次世代映像符号化 (HEVC) の標準化動向

(正会員) 関口 俊一[†], (正会員) 浅井 光太郎^{††}

AVC/H.264に次ぐ新しい国際標準映像符号化方式を策定するプロジェクトHEVCの最新状況を報告する。HEVCはISOとITU-Tの共同作業として、2013年初頭の規格化完了を目指している。本稿では執筆時点での最新情報に基づき、HEVC標準の候補となっている技術の概要と活動状況について概説する。

キーワード：映像符号化、標準化、HEVC、JCT-VC、MPEG、VCEG

HM: HEVC Test Model, TE: Tool Experiments, CE: Core Experiments
WD: Working Draft, CD: Committee Draft, DIS: Draft International Standard,
FDIS: Final Draft International Standard

図1 HEVC標準化スケジュール

1. ま え が き

MPEG-2, AVC/H.264等の国際標準映像符号化技術は、放送・通信・パッケージ等のデジタル映像アプリケーションを支えるコア技術として、産業上極めて重要な役割を果たしている¹⁾。近年では、ハイビジョン画質の映像入出力デバイスの普及、インターネット・モバイルネットワークの広帯域化・定額化、ソーシャルサービスの隆盛等も相俟って、映像符号化技術はクオリティの高いパーソナルコンテンツの生成・流通にも利用されており、業務用インフラから個人レベルにまで、広く活用される中核技術と言える存在になった。また、3Dテレビ等の新たなアプリケーション創出にも、映像符号化は不可欠の技術要素になっている。

このようなデジタル映像の普及により、次世代の映像アプリケーションに関する議論が活発化している。新たな

訴求点の一つとなるのはコンテンツの高精細・高品質化である²⁾。4K×2K, スーパーハイビジョン等のUHDTVは、画像解像度・フレームレート・色密度・画素階調などの基本スペックにおいて、ハイビジョン (HDTV) 画質を大きく凌ぐ高品質映像フォーマットであり、対応するカメラ・ディスプレイの開発も着実に進んでいる。すでにYouTubeではHD画質の動画投稿が一般的となり、4K×2K素材の投稿も可能となっている。2020年には、21GHz帯衛星回線を用いたスーパーハイビジョンの試験放送の開始が予定されている³⁾。また、モバイル分野においてもLTE等の高速ネットワークのサービス開始、スマートフォン市場の拡大によって、ハイビジョン品質の映像を扱うことが一般的となる。このように、映像コンテンツの品質がこの5～10年で飛躍的に高まることが予想される。

このような背景から、MPEG-2, AVC/H.264等の国際標準を策定してきたISO/IEC JCT1/SC29/WG11 (通称MPEG: Moving Picture Experts Group) ならびにITU-T/SG16/Q6 (通称VCEG: Video Coding Experts Group) は、2010年1月、京都にて共同作業部会JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) を立ち上げ、新しい

[†] 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

^{††} 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所

"Introduction of HEVC Standardization Activity" by Shun-ichi Sekiguchi (Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation, Kamakura) and Kohtaro Asai (Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation, Amagasaki)

表1 HEVC標準の要求条件

	MPEG ⁴⁾	VCEG ⁵⁾
解像度	QVGA～8K×4K	
色サンプリング	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4	
量子化ビット	8～14ビット/pixel	8～12ビット/pixel
フレームレート	0fps以上の固定・可変フレームレート	12.5fps以上
スキャン	プログレッシブ	
複雑度	<ul style="list-style-type: none"> 規格化完了時に実装可能であること 並列処理との親和性が高いこと 	<ul style="list-style-type: none"> 規格化完了時に実装可能であること 低演算量であってもH.264の圧縮性能を上回るような運用ポイントが定義されること

映像アプリケーションへの適用を想定した次世代映像符号化方式の標準化に着手した。この次世代標準にはHEVC (High Efficiency Video Coding) というプロジェクト名がつけられ、2013年初頭に規格化を完了する予定である(図1)。本稿では、2010年4月の技術公募 (Call for Proposals; CfP) に対して提案された技術と、それを基にして2010年10月に策定されたテストモデル (HEVC Test Model; HM) の第一版 (HM-1) の概要を中心に、HEVC標準化の最新動向を紹介する。

2. HEVCの要求条件

MPEG, VCEGによるHEVC標準に対する要求条件^{4) 5)}の一覧を表1に示す。

2.1 信号フォーマット

HEVC標準が対象とする映像信号は、ピクチャ解像度としてはQVGA～8K×4K (スーパーハイビジョン相当) と、低解像度から超高精細の信号まで、広い範囲にわたっている。本稿執筆時点 (2010年末) までの議論では、順次走査 (プログレッシブスキャン) 信号のみを対象とする。フレームレートについては、現在のデジタル放送で一般的な25/30fps相当を中心に、シネマ対応 (24fps)、50/60fpsなどの高フレームレートに対応する。色密度は4:2:0～4:4:4、画素階調は8ビットだけでなく12ビットを超えるレンジまでサポートする予定である。

2.2 性能目標

HEVC標準の最も重要な目標は、現時点で最高圧縮性能を実現する国際標準であるAVC/H.264の圧縮効率を充分に上回ることである。ただし、その目標は許容する演算量に応じて二つの方向に分かれている。一つの方向は、AVC/H.264に対する圧縮性能を最優先で実現すること (例えば2倍の圧縮率) である。この方向では、許容する演算量は、対応製品が市場に出回り始めるころのハードウェア・LSI化技術のトレンドが許容するレベル、としている。もう一つの方向は、AVC/H.264に対して、有意に性能を改善しつつも大幅な演算量削減 (例えば50%の演算量) が図ら

れること、である。前者は据え置き型製品を中心とするターゲット、後者はモバイル端末など消費電力条件が厳しい用途を想定している。この二つの方向性は、プロファイル・レベルの形で収束することが予想されている。

2.3 アプリケーション

HEVC標準の利用を想定するアプリケーションとして、以下のものが挙げられている⁴⁾。

- ・ Home Cinema
- ・ Digital Cinema
- ・ Surveillance
- ・ Broadcast
- ・ Realtime Communications, Video Chat, Video Conferencing
- ・ Mobile Streaming, Broadcast and Communications
- ・ Storage
- ・ Camcorders
- ・ Video on Demand
- ・ Internet Streaming, Download and Play
- ・ 3D Video, Telepresence
- ・ Content Production and Distribution
- ・ Medical Imaging

2.4 その他の要求条件

従来の映像符号化標準でも議論された、双方向通信・低遅延、ランダムアクセス性、誤り耐性等への対応は引き続きサポートの対象となる見込みであるが、スケーラビリティ、多視点・3D対応については、現段階で必須要件とされていない。今後の規格化作業進行の過程で、市場動向に応じて必須要件の見直しが議論されていくものと考えられる。

3. Call for Proposals (CfP) 提案技術

本章ならびに次章にて、HEVC標準を形成する主要技術要素について紹介する。本章では、最初の技術公募であるCall for Proposals (CfP) に対して提案された技術と、その評価結果について述べる。

CfPは2010年1月のMPEG京都会合において、VCEGとの合意のもと公開文書としてリリースされ⁶⁾、全世界からCfPの応募要綱を満たす27件の方式提案が集まった。国別には日本11機関、韓国4機関、中国3機関、台湾2機関とアジアからの参加が多く、北米から4機関、欧州から6機関が技術提案を行った。世界の主要なキャリア、セットメーカ、半導体メーカが幅広く参加し、次世代規格に対する世界的な関心の高さが読取れる。複数機関による共同提案事例も多く、国を超えての共同提案もあった。

3.1 評価方法

CfPでは、4K×2K (2種類)、1080P (5種類)、720P (3種類)、ワイドVGA (4種類)、ワイドQVGA (4種類) という五つの解像度クラスのテストシーケンス (YUV4:2:0, 8ビット/ピクセル) を用いて、AVC/H.264参照ソフトウェア (JM)

で生成したハイプロファイルによる符号化結果をアンカー（評価基準）として提案方式の性能が評価された。テストシーケンスの一覧を表2（53ページを参照）に示す。テストシーケンスの選定にあたっては、MPEG, VCEGに参加する符号化専門家およびITU-T/VQEG (Video Quality Experts Group) 等にも参加している画質評価専門家が数回の会合にわたるexpert viewingを重ね、品質面で有利な最近の撮影機材で制作されていること、符号化歪みの主観評価に有用であることなどを規範にして選定が行われた。CfP提案技術の評価は、主に主観評価で行われた。目標符号化レートは、AVC/H.264が各解像度で運用される符号化レートや、HEVC要求条件を参考に符号化画像のexpert viewingを行って定められた。2010年2月末に符号化結果が提出され、同年3月に、提出された符号化データに対して以下の条件で、非専門家による主観画質評価が行われた。同主観評価では、総計4,200に及ぶ符号化結果AVIファイルを、非専門家が視て採点するテストプロセスに割当て、結果集計を行うという、過去に例を見ない膨大な作業を行った⁷⁾。

- (1) 目標符号化レート：解像度クラスごとに5段階に設定
- (2) 基準ビットストリーム（アンカー）：AVC/H.264参照ソフトウェア（JM）で生成（高圧縮（高遅延）設定ストリームと低遅延設定ストリームの2種類）
- (3) 評価手法：DSIS（二重刺激妨害尺度法）とDSCQS（二重刺激連続品質尺度法）の併用

3.2 評価結果

2010年4月の第1回JCT-VC会合（独・ドレスデン）にて、詳細技術内容、上記主観評価結果、レート歪み性能による客観評価結果がレビューされた。結果、全提案が、ブロックベースの動き補償予測と変換符号化を組合せたハイブリッド符号化方式の個別コンポーネントの最適化であり、特にAVC/H.264をベースとした改善の色合いが濃いことが確認された。これは、ITU-T/VCEGで行われていた符号化効率改善スタディ活動KTA (Key Technology Area)⁹⁾によって開発された、KTAソフトウェアをベースに提案を行った機関が多かったことも起因している。主観評価の結果、HEVC標準が目標とするAVC/H.264比で2倍の圧縮性能（同等主観品質を50%の符号量で実現）を満足できる目処が得られた⁷⁾。符号化処理時間が、AVC/H.264参照ソフトウェア（JM）の10倍に達するものの、レート歪み特性で最高40%程度の符号量削減が得られる提案もあった¹⁰⁾。

3.3 提案された技術

表3に、27の提案に含まれていた主要な技術要素をまとめる。特徴的な点として、まず予測および変換のブロックサイズが拡張され、予測・変換処理の画面内適応化の自由度が高まったことが挙げられる。AVC/H.264までは16×16画素のマクロブロックの大きさに限定されていた予測ブロックの大きさ、4×4/8×8画素ブロックに限定されていた変換ブロックの大きさが自由度を持ち、さらに、階層的に

表3 CfP主要提案技術一覧

	主な提案技術・符号化ツール
イントラ符号化	<ul style="list-style-type: none"> ・予測ブロックサイズ拡張(最大128×128) ・ブロックサイズ適応方向性空間予測 ・並列空間予測 ・双方向空間予測 ・オーバラップ型空間予測 ・ライン単位・画素単位空間予測 ・エッジ適応空間予測 ・画面内テンプレートマッチング ・グローバル相関利用空間予測 ・適応参照画素平滑化 ・適応予測画像平滑化
インタ符号化	<ul style="list-style-type: none"> ・予測ブロックサイズ拡張(最大128x128) ・MC内挿フィルタ改善(スライス適応型, 固定型) ・非対称・非矩形MC領域分割 ・時間・空間適応動きベクトル予測 ・動き領域統合 ・輝度オフセット補償ME ・適応動きベクトル精度選択 ・デコーダサイドME(ミラー型, テンプレートマッチング型) ・オーバラップMC ・予測参照ピクチャメモリ圧縮
変換・量子化	<ul style="list-style-type: none"> ・整数精度DCT ・変換ブロックサイズ拡張(最大64x64) ・変換ブロックの階層分割 ・イントラ予測モード適応KLT選択 ・適応DCT/DST変換 ・方向性基底変換
ループフィルタ	<ul style="list-style-type: none"> ・AVC/H.264改良型デブロッキングフィルタ ・適応Wienerフィルタ ・帯状歪み除去フィルタ ・特異点補正・適応クリッピング
エントロピー符号化	<ul style="list-style-type: none"> ・エントロピー符号化レベルのスライス分割 ・CABACコンテキストモデル改善 ・並列CABAC ・V2V (Variable Length Code to Variable Length Code) ・適応ハフマン符号化 ・ゼロツリー符号化
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・内部演算用画素階調拡張

多段階の分割表現を行えるようにした提案が多く見られた。イントラ予測では、同ブロックサイズ拡張を前提に、新たな適応空間予測モードがさまざま提案された。インタ予測においても、MC（動き補償予測）ブロックサイズの自由度に加えて、MC内挿フィルタの改善、MCブロック内のパーティショニング形状の適応化等で予測効率を高めるとともに、時間・空間近傍で適応的に動きベクトルを予測したり、近傍で動きが同一とみなされる領域との統合、あるいは、デコーダ側で一定のME（動き推定）相当処理を負担させるDMVD (Decoder-side Motion Vector Derivation) 技術など、動きパラメータの符号量を削減する手法が効果を上げている。変換符号化については、変換ブロックサイズの拡張・階層表現に加え、単純なDCTでは、予測残差信号

に対する圧縮効果が不十分な場合に基底を適応的に選択する手法の提案があった。ループフィルタでは、デブロッキングフィルタについてはAVC/H.264相当の仕様にとどまったものの、フィルタ係数を伝送して画面内で適応的にフィルタ処理のON/OFF判定を行う適応Wienerフィルタが、レート歪み性能の改善に寄与している。また、帯状歪み等の主観劣化を改善するフィルタや、フィルタ後の復号画像の特異点を除去する技術等も提案された。エントロピー符号化では、AVC/H.264で圧縮性能に寄与しているCABACの処理負荷を低減することを目的に、並列処理が可能で、従来のCABACに匹敵する圧縮性能が得られる新しいアイデアの提案も行われている。低演算量にフォーカスした性能目標に注力するグループは、ハフマン符号化のさらなる適応化で演算量の抑制を図っている。これら主要機能ブロック以外では、メモリーバンド幅を抑制するフレームメモリー圧縮や並列処理との親和性を強く意識した技術が、実装課題にアプローチする技術として注目される。

JCT-VCは、第1回会合のレビューの結果を踏まえて、会合に参加する専門家の視点から、性能改善に寄与すると考えられる符号化ツールを机上で集約し、暫定テストモデル (Test Model under Consideration; TMuC)¹¹⁾ を策定した。TMuCはソフトウェア実装され、クラスA (表2) のCFPアンカーに対して圧縮性能32% (BD-rate値¹²⁾), 複雑度約5.2倍 (符号化プログラム処理時間比) の性能を示している。

4. テストモデル (HM)

テストモデルは、HEVC規格の最初の文書案となる Working Draft (WD) を実装する参照コーデックモデルであり、HEVC標準化の出発点となる基本方式である。TMuCは、ツールの組合せ効果を実際に検証せず、机上で暫定的なツールセットを定めたものであったため、技術的に冗長であったり、組合せによって圧縮性能改善には有効でない符号化ツールが含まれる可能性があった。このことから、第2回ジュネーブ (2010年7月)、第3回広州 (同10月) のJCT-VC会合では、TMuCをテストモデルに集約させる議論が行われた。この議論では、最高R-D (レート歪み) 性能条件に設定したTMuCでエンコードを行った結果を、アンカーとして符号化ツールを個別にON/OFFすることにより、総当たりで性能・演算量検証を行う実験¹³⁾ と、TMuCから性能・演算量バランスに優れる最小限のツールセットを抽出して、ツールセット全体としての性能・演算量検証を行った技術提案¹⁴⁾ が議論の方向性を定めた。前者のみでは、性能検証の前提となるTMuC最高R-D性能条件の符号化処理の演算負荷が高いため、ツール選定判断の閾値が甘くなると処理負荷の高いテストモデルが策定されてしまう可能性がある。これに対し、KTAによるスタディや個別技術検証で、著しい性能改善効果が確認されているツールを最小限ピックアップして、その組合せでの性能がTMuCの

最高R-D性能条件に充分近ければ、性能・演算量バランスに優れる最小限の技術で、テストモデルを構成することができる。後者はその視点でTMuCの評価を行い、CFPで評価を行った全テストシーケンス (表2) の平均で、圧縮性能のロスを3~4% (BD-rate値) に抑えながら、TMuCの最高R-D性能条件に比べて符号化処理時間を最大1/3、復号処理時間を最大1/5に短縮する結果を得た。

これらの議論を踏まえて、第3回JCT-VC会合において正式なテストモデル (ニックネーム: HM) の第1版"HM-1"が策定された¹⁵⁾。HM-1は、前述のクラスA・CFPアンカーとの比較で、圧縮性能30% (BD-rate値)、複雑度約1.6倍を示し、TMuC最高R-D性能条件に比べ優れた性能・演算量バランスを示す。

HM-1に採用された技術を表4にまとめる。このうち、アーキテクチャ的に従来の規格と比べて最も特徴的なブロック構造について紹介する。HM-1では、従来のマクロブロックやサブマクロブロックなどの符号化モードを付与する処理単位 (符号化ブロック) を、Coding Unit (CU) と呼ぶ。CUは、その最大の単位であるLCU (Largest Coding Unit) を起点に、Quad-Tree形式で階層的に分割表現される。階層の深さをCU depthと呼ぶ。HM-1では、LCUの最大サイズは64×64と定められた。それ以上CUとしての再分割が行われない最小のCUは、イントラ・インタ予測処理単位となり、その内部を図示するような形状のパーティションに分割して予測処理を行うことができる。この予測処理の単位領域をPrediction Unit (PU) と呼ぶ。また、変換処理単位をTransform Unit (TU) と呼び、CUと同様のQuad-Tree形式の階層分割が可能である。図2にLCU内のCU分割の例を、図3にLCU, CU, PU, TUの関係の例を示す。このように柔軟な予測・変換ブロッキングが可能となることで、局所的に特性が変動する映像信号に、よりよく追従した符号化が可能となる。

また、2.2節に述べたように、演算量と圧縮性能の優先度について2方向の目標があることに基づき、TMuCツールの性能検証は、高圧縮条件 (High Efficiency)、低演算量条件 (Low Complexity) の二つの条件で行われ、結果、HM-1のツールセットは、これら2条件のそれぞれについて定義されている。その主たる相違点は、MC内挿フィルタ、エントロピー符号化、ループフィルタ部分にあり、いずれもAVC/H.264のデコーダ実装において最も演算負荷インパクトが大きいコンポーネントでもある。今後も2.2節の要求条件に基づいて、各符号化条件でのツール選定の評価が行われる予定である。

5. コア実験とアドホックグループ

HMが策定されたことにより、HEVC標準化は本格的に規格必須技術の選定に入る。明らかなバグフィックスや改善事項を除き、規格必須の技術と認定されるためには、

表4 HM-1概要

	高圧縮条件 (High Efficiency)	低演算量条件 (Low Complexity)
ブロック構造	Quad-Tree型階層分割 符号化ブロックサイズ: $8 \times 8 \sim 64 \times 64$	
動き予測	ブロックサイズ: $4 \times 4 \sim 64 \times 64$ マルチ矩形分割・マルチ参照ピクチャ予測 1/4-pel精度動き予測	
動き予測モード	スキップ, ダイレクト, マージ, 通常予測	
動きベクトル予測	時間・空間近傍ベクトルを用いた適応予測	
MC内挿フィルタ	12タップDCT型MC内挿フィルタ	6タップ方向性線形MC内挿フィルタ
イントラ予測	予測ブロックサイズ: $4 \times 4 \sim 64 \times 64$ 方向性空間予測 (最大34方向)	
変換・量子化	整数精度DCT ブロックサイズ: $4 \times 4 \sim 32 \times 32$ AVC/H.264に準ずる量子化	
階層変換ブロックサイズ分割	Quad-Tree型階層分割 (イントラは最大3階層, インタは最大2階層)	Quad-Tree型階層分割 (最大2階層)
エントロピー符号化	CABAC (コンテキスト適応二値算術符号化)	LCEC (適応ハフマン符号化 + Exp-Golomb符号化)
ループフィルタ	デブロッキングフィルタ + 適応ループフィルタ	デブロッキングフィルタのみ
その他	入力信号の画素階調拡張 (8→12ビット)	入力信号の画素階調拡張OFF

図2 LCU内のCU分割状態の例

JCT-VCが定めるコア実験 (Core Experiment: CE) のプロセスを経る必要がある。コア実験は、JCT-VCに提案を行い、その有用性検証を行う必要性が、JCT-VCとして承認された技術のみを対象とし、HMをアンカーとしてHMソフトウェアへの実装により、同技術の性能・演算量検証を行うものである。また、データ・実装の妥当性を確認するため、複数機関によるソースコードベースのクロスチェックが義務付けられている。第3回会合で設定されたコア実験を表5に示す。これらの技術要素が、実験の結果次第で第4回会合以降のHM仕様を更新する要素となる。

コア実験の評価対象となる技術や評価条件等にあいまいさが残る場合には、会合と会合の間にメールベースで議論を継続するアドホックグループ (AHG) を設立して審議を加速する。第3回会合で設定されたAHGを表6に示す。特定の技術分野にフォーカスしたAHGでは、コア実験の対象になっていない技術の議論も扱われ、将来のコア実験の課題を推奨する役割も果たす。技術評価に用いるテストシーケンスについても、表2の素材に対してさらなる改善を行う

図3 LCU/CU/PU//TUの関係

べく Video Test Material Selection AHGにて議論が継続されている。

6. むすびと今後の展開

ISO/MPEG, ITU-T/VCEGの共同作業として標準化が進められているHEVCの最新動向を紹介した。HEVC標準は、AVC/H.264までの従来の符号化アーキテクチャを踏襲しながらも、AVC/H.264参照ソフトウェアによるエンコード時間の倍以内の複雑さで、レート歪み性能で30%を超える圧縮効率改善が得られることが本稿執筆時点で確認されている。今後、2012年初頭の委員会原案 (Committee Draft) の策定に至るまで、コア実験に基づいて新たな技術提案を評価し、HM仕様を更新しながら性能・演算量バランスの改

表2 CfPテストシーケンス一覧

クラス(解像度)	シーケンス名	概要	クラス(解像度)	シーケンス名	概要
クラスA* ¹ (2,560×1,600)	Traffic	高速道路の様子を静止カメラで撮影 [30fps]	クラスC (832×480)	RaceHorses	レースを待つ競走馬の様子を撮影 [30fps]
	PeopleOnStreet	交差点を移動する人ごみの様子を静止カメラで撮影[30fps]		BQMall	ショッピングモールをパニングしながら撮影[60fps]
クラスB (1,920×1,080)	BasketballDrive	バスケットボールの試合の様子をカメラが追いかけてながら撮影[50fps]		PartyScene	子供のパーティの飾りつけの様子を撮影[50fps]
	BQTerrace	港沿いのカフェテラスから、その背後の道路へパニング[60fps]		BasketballDrill	バスケットボールのシュート練習の様子を撮影[50fps]
	Cactus	符号化品質評価用テストチャート[50fps]	クラスD (416×240)	RaceHorses	レースを待つ競走馬の様子を撮影[30fps] (クラスC素材と同一)
	Kimono* ²	和服の女性が日本家屋に入っていくシーン(シーンカットあり)[24fps]		BQSquare	港沿いのカフェテラスを上空からズームアウトして撮影[60fps]
	ParkScene* ²	公園でサイクリングをする人をズームアウト・パニングしながら撮影[24fps]		BlowingBubbles	子供がシャボン玉で遊ぶ様子を撮影[50fps]
				BasketballPass	バスケットボールのパス練習の様子を撮影[50fps]
			クラスE (1,280×720)	Vidyo1	テレビ会議シーンその1[60fps]
				Vidyo3	テレビ会議シーンその2[60fps]
				Vidyo4	テレビ会議シーンその3[60fps]

*1 4K×2Kの素材を評価用にクロップしたもの(オリジナル解像度はTrafficが4096×2048, PeopleOnStreetが3840×2160)。

*2 「デジタルシネマの標準化技術に関する研究開発」(H16年度文科省科学技術振興調整費委託事業)の一環で制作されたテストシーケンス「CoSME」⁸⁾の一部がHEVC標準化評価用に提供されたもの。KimonoはCoSME本編の5416～5655フレーム、ParkSceneは1070～1309フレームを切り出したもの。

表5 コア実験一覧（第3回JCT-VC会合時）

CE番号	CE名称	概 要
CE1	Decoder-side Motion Vector Derivation	デコーダ側でME処理の一部を実施して動きパラメータを削減
CE2	Flexible Motion Partitioning	非矩形MC領域分割
CE3	Motion Interpolation Filter (luma)	MC内挿フィルタ改善 (輝度対応)
CE4	Motion Interpolation Filter (chroma)	MC内挿フィルタ改善 (色差対応)
CE5	LCEC Improvements	LCEC符号化効率改善
CE6	Intra Prediction Improvements	イントラ予測改善
CE7	Alternative Transforms	適応基底変換符号化
CE8	In-loop Filtering	ループフィルタ改善
CE9	MV Coding	動きパラメータ符号化改善
CE10	Number of Intra Pred Directions	イントラ空間予測方向の精査
CE11	Coefficient Scanning and Coding	変換係数スキャン・符号化改善
CE12	Adaptive MV Resolution	適応動きベクトル精度切替
CE13	Intra Smoothing	イントラ予測参照画素平滑化

表6 アドホックグループ一覧（第3回JCT-VC会合時）

AHG名称	概 要
JCT-VC Project Management	JCT-VC活動全般の議論
HEVC Draft and Test Model Editing	WD/HMドキュメントのエディティング
Software Development and HM Software Technical Evaluation	HMソフトウェアのメンテナンスとコア実験共通条件の設定
Slice Support Development and Characterization	スライス構造仕様の議論
Spatial Transforms	変換符号化全般の議論
In-loop and Post-processing Filtering	ループフィルタ全般の議論
Coding Block Structures	MC/変換ブロック構造の議論
Reference Pictures Memory Compression	フレームメモリー圧縮・メモリーアクセス評価尺度の議論
Entropy Coding	エントロピー符号化改善の議論
Entropy Slices	エントロピースライス技術の議論
Video Test Material Selection	テストシーケンス改善の議論
Complexity Assessment	演算量評価尺度の議論
Motion Compensation Interpolation	MC内挿フィルタ改善の議論

善が継続される予定であり、要求条件に掲げた圧縮性能の達成に向けて規格化作業が進められる。最大の課題は、ハードウェア化・LSI化を考慮した一定の妥当性を有する演算量の共通評価尺度の確立にある。演算量の評価尺度として代用されているシミュレータ実行時間は、実装の良し悪しの影響や並列処理の有効性評価が難しいなど、JCT-VCでもアルゴリズムの複雑さを一意に反映する尺度ではないことが認識されている。特にデコーダ側で大きな問題となるメモリーアクセス、CABAC等のシーケンシャル処理の

負荷など、並列処理の効率も含めた複雑さ改善に関する評価尺度の確立が重要である。

HEVC標準が将来のデジタル映像アプリケーションの可能性をさらに広げる起爆剤となることを期待したい。

(2011年1月13日受付)

〔文 献〕

- 1) 村上：“MPEG開発物語～De-FactとDe-Jure標準～”，信学通信ソサエティマガジンIEICE B-Plus 2010年夏号，13（2010）
- 2) T. Murakami: "The Development and Standardization of Ultra High Definition Video Technology", High-Quality Visual Experience, Chapter 4, Signal and Communication Technology, Springer Book (2010)
- 3) S. Sakaida: "Super Hi-Vision and Its Encoding System", High-Quality Visual Experience, Chapter 6, Signal and Communication Technology, Springer Book (2010)
- 4) "Vision, Applications and Requirements for High-Performance Video Coding (HVC)", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N11096 (Jan.2010)
- 5) "Draft Requirements for Next Generation Video Coding", VCEG-AL96 (July 2009)
- 6) ITU-T Q6/SG16 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11: "Joint Call for Proposals on Video Compression Technology", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N11113 (Jan.2010)
- 7) V. Baroncini et.al.: "Report of Subjective Test Results of Responses to the Joint Call for Proposals (CfP) on Video Coding Technology for High Efficiency Video Coding (HEVC)", JCTVC-A204 (Apr. 2010)
- 8) <http://www.dcaj.org/cosme/cosme.pdf>
- 9) 中條, "次世代動画画像符号化標準へのExploration", 映情学誌, 61, 4 (2007)
- 10) K. McCann, et.al.: "Samsung's Response to the Call for Proposals on Video Compression Technology", JCTVC-A124 (Apr. 2010)
- 11) "Test Model under Consideration (TMuC)", JCTVC-A205 (Apr. 2010)
- 12) G. Bjontegaard: "Calculation of average PSNR differences between RD-curves", VCEG-M33 (Apr. 2001)
- 13) K. McCann: "Summary of evaluation of TMuC tools in TE12", JCTVC-C225 (Oct.2010)
- 14) K. Sugimoto, et.al.: "A suggested starting point for HEVC test model", JCTVC-C122 (Oct.2010)
- 15) T. Tan, et.al.: "Summary of HEVC working draft 1 and HEVC test model (HM)", JCTVC-C405 (Oct.2010)

関口 俊一 1992年，早稲田大学大学院電気工学専攻修了。同年，三菱電機（株）入社。映像符号化・伝送技術の研究開発，国際標準化活動に従事。ISO/IEC 14496-5:2001/AMD.18:2008エディタ。現在，三菱電機（株）情報技術総合研究所勤務。正会員。

浅井光太郎 1981年，東京大学電気工学科卒業。同年，三菱電機（株）入社。映像符号化・伝送技術の研究開発，国際標準化活動に従事。1992年～1993年，コロンビア大学客員研究員。2006年より，ISO/IEC JTC1/SC29議長。現在，三菱電機（株）先端技術総合研究所勤務。正会員。