

「放送システムに関する技術的条件」の 検討状況について (第三次検討状況報告)

令和4年6月21日

情報通信技術分科会
放送システム委員会

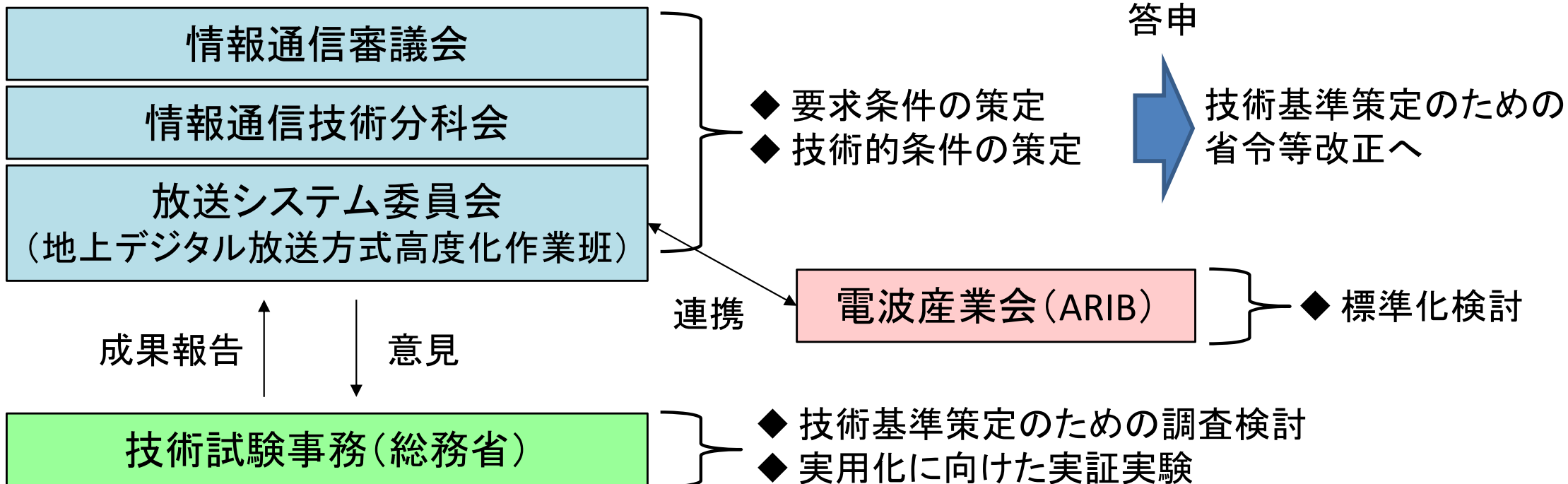
1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

検討状況等

- 総務省では、地上デジタルテレビジョン放送方式の高度化に関する技術的条件を検討するため、令和元年6月に情報通信審議会に諮問し、同年7月に、情報通信技術分科会 放送システム委員会において、放送システムに関する技術的条件の検討を開始。
- 電波産業会 (ARIB) や総務省の技術試験事務「放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討」と連携。
- これまで、映像符号化方式の最新動向の調査、高度化の要求条件等の取りまとめ、映像・音声符号化方式の比較評価、伝送方式の高度化に関する調査検討等を実施。

体制



基本的な考え方

- ①地上デジタルテレビジョン放送方式、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及び超高精細度テレビジョン放送システム等の高画質化に係る技術的条件を踏まえることとし、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、その内容を準用すること。
 - ②将来の技術動向等を考慮し、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。
 - ③超高精細度テレビジョン放送の高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
 - ④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、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。
- なお、地上デジタルテレビジョン放送方式の高度化にあたっては、その導入方策の在り方について、過度な負担が生じないよう、慎重に検討することが必要である。

主な要求条件（抜粋）

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、多様な画質の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について考慮すること。 ・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。 等
放送品質	<ul style="list-style-type: none"> ・放送サービスに応じて映像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を保つこと。 ・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、できるだけ高い音質を保つこと。 等
技術方式	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV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。 ・国際標準と整合した方式を用いること。 ・多チャンネル音声放送をはじめとした、さまざまなサービス要件に柔軟に対応できる符号化方式であること。 ・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。 ・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。 ・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。 等

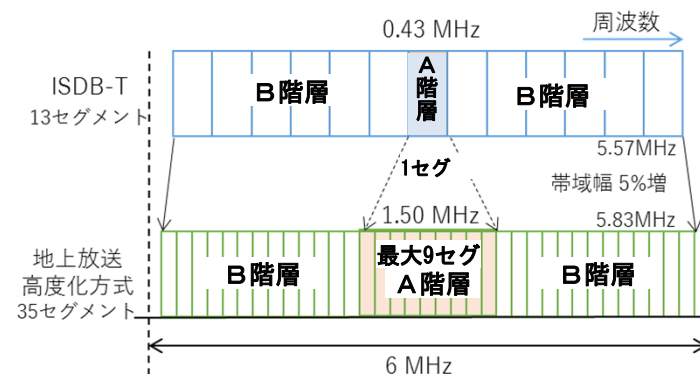
検討対象の放送方式について

- 新たなチャンネルを確保できた場合に高度化放送を行う地上放送高度化方式(1方式)と、既存の2K放送と同一チャンネルで高度化放送を行う高度化放送導入方式(2方式)を調査検討。

新たなチャンネルを確保できた場合に高度化放送を実施する方式

① 地上放送高度化方式

変調方式の改善や、ガードバンドの削減により利用可能な帯域幅を増加させる等により、伝送容量を約1.7倍に向上。

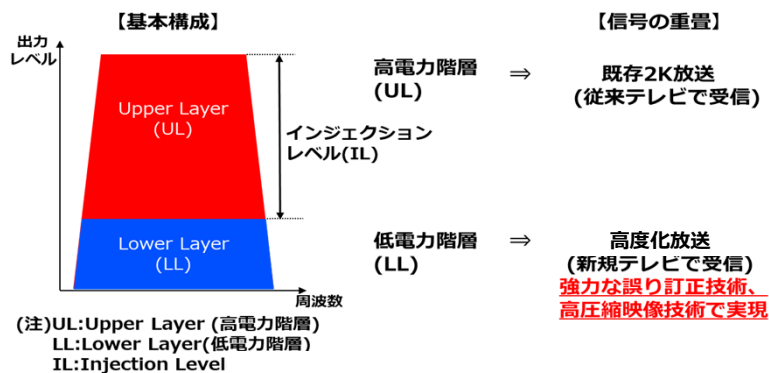


既存の2K放送と同一チャンネルで高度化放送を実施する方式

② 階層分割多重(LDM)方式

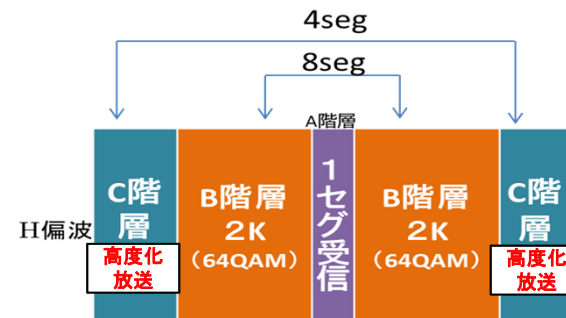
(高度化放送導入方式)

同一チャンネルにレベル差のある地デジと高度化放送の信号を重ねて送信し、受信側で各々を取り出す方式。



③ 3階層セグメント分割方式

ISDB-Tの13セグメントを分割して、地デジと高度化放送を送信する方式。



これまでの調査状況

項目	主な調査内容	第一次 状況報告 (R2.5)	第二次 状況報告 (R3.3)	第三次 状況報告 (R4.4)	委員会 報告 (R5予定)
		▼	▼	▼	▼
映像符号化	最新方式等の規格動向調査	→			
	圧縮性能等の調査	→	→		
	主観評価実験による所要ビットレートの調査			→★	
	リアルタイム処理等の実装上の課題についての調査				→
	技術的条件の調査				→
音声符号化	最新方式等の規格動向調査	→	→		
	主観評価実験による所要ビットレートの調査及び比較検討			→★	
	リアルタイム処理等の実装上の課題についての調査				→
	技術的条件の調査				→
コンテンツ保護	国内外動向の規格動向調査	→	→		
	最適なスクランブル方式やそれに対応した鍵保護方式等の調査				→
	技術的条件の調査				→
多重化	パケット構造・パラメータの検討(時刻同期手法の検討、低遅延性の評価)				→
	放送・通信コンテンツ連携送出配信/受信システムの検討				→
	技術的条件の調査				→
伝送路符号化	最適な伝送パラメータ選定のためのシミュレーション・室内実験・フィールド調査			→★	→
	SFN(Single Frequency Network)が構築できることの確認	→	→	→★	→
	3方式について要求条件との適合性を検証			→★	
	技術的条件の調査				→
他システムとの影響	既存受信機(固定受信機・レコーダ・車載受信機)に対する影響を調査	→	→	→★	→
	高度化方式と他システム(地デジ含む)との混信保護比の調査	→	→	→★	→
	技術的条件の調査(共用条件)				→

1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

(1)映像符号化方式の性能調査

- これまでの調査で、映像符号化方式としては、圧縮性能が高く周波数利用効率の高いVVCに優位性が認められたことから、VVCについて主観画質評価実験を実施。
- 評価実験の結果、所要ビットレートとして、2Kは7Mbps、4Kは30Mbpsとされた。4Kについては、画質改善手法を適用することにより、放送品質を満たすビットレートとしては、15Mbpsが目安とされた。

【主観画質評価実験】

- ITE標準動画像の中から幅広い符号化難易度の動画像を選定し、主観画質評価実験を実施。
- 4Kについては、画質改善手法を適用した実験を追加的に実施。

【2K 所要ビットレート】

- 所要ビットレートは7Mbps
対HEVCで30%以上ビットレートが改善。
- 今後、更なる符号化制御チューニング等により、5Mbpsで放送品質を満足する可能性が高い。

【4K 所要ビットレート】

- 所要ビットレートは30Mbps (HEVCは、30~40Mbps)。主観評価値の線形補間により、22Mbpsと推定される。
- 評価映像の符号化難易度が、結果的に高かったことが所要ビットレートに影響している。
- 符号化制御チューニングにより、主観画質の向上(ビットレートの削減)が確認できた。特に符号化難易度が高い映像を低ビットレートで符号化する場合に、高い効果が見込まれる。
- 画質改善手法を適用することにより、放送品質を満たすビットレートとしては、15Mbpsが目安とされた。

【適用メディア】

- VVCは高い圧縮性能を有しており、地上放送だけでなく衛星放送等でも広く共通的に使用されることが望ましい。

(2) 音声符号化方式の性能調査

- 最新の音声符号化方式を含む4方式(MPEG-4 AAC、MPEG-H 3D Audio、Enhanced AC-3、AC-4)について、圧縮性能や機能を調査するため、2種類の主観評価実験を実施。
- 所要ビットレートにおいて、MPEG-H 3DAとAC-4の2つの方式が他より良い結果となった。
- ただし、MPEG-H 3DAとAC-4の間においては、所要ビットレート及びレンダリング技術に関して有意な差は認められなかった。

【ビットレートと品質に関する主観評価実験】

- 方式間の品質差の調査
符号化方式間で、評価値の統計的な有意差の有無を調査。
- 所要ビットレートの導出
放送品質を満足する所要ビットレートとして、全ての音源で一定の評価を得る最小のビットレートを調査。

【レンダリング技術に関する主観評価実験】

- 音源位置の再現性能の違いによる品質差の調査
音の位置を再現するためのルールが符号化方式間で異なるため、同一条件で品質評価を実施し統計的な有意差の有無を調査。
- 再生環境への適応方法の違いによる品質差の調査
再生環境(スピーカー配置)においてオブジェクトをレンダリングする際の考え方が異なるため、同一条件で品質評価を実施し統計的な有意差の有無を調査。

【主観評価実験の結果】

- 所要ビットレートにおいて、MPEG-H 3DAとAC-4の2つの方式が他より良い結果となった。
- MPEG-H 3DAとAC-4の2つの符号化方式の間において、一部の音源や音声フォーマットの組み合わせで所要ビットレートの差は認められたが、大半は有意な差が認められなかった。
- この2つの符号化方式の間において、レンダリング技術の違いによる品質差は一部の条件で認められたが、大半は有意な差が認められなかった。
- 符号化方式によってレンダリング技術が異なるため、制作者の意図を保持したまま相互変換することが難しく、運用時にはどちらか一方の方式を採用することが望ましい。

1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

(1) 既存受信機への影響(高度化放送導入方式)

- 高度化放送導入方式(3階層セグメント分割方式及びLDM方式)について、テストストリームによる既存受信機に対する影響調査を実施。
- 3階層セグメント分割方式では、変調パラメータや誤り訂正方式を現行の地デジと同じもので検討する必要がある。
- LDM方式では、現行の地デジ放送を送る階層(UL)の変調方式を地デジと同じもの(64QAM)とし、ULと高度化放送を送る階層(LL)の電力のレベル差を大きくするなど、既存受信機への影響の少ないパラメータで検討する必要がある。

【既存受信機への影響調査】

- 高度化放送導入方式(3階層セグメント分割方式及びLDM方式)について、既存受信機に対する影響調査として、受信機メーカー18社の協力の下、固定受信機、録画機、車載受信機に対する影響について調査を実施。
- テストストリームは各方式で有力なパラメータを5つ用意し、「①そのまま入力した場合」と、「②C/Nが18dBとなるようなノイズを付加した場合」で調査を実施した。

【固定受信機・録画機に対する影響】

- 3階層セグメント分割方式では、一部の受信機で高度化放送階層で地デジと異なるLDPC符号を採用していることや、伝送パラメータ(256QAM以上やNUC(不均一コンスタレーション)等)の違いによる影響を確認したことから、変調パラメータや誤り訂正方式を現行の地デジと同じもので検討する必要がある。
- LDM方式では、ULに16QAMを使用したパラメータでは受信機側でC/Nを正しく認識できない機種がある。また、ULが64QAMでもILが低い場合は、たとえ強電界であってもC/Nモニタ値が閾値を超えずチャンネル登録をされない機種があった。ULを64QAMとする、ILを高くするなど、既存受信機への影響の少ないパラメータで検討する必要がある。

【車載受信機に対する影響】

- 3階層セグメント分割方式では、固定受信機と同様の理由により、高度化放送階層のC/Nモニタ値やBER値を参照して機能を実装している機種では正常に動作しなかったことから、変調パラメータや誤り訂正方式を現行の地デジと同じもので検討する必要がある。
- LDM方式では、C/Nモニタ値が低いことに起因して一部の機種で正常に動作しなかった。また、今回用いたパラメータでは中継局・系列局サーチ機能が正常に動作しない機種があった。ULの変調方式を64QAMとし、所要C/Nを地デジと同等とするとともにILを高くしたパラメータで検討する必要がある。

(2) 地上放送高度化方式の調査状況について①

- 実フィールドにおいて、所要受信電力増加量(対室内実験)は、所要C/NやFFTサイズの異なるパラメータによらず同等であり、現行地デジと所要C/Nを同じとする設計ができることを確認した。
- 緊急情報伝送については、所要C/Nが-3dBとなり、ノイズ耐性に優れていることを確認した。

【室内実験における所要C/N増加量】

- 伝送パラメータ(p1~p4)を用いて、1波マルチパス環境(遅延時間63 μ s、位相差90°)における、室内実験を実施した。
- いずれのパラメータにおいても、D/U10dB以上で、所要C/N増加量が1dB未満となることを確認した。

【実フィールドでの所要受信電力】

- 所要C/NやFFTサイズが異なるパラメータp1~p4において、所要受信電力増加量(室内実験とフィールド試験の所要受信電力の差)の累積確率は同等となり、中央値は1dB未満となることを確認した。

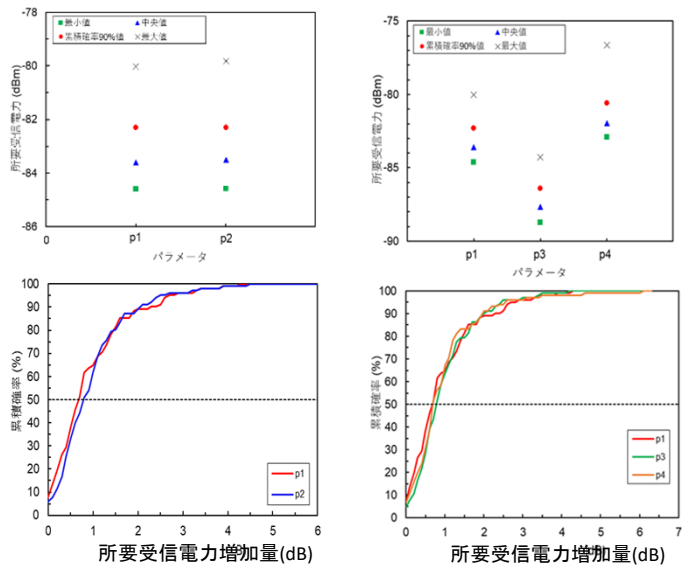


図1 FFTサイズの比較

図2 所要C/Nの異なるパラメータの比較

表1 実験で使用したパラメータ

No.	所要C/N	偏波	伝送パラメータ			
			FFTサイズ	SP	キャリア変調	符号化率
p1	20dB	H	16k	6,4	1024 QAM	9/16
p2		H	32k	12,2	1024 QAM	9/16
p3	16dB	H	16k	6,4	64 QAM	12/16
p4	22dB	H	16k	6,4	1024 QAM	10/16

【緊急情報伝送機能】

- 低遅延伝送用キャリア(LLch)を用いて、低遅延かつ安定的に緊急情報を伝送する復調装置を用いて、計算機シミュレーション及び室内実験を実施した。
- 計算機シミュレーションと室内実験の所要C/N(FERが 1×10^{-4} 以下となるC/N)の差は約1dBであり、室内実験では所要C/Nが-3dBとなることを確認した。

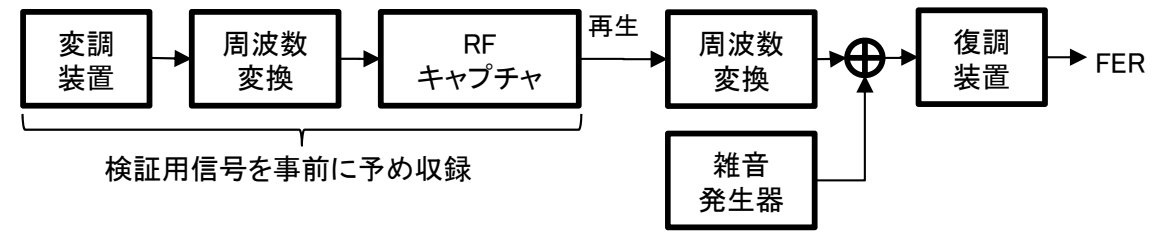


図3 緊急情報伝送機能の室内実験系統

(2) 地上放送高度化方式の調査状況について②

- 将来の拡張性を持たせるため、新規のサブフレームを追加できるようなフレーム構成を検討した。
- また、高度化放送の移動受信階層を、地デジのワンセグと同等のエリアとなる階層と、ワンセグよりも低ビットレートであるもののカバーエリアの広い階層の2つに分割し、それぞれの伝送特性をフィールド試験により確認し、その有効性を確認した。
- チャンネルボンディング伝送機能について、適切に合成等が可能で、伝送容量が拡大できることを確認した。

【拡張性の高いフレーム構成の検討】

- TMCCや信号全体のフレーム長を可変とするフレーム構成を検討した。フレームの先頭にプリアンブルを付与し、将来的に新規のサブフレームを挿入することも可能とした。
- 固定受信を想定したサブフレームのFFTサイズを32k(1024QAM(9/16))、移動受信特性を想定したサブフレームのFFTサイズを8k(16QAM(7/16))としてフィールド試験を実施し、その有効性を確認した。
- 移動受信特性については、電界強度が51.6dB μ V/m以上で正受信率が95%となった。

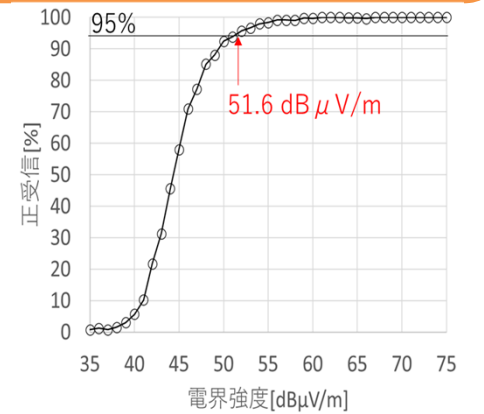
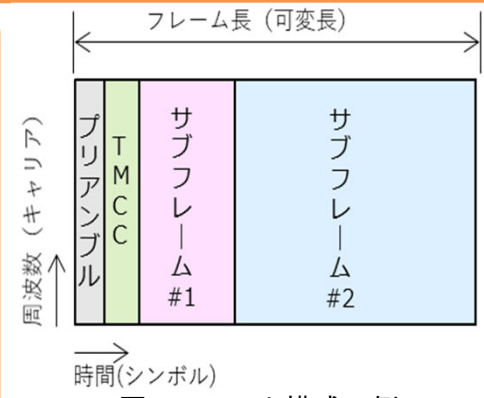


図1 フレーム構成の例

図2 移動受信における正受信率

【高耐性伝送路のフィールド試験による正受信率の測定】

- フィールドでの移動受信実験により、サブ階層 (A0階層、A1階層) を用いた伝送の有効性を確認した。
- 伝送パラメータはA0階層をQPSK(2/16) (本方式で最も高耐性なパラメータ)、A1階層を16QAM(7/16) (現行ワンセグと同等の所要C/Nとなるパラメータ)とした。
- サブ階層間の所要C/Nの差は約12dBとなった。また、フィールド試験による各サブ階層間の受信エリア率の違いは図4のとおりとなった。

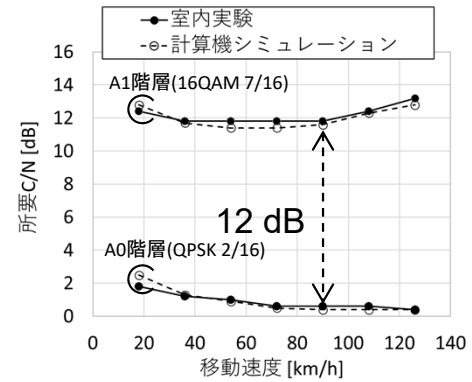


図3 伝送特性の評価結果 (アンテナ1本での受信)

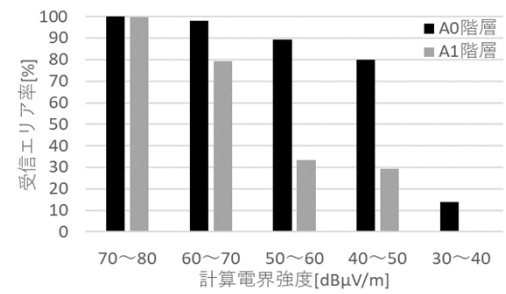


図4 A0、A1階層の電界強度における受信エリア率

【チャンネルボンディング伝送機能】

- 複数の物理チャンネルにIPパケット単位で分割・合成する装置を用いて室内実験を実施した。
- 物理チャンネル毎に設定した上限ビットレート又は分割比率に従って適切に分割・合成でき、伝送容量が拡大できることを確認した。

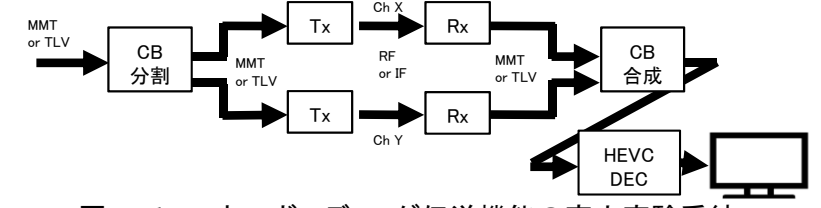


図5 チャンネルボンディング伝送機能の室内実験システム

(3)各放送方式の要求条件への適合性① システム

移行期・・・現行地デジ放送から高度化放送に移行するための期間(サイマル放送や設備導入に必要な期間)

移行後・・・現行地デジ放送が高度化放送に完全移行した後の期間

共通・・・移行期及び移行後の期間

インターオペラビリティ

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
既存のシステムに妨害を与えないこと。 (システム:地デジを含む高度化放送以外の他の無線システム)	移行期	現行地デジに影響を与えないようリパックにより新たなチャンネルを確保することが必要。隣接チャンネルに影響を及ぼさない帯域幅としており、既存のシステムへの影響は限定的(周波数オフセット量を変更した再試験が必要)。導入の際はリパック*が必要。	現行地デジと同じOFDMフレーム構造のため、既存のシステムへの影響は現行地デジと同程度となる見込み(今後検討)。	同左
CATVなど多様な伝送路を使って容易に再放送ができるようにすること。	移行期	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いて、CATV網に伝送可能。また、隣接チャンネルへの干渉の影響は地デジと同等であり、再放送は実現可能となる見込み(周波数オフセット量を変更した再試験が必要)。	地デジより高い所要C/Nとなるパラメータを用いて、CATV網へ伝送可能となる見込み(今後検討)。また、隣接チャンネルへの干渉の影響は地デジと同等であり、再放送は実現可能となる見込み。	同左
	移行後	移行期と同様	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いて、CATV網に伝送可能。また、隣接チャンネルへの干渉の影響は地デジと同等であり、再放送は実現可能となる見込み。	同左

*リパックの規模は地上放送高度化方式導入の際の各種前提条件により異なる。

受信の形態

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
固定受信のほか、移動・携帯受信も考慮すること。	共通	最大3つの階層を設定する機能を有しており、階層ごとにキャリア変調方式や誤り訂正符号化率などを独立して設定することで、移動しながらの受信・携帯での受信も考慮している。	最大3つの階層を設定する機能を有しており、階層ごとにキャリア変調方式や誤り訂正符号化率などを独立して設定する等により、移動しながらの受信・携帯での受信も想定している(今後検討)。	同左
受信設備(受信アンテナから受信機入力まで)は、できるだけ既存の設備を流用すること。	移行期	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、既存受信設備を変更することなく受信が可能。	高度化放送階層の所要C/Nが地デジより高く、弱電界エリアでは既存受信設備の改修が必要となる場合がある。	同左
	移行後	移行期と同様	同左	同左

(3)各放送方式の要求条件への適合性② システム

放送区域

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
固定受信では、現行地上デジタルテレビジョン放送のチャンネルプランとほぼ同等のものを策定できること。	移行期	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを選択可能(地デジに比べて伝送容量が拡大)。反射波が多い環境においてもより安定した受信が期待できる。	本方式は地デジと同一チャンネルで高度化放送を実現する方式であり、現行地デジの階層は地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを選択可能。 高度化放送階層で高い伝送ビットレートを確保する場合は地デジよりも所要C/Nの高いパラメータを選択する必要がある。	同左
	移行後	移行期と同様	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを選択可能(地デジに比べて伝送容量が拡大)。	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを選択可能(地デジに比べて伝送容量が同程度)。

周波数の有効利用

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
SFNが構築できるとともに地域ごとの放送ができること。	移行期	SFNが構築可能。ガードインターバル比を地デジと同じ1/8としたとき、ガードインターバル長を現行地デジより長く設定可能。これによりSFNネットワークをより最適化し、周波数の有効利用を図ることが可能。	SFNが構築可能。高度化放送階層のガードインターバル比は現行地デジと揃える必要がある。	同左
	移行後	移行期と同様。	SFNが構築可能。ガードインターバル比を地デジと同じ1/8としたとき、ガードインターバル長は現行地デジと同じになる。	同左
周波数リパッキングの可能性についても考慮すること。	移行期	実施可能(地上放送高度化方式の導入のため地デジのリパックが必要)。	実施可能。	同左
	移行後	実施可能。	同左	同左

(3) 各放送方式の要求条件への適合性③ 技術方式

伝送路符号化方式(伝送方式)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
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。	移行期	移動受信階層、固定受信階層とも地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に27Mbps程度、移動受信階層に1Mbps以上を割り当てることができ、固定受信階層でUHD、移動受信階層でHD相当のサービスを実現することが可能。	既存受信機への影響を少なくするため、高度化放送階層でUHDサービスを伝送する場合には地デジよりも所要C/Nの高いパラメータを選択する必要がある。	既存受信機への影響を少なくするため、地デジと同じ変調方式や誤り訂正方式とする必要がある。高度化放送階層でUHDサービスを伝送する場合にはセグメントの割当を変更する必要がある。
	移行後	移行期と同様。	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に24Mbps程度を割り当てることができ、固定受信階層でUHDサービスを実現することが可能(移動受信階層は今後検討)。	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に20Mbps程度を割り当てることができ、固定受信階層でUHDサービスを実現することが可能(移動受信階層は今後検討)。
固定/移動・携帯の各受信形態を考慮して変調方式を変えられること。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。	移行期	情報ビットレートや誤り訂正能力に応じた伝送パラメータが設定でき、受信エリアと伝送レートのトレードオフにより最適なものを選択可能。また、変調方式や符号化率を下げて移動受信階層の耐性を高めることでより安定した移動受信も可能。	情報ビットレートや誤り訂正能力に応じた伝送パラメータが設定でき、受信エリアと伝送レートのトレードオフにより最適なものを選択可能だが、既存受信機への影響に配慮する必要がある。地デジと同一チャンネルで高度化放送を実現する方式であるため、高度化放送階層は固定受信のみ。	同左
	移行後	移行期と同様	現行地デジ階層をなくし、高度化放送階層に新たに移動受信セグメントを設定することで移動受信も対応可能。	同左

伝送路符号化方式(伝送容量)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
固定受信の場合、UHDTV放送ができる伝送容量を確保できること。	移行期	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に27Mbps程度を割り当てることができ、UHDサービスを実現することが可能。	既存受信機への影響を少なくするため、高度化放送階層でUHDサービスを伝送する場合には地デジよりも所要C/Nの高いパラメータを選択する必要がある。	既存受信機への影響を少なくするため、地デジと同じ変調方式や誤り訂正方式とする必要がある。高度化放送階層でUHDサービスを伝送する場合にはセグメントの割当を変更する必要がある。
	移行後	移行期と同様。	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に24Mbps程度を割り当てることができ、UHDサービスを実現することが可能。	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、固定受信階層に20Mbps程度を割り当てることができ、UHDサービスを実現することが可能。

1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

映像／音声符号化方式について

- ✓ これまでの映像／音声符号化方式の性能調査結果を踏まえ、技術的条件を検討

伝送路符号化について

- ✓ 要求条件への適合性から地上放送高度化方式及び階層分割多重(LDM)方式を優先して検討
- ✓ 最適な伝送パラメータ選定のためのシミュレーション・室内実験・フィールド調査を行い、技術的条件を検討

その他

- ✓ 最適なスクランブル方式やそれに対応した鍵保護方式等の調査を行い、コンテンツ保護に必要な技術的条件を検討
- ✓ 多重化については、パケット構造やパラメータ(時刻同期手法など)等に関する検討を行い、必要な技術的条件を検討
- ✓ 高度化方式と他システム(地デジ含む)との混信保護比を調査。 等

1. 検討経緯について
2. 映像／音声符号化方式の性能調査について
 - (1)映像符号化方式の性能調査
 - (2)音声符号化方式の性能調査
3. 放送方式に関する調査について
 - (1)既存受信機への影響(高度化放送導入方式)
 - (2)地上放送高度化方式の調査状況について
 - (3)各放送方式の要求条件への適合性
4. 今後の検討課題
5. 参考資料

映像及び音声符号化方式の調査検討

- 映像符号化方式については、要求条件において高い圧縮性能を持つものであることが求められており、これまでの調査検討においてVVCに優位性が認められた。
- 音声符号化方式については、要求条件において、さまざまなサービス要件に柔軟に対応できることが求められており、これまでの調査検討において、「オブジェクトベース音響(OBA)」に対応した音声符号化方式であることが望ましいとされた。

【映像符号化方式】

- 映像符号化方式については、要求条件において「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」等とされており、高い圧縮性能を持つものであることが求められていることから、圧縮性能の高いVVC、AV1、EVCの比較検討を行った。
- 比較検討の結果、次世代の映像符号化方式としてはVVCに優位性が認められる結果となったことから、VVCについて主観評価実験を行うこととした。

【VVC】

- ・2020年 MPEG/ITU-T標準化。
- ・HEVC(新4K8K衛星放送でも利用されている映像符号化方式)の後継方式。
- ・標準化には政府当局や多様な業界関係者が参画し、時間をかけて議論が行われており、規格の安定性が高い。

【AV1】

- ・2018年 AOMedia標準化。
- ・インターネット企業が主導的に開発したロイヤリティフリーな映像符号化方式。
- ・標準化には関係業界の主要企業が参画しており、最新技術をタイムリーに仕様に反映することが可能。

【EVC】

- ・2020年 MPEG標準化。
- ・ライセンスフレンドリーを掲げ、ベースツールセットは、特許の切れた技術あるいは無償利用可能の宣言がされた技術で構成。
- ・標準化に参画している企業は限定的。

【音声符号化方式】

- 音声符号化方式については、要求条件において「多チャンネル音声放送をはじめとした、さまざまなサービス要件に柔軟に対応できる符号化方式であること」等とされており、ユーザの好みに応じて音声出力の仕方をカスタマイズが可能な「オブジェクトベース音響(OBA)」に対応した音声符号化方式も含めて比較検討を行った。
- 比較検討の結果、次世代の映像符号化方式としてはOBAに対応した方式であることが望まれることを確認し、引き続き各方式について主観評価実験等の検証を行うこととした。

【MPEG-4 AAC】

- ・2000年 MPEG標準化。
- ・聴覚特性を利用した適応変換符号化方式(新4K8K衛星放送用音声符号化方式として採用)。OBAには非対応。

【MPEG-H 3DA】

- ・2015年 MPEG標準化。
- ・OBAに対応した最新のMPEG 音声符号化方式。

【Enhanced AC-3】

- ・2005年 ETSI標準化。
- ・現行の放送・インターネット配信サービスで使われている音声符号化方式
- ・2016年以降、OBAに対応。

【AC-4】

- ・2015年 ETSI標準化。
- ・OBAに対応した多機能・高効率な最新の音声符号化方式。

所要ビットレートの導出

- VVCの所要ビットレートを導出するため、主観画質評価(5段階評価)を実施。
- 評価の平均値(MOS)がほぼ全ての映像で3.5以上かつ全ての映像で3.0以上となる最小ビットレートを、所要ビットレートとして導出。
- 評価実験の結果、2K(SDR)は7Mbps、4Kは30Mbps※と導出された。

※4K(HDR)は10Mbpsと導出されたが、4K(HDR)の評価画像は4K(SDR)に比べて符号化難易度が低く、SDR/HDRに起因した所要ビットレートの差はないと考えられる。

表1 符号化条件

シーン長	10秒 ※15秒素材の3秒から13秒の間
プロファイル	Main 10 (4:2:0, 10-bit)
ビットレート[Mbps]	1080/60/P: 3, 5, 7, 10 2160/60/P: 10, 15, 20, 30
符号化パラメータ	階層B参照 ※STD-B32記載のL3構造, GOPサイズ8 IRAP間隔 32/60[sec] CPBサイズ ビットレート×1.0秒
無効化ツール	RPR、前処理(プレフィルタ)等

表2 評価方法

評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度 提示法: 基準映像-評価映像のペアを一回提示
観視条件	Rec. ITU-R BT.500-14
評価者	専門家38名
視距離	3H (1080/60/P), 1.5H (2160/60/P)
所要ビットレート 推定基準	ほぼ全ての映像でMOS(平均評価値)が3.5以上となり、 かつMOSが3.0未満となる映像が無いビットレート ※信頼区間5%のエラーバー上限値を基準

MOS値(1080/60/P, SDR)

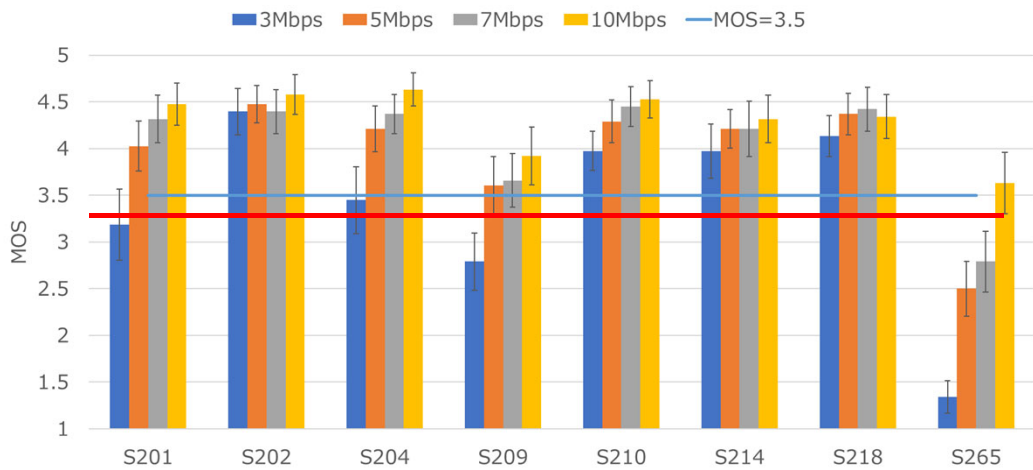


図1 ビットレートと主観画質評価値の関係(2K SDR)

MOS値(2160/60/P, SDR)

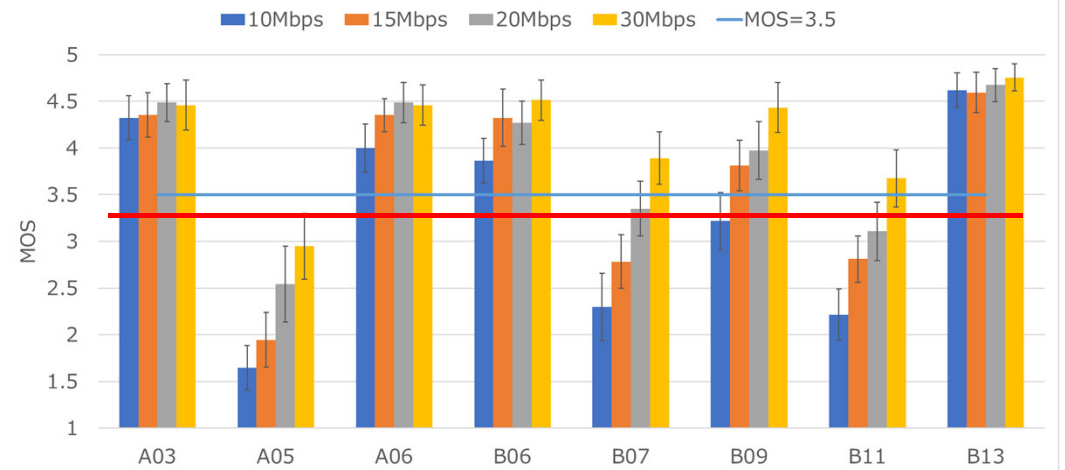


図2 ビットレートと主観画質評価値の関係(4K SDR)

画質改善手法の効果確認

- 符号化制御チューニングにより、主観画質の向上(ビットレートの削減)が確認できた。
- 特に符号化難易度が高い映像を低ビットレートで符号化する場合に、高い効果が見込まれる。
- 画質改善手法を適用することにより、放送品質を満たすビットレートの目安としては、15Mbpsが適当。

符号化歪みを低減させる二つの画質改善手法による画質評価を実施。

- ・前処理符号化：符号化前に空間方向LPFを適用して、空間解像度を2K又は3Kに落とす手法。
- ・RPR符号化：少ない符号化画素数で符号化して、空間解像度を2K又は3Kに落とす手法。

※ LPF: Low Pass Filter
※ RPR: Reference Picture Resampling

①画質改善手法を用いない4K符号化映像との比較

- ◆ 評価映像やビットレートにより効果の高い手法は異なるが、全体として、RPR(3K)や前処理(3K)の効果が高い傾向にあることが分かった。
- ◆ 特に高ビットレート(20Mbps以上)においては、空間解像度が2K相当の場合、符号化歪みが低減される一方、空間解像度の低下による主観画質の低下が顕著となった。

主観画質 (20 Mbps, Medium設定)

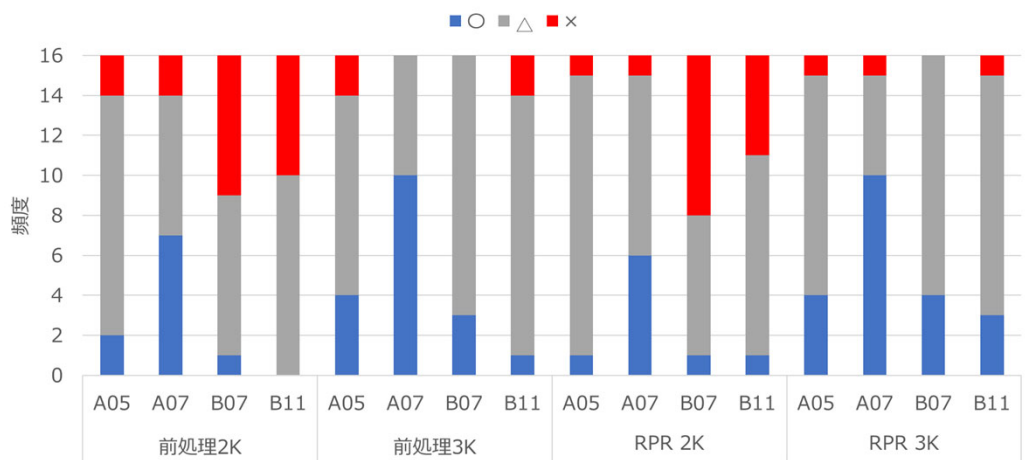


図1 画質改善手法の効果(対4K符号化映像)

②HEVC 30Mbpsの画質(4K放送品質)との比較

- ◆ 符号化難易度が低い映像では、画質改善手法を用いなくても、VVC 7Mbpsで4K放送品質と同等以上となった。
- ◆ 符号化難易度が高い映像では、画質改善手法を用いることで、VVC 20Mbps以上で4K放送品質と同等以上となった。VVC 15Mbpsでは一部の極端に難易度の高い映像で4K放送品質未達となるが、今後符号化制御チューニング等によるビットレート削減により、4K放送品質を満足する可能性がある。

HEVC 30Mbpsとの画質比較

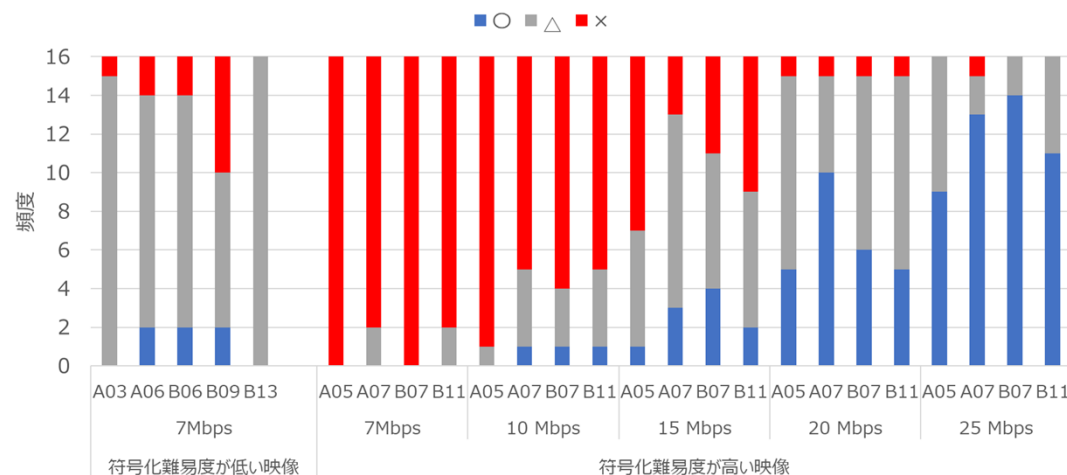


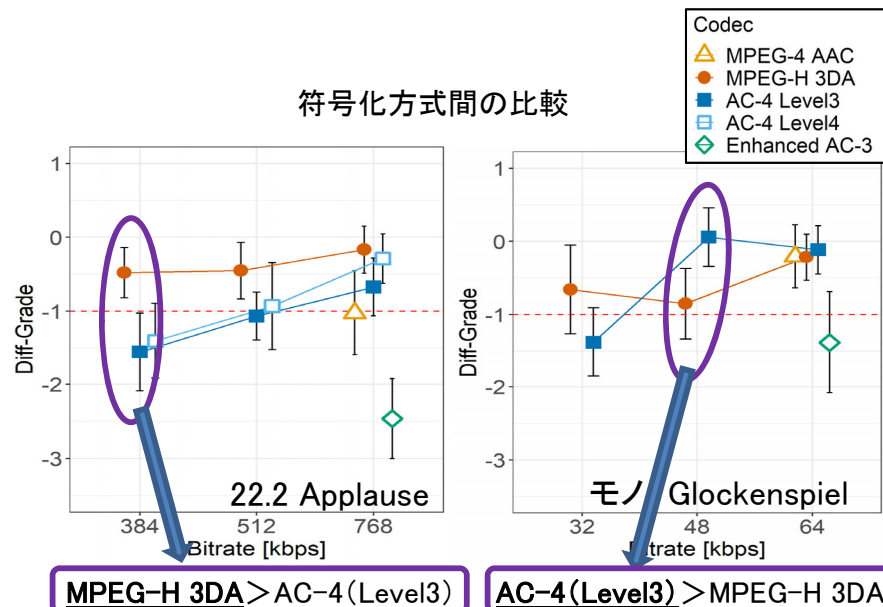
図2 画質改善手法の効果(対HEVC 30Mbps)

ビットレートと品質に関する主観評価実験

- 所要ビットレートの導出及び符号化方式間の圧縮性能比較のため、主観評価実験を実施した。
- MPEG-H 3DAとAC-4の間で所要ビットレートの差は認められたが、一部の音源や音声フォーマットの組み合わせのみであり、大半は有意な差が認められなかった。

○ 符号化方式間の品質差の調査結果 (有意水準5%)

- MPEG-4 AACとMPEG-H 3DAの同一ビットレートにおける品質比較
16組 (4音源 × 4音声フォーマット*) 中、1組でMPEG-4 AACの方が品質が良い。
※ MPEG-4 AACは7.1.4に対応していないため、それ以外の4つの音声フォーマットで比較
- MPEG-4 AACとEnhanced AC-3の同一ビットレートにおける品質比較
16組中1組で、MPEG-4 AACの方が品質が良い。
- MPEG-H 3DAとAC-4 (Level 3) の同一ビットレートにおける品質比較
60組 (4音源 × 5音声フォーマット × 3ビットレート) 中、5組でMPEG-H 3DAの方が品質が良く、1組でAC-4の方が品質が良い。
- MPEG-H 3DAとAC-4 (Level 4) の同一ビットレートにおける品質比較
12組 (4音源 × 3ビットレート) で品質差はなかった。



○ 所要ビットレートの導出

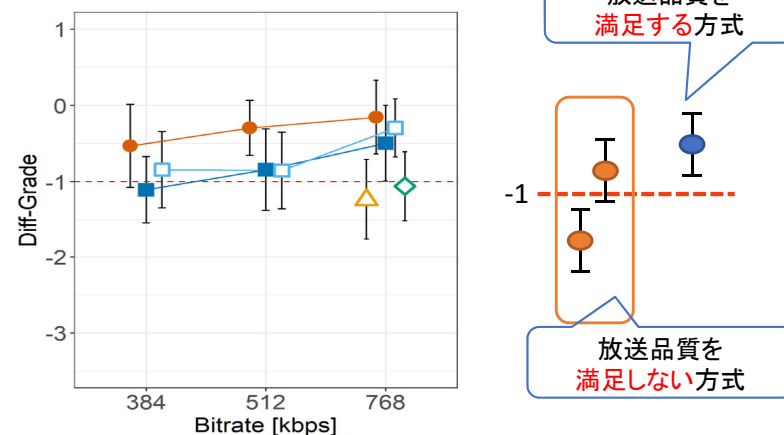
- MPEG-H 3DAとAC-4の各音声フォーマットにおける、放送品質を満足する所要ビットレートは下表のとおり。
- マルチチャンネルではMPEG-H 3DAが、モノではAC-4がそれぞれ所要ビットレートが低くなる傾向となった。

表1 放送品質を満足するビットレート

音声符号化方式	音声フォーマット				
	22.2ch	7.1.4*1	5.1ch*2	2ch(ステレオ)	1ch(モノ)
MPEG-H 3DA	512 kbps	192 kbps	—	96 kbps	64 kbps
AC-4	768 kbps	256 kbps	—	—	48 kbps

*1: 符号化が難しい音源が集まらなかったため参考値 *2: 5.1chの場合、実験では放送品質を見出すことができなかった

放送品質を満足する所要ビットレートの導出



レンダリング技術に関する主観評価実験

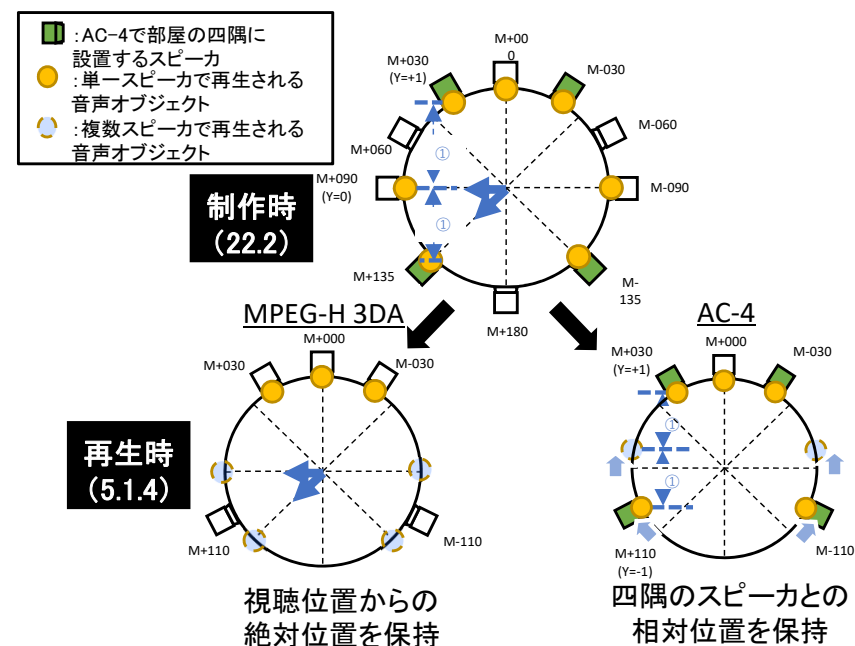
- 音源位置の再現性能や再生環境(スピーカー配置)への適応方法の違いによる品質差の調査を実施。
- 一部において品質差が認められたが、MPEG-H 3DAとAC-4において、どちらかの方式が良いという結果は得られなかった。

○ 音源位置の再現性能の違いによる品質差の調査結果

- 音声オブジェクトが静止している7つのパターンのうち、聴取者の前方で静止しているパターンの一つで、AC-4の方が再現性能が高い結果となった。
- 音声オブジェクトが静止している7つのパターンのうち、聴取者の後方で静止しているパターンの一つで、MPEG-H 3DAの方が再現性能が高い結果となった。
- 符号化方式間に有意な差が認められたパターンは存在したが、一方の方式が優れた結果にはならなかった。
- 座標系や設計思想の違いにより、制作者の意図を保持したまま符号化方式間の相互変換を行うことが困難であることから、運用にあたってはどちらか一方の方式を採用することが望ましい。

○ 再生環境(スピーカー配置)への適応方法の違いによる品質差の調査結果

- MPEG-H 3DAは音像の絶対位置を重視し、AC-4は明瞭度を重視するという違いがあり、スピーカー配置や音源の違いによる品質差が認められた。
- 符号化方式間には品質差が認められず、一方の方式が優れた結果にはならなかった。



固定受信機・録画機に対する影響について

- C/Nを正しく認識できないことによるチャンネル登録ができないなどの影響が一部の受信機で確認された。
- 3階層セグメント分割方式では、変調パラメータや誤り訂正方式を現行の地デジと同じとする必要がある。
- LDM方式では、ULの変調方式を地デジと同じ64QAMにするとともに、ILの値を高くするなど幅広いパラメータで検討する必要がある。

○ 3階層セグメント分割方式における主な影響とそれに対する対応

- ・ 既存受信機は、高度化放送階層で用いている誤り訂正符号(LDPC符号)を正しく復号できないため、高度化放送階層のBERがエラーフリーにならない。
- ・ 高度化放送階層において現行の地デジで想定していない変調パラメータ(256QAM以上)やコンスタレーション(NUC)を使用した場合、一部の機種ではC/Nを正しく認識できない。

⇒ 変調パラメータや誤り訂正方式等を地デジと同じ方式(64QAM、畳み込み符号等)とする必要がある。

○ LDM方式における主な影響とそれに対する対応

- ・ ULの変調方式に16QAMを使用した場合、受信機側でC/Nを正しく認識できない機種がある。
- ・ ILが低い場合、強電界であってもC/Nの値が一定値(≒IL)以上にならないため、チャンネル登録ができない。特に弱電界を模擬したC/N18dBのノイズを付加した場合は、チャンネル登録不可となる受信機が増加した。

⇒ ・変調方式を地デジと同じ64QAMにするとともに、テストストリームで検証したものよりも高い値のILなど幅広いパラメータで検討する必要がある。

- ・ILの値を高くすることで、C/Nモニタ値の漸近値(≒IL)が大きくなるため、C/Nモニタ値がチャンネル登録の閾値を上回りやすくなる。
- ・これらにより、既存受信機への影響が少ないパラメータを選ぶことが可能と考えられる。

車載受信機に対する影響について

- C/Nモニタ値やBER等が原因で一部の受信機でフルセグが映らないなどの影響を確認。
- 3階層セグメント分割方式では、変調パラメータや誤り訂正方式を現行の地デジと同じとする必要がある。
- LDM方式では、ILを大きくするなどにより、既存受信機への影響が少ない伝送パラメータとする必要がある。

○ 3階層セグメント分割方式での主な影響

- ・ 既存受信機は、高度化放送階層で用いている誤り訂正符号(LDPC符号)を正しく復号できないため、高度化放送階層のBERがエラーフリーにならない。
- ・ 高度化放送階層で現行の地デジで想定していない変調パラメータを使用した場合、C/Nが低く認識され、フルセグ/ワンセグ自動切替機能等が正常に動作しない。
- ・ B階層固定でBERを監視する機種、伝送耐性が最も弱い階層を監視する機種がそれぞれ存在するため、高度化放送階層をどちらの階層とした場合でも影響を確認した。

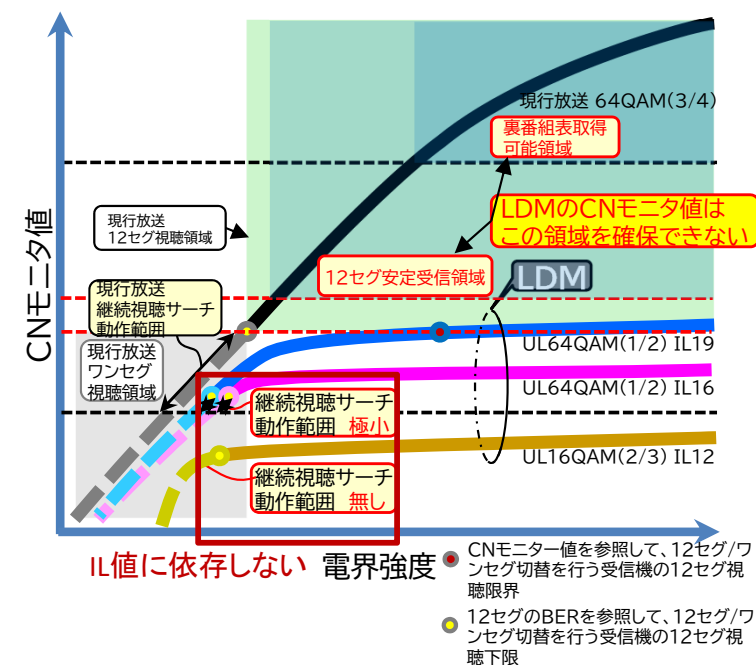
⇒ 変調パラメータや誤り訂正方式等を地デジと同じ方式とする必要がある。

○ LDM方式での主な影響

- ・ ULに16QAMを使用したパラメータでは、受信機側でC/Nを正しく認識できない機種がある。
- ・ LLは既存受信機にとってはノイズとして検出されるため、ILの値がC/Nモニタ値と同等と見なされる。
- ・ ILが低い場合、強電界であってもC/Nの値が一定値(≒IL)以上にならないため、チャンネル登録ができない。(今回実施したテストストリームのILは19dB以下)
- ・ ULの伝送パラメータは地デジよりも誤り耐性の強い64QAM(1/2)を使用しているため、一部の機種で中継局・系列局サーチ機能*の動作範囲が狭くなった。

*移動時に継続的な番組視聴を実現するため、視聴しながら別の中継局/系列局をサーチする機能

- ⇒
- ・ ULの変調方式を64QAMとし、所要C/Nを地デジと同等とするパラメータで検討する必要がある。
 - ・ ILを高くすることで、C/Nモニタ値の漸近値(≒IL)が大きくなるため、C/Nモニタ値がチャンネル登録の閾値を上回りやすくなる。
 - ・ これらにより、既存受信機への影響が少ないパラメータを選ぶことが可能と考えられる。



3階層セグメント分割方式の調査状況について

- SFN環境を想定したマルチパス環境における高度化階層のSFN劣化量(所要C/Nの劣化量)の室内実験を行ったところ、D/Uが6dBから10dBの範囲において、伝送パラメータの違いによるSFN劣化量の大きな差は見られなかった。
- 実フィールドにおけるSFN環境として、放送波中継やTS-TTLによる複数局でのSFN環境における所要受信電力や周波数特性等を測定。
- 実フィールドにおいても、室内実験と同等のSFN劣化量の傾向が得られた。

【室内実験(1波マルチパス環境)におけるデータ取得】

- D/Uが6dBから10dBでは、高度化階層のマルチパス劣化量は伝送パラメータの違いによる大きな差はなかった。
- D/Uが6dB以下では、伝送パラメータの違いによりマルチパス劣化量に差が生じることを確認した。例えば、同じ変調多値数において、符号化率が大きいほど劣化量が大きくなることを確認した。
- 高度化階層のマルチパス劣化量はいずれのD/Uにおいても地デジの劣化量よりも小さくなった。

【放送波中継/TS-TTLのSFN環境におけるデータ取得】

- 放送波中継及びTS-TTLによるSFN環境において、所要受信電力や周波数特性などの伝送特性を複数地点で測定した。
- 室内実験と同等な傾向が得られ、いずれのD/U、伝送パラメータにおいても室内実験における地デジのマルチパス劣化量に比べて、フィールド試験における高度化放送階層の劣化量は小さくなった。
- フィールド試験における劣化量は室内実験と比べて同等となる傾向となった。誤り訂正符号としてLDPC符号を用いた高度化放送階層において、SFN劣化量は地デジよりも小さくなることが示唆された。

表1 試験で用いた伝送パラメータ

	①	②	③	④	⑤	⑥
高度化階層 キャリア変調	1024QAM NUC	1024QAM NUC	256QAM NUC	256QAM NUC	256QAM UC	64QAM UC
LDPC符号化率	9/16	11/16	12/16	13/16	12/16	14/16
所要C/N [dB]	20.2	24.0	20.8	22.4	21.7	19.3

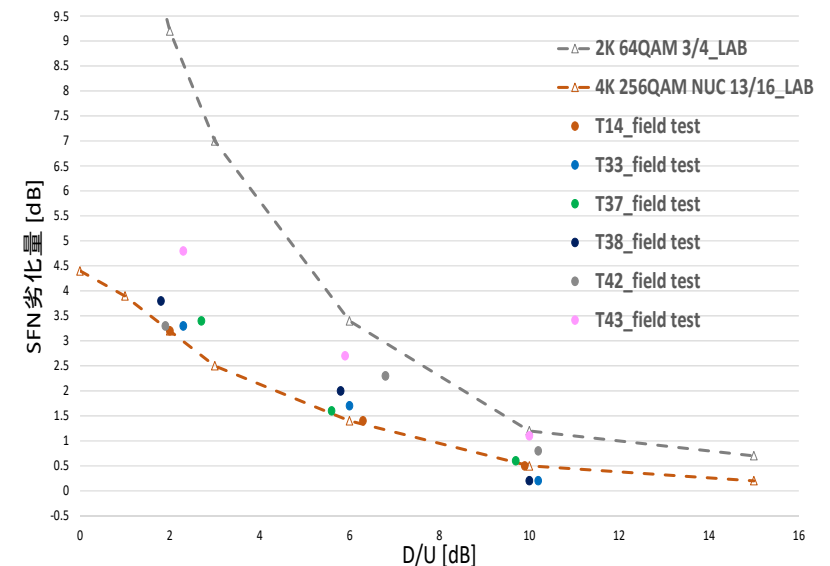


図1 SFN環境(放送波中継)におけるD/Uとマルチパス劣化量の関係(④256QAM NUC 13/16の例)

階層分割多重(LDM)方式の調査状況について

- SFN環境を想定したシミュレーションと室内実験において、伝送特性(所要C/N)を測定し、シミュレーションの結果が室内実験の結果とほぼ一致することを確認した。
- LLでは、ガードインターバル長を超えない範囲であれば、遅延時間によって所要C/Nはほぼ変化しないことを確認した。

【シミュレーションと室内実験の比較】

- 遅延差が異なる(113.45 μ s、3 μ s)2つの条件で伝送特性(所要C/N及び単独受信に対するSFN受信時の所要C/N増加量)を評価した。
- 地デジ(パラメータNo.1)及びLDM(パラメータNo.2~No.9)における所要C/N及び単独受信に対するSFN受信時の所要C/N増加量について比較した。
- LDMのいずれの伝送パラメータにおいても、UL(B階層)の所要C/Nは地デジ(B階層)よりも低くなることを確認した。
- LDMのいずれの伝送パラメータにおいても、UL(B階層)の単独受信に対するSFN受信時の所要C/N増加量は、地デジ(B階層)よりも低くなることを確認した。
- LLでは、単独受信よりもSFN時の方が所要C/Nが低くなる伝送パラメータもあった。これは、LLでは誤り訂正符号にLDPC符号を採用しており、SFNにより信頼度が高いシンボルを受信した場合、高い誤り訂正効果が得られたためと考えられる。
- シミュレーションと室内実験で所要C/Nがほぼ一致することを確認した。

【遅延時間差による所要C/N】

- 遅延時間がガードインターバル長(約126 μ s)内においてはUL(B階層)及びLLの所要C/Nは概ね横ばいとなった。
- 遅延時間が小さいとき、UL(A階層)ではディップの影響で所要C/Nが高くなった。

表1 実験のパラメータ

No	種別	A階層	B階層	LL	IL(dB)
1	ISDB-T	QPSK(2/3)64QAM(3/4)	-	-	-
2	LDM①	QPSK(2/3)16QAM(2/3)	16QAM(12/16)	-	12
3	LDM②	QPSK(2/3)64QAM(1/2)	16QAM(12/16)	-	16
4				-	19
5	LDM③	QPSK(2/3)64QAM(1/2)	QPSK(4/16)	-	19
6				-	21
7	-	-	-	-	23
8	LDM④	QPSK(2/3)64QAM(2/3)	QPSK(4/16)	-	23
9	4K	-	-	256QAM(11/16)	-

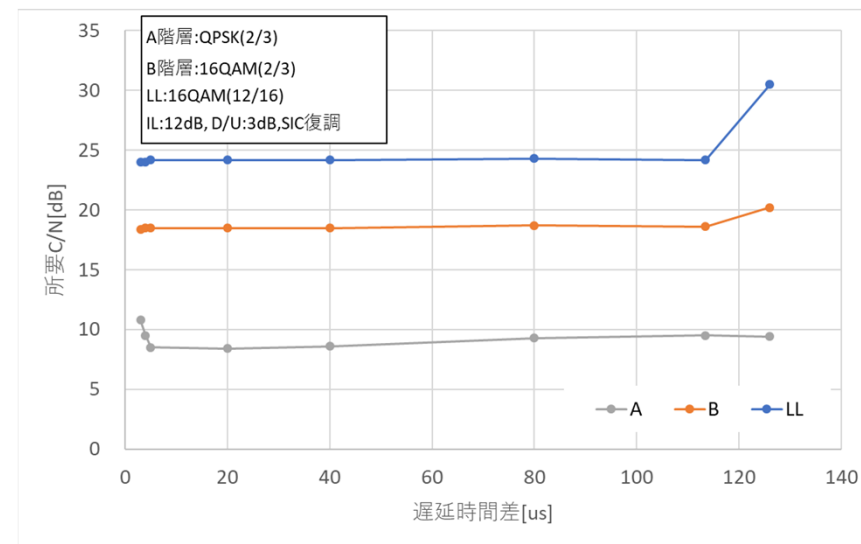


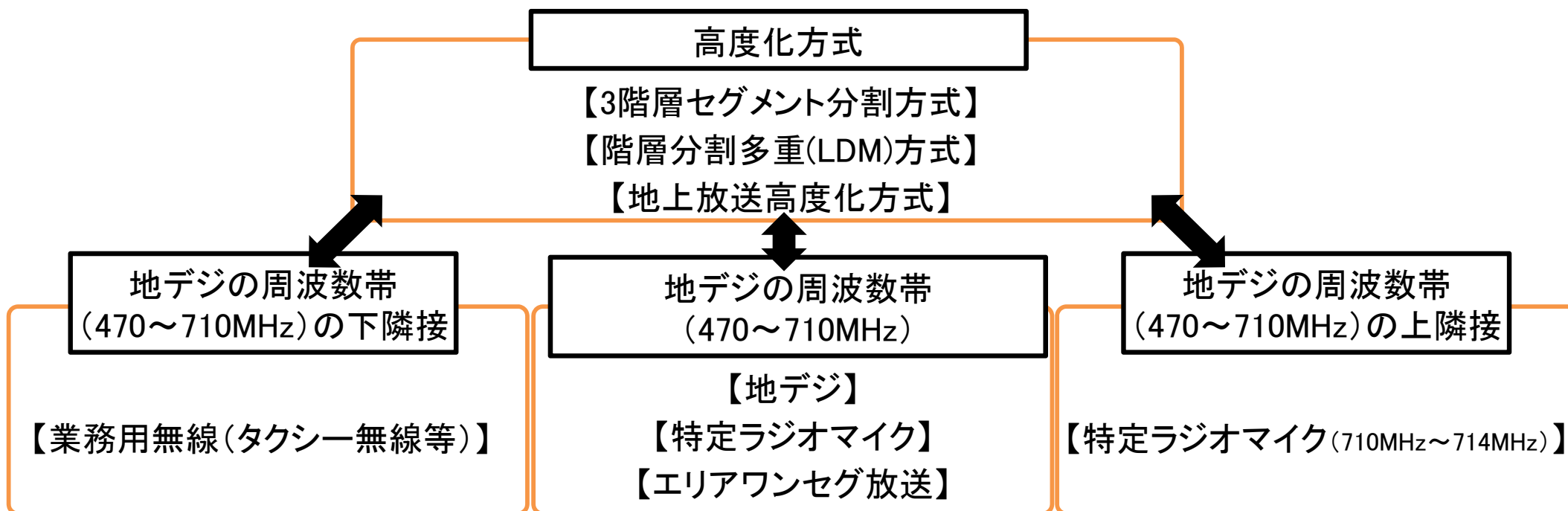
図1 SFNの遅延時間差対所要C/N特性

- 高度化方式と他の無線システムとの被干渉・与干渉試験を実施し、混信保護基準の暫定値を取りまとめた。
- 影響調査に使用した伝送パラメータにおいて、高度化方式から他の無線システムへの影響及び他の無線システムから高度化方式への影響は地デジと同程度となった。
- 他の検証結果を受け、今後、伝送パラメータや周波数オフセット量の調整を行っていくこととしており、大きな変更となる場合には改めて調査が必要。

【影響調査に使用した伝送パラメータ】

3階層セグメント分割方式	階層分割多重(LDM)方式	地上放送高度化方式
256QAM, 12/16 所要C/N=20.7dB	UL: 16QAM, 2/3 LL: 16QAM, 12/16, IL=12dB 所要C/N=23.4dB	256QAM, 12/16 所要C/N=20.2dB

【他の無線システムとの影響調査】



- 高度化方式とCATV信号の隣接被干渉・与干渉の調査及びCATV多チャンネル信号歪みの影響調査を実施。
- 隣接チャンネルとなるCATV信号からの与干渉・被干渉については、地上放送高度化方式は占有周波数帯幅が地デジと比べて拡大しているため、他の2方式に比べて干渉の影響が大きくなった。今後、中心周波数のオフセット量を調整し、改めて調査を行う。
- CATV多チャンネル信号歪みの影響については、3階層セグメント分割方式及びLDM方式の所要C/Nの高い一部のパラメータにおいて、CATVの伝送路条件を満たさない結果となった。今後、伝送パラメータを再検討し、改めて調査を行う。

【隣接チャンネルの与干渉・被干渉】

①高度化方式から隣接チャンネルのCATVに対する与干渉

- 地上放送高度化方式については、占有周波数帯幅が地デジと比べて拡大しているため、CATV信号が高度化方式の上側の隣接チャンネルに位置しているとき、本試験で用いたパラメータでは、所要D/Uが他の2方式に比べて高くなった。
- 高度化放送導入方式については、本試験で用いたパラメータでは影響は地デジと同程度となった。

②隣接チャンネルのCATVから高度化方式に対する被干渉

- 地上放送高度化方式については、占有周波数帯幅が地デジと比べて拡大しているため、高度化方式がCATVの下側チャンネルに位置しているとき、本試験で用いたパラメータでは、所要D/Uが他の2方式に比べて高くなった。
- 高度化放送導入方式については、本試験で用いたパラメータでは影響は地デジと同程度となった。

【多チャンネル信号歪みによる影響】

①地上放送高度化方式

- 本試験で用いたパラメータでは現行の伝送条件を満足する結果となった。

②高度化放送導入方式

- CATVの256QAMシステム(C/N: 32dB以上)において、本試験で用いたパラメータでは現行の伝送条件を満足する結果となった。
- CATVの64QAMシステム(C/N: 26dB以上)において、所要C/Nの高い以下のパラメータにおいて、現行の伝送条件を満足しない結果となった。

○3階層セグメント分割方式

- ・1024QAM(12/16)
- ・4096QAM(10/16)

○LDM方式

- ・UL: 64QAM(1/2) LL: 16QAM(12/16) IL: 16dB

3階層セグメント分割方式の調査状況について

【室内実験におけるSFN劣化量】

- D/Uが6dBから10dBでは、高度化階層のマルチパス劣化量は伝送パラメータの違いによる大きな差はなかった。
- D/Uが2dBから6dBでは、伝送パラメータの違いによりマルチパス劣化量に差が生じることを確認した。同じ変調多値数(例. 256QAM)で符号化率が異なるパラメータにおいて、符号化率が大きいほど劣化量が大きくなることを確認した。また、D/Uが6dB以下では、256QAM NUCに比べて256QAM UCの方がマルチパス劣化量が小さくなった。

【フィールド試験におけるSFN劣化量】

- 室内実験と同等な傾向が得られ、いずれのD/U、伝送パラメータにおいても室内実験における地デジのマルチパス劣化量に比べて、フィールド試験における高度化放送階層の劣化量は小さくなった。
- TS-TTLのSFN環境におけるSFN劣化量を表1に示す。測定地点間のばらつきは見られるが、室内実験の結果と同じ傾向となった。
- フィールド試験における劣化量は室内実験と比べて同等となる傾向となった。誤り訂正符号としてLDPC符号を用いた高度化放送階層では、SFN劣化量は地デジよりも小さくなることが示唆された。

表1 TS-TTLのSFN環境におけるSFN劣化量

信号	変調パラメータ	D/U[dB]	SFN劣化量 [dB]		
			最小値	中央値	最大値
高度化	64QAM UC 14/16	2	2.9	3.4	3.8
		6	0.4	1.2	1.7
		10	-0.7	0.1	0.4
地デジ	64QAM UC 3/4	2	6.1	7.1	7.6
		6	1.9	2.6	2.7
		10	0.6	0.8	1.1

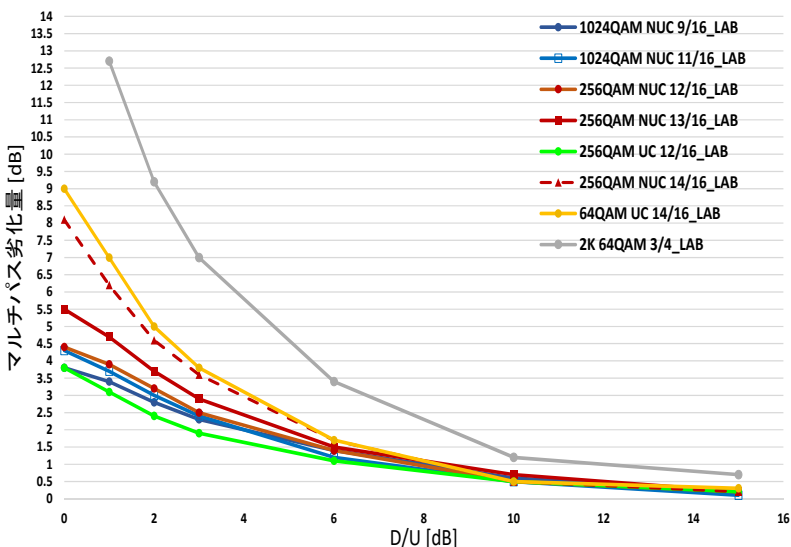


図1 室内実験におけるD/Uとマルチパス劣化量の関係

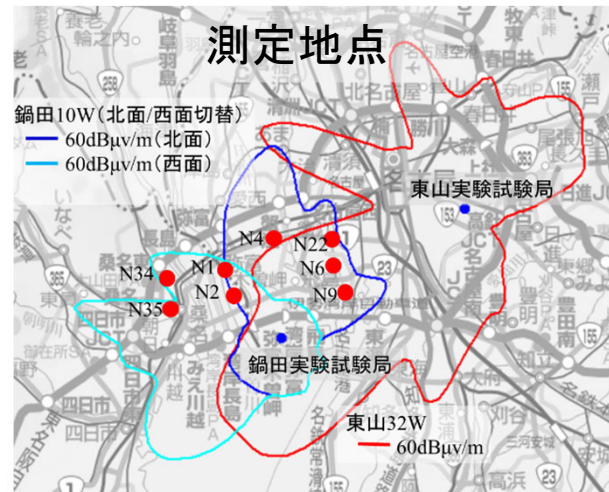


図2 SFN環境(TS-TTL)における測定地点

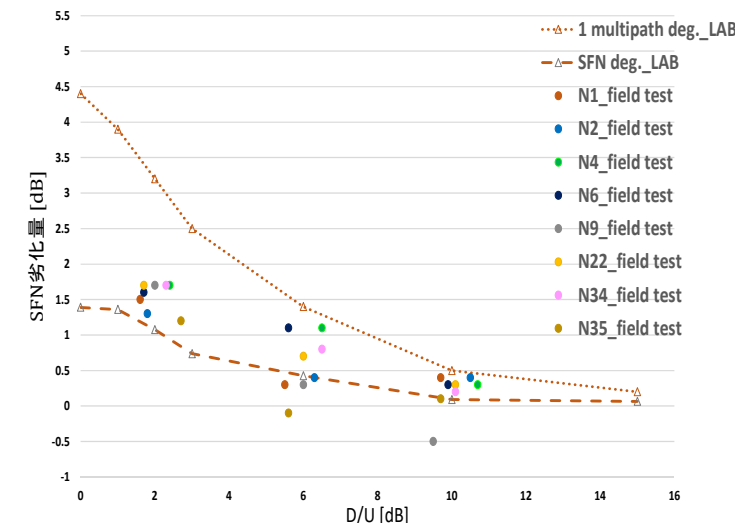


図3 SFN環境(TS-TTL)におけるD/Uとマルチパス劣化量の関係(③256QAM NUC 12/16の例)

階層分割多重(LDM)方式の調査状況について

- UL(A階層)では、遅延時間差が短い場合、位相差のわずかな変化によるディップの影響が大きく、特性が劣化することがあった。
- UL(B階層)では、遅延時間による所要C/Nの差は認められなかった。また、地デジのB階層に比べて所要C/Nが低くなった。
- LLでは、単独受信よりもSFN時の方が所要C/Nが低くなる伝送パラメータもあった。これは、LLでは誤り訂正符号にLDPC符号を採用しており、SFNにより信頼度が高いシンボルを受信した場合、高い誤り訂正効果が得られたためと考えられる。

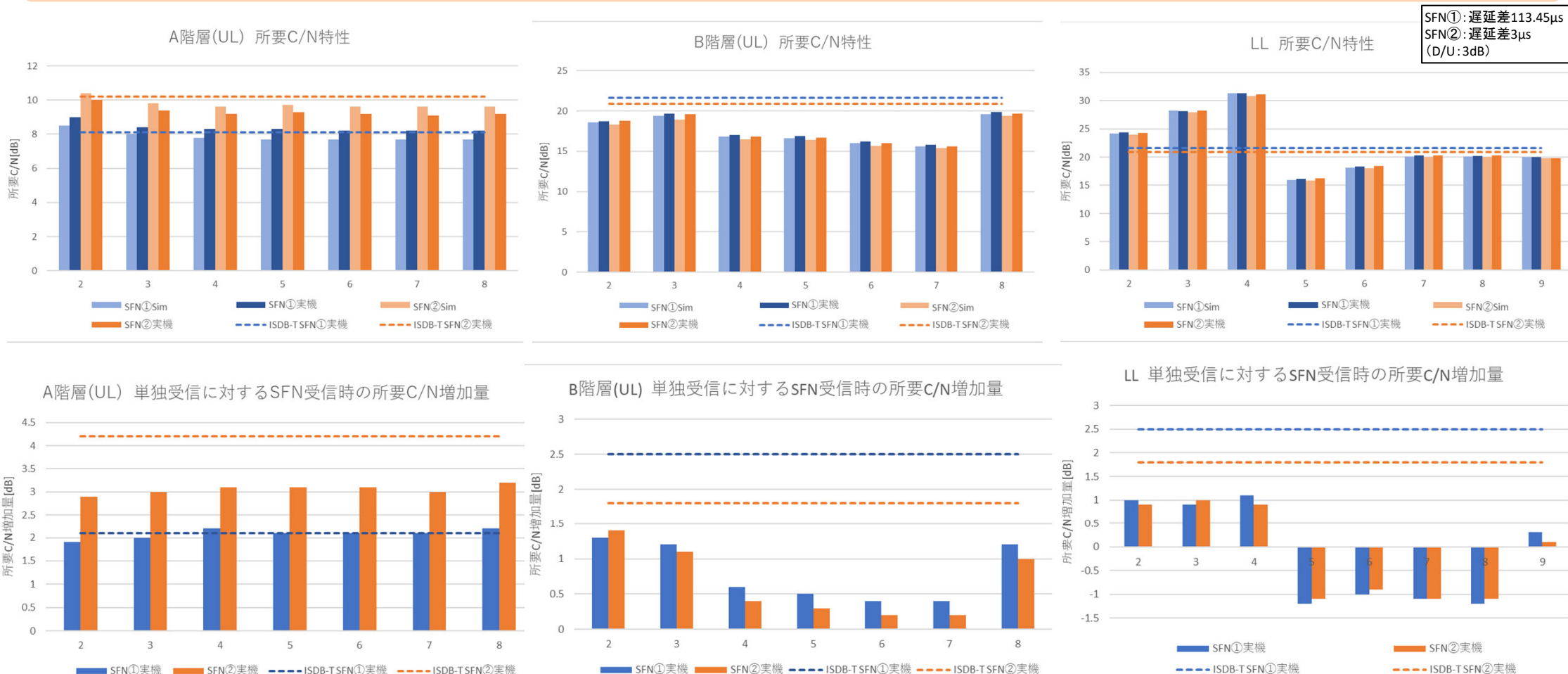


図1 UL(A階層)のSFN環境における所要C/N及び増加量

図2 UL(B階層)のSFN環境における所要C/N及び増加量

図3 LLのSFN環境における所要C/N及び増加量

各放送方式の要求条件への適合性

インターオペラビリティ

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
衛星放送、CATV、IPTV、蓄積メディア等の様々なメディア間で、できるだけ互換性を有すること。	移行期	MMT/TLV形式を用いることで、BS,CATVとのコンテンツの共通化が実現可能。	高度化放送階層は、MMT/TLV形式を用いることでBS,CATVとのコンテンツの共通化が実現可能。 地デジ階層は、現行地デジと共通。	同左
	移行後	移行期と同様	同左	同左

サービス(高機能化/多様化)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
品質の異なる複数のサービスを提供するために、階層伝送の機能を備えること。	共通	最大3つの階層を設定する機能を有しており、階層ごとにキャリア変調方式や誤り訂正符号化率などを独立して設定することで、受信形態に応じた品質の異なる複数のサービスを同時に実現することが可能。	最大3つの階層を設定する機能を有しており、階層ごとにキャリア変調方式や誤り訂正符号化率などを独立して設定する等により、受信形態に応じた品質の異なる複数のサービスを同時に実現することが可能となる見込み(今後検討)。	同左
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。	共通	TMCCキャリア及び低遅延伝送用のキャリアを用いて、対象受信機に低遅延で緊急情報を伝送する機能を有している。	地デジと同様にACキャリアを用いて、対象受信機に低遅延で緊急情報を伝送する機能を有している。	同左

各放送方式の要求条件への適合性

サービス(拡張性)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
将来の技術の進展に合わせ、できるだけアップグレードに対応できること。	共通	MMT/TLV形式を用いており、IP形式による汎用性と拡張性を確保するとともに衛星放送との共通化を図ることが可能。	同左	同左
放送サービス形態、符号化方式、受信機、コンテンツ保護等について拡張性を有すること。	共通	標準規格で規定されている汎用のトランスポート層を用いており、将来新たなサービスに対応した情報源符号化方式を追加することで、新たなサービスへの拡張が可能。	同左	同左
制御信号は、将来に想定される放送サービスに対しても容易に対応できること。	共通	TMCC未定義領域や低遅延伝送路を備えており、将来の物理レイヤの拡張性を含んだ新サービスへの対応が可能。またプリアンプを導入することで新フレーム形式を追加することも可能。	TMCC未定義領域やAC領域を用いることで、将来の新サービスへの対応が可能。新フレーム形式に対応はできない。	同左

サービス(ユーザビリティ)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
チャンネル切り替えに要する時間は、できるだけ短いこと。	共通	現行地デジと同程度のインターリーブ長に設定することで伝送遅延を同程度とすることが可能。また、パラメータの設定によっては短くすることも可能(VVCの復号に要する時間については今後検討)。	同左	同左

実時間性

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
高い実時間性を実現するため、できるだけ遅延時間を短くすること。	共通	現行地デジと同程度のインターリーブ長に設定することで伝送遅延を同程度とすることが可能。また、パラメータの設定によっては短くすることも可能(VVCの符号及び復号に要する時間については今後検討)。	同左	同左

各放送方式の要求条件への適合性

受信の形態

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
固定受信は、指向性アンテナによる受信を想定すること。	共通	想定している。	同左	同左
移動受信は、無指向性アンテナによる受信を想定すること。	共通	想定している。	同左	同左
携帯受信は、簡易なアンテナによる受信を想定すること。	共通	想定している。	同左	同左

放送区域

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
移動・携帯受信では、できるだけ固定受信と同程度の放送区域を維持できるよう考慮すること。	共通	想定している。	同左	同左

システム制御

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの指定を行うことができ、またそれに合わせて受信機制御ができる方式とすること。	共通	放送局側からTMCC(伝送制御情報)を信号に多重して変調装置に伝えることで、伝送パラメータを指定・適切に設定できる機能を有する。	同左	同左
送出する映像、音声、データのフォーマットやビットレート、チャンネル数等を任意に選択、変更できること。	共通	TMCC(伝送制御情報)信号を変調信号に多重して送信する仕組みを有しており、受信機では信号を受信し、TMCC情報を検出することで適切に制御することが可能。	同左	同左

国際展開

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
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。	共通	要素技術に国際標準化された技術を採用し、諸外国においても導入が容易と考えられる。	同左	同左

各放送方式の要求条件への適合性

伝送路符号化方式(使用周波数)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
UHF帯の現行地上デジタルテレビジョン放送用周波数帯に導入できること。	共通	地上テレビジョン放送に割り当てられている470MHz-710MHz帯を使用することを前提としている。	同左	同左

伝送路符号化方式(チャンネル間隔)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
現行地上デジタルテレビジョン放送からの移行の容易さを考慮すること。	共通	地上テレビジョン放送に割り当てられているチャンネル間隔に合致した6MHz以下の信号帯域幅である。	同左	同左

伝送路符号化方式(伝送帯域幅)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ、他の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。	共通	帯域幅5.57MHz/5.83MHzのOFDM形式であり、既存の他システムとの共用条件は地デジと同程度となる見込み(周波数オフセット量を変更した再試験が必要)。	現行地デジと同じOFDM形式であり、既存の他システムとの共用条件は地デジと同程度となる見込み(今後検討)。	同左

伝送路符号化方式(干渉・混信妨害)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
与干渉、被干渉等の電波監理に係る条件を満足すること。	共通	帯域幅5.57MHz/5.83MHzとし、OFDM形式とすることで、既存の他システムとの共用条件は地デジと同程度となる見込み(周波数オフセット量を変更した再試験が必要)。	現行地デジと同じOFDM形式とすることで、既存の他システムとの共用条件は地デジと同程度となる見込み(今後検討)。	同左
飛行場、高速鉄道、高速道路の近くで発生するフラッター妨害に対してもできるだけ安定した受信ができること。	共通	今後確認が必要。	同左	同左

各放送方式の要求条件への適合性

伝送路符号化方式(伝送方式)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
将来の伝送帯域幅拡大も考慮すること。	移行後	伝送帯域幅を7MHz幅、8MHz幅に拡大することが可能。	同左	同左
SFNができる方式であること。	共通	SFNが可能。	同左	同左
チャンネルボンディングなどによって伝送容量を拡張できる方式であること。	移行後	LDPC符号を採用することによって、地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、地デジに比べて伝送容量を拡大することが可能。 TMCC及び低遅延伝送路等を用いて制御情報を伝送することでチャンネルボンディングが実現可能。	LDPC符号を採用することによって、地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、地デジに比べて伝送容量を拡大することが可能。	畳み込み符号を採用することによって、地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、地デジに比べて伝送容量は同程度。

伝送路符号化方式(伝送容量)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
放送サービス品質にあわせ複数の伝送容量が選択できること。	共通	変調方式や符号化率などの伝送パラメータを選択することにより、放送サービス品質に合わせ複数の伝送容量が選択可能。	同左	同左
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。	移行期	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、UHDTV放送が伝送可能な伝送容量を確保できる(地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、地デジに比べて伝送容量を拡大することが可能)。	既存受信機への影響を少なくするため、高度化放送階層で高い伝送ビットレートを確保する場合は地デジよりも所要C/Nの高いパラメータを選択する必要がある。	既存受信機への影響を少なくするため、地デジと同じ変調方式や誤り訂正方式とする必要がある。高度化放送階層で高い伝送ビットレートを確保する場合はセグメントの割当を変更する必要がある。
	移行後	移行期と同様。	同左	地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、UHDTV放送を伝送可能な伝送容量を確保できる(地デジと同程度の所要C/Nとなるパラメータを用いた場合、地デジに比べて伝送容量は同程度)。

各放送方式の要求条件への適合性

伝送路符号化方式(伝送品質)

要求条件		①地上放送高度化方式	②階層分割多重(LDM)方式	③3階層セグメント分割方式
安定な伝送品質を実現するため、放送サービスエリアで所要のビット誤り率を確保できること。	移行期	LDPC符号とBCH符号による誤り訂正技術を採用することで、安定した伝送品質を確保することが可能。	現行地デジ階層では畳み込み符号とRS符号による誤り訂正技術により安定した伝送品質を確保することが可能。 高度化放送階層ではLDPC符号とBCH符号による誤り訂正技術を採用することで、安定した伝送品質を確保することが可能。	現行地デジ階層及び高度化放送階層では畳み込み符号とRS符号による誤り訂正技術により安定した伝送品質を確保することが可能。
	移行後	移行期と同様	LDPC符号とBCH符号による誤り訂正技術を採用することで、安定した伝送品質を確保することが可能。	畳み込み符号とRS符号による誤り訂正技術により安定した伝送品質を確保することが可能。

(参考)各放送方式のパラメータ(検討中)

地上放送高度化方式(移行期/移行後共通)

		パラメータ ①	パラメータ ②	パラメータ ③
階層	A, B階層 セグメント数※1	4, 31	7, 28	8, 27
移動受信 (A階層) HD放送	変調方式	16QAM NUC	QPSK	16QAM NUC
	符号化率	7/16	8/16	7/16
	所要C/N	6.0 dB	1.9 dB	6.0 dB
	伝送容量	1.0 Mbps	1.0 Mbps	1.0 Mbps × 2
固定受信 (B階層) UHD放送	変調方式	256QAM NUC	256QAM NUC	256QAM NUC
	符号化率	12/16	12/16	12/16
	所要C/N	20.2 dB	20.2 dB	20.2 dB
	伝送容量	27.4 Mbps	24.7 Mbps	11.9 Mbps × 2

階層分割多重(LDM)方式(移行期)

		パラメータ ①	パラメータ ②	パラメータ ③※2
地デジ 階層 (UL)	変調方式	16QAM	64QAM	64QAM
	符号化率	2/3	1/2	2/3
	所要C/N	16.7dB	17.7 dB	18.3 dB
	伝送容量	9.9 Mbps	11.2 Mbps	14.9 Mbps
IL		12dB	16dB	23dB
高度化放送 階層 (LL)	変調方式	16QAM	16QAM	QPSK
	符号化率	12/16	12/16	4/16
	所要C/N	23.4 dB	27.2 dB	21.2
	伝送容量	13.1 Mbps	13.1 Mbps	2.1 Mbps

3階層セグメント分割方式(移行期)

		パラメータ①	パラメータ②	パラメータ③	パラメータ④※2
地デジ 階層 (A階層)	変調方式 (符号化率)	QPSK (2/3)			
	伝送容量	0.416Mbps			
地デジ 階層 (B階層) 8seg	変調方式 (符号化率)	64QAM (3/4)			
	伝送容量	11.2 Mbps			
高度化 放送階層 (C階層) 4seg	変調方式	64QAM UC	256QAM NUC	1024QAM NUC	64QAM UC
	誤り訂正符号	LDPC+BCH	LDPC+BCH	LDPC+BCH	畳み込み+RS
	符号化率	14/16	12/16	11/16	7/8
	所要C/N	19.3dB	20.8dB	24.0dB	22dB※3
	伝送容量	7.1 Mbps	8.1 Mbps	9.2 Mbps	6.6 Mbps

3方式の固定受信想定パラメータ(移行後)

		LDM 方式	3階層 セグメント 分割方式	地上放送高度化方式		
				パラメータ ①	パラメータ ②	パラメータ ③
固定 受信 (B階層)	セグメント数	12	12	31	28	27
	変調方式	256QAM UC	256QAM NUC	256QAM NUC	256QAM NUC	256QAM NUC
	誤り訂正符号	LDPC+ BCH	畳み込み+ RS	LDPC+ BCH	LDPC+ BCH	LDPC+ BCH
	符号化率	12/16	2/3	12/16	12/16	12/16
	所要C/N	21.2 dB	22dB程度※4	20.2 dB	20.2 dB	20.2 dB
	伝送容量	24.2 Mbps	20.0 Mbps	27.4 Mbps	24.7 Mbps	11.9 Mbps × 2

※1合計で35セグメント

※2既存受信機への影響を踏まえたパラメータ例

※3地デジ答申における所要C/N

※4未測定のため推定値

主査 ／委員	伊丹 誠	東京理科大学 先進工学部 電子システム工学科 教授
主査代理 ／専門委員	都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
委員	大島 まり	東京大学 生産技術研究所/東京大学 大学院 情報学環 教授
専門委員	雨宮 明	一般社団法人日本CATV技術協会 筆頭副理事長
〃	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃	上園 一知	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 主任研究員
〃	大槻 知明	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
〃	児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃	後藤 薫	国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室 標準較正グループ グループリーダー
〃	関根 かをり	明治大学 理工学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学 環境・社会理工学院 学院長・教授
〃	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 副学長(リカレント教育担当)・ 先端科学技術研究科 教授
〃	豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター長
〃	山田 孝子	関西学院大学 副学長(教務機構長) 総合政策学部 教授

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
地上デジタル放送方式高度化作業班 構成員

氏名	所属・役職
大槻 知明 (主任)	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
松田 一郎 (主任代理)	東京理科大学 理工学部 教授
伊藤 典男	シャープ株式会社 研究開発事業本部 ソリューション事業推進センター 第二開発室 部長
岩尾 洋英	株式会社フジテレビジョン 技術局 局次長職 技術調査分析担当
岩田 昭光	株式会社NHKテクノロジーズ ファシリティ技術本部 送受信センター 公共システム部 専任部長
上園 一知	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 主任研究員
大久保達也	一般社団法人電子情報技術産業協会 専門職調査役
大野 秀樹	東芝インフラシステムズ株式会社 府中事業所 放送・ネットワークシステム部 フェロー
岡野 正寛	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員
岡村 浩彰	株式会社テレビ朝日 技術局 局次長
奥村 友秀	三菱電機株式会社 京都製作所 AVディスプレイ製造部 担当部長
齋藤健太郎	東京電機大学 システムデザイン工学部 デザイン工学科 准教授
高田 仁	一般社団法人日本民間放送連盟 企画部 専任部長
高柳 宣治	ソニー株式会社 HES事業本部 HES技術戦略室 マネージャー
樽見 敏夫	株式会社テレビ東京 技術局 局次長
土田 健一	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 委員長
豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター長
中井 了一	一般社団法人電波産業会 研究開発本部 放送グループ 担当部長
中原 俊二	日本放送協会 技術局 計画管理部 エグゼクティブエンジニア
中丸 則兼	一般社団法人日本CATV技術協会 事業部(規格・標準) 部長
中邨 賢治	TVS REGZA株式会社 R&Dセンター 先行技術開発担当 参事
中村 直義	一般社団法人放送サービス高度化推進協会 技術部 部長
沼尻 好正	日本アンテナ株式会社 経営戦略室 経営戦略グループ エキスパート
深澤 知巳	株式会社TBSテレビ メディアテクノロジー局 技術管理部 兼メディア企画室 担当部長
藤井 雅弘	宇都宮大学 工学部 基盤工学科 准教授
藤高 丞士	サン電子株式会社 受信機器開発部 主務
森吉 達治	日本電気株式会社 放送・メディア事業部 マネージャー
山口 隆	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 DXDC運営企画部 技術渉外課 主任技師
山本 英雄	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 担当局次長 兼 デジタルコンテンツ制作部長