

新しい高性能映像符号化技術“HEVC”

山田悦久*
関口俊一*
坂手寛治*

"HEVC" : New Video Coding Technology with High Coding Performance

Yoshihisa Yamada, Shunichi Sekiguchi, Hiroharu Sakate

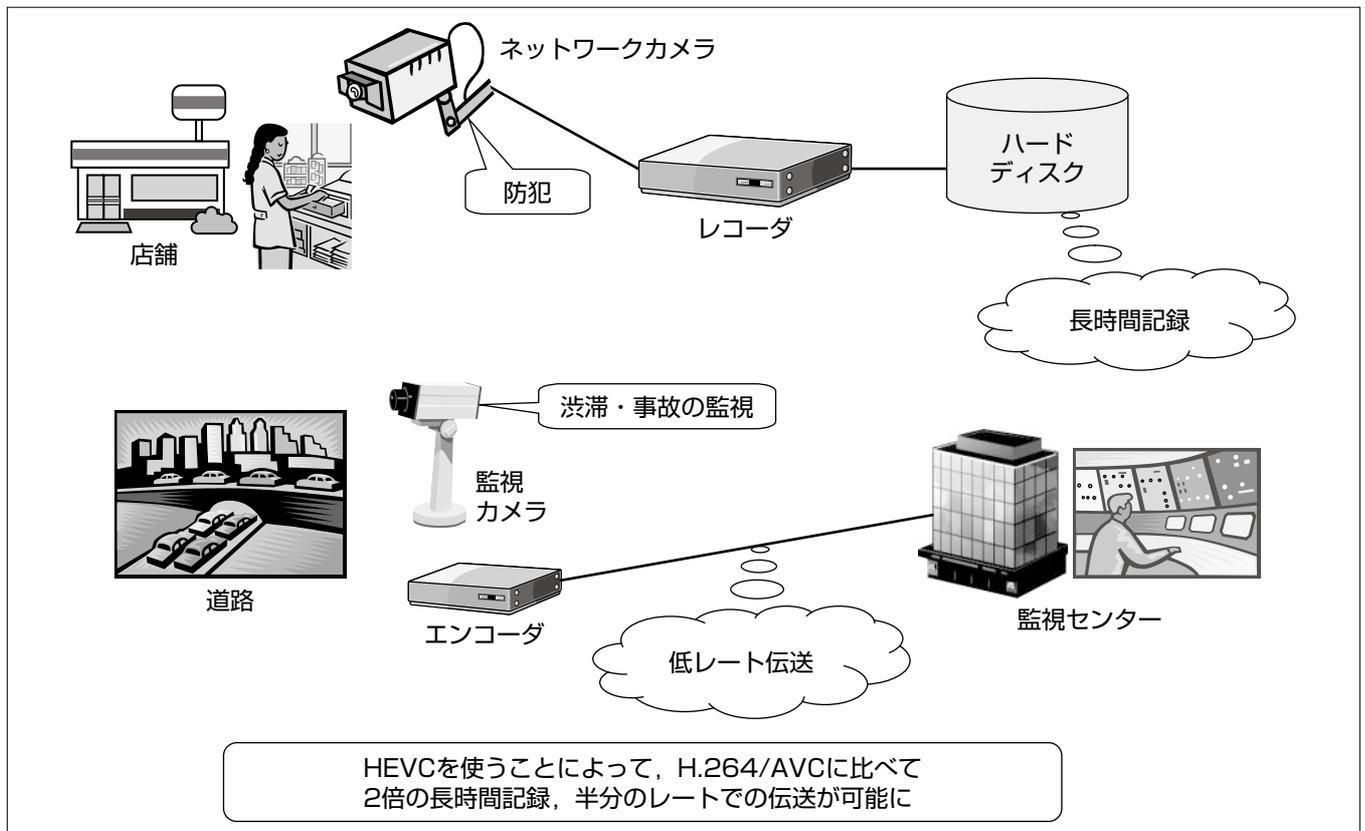
要 旨

新しい国際標準方式“HEVC (High Efficiency Video Coding)”の映像符号化技術と、このHEVCの符号化性能を検証するために2012年度に試作開発したHDTV (High Definition TeleVision) 解像度に対応したコーデックシステムについて述べる。

HEVCは、H.264/AVC (Advanced Video Coding) の2倍の圧縮性能を目標に2010年に国際標準化の作業に着手し、2013年春の成立を目指して進められた。HEVCは、標準化作業の最初の段階からHDTVやHDTVを超える解像度 (Ultra HDTV : UHD TV) を対象として技術検討が行われ、特に高解像度映像信号に対して高い符号化性能が得られる符号化ツールとして、規格に採用されている。標準化作業で作成・使用されているソフトウェアモデルによって、HDTV

を含めた広い範囲の解像度で高い圧縮性能が得られることが確認されている。高い圧縮性能によって、映像蓄積時間の倍増や、低いビットレートでの映像伝送等の効果が期待されている。三菱電機はこの国際標準化作業に対して、技術面・運営面の両面から貢献した。

このHEVCの圧縮性能を確認するとともに、高品質な符号化映像を得ることのできる符号化制御アルゴリズムの開発を目的に、リアルタイムにHDTV映像の符号化・復号処理が可能なコーデックシステムを開発した。このシステムを用いて様々な映像素材に対する主観評価実験を行った結果、H.264/AVCの半分のビットレートでほぼ同等の画質が得られることを確認した。



HEVC映像符号化方式の実用例と適用効果

HEVCはH.264/AVCに比べて2倍の圧縮性能を持つことから、多くの分野での実用が期待されている。この特集“暮らしを支えるネットワーク技術”の観点から、ここでは映像監視システムへの実用例を示す。画質は同じでありながら、2倍の長時間記録や、半分のネットワーク帯域での映像伝送が可能となり、映像監視の利便性向上が実現される。

1. ま え が き

MPEG(Moving Picture Experts Group)-2, MPEG-4, H.264/AVC等に代表される映像符号化技術の発展と符号化LSIの普及とともに、ネットワークの高速化・広帯域化、カメラモジュールや蓄積機器の低価格化等に伴い、映像監視システムの利用が広範囲に広がっている。具体的には銀行やコンビニエンスストアなどの店舗、マンションの玄関やエレベーター、街路等における防犯を主な目的としたものや、自動車道路、河川や港湾、消防署や役所等の自治体ビルに置かれる防災を目的としたものがある。どの用途も、我々の生活の“安心・安全”を高めるために、今後も設置・普及の増加が見込まれている。一方で、カメラ台数の増加や撮影する映像の空間・時間解像度の向上に伴い、ネットワーク上に流れる映像データや蓄積メディアに記録される映像データの総量は増加の傾向にあり、映像符号化技術の圧縮率に対する要求はますます強くなっている。

本稿では、映像信号の圧縮性能をより一層高めることを目的に国際標準化の作業が進められた新しい映像符号化技術“HEVC”，及び当社と日本放送協会(NHK)が共同で総務省から受託して研究開発を行った、HEVC方式の符号化性能を検証するために試作したHDTVコーデックシステムについて述べる。

2. HEVCの符号化技術

2.1 標準化の経緯と技術の概要

標準化の経緯を図1に示す。2010年1月に京都で開催されたMPEG会合で、VCEG(Video Coding Experts Group:ITU-T SG16 Q.6の通称)との合意のもと提案募集(Call for Proposals:CfP)が行われ、2月の締切りに対して当社からのものも含め27件の提案が集まった。4月の第1回JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)会合で各提案に対して符号化性能や処理複雑性の観点から評価作業が行われ、10月の第3回JCT-VC会合で作業原案(Working Draft:WD)と、WDの技術を実装した参照コーデックモデルとなるHM(HEVC test Model)が作成された。その後、およそ3か月に1回のペースで開催された会合ごとに、提案された技術に対する評価・採否に伴う

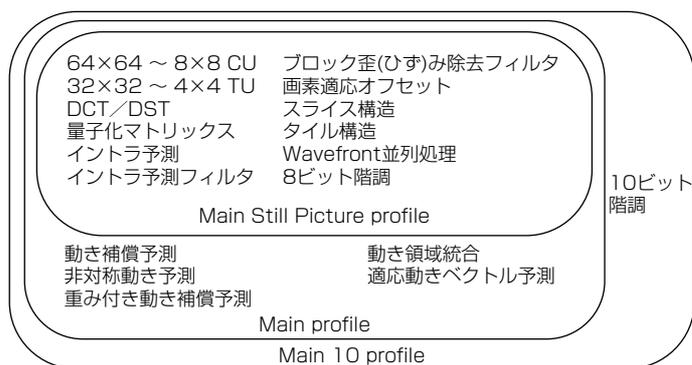
WDの改訂が行われ、2012年2月に委員会草案(Committee Draft:CD)が策定された。以降は主として文書の表現レベルの改訂が行われ、2013年1月に第1版の最終文書(Final Draft International Standard:FDIS)が策定され、ISO/IEC, ITU-Tともに国際投票が進められた。

第1版は民生用途を主とするものであるが、2012年から並行して第1版に対する拡張作業が同じJCT-VCで進められている。第2版は放送局などでの業務用途を主とした、色空間フォーマットや画素ビット階調数に対する拡張が進められており、2014年春に成立する見込みである。また、空間解像度や画質に対する階層性を持たせるためのスケラブル拡張も2012年後半から進められている。

2013年春に出版される第1版で定義されたプロファイルと符号化ツールの包含関係を図2に示す。図に示すように第1版では3つのプロファイルが策定された。“Main Still Pictureプロファイル”は静止画符号化を対象としたものであり、“フレーム内(イントラ)符号化”の機能だけを取り出したものである。“Mainプロファイル”は従来のビデオ符号化方式同様、動き補償予測を伴う“フレーム間(インター)符号化”の機能を含めたものである。“Main 10プロファイル”はビット深度を従来の8ビット(3原色にして1,678万色)に対して10ビット(10億色)に拡張するもので、昨今の家庭用AV機器の高画質化に対応して設けられた。

第1版で定義された主なレベルを表1に示す。モバイル用途を想定したVGA(Video Graphics Array)又はそれ以下の低解像度のものから、高解像度なスーパーハイビジョン(7680×4320, 120フレーム/秒)までが含まれている。

HEVCがMPEG-2やH.264/AVC等と比べて高い符号化性能を得られるようになった理由の一つに、大きなサイズ



DCT: Discrete Cosine Transform, DST: Discrete Sine Transform

図2. プロファイルと符号化ツールの関係

表1. 主なレベル

レベル1~2	VGA以下の解像度。モバイル用途などを想定
レベル3	SDTV解像度
レベル4	HDTV解像度
レベル5	4K解像度を想定
レベル6	8K解像度(スーパーハイビジョン)を想定

SDTV: Standard Definition TeleVison



図1. 標準化の経緯

PDAM: Proposed Draft AMendment, DIS: Draft International Standard, DAM: Draft Amendment, AAP: Alternative Approval Process, FDAM: Final DAM

を伴うブロックサイズの適応化技術が挙げられる。符号化処理の単位となるCU(Coding Unit)は最大64×64、直交変換を行う単位となるTU(Transform Unit)は最大32×32のサイズまで規格化され、従来の16×16や8×8といったサイズで定義された方式よりも画素数で16倍の単位での処理が可能となった。MPEG-2は元々標準解像度のテレビ信号(日米の場合、720×480)を、H.264/AVCはCIF(Common Intermediate Format)(352×288)やQCIF(Quarter CIF)(176×144)解像度の映像信号を対象として標準化作業が進められ高解像度の信号を対象とした実験作業は後から行われたため、低解像度に適した符号化技術が多く採用されていた。今回のHEVCでは早い段階から8K解像度の信号までを含めて標準化作業を行ったため、基本技術となるブロックサイズから見直しの検討が行われ、特に高解像度映像に対して高い符号化性能が得られるようになった。

なおHEVCに採用されている符号化ツールの詳細については、参考文献(1)、(2)等を参照。

2.2 当社の標準化への取り組み

当社は、HEVCの標準化立ち上げ時、提案募集時、標準化作業時のそれぞれのフェーズで、技術面・運営面の両面から標準化作業に貢献した。

標準化作業を開始するにあたって、目標とする技術は世の中で必要とされているものなのか、またその機能・性能を満たすだけの技術が世の中に存在するのかといった点を確認するための“Call for Evidence”が2009年にMPEGで実施された。当社はこの募集に対して回答するとともに、新しい方式に要求される機能・性能事項のとりまとめや符号化実験を行うために使用するテスト画像の提供などを他社とともに行った。

2.1節に記した提案募集(CfP)には当社単独のもの(当社の海外研究所を含む)と当社とNHKで共同開発したものの2件を応募した⁽³⁾。

その後の標準化作業では、技術提案や他社提案技術のクロスチェックなどを行った。イントラ符号化や可変長符号化に関しては技術提案を行うとともに、同じ分野の複数の技術に対して優劣を判断したり技術の融合を検討するコア実験(Core Experiment:CE)のコーディネーターを担当した。可変長符号化に関しては、H.264/AVCでは性能は異なるが同じ機能を実現するCAVLC(Context Adaptive Variable Length Coding)とCABAC(Context Adaptive

Binary Arithmetic Coding)の2種類があったものを、HEVCではCABACだけへの一本化を行い、復号処理の実装簡易化に貢献した。

2.3 符号化性能評価

2012年8月に作成されたDIS相当の参照ソフトウェア“HM-8”と、H.264/AVCの参照ソフトウェア“JM18.4”を用いて符号化性能の比較を行った結果を表2に示す⁽⁴⁾。

実験に使用した画像は、映像情報メディア学会が作成した“ハイビジョン・システム評価用標準動画画像第2版”のBシリーズ(プログレッシブフォーマット)から4シーケンス、各シーケンス15秒である。実験はJCT-VCで定められた符号化条件を用い、それぞれの参照ソフトウェアで、符号化画質の客観評価値として用いられるPSNR(Peak Signal to Noise Ratio)値と符号量(ビットレート)のバランスが最適になるように、Rate-Distortion(RD)最適化制御を用いている。“ビット削減率”は、JCT-VCで定められた、同じ画質(同じPSNR値)を得る場合に符号量をどの程度削減できるかを示す指標である。画像シーケンスによる差はみられるものの、平均で42%の符号量削減効果が得られている。

3. HDTVコーデックの試作と評価

この章では、総務省の“情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発”(平成23年度一般会計補正予算(第3号))により実施した、“災害情報を高圧縮・低遅延で伝送する技術の研究開発”による成果について述べる。

ネットワーク機器の破損や輻輳(ふくそう)等の障害により、災害発生時に不安定・狭帯域となる通信網を用いても、災害現場や避難所等から高品質な映像伝送を実現する新しい符号化技術の開発を目的とした。

この研究開発では、HDTV解像度の映像を入力し、リアルタイムに符号化処理を行って圧縮された符号化データを出力するエンコーダ装置を開発した。エンコーダ装置の仕様を表3に示す⁽⁵⁾。

2.3節の評価でも用いた、標準化作業で作成されているC言語で記述された参照ソフトウェア“HM”では、符号化性能をできるかぎり高めるために、繰り返し処理やマルチパス処理を駆使したRD最適化制御を行っている。パッケージメディア向けのコンテンツ作成のように、非リアルタ

表2. H.264/AVCとHEVCの符号化性能比較

画像シーケンス	ビット削減率(%)
噴水(ドリー)	-26.1
バスケットボール	-39.2
競馬(ダート)	-47.2
カラフルワールドB	-56.2
平均	-42.2

表3. エンコーダ装置の仕様

映像入出力信号	デジタルシリアル信号(SMPTE425M, SMPTE292M)
入力フォーマット	1080P(Progressive, 59.94/60Hz) 1080I(Interlace, 29.97/30Hz)
符号化フォーマット	1920×1080P, 1920×1080I
色差フォーマット	4:2:0
ビット深度	入力・符号化ともに10ビット
映像符号化	HEVC方式(HM-4仕様相当)

SMPTE: Society of Motion Picture and Television Engineers

イム処理によって映像素材を圧縮する場合には、HMに実装されている符号化性能を得ることも可能である。しかし、映像監視や放送のように、リアルタイムでの符号化処理が必要とされるアプリケーションではHMのRD最適化制御をそのまま適用すると装置サイズ・コストが非現実的なものになってしまう。そのため、装置化してリアルタイムに符号化処理を行った場合には、2.3節の実験結果のような性能は必ずしも得られない。実際にユーザーが享受できる符号化性能を確認するためには、エンコーダ装置を開発して実証する必要がある。

ソフトウェアでは処理時間がかかるため限られた映像しか用いられないが、今回試作したコーデックシステムを用いて、様々な映像をリアルタイムで符号化することによって、HEVCの符号化性能を評価することができるようになる。また、標準規格に採用されている多くの符号化ツールに対する個別の性能比較や、複数あるモードの中から選択するための判定アルゴリズムを映像信号の特性に応じて最適化する等、符号化制御アルゴリズムの設計・検証を効率よく進められる。符号化画像に対する最終的な評価は、PSNRのような数値ではなく、人間の目による主観評価で行われる。より多くの画像を用いた評価による符号化制御アルゴリズムの改良によって、符号化性能は安定化する。

開発したシステムを用いて、図3のような構成によって主観評価実験を行い、伝送量をH.264と比べて半分にしても同等品質で映像伝送ができること、伝送量が同じであれば、H.264と比べて高品質な映像が伝送できることを確認した。また、ヘリコプターからの空撮映像や地震発生時のカメラ・被写体が激しく揺れている映像等、災害時ならではのカメラワークや被写体を映像ソースとして評価を行うことによって、災害映像を高圧縮で伝送するために必要な符号化制御技術の開発や低遅延で伝送するための技術検討等も同時に行った。災害時のネットワークで多く見られる不安定な状態や輻輳している状況下であっても、被災地からの映像をより正確かつすみやかに伝送することによって、被災地の状況を自治体や対策本部等に的確に伝えられるようになることが期待できる。このコーデックシステムを用いて、HEVCに対する評価・実証を引き続き行い、実用化を加速していきたい。

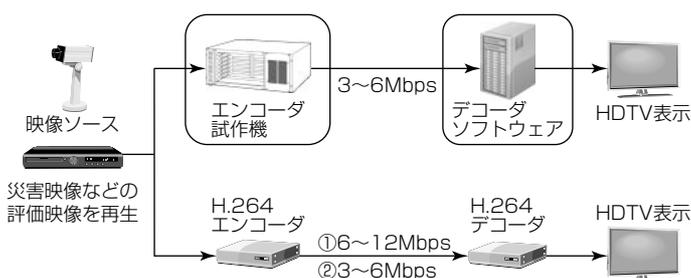


図3. 符号化映像の主観評価実験

4. む す び

HEVCの符号化技術は、その最大の特長である高い圧縮性能を活用して、世界中のあらゆる国々で、モバイル端末や放送など、様々な分野での適用が想定されている。この特集のテーマである“安心・安全、快適・効率的な暮らしを支える”という観点から将来に期待される3つの適用分野を次に挙げる。

- (1) 防災カメラ・CCTV：レコーダでは映像記録時間を倍増することができるため、長時間記録の実現や同じ記録時間であれば収容できるカメラ台数を追加することができる。また、半分のビットレートでの伝送ができるようになるため、狭帯域での伝送が可能となる。常時安定した品質を確保することが比較的困難な無線環境であっても、高解像度・高フレームレートでの映像伝送が期待できる。
- (2) IP-STB(Set Top Box)：映像品質を保ったまま伝送レートを半減することができるため、ネットワークの負荷を軽減できる。又は同じ負荷のまま、サービスできる番組数を倍増することができるようになり、世帯内で同時視聴できるチャンネル数を増やすことも期待できる。4Kや8HのUHDTVサービスの実現に対する期待もある。
- (3) スマートフォンでの映像送受信：スマートフォンにHEVCのエンコーダ機能が搭載されれば、動画サイトへの投稿が短時間でできるようになる。ファイルサイズをあまり気にすることなく、高解像度・高品質モードでの撮影が可能となる。デコーダ機能が搭載されれば、ネットワーク環境をあまり気にすることなく、高品質な映像をストレスなく再生・視聴できるようになる。

参 考 文 献

- (1) 杉本和夫, ほか：次世代標準規格に向けた映像符号化技術, 三菱電機技報, 86, No.3, 199~202 (2012)
- (2) 村上篤道, ほか：高効率映像符号化技術HEVC/H.265とその応用, オーム社 (2013)
- (3) Asai, K., et al.: New Video Coding Scheme Optimized for High-Resolution Video Sources, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 5, No.7, 1290~1297 (2011)
- (4) 峯澤 彰, ほか：HEVCのインタレース適用に関する一検討, 画像符号化シンポジウム資料 (PCSJ2012), 27, 55~56 (2012)
- (5) 原田亜矢子, ほか：リアルタイムHEVC符号化アルゴリズムの開発と評価, 電子情報通信学会総合大会講演論文, D-11-49 (2013)