

映像圧縮に関する技術動向調査 MPEG2およびHEVC

2020年3月3日

日本電気株式会社 放送・メディア事業部

調査の目的

- 現行地デジ放送で用いられているMPEG2、BS4K放送で用いられているHEVCはそれぞれ規格化から時間が経過しており、規格化当初に比べ映像圧縮装置の処理能力向上等による伝送レート低減の可能性があるため、最新のMPEG2、HEVCエンコーダによる圧縮性能を評価する
- 映像品質向上が期待されるフィールドストラクチャ、HDR技術のMPEG2への適用効果を確認する

実施内容

- ① 最新MPEG2エンコーダの圧縮性能評価、フィールドストラクチャの効果評価、2003年の地デジ放送開始時のエンコーダとの比較
- ② HDR映像素材のMPEG2圧縮性能および主観画質評価
- ③ 最新HEVCエンコーダの圧縮性能評価、2014年の4K試験放送開始時のエンコーダとの比較

調査 ①

最新MPEG2エンコーダの圧縮性能評価
フィールドストラクチャの効果評価
2003年の地デジ放送開始時のエンコーダとの比較

調査内容

最新MPEG2エンコーダの圧縮性能、フィールドストラクチャの効果評価

- HD素材に加え、4Kからのダウンコンバート素材での評価を実施
- 客観画質評価指標: PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)

2003年時のエンコーダと最新エンコーダの画質比較

- 過去の調査結果[1]を踏まえ、2003年時の別のエンコーダの評価を追加し比較分析

HDR素材に対しては主観画質評価も実施(調査項目②)

[1]「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する検討」報告書(平成30年3月)

[1]で
実施済

素材	前処理	MPEG-2 Enc	後処理	評価
HD		2003年 Enc-2 (A社製 VC-5300)		客観画質 (PSNR)
HD		2003年 Enc-1 (B社製 ENC-3000HD)		客観画質 (PSNR)
HD		2018年 Enc (A社製 YE-5380)		客観画質 (PSNR)
4K	HD ダウンコン	2018年 Enc (A社製 YE-5380)		客観画質 (PSNR)
4K HDR	HD ダウンコン	2018年 Enc (A社製 YE-5380)	4K アップコン	客観画質 (PSNR) 主観画質 (DSCQS)

過去の調査[1]の評価内容との関係

評価パラメータ

過去の調査[1]と同様のパラメータとする

HD素材に加え、4K、4K HDRからのダウンコンバート素材での評価も実施する

入力画像フォーマット	1920x1080/59.94i , YCbCr 4:2:2, 10-bit
符号化画像フォーマット	1440x1080/59.94i , YCbCr 4:2:0, 8-bit
MPEG2 プロファイル/レベル	MPEG2 MP@H-1440
Field Structure	最新エンコーダ A社製 YE-5380は有り/無し設定可
映像TSレート	8.0Mbps ~ 13.5Mbps (0.5Mbps刻み)
素材画像	HD非圧縮原画像 ・ ITE ハイビジョンシステム評価用標準画像第2版 Aシリーズ 41種類 4Kからのダウンコンバート ・ ITE 超高精細・広色域標準動画像 A,Bシリーズ 26種類 4K HDRからのダウンコンバート ・ ITE 超高精細・広色域HDR版標準動画像 Cシリーズ 17種類

客観画質評価結果(1): HD映像素材

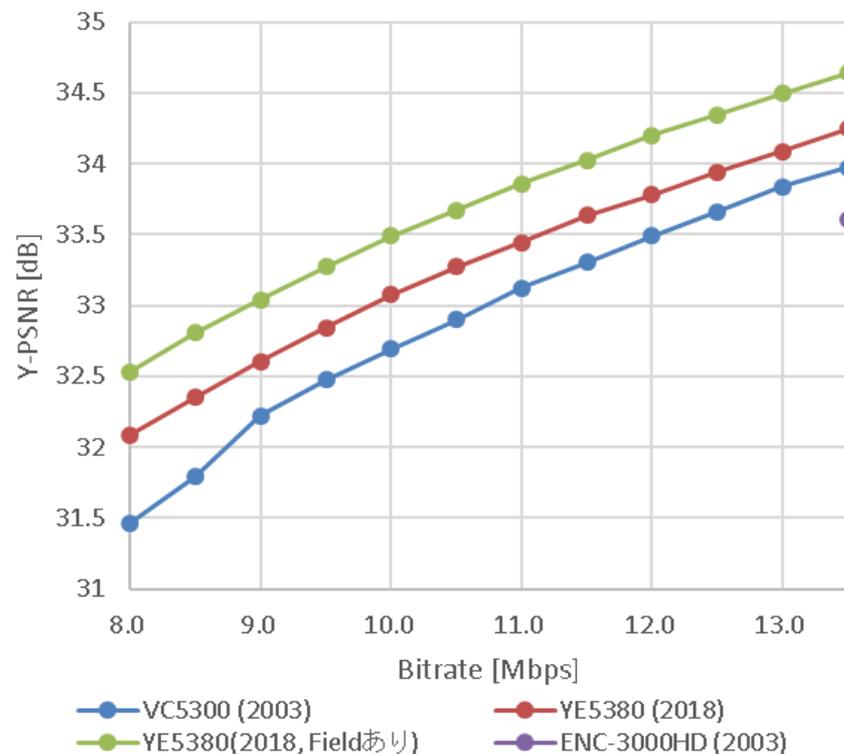
■ エンコーダの能力向上により、同画質の実現に必要なビットレートは徐々に低減

● ENC3000HD(2003年) 13.5Mbps ⇒ YE-5380(2018年) 11.5Mbps

■ フィールドストラクチャ活用により、ビットレートをさらに低減可能

● ENC3000HD(2003年) 13.5Mbps ⇒ YE-5380(2018年,フィールドあり) 10.0Mbps

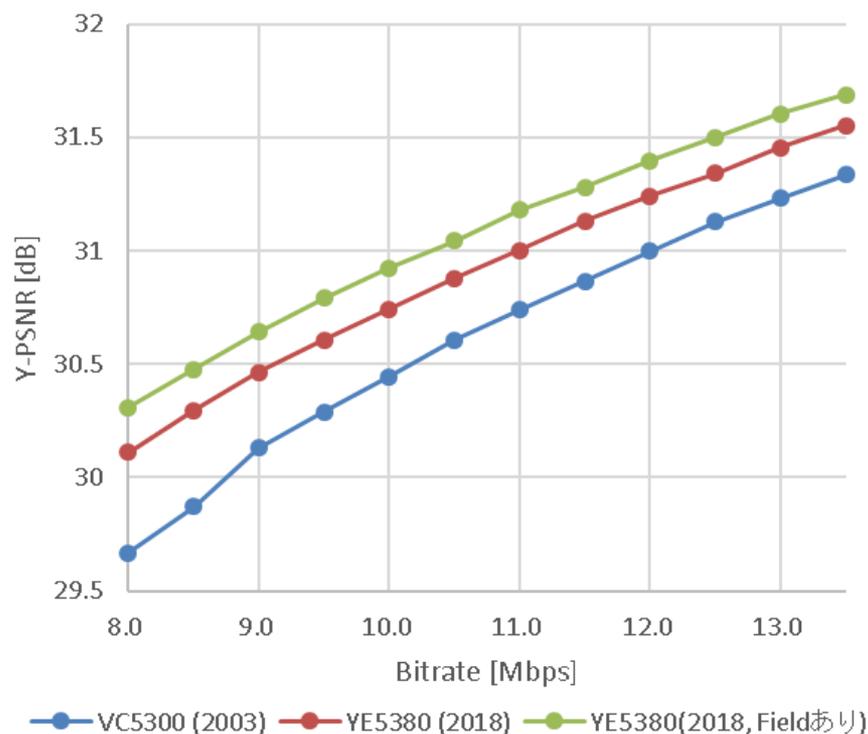
■ 2003年時のエンコーダ同士でも一定の差異を確認



ビットレートと輝度PSNRの関係 (ITE HD素材 41種)

客観画質評価結果(2): 4Kダウンコン素材

- ビットレートと画質の関係は4Kダウンコン素材でもHD素材と同様の傾向
- HD素材と同様にエンコーダの能力向上によるビットレート低減効果を確認
- フィールドストラクチャも同様にビットレート低減に有効



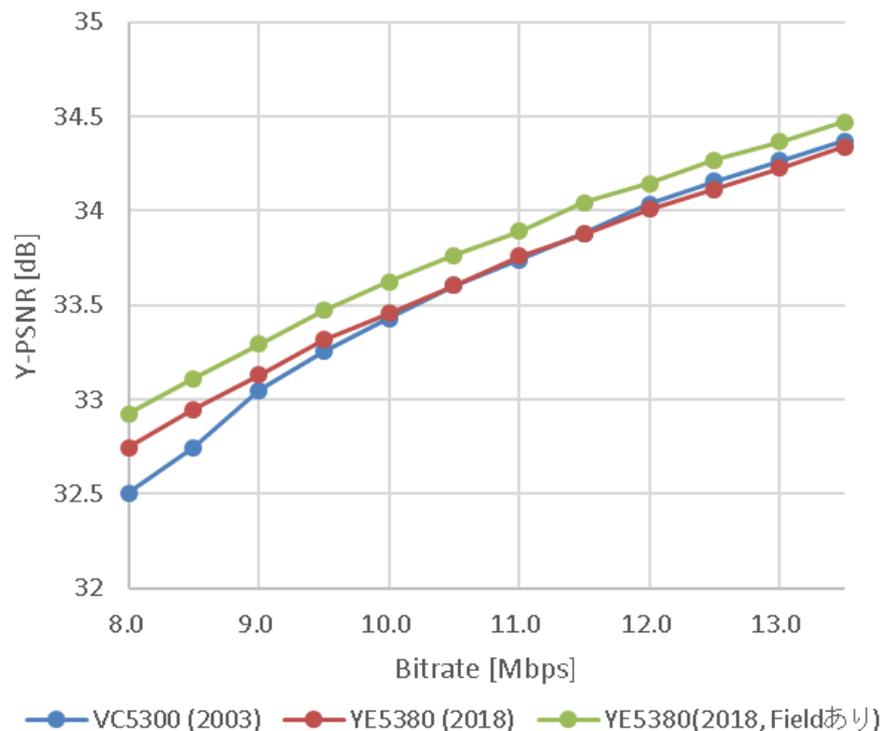
ビットレートと輝度PSNRの関係 (ITE 4K素材, A,Bシリーズ 26種)

客観画質評価結果(3): 4K HDRダウンコン素材

4K HDR素材では2018年エンコーダのビットレート低減効果が小さい

- ITE Cシリーズには動きが比較的小さくPSNRが高いシーンが多く含まれており(花火 5種、バレーボール 1種)、このようなシーンでの改善効果が小さい
- HDR素材であることと直接的には関連しないと考えられる

他の素材と同様、フィールドストラクチャはビットレート低減に有効



ビットレートと輝度PSNRの関係 (ITE 4K HDR素材, Cシリーズ 17種)

調査 ②

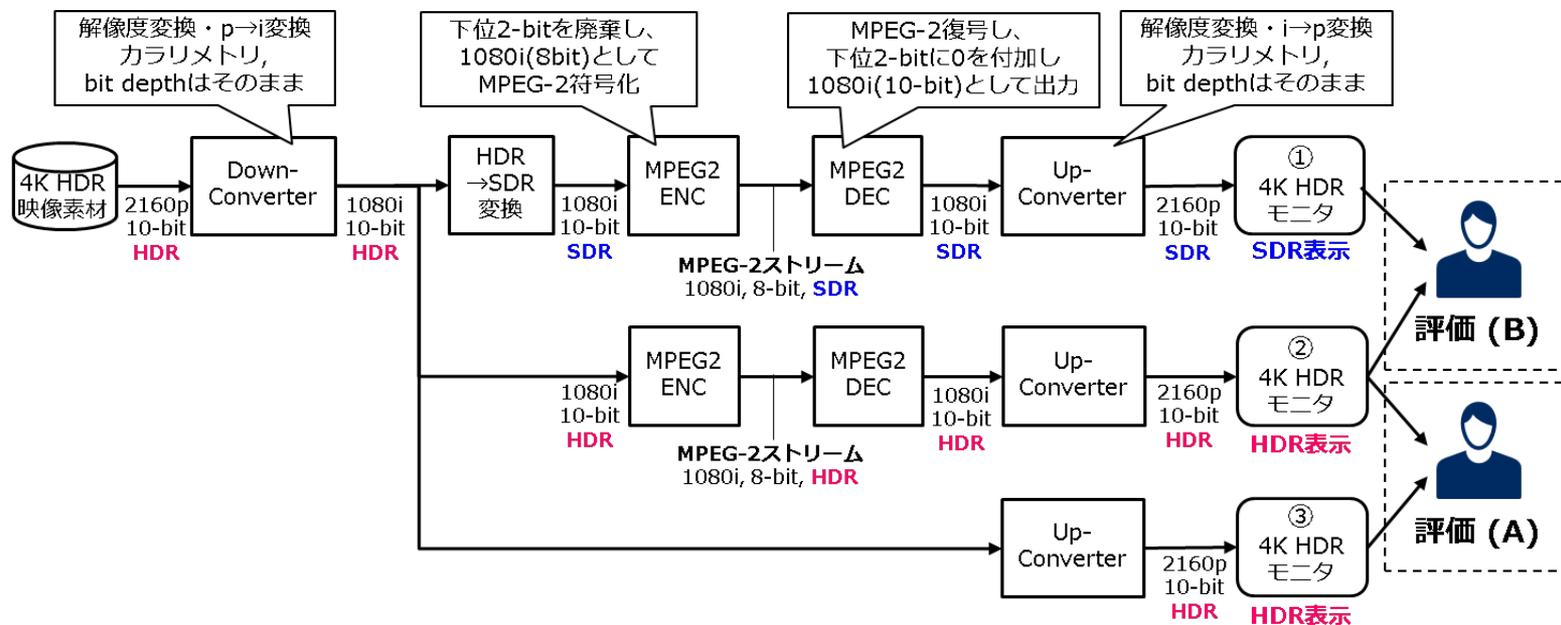
HDR映像素材のMPEG2圧縮性能および主観画質評価

評価(A): HDR信号に対するMPEG2圧縮の影響

- 原信号(③)とMPEG2圧縮映像(②)の画質比較、主観画質評価
- 評価指標: ITU-R BT.500 DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)

評価(B): HDR→SDR変換後の圧縮伝送と、HDR信号のままでの圧縮伝送の比較

- 映像信号のカラリメトリやダイナミックレンジが異なるため、直接比較は難しい
- 放送局等の画像専門家による画質比較コメントを収集



- ① (現行受信機想定) HDR→SDR変換したSDR信号としてMPEG2符号化、復号してSDR表示
- ② (将来受信機想定) 8bit化したHDR信号としてMPEG2符号化、復号してHDR表示
- ③ (原信号) HDR原信号をそのままHDR表示

評価パラメータ

評価者の負担軽減のため、素材およびビットレートの種類を絞って実施

評価者

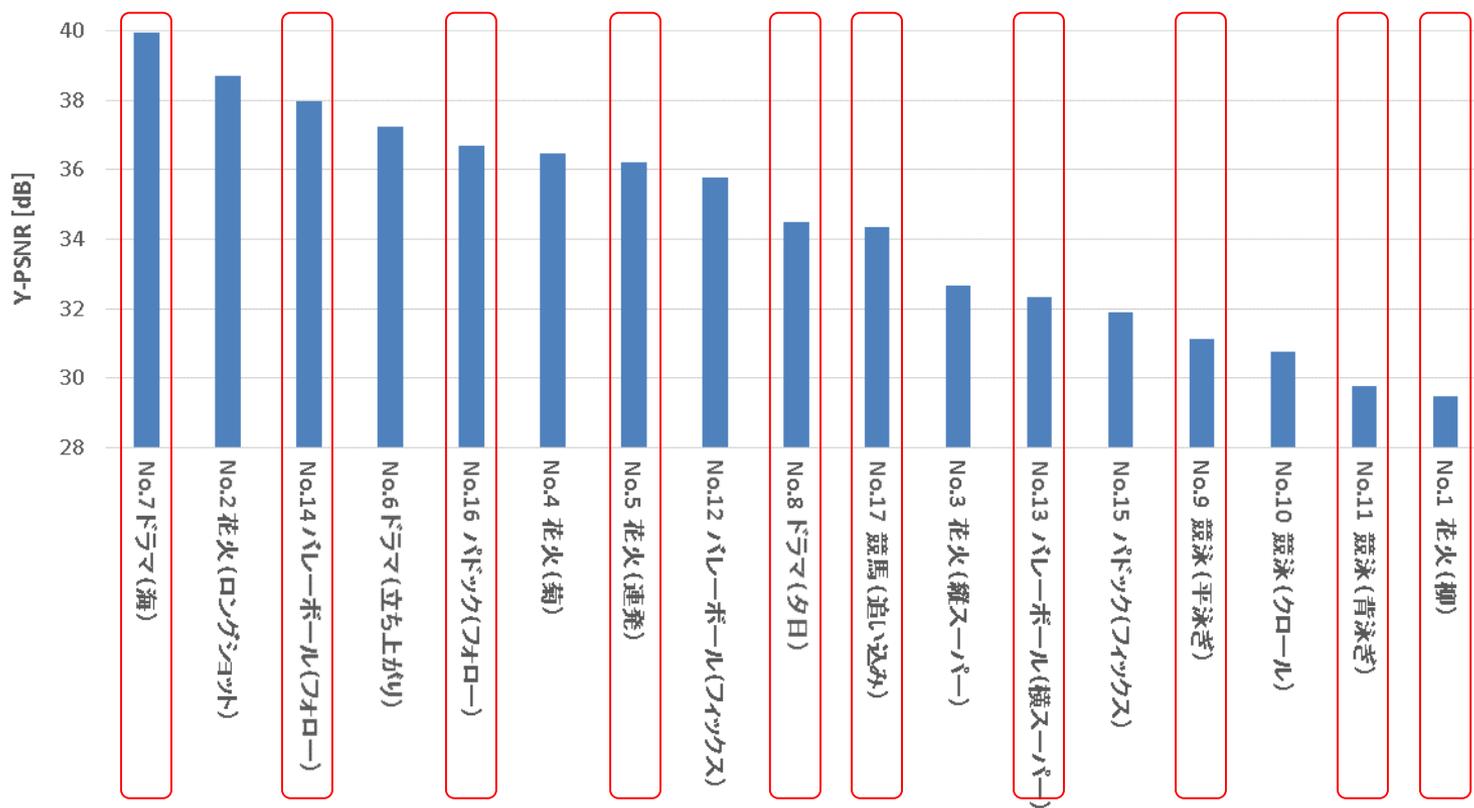
- 評価(A): 画像の非専門家 30名
- 評価(B): 放送局の画像専門家中心 17名

入力画像フォーマット	1920x1080/59.94i , YCbCr 4:2:2, 10-bit
符号化画像フォーマット	1440x1080/59.94i , YCbCr 4:2:0, 8-bit
MPEG2 プロファイル/レベル	MPEG2 MP@H-1440
Field Structure	有り
映像TSレート	評価(A): 8.0Mbps ~ 13.0Mbps (1.0Mbps刻み) 評価(B): 高(13.0Mbps), 中(10.0Mbps), 低(8.0Mbps), 圧縮無し
素材画像	4K HDRからのダウンコンバート ・ ITE 超高精細・広色域HDR版標準動画像 Cシリーズ のうち10種類 (花火(柳), 花火(連発), ドラマ(海), ドラマ(夕日), 競泳(平泳ぎ), 競泳(背泳ぎ), バレーボール(フォロー), バレーボール(横スーパー), パドック(フォロー), 競馬(追い込み))

評価画像選定

HDR版標準動画像17種類から、以下の方針で10素材を選定

- なるべく多様なシーンをカバーする
- 事前評価した平均PSNRの観点で素材が偏らないように

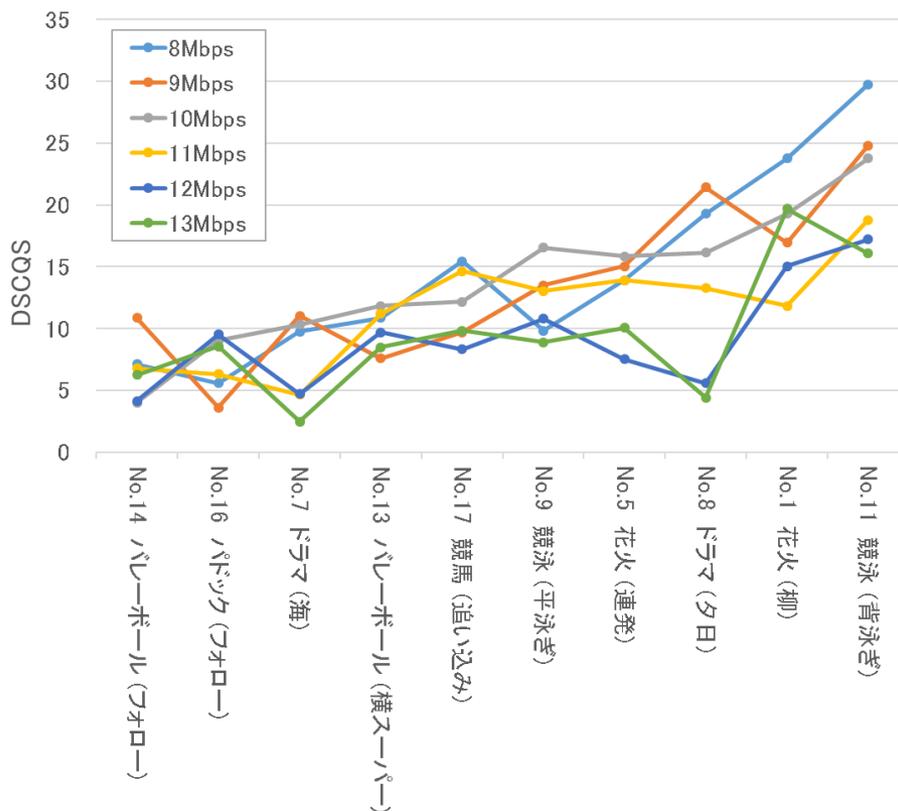


TSLレート13.5Mbpsにおける輝度PSNR分布：赤枠が選定した10素材

主観画質評価結果：評価(A)

HDR信号に対するMPEG2圧縮の影響

- 12Mbps以上で、BT.1122に示されている放送におけるDSCQSに関するユーザ条件(全体の75%以上の評価画像で12%以下、残りの評価画像で30%以下)を満たしている
- ただし、本評価ではBT.1122の他の要件（評価素材の条件やBT.2100への整合性：本来10bitもしくは12bitで定義されているHDRであるが、8bitで符号化を実施している等）を十分考慮しているわけではないため、参考結果と考える必要がある



主観画質評価結果：評価(B)

「HDR映像素材を直接MPEG2圧縮する」ことに対してポジティブなコメントとネガティブなコメントに分類

全体的な傾向では、HDRとしてのダイナミックレンジの広さ等により見栄えは良いというコメントが17名中14名からあった一方、符号化による劣化・ノイズはHDRの方が目立ち、低レートではHDRの印象が悪いというコメントが多かった

評価基準	ポジティブなコメント	ネガティブなコメント
不自然なノイズが発生していないか (8bitで符号化する影響)	<ul style="list-style-type: none">10bitと8bitの2bitの差の影響よりも、符号化ノイズの方が支配的である(1名)	<ul style="list-style-type: none">グラデーション部分のバンディングが目立つ(8名)
符号化劣化の見え方に差があるか (輝度範囲が広がった影響)	(該当するコメント無し)	<ul style="list-style-type: none">輝度範囲が広がった分、符号化劣化はHDRの方が目についた(10名)HDRでは横スーパーのエッジノイズとチラつきが目立つ(8名)レートを落していくとHDRの方が劣化度合いが大きい(8名)1.5H視距離では劣化が目立つが3H視距離以上では良好(4名)
見栄えが良いか (HDRの効果があるか)	<ul style="list-style-type: none">ダイナミックレンジの広がりによる高輝度部分の表現力が良く、現行想定 of SDRと比べても黒部分の再現力が上がっている印象。またSDRと比較して高コントラストな映像はよりメリハリがあり立体感が感じられた(14名)	<ul style="list-style-type: none">HDRの効果(階調のリアリティ)をより良く表現するには最新の符号化方式、またはMPEG-2であるなら十分なレートが必要。低レートではチラつき・文字の読み難さ・ブロックノイズ・モスキートノイズが逆に目立って全体の印象として悪く感じた(5名)

調査 ③

最新HEVCエンコーダの圧縮性能評価
2014年の4K試験放送開始時のエンコーダとの比較

最新4K HEVCエンコーダの圧縮性能評価

- エンコーダ: A社製 VC-9700 (BS4K放送で用いられているYE-9300と同画質)
- 客観画質評価指標: PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)

2014年時のエンコーダとの比較

- 過去の調査[1]と同様に、A社製VC-8150と比較分析
- VC-9700の性能向上についても評価

評価パラメータ

過去の調査[1]と同様のパラメータとする

新たに作成されたHDR対応の標準動画像Cシリーズを追加

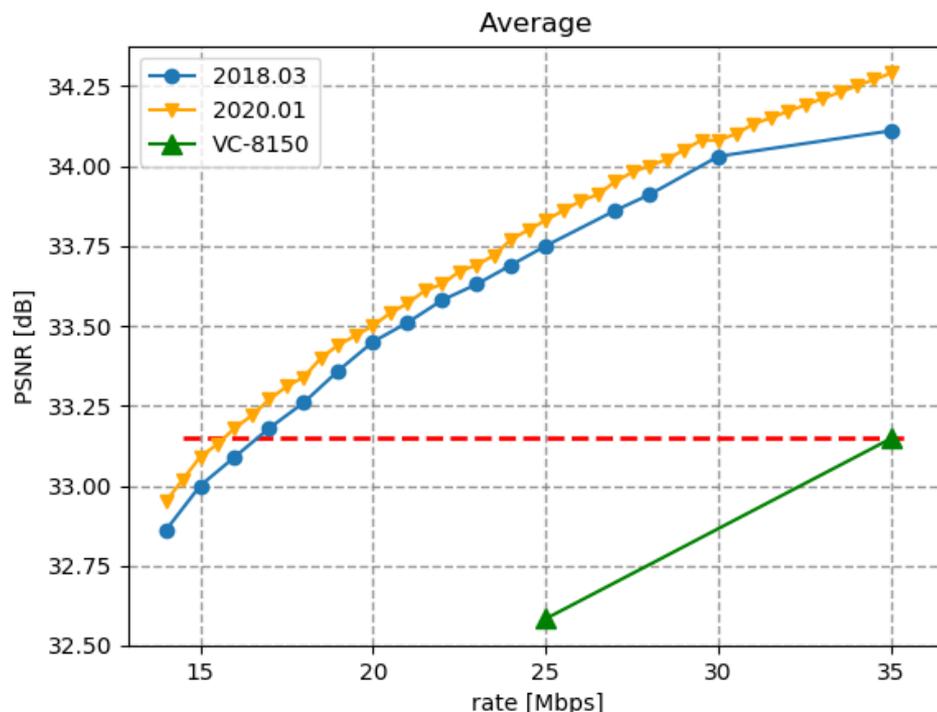
入力画像フォーマット	3840x2160/59.94p , YCbCr 4:2:2, 10-bit
符号化画像フォーマット	3840x2160/59.94p , YCbCr 4:2:0, 10-bit
表色系	ITU-R Rec. BT.2020 準拠
HEVC プロファイル/レベル	HEVC Main10@Level 5.1
遅延モード	通常遅延
GOP構造	VC-8150: M=3/N=15, VC-9700: M=8/N=32
映像TSLレート	VC-8150: 25Mbps, 35Mbps VC-9700: 14.0Mbps ~ 35.0Mbps (0.5Mbps刻み)
素材画像	<ul style="list-style-type: none">・ ITE 超高精細・広色域標準動画像 Aシリーズ 10種類・ ITE 超高精細・広色域標準動画像 Bシリーズ 16種類・ ITE 超高精細・広色域HDR版標準動画像 Cシリーズ 17種類

客観画質評価結果(1): 4K素材

■ エンコーダの能力向上により、同画質の実現に必要なビットレートは大きく低減

■ VC-9700同士でも[1]の調査時点から圧縮性能向上

- 2018年版VC-9700: 17.0MbpsでVC-8150の35Mbpsを上回る
- 2020年版VC-9700: 16.0MbpsでVC-8150の35Mbpsを上回る

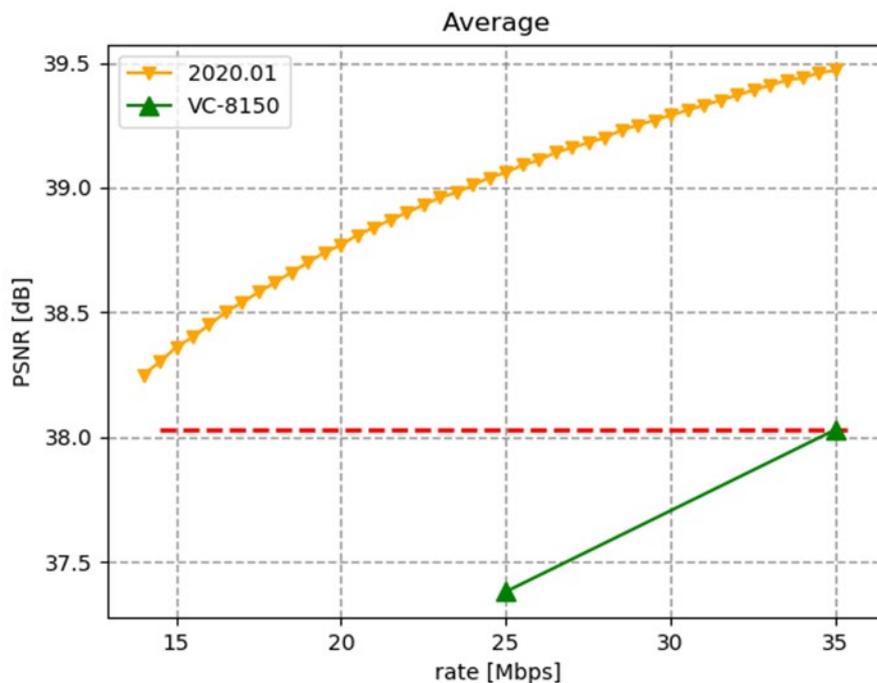


- ・ 2018.03: 過去調査[1]時点のVC-9700
- ・ 2020.01: 最新VC-9700

ビットレートと輝度PSNRの関係 (ITE 4K素材, A,Bシリーズ 26種)

客観画質評価結果(2): 4K HDR素材

- エンコーダの能力向上により、同画質の実現に必要なビットレートは大きく低減
- 標準動画像Cシリーズに関しては、A,Bシリーズよりも大きな圧縮性能改善
 - 2020年版VC-9700: 計測した最低レートの14.0MbpsでVC-8150の35Mbpsを上回る



ビットレートと輝度PSNRの関係 (ITE 4K HDR素材, Cシリーズ 17種)

まとめ

調査結果まとめ

① 最新MPEG2エンコーダの圧縮性能評価、フィールドストラクチャの効果評価、2003年の地デジ放送開始時のエンコーダとの比較

⇒ 2003年のエンコーダ(VC-5300,ENC3000HD)との圧縮性能比較を実施し、最新エンコーダYE-5380のレート低減効果を確認。ENC3000HDの13.5Mbps相当の画質をYE-5380では11.5Mbps程度で達成でき、フィールドストラクチャを活用すればさらに10.0Mbps程度までビットレート低減が可能であった。

② HDR映像素材のMPEG2圧縮性能および主観画質評価

⇒ HDR映像に対するMPEG2圧縮の影響に関しDSCQSによる主観画質評価を実施。12.0Mbps以上のレートではBT.1122の要求条件を満たしていた(参考)。

⇒ HDR映像を直接MPEG2圧縮する方式と、SDR変換後にMPEG2圧縮する方式(現行受信機想定動作)の主観比較実験を実施。収集した評価コメントからは、直接圧縮ではHDRの効果があり見栄えは良いが、SDR変換方式よりも符号化劣化・ノイズが目立ちやすいという傾向が見られた。

③ 最新HEVCエンコーダの圧縮性能評価、2014年の4K試験放送開始時のエンコーダとの比較

⇒ 2014年の4K HEVCエンコーダ(VC-8150)との圧縮性能比較を実施し、最新エンコーダVC-9700のレート低減効果を確認。VC-8150の35.0Mbps相当の画質をVC-9700では16.0Mbps程度で達成できる。