

第135回情報通信研究会

映像符号化の標準化動向

日本放送協会 放送技術研究所
岩村 俊輔

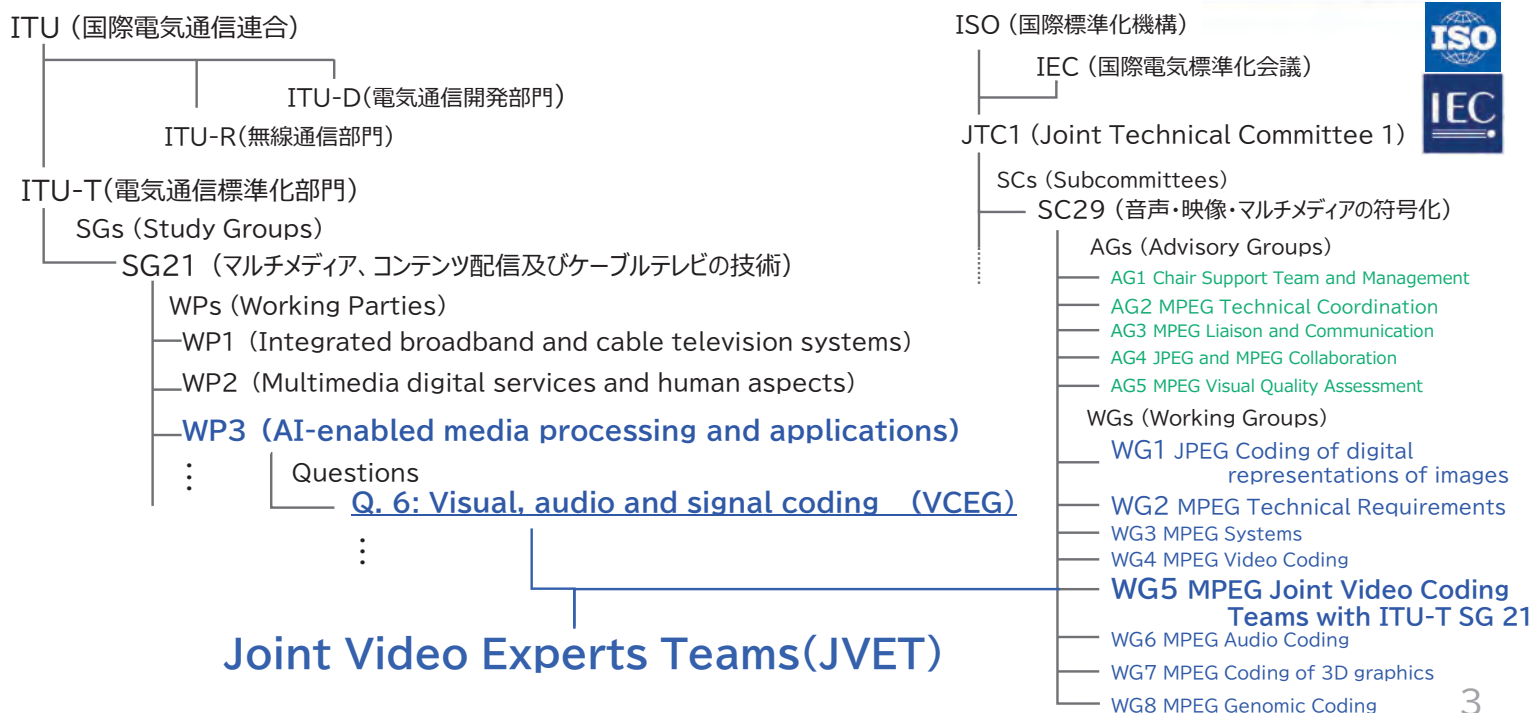
2025年11月5日

NHK

目次

NHK

1. 映像符号化の標準化
2. 映像符号化技術の変遷
3. VVC実用化に向けた取り組み
4. ポストVVC標準化に向けて



3

IUT-T/MPEGにおける映像符号化の標準化

JVT (Joint Video Team) 活動2001年～

- H.264 / MPEG-4 AVC (2003)
- スケーラブル拡張 (2007)
- マルチビュー拡張 (2009)
- 放送・通信・ストレージで広く採用、エミー賞受賞(2008)

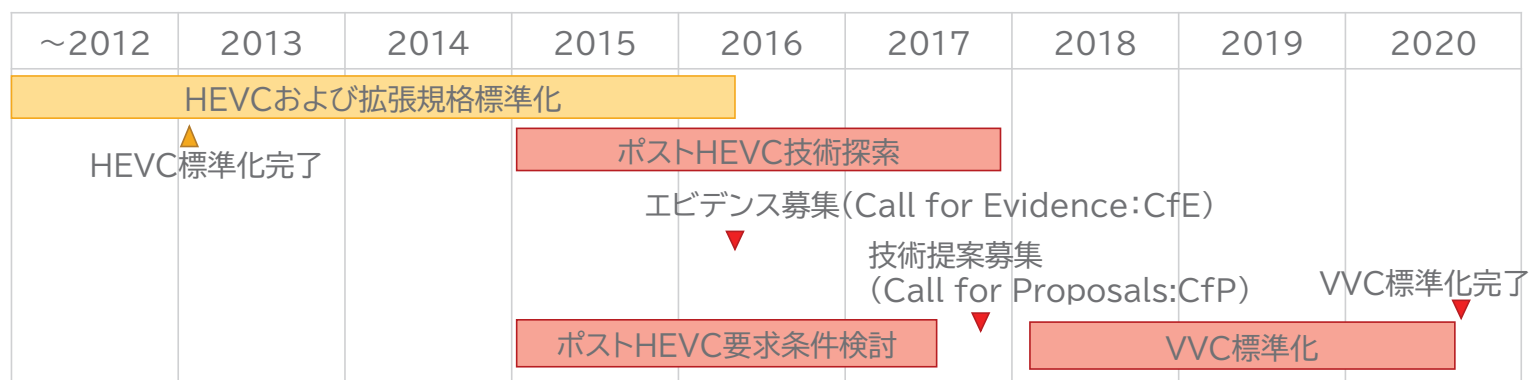
JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) 活動2010年～

- H.265 / MPEG-H Part.2 HEVC (2013)
- レンジ拡張、スケーラブル拡張、マルチビュー拡張 (2014)
- 3D拡張 (2015)
- スクリーンコンテンツ拡張 (2016)
- UHD配信やBS4K/8K放送など高精細映像サービスで広く利用、エミー賞(2017)

4

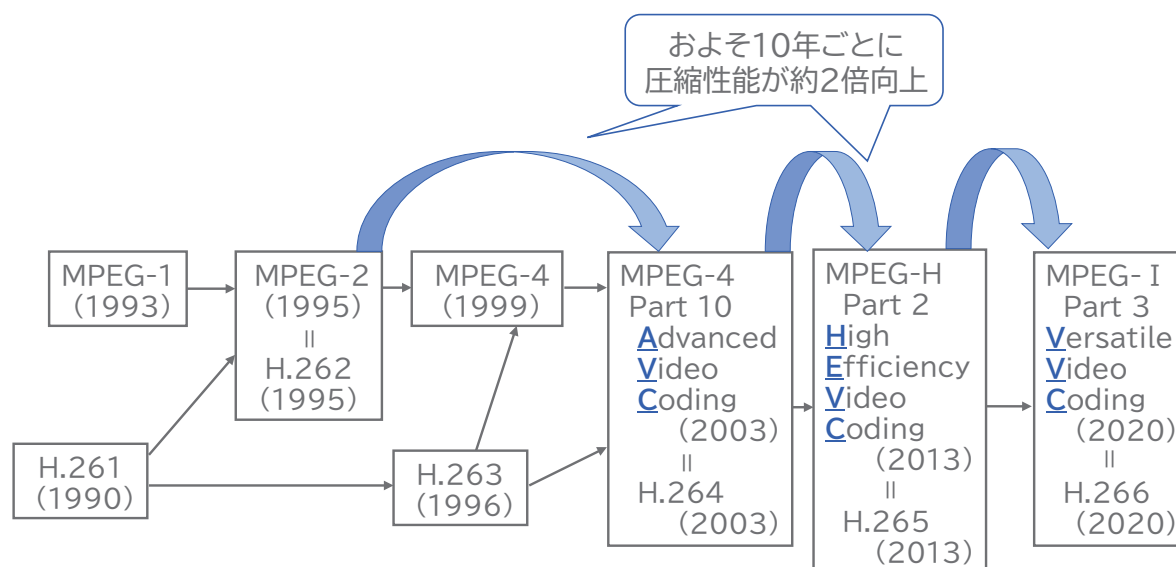
JVET (Joint Video Exploration Team) 活動2015年～

- HEVCを超える次世代映像符号化技術の開発を目的に活動を開始
- 標準化検討が本格化した2017年からはJoint Video Experts Teamに改名
- H.266 / MPEG-I VVC (2020)
- H.274 / VSEI (2020)



映像符号化方式の歴史

- ISO/IEC規格MPEGと、ITU-T勧告H.26Xの変遷





1. 要求条件検討: 既存の標準方式で実現できない産業上のユースケースなどを議論し、次世代の標準技術の要求条件を検討
2. エビデンス募集(CfE): 次世代方式の標準化の必要性を裏付けるための客観的な証拠(画質改善など)を広く募集するプロセス
3. 技術提案募集(CfP): 次世代標準技術を検討するための、技術を広く募集するプロセス

7

規格化における符号化ツールの評価

● 規格化会合では提案された符号化技術の評価して採否を決定

- ソフトウェアモデルに実装して評価
- 決められた評価画像を符号化

1. 符号化効率

- 提案技術有/無の符号量削減率

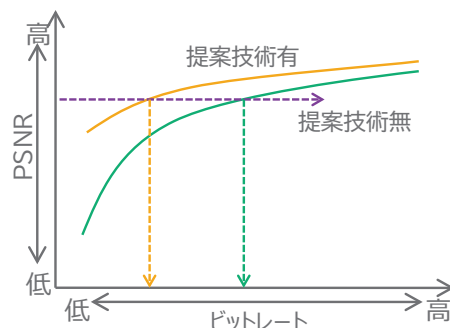
2. 画質

- 簡易な主観評価を行う
 - 他の類似提案との比較をすることも

3. 処理量

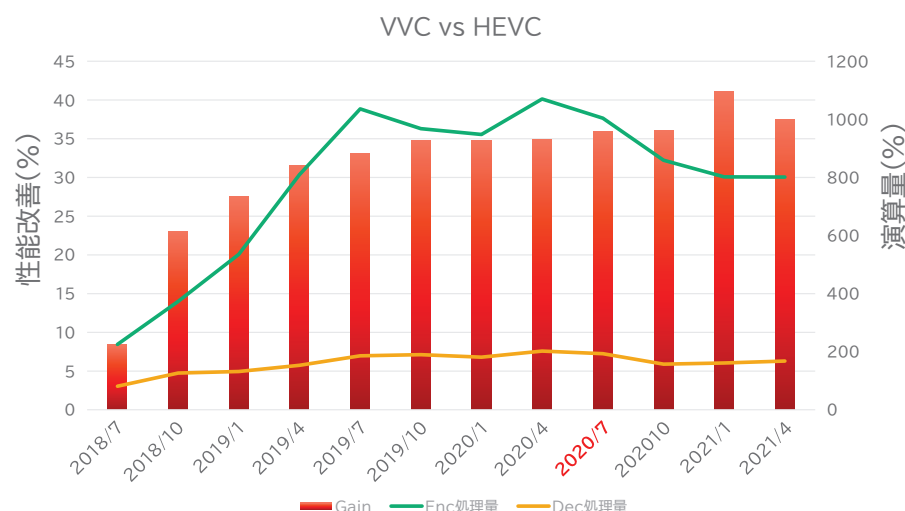
- 符号化処理の複雑度を評価する
 - 演算時間比、演算回数(加算、乗算、シフト演算...)、メモリバンド幅

- 符号化性能の向上(1, 2)と実装コスト(3)とのトレードオフが重要



8

- VVCに準拠した参照ソフトウェアであるVTM(VVC Test Model)のHM(HEVC Test Model)に対する性能



映像カテゴリ	性能改善
4K・放送コンテンツ	39.6 %
4K・ユーザー制作	43.4 %
HD	36.5 %
480p	32.8 %
240p	30.7 %
スクリーンコンテンツ	45.8 %

9

標準化に活動的な国・企業



US: Qualcomm, InterDigital, Google, Dolby, Apple, Broadcomm

CN: Alibaba, Tencent, Huawei, ByteDance, Oppo

KR: Samsung, LGE, ETRI

EP: Ericsson, Nokia, Fraunhofer HHI

JP: KDDI, Sharp, Sony, Panasonic, NHK, NEC, MITSUBISHI, Fujitsu

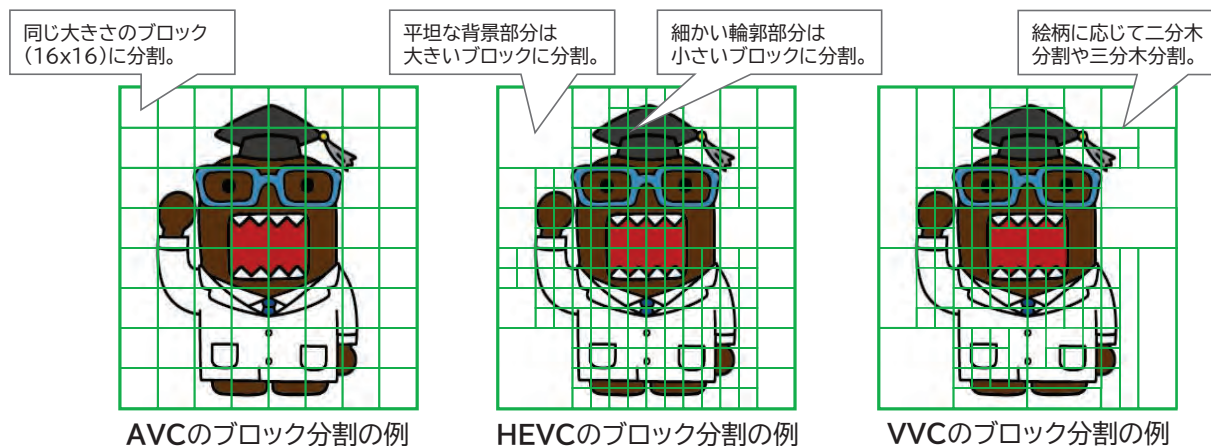
半導体メーカー、電機メーカー、通信事業者、コンテンツ事業者、研究機関などから300～400名参加

10

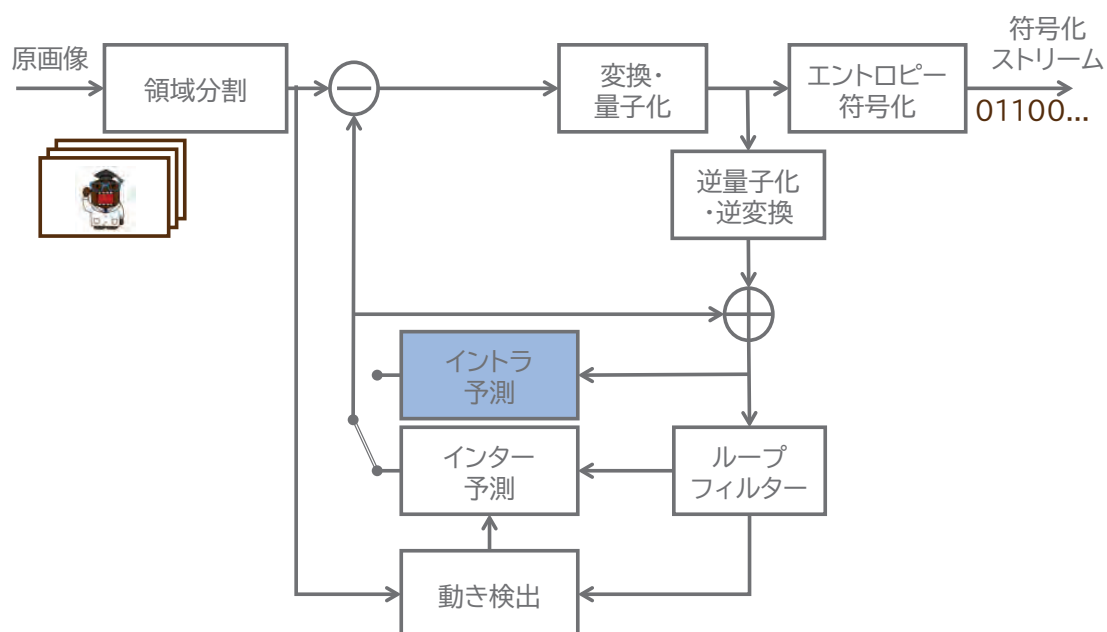


現画像を固定サイズのブロック(符号化ツリーユニット:CTU)に分割

HEVCやVVCはCTUを再帰的な分割により可変サイズのブロックに分割する

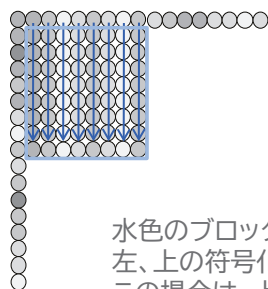


13

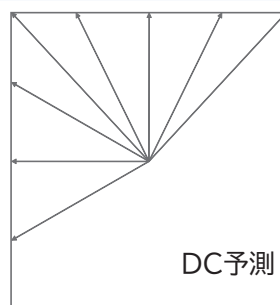


14

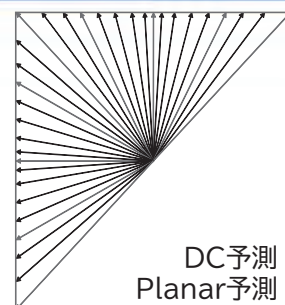
- 67種類の画面内予測モード
 - 方向予測65種類 + 平均値予測 + 平面予測
 - AVCでは9種類(方向予測8種類 + 平均値予測)
 - HEVCでは35種類(方向予測33種類 + 平均値予測 + 平面予測)
- 予測モードの送り方を工夫
 - 周囲と同じモード、色差のモードなど
 - その情報を示すフラグを送る



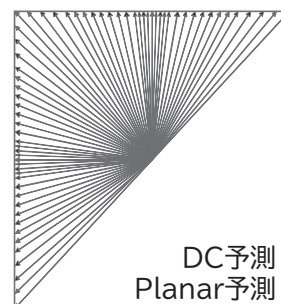
水色のブロック部分を符号化する際に、左、上の符号化済の画素を参照して予測する。この場合は、上の画素を垂直方向にコピーし、予測画像とする。(例:縦じま)



AVCの画面内予測
(9モード, 4x4ブロック)

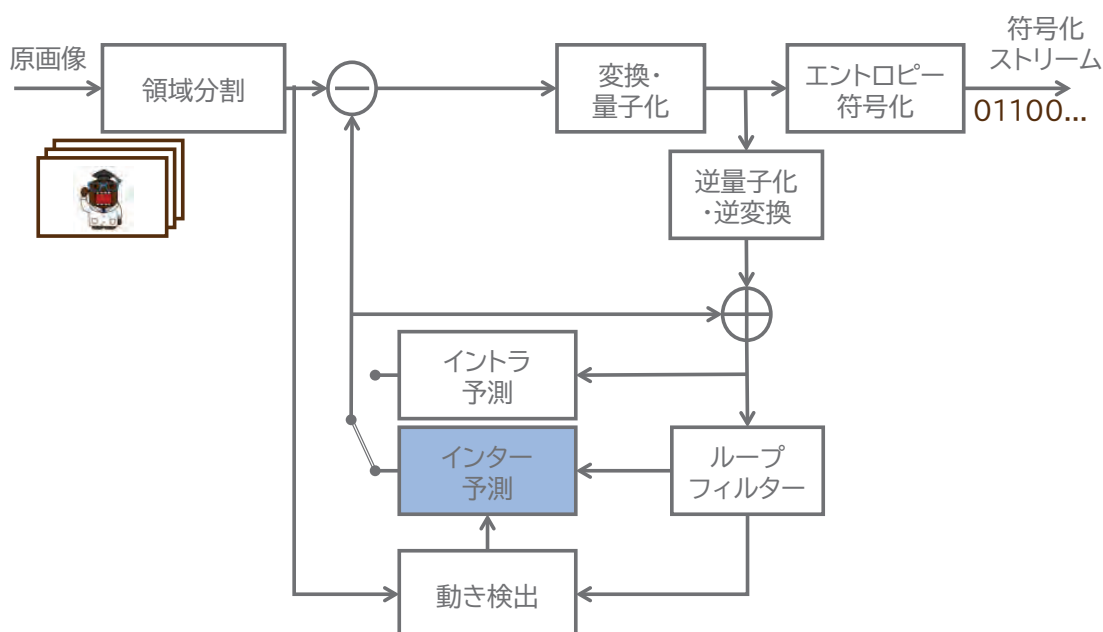


HEVCの画面内予測
(35モード)

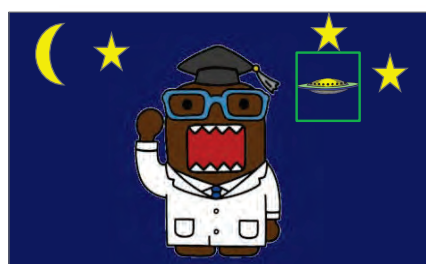


VVCの画面内予測
(67モード)

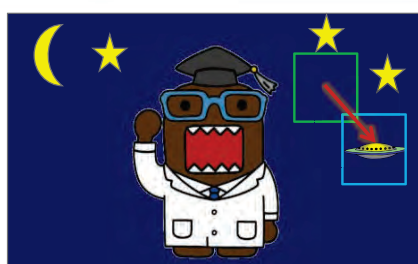
15



16



参照画像
(隣接する画面を符号化した画像)



符号化する画面

動きベクトル
参照画像から
水平・垂直方向に
動いた量を示す。



AVC:Skipモード

- 動き情報、差分画像を符号化せず、参照画像からコピーする
- 動きがない背景部分に適している

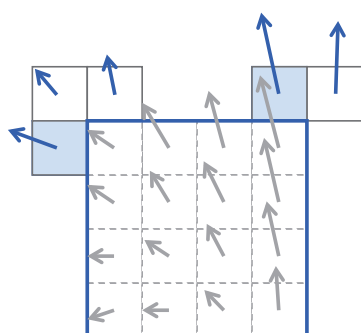
HEVC:Mergeモード

- 「隣と同じ動き」であることだけを伝えることで情報量を削減
- 大きなオブジェクトが平行移動する際に効率的に動き情報を表現可能

17

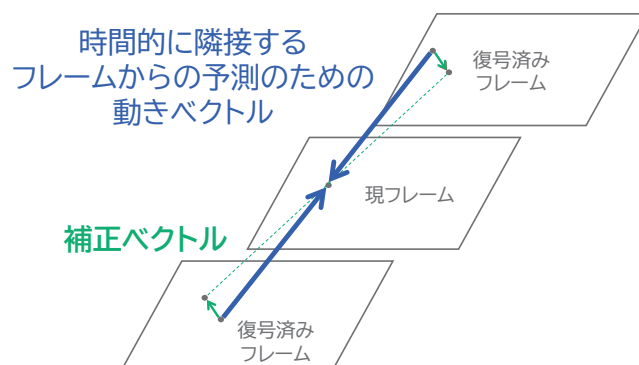
VVCで導入された高精度の動きベクトル導出

アフィン予測



- 周囲の動きベクトルから、対象ブロック内の小領域ごとの動き情報を算出

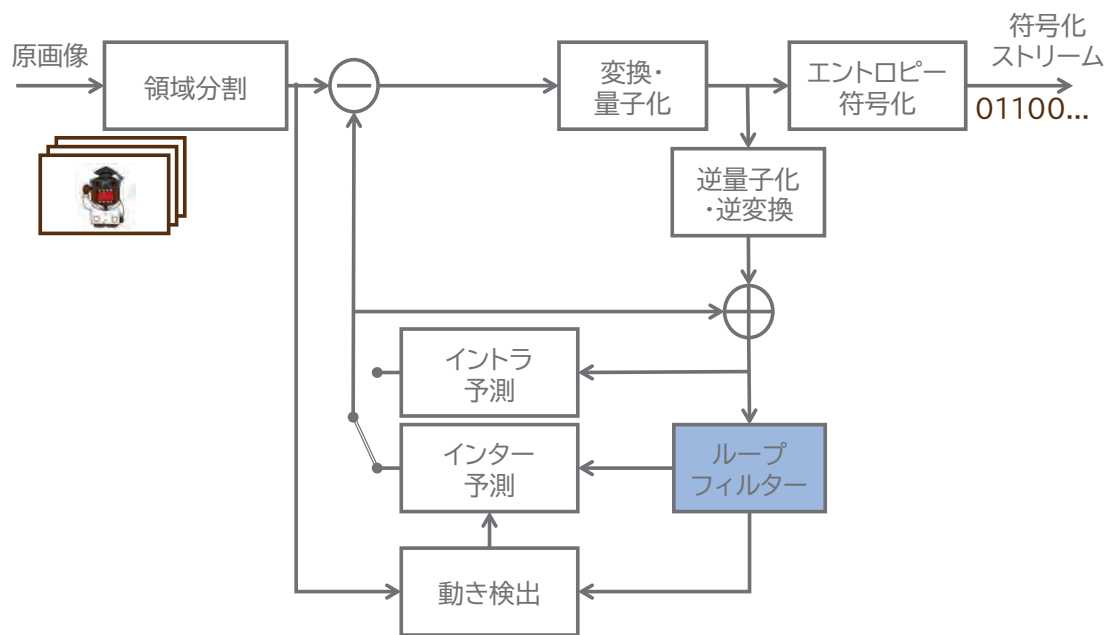
デコーダ側動きベクトル補正



- 画面間予測の際に、局所領域ごとの細かな動きを考慮して、動きベクトルを補正

拡大や回転などの複雑な動きを、少ない情報量で表現可能

18



19

ループフィルタ

デブロッキングフィルタ

- ブロックの境界を滑らかにしてブロックノイズを低減
- 復号画像の画質を復元することで、後続のフレームの符号化効率を向上可能
- フィルタON/OFFと強度を予測モードや残差信号の有無で制御



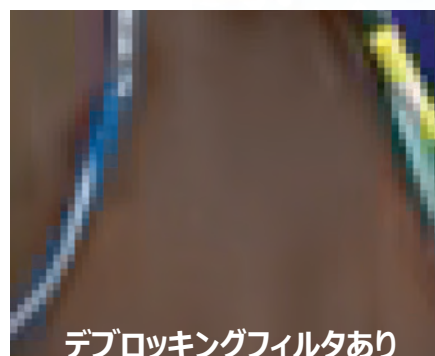
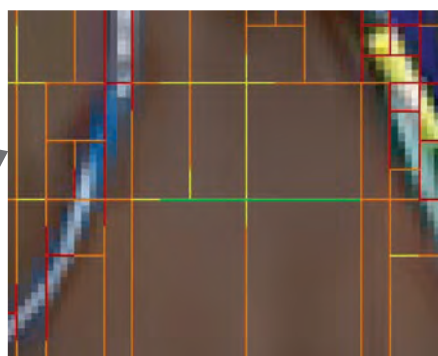
デブロッキングフィルタなし



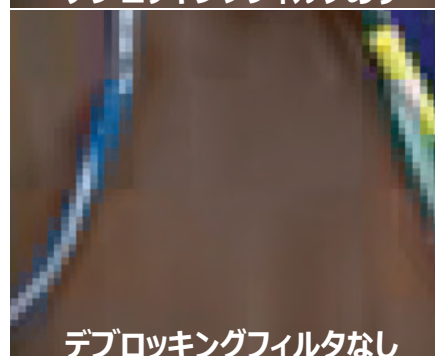
デブロッキングフィルタあり

20

緑: フィルタ強
黄: フィルタ弱
赤: フィルタ無



デブロッキングフィルタあり



デブロッキングフィルタなし

21

(参考) HEVC/VVC要素技術比較

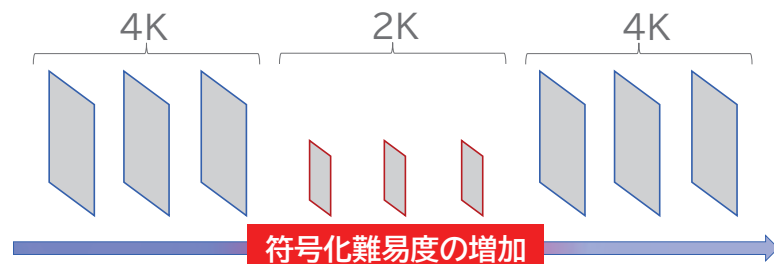
カテゴリ	HEVC/H.265	VVC
ブロック分割	最大64x64, 四分木分割	最大128x128, 四／二／三分木分割(QTBTT)+色差別木
イントラ予測	Planar予測+DC予測+33方向予測	Planar予測+DC予測 +65方向予測 +色成分間予測(CCLM) +線形予測(MIP)
インター予測	周辺領域からの動きベクトル予測(AMVP)+動きベクトルのマージ	AMVP+動きベクトルのマージ +アフィン予測 +デコーダ側でのベクトル補正 +インター・イントラ合成予測(CIIP)
直交変換	正方形変換(最大32x32) 整数DCT2+整数DST7	長方形変換(最大64x64) 複数の直交変換の切り替え制御 (DCT2,DST7,DCT8)
ループフィルタ	デブロッキングフィルタ+エッジ特徴に応じたオフセット処理(SAO)	デブロッキングフィルタ+SAO +適応ループフィルタ(ALF)

22

Reference Picture Resampling (RPR)

NHK

VVCで新たに導入された、動的に符号化解像度を変化する技術



放送など回線品質が固定の場合
符号化難易度が高い映像において
符号化劣化を低減可能



低ビットレートにおいては、そのまま符号化するよりも解像度を下げてから符号化すると主観画質改善 23

主観評価による放送品質所要ビットレート

NHK

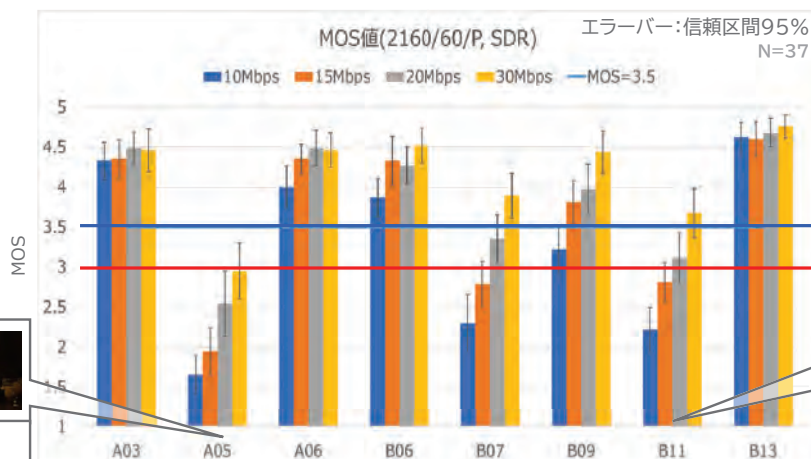
ARIB映像符号化方式作業班

- 地上デジタル放送方式高度化に向けた符号化方式の性能評価
- VVCの所要ビットレートの検討

所要ビットレート
推定の基準

- ・ MOS値（平均評価値）**3.0未満の映像がないこと**
- ・ ほぼ全て（7種以上）の映像でMOS値**3.5以上**であること

- 5 : (劣化が) わからない
- 4 : (劣化が) わかるが気にならない
- 3 : (劣化が) 気になるが邪魔にならない
- 2 : (劣化が) 邪魔になる
- 1 : (劣化が) 非常に邪魔になる



4K映像における
所要ビットレートは～30Mbps
→さらに詳細な分析を経て
約22Mbpsと推定



24

(参考)評価に用いたシーケンス

NHK

1080/60/P(ハイビジョン・システム評価用標準動画像第二版 Bシリーズから8種)

S201 Ginkgo trees	S202 Truck train	S204 Red leaves (pan up)	S209 Fountain (dolly)	S210 Studio concert	S214 Basketball	S218 Horse racing (dirt)	S265 Fountain (chromakey)

2160/60/P, SDR (超高精細・広色域標準動画像 A/Bシリーズから8種)

A03 Trains C	A05 Steel plant	A06 Festival	B06 Paddock	B07 Marathon (start)	B09 Marathon (panning)	B11 Water polo (Scrolling)	B13 Drama (coffee)

2160/60/P, HDR (超高精細・広色域標準動画像 Cシリーズから8種)

C01 Fireworks (willow)	C05 Fireworks (barrage)	C06 Drama (standing up)	C08 Drama (sunset)	C11 Swim race (backstroke)	C12 Volleyball (fixed)	C15 Paddock (fixed)	C17 Horse race (homestretch)

<https://www.ite.or.jp/content/chart/>

25

VVCを用いた新たなサービスのユースケース

NHK

➤ 放送サービスに求められる変化

- これまで:カラー化、高解像度化、広色域化、高フレームレート化
- 近年:コンテンツの視聴形態が変化

大勢で同じ時間に視聴 → 個人が時間や場所、デバイスに縛られずに視聴

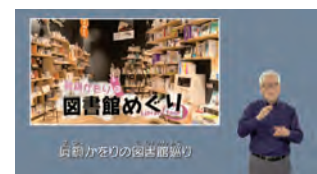
➤ パーソナライズ化された映像メディアに対する需要の高まり



視聴デバイスに適した品質のサービス提供



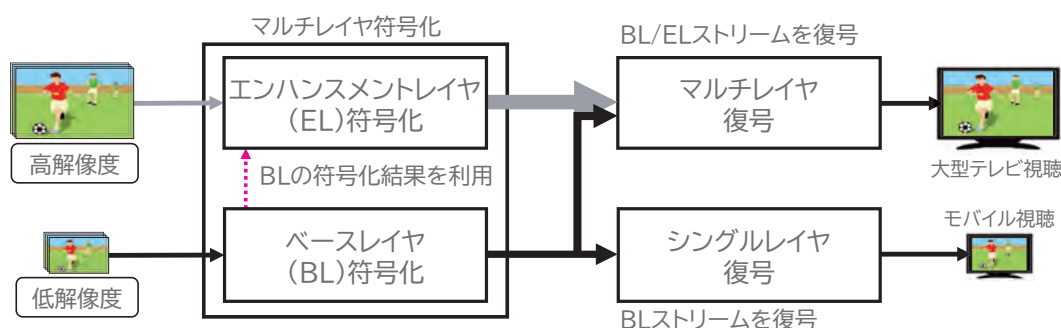
必要な人に必要な情報が届くサービス



26

マルチレイヤ符号化

- 複数の入力映像をベースレイヤ(BL)とエンハンスメントレイヤ(EL)で構成される層状の映像として扱い、各レイヤ間の相関を利用して効率よく圧縮する符号化技術



マルチレイヤ符号化を用いた複数解像度サービスの例

- 独立して符号化するよりも**35%程度符号化効率が改善**
- 受信デバイスに適したストリームを選択復号することで**個人適応(パーソナライズ)サービス**が可能
- 従来の標準方式と比較して、実装が容易であることが知られており、普及に期待

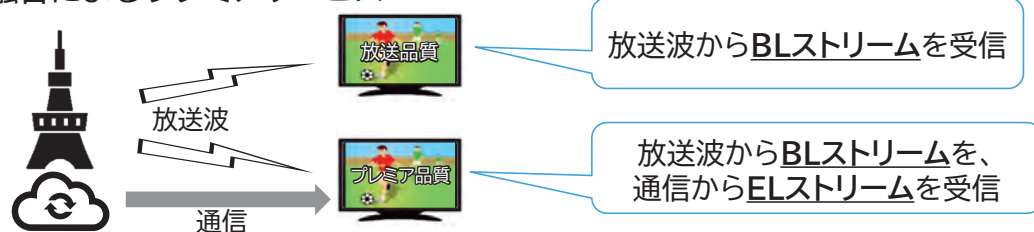
27

マルチレイヤ符号化のユースケース

異なる変調方式による、受信耐性の異なる伝送路を用いた複数解像度サービス



放送通信融合によるプレミアムサービス

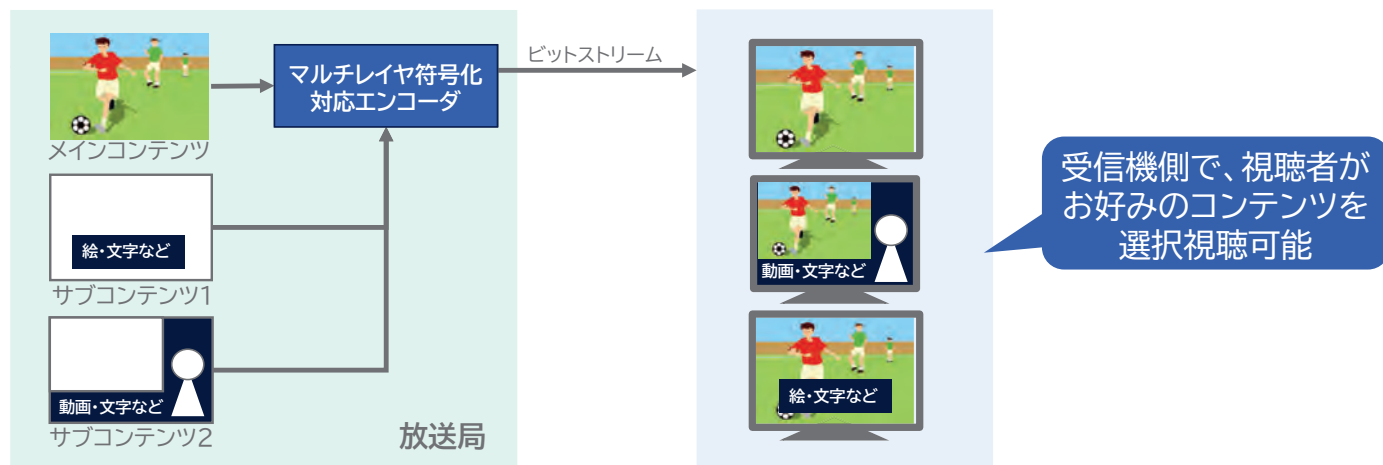


複数の異なる経路を用いたビットストリームの伝送を想定

28

コンテンツレイヤリング

- 個人のニーズにこたえる多様なコンテンツをマルチレイヤ符号化を用いて符号化
- 1チャンネルの帯域内で、コンテンツ切替サービスが実現可能に



(参考) [\[Paper\] Efficient Sign-Language Broadcasting System Via Content Layering](#)

29

コンテンツレイヤリングのユースケース

放送サービスの個人適応化

- 手話解説サービス
- 複数言語の字幕サービス
- スポーツ番組の応援チーム向け解説サービス



プリエンコード送付でのテロップ上乗せの実現

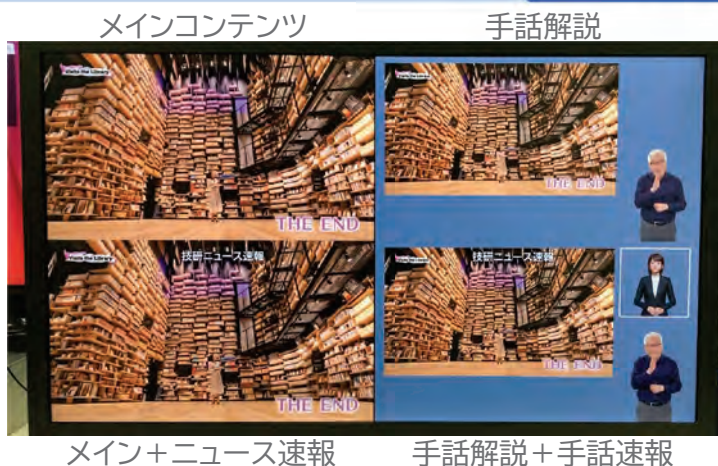
- 放送番組
 - ライブコンテンツ: リアルタイムに生じる事柄を伝える
 - 完プロコンテンツ: 制作プロセスを完了させてから放送する
- 完プロコンテンツは、プリエンコード送付を利用することで符号化画質の向上が期待
- プリエンコードしてしまうと、上乗せテロップを表示することができない
 - ⇒ 上乗せテロップをサブコンテンツとすることで、上乗せテロップのリアルタイム符号化が可能に



30

(参考)NHK技研が開発したVVCエンコーダ

NHK



符号化方式	VVC(ISO/IEC 23090-3 Rec. ITU-T H.266)
対応プロファイル	Main 10, Multilayer Main 10
ハードウェア	CPU: AMD EPYC Genoa 9654 96C/192T 2.4GHz × 2 メモリ: DDR5-4800 16GB ECC REG × 24
入出力信号フォーマット	CMAF(ISO/IEC 23000-19)/ MMT(ISO/IEC 23008-1)
映像信号	1920×1080, 3840×2160 (フレーム周波数[Hz] 59.94p, 60p)

(参考) <https://www.nhk.or.jp/strl/news/2024/6.html>

31

次世代サービスに向けたARIB標準化

NHK

- 次世代放送サービスの実用化に向けて符号化方式、多重化方式を改訂※
 - ARIB STD-B32「デジタル放送における映像符号化、音声符号化及び多重方式」
 - ARIB STD-B60「デジタル放送におけるMMTによるメディアトランスポート方式」
- 2025年3月に改訂では、高度地上デジタルテレビジョン放送として、用いられる**映像符号化方式としてVVCを採用**。
- マルチレイヤ符号化も採用されており、複数解像度サービスやサブコンテンツ視聴など、**パーソナライズ化された放送サービス**も可能

(参考)次世代放送に向けた映像符号化技術の標準化 | NHK技研R&D | NHK放送技術研究所

32

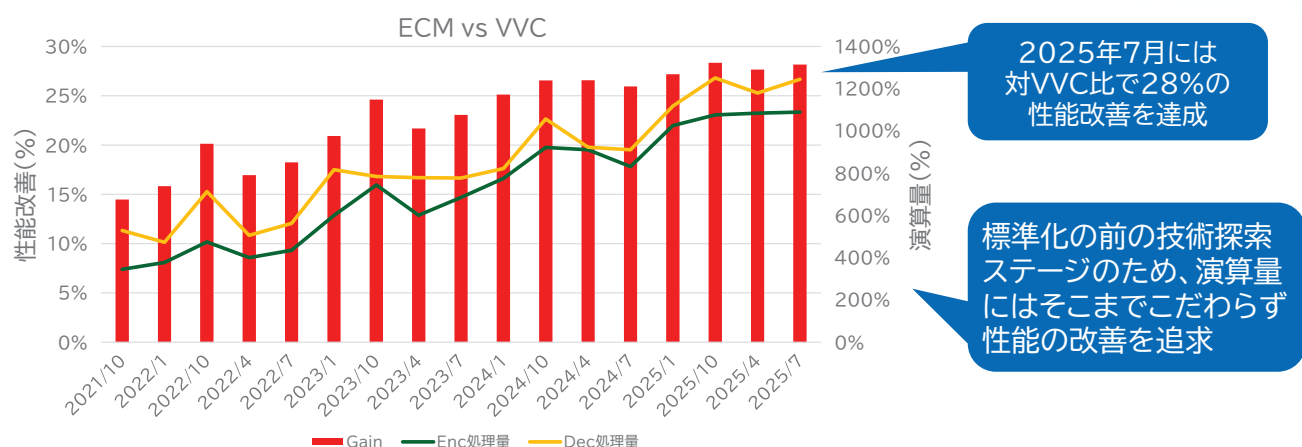
- 2021年ごろよりVVCの符号化性能を超える新たな符号化技術の探索がJVETで開始
- Enhanced Compression Model (ECM)と名付けられた評価用ソフトウェアに提案技術を実装・性能評価の上、ECMへの技術採用を審議

<https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/ecm/ECM>

- 現時点では、性能重視で符号化ツールを選定しており、従来のエンコーダではあまり採用されなかったデコーダ側の演算が大きい符号化ツールが数多く採用
- これまでのITU -T/MPEG標準では検討されてこなかったニューラルネットワーク(AI)ベースの符号化ツールも検討
- 新たな映像符号化のマーケット「クラウドゲーミング」
 - 2024年時点で数十億ドル規模、今後年間成長率30%~50%と予想
 - ユーザー体験の向上には超低遅延が必要不可欠であり、次世代映像符号化方式の重要な要求条件になると予想

33

対VVC比の符号化性能改善率の推移



2024	2025	2026	2027	2028	2029
	CfE	CfP		ポストVVC標準化完了(予定)	
技術探索・要求条件検討			ポストVVC標準化		

34

- ITU-T/MPEGが合同で開発を進める映像符号化方式の歴史や概要を説明
- H.266/VVCは標準化完了から5年が経過し、今後の実用化に向けて国内放送方式の標準化も着実に進捗
- 次世代の映像符号化方式(ポストVVC)も2027年初頭より標準化開始予定