3. MPEG-4 規格の新展開

3-1 MPEG-4 ビジュアル規格

堅田 裕之^{†1},矢ヶ崎 陽一^{†2},

正会員

渡邊 敏明^{†3},甲藤 二郎^{†4}

キーワード: MPEG-4, Version 2, 画像符号化, 形状適応 DCT, グローバル動き補償, 1/4 画素動き補償, 境界ブロックマージ, 国際標準化, エラー耐性, SNHC

1. ま え が き

MPEG-4 Version 1 ビジュアルパートの最大の特徴は、オブジェクト単位の符号化が可能となったことである¹⁾。ここでオブジェクトの種類としては、Video(動画像, 任意形状をとり得る), Still Texture(静止画像), Mesh(2次元メッシュとテクスチャマッピングを用いて符号化されるオブジェクト)などが扱える。これらのオブジェクトを符号化するために、ビジュアルパートでは Video 符号化とは別に、自然画像と人工画像の統合符号化(SNHC: Synthetic/Natural Hybrid Coding)も用意されている。さらに、Version 1 では符号化性能の向上, エラー耐性, オブジェクトの階層性などの機能(Functionality)を実現するために、多くの要素技術(ツール)が規格に盛り込まれてきた。

Version 1 から約1年後の2000年2月に規格化予定のVersion 2は、Version 1の拡張規格であり、新規機能追加のため、あるいは既存の機能を強化するために様々な技術が検討されつつある。ここでは MPEG-4 ビジ

アルパートに関し、Version 2の候補技術の中から符号化性能の向上に関するもの、階層化機能(スケーラビリティ)を拡張するもの、誤り耐性を強化するもの、SNHCの性能を向上するもの等を紹介する。

2. 形状適応 DCT

形状適応 DCT (Shape-Adaptive DCT) は、任意形状 VOP (Video Object Plane: Video オブジェクトでフレームに相当するもの) の符号化の際に、形状の境界に位置するブロック(図1の太線で表示したブロック)を変換する手法である。Version 1 では形状外部の画素値をパディングして8画素×8画素の DCT と組合せる方法がとられていた¹⁾。Version 2 では、処理は複雑になるが、特に高ビットレ

ードで符号化性能の良い形状適応 DCT が、オプションとして画像シーケンス毎に選択できる。形状適応 DCT には、インタマクロブロックで用いられるもの(SA-DCT)と、イントラマクロブロックで用いられる拡張版(ADCSA-DCT)がある。

図1 形状境界のブロック

図2 SA-DCTの様子

^{†1} シャープ株式会社 システム開発センター

^{†2} ソニー株式会社 メディアプロセッシング研究所

^{†3} 株式会社東芝 研究開発センター

^{†4} NEC C & C メディア研究所

"New Techniques in the MPEG-4 Visual Standard" by Hiroyuki Katata (System Technology Development Center, Sharp Corporation, Chiba), Yoichi Yagasaki (Media Processing Laboratories, SONY Corporation, Tokyo), Toshiaki Watanabe (Research and Development Center, Toshiba Corporation, Kawasaki), and Jiro Katto (NEC Media C & C Laboratories, Kawasaki)

SA-DCTでは、図2に示すように形状内部の画素値だけが変換に使用される。原ブロック(図2(a))はまず垂直方向に並べ替えられ(図2(b)), 8点以下の1次元DCTによって変換される(図2(c))。変換後の係数を同様に水平方向に並べ替えた後DCTを行った結果が、SA-DCTの変換係数である(図2(d))。

イントラマクロブロックの符号化では、DCT係数のDC(直流)成分は、他の係数から分離されDC予測により符号化される。形状適応DCTでも、イントラマクロブロックにおけるDC予測を行うために、以下のように直流成分の分離後に変換を行う拡張手法(4DC-SA-DCT)が導入された。

- (1) 形状内部の画素値の平均値 m を計算し、各画素値から m を差し引く(平均値分離)。
- (2) 平均値分離されたブロックをSA-DCTにより変換する。
- (3) 変換係数のDC成分を正規化された平均値($8m$)で置き換える。

上記(3)では、SA-DCTのDC成分の情報を $8m$ に置き換えるため、逆変換で再生された値は一般に誤差を含んでいるが、これは以下の手順で補正される。

- (1) 平均値 m を復号する。
- (2) AC成分を復号し、DC成分を0として逆変換を行う。
- (3) 変換対象ブロックの平均値が0となるように逆変換結果を補正する。
- (4) 平均値 m を各画素値に足し合わせる。

以上のように、形状適応DCTでは形状内部の画素値のみが変換されるため、変換係数の数は形状内部の画素数に等しくなる。また、変換後の係数に対する処理(ジグザグスキャンやAC予測)では、形状内部の係数(図2(d)の網点部分)のみが用いられる。

3. グローバル動き補償

グローバル動き補償(GMC: Global Motion Compensation)は、カメラのパンやズームなどによる画像全体の大

局的な動きを予測する手法であり、Version 1のスプライト符号化の拡張モードのひとつとして定義されている。スプライト符号化と同様、予測には透視変換やアフィン変換といった幾何学変換が用いられる。

この手法では、マクロブロック毎にGMCモードと通常の動き補償(LMC: Local MC)モードを適応的に選択することができる。GMCモードで用いる幾何学変換のパラメータは、VOPを定義する矩形の4隅に設定された参照点(図3の●)の動きベクトルによって表される。図3でVOPが任意形状物体の場合は、その物体を含む矩形が符号化データのヘッダにて定義されている。

参照点の個数と幾何学変換の関係は以下の通りである。

1点の場合:(平行移動)

$$x' = x + c$$

$$y' = y + f$$

2点の場合:(回転, 拡大, 縮小)

$$x' = ax + by + c$$

$$y' = -bx + ay + f$$

3点の場合:(アフィン変換)

$$x' = ax + by + c$$

$$y' = dx + ey + f$$

4点の場合:(透視変換)

$$x' = (ax + by + c) / (gx + hy + 1)$$

$$y' = (dx + ey + f) / (gx + hy + 1)$$

GMCモードでは、上述の幾何学変換によって画素毎の動きベクトルを計算して予測を行うため、マクロブロッ

クに対応した動きベクトルは用いられない。

LMCモードの動きベクトルは、DPCMを用いて予測符号化される。ただし、周辺マクロブロックがGMCモードの場合には、画素毎に計算された動きベクトルの平均値をマクロブロック内で求め、LMCモード時の動きベクトルの予測値として利用する。

4. 1/4画素動き補償

マクロブロックの動き補償予測に用いる動きベクトルは、通常1/2画素精度で表される。Version 2では、より高精度な動き補償を行うために、オブションとして1/4画素精度の動きベクトルを用いた予測が、輝度データに対して選択できる。

1/4画素精度の場合の画素値は、以下のようにして求められる。

- (1) 8タップフィルタ $[-8, 24, -48, 160, 160, -48, 24, -8] / 256$ を水平方向および垂直方向に用いて、1/2画素精度の画素値を計算する。
- (2) 次に、図4の双線形補間を用いて1/4画素精度の画素値を求める。ここで、 r は丸め誤差の蓄積を防ぐ目的で導入されたパラメータであり、VOP毎に0または1の値が設定されている。

フィルタ処理を軽減するため、参照VOPからは動きベクトルを用いて、

図3 グローバル動き補償で用いられる参照点

図4 双線形補間

図5 ブロック境界における対称的画素拡張 ($M=8$ の場合)

図6 1/4画素精度動き検出の例

$(M+1) \times (N+1)$ 画素のブロックを切り出し、ブロックの外側を対称的に拡張した後で1/4画素精度の画素値を計算する。ここで、 M, N は動き補償の対象となるブロックサイズであり、対象がマクロブロックの場合は $M=N=16$ である。図5に1次元の場合の例を示す。ここでは $M=8$ 、動きベクトル $=(-1.75)$ とする。

動き検出手法は規格化事項ではないが、例えば図6のように、段階的ブロックマッチングを行う手法が考えられている。すなわち、まず整数画素精度で動き検出し(図6の×)、次にその周辺の1/2画素精度の位置(図6の○)を探索して1/2画素精度の動き検出を行い(図6の●)、最後に1/4画素精度の位置(図6の+)の探索を行う。

5. 境界ブロックマージ

任意形状VOPを符号化する場合、VOPの境界部分のブロックは、VOP内部の画素と外部の画素を両方含むことになる。図7(a)に境界付近のマクロブロックの例を示す。このマクロブロックを符号化する前に、図7(b)に

示すようにブロック2のVOP内部にあたる画素をブロック1に統合すれば、ブロック2を透明なブロックと見なすことができ、符号化効率が向上できる。この手法は、境界ブロックマージ(BBM: Boundary Block Merging)と呼ばれ、輝度データに対して用いられる。色差データや形状データに対してはBBMは行わない。

BBMには図8のように3種類のモードがある。ここで、「マージ」は符

号化時にブロックを統合する方向を、「スプリット」は復号時にブロックを分離する方向を示す。いずれのモードでも、一方のブロックを180°回転させて他方のブロック上に重ね合わせ、VOP内部の画素が互いに重複しない場合に統合が行われる。

復号時にブロックを分離する際は、復号した形状データを用いて符号化時と同様にBBMのモード判定し、スプリットを行う。したがって、モード情報は明示的に符号化する必要がない。

イントラマクロブロックで行うDC予測では、周辺のブロックが透明の場合、予測に用いるDC成分としては通常中間色を用いる。しかし、図7のブロック2のように、BBMによって透明となったブロックについても中間色を用いると予測効率が落ちてしまう。したがってBBMでは、DC予測に用いるDC成分を図8のスプリットと同一方向にコピーすることで、DC予測の効率を維持するように工夫されている。(堅田)

図7 境界ブロックマージ

図8 境界ブロックマージの3モード

6. 階層符号化拡張^{2)~4)}

階層符号化とは、空間や時間方向の解像度の異なる複数の入力画像を階層的に符号化する手法である。

6.1 オブジェクト空間階層符号化

オブジェクト空間階層符号化は、その名前の通りオブジェクト単位の空間階層符号化である。MPEG-4 Version 1 の空間階層符号化では、基本階層、上位階層ともに、入力画像は矩形に制限されている。一方、Version 2 では基本階層、上位階層ともにオブジェクトとして任意形状の入力画像が許される。このため、矩形の基本階層に対して、上位階層では矩形に含まれるオブジェクトのみの解像度を増やすことも可能である。

6.2 形状階層符号化

オブジェクト空間階層符号化では、オブジェクトの形を圧縮する形状符号化(Shape Coding)も画像符号化(Texture Coding)と同様に、階層符号化を行ってもよい。下位の階層の大まかな形状から、上位の階層の細かい形状を予測しながら符号化を行う。

6.3 B-VOP 時間階層符号化

MPEG-4 Version 1 の時間階層符号化は、Core Profile において、オブジェクト単位の時間階層符号化をサポートしているが、上位の階層は P-VOP(MPEG 1/2 の P-picture に相当)のみに制限されている。Version 2

ではこの制限はなくなり、上位の階層に B-VOP(MPEG 1/2 の B-picture に相当)を用いた時間階層符号化も可能となり、符号化効率が向上する。

7. スタジオプロフィール

スタジオプロフィールは、スタジオ内でのコンテンツ制作やアーカイブおよびスタジオ間での伝送を、アプリケーションとして想定している。

(1) プロファイルの構成とレベル
スタジオプロフィールの構成と各レベルを図9と表1に示す。また、MPEG-2 4:2:2 Profile からスタジオプロフィールへ、画像品質の劣化なく変換できることが要求仕様に含まれている。

(2) スケジュール

スタジオプロフィールは Version 2 以降と考えられている。1999 年 10 月

に技術的なまとめ(PDAM)、2000 年 7 月に国際標準化が予定されている。

8. ビデオ関連データ²⁾

MPEG-4 オブジェクト符号化では、各オブジェクトは別々に伝送され、受信端末側でシーンに合成される。さらに、Video と CG(Computer Graphics)を合成する場合には、Video や CG のデータ以外にも、それらを合成するために以下のようなデータを伝送する必要がある。それらはビデオに関連したデータであり、Virtual Studio 等が主なアプリケーションであるので、先のスタジオプロフィールにおいて定義される。

8.1 カメラパラメータ

Video を撮影したカメラの情報(カメラの位置やレンズの情報等)は、合成画像を自然に見せるために必要な情

図9 スタジオプロフィールの構成

表1 MPEG-4 スタジオプロフィールのレベル(案)

Level	Max. Picture Size and Rate	Max. Number of Blocks/second	Max. Total Sample Rate	Max. Bit Rate	Available Formats
High (Compatible with MPEG-2 High)	H : 1920 pels V : 1088 lines Frame rate : 60 Hz	1,958,400	125,337,600 =1920×1088×30×2 : 422 >1280×720×60×2 : 422	300 Mb/s	4:2:0 and 4:2:2 only 10 b
Very High	H : 2048 pels V : 2048 lines Frame rate : 60 Hz	3,932,160	251,658,240 =2048×2048×30×2 : 422 >1920×1088×60×2 : 422 >1920×1088×30×4 : 4444	600 Mb/s	4:2:0, 4:2:2 4:4:4(YUV & RGB) 4:4:4:4(YUV & RGB) 10 b
Ultra High	H : 4096 pels V : 4096 lines Frame rate : 120 Hz	12,582,912	805,306,368 =4096×4096×24×2 : 422 >1920×1088×120×2 : 422 >2048×2048×30×4 : 4444	1.2 Gb/s	4:2:0, 4:2:2 4:4:4(YUV & RGB) 4:4:4:4(YUV & RGB) 10 b/12 b
The Highest	H : 4096 pels V : 4096 lines Frame rate : 120 Hz	25,165,824	1,610,612,736 =4096×4096×24×4 : 4444 >1920×1088×120×4 : 4444	2.4 Gb/s	4:2:0, 4:2:2 4:4:4(YUV & RGB) 4:4:4:4(YUV & RGB) 10 b/12 b

報である。このため、Videoに関連したデータとして、カメラパラメータが符号化される。また、SMPTEにおいても同様の標準化が進められているので、混乱を避けるためにSMPTEと同じフォーマットが採用される。

8.2 Multiple Auxiliary Components

カメラによって撮像された画像は2次元のデータである。この画像を3次元のCGと違和感なく合成するには、画像の3次元(もしくは擬似的な3次元)情報が必要になる。このような要求の下に、オブジェクトのカメラからの距離情報や視差情報を符号化するのが、Multiple Auxiliary Componentsである。これらの情報は、多値形状符号化方式を用いて画像の1画素毎に符号化される。(矢ヶ崎)

9. エラー耐性改善⁵⁾

MPEG-4では、地上波やインターネットを含めたグローバルなネットワークでの使用を考慮しているため、エラーの発生率は非常に高くなる。そのため、伝送エラーに対する耐性を符号化方式内部で実現する試みがなされた。以下に具体的な耐性手法を紹介する。

図10 可変長間隔同期方式⁵⁾

(a) 従来のVLCによる復号

(b) リバーシブルVLCによる双方向復号

図11 テクスチャ情報の双方向復号⁵⁾

9.1 可変長間隔同期方式

同期方式としては、画面内を複数の可変長パケット(ビデオパケットと呼ぶ)に分割する手法が採用されている。図10にその概念図を示す(QCIF, 9マクロブロックラインの例)。図中の●が画面全体のスタートコード、○が各ビデオパケットの先頭に配置される同期回復マーカであり、○の挿入位置は符号化側で自由に設定することができる。画面途中にエラーが混入した場合でも、この構造を利用して次の同期回復マーカを検出することにより、その後の情報を正しく復号することが可能となる。

9.2 データパーティショニング

ビデオパケット単位に、動きベクトルとテクスチャ情報(DCT係数等)とにグループ分けするデータパーティショニング手法が採用されている。グループの境界には、モーションマーカと呼ばれる一種の同期信号が挿入されており、仮りに動きベクトルの途中にエラーが混入して、その後のデータが復号できない場合でも、このモーションマーカで同期を回復させた後、復号できた動きベクトルに相当するテクスチャ情報部分を復号することが可能となる。

9.3 リバーシブルVLCと双方向復号

データパーティショニングで分割されたテクスチャ情報部分には、順方向と同時に逆方向からも復号可能な可変長符号(リバーシブルVLC)が採用されている。図11(b)に示すように、復号の途中でエラーの混入が確認された場合、そこで復号処理をいったん停止し、次の同期信号の検出を行う。その後、そこから逆向きにビット列の復号処理を行う。エラーによる廃棄部分を局所化して、復号できる情報量を従来(図11(a))よりも増加させることが可能となる。(渡邊)

10. ボディアニメーション符号化

本項ならびに次項で述べる項目は、自然・人工オブジェクトの統合符号化を目指すSNHC(Synthetic/Natural

Hybrid Coding)グループによって策定されている。SNHC課題は、コンピュータグラフィックスとの関係が深く、ISO/IEC SC 24で標準化作業が進むVRML(Virtual Reality Modeling Language)とのジョイント活動も進めている。

まず、ボディアニメーション符号化は、Version 1で規格化された顔画像のアニメーション⁴⁾の発展形に相当する。基本的に、人体をコンピュータグラフィックスのパラメータとして表現し、それを蓄積・転送して受け側で合成する。アニメーションは、上記のパラメータを逐次更新することで実現される。

具体的には、ボディアニメーション符号化はBAP(Body Animation Parameter)とBDP(Body Definition Parameter)によって構成される。

まずBAPは、人体の各部位の位置情報を表現するのに使われる。1998年12月現在、腰、膝、足首、肩、肘、手首、指など、人体に関する186個のパラメータが定められている。また、足、腕、手、背骨などの19個のグループが定められており、各BAPはいずれかのグループに含まれることになる。

受け手には初めにBAPの初期値が転送され、基本的な人体が構成される。その後は継続的にBAPの差分値が転送され、人体モデルを逐次更新することで、人体のアニメーションを実現する。特に、図12に示すデフォルトの人体モデルが決まっていて、初期値としてのBAPを指定しない場合には、このデフォルトモデルの姿勢が使用されることになっている。

次にBDPは、BAPで作成される基本的モデルをカスタマイズする目的で使用される。具体的には、人体形状の修正やテクスチャ画像の貼り付けなどが行われる。

シンタクスとしては、システム規格で採用されているVRMLのシーングラフ構造⁶⁾をそのまま利用する。人体形状は、次項で述べる3Dメッシュとして与えられる。テクスチャ画像の貼り付けは、テクスチャ座標の設定と貼

図 12 デフォルトの人体モデル

り付ける画像を指定することで明示される。

なお、BDP はセッション開始時にまとめて転送することが前提になっており、その利用はオプションである。

11. 3D メッシュ符号化

3D メッシュ符号化は、Version 1 で定められた 2D メッシュ符号化⁴⁾の発展形に相当する。3D メッシュとは、3 次元座標を持つ頂点(ノード)の集合として定義される。3D メッシュ符号化は、それを効率的に符号化するのが目的である。

具体的には、頂点の接続関係(Connectivity)を効率的に符号化する接続関係符号化と、頂点座標(Geometry)を効率的に符号化する頂点座標符号化とから構成される。

まず、接続関係の符号化は、IBM 社提案の Topological Surgery と呼ばれる手法⁷⁾をベースにしている。この手法はいくらか幾何学的であるが、まず 3D メッシュをエッジに沿って展開し、頂点の接続関係を 2 次元の三角形ポリゴンの接続問題に帰着させる。次に、始点となる三角形ポリゴンから順に、後続するポリゴンが左辺に接続される場合は 1 を、右辺に接続される場合は 2 を、両辺に接続される場合は 3 を割り当てる操作を繰り返し、最終的にすべてのポリゴンの隣接関係を符号化する。ただし、凹形状のように上記のアルゴリズムが直接適用できない場合がある。この場合は、ジャンプエッジと呼ばれる例外処理を導入するこ

とで問題を回避している。

次に、頂点座標の符号化は、予測手法を活用して頂点の 3 次元座標を圧縮する。予測手段としては、頂点座標を外挿予測する方法と内挿予測する方法の 2 通りが記載されている。前者の方式では、符号化の対象となっている頂点を符号化済みの頂点を含むポリゴンのひとつの頂点であるとみなし、その予測差分値を符号化する。後者の方式では、符号化の対象となっている頂点を符号化済みの頂点を含むポリゴンの重心であるとみなし、その予測差分値を符号化する。

図 13 は、3D メッシュ符号化を用いた符号化器と復号器のシステム構成例を示したものである。入力された 3D メッシュに対し、まず頂点の接続関係の符号化を適用する。次に、接続関係符号化から与えられる頂点木も利用し、頂点の 3 次元座標を符号化する。得られた頂点の接続関係と座標値の符号化結果にはさらに算術符号化が適用され、転送あるいは蓄積される。受け側では順に復号を行い、3D メッシュを復元する。

このほか、プログレッシブメッシュ

(Progressive Mesh)として知られるメッシュを段階的・階層的に再構成するための符号化ツール、色、法線、テクスチャ座標などの特性(property)を符号化する特性符号化ツール、あるいは、ビデオ規格と同様の再同期メカニズムによるエラー耐性ツール、などの検討も進められている。

12. む す び

以上述べてきたように、ビジュアル規格では、現在でもさまざまな新機能の追加を議論している。その多くは、ビジュアル規格 Version 2 として、1999 年 3 月のソウル会合で、CD (Committee Draft)にまとめられる予定である。

ただし、Version 2 は、決して Version 1 を置き変えるものではない。Version 2 に対応する復号器は、原則として Version 1 のビットストリームを復号できなければならない。その上で、Version 2 のビットストリームに対しても、使用するツールを規定するプロファイルが定義される。

これに合わせて、リクワイアメント・グループでは、現在、プロファイルの拡張を議論している。1998 年 12 月現在、ドキュメントに記載されているものとして以下の 3 つが挙げられる。

- ・アドバンスリアルタイム
- ・コアスケラブル
- ・メインプラス

アドバンスリアルタイムプロファイルは、基本的に Version 1 規格のシンプルプロファイルのツール拡張である。Version 2 のエラー耐性ツールの追加が予定されている。

コアスケラブルプロファイルは、Version 1 規格のシンプルスケラブル

図 13 3D メッシュ符号化の構成例

ルプロファイルのツール拡張である。Version 2 のスケーラビリティ拡張ツールの追加が予定されている。

メインプラスプロファイルは、Version 1 規格のメインプロファイルのツール拡張になる。Version 2 のグローバル動き補償、1/4 画素動き補償、SA-DCT などの新規ツールの追加が予定されている。

ただし、プロファイルの議論は今後とも変更・追加の可能性が高い。MPEG ホームページ⁸⁾などを通じて得られる最新の情報には常に注意されたい。

あるいはまた、すでに Version 2 後を想定した動きもある。Version 2 規格は、有効性はすでに確認されていたが検証が不十分だったために、Version 1 に入らなかったツールの集まりと考えてよいが、新機能の追加を求める要求は現在も続いている。その中で、Version 2 には間に合わないものの、将来的に有望であるとみなされる技術が検討課題となる。スタジオプロファイルやビデオ関連データなどがその典型例である。

MPEG-4 ビジュアルは、既存の標準方式にはない多くの新機能を取り込んだ符号化規格として、いよいよ大詰めを迎えている。Version 2、さらにはその後の展開を含めて、将来のマルチメディア社会を支えるツール群として活躍することが期待されている。

(甲藤)

(1998 年 12 月 17 日受付)

【文 献】

- 1) 三木俊雄ほか: “マルチメディアを目指す MPEG-4 標準化動向”, 映像学誌, 51, 21, pp. 2-47 (Dec. 1997)
- 2) ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 2472, “Text for ISO/IEC Video Verification Mode V. 11” (Nov. 1998)
- 3) ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 2473, “Text of ISO/IEC 14496-2 Visual Working Draft Version 2 Rev 5.0” (Nov. 1998)
- 4) ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 2502, “Text for ISO/IEC FDIS 14496-2” (Nov. 1998)
- 5) 渡邊: “MPEG 4 最終版解説とデモンストレーション—MPEG-4 VIDEO の仕様—”, 信学会画像工学研究会, 信学技報, IE 97-177, pp. 37-44 (Mar. 1998)
- 6) ISO/IEC IS 14772-1: “The Virtual Reality Modeling Language” (1997)
- 7) G. Taubin and J. Rossignac: “Geometric Compression through Topological Surgery”, Technical Report RC-20340 (Jan. 1996)
- 8) MPEG Home Page: <http://www.cselt.stet.it/mpeg/>

かなた ひろあき
堅田 裕之

1998 年, 広島大学理学研究科修士課程修了。同年, シャープ(株)に入社。以来, 画像符号化の研究に携わる。現在, 同社システム開発センターに勤務し, MPEG-4 標準化の研究開発に従事。

や が きよういち
矢ヶ崎陽一

1985 年, 早稲田大学工学部電子通信学科卒業。1987 年, 同大学修士課程修了。同年, ソニー(株)に入社。以来, 主に MPEG ビデオ技術の研究開発に従事。現在, 同社メディアプロセス研究所に所属。

わたなべ としあき
渡邊 敏明

1983 年, 北海道大学工学部電子工学科卒業。1985 年, 同大学大学院修士課程修了。同年, (株)東芝に入社。研究開発センターにて, 動画, 静止画像の圧縮符号化技術に関する研究開発に従事。1991 年~1993 年, 米国スタンフォード大学客員研究員。工学博士。正会員。

かっとう じろう
甲藤 二郎

1987 年, 東京大学電気工学科卒業。1992 年, 同大学大学院博士課程修了。同年, NEC に入社。以来, 画像符号化, 画像処理, マルチメディア通信の研究に従事。現在, 同社 C & C メディア研究所主任。工学博士。