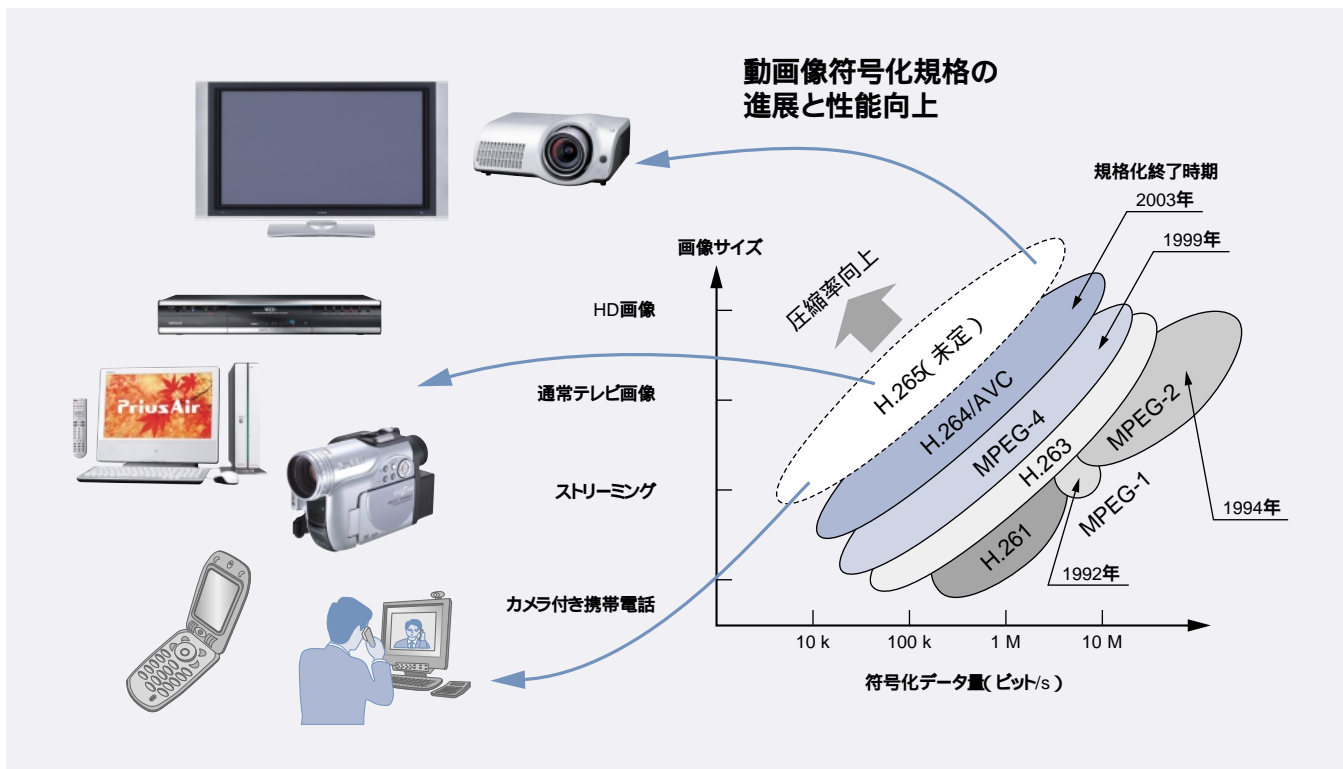


# 動画像符号化技術の現状と今後の展望

## Video Coding Technologies and Standards : Now and Beyond

村上 智一 Tomokazu Murakami  
伊藤 浩朗 Hiroaki Ito

山口 宗明 Muneaki Yamaguchi  
中屋 雄一郎 Yūichirō Nakaya



注:略語説明 HD( High Definition ), MPEG( Moving Picture Experts Group ), AVC( Advanced Video Coding )

### 動画像符号化技術のトレンドと応用製品

動画像符号化技術は数年間隔で新しい規格が策定され、そのたびに符号化性能を向上させてきた。最新の符号化規格であるH.264/AVCは、DVD( Digital Versatile Disc )などで用いられるMPEG-2の2,3倍の圧縮性能を持っている。今後はH.265への進展が見込まれており、最新技術の導入により、さらに高品質な映像を手軽に楽しめるようになると思われる。

動画像符号化技術は、膨大な情報量を持つデジタル映像を圧縮して記録、伝送するための技術である。この技術はMPEGやVCEGなどの標準化委員会によって国際標準規格としてまとめられ、デジタル放送受信端末やDVD、ハードディスクレコーダなどのデジタル家電から携帯電話に至るまでさまざまな映像機器に利用されている。

このような現在の主流を占める動画像符号化技術の大きな特徴は、ハイブリッド符号化方式と呼ばれる技術であり、これによって高画質と高い圧縮性能を両立させ

てきた。しかし、標準化委員会では、いっそうの高圧縮と高機能化を実現するための新しい技術を模索し始めており、将来の方向性についての議論が活発化している。

日立製作所は、これまで、標準化委員会での規格提案活動や動画像符号化実装技術の開発を行ってきており、現在はさらなる発展に向け、最新のH.264/AVC符号化技術の高画質化と新しい拡張方式の検討を進めている。

## 1 はじめに

動画像符号化技術は、家庭で簡単に映画を楽しむためのDVD( Digital Versatile Disc )から、テレビ放送を記録するためのハードディスクレコーダ、デジタルテレビ符号化方式、家族の映像をきれいに残せるDVDカメラ、動画処理可能な携帯電話まで、現在身近にある多くの映像装置に応用されている。これらの機器が、互いに異なる

メーカーのものであっても正しく録画、再生できるのは、統一された国際標準規格に準拠しているからである。

動画像符号化の国際標準規格は、ISQ( International Organization for Standardization:国際標準化機構 ) / IEC( International Electrotechnical Commission:国際電気標準会議 )の傘下にあるMPEG( Moving Picture Experts Group )と、ITU-T( International Telecommunication Union - Telecommunication

Standardization Sector:国際電気通信連合,電気通信標準化部門)のVCEG(Video Coding Experts Group)によって策定されており,日立製作所は,これらの規格を製品化に応用するだけでなく,標準化活動にも積極的にかかわってきた。

ここでは,MPEGとVCEGの動画像符号化規格の概要,日立製作所の取り組み,および将来的な動画像符号化技術の展望について述べる。

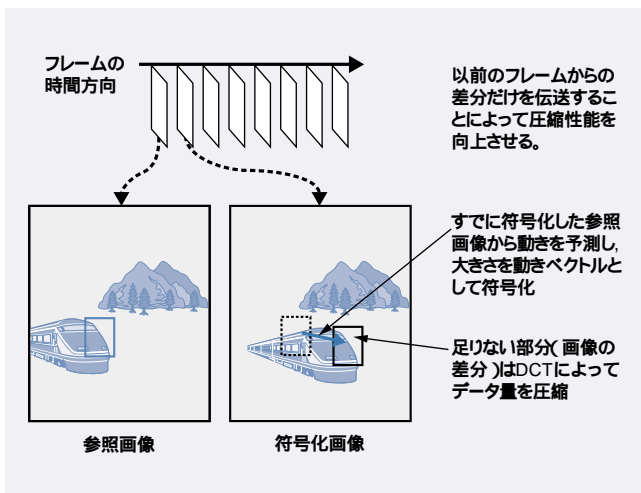
## 2 動画像符号化規格の概要

MPEGが策定した動画像符号化規格には,CD(Compact Disc)に動画像と音声を記録することを目的としたMPEG-1と,通常のテレビサイズからHD(High Definition:高精彩度)画像までに対応し,DVDや衛星放送に用いられているMPEG-2,さらに,携帯電話での動画伝送などの低ビットレートで広く使われているMPEG-4などがある。

一方,VCEGが策定した規格には,H.261やH.263などがあり,これらは主にテレビ会議システムなどの通信機器に使われている。

最も新しい規格であるH.264/AVC(Advanced Video Coding)は,MPEGとVCEGの共同検討チームであるJVT(Joint Video Team)によって策定されたものであり,VCEGではH.264,MPEGではMPEG-4 AVCとそれぞれ呼ばれている。

これらの技術は,いずれもハイブリッド符号化と呼ばれる技術をベースとしている(図1参照)。すでに符号化した画像を参照画像として動きの予測を行い,残った原画像との差分をDCT(Discrete Cosine Transform:離散コサイン変換)によって圧縮することにより,高い符号化



注:略語説明 DCT(Discrete Cosine Transform; 離散コサイン変換)

図1 ハイブリッド符号化の原理

すでに符号化したフレームからの差分だけを動き補償予測とDCTで伝送することにより,高い圧縮性能を実現している。

効率を実現している。

これまで,動画像符号化技術では,新しい規格が策定されるたびに符号化性能を向上させており,H.264/AVCではHD画像を8 Mビット/s程度の符号量で高画質に記録することが可能であり,400 Gバイトのハードディスクレコーダであれば110時間以上記録できることになる。

## 3 国際標準化活動と日立製作所の取り組み

### 3.1 規格提案活動への取り組み

日立製作所は,1995年のMPEG-4規格策定開始当初から標準化活動に参画し,新規技術の提案や規格文書の編集作業を行ってきた。MPEG-4については動き補償誤差制御技術<sup>1)</sup>,高速ワーピング技術,グローバル動き補償技術,H.264/AVCについては空間ダイレクト予測技術などを提案してきた。

例えば,動き補償誤差制御技術は,動き補償誤差の蓄積によって生じる画面の赤色化を防止する技術である(図2参照)。日立製作所は,赤色化が整数への丸め込み処理によって生じることを発見し,制御変数を導入することにより,赤色化を防止する方法を提案した。この方式はMPEG-4規格に採用されている。

### 3.2 H.264/AVC符号化方式の高画質化

現在,最新の符号化方式であるH.264/AVCは,MPEG-2の2,3倍程度の圧縮性能を持つことから,ブルーレイディスクやHD DVD,デジタル放送の動画像符号化方式として採用されるなど大きな注目を集めている。しかし,この方式は符号化の際にMPEG-2の10倍以上の演算が必要なため,いかに効率的に処理を行い,画質を維持しながら圧縮率を上げるかが重要となっている。

日立製作所は,ハードディスクレコーダやDVDカメラ,符号化LSI,映像アーカイブシステム,映像監視システムなどへの応用を目指し,高速かつ高画質なH.264/AVC符号化方式の開発を進めている(図3参照)。

一般的な自然画像の画面内には,画像の様子が複雑な部分と平坦な部分とがある。また,画像の動きに

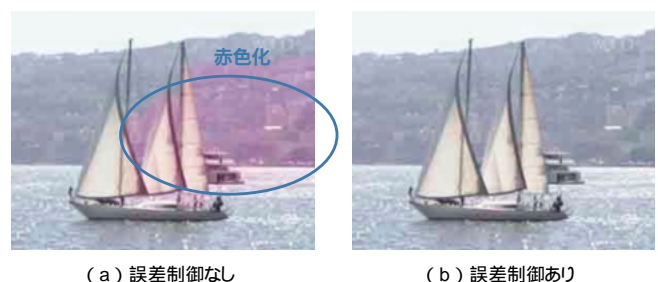


図2 動き補償誤差制御技術の効果

制御変数の導入により,動き補償による丸め込み誤差の蓄積によって画像が赤色化する問題を解決した。



図3 H.264/AVC高画質符号化方式の概要  
 自然画像には視覚的にノイズが目立ちやすい箇所とそうでない箇所があり、これを判別して符号量を割り当てることによって映像を高画質に符号化できる。

ついても、被写体が激しく動く箇所と比較的ゆっくり動く箇所とがある。画像を符号化すると、情報量の圧縮によって再生画像にノイズが発生する。しかし、模様が複雑で動きが大きい箇所ほど人間の目にはノイズが目立ちにくく、模様が平坦で、動きの小さい箇所ほど目立ちやすいという特徴がある。

今回開発した方式では、符号化時に入力画像の複雑さを解析し、ノイズが目立ちやすい箇所には符号量を多く割り当てて画質を上げ、目立ちにくい箇所では符号量を節約して圧縮効率を上げる方式を用いている。また、発生符号量とデコーダの仮想バッファ残量や、目標とする符号量の関係を安定的にフィードバックすることにより、映像が急に激しく動いても破たんしない制御方式を用いている<sup>2)</sup>。

そのほかにも、符号量と画質に対する最適な量子化パラメータを繰り返し計算によって求め、圧縮効率を改善する方式<sup>3)</sup>を開発しており、画質を保ちながら長時間記録を実現するという、製品への応用に向けた技術開発を中心に取り組んでいる。

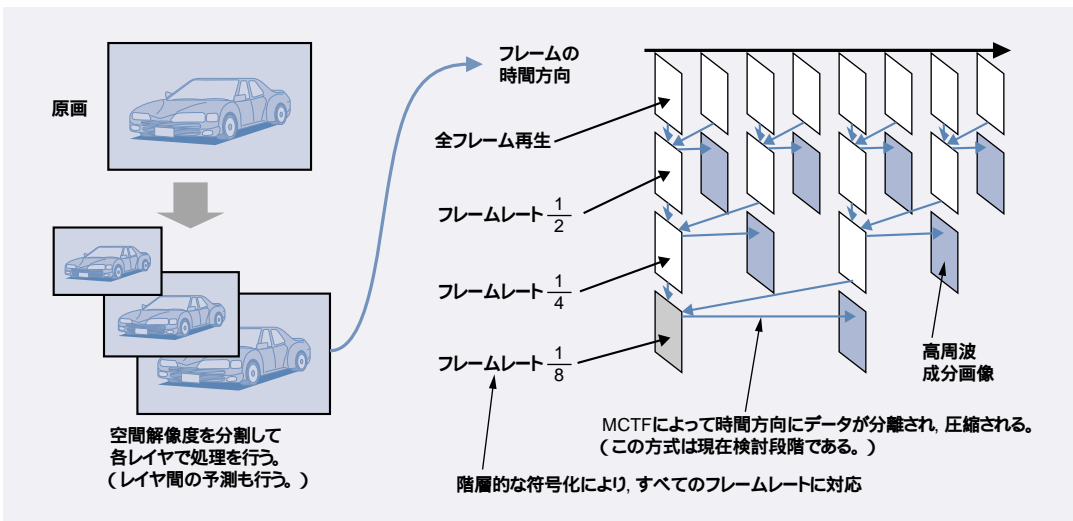
## 4 動画像符号化の将来技術と展望

### 4.1 動画像符号化技術の今後

現在、MPEGとJVTでは、H.264/AVCの拡張規格として多重解像度画像の符号化方式であるSVC(Scalable Video Coding)の議論が活発に行われている。SVCは、複数の画面解像度、フレームレート、および画質精度の映像を一つのストリームに多重化して伝送する方式であり、端末の能力に応じて、あらかじめ決められた範囲で解像度やフレームレートを選択して再生することができる(図4参照)。

また、複数の視点位置から撮影された映像を効率的に符号化する方式として、MVC(Multi-View Video Coding)の検討も進められている。これは、ユーザーが視点位置を自由に切り替えながら見ることができる自由視点テレビ<sup>4)</sup>の実現を目指したものである。

これらの規格策定と並行して、MPEGやVCEGの標準化委員会では、動画像符号化技術の将来的な方向性の議論も行われている。H.261とMPEG-1に始まったハイブリッド符号化方式は、H.264/AVCの規格化が終了して成熟の域に達しつつあるため、いっそうの圧縮性能の向上を目指して新たな技術の模索が始まっている。MPEGでは、“Future Video Coding Workshop”という将来技術を探る会議が開かれ、検討方針や新技術の紹介が行われた。VCEGでも、新規格であるH.265の策定に向けた準備段階として、圧縮性能向上、処理量低減、エラー耐性に関する検討グループを設立している。



注:略語説明  
 MCTF(Motion Compensated Temporal Filtering;動き補償時間フィルタ)

図4 スケーラブルビデオコーディングの原理  
 空間解像度の分割と時間方向の分離によって、複数の解像度とフレームレートを持つ符号化ストリームが生成できる。



## 4.2 次世代技術に向けた取り組み

日立製作所は、既存規格の実装と改善技術に加え、将来に向けた次世代動画像符号化技術の検討も進めている。ハードディスクレコーダのいっそうの長時間録画や、通信帯域の有効活用に向けて、H.264/AVCを拡張することによって圧縮効率を改善する方式を開発した<sup>5)</sup>(図5参照)。

H.264/AVCでは、画像全体をマクロブロックと呼ばれる16×16画素の領域に分割して、画像の左上から順番に各マクロブロックの符号化方法を決定し、符号として出力していく。このとき、画像は一定の範囲ごとに似た情報を持つという特徴があるので、各マクロブロックについては、すでに符号化された隣接するマクロブロックの情報を用いて予測を行い、情報量を削減する。このため、画素の並び方や物体の動く方向などの画像特徴と、マクロブロックの符号化順序の関係が符号化効率に影響を与えることになる。

そのため、提案した方式では、入力した画像を通常の方法だけでなく、左右反転、上下反転、および上下左右反転した画像についてもいったん符号化を行い、出力される符号量と画質を比較して最適なものを選択して出力する方式を用いている。画面間で予測を行うインター予測では、参照画像についても入力画像と同じ方向に反転処理を行う。画像を反転した方向は、反転方向を示す反転フラグをストリームに記録してデコーダに伝送する。これにより、再生側では元どおりの正しい画像方向で再生可能になる。

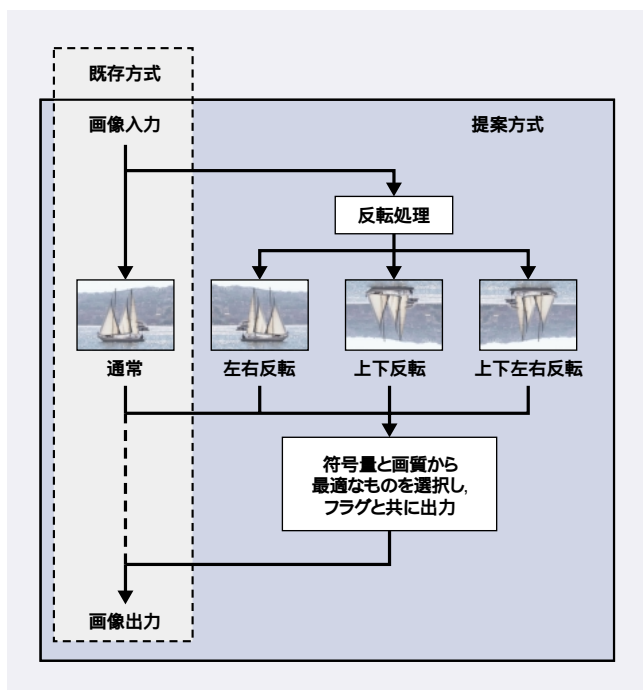


図5 画像反転によるH.264/AVC拡張符号化方式の概要  
H.264/AVCでは、画像の向きによって符号化精度のばらつきがある。これをフレームごとに最適化することにより、いっそうの圧縮効率改善が可能となる。

この方式を用いることにより、幅広いビットレートで画質改善効果が見られ、符号量としては8%程度のデータ量削減が可能であることを実験的に確認している。

## 5 おわりに

ここでは、動画像符号化規格の概要、日立製作所の標準化活動への取り組み、および研究開発の内容について述べた。

日立製作所は、今後も、映像機器の性能向上のための動画像符号化技術の検討や研究開発を進めていくとともに、過去の標準化活動のノウハウを生かし、いっそうの技術の進展を目指してMPEGやVCEGでの提案活動を展開していく考えである。

### 参考文献

- 1) 中屋, 外: 半画素精度の動き補償における丸め込み誤差の蓄積防止, 1998年電子情報通信学会総合大会(1998.3)
- 2) 伊藤, 外: H.264/AVCのレート制御における収束性改善に関する一検討, 2005年映像情報メディア学会年次大会(2005.8)
- 3) 村上, 外: H.264/AVCにおけるマクロブロックレベルの量子化パラメータ設定に関する一検討, 2004年画像符号化シンポジウム(PCSJ)(2004.11)
- 4) 谷本: 自由視点テレビFTV - 多視点画像処理を使って, 映像情報メディア学会誌(2004.7)
- 5) 村上, 外: H.264/AVC Baseline Profileにおける方向依存性を利用した拡張符号化方式, 2005年電子情報通信学会総合大会(2005.3)

### 執筆者紹介



村上 智一

1998年日立製作所入社, 中央研究所 組込みシステム基盤研究所 デジタルアプライアンス研究センター 所属  
現在, 画像符号化技術の研究開発に従事  
E-mail: t-mura@sdl.hitachi.co.jp



伊藤 浩朗

2004年日立製作所入社, 中央研究所 組込みシステム基盤研究所 デジタルアプライアンス研究センター 所属  
現在, 画像符号化技術の研究開発に従事  
E-mail: hiro-ito@sdl.hitachi.co.jp



山口 宗明

1989年日立製作所入社, 中央研究所 組込みシステム基盤研究所 デジタルアプライアンス研究センター 所属  
現在, 画像符号化技術の研究開発に従事  
E-mail: yamaguti@sdl.hitachi.co.jp



中屋 雄一郎

1993年日立製作所入社, グループ戦略本部 技術戦略室 所属  
工学博士  
現在, 技術経営戦略の策定業務に従事  
E-mail: yuichiro.nakaya.hm@hitachi.com