



# 次世代動画像符号化技術 MPEG4-AVC/H.264の開発

呉 志雄 畠中 貴明  
徳満 昌之

## はじめに

近年、xDSLをはじめ、FTTH、高速無線LANなどブロードバンドネットワークの普及が急速に進んできて、ブロードバンドネットワークへの加入者数も急速に増加してきている。また、このブロードバンド上で、インターネット放送をはじめとする映像配信サービスやTV電話、TVチャットなどの映像コミュニケーションサービスも本格的に展開されようとしている。さらに、オリンピックを契機にデジタルHDTV放送およびその放送を受信・録画するためのデジタルAV機器も本格的な普及の兆しを見せている。その上に、携帯端末向けのデジタルモバイル放送も開始されようとしている。まさに通信と放送の融合およびユビキタス社会の到来である。

しかし一方、いずれの場合も、限られたネットワーク帯域でより多くのコンテンツをより鮮明な映像で伝送するためには、今の画像符号化技術ではまだ不十分である。たとえば、HDTVと同等の品質で放送を行おうとすると、100Mbit/sのFTTHでも数チャンネルしか伝送できない。ADSLなどでは1チャンネルすら受信が困難な状況である。より圧縮効率の良い次世代動画像符号化技術への期待が大きい。

弊社は、かねてよりブロードバンド映像配信ソリューションを支えるためのトータル映像配信システムOKI MediaServer<sup>\*1)</sup>を開発し提供してきたが、この度、上述の高効率動画像符号化技術への期待に応えるべく、最新の国際標準である次世代動画像符号化技術MPEG4-AVC/H.264をサポートするソフトウェアCODECを開発した。当ソフトウェアCODECは、市販のPC上でD1クラスの画像をリアルタイムに圧縮復元できる性能を実現している。本稿では、まず、動画像符号化の国際標準であるMPEG4-AVC/H.264の概要を紹介し、続いて、当社の高品質MPEG4-AVC/H.264 CODECの技術的特長について紹介する。

\*1) OKI MediaServer は沖電気工業(株)の汎用映像配信システムの登録商標です。

## MPEG4-AVC/H.264の概要

MPEG4-AVC/H.264はISO (International Standard Organization=国際標準化機構)とITU (International Telecommunication Union=国際電気通信連合)が世界中の英知を結集して共同で策定している最新の動画像符号化方式で、ISO側では動画像専門家グループ (Moving Picture Expert Group=MPEG) がその策定に参画し、ISOの標準化勧告14496-10 Advanced Video Coding (通称MPEG4-AVC)として勧告されている。一方、ITU側でも同様の動画像専門家グループ (Video Coding Expert Group=VCEG) が参画し、H.264として勧告されている。本稿では、両者併記の形でMPEG4-AVC/H.264として本技術を呼ぶことにしている。

MPEGは、これまでも多くの動画像符号化技術の国際標準化を策定してきている。これらの国際標準はそのグループの略称に数字をつけて呼ばれることが多い。たとえば、VCD、カラオケなどで良く使われているMPEG1、DVDやデジタル放送で採用されているMPEG2、モバイル通信、インターネット配信で利用されているMPEG4などが良く知られている国際標準である。一方、VCEGも同様に多くの動画像符号化技術の国際標準化を策定してきている。これらの国際標準がH.26xシリーズとして命名されている。たとえば、TV電話で採用されているH.261、デジタル放送で採用されているH.262、TV電話/TV会議/携帯TV電話で採用されているH.263/H.263+などが良く知られている。両グループがこれまでも共同でMPEG2/H.262を策定した実績がある。今回の共同作業はまさに世界中の動画像技術の英知を結集させたと言っても過言ではない。

## MPEG4-AVC/H.264の技術的特長

MPEG4-AVC/H.264は、図1に示すような構成となっている<sup>1)</sup>。図1から分かるように、MPEG4-AVC/H.264は、ブロック単位で符号化が行われていること、時間軸

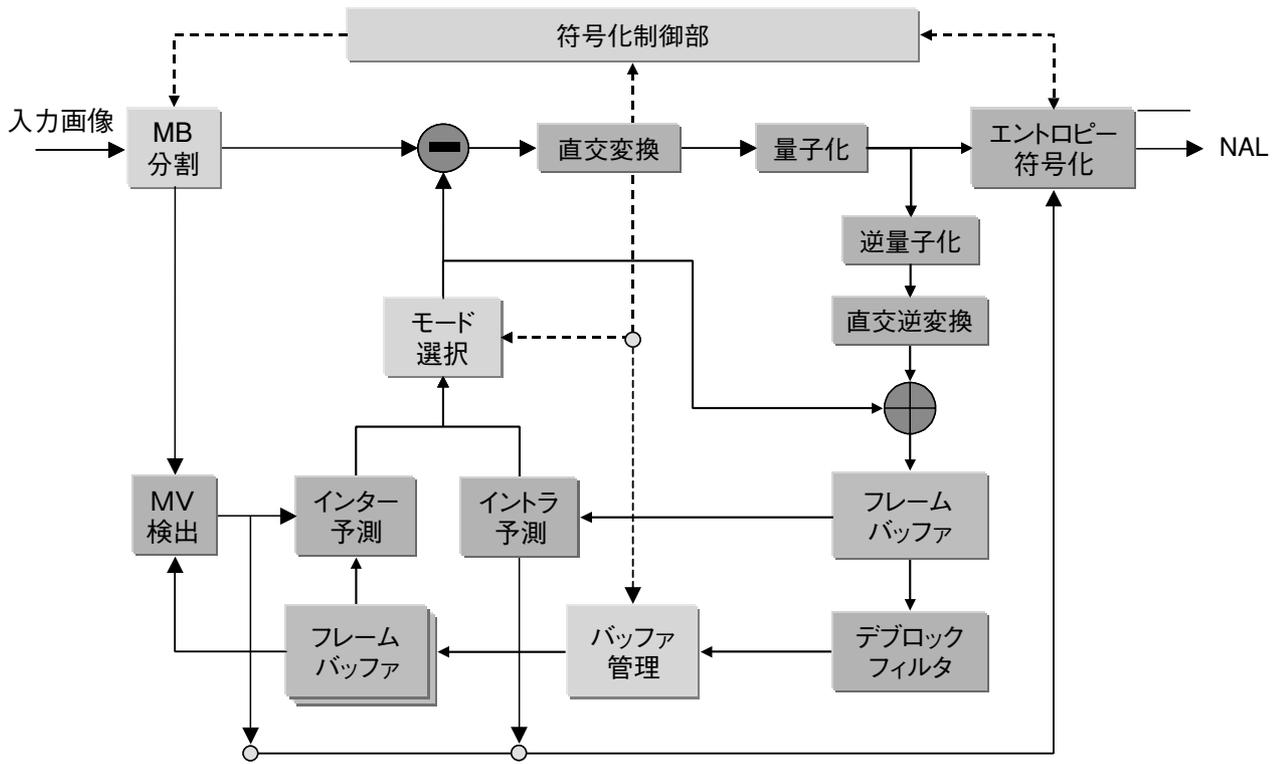


図1 MPEG4-AVC/H.264の構成図

表1 MPEG4-AVC/H.264の特長 (vs. MPEG4-ASP)

技術項目	MPEG4-ASP	MPEG4-AVC/H.264
ブロック分割	16×16, 8×8	16×16, 16×8, 8×16, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4
Inter 予測	P: 1 frame B: 2 frame (平均のみ)	P: n frame から 1 frame B: n+m frame から 2 frame (Implicit, Explicit, Mean=default)
Intra 予測	DC + AC (一部)	Intra16×16: 4 type Intra 4×4 : 9 type
直交変換	8×8DCT (演算誤差あり)	4×4 擬似DCT (演算誤差なし)
量子化	線形変化	指数関数変化
可変長符号化	VLC	CAVLC、CABAC
D-mode	Temporal のみ	Temporal, spatial
Interlace	Frame/Field 予測	MBAFF
Deblock filter	標準外	標準内 loop-filter

においては、ブロック単位でその動きを補償した予測残差を抽出することでフレーム間の冗長を取り除いていること、また、空間軸においては、ブロックベースの直交変換および可変長符号化することでそのフレーム内の冗長を取り除いていることから、技術的にはMPEG4およびH.263の延長であると言える。参考文献2に示したMPEG4-ASPの構成と比較してもその類似性が良く分

かる。しかし、各々の技術細部においては数々の改良が施されていて、全体として、MPEG4あるいはH.263よりも符号化効率が大きく向上している。

表1にMPEG4-AVC/H.264がMPEG4-ASPに比較して改良されている主な技術を列挙する。表1からも分かるように、技術の大きな流れとしては過去のMPEG4技術のトレンドを継承しているものの、各細部においては、かな

り多くの工夫が施されている。たとえば、ブロック分割方法においては、MPEG4-ASPでは、16×16および8×8の2種類しかないが、MPEG4-AVC/H.264では、7種類のブロックタイプがあって、その組み合わせを含むと、259種類にもものぼり、画像の特徴に応じて最も適切な形状を選択することができるようになっている。それによって、フレーム間の予測精度が格段と向上することが期待できる。しかし一方、適切なブロック形状を選択するためには、莫大な演算が必要となる欠点もある。また、フレーム間予測において、従来は過去の1フレームからしか参照できなかったが、MPEG4-AVC/H.264では、複数のフレームから任意の1枚を選択して参照することができ、選択の自由度が格段と向上するようになっている。さらに、ある特定のフレームを長期に渡って保存することができ、long term prediction（長期予測）を可能にしている。

双方向予測においては、前方および後方の参照画像の単純平均のみならず、時間に比例したimplicit加重平均、および外部から指定可能なexplicit加重平均が用意されているので、多彩な加重平均による予測精度の格段の向上が期待できる。特に従来の符号化技術では有効に対処できなかったフェードイン、フェードアウト、クロスフェードなどの効果画像に対しても符号化効率の向上が期待できるようになった。

また、今までの動画像符号化技術では、殆どがDCT（Discrete Cosine Transform）を用いていたため、Inverse DCTの演算誤差に起因するミスマッチの累積による画質劣化の呪縛から逃れられなかったが、MPEG4-AVC/H.264では、ミスマッチのない擬似DCTを採用したことで、この呪縛から開放することができるようになった。これは特にLSIを開発するものにとって大変意味深いことであると思う。

可変長符号化においては、従来では、単純な Huffman テーブルによる符号化であったが、MPEG4-AVC/H.264では、各々の符号化係数のコンテキスト（前後関係）に応じて適切な Huffman テーブルを選択する CAVLC、あるいは、 Huffman テーブルの代わりにより効率の良い2値算術符号化（CABAC）を採用することで、より効率のよい符号化を実現している。しかし一方、より高度で複雑な符号化方式を採用することによって、演算量も増大し、当方式の実用化に大きな困難さをもたらしている。

### 沖MPEG4-AVC/H.264のCODECの特長

弊社では、これまでもMPEG4の標準化活動および製品化を積極的に進めており、OKI MediaServerという

MPEG2/4をベースとする統合映像配信プラットフォームを開発販売してきているが、この度、今までに蓄積されている技術を生かし、画像品質においても、処理速度においても、高いレベルにおいて両立を実現したリアルタイムソフトウェアエンコーダ/デコーダを開発した。MPEG4-AVC/H.264 CODECの開発に先立ち、まず、MPEG4-AVC/H.264の技術的特長、それぞれの技術がどのような時に効果を発揮し、どのような課題があるのか、などを徹底的にリサーチした。その結果に基づいて、開発においては以下の目標を掲げた。

- ① 市販のPCでD1クラス画像のリアルタイム符号化/復号化の実現
- ② 高速化による画像品質の低減あるいは符号量の増加の最小化
- ③ 低遅延でかつリアルタイムにおける伝送レートの安定化の実現
- ④ 既存のリファレンスソフトの諸課題を解決し画像品質のより一層の向上の実現

#### (1) 高速化の追求

開発当初の設計段階から、ソフトウェアによるリアルタイム符号化の実現を目標に、コンピュータアーキテクチャの側面、符号化アルゴリズムの側面、および、実装技術の側面から、高速化の可能性を追求した。コンピュータアーキテクチャの側面では、キャッシュの効果的利用やパイプライン化、並列化、MMX、SSEの活用など数々の工夫を凝らした。また、符号化アルゴリズムの側面では、高速アルゴリズムの開発、特に動き探索における高速アルゴリズムの開発、MMX、SSEが最大限に有効活用できるような並列化アルゴリズムの開発に注力した。また、実装技術の側面では、メモリコピーや演算回数を極力減らしたり、掛け算や割り算などの時間の要する演算を他の高速演算で代用したり、条件分岐によるパイプラインのストールを極力抑えたりして、実装において細心の注意を払った。これらの数々の工夫により、市販の高性能PCで、TV品質相当（D1@30fps）の画像のリアルタイム符号化を実現した。

#### (2) 品質の追求

高速化への追求と同時に、高品質への追求にも拘った。高速と高品質とはかく両立しにくいものであり、最近まで業界のほとんどが画像品質を犠牲にした高速化の達成を目指していた。しかし、我々は高品質にも拘り、品質の低下を代償とする高速化は一切行わず、あくまでも画質を維持した上での高速化アルゴリズムの開発にチャレ

ンジした。その1つとしては、現有の方式特にリファレンス・ソフトウェアの諸課題を徹底的に解明し、それらを解決・改善する方法を見出した。その結果として、リアルタイムでの高速演算でも画像品質の劣化あるいは符号量の増加を極めて低く抑えることができた。

また、画像品質を安定的に高めるため、独自のフィードフォワードおよびフィードバック併用型レート制御アルゴリズムを開発し、リアルタイムでかつ符号化遅延をできるだけ抑えた上で、画像の品質を高めた。

### (3) 低遅延および伝送レート安定化への追求

双方向のコミュニケーションを考えた場合には、高速と高品質だけではまだ不十分であり、低遅延でかつ伝送レートの安定化が不可欠である。我々は低遅延にも拘った。バッファリングを極力減らし、独自の制御技術によって、低遅延と伝送レートの安定化と画質の安定化とのバランスを図った。従来インターネットのストリーミングで使われている方式では、画像が再生するまでに長いバッファリング時間が必要で、片方向のコミュニケーションにしか利用できないし、かつ放送におけるチャンネル切り替えなどの操作応答性も極めて悪いものである。それに対して、当社の低遅延でかつ伝送レートが安定しているCODECでは、リアルタイム性を要する双方向のコミュニケーション分野や、操作応答性が要求される放送/VOD配信などで優れた性能を示すことができると確信している。

## ま と め

MPEG4-AVC/H.264は、急速に発展するブロードバ

ンドネットワーク上での高品質映像サービスにとってのみならず、モバイル放送、次世代DVDなどにとっても大変重要な国際標準であり、これからますます注目されると予測される。当社が開発したMPEG4-AVC/H.264 CODECは、規格として本来持ち合わせている高品質以上の画像品質を実現し、併せて高速化と低遅延化を実現している大変魅力のある商品であると確信している。また、このCODECの開発によって培われたノウハウをDSP/LSIなどにも展開し、より魅力のあるMPEG4-AVC/H.264製品群を開発していく予定である。◆◆

## 参考文献

- 1) ISO/IEC 14496-10:2004, Advanced Video Coding (Second edition), March, 2004
- 2) 吳志雄：「ブロードバンドにおけるマルチメディアストリーミング技術その4～高品質画像符号化技術MPEG4-ASPの開発～」, 沖テクニカルレビュー192号, Vol.69 No.4, pp.60-63, 2002年10月

## 筆者紹介

吳志雄：Zhixiong Wu. ブロードバンドメディアカンパニー 技術開発部  
 畠中貴明：Takaaki Hatanaka, ブロードバンドメディアカンパニー 技術開発部 第1チーム  
 徳満昌之：Masayuki Tokumitsu, 研究開発本部 ユビキタスシステムラボラトリ

# TIPS

## 【基本用語解説】

### MPEG4-AVC/H.264

MPEG4-AVC/H.264 は、ISO および ITU-T が共同で策定されている動画画像符号化方式の国際標準である。

### CODEC

CODEC とは、エンコーダとデコーダの総称である。

### D1 画像

D1 画像とは、720 (横) × 486 (縦) のサイズを有する現行 TV 放送と同等品質を有する画像である。

### MPEG4-ASP

MPEG4-ASP (Advanced Simple Profile) は、ISO が作成し

た MPEG4 動画画像符号化方式の中の1つのプロファイルである。

### MMX

MMX は、Intel 社の Pentium CPU に内蔵されているマルチメディア処理用のプロセッサであり、そのプロセッサを使用することによって、種々の高速・並列演算が可能であるが、専用の命令セットによるアセンブラレベルのプログラミングが必要である。

### SSE

SSE は、MMX の拡張版で、より多くの高速・並列処理をサポートしている。