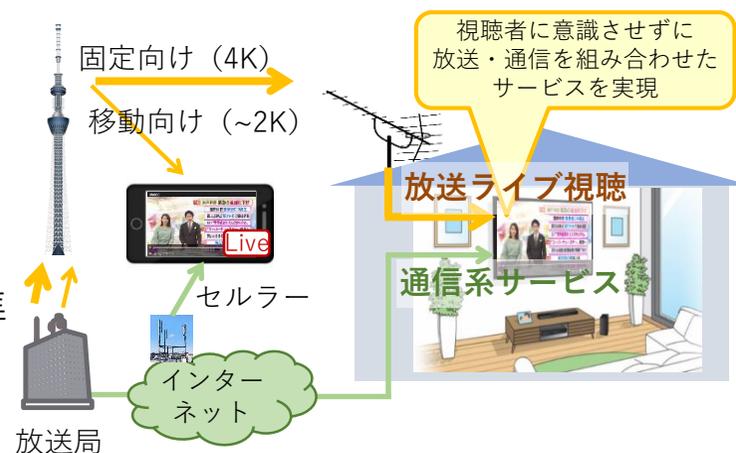
■ 4K放送サービスの実現

- 最新の映像符号化により映像圧縮効率をアップ
- 最新の音声符号化で好みの環境に応じた再生を実現



■ MMTベースのトランスポートの高度化による放送と通信の融合

- IPを用いることにより、放送と通信との高い親和性を実現
- インターネットと共通の最新技術（CMAFやW3C標準技術）を導入し、本格的な放送通信の融合を目指す



項目		地上放送高度化実験方式				
①	無線 伝送 方式	伝送帯域幅	5.83MHz			
		変調方式	QPSK, 16QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (16QAM以上はNUC)			
		伝送レート	30.9(1.2~54.1)Mbps / 61.9(2.5~108.3)Mbps			
		階層	最大3			
		誤り訂正方式	内符号	LDPC		
		外符号	BCH			
②-1	映像 方式	映像 信号	映像入力フォーマット	1080p	2160p, 4320p	
			色域	ITU-R BT.2100 (広色域) ITU-R BT. 709	ITU-R BT.2020 (広色域)	
			輝度 (ダイナミックレンジ)	ITU-R BT.2100 (HDR) ITU-R BT. 709 (SDR)	ITU-R BT.2100 (HDR) ITU-R BT.2020 (SDR)	
		映像符号化方式	VVC			
②-2	音声 方式	音声 信号	最大入力音声チャンネル数	最大22.2ch + 複数オブジェクト		
			入力サンプリング周波数	48kHz		
			入力量子化ビット数	16bit以上		
		音声符号化方式	MPEG-H 3DA			
③	多重化方式		MMT / TLV			

ISDB-Tの特長を継承しつつ次世代地上放送方式にふさわしい機能と性能を有する

■ 帯域幅、階層数

- 信号帯域幅を5%拡大、FFTポイント数の拡大（GI比縮小化）など、信号構造の見直しにより伝送容量を増加
- セグメント数を35とし、階層間の帯域割当の柔軟性向上
- 中央9セグメントを「部分受信帯域」として、そのうち部分受信階層には0～9セグメント割当

■ 誤り訂正

- 内符号に優れた誤り訂正の能力を有する符号長69120bitのLDPC符号で符号化率を2/16～14/16の13通り用意

■ 変調方式

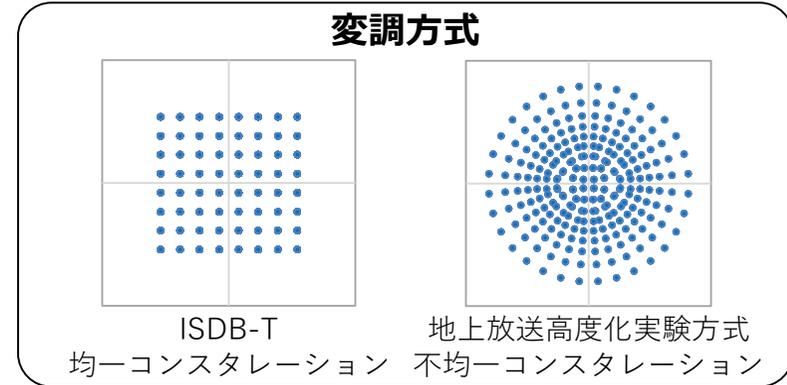
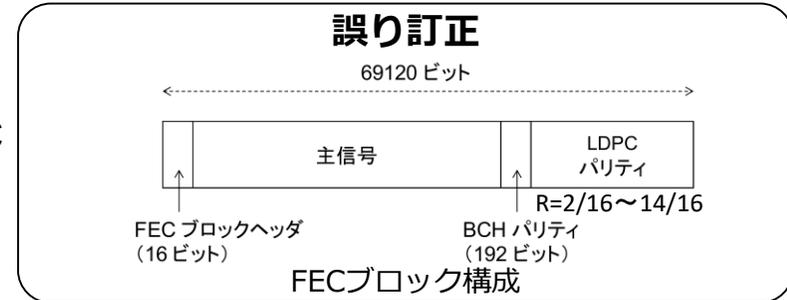
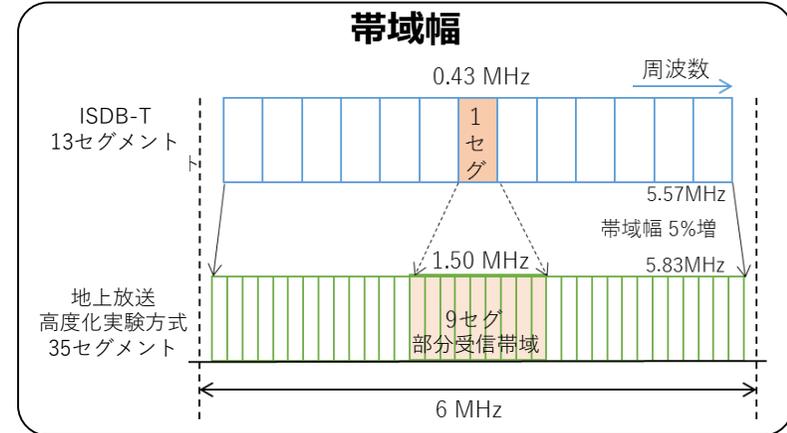
- QPSKから4096QAMまで6通り、16QAMから4096QAMまではNUCを符号化率ごとに用意し、伝送容量拡大に対応

■ 移動受信

- 部分受信階層に強い変調方式（少ない変調多値数と低い符号化率）を適用し、高耐性の移動受信用階層を実現
- 現在のワンセグ画質を大きく超える画質の提供が可能

■ ビットレート

- 誤り訂正符号化率と変調方式の組み合わせにより約1.2～54.1Mbps
(所要CN比=20.2dBにおいて30.9Mbps)



① 無線伝送方式：伝送パラメータの例

地上放送高度化実験方式による伝送容量の増加例（代表的なパラメータ）
地デジと同等のエリアを確保しつつ、伝送容量が**約1.7倍**程度改善

ISDB-T方式

変調方式：均一コンスタレーション (64QAM)
誤り訂正符号：畳み込み符号(3/4) RS符号

FFT : 8k
GI比 : 1/8 (126μs)

帯域幅 : 5.57MHz

パイロット挿入比率固定 (1/12)

システム：SISO

1.44倍

1.07倍

1.05倍

1.04倍

地上放送高度化実験方式

変調方式：不均一コンスタレーション (NUC 256QAM)
誤り訂正符号：LDPC符号(12/16) BCH符号

FFT : 16k
GI比 : 800/16384 ÷ 1/21 (126μs)

帯域幅 : 5.83MHz

パイロット挿入比率可変 (1/24)

システム：SISO

伝送容量：18.2Mbps
(帯域全体、13セグメントすべてを使用し、
所要CN比20.1dBにおいて)

トータルで
約1.7倍

伝送容量： 30.9Mbps
(帯域全体、35セグメントすべてを使用し、
所要CN比20.2dBにおいて)

※帯域の割り当ての例はp.8に示す

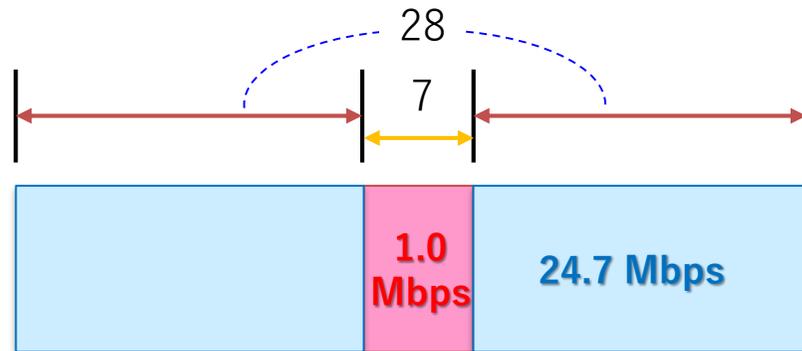
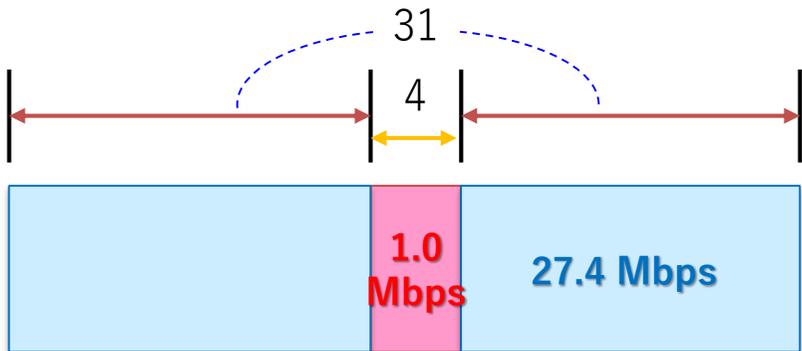
① 無線伝送方式：帯域の割り当ての例

現行地デジとほぼ同等の所要CN比
(移動受信、固定受信)

所要CN比を低減 (移動受信)
現行地デジとほぼ同等の所要CN比 (固定受信)

階層	A/B 階層セグメント数 (合計で35)	
A階層 移動受信 2 K放送	変調方式	16QAM NUC
	符号化率	7/16
	所要CN比	6.0 dB
	伝送容量	1.0 Mbps
B階層 固定受信 4 K放送	変調方式	256QAM NUC
	符号化率	12/16
	所要CN比	20.2 dB
	伝送容量	27.4 Mbps

階層	A/B 階層セグメント数 (合計で35)	
A階層 移動受信 2 K放送	変調方式	QPSK
	符号化率	8/16
	所要CN比	1.9 dB
	伝送容量	1.0 Mbps
B階層 固定受信 4 K放送	変調方式	256QAM NUC
	符号化率	12/16
	所要CN比	20.2 dB
	伝送容量	24.7 Mbps

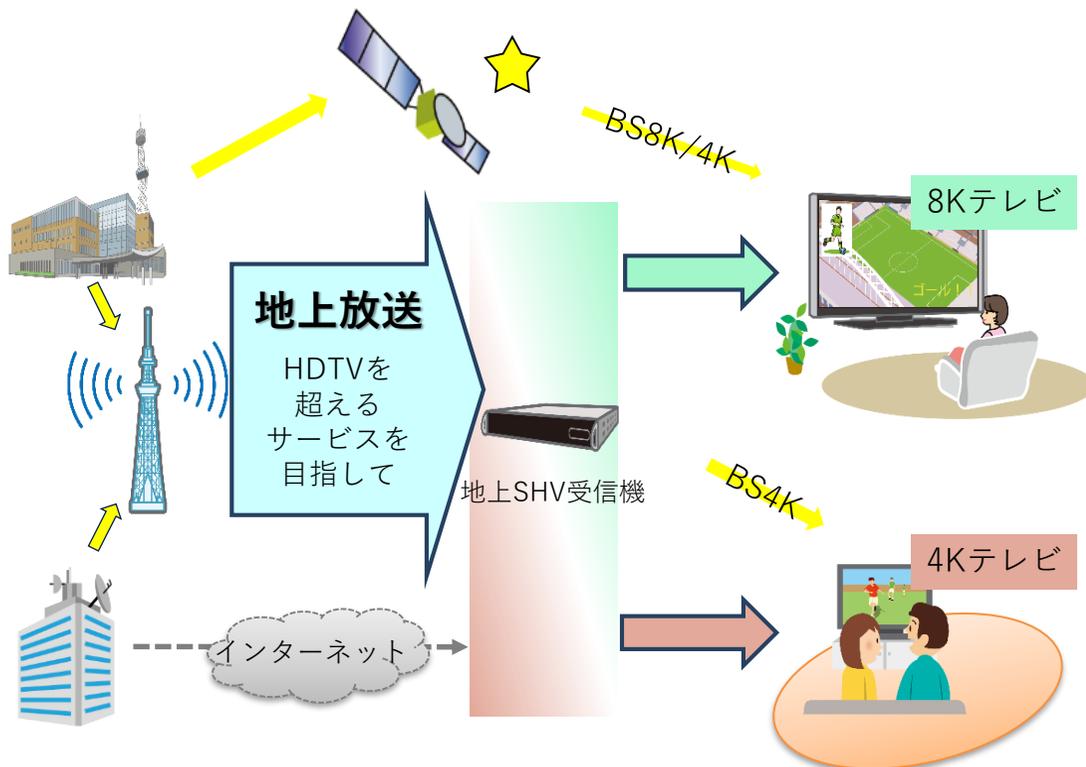


②-1 映像方式：4K放送サービスの実現

- コンテンツと表示デバイスの進展
 - 新4K8K衛星放送が開始され、4K/8Kコンテンツの制作体制が整いつつある
 - 4K/8Kテレビが市場に登場し、さらなる普及が予想される

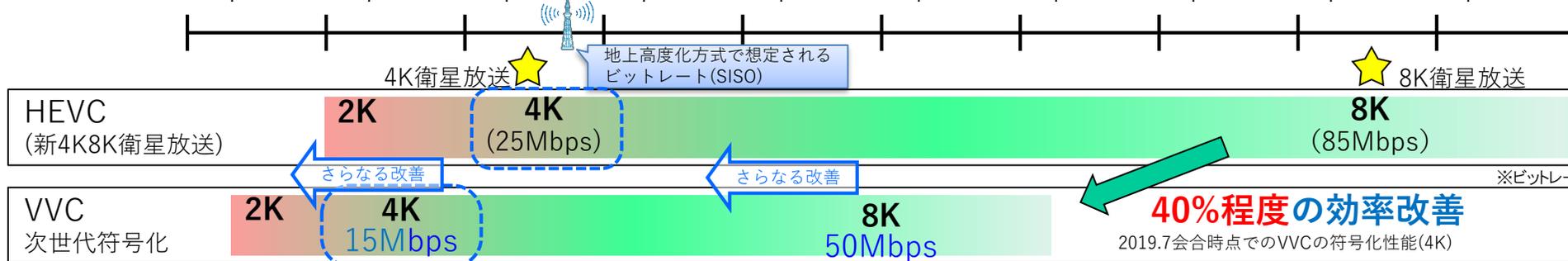
- 映像符号化技術の進展
 - 最新の映像符号化方式VVCにより、HEVC比40%程度の効率改善
 - 画質劣化を抑制する手法*の導入
 - より滑らかな動きを表現可能な120Hz映像に対応 *符号化前処理技術など

4K放送サービスが可能



■ 映像符号化方式の進展と所要ビットレート想定

0 Mbps 10 Mbps 20 Mbps 30 Mbps 40 Mbps 50 Mbps 60 Mbps 70 Mbps 80 Mbps 90 Mbps 100 Mbps



※リアルタイムエンコードを想定

■ 最新の音声符号化方式（MPEG-H 3D Audio）を導入

- 従来のMPEG-4 AACに比べて高い圧縮効率（約50%※）を実現
- 従来のチャンネルベース音響だけでなく、オブジェクトベース音響も伝送可能
 - オブジェクトベース音響では、放送局は音の素材と音響メタデータを放送し、家庭では視聴環境（音響システム）に応じて音声信号を再生する
 - 視聴者は、自分の好みや視聴環境に合わせてダイアログを差し替えたり、ダイアログの音量を調整したりすることが可能

※ LCプロファイル、22.2chの場合

放送局



家庭



オブジェクトベース音響のシステム構成

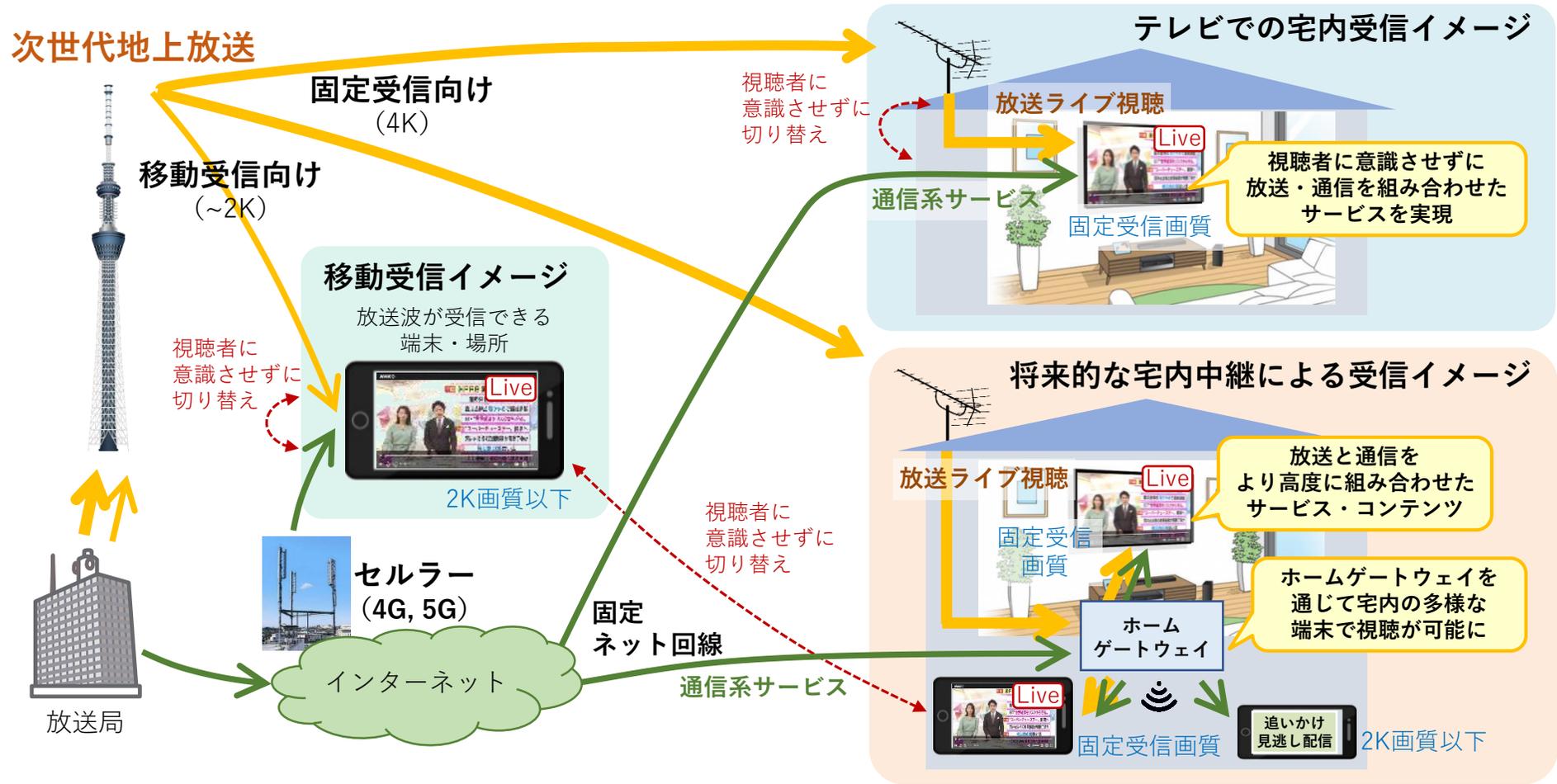


背景音とコメントのレベルバランスの調整

③ 多重化方式：MMTベースのトランスポートの高度化による放送・通信の融合

■ インターネットと共通の最新技術（CMAFやW3C標準技術）を導入

- 従来通り放送波をテレビで受信する場合も、放送コンテンツと通信コンテンツのよりシームレスな連携を可能とし、ターゲットスポットなど新たなサービスを実現
- 将来的に、宅内でいったん放送波やネット回線の信号を受信し、スマートフォンやタブレットを含む多様な視聴端末に中継するモデル（ホームゲートウェイ）も考慮



項目	主な要求条件（抜粋） 「次世代地上デジタルテレビジョン方式に関する技術の提案募集」別紙2より	地上放送高度化実験方式の対応状況
システム	<ul style="list-style-type: none"> ・HDTVを超える高画質・高音質・高臨場感サービスを基本として、多様な画質サービス等を可能とすること ・高齢者、障害者等様々な視聴者向けの放送サービスについても考慮すること ・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を考慮すること ・受信設備（受信アンテナから受信機入力まで）は、可能な限り既存の設備を流用すること 	<ul style="list-style-type: none"> ・VVC、MPEG-H 3D Audioにより、4K画質や高音質、オブジェクトベース音響にも対応 ・CMAF導入等のMMTベースのトランスポート高度化で様々なサービスを実現 <ul style="list-style-type: none"> －放送コンテンツと通信コンテンツを組み合わせたターゲットスポットなど、視聴者が伝送路を意識しない多様で柔軟なサービスに対応 －放送復調機能と通信機能を持つホームゲートウェイでスマホ・タブレットを含む多様な端末で視聴可能 －高齢者、障害者に配慮したサービスにも対応 ・Low Latency Channelによる緊急情報等の低遅延伝送、対象受信機の起動制御に対応 ・現行地デジと同じ周波数帯、チャンネル間隔に対応
放送品質	<ul style="list-style-type: none"> ・放送サービスに応じて映像や音声のフォーマットやビットレートを変更できること ・UHDTV（HDR映像）サービスが望まれることを考慮し、できるだけ高い画質・音質を保つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV（高解像度、広色域、HDR等）に対応するとともに、現行映像フォーマットとの互換性を確保 ・VVC、MPEG-H 3D Audioにより、4K画質や高音質、オブジェクトベース音響にも対応
技術方式	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTVを考慮した映像・音声入力フォーマット及び高効率かつ高画質・高音質な符号化方式であること ・国際標準と整合した方式を用いること ・UHDTV等の高ビットレートサービスの伝送に適した方式であること ・周波数有効利用及びUHDTVを含む多様な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 ・全国放送／ローカル放送の切り替えが容易なことなど局間ネットワークの運用性を考慮すること 	<ul style="list-style-type: none"> ・VVC、MPEG-H 3D Audio等により高画質・高音質なサービスに対応 ・VVC、MPEG-H 3D Audio、MMT、CMAFなどの国際標準、W3Cなどの業界標準を採用 ・多値変調、帯域幅の拡張により伝送容量を増加 ・LDPC符号による所要CN比を減少 ・MMT/TLV/XMI*の導入により同期運用、局間ネットワーク運用に対応 <p>*XMI：SFNによる局間同期を実現するためのMMTの拡張信号形式</p>

地上放送高度化実験方式

- 2013年より、国の委託研究、技術試験事務を通じて開発を推進
- 基本的な考え方
 - 伝送容量の拡大と伝送耐性の向上
 - 多値変調、LDPC、ISDB-Tの機能継承・高度化
 - 4K放送サービスの実現
 - VVC、MPEG-H 3D Audio等の導入
 - MMTベースのトランスポートの高度化による放送と通信の融合
 - IP利用、放送・通信融合に向けた技術開発

今後の課題・展開

- 受信機開発、STL/TTL*、コンテンツ保護 など
- 総務省の委員会、技術試験事務等を利用して検討

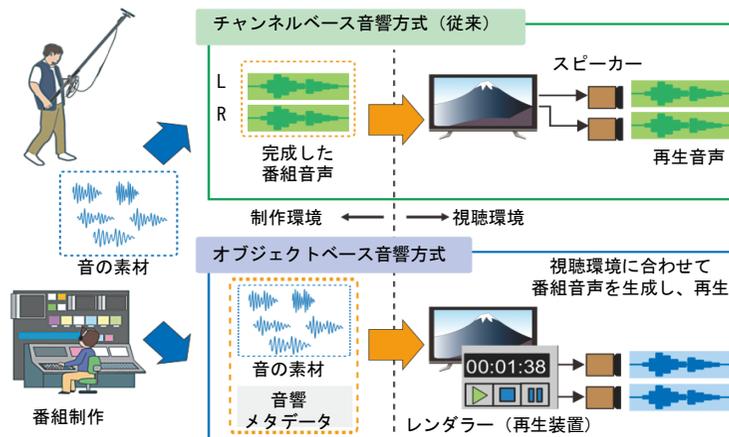
* STL(Studio to Transmitter Link) : 放送番組を演奏所(スタジオ)から送信所へ送るための回線
TTL(Transmitter to Transmitter Link) : 放送番組を送信所から送信所に送るための回線

參考資料

■ チャンネルベース音響とオブジェクトベース音響

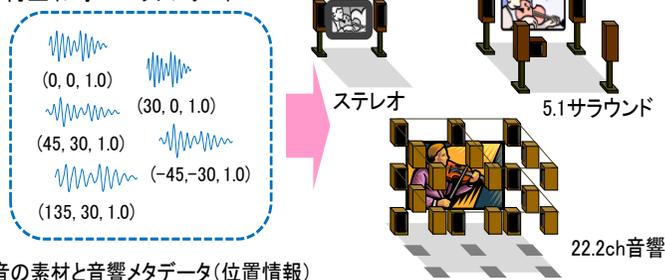
チャンネルベース音響(現在の放送) :
完成した番組の音声信号を放送

オブジェクトベース音響 :
音の素材と音響メタデータを放送し、
テレビ受信機で各家庭の音響システムに
合わせて音声信号を再生

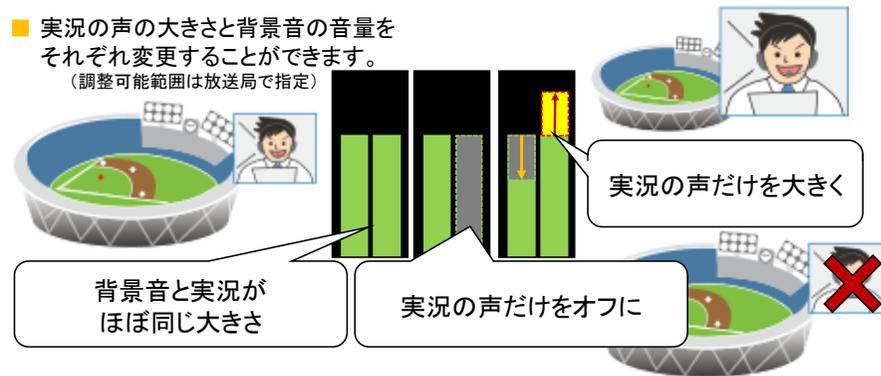


■ 視聴者の環境に合わせたフォーマットフリー再生、好みに合わせたカスタマイズ

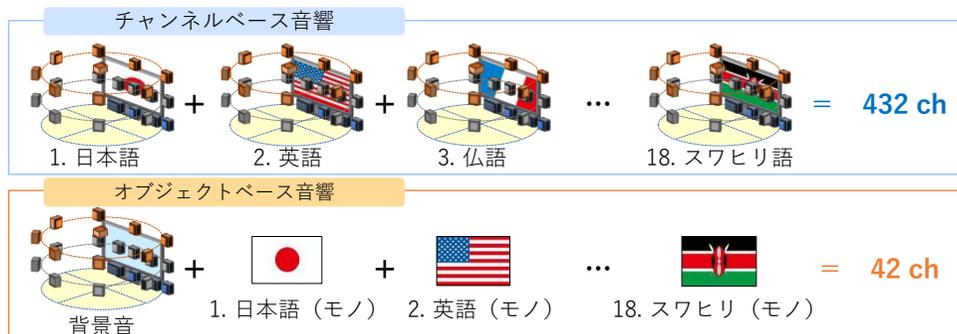
■ 音の素材から任意のスピーカー位置に合わせて音声信号を生成し、再生(フォーマットフリー)



■ 実況の声の大きさと背景音の音量をそれぞれ変更することができます。(調整可能範囲は放送局で指定)



■ 効率的な音声サービス



多言語の音声素材(モノ音声)として送り、受信側で差し替えることが可能

	現行地デジ	地上放送高度化方式
<p>放送・通信間の遷移</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 放送と通信の伝送フォーマットや再生プレーヤが異なるため、切り替ショックが発生する 放送とネットでの放送型配信等を共通のインタフェースで選局できない 	<ul style="list-style-type: none"> 放送と通信の伝送フォーマットと再生プレーヤの共通化により、シームレスな遷移が可能 放送とネットでの放送型配信等を統合した共通のインタフェースで選局可能
<p>コンテンツ差し替え (個別の広告差し替え等)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 放送の一部を通信動画に差し替える場合、切り替えショックが発生する 通信動画の一部の他の通信動画に差し替える場合は、シームレスな差し替えが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 放送、通信共通の方法で、シームレスな差し替えが可能 現在のPC・スマホ向けサービスで利用されている広告挿入の仕組み (アドサーバ) を放送にもそのまま利用可能
<p>放送と通信の同期提示 (マルチアング/AR等)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 放送と通信でタイムスタンプフォーマットが異なるため、同期化のための仕組みを別途用意する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 放送と通信でタイムスタンプフォーマットが共通であり、タイムスタンプの共通化、もしくはアプリ内のオフセット調整の仕組みにより同期化が可能
<p>通信補完による放送の高品質化 (60Pの120P化等)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 不可 	<ul style="list-style-type: none"> MMTの機能により対応可能
<p>受信機の構成</p> 	<ul style="list-style-type: none"> アプリ実行環境は、受信機仕様に特化した専用Webブラウザとする必要がある アプリ実行環境とチューナは一体 スマホ等のデバイスで放送を視聴するには、チューナを搭載する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> アプリ実行環境として標準Webブラウザを利用可能 チューナーをホームゲートウェイとして分離することで、複数のアプリ (端末) からアクセス可能
<p>PCやスマホ等とのアプリの共通化</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 不可。放送の再生・提示には、放送用プレーヤを独自プログラムとして組み込む必要がある 端末や伝送路に合わせて別アプリを使用 	<ul style="list-style-type: none"> 可能。放送・通信の再生・提示機能をWeb標準技術のみで構築可能 共通アプリで放送と通信を意識せずに選択・切り替え可能

【参考】 「地上デジタルテレビジョン方式の高度化の要求条件」 への対応状況 (1)

○ システム

項目		地上放送高度化実験方式の対応状況
インターオペラビリティ		・ MMT導入による他メディアや通信との互換性を確保、SDR-HDR間の互換性を確保
サービス	高機能化／多様化	<ul style="list-style-type: none"> ・ VVC、MPEG-H 3D Audio等により4Kの画質・高音質・多様なサービスに対応 ・ MMTベースのトランスポートの高度化により多様で柔軟な高機能サービスを実現 <ul style="list-style-type: none"> － 放送復調機能と通信機能を持つホームゲートウェイでスマホ・タブレットを含む多様な端末で視聴可能 － 放送コンテンツと通信コンテンツを組み合わせたターゲットスポットなど、視聴者が伝送路を意識しない多様で柔軟なサービスに対応 － 高齢者、障害者に配慮したサービスにも対応 ・ 階層伝送機能を備え、品質の異なる複数サービスの提供に対応 ・ Low Latency Channel(LLch)による緊急情報等の低遅延伝送機能に対応
	拡張性	・ 制御信号フォーマットの拡張機能等を持つことで対応予定
	ユーザビリティ・Quality of Experience	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行地デジと同等のチャンネル切替時間を実現 ・ MMTベースのトランスポートの高度化により伝送路を意識させないサービスの実現
実時間性		・ 現行地デジと同等の遅延量を実現、LLchによる緊急情報等の低遅延伝送機能に対応
受信の形態		・ セグメント構造による階層伝送により固定受信、移動受信に対応
放送区域		・ 現行地デジと同等のエリアを確保しながら伝送容量の増加を実現
周波数の有効利用		・ SFNに対応、リパック時の自動チャンネルスキャン機能に対応予定
システム制御		・ 映像・音声・データ符号化パラメータ、伝送パラメータ変更に従従する機能に対応
著作権保護、個人情報保護		・ 今後の業界関係者の議論に委ね、必要な対応を予定
国際展開		・ 諸外国も容易に導入できるように複数の帯域幅（6,7,8MHz）の選択肢に対応予定
サイバーセキュリティ		・ 今後の業界関係者の議論に委ね、必要な対応を予定

【参考】 「地上デジタルテレビジョン方式の高度化の要求条件」 への対応状況 (2)

○ 技術方式

項目		地上放送高度化実験方式の対応状況
映像入力フォーマット及び符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準 VVCの導入により高効率・高画質な符号化が可能 ・UHDTV（広色域、HDR等）に対応、現行映像フォーマットとの互換性を確保
音声フォーマット及び符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準 MPEG-H 3D Audioの導入により高効率・高音質な符号化が可能 ・チャンネルベース音響に加えオブジェクトベース音響により多様なサービスを実現
データ符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・MMTの導入により将来拡張や放送通信連携に対応
多重化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・MMTベースのトランスポートの高度化により、シームレスな放送通信連携サービス等に対応 ・XMIにより、同期再生の安定性、局間ネットワークの運用性を考慮
コンテンツ保護		<ul style="list-style-type: none"> ・今後の業界関係者の議論に委ね、必要な対応を予定
伝送路符号化方式	使用周波数／チャンネル間隔	<ul style="list-style-type: none"> ・現行地デジと同じ周波数帯、チャンネル間隔に対応
	伝送帯域幅／干渉・混信妨害	<ul style="list-style-type: none"> ・他サービスとの与干渉・被干渉妨害を考慮した、6MHz以内の帯域幅に対応 ・現行地デジと同等の与干渉、被干渉等の電波監理に係る条件に対応
	伝送方式（変調・誤り訂正方式を含む）	<ul style="list-style-type: none"> ・多値変調による伝送容量の増加、LDPC符号による所要CN比の減少を実現 ・変調方式6種、符号化率13種類を備え、サービス要求に応じた誤り耐性に対応 ・階層伝送やSFN等に対応 ・将来の伝送帯域幅拡大、チャンネルボンディングには、今後の対応を予定
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> ・多値変調により固定受信でのUHDTV伝送に対応 ・階層伝送により放送サービス品質にあわせた複数の伝送容量の選択が可能 ・帯域幅、OFDMシンボル長の拡張により伝送容量増加を実現
	伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> ・現行地デジの回線設計を継承し放送サービスエリアでの所要ビット誤り率を確保