MPEG-4スタジオプロファイル

正会員 鹿喰善明[†], 矢ヶ崎陽一^{††}

MPEG-2の後を受けて次世代の符号化規格として標準化が進んできたMPEG-4は、通称バージョン1、バージョン2規格がすでに成立しており、さらに拡張が行われている。その中で、MPEG-4の特長であるオブジェクト符号化を放送局の映像制作に応用するとともに、これまでの規格がカバーしていなかった高画質映像を扱える符号化規格を作成するために、スタジオプロファイルの審議が続けられてきた。本稿では、MPEGでの審議を終了し、正式な規格となるMPEG-4スタジオプロファイルについて、リクワイアメント、仕様、要素技術、応用の各面について紹介する。

キーワード：MPEG-4、符号化、高画質、オブジェクト

1. ま え が き

MPEG-1は、コンパクトディスクに1時間の動画像を記録するというコンセプトで標準化が行われ、代表的なアプリケーションとしてVideo CDがある。これに続くMPEG-2は、汎用符号化というコンセプトで標準化が行われ、デジタル放送やDVDなどで、広く使われている。

この後、MPEG-4は、当初超低レート向けの符号化方式というコンセプトで標準化がスタートしたが、目標を変更し、機能性を持つ符号化方式を目指した。この標準化作業から、オブジェクト符号化のコンセプトが提案され、MPEG-4の特徴の一つになっている。

オブジェクト符号化の応用として、オブジェクトを用いた画像の合成によって、バーチャルスタジオを行うというアイデアが提示された。これがスタジオプロファイルの出発点になっている。このコンセプトに加え、既存のMPEG-2規格では取り扱うことのできない高精度画像を取り扱うことを目標にして、MPEG-4スタジオプロファイルの検討が開始された。この拡張により、MPEG-4規格は、MPEG-1/2規格を包含して、画像符号化の検討されている全ての範囲をカバーすることになる（図1参照：なお、MPEG-4には他にも多数のプロファイルがあり、図中のMPEG-2のレートもカバーしている）。

既存のMPEG-1/2/4 映像符号化規格への整合性を考慮しつつ、スタジオ应用到に必要な精度や機能の追加、および、符号化効率の改善を行い、MPEG-4 映像符号化 規格の拡張されたプロファイルとして、スタジオプロファイルが制定されることとなった¹⁾。本稿では、このスタジオプロファイルの機能および応用について、紹介する。

図1 MPEG-4スタジオプロファイルのターゲットレート

2. MPEG-4の概要

MPEG-4はMPEG (Moving Picture Experts Group: 正式にはISO-IEC/JTC1/SC29/WG11) が作成した"Coding of Audio-visual objects"と題されるISO/IEC 14496規格の通称である。

MPEG-4の活動は1993年に開始され、当初は"Very low bitrate audio-visual coding"というワークアイテムのもと、MPEG-1やMPEG-2より遙かに高効率な符号化による、超高圧縮・超低レートの映像通信実現が目標とされた。その後、それに代わってオブジェクト処理やエラー耐性といった新たな機能の追加に重点が置かれるようになった。そして、応用分野もモバイル通信・インターネットなどの超低レート通信だけでなく、イントラネットを用いた情報提供、ビデオカメラ、放送、番組制作など広がりを見せ、ビットレートも数十kbpsからGbpsまで幅広くカバーするようになった²⁾。

映像符号化についてはMPEG-2以前と同様の自然画像（ビデオ）符号化だけでなく、CGの符号化（SNHC: Synthetic Natural Hybrid Coding）も扱う。幅広い応用に合わせ、多数の技術ツールが導入されている³⁾。その結果、用途に応じて規格のサブセットであるプロファイルが多く作られている。

[†] NHK 放送技術研究所

^{††} ソニー株式会社 システム&ソフトウェアアーキテクチャセンター
"MPEG-4 Studio Profiles" by Yoshiaki Shishikui (NHK Science and Technical Research Laboratories, Tokyo) and Yoichi Yagasaki (Sony Corporation, Tokyo)

規格化は段階的に進められ、スタジオプロファイル以前に通称バージョン1規格として9つのプロファイル、通称バージョン2規格として6つのプロファイルが成立している⁴⁾。MPEG-4ビデオ規格の特徴として以下のものがあげられる⁵⁾。

(1) 符号化効率

MPEG-4も基本的にブロック単位の動き補償、DCT、可変長符号化といったMPEG-2以前の符号化と同じフレームワークを用いており、これに基づいた改善の工夫が行われた。

動き補償予測については、8×8ブロック動き補償、非制限動き補償^{*}、オーバーラップ動き補償、双方向予測における直接モード、半画素精度動き補償における内挿処理改善などが採用されている。

可変長符号化については、MPEG-2まで採用されていたゼロランの長さおよびその後の非ゼロ係数の値を組合せたシンボルに符号割当を行う2次元ハフマン符号化に代わり、3次元符号化が採用された。3次元ハフマン符号化では、先のゼロラン、非ゼロ係数値に加え、当該非ゼロ係数がブロックにおける最終非ゼロ係数か否かの情報を組合せたシンボルに符号割当を行う。

この他、フレーム内符号化において、DCT係数のブロック間の相関を利用して符号化を行う手法として、MPEG-2では直流係数のみ隣接ブロックの直流(DC)係数との差分をとっていたが、MPEG-4では交流(AC)係数の一部も予測により差分をとって符号化するAC/DC予測手法が採用されている。これら効果は主として低レートにおいて発揮され、500kbps程度のレートではMPEG-1/2に比べて画質改善が大きい。

(2) オブジェクト符号化

MPEG-2までは長方形の画面を画像内容に関係なく適当なブロック処理により符号化を行っていたが、MPEG-4では画面を前景と背景といった画面構成要素(オブジェクト)に分割して別個に符号化するオブジェクト符号化が導入された。画像を部品化することにより、画面の内容を操作する映像編集が可能となる。

この機能の実現のために新たに形状の符号化が加えられた。形状はオブジェクトの存在領域を示す2値形状(Binary Shape)と前景と背景の混合比を示す多値形状(Gray Scale Shape)で構成される。映像(テクスチャ)の符号化においては、8×8のDCTブロックの中で、オブジェクト外の画素の値を外挿してからDCTを適用する。

また、背景用の符号化としてスプライト符号化が採用されている。スプライト符号化では、まず複数のフレームからビデオモザイクという処理によりすべての背景画面をカバーする大画面(スプライト)を得る。逆に、各フレームの背景はスプライトの一部に対し拡大・縮小・回転などの幾

何変換を施すことにより得ることができる。したがって、スプライトを一度伝送しておく、各フレームの背景部分については幾何変換パラメータのみを伝送すれば良いため、大幅な情報圧縮が可能となる。

(3) エラー耐性

情報圧縮を行うと、ビットエラーの影響は大きくなる。従来、エラー対策として情報圧縮符号化処理とは別個に、誤り訂正符号の付加や誤り検出を前提とした再送型プロトコルの採用などを行ってきた。しかし、応用によっては、これらの使用が困難なものもある。例えば、リアルタイム通信や放送型のストリーミングにおいては再送型のプロトコルは一般的に使用できない。MPEG-4では情報圧縮符号化の中でエラー耐性を持たせるための工夫を取入れている。

3. リクワイアメントと仕様

前述のように、MPEG-4は低レート応用が当初中心とされていたが、オブジェクト符号化やスプライトなど放送番組制作に関連の深い技術が含まれている。一方で、MPEG-2を含む既存の符号化規格は主として分配用途である。放送局の制作用途としてはMPEG-2 4:2:2プロファイルがあるが、扱える信号は4:2:2、諧調8ビット、HDTVサイズが上限であり、将来の高画質制作には余裕がない。

次世代の放送局制作環境を想定し、オブジェクト符号化の特長を生かすとともに既存の符号化規格がカバーしていない高品質画像を扱えるように、スタジオプロファイル規格化が行われた。

以下に、想定された主なリクワイアメントおよびそれに対応した仕様について述べる。

3.1 高品質画像の処理

(1) 色信号フォーマット

MPEG-4 バージョン2規格までは色信号フォーマットは4:2:0のものしか扱えなかったが、番組制作には不十分である。そこで、4:2:2や4:4:4の信号も扱えるようにしている。

スタジオプロファイルでサポートする4:4:4フォーマットでは、YUVフォーマット他RGBフォーマットが考えられる。これらのフォーマットについて、スタジオプロファイルで想定されているビットレートで、符号化予備実験を行った。RGB/YUV変換は、ロスレス変換ではないので、変換だけでも、SNRとしては、不利であること、整数変換による擬似YUVフォーマット変換でも、変換後のYUV信号の語長が増えて、圧縮するのに不利となることがわかった。スタジオプロファイルでは、4:4:4フォーマットとして、RGBフォーマットもサポートする。

(2) 諧調・解像度

MPEG-4 バージョン2規格までは1画素当たりの諧調は8ビット表現であったが、12ビット表現まで扱える。さらにスタジオ機器との接続を考慮して、信号のダイナミックレンジ(白、黒のレベル)をスタジオ規格に合わせている。

* MPEG-2では動き補償予測で参照される(マクロ)ブロックが参照フレームの中におさまるように動きベクトルに制限があったが、MPEG-4ではその制限がなく、フレーム外も画像信号を外挿してから参照される。

画像の解像度は従来はHDTVサイズまでであったが、2,048×2,048まで扱える。

(3) 符号化歪み・レート

編集などの用途では符号化が繰り返されることが考えられる。このため、ロスレス・ニアロスレスの符号化をサポートする。符号化レートの上限は、MPEG-2においては300Mbps (4:2:2プロファイル・ハイレベル)、MPEG-4のバージョン2まででは38.4Mbps (メインプロファイル・L4レベル)であった。高画質信号を高品質で符号化するために、スタジオプロファイルではビットレートの上限は1.8Gbps (シンプルスタジオプロファイル, L4レベル) に設定されている。

3.2 番組制作環境への適合

次世代番組制作環境へ有用な技術は仕様を向上して取入れている。スプライトで用いられる背景用大画面は10年前からシンセビジョンとして用いられており⁶⁾、今後もバーチャルスタジオ应用到活用されていく。この用途に合致すべく、バージョン2までのスプライト符号化仕様に、処理画面の拡大、デフォーカス処理等の追加が行われている。また、SMPTE規格に合致したタイムコード、透明度だけでなく奥行き情報など複数枚 (最大3枚) の画像関連情報 (Multiple Auxiliary Components) の伝送も可能である。これにより透明度、視差、奥行き、反射率など画素単位の情報を持つことができる。

3.3 既存設備との整合性

MPEG-2 4:2:2プロファイル準拠の機材が既に放送局に導入されており、このフォーマットでの素材映像の蓄積もある。これらの素材を活用し、なおかつ再符号化による画質劣化を避けるためにMPEG-2 4:2:2プロファイルのビットストリームからのロスレス変換を可能としている。

3.4 ハードウェアによる実装への考慮

MPEG-4は全体としてソフトウェアによる実装が主流であったが、上記のような高品質画像のデータ量を処理するにはハードウェアによる実現が必須となる。ハードウェアによる実現には、処理量やデータ量の最大値が問題となる。ハードウェア実装を重視した技術の取捨選択を行っている。

4. 特 長 技 術

4.1 DCT

高画質化のために、DCT/IDCTの計算精度を拡張している。MPEG-2では、8ビットの信号に対して、12ビット ($N+4$: N は、入力信号の精度) のDCT/IDCTを規定していた。このためSNRの最大値は、約59dBに制約されていた。より高画質の要求仕様を満たすため、DCTの精度を3ビット拡張し、($N+7$) ビットにする。この拡張により、同一構成のDCT/IDCTではロスレス変換が可能となる。3ビット拡張した部分は小数点以下であるので、MPEG-2の量子化では切捨てられる。このため量子化についても、小数点以下

表1 Base Quantizerの設定

Base Quantizer	Base Quantization Value
00	1.000
01	0.500
10	0.250
11	0.125

Note: (**) means that the value presents only the integer part of the output

図2 Base Quantizerに応じた復号器各段階におけるビット精度

に拡張したことに対応して新たな手法を導入する。

4.2 量子化

(1) 精度の拡張

DCTの精度を拡張したことにより、量子化部でも小数点以下の精度を取扱う必要が出てきた。このため2段階の量子化を導入する。1段階目の量子化 (Base Quantizer) は、小数点以下の精度を整数精度へマッピングするための量子化であり、2段階目の量子化 (Normal Quantizer) は、MPEG-1/2の量子化と同じ役割を担う。Base Quantizer は、2ビットのFlagであり、表1で表される。さらに、デコーダ側の模式図は図2となる。Base Quantizer=00の場合には、MPEG-2の量子化精度と同じになり、コンパチビリティが保たれる。

(2) デッドゾーン

MPEG-1/2では、フレーム間符号化時の量子化には、量子化Stepsizeと同じ幅のデッドゾーンを持つミッドトレッド型の量子化器が用いられる (図3)。このデッドゾーンにより、量子化幅以下の微小なレベルの信号が、ゼロに量子化されるので、符号化効率を高めることができる。一方、フレーム内符号化時の量子化には、量子化幅の半分のデッドゾーンが設定されている (図4)。このため、フレーム間符号化画像とフレーム内符号化画像の画質の違いにつながる。これを避ける選択肢を設ける目的で、スタジオプロファイルでは、フレーム間符号化時の量子化時にも、デッドゾーンの幅を半分に設定する量子化モードが追加されている。

4.3 VLC (可変長符号化)

(1) 前値依存型VLC

スタジオプロファイルでは、MPEG-2より高いビットレート (低圧縮率) 向けの符号化を行う。従来のMPEG符号化では、ゼロランと、非ゼロ係数値の組合せで、可変長符号化を行っているが、この方式は、ゼロランが多く発生することが前提となっている。しかし、高ビットレートの符

図3 フレーム間符号化における
量子化方法の説明図 図4 フレーム内符号化における
量子化方法の説明図

号化の場合には、DCT係数のゼロの発生頻度はそれほど高くなく、逆に、ゼロ以外の係数が多く発生するので、非ゼロ係数の符号化方式が重要になる。

ここで、DCTをデジタルフィルタとしてみた場合に、その周波数分離性能は完全でないで、隣接しているDCT係数の間には相関が残っている。この相関を利用して、符号化効率を高める方式を導入する。すなわち、DCT係数の値によって、次のDCT係数を符号化する際に用いるVLCテーブルを選択する。

この可変長符号化方式では22のVLCテーブルを用いる。このテーブルを切替えることによって、符号化効率を高める。例えば1/2から1/3程度の圧縮を行う場合には、MPEG-2の符号化方式と比較して、10%以上符号化効率が高いことが実験により確認されている。

(2) ダウンロードダブルVLC

スタジオプロファイルでは、高画質からロスレス符号化までの広いアプリケーションまでを範囲としている。この広い範囲にわたって、高い圧縮性能を達成するために、VLCテーブルのダウンロードを行う方式とした。これにより、アプリケーション毎に最適な可変長符号化を行うことが可能である。VLCテーブルのダウンロードは、5kbのデータ量ですみ、1秒当たり数100Mbとなる符号化データ量に比べて、無視できるレベルのデータ量である。

4.4 DPCMモードの導入

スタジオプロファイルでは、ロスレス符号化のために、DPCM符号化方式を導入した。ベースとなるDCT符号化方式との両立させるため、マクロブロックでDPCM符号化の処理が完結している。このため、DCTとDPCMをマクロブロック単位で切替えることができ、画像の一部分だけを選択して、ロスレス符号化することが可能である。このDPCMの導入にあたっては、Hardware実装が容易な構成要素（DPCM+Golomb符号）のみを選択しつつ、アルゴリズムの改良等により、圧縮率は1.7から2程度を達成している。この圧縮性能は、ロスレス符号化に特化したJPEG-LS規格に比較しても、10%~20%程度のオーバーヘッドにとどまっており、高い圧縮性能を持つ。具体的には、1/2圧縮程度の

ロスレスに近い符号化の領域では、DCTよりもDPCMが選択され、全体の80%以上のマクロブロックがDPCM符号化される場合もある。

4.5 2値形状符号化

オブジェクトは通例任意の形状をもつので、その形状を示す2値画像の符号化が必要である。MPEG-4では2値形状符号化にCAE（Context-based Arithmetic Coding）が用いられていたが、効率はよいものの演算量が多いうえ、状態によって変動するのでハードウェア向きではない。そこで、ハードウェアに適した方式としてHHC（Hierarchical Huffman Coding）を採用した。HHCは、図5のように、ブロック内の2値シンボルパターンをブロック内の劣性シンボルの分布に着目して、適応的にブロック、ラインに分割したうえで、分割方式、ライン内のシンボルパターンをハフマン符号化するものである。フレーム間符号化モードでは、過去のフレームに全く同じパターンを持つブロックがあるときのみ、動きベクトル情報により利用する。処理はブロック内で閉じているので、パラレル処理に適している。

4.6 スプライト符号化の拡張

スプライト符号化は低レートでの符号化に有効である一方、バーチャルスタジオの背景用画像符号化としても有用である。このような高画質応用のために次の機能を追加している。

(1) デフォーカス処理

前景の撮影条件によって背景のぼけ具合は変化する。したがって、自然な合成画像を得るためには、スプライト画像の一部を切り出す際に適切なデフォーカスフィルタをかける必要がある。スプライト符号化において、従来の伝送パラメータ（位置、大きさ、ワーピング情報、明るさ調整）に、デフォーカスパラメータを追加している。

(2) レンズ歪み

伝送側でモザイクングによりスプライトを作成する際、レンズ歪みを除去する。カメラで撮影した画像を前景・背景分離を行い、背景にスプライト符号化を用いた場合、前景のみにレンズ歪みが残ることになる。撮影した画像を高忠実に再現するには復号時にスプライト符号化による背景

図5 HHCの概要

表2 シンタックス変更項目

4:2:2, 4:4:4, RGB フォーマットへの対応
12ビット処理への対応
フィールド構造導入
スライス構造導入 DCT係数のDC予測の変更, 動きベクトル予測の制約
マクロブロック独立の量子化スケール設定
VOP毎に SMPTE 12 M 準拠の時刻情報の挿入
水平 F CODE, 垂直 F CODE の追加
α レベルの最大, 最小の設定

画像にレンズ歪みを付加する必要がある。このため、伝送パラメータにレンズ歪みパラメータを追加している。

4.7 シンタックス構成

追加された機能・仕様を実現するためにバージョン2までの規格からシンタックスにおいて表2のような変更を行っている。

4.8 MPEG-2 4:2:2プロファイルとの関係

MPEG-4スタジオプロファイルでは、DCT係数の量子化法、動き補償予測での予測画像作成法、ユーザデータ、エクステンションデータの挿入方法などを、MPEG-2 4:2:2プロファイルと同じ方式を採用している。このため、MPEG-2 4:2:2プロファイルのビットストリームからMPEG-4スタジオプロファイルのビットストリームへ、VLCの変更によるロスレス変換を可能としている。また、MPEG-4スタジオプロファイルのビットストリームは、MPEG-2と同じDCT符号化、および、ロスレス符号化されたDPCMから構成されているので、MPEG-4スタジオプロファイルのビットストリームを、所望の精度で、MPEG-2に変換できる。

4.9 伝送路・レートを考慮したツール選択

スタジオ内・間においてはエラーレートはかなり低いので、誤り耐性向上のための技術ツールは含まれていない。また、高ビットレートでは、バージョン1, 2で提案されていた符号化効率改善ツールは必ずしもその効果を発揮しない。ハードウェアへの考慮もあり、AC/DC予測や高度動き推定をはじめとしたいくつかのツールは含まれていない。

5. プロファイル構成

スタジオプロファイルは現在、シンプルスタジオプロファイルとコアスタジオプロファイルから構成されている。プロファイルとレベルを表3に示す。

バージョン2まででは、レベルの定義にマクロブロック数が使われていた。スタジオプロファイルでは、3つのAuxiliary Componentを加えると、最大4:4:4:4:4:4の信号構成となる。最小構成である4:2:0に比べマクロブロックあたりのサンプル数は最大4倍になる。そこで、レベルはトータルサンプル数により規定し、映像の解像度と色信号解像

表3 プロファイルとレベル

プロファイル	レベル	画像例	最大レート	符号化
Simple Studio	L4	2048×2048 Rec. 709 60 P	1.8 Gbps	フレーム内符号化
	L3	Rec. 709 60 I (4:4:4)	900 Mbps	
	L2	Rec. 709 60 I (4:2:2)	600 Mbps	
	L1	Rec. 601	180 Mbps	
Core Studio	L4	2048×2048 Rec. 709 60 P	900 Mbps	フレーム間符号化 スプライト符号化*
	L3	Rec. 709 60 I (4:4:4)	450 Mbps	
	L2	Rec. 709 60 I (4:2:2)	300 Mbps	
	L1	Rec. 601	90 Mbps	

表4 MPEG-2 4:2:2プロファイルとの比較

	MPEG-2 4:2:2 Profile	MPEG-4 Simple Studio Profile	MPEG-4 Core Studio Profile
画像サイズ	最大 1920×1080	最大 2048×2048	最大 2048×2048
諧調	8ビット	最大12ビット	最大10ビット
色フォーマット	4:2:2	4:4:4/4:2:2	4:4:4/4:2:2
キー信号	伝送不可	伝送可	伝送可
ビットレート	最大	最大	最大
	300 Mbps	1.8 Gbps	900 Mbps
符号化モード	I/P/B	I	I/P
ロスレス符号化	不可	可	可
オブジェクト符号化	不可	可	可
スプライト符号化*	不可	不可	可

度、Auxiliary Componentの数とのトレードオフを許している。

シンプルスタジオプロファイルはフレーム内符号化のみであり、VTRなど主としてスタジオ内での使用を目的としている。コアスタジオプロファイルではフレーム間符号化やスプライトをサポートしており、スタジオ間伝送やバーチャルスタジオ応用を目的としている。

これらのプロファイルとMPEG-2 4:2:2プロファイルの比較を表4に示す。

6. 性能

MPEG-4 スタジオプロファイルの典型的な符号化結果を図6に示す。図6は、HDTV相当の画像を、シンプルスタジオプロファイル (Intra Coding) とコアスタジオプロファイル (Intra/Inter Coding) で符号化した場合の例である。レート制御の影響を避けるため、すべてのフレームを通して、固定の量子化を行った。

図6 符号化効率比較 (Simple Studio とCore Studio)

図7 符号化効率比較 (MPEG-2 4:2:2 とMPEG-4 Simple Studio)

図7は、MPEG4 シンプルスタジオプロファイルと、MPEG-2 4:2:2 プロファイル (Intra Codingのみ使用) を比較した図である。スタジオプロファイルは、新しい可変長符号を採用したことにより、低圧縮率の領域において、10%以上の効率が改善される。また、DPCMを採用したことにより、ロスレス圧縮が達成できる。ここでのSNRは、アナログデジタル変換の誤差を考慮した以下の式を用いているので、8ビット入力に対しては、約59dBで、ロスレスとなる。

$$SNR = 20\log\{255 / (MSE + 1/12)^{0.5}\}$$

7. む す び

今後、放送局において、効率的な番組制作のためネットワークを利用した制作、映像部品の活用、過去のアーカイブの再利用が進むであろう。また、バーチャルスタジオに代表される高度な映像制作も同時に期待されている。これらの環境にスタジオプロファイルは適しており、今後の利

用が期待される。

スタジオプロファイルの応用としては、ゲームなどのエンタテインメント分野も想定される。ゲームで非常に大きな背景画像を用いる場合には、スタジオプロファイルをそのまま適用することができる。また、Auxiliary Componentを用いることで、視差情報やカメラからの距離情報を、画像の画素単位に付与することができる。これにより、立体画像や任意の方向からの補間画像を利用したアプリケーションが可能になり、最近のゲーム機器の高性能化もあり、エンタテインメント分野での応用が期待される。

現時点では、スタジオプロファイルに限らず、MPEG-4の持つ潜在能力を充分発揮されたシステムが開発されているとはいえない。例えば、オブジェクト符号化の特徴が活用されていない。一つの理由として、符号化入力となるオブジェクトの抽出方法やオブジェクト間のレート制御、自然な合成法などが規格の外であり、まだ研究段階であることが挙げられる。番組制作においてはクロマキーなど既存のオブジェクト抽出も使用可能な環境にあるが、これらの周辺技術の開発により、MPEG-4の持つ潜在能力を生かす応用範囲を拡大することができる。今後の研究開発、応用面への展開の動向が注目される。(2001年4月26日受付)

〔文 献〕

- 1) ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG 11 N3898, "Text of ISO/IEC 14496-2: 2000 /FDAM1" (2001)
- 2) 鹿喰： "MPEG-4の放送への応用", 情報処理学会誌, 41, 6, pp.707-712 (2000)
- 3) 鈴木, 矢ヶ崎, 本田, 安賀, 秦： "21世紀のインタラクティブ映像技術 MPEG4", 日経CG, 1998年2月号 (No.137), pp.198-205 (1998)
- 4) 堅田, 矢ヶ崎, 渡邊, 甲藤： "MPEG-4規格の新展開, 3-IMPEG-4ビジュアル規格", 映像学誌, 53, 4, pp.485-491 (1999)
- 5) 中屋： "新しい動画符号化規格MPEG-4の詳細", インターフェース 1月号 (2000)
- 6) Shimoda, et.al.: "New Chroma-key Imaging Technique with Hi-Vision Back Ground", IEEE Trans. Broadcasting, 35, 5 (1989)

鹿喰 善明 1981年、東京大学工学部電子工学科卒業。1983年、同大学大学院修士課程修了。同年、NHKに入局。静岡放送局を経て、1986年より、同放送技術研究所に勤務し、デジタル信号処理、ハイビジョンの伝送方式、高能率符号化方式の開発に従事。現在、同所(次世代符号化)主任研究員。工学博士。正会員。

矢ヶ崎 陽一 1985年、早稲田大学理工学部卒業。1987年、同大学大学院修士課程修了。同年、ソニー(株)に入社。以来、主に画像符号化の研究開発に携わる。現在、同社システム&ソフトウェアアーキテクチャーセンターデジタルシステム開発室主任研究員。MPEG-4の研究開発に従事。