

映像、音声及び伝送路の符号化方式等の 検討状況について

令和4年2月28日

事務局

本作業班における調査状況

項目	主な調査内容	第一次 状況報告	第二次 状況報告	第三次 状況報告	委員会報 告/答申
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)				→

第三次検討状況報告における目次(想定)

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

VVCの主観評価実験結果 (第13回にて調査)

(2)音声符号化方式の性能調査

MPEG-4 AAC、MPEG H 3DA、AC-4、Enhanced AC-3の主観評価実験結果 (第13回にて調査)

3. 放送方式について

(1)既存受信機への影響

3階層セグメント分割方式、階層分割多重(LDM)方式の既存受信機(固定受信機・録画機・車載受信機)への影響を調査 (第13回にて調査)

(2)次世代の地上放送方式に関する調査

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の調査状況、CATVの再放送の検討、他無線システムとの影響調査 等

(3)各放送方式の要求条件への適合性(案)

(1) (2) の調査状況を整理し、要求条件との適合性の観点で調査を実施

4. 今後の検討課題

5. 参考資料

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

VVCの主観評価実験結果

(2) 音声符号化方式の性能調査

MPEG-4 AAC、MPEG H 3DA、AC-4、Enhanced AC-3の主観評価実験結果

映像符号化方式の調査結果概要

- 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。

所要ビットレートの算出

- VVCの所要ビットレートを算出するため、主観画質評価(5段階評価)を実施。
- 評価の平均値(MOS)が全て3.0以上となるビットレートを、所要ビットレートとして算出。
- 評価実験の結果、2K(SDR)は7Mbps、4K(SDR)は30Mbps、4K(HDR)は10Mbpsと算出された。

表 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 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)

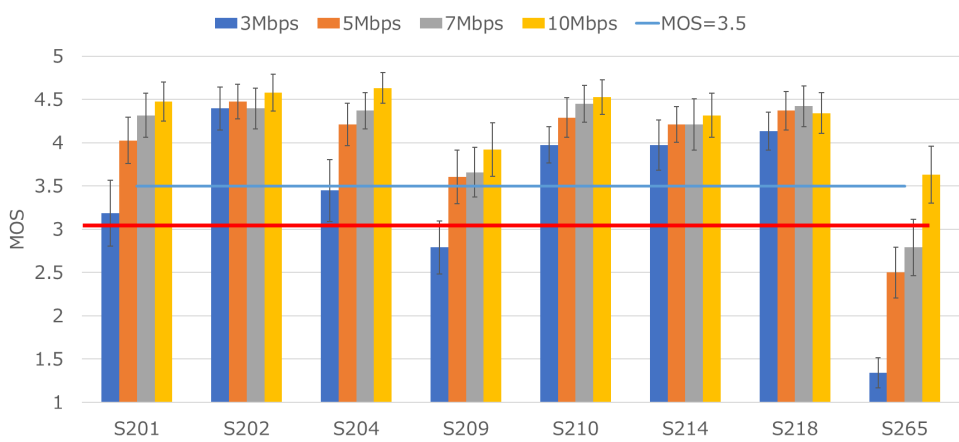


図 ビットレートと主観画質評価値の関係(2K SDR)

MOS値(2160/60/P, SDR)

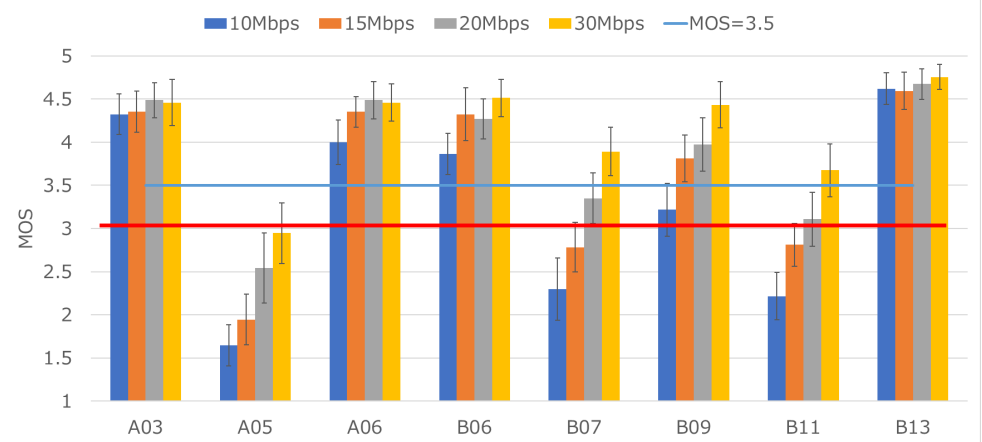


図 ビットレートと主観画質評価値の関係(4K SDR)

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。

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放送品質未滿となるが、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は高い。

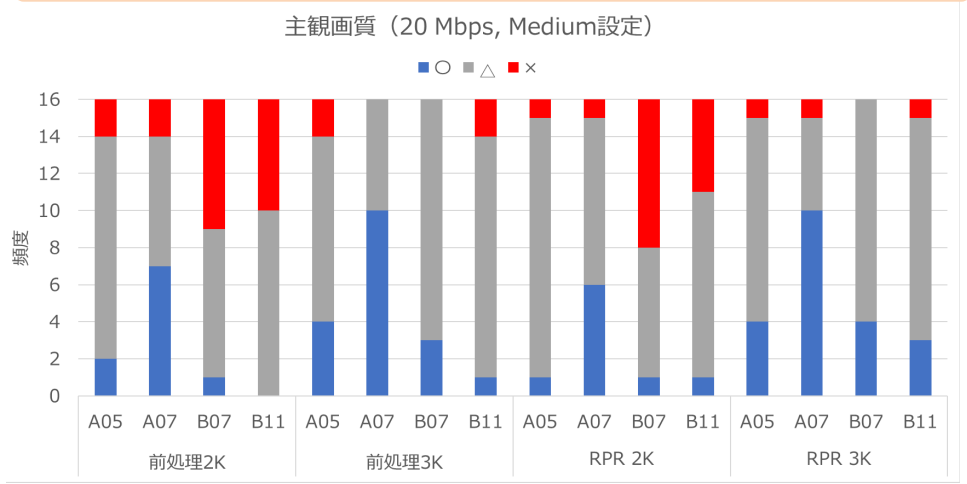


図 画質改善手法の効果(対4K符号化映像)

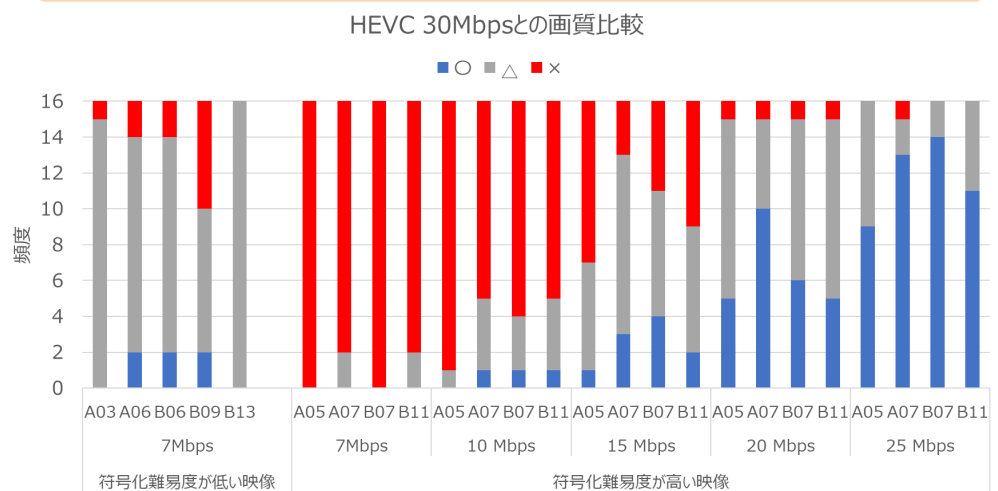


図 画質改善手法の効果(対HEVC 30Mbps)

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

VVCの主観評価実験結果

(2) 音声符号化方式の性能調査

MPEG-4 AAC、MPEG H 3DA、AC-4、Enhanced AC-3の主観評価実験結果

次世代の音声符号化方式の性能調査について

- 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算出
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】

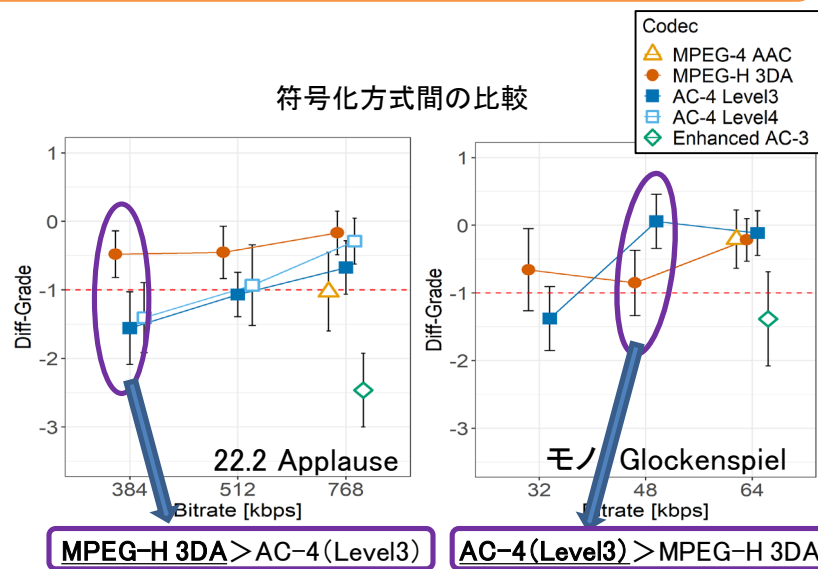
- 所要ビットレートにおいて、MPEG-H 3DAとAC-4の2つの方式が他より良い結果となった。
- MPEG-H 3DAとAC-4の2つの符号化方式の間において、一部の音源や音声フォーマットの組み合わせで所要ビットレートの差は認められたが、大半は有意な差が認められなかった。
- この2つの符号化方式の間において、レンダリング技術の違いによる品質差は一部の条件で認められたが、大半は有意な差が認められなかった。
- 符号化方式によってレンダリング技術が異なるため、制作者の意図を保持したまま相互変換することが難しく、運用時にはどちらか一方の方式を採用することが望ましい。

ビットレートと品質に関する主観画質評価実験

- 所要ビットレートの算出及び符号化方式間の圧縮性能比較のため、主観画質評価実験を実施した。
- 符号化方式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 3D Audio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算出

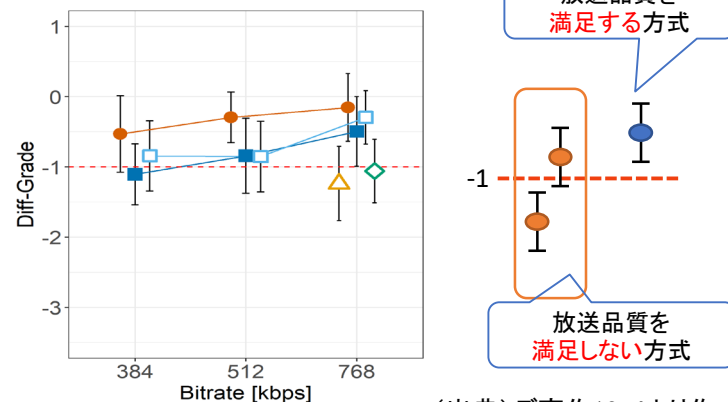
- MPEG-H 3DAとAC-4の各音声フォーマットにおける、放送品質を満足する所要ビットレートは下表のとおり。
- マルチチャンネルではMPEG-H 3DAが、モノではAC-4がそれぞれ所要ビットレートが低くなる傾向となった。

表 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算出



(出典) デ高作13-4より作成

レンダリング技術に関する主観評価実験

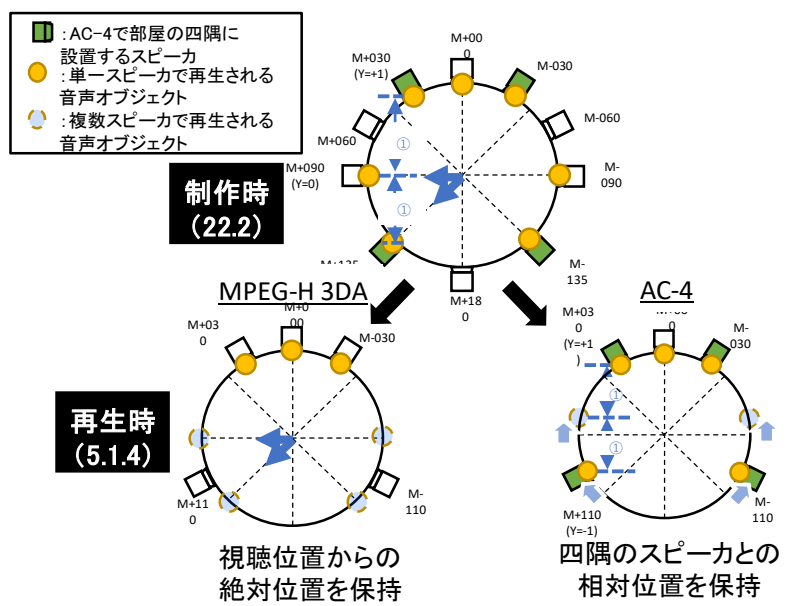
- 音源位置の再現性能や再生環境(スピーカー配置)への適応方法の違いによる品質差の調査を実施。
- 一部において品質差が認められたが、MPEG-H 3DAとAC-4において、どちらかの方式が良いという結果は得られなかった。

○ 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。



(出典) デ高作13-4より作成

3. 放送方式について

(1) 既存受信機への影響

3階層セグメント分割方式、階層分割多重(LDM)方式の既存受信機(固定受信機・録画機・車載受信機)への影響を調査

(2) 次世代の地上放送方式に関する調査

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の調査状況、CATVの再放送の検討、他無線システムとの影響調査 等

(3) 各放送方式の要求条件への適合性(案)

(1) (2) の調査状況を整理し、要求条件との適合性の観点で調査を実施

既存受信機への影響について

【既存受信機への影響】

- 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、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。

【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)の違いによる不具合が発生したことから、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。

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不具合が一部の受信機で発生。
- 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不具合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方式における主な不具合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(\approx 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には、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(\approx 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不具合が発生。
- 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不具合

- ・ 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不具合が発生した。

⇒ 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方式での主な不具合

- ・ 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。

