

# UHDTVの超高精細度を実現する動画像符号化技術 H.265/HEVC

H.265/HEVC Video Coding Standard Contributing to Realization of UHDTV Broadcasting

川島 裕司

■KAWASHIMA Yuji

UHDTV (超高精細度テレビ) 放送における衛星デジタル放送の動画像符号化方式として、H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) が採用された。H.265/HEVCは、ITU-T (国際電気通信連合-電気通信標準化部門) とISO/IEC (国際標準化機構/国際電気標準会議) において2013年1月に規格化された方式で、現行のHDTV (高精細度テレビ) 放送で採用されているH.264/AVC (Advanced Video Coding) の約2倍の圧縮効率を実現している。

東芝は、H.265/HEVCで実現するこれまでにない高画質の放送や配信サービスに向けて、新技術の提案と規格化活動に積極的に取り組み、圧縮効率の改善に大きく貢献した。

The H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) standard, which was jointly standardized by the International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) and the International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) in January 2013, has been adopted as one of the video coding standards for ultra-high definition television (UHDTV) digital satellite broadcasting. H.265/HEVC achieves approximately double the coding efficiency of the H.264/AVC (Advanced Video Coding) standard for current HDTV broadcasting.

With the aim of realizing innovative broadcasting and network services delivering outstanding picture quality, Toshiba has been devoting continuous efforts to the promotion of standardization in this field as a member of related working groups and has been contributing to the improvement of coding efficiency.

## 1 まえがき

H.264/AVC (Advanced Video Coding) は、2003年にITU-T (国際電気通信連合-電気通信標準化部門) とISO/IEC (国際標準化機構/国際電気標準会議) のMPEG (Moving Picture Experts Group: 動画像符号化専門家グループ) によって動画像符号化方式として規格化されて以来、HDTV (高精細度テレビ) 以下の解像度の動画像符号化技術として、Blu-ray Disc<sup>TM</sup>(注1)、ワンセグ放送、CS (通信衛星) 放送、及びインターネット配信に利用されてきた。

H.264/AVCの普及とともに、新しい符号化方式の標準化活動が進められた。この活動は、ITU-TとISO/IECのMPEGによって2010年1月に設立された、JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding Standard Development) で進められた。H.264/AVCの2倍の圧縮効率を目標とし、新符号化方式の規格化プロジェクトの名称をHEVC (High Efficiency Video Coding) とすることが決定された。

JCT-VCからの新符号化方式に対する技術公募に応じて提案された符号化技術が、2010年4月の第1回JCT-VC会合において評価され、UHDTV (超高精細度テレビ) 相当の解像度を含む評価動画像に対して、H.264/AVCの2倍の圧縮性能を

実現できる見通しが確認された。

同年10月に標準化の出発点となる作業ドラフト仕様と参照ソフトウェアモデルが策定され、2012年1月の標準化委員会草案を経て、2013年1月の第12回JCT-VC会合で最終規格草案が発行され、HEVC第1版の標準化が完了した<sup>(1)</sup>。更に、いっそうの高画質化やスケーラブル符号化を目的とした追加検討が行われており、スケーラブル符号化機能の標準化完了は2014年6月を目標とされている。

東芝は、JCT-VC発足前の、ITU-Tでの単独検討段階から積極的に提案活動を行い、HEVC標準化活動においても規格検討サブグループの議長を務めるとともに、当社のいくつかの提案技術が採用され、圧縮効率の改善に大きく貢献した<sup>(2), (3)</sup>。

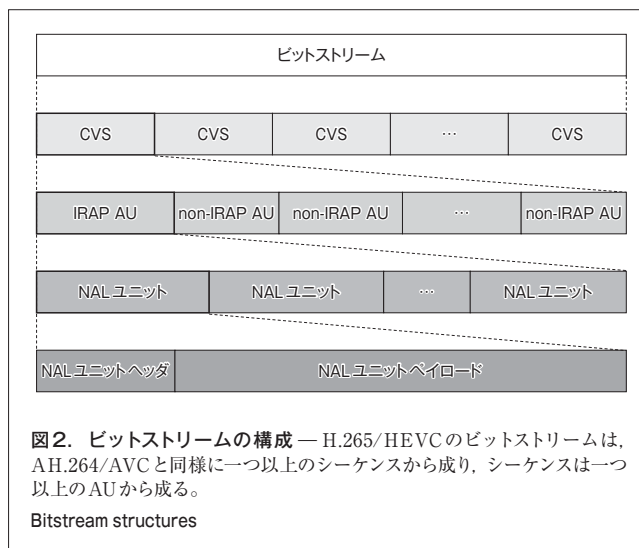
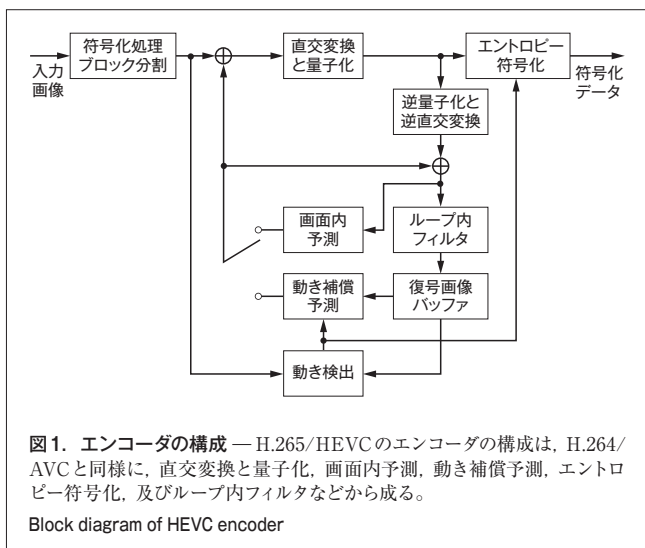
ここでは、H.265/HEVCの概要と、H.265/HEVCで導入された符号化ツールについて述べる。

## 2 H.265/HEVCの概要

H.265/HEVCは、MPEG-2やH.264/AVCと同様に、動き補償予測、直交変換、及びエントロピー符号化を組み合わせたハイブリッド符号化を用いており、エンコーダの構成は、変換と量子化、画面内予測、動き補償予測、エントロピー符号化、及びループ内フィルタなどから成る(図1)。

画像の符号化処理は、CTU (Coding Tree Unit) という単

(注1) Blu-ray Disc<sup>TM</sup>、Blu-ray<sup>TM</sup>は、Blu-ray Disc Associationの商標。



で行う。CTUは、MPEG-2やH.264/AVCで言うMB (Macroblock) に相当するが、16×16画素の固定サイズではなく、16×16、32×32、及び64×64画素のうち、いずれかのサイズを選択することができる。解像度や絵柄に合わせたCTUのサイズを選択することで圧縮効率を向上させている。

H.265/HEVCの符号化ツールの特徴を、MPEG-2及びH.264/AVCと比較して表1に示す。画面内予測はH.264/AVCから導入されたツールで、予測モードが11から35に増えたことで、物体の輪郭部で画面内予測画像の精度が高くなった。動き補償予測は、非整数画素精度の生成で用いる内挿フィルタのタップ長が増えたことで、画面間予測画像の精度が向上した。直交変換は、CTUと同様にブロックサイズが増加し、解像度や絵柄に合わせたブロックサイズを選択することで圧縮効率が向上した。ループ内フィルタは、画素適応オフセットというツールが追加され、物体の輪郭部で発生したリングングひずみを除去することで、画面間予測時の圧縮効率が向上した。また、エントロピー符号化は、H.264/AVCからCAVLC (Context-based Adaptive Variable Length Coding : コンテ

キスト適応可変長符号化) を省き、CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding : コンテキスト適応算術符号化) だけとし、コストを考慮した構成になっている。

H.265/HEVCのビットストリームは、H.264/AVCと同様に一つ以上のシーケンス (CVS : Coded Video Sequence) から成り、シーケンスは一つ以上のAU (Access Unit) から成る (図2)。AUは、ランダムアクセスが可能なAU (IRAP AU : Intra Random Access Point AU) とそれ以外のAU (non-IRAP AU) に大別され、IRAP AUは、ストリームの途中からでも再生できるようになる。放送では、番組の途中からでも再生できるように、現行の地上放送では約0.5 s間隔にランダムアクセスポイントが設定されている。IRAP AUはH.264/AVCと同様に、NAL (Network Abstraction Layer) ユニットのタイプで識別することができる。NALユニットタイプはNALユニットのヘッダに属するシンタックス要素で、ヘッダのデコードだけでAUの識別ができるようになっている。H.265/HEVCでは、NALユニットタイプに対してIRAP AUの識別のほかに、参照画像及びリーディング画像の識別が可能になっている。リーディング画像は復号順序がIRAP AUより後であるが、表示順序がIRAP AUより前の画像を指す。更に、IRAP AUに対して、後続のリーディング画像が復号可能かを識別する機能も追加されている。

これにより、放送などをランダムアクセスでストリーム途中から再生する場合に、NALユニットタイプをデコードするだけで、復号不可能なリーディング画像のデコードをスキップできるようになっている。

表1. 符号化ツールの比較  
Comparison of coding tools

符号化ツール	MPEG-2	H.264/AVC	H.265/HEVC
符号化処理 ブロック分割	ブロックサイズ 16×16画素	ブロックサイズ 16×16画素	ブロックサイズ 16×16、32×32、 64×64画素
画面内予測	予測モードなし	予測モード11種類	予測モード35種類
動き補償予測	1/2画素精度	1/4画素精度 (6タップ)	1/4画素精度 (8タップ)
直交変換	ブロックサイズ 8×8画素	ブロックサイズ 4×4、8×8画素	ブロックサイズ 4×4、8×8、16×16、 32×32画素
ループ内フィルタ	フィルタなし	デブロッキング フィルタ	デブロッキングフィルタ、 画素適応オフセット
エントロピー符号化	可変長符号化 (VLC)	CAVLC、CABAC	CABAC

### 3 H.265/HEVCの符号化ツール

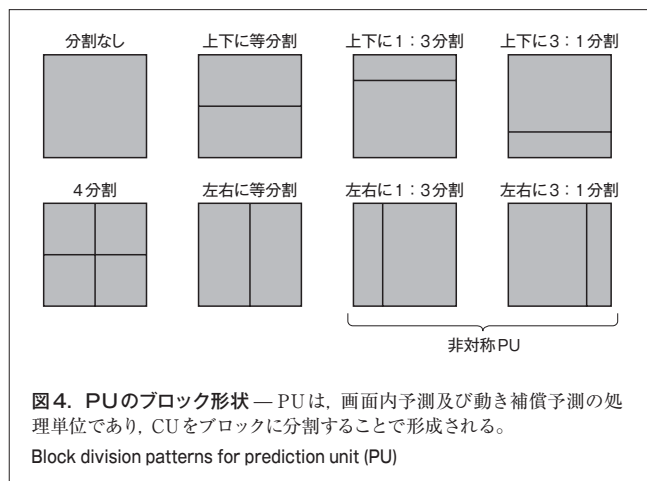
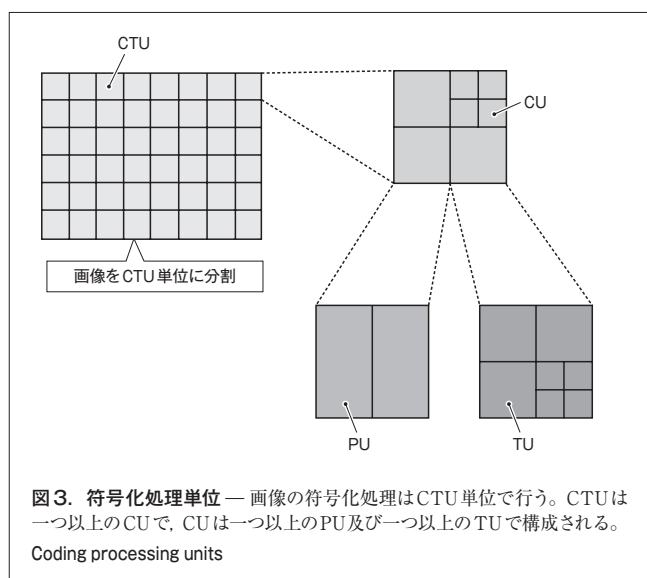
ここでは、表1に示したH.265/HEVCで導入された符号化ツールの中から、符号化処理のブロック、ループ内フィルタの

画素適応オフセット、及びエントロピー符号化の並列処理を可能にするWPP (Wavefront Parallel Processing) につき、詳細な内容とこれらの導入効果について述べる。

### 3.1 符号化処理のブロック

前述のように、画像の符号化処理はCTUというブロック単位で行う。CTUは一つ以上のCU (Coding Unit) から成り、CUは、直交変換、画面内予測、及び動き補償予測を行うベースとなる処理単位である。CUは、四分木 (しぶんぎ) による再帰的な領域分割で、最小 $8 \times 8$ 画素のブロックまで選択することができる。領域分割を適応的に、例えばテクスチャや動きの複雑な箇所では小さなCUに、平坦な部や動きのない箇所では逆に大きなCUにすることで、圧縮効率を向上させることができる。また、CUは一つ以上のPU (Prediction Unit) 及び一つ以上のTU (Transform Unit) から成る (図3)。

PUは、画面内予測や動き補償予測を行う処理単位であり、CUをブロックに分割することで形成される。PUのブロック形状を図4に示す。画面内予測におけるPUは、分割なしと4分



割の2パターンの分割がある。動き補償予測におけるPUは、分割なしと4分割のほか、CUを1:1の面積比で等しく2分割する二つのパターンとCUを1:3の面積比で非対称に2分割する四つのパターンを加えて、計8パターンの分割がある。最小で $8 \times 4$ 画素又は $4 \times 8$ 画素のブロックまでとることができる。

TUは、変換と量子化を行う処理単位であり、CUをブロック分割することで形成される。TUはCUと同様に、四分木による再帰的な領域分割で、最小 $4 \times 4$ 画素のブロックまでとることができる。

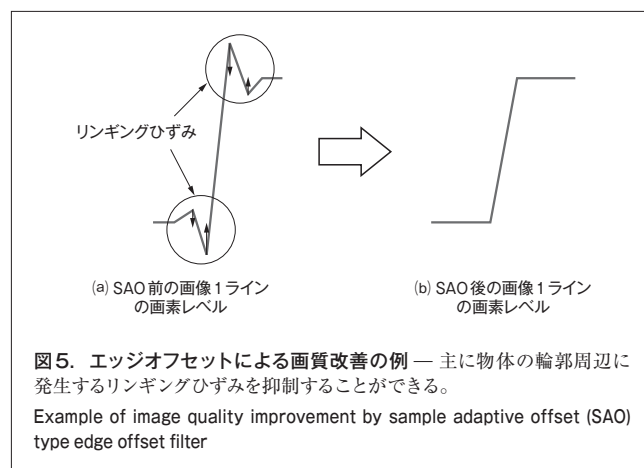
### 3.2 画素適応オフセット

画素適応オフセット (SAO: Sample Adaptive Offset) は、ループ内フィルタの一つで、デブロックフィルタ後の画像に対して処理を行う。SAOの処理のタイプには、エッジオフセットとバンドオフセットの2種類が存在する。エッジオフセットでは、主に物体の輪郭周辺に発生するリングングひずみを抑制することができる (図5)。また、バンドオフセットでは、量子化により失われた階調を補正することができる。

ここでは、エッジオフセットの処理について述べる。エッジオフセット処理は、処理対象画素とその隣接画素の空間的な位置関係及び画素レベルの大小関係によって、処理対象画素にオフセットを加える。空間的な位置関係は、図6に示すように、水平方向 ( $0^\circ$ )、垂直方向 ( $90^\circ$ )、及び二つの斜め方向 ( $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ) の4通りがある。また、画素レベルの大小関係は、表2に示すように五つのパターンに分類され、それらのパターンごとに指定のオフセットを処理対象画素のレベルに加算する。

### 3.3 WPP

WPPは、圧縮効率の低下を抑制しながら、スライス内のエントロピー符号化をCTUラインごとに並列処理するためのツールである。エントロピー符号化のCABACは、圧縮効率を向上させるため、算術符号化における2値シンボルの生起確率をコンテキストにより適応的に変更している。コンテキストは、周囲の符号化済みのパラメータの値をもとに決定する。



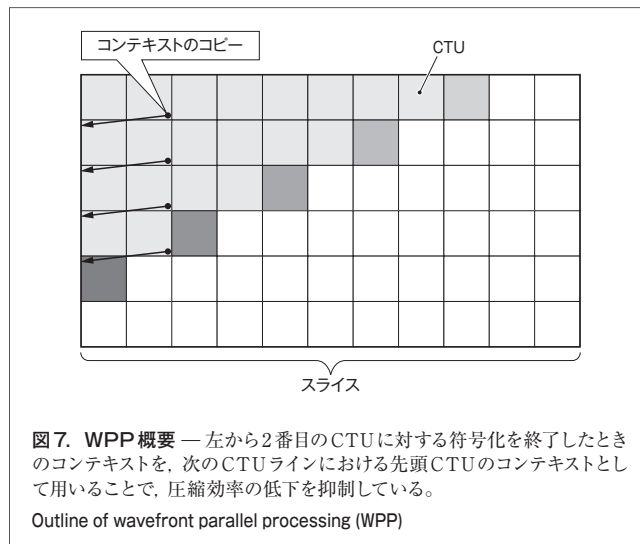
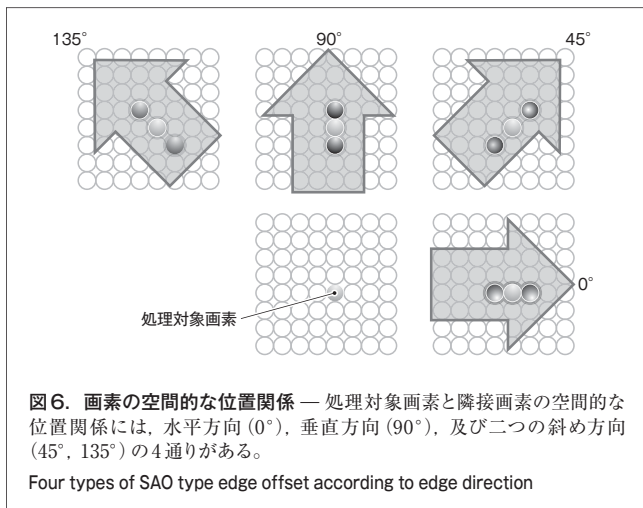


表2. 画像レベルの大小関係を示すパターン  
Five value patterns for SAO type edge offset

大小関係のパターン	説明	オフセット
	処理対象画素より両方の隣接画素のほうが大	あり
	処理対象画素より片方の隣接画素のほうが大で、もう片方の隣接画素が同じ	あり
	処理対象画素より片方の隣接画素のほうが小で、もう片方の隣接画素が同じ	あり
	処理対象画素より両方の隣接画素のほうが小	あり
	上記以外	なし

スライスの先頭のCTUのように符号化済みのパラメータが存在しない場合は、あらかじめ決められたコンテキストを使用するが、画像に依存しない既定のコンテキストとなるため、最適な圧縮効率を得ることは難しい。このため、並列処理を可能にする目的で画像に対してスライスによる分割を適用した場合、画像の性質にもよるが、特にスライスの先頭のCTUにおいて圧縮効率の低下を招いていた。そこでWPPでは、各CTUラインの先頭で、一つ上のCTUラインにおける先頭から2番目のCTUに対する符号化を終了したときのコンテキストを用いることで、圧縮効率の低下を抑制している。また、これにより、CTUラインごとの並列処理を可能にしている(図7)。

## 4 あとがき

テレビやタブレット、スマートフォンなどのデジタル機器における動画像符号化方式は、今後、H.264/AVCから、より高圧縮なH.265/HEVCへ移行していくことが期待される。

当社は、今後もHEVCの標準化活動に参画していくとともに、放送・配信サービスの規格化活動に取り組んでいく。また、動画像符号化技術だけでなく、画像処理技術<sup>(4)</sup>を生かし、高画質化とその製品化に取り組んでいく。

## 文献

- (1) ITU-T Rec. H.265; ISO/IEC 23008-2: 2013. High efficiency video coding.
- (2) 谷沢昭行 他. 動画像符号化の新規格HEVCに向けた高効率な重み付き画素値予測技術. 東芝レビュー. 68, 2, 2013, p.15 - 18.
- (3) 山影朋夫. 動画像符号化の新規格H.265/HEVC. 東芝レビュー. 68, 4, 2013, p.58 - 59.
- (4) 渡邊敏明. 高画質化技術の動向と東芝の取組み. 東芝レビュー. 64, 6, 2009, p.2 - 6.



川島 裕司 KAWASHIMA Yuji

パーソナル&クライアントソリューション社 ライフスタイルソリューション開発センター エンベデッドソフトウェア技術開発部グループ長。動画像符号化処理技術の開発に従事。Lifestyle Solutions Development Center