

## H.264 の概要

### Overview of H.264

恒川 賢二

Kenji Tsunekawa

**要 旨** 新たな動画像符号化方式「H.264」がJVT(Joint Video Team)で標準化段階にある。JVTはITU-TのVCEG(Video Coding Experts Group)とISO/IECのMPEG(Moving Picture Experts Group)という2つの団体が共同で進める動画像符号化の標準化組織である。

H.264は新たな符号化手法を用いることで演算量が増加するものの、従来のMPEG-2やMPEG-4と比較して同程度の画質で2倍以上の圧縮効率を目指す。

本稿では次世代の動画像符号化標準として注目されているH.264の概要を紹介する。

**Summary** A new video coding technology "H.264" is ready to be standardized by the JVT(Joint Video Team). The JVT is a joint project of the two standards organizations such as the ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group) and the ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group).

Although H.264 requires more processing power because of using new coding tools, it is targeted to save the bit-rate by more than 50% compared to current MPEG-2 and MPEG-4 at the same quality.

This article gives an outline of H.264, which attracts attention as a next generation of video coding standard.

**キーワード** : JVT, H.264, MPEG-4, 動画像符号化

#### 1. まえがき

動画像符号化方式として、既にデジタル放送やDVDなどでMPEG-2が用いられており、近頃ではインターネット・ストリーミングや移動体通信などの分野でMPEG-4が用いられ始めている。

このような中で、現在さらに圧縮効率のよい符号化方式「H.264」<sup>(1,2,3,4,5)</sup>がJVT(Joint Video Team)によって標準化段階にある。この符号化は「H.264/MPEG-4 AVC」や「MPEG-4 part10」としても知られている。

本稿では、MPEG-2やMPEG-4につづく動画像符号化方式H.264の概要を、公開されている文

書(2002年12月現在)に基づいて紹介する。

#### 2. JVTとその目的

JVTはITU-TのVCEG(Video Coding Experts Group)とISO/IECのMPEG(Moving Picture Experts Group)という2つの団体が共同で進める動画像符号化の標準化組織である。JVTによるH.264の共同標準化作業は、VCEGで検討されていた「H.26L」をベースに2001年より始まった。この規格は従来と同様にデコーダが持つべき機能を定義しており、2003年3月の国際標準(International Standard)化が予定され

ている(図1)。

JVTによるH.264はそれぞれの団体で別々の名称がつけられている(表1)。

ITU-Tではテレビ会議システムなど低ビットレートでの伝送を目的にした動画像符号化方式H.261やH.263の標準化を行ってきた。ITU-TはJVTでの符号化方式を「H.264」とする方針である。

一方、MPEG-2やMPEG-4の標準化を行ってきたISO/IECではJVTでの符号化方式をMPEG-4に組み込む予定である。MPEG-4はMPEG-2などと同様にシステム、映像、音声など複数のパートから構成される規格である。表2のように現在のMPEG-4映像パートはpart2であり、ISO/IECは今回の符号化方式を“Advanced Video

Coding”としてpart10とする方針である。したがって、ISO/IECでは「MPEG-4 AVC」または「MPEG-4 part10」と呼ぶ。

団体ごとに別々の名称がついていることから、H.264は双方の規格名称を並列して表現することが多い。「H.264/MPEG-4 AVC」や「H.264/MPEG-4 part10」、さらには「JVT/AVC」や「H.264/AVC」などさまざまである。

H.264は低ビットレートのテレビ会議からHDTV(High Definition Television)までの幅広い用途で、従来の方式(MPEG-2やMPEG-4)と比較して、同程度の画質で2倍以上の高圧縮を実現できる動画像符号化方式を目指している。また、インターネットやケーブルテレビなどさま

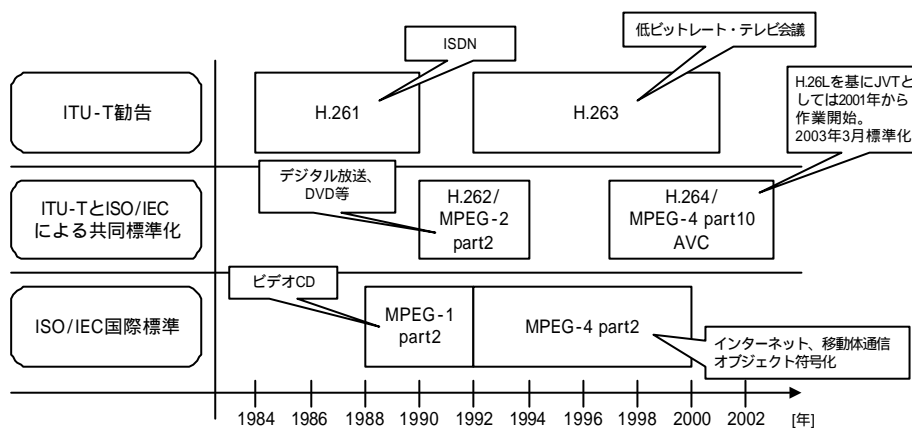


図1 動画像符号化の標準化とH.264

表1 団体別の符号化方式名称

標準化団体	名称
ITU-T	H.264
ISO/IEC	MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding) または MPEG-4 part10

表2 MPEG-4の規格構成とH.264

規格番号	タイトル
ISO/IEC 14496-1 (MPEG-4 part1)	System
ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 part2)	Visual → 現在のMPEG-4動画像符号化
ISO/IEC 14496-3 (MPEG-4 part3)	Audio
.....	.....
ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 part10)	Advanced Video Coding (AVC) → H.264

ざまなネットワークでの使用を前提としている。

なお H.264には従来のMPEG-4におけるオブジェクトの概念はなく、MPEG-2のような自然画像を対象にしたシンプルな符号化方式になっている。

### 3. H.264 符号化について

#### 3.1 プロファイルとレベル

H.264 ではこれまでの符号化方式と同様にプロファイルとレベルを定義している。プロファイルはデコーダが実装すべきツール(符号化手法)群で、3種類が定義されている。図2に各プロファイルとそれを構成する主なツールを示す。

##### (1) ベースライン・プロファイル:

基本となるプロファイルである。ベースライン・プロファイルはロイヤリティフリー(特許使用料なし)で検討中である。

##### (2) X プロファイル:

ベースライン・プロファイルの拡張である。

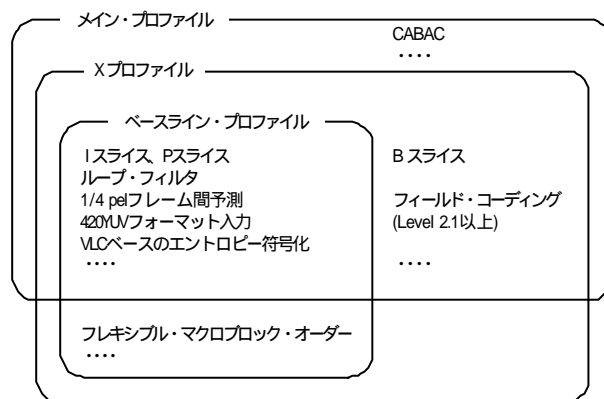
##### (3) メイン・プロファイル:

エントロピー符号化にCABACを採用した。多くのツールを用いて最も符号化効率が高い。

レベルは原画像のマクロ・ブロック数で分類され、Level1 から Level5 の間で11種類が定義されている。たとえば720 × 480 画素の場合にはLevel3 に相当する。

#### 3.2 VCL と NAL

H.264 はさまざまなネットワークでの使用(RTP/IP やMPEG-2 TS による伝送など)が考慮されているため、VCL(Video Coding Layer : ビデオ符号化層)とNAL(Network Abstraction Layer : ネットワーク抽象化層)の2つの層に分けられている(図3)。



(JVT-E146 d37より)

図2 プロファイルと主なツール

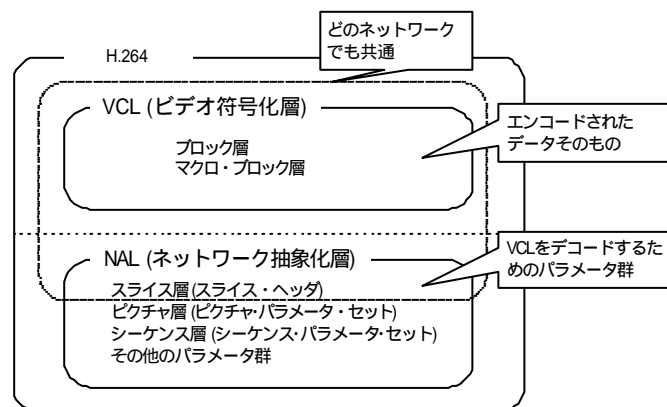


図3 VCL と NAL

VCL はマクロ・ブロックを予測，変換，量子化，エントロピー符号化した動画データそのもので，ブロック層やマクロ・ブロック層の符号化されたデータである。

NALはネットワーク層とのインターフェイスであり，VCLデータをデコードするためのヘッダやパラメータ群が定義されている。スライス層，ピクチャ層などのパラメータがあげられる。これらNALパラメータ群からそれぞれのネットワークで必要なパラメータを選択して伝送する。

VCL部分とスライス層(スライス・ヘッダ)はどのネットワークでも共通に用いられる。

### 3.3 H.264の各符号化手法

図4にH.264エンコーダの構成ブロックを示す。4:2:0YUVフォーマットのビデオ素材入力から，H.264ビットストリーム出力までが示されている。ここではH.264符号化を構成する主要要素技術について，MPEG-2やMPEG-4と比較しながら説明する。また，MPEG-2メイン・プロファイル(MP)およびMPEG-4 part2 アドバンスド・シンプル・プロファイル(ASP)との要素技術比較を表3に示す。

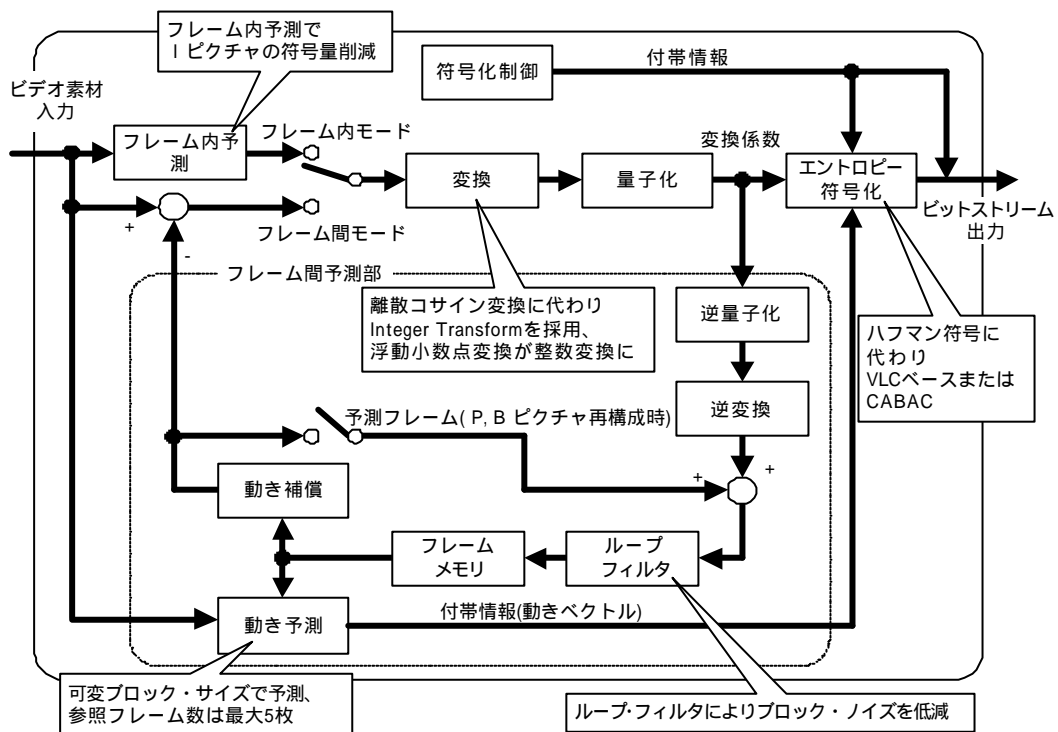


図4 H.264エンコーダの構成ブロック

表3 主要要素技術の比較

要素技術	MPEG-2 MP	MPEG-4 part2 ASP	H.264
フレーム内予測	なし	なし	4×4ブロックで9種類と16×16ブロックで4種類の予測モード
フレーム間予測	16×16ブロック 直前フレームより予測 1/2 pel 予測	16×16または8×8 直前フレームより予測 1/4 pel 予測	16×16を7種類のモードで分割 最大5フレームより予測 1/4 pel 予測
変換	8×8離散コサイン変換	8×8離散コサイン変換	4×4 Integer Transform
エントロピー符号化	ハフマン符号	ハフマン符号	VLCベースの符号、 メイン・プロファイルでは CABAC
ループ・フィルタ	なし	なし	あり

#### ・フレーム内予測

H.264 から導入された方式で、1ピクチャについてフレーム内で予測し、差分値をInteger Transform する。4 × 4 画素ブロックで9種類と16 × 16 ブロックで4種類の予測モードを持つ(輝度成分)。

各マクロ・ブロックをそのまま離散コサイン変換(Discrete Cosine Transform)していた従来の手法に比べて、差分値により値自体が小さくなることと、多くの場合差分値データには原画像に比べて高周波成分が少なくなることから量子化後の生成符号量を削減できる。

#### ・フレーム間予測

予測に用いるブロック・サイズは従来の16 × 16 や8 × 8 だけではなく、多くのブロック形状(7種類)で予測する。16 × 16 ブロック内に複雑な部分と平坦な部分がある場合には、柔軟にブロック・サイズを変えて予測に用いることができるため量子化後の生成符号量を削減できる。

また、H.264 では最大5フレームを参照画像として用いることができる。演算量とメモリ量の増大につながるが、より類似したブロックを参照することが可能となる。したがって、差分データ値が小さくなり生成符号量を削減できる。

#### ・変換

従来は8 × 8 離散コサイン変換が用いられていたのに対して、H.264 では4 × 4 Integer Transform (整数変換)を用いる。Integer Transformは離散コサイン変換の浮動小数点計算を整数化した手法である。ブロック・サイズが4 × 4 になったことでデコード画像のブロック・ノイズを目立たなくすることができる。

#### ・エントロピー符号化

ベースライン・プロファイルおよびXプロファイルではVLC(Variable Length Coding:可変長符号化)ベースの符号を用いる。具体的には指数ゴロム符号(Exponential Golomb Coding)と、それを応用したCAVLC(Context-based Adaptive

Variable Length Coding)である。ゴロム符号はハフマン符号より処理が簡単である(ハフマン符号も可変長符号化の一種である)。

メイン・プロファイルではVLCベースの符号に加えてCABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) という算術符号を用いることでより生成符号量を削減できる。

#### ・ループ・フィルタ

エンコーダおよびデコーダ内において再構成画像作成時にループ・フィルタ(デブロック・フィルタ)が用いられている。従来のMPEGの手法にはなかったツール(H.261 などでは採用されていた)で演算量は増加するが、デコード画像のブロック・ノイズを低減することができる。

### 3.4 H.264 のメリットとデメリット

H.264のメリットとしては以下の通りである(図5)。

#### (1) 新規方式による生成符号量の削減:

フレーム内/フレーム間予測やCABACなどの新規方式により生成符号量が削減できる。

#### (2) ブロック・ノイズの少ないデコード画像:

Integer Transformによりブロック・サイズ自体が小さくなったことに加えて、ループ・フィルタが内蔵されていることによりブロック・ノイズの少ないデコード画像が得られる。

#### (3) ロイヤリティー・フリー:

基本となるベースライン・プロファイルは、ロイヤリティー・フリーで検討されており、普及が期待される。

H.264のデメリットとしては以下の通りである。

#### (1) 演算量の増大:

フレーム内/フレーム間予測およびループ・フィルタなどの新規方式により演算量は増大する。

#### (2) メモリ量の増大:

フレーム間予測での参照フレーム数が増えたことなどにより、エンコーダやデコーダに必要なメモリ量が増大する。

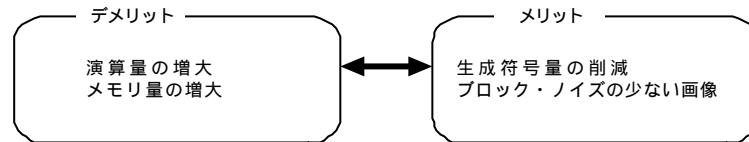


図5 H.264 のメリットとデメリット

表4 JTV 会合(Joint Meeting) の日程表

会合	日程	開催地	アウトプット
JM1	2001年12月	パタヤ(タイ)	Joint Working Draft (JWD) 1
JM2	2002年2月	ジュネーブ(スイス)	Joint Working Draft (JWD) 2
JM3	5月	フェアファックス(米)	Committee Draft (CD)
JM4	7月	クラゲンフルト(オーストリア)	Final Committee Draft (FCD)
JM5	10月	ジュネーブ(スイス)	
JM6	12月	淡路島(日本)	Final Draft International Standard (FDIS)
JM7	2003年3月	---	International Standard (IS)

#### 4. JVT における標準化について

2001年12月にパタヤから始まった会合は Joint Meeting (JM) と呼ばれ、標準化までに全7会合が予定されている(表4)。第4回クラゲンフルト会合では最終委員会草案(Final Committee Draft)が公開された。

2002年12月現在、JVTは既に第6回会合を終えており、2003年3月の第7回会合でH.264の国際標準化を予定している。すべてのドキュメントおよびリファレンス・ソフトウェアは一般に公開されている<sup>(6)</sup>。

#### 5. まとめ

JVTによるH.264は、2003年の国際標準化を目前にしている。この動画像符号化方式は演算量が増加するものの、従来のMPEG-2やMPEG-4と比較して同程度の画質で2倍以上の圧縮効率を目指しており、狭い帯域での伝送が可能である。

標準化を機にリアルタイム・コーデック可能なソフトウェアやチップのリリースが予想される。今後はインターネット・ストリーミングやビデオ会議、ケーブルテレビのビデオ・オン・デマンドなど、さまざまなアプリケーションへの実用化が注目される。

#### 参考文献

- (1) JVT-D157, Joint Final Committee Draft (JFCD) of Joint Video Specification, July, 2002
- (2) JVT-C167, Joint Committee Draft (CD), May, 2002
- (3) JVT-E066, History of MPEG Video Compression, Oct, 2002
- (4) JVT-E146d37, Editor's Proposed Draft Text Modifications of JFCD, Oct, 2002
- (5) H.26L White Paper, UB Video Inc., <http://www.ubvideo.com/>
- (6) <ftp://ftp.imtc-files.org/jvt-experts/>

#### 筆者

恒川 賢二 (つねかわ けんじ)

- a. 研究開発本部 情報通信開発センター  
CATV システム開発部
- b. 1994年4月
- c. デジタルケーブルTVシステムの開発