

MPEG-4 の概要

Historical and Technical Overview of MPEG-4

渡邊 敏明

WATANABE Toshiaki

MPEG-4(Moving Picture Experts Group-phase 4)は、1980年代半ばから盛んに研究され始めた動画像符号化技術を集大成した最新の国際標準方式である。モバイル環境に対応するための伝送誤り耐性や、将来のコンピュータ応用を視野に入れた任意形状オブジェクト符号化など、従来にはなかった新たな機能も充実している。現在、機能拡張を除いて規格化作業はほぼ終了し、いよいよ本格的な製品化時期にさしかかったところである。

ここでは、MPEG-4 が誕生するまでの歴史的背景と、具体的な MPEG-4 の技術内容、製品展開について述べる⁽¹⁾。

MPEG-4 (Moving Picture Experts Group-phase4), the latest international standard for video coding, has been studied since the mid-1980s. New functionalities such as error resilience in the mobile environment and arbitrary shape coding for computer application, which were not covered by the existing standard, are realized by MPEG-4. Technical discussions have been finalized, and it is now time for MPEG-4 applications to enter the market.

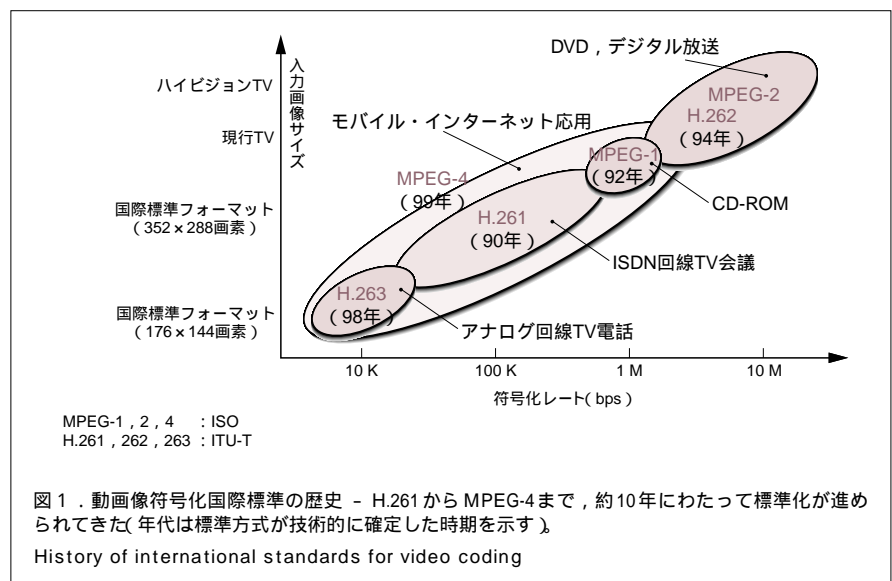
This paper provides a historical and technical overview of MPEG-4.

MPEG-4 の先人たち

画像圧縮の開発競争は80年代から激しくなるが、その最大の要因は国際標準化の動き(ISO(国際標準化機構)とITU-T(国際電気通信連合・電気通信標準化部門))であった。

図1は、動画像標準化の歴史を示したものである。初の標準はISDN(Integrated Services Digital Network)対応であった。デジタル回線に動画像を含めた大量の情報が一度に伝送できるため、テレビ(TV)会議やTV電話などの通信応用が期待された。採用されたのは、動き補償(時間方向の冗長度を削減する手法)と離散コサイン変換(空間方向の冗長度を削減する手法)を組み合わせた方式であり、H.261と呼ばれた。この方式は以後の標準方式の基本となっている。

一方この時期、新たに登場したCD-ROMに動画像を記録したいという声が高まってきた。これに応えたのがMPEG創設メンバーである。蓄積媒体での利用が主目的であるため、H.261



のような厳密な実時間処理は要求されない。代わりにトリックプレイ(ランダムアクセスや早送り・巻戻し機能)の実現が必要となった。そのため、シーンの途中に時間方向の予測を行わない画面を挿入する必要がある。しかし、これでは圧縮効率が大きく低下するため、過去と未来の両画面から現在の画面情報を予測するという圧縮効率の高い双

方向予測が開発された。これは、符号化処理が非実時間でもよいという発想から生まれたMPEGの特長的な手法の一つである。こうして最初のMPEG規格(MPEG-1)ができ上がった。

この技術に放送業界が注目する。来るべきデジタル放送に向けて、なんとか放送品質の符号化が実現できないものかと期待が寄せられた。放送に加えて、

DVDのような新たな蓄積媒体に映画やTV番組を記録したい。そんな要求が出されるなかで、インタレース信号^(注1)にも対応した高品質符号化方式の規格化(MPEG-2)が開始された。

一方、ITU-TでもH.261に継ぐ標準方式H.262の審議に入っていた。符号化レートは将来の光ファイバなども考慮して、MPEG-2とほぼ同じ範囲に設定される。しかし、このころから通信や蓄積、放送の明確な区別が薄れ、各分野間でのデータ交換なども要求され始めていた。二つの似た標準が存在することは、世の中の混乱を招くことになる。そのため両者が協力関係を結び、MPEG-2とH.262は同一方式をベースとすることになった。技術的にはH.262がMPEG-2の一部を構成し、TV会議や監視応用などの通信分野を受け持っている。なお、ハイビジョン対応の符号化としてMPEG-3も考えられていたが、実験の結果MPEG-2で十分な性能が得られることがわかり、MPEG-3はMPEG-2に吸収されている。

MPEG-4の誕生

93年夏にMPEG-4の話が持ち上がった。いまだ標準化が行われていない超低ビットレート(64 kbps以下)をターゲットとし、回線容量に限りがあるモバイル分野を主たる応用に設定した。しかし、同時期にITU-Tでも同様な趣旨で標準化が開始された(H.263)。目標は、電話回線で動画像を伝送するための超低ビットレート符号化の開発である。MPEG-2/H.262の時代にISO主導で標準化が進められた反省もあって、今回はITU-Tが主導権を取りたいとの意気込みがあった。そのため、意識的にMPEGに一步先んじる形で方式を開発し、結果としてMPEG-4よりも早く標準方式をまとめることになる。

一方、MPEG-4は一種のジレンマに

(注1) 現行TVの画像信号伝送方式で、画面を1ラインおきに処理する。

陥った。同様な標準が複数存在する問題は、かつてISO自身が指摘したことである。一時はMPEG-4中止論まで持ち上がったが、この危機を救ったのはMPEGメンバーたちの発想の転換であった。時代はマルチメディアに向かっている。今後は単なる圧縮率のみにこだわるのではなく、将来、市場が広がるであろうアプリケーションに即座に対応するための新たな機能を規定しようとした。この考え方が、結果としてMPEG-4を大きく飛躍させることになる。これら新機能に加えて、当初からの目標であった超低ビットレート符号化ももちろん実現している。そして、この部分にH.263との互換性を保証することで、同様な標準方式が複数存在することを回避している。

MPEG-4の概要

上述のように、MPEG-4誕生に際しては新たな機能の充実が不可欠となった。しかも、それは世の中の動向に合致したものでなければならない。そこでISOでは将来の予想トレンドとして、①モバイル・インターネット通信環境の拡大、②個人レベルでのコンピュータ使用環境の充実、③他の画像メディアとの更なる融合の3点を掲げた(図2)。これらトレンドに対応するため、実現が

要求された機能は次の3項目である。

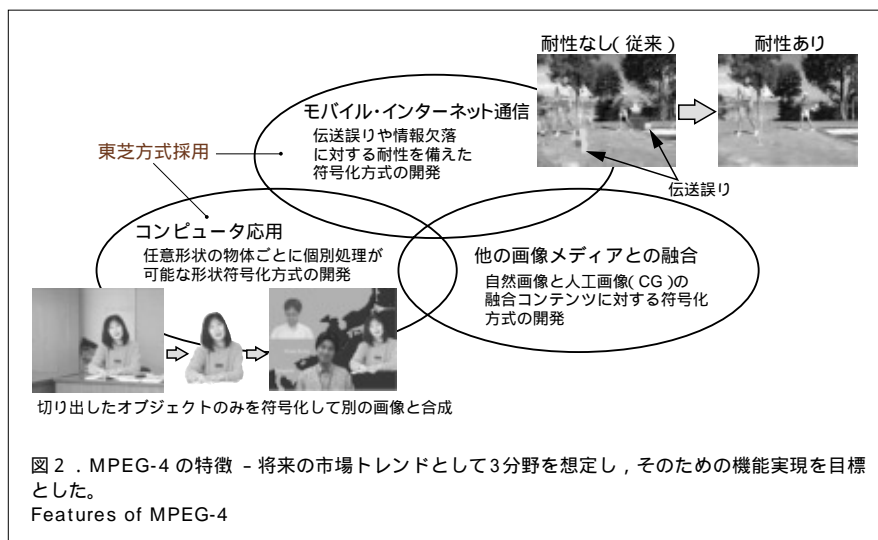
- (1) モバイルやインターネットを含めた通信環境の実現。特に、伝送誤りや情報欠落に対する耐性(画面をきれいに保つ能力)を備える符号化方式の開発
- (2) 個人レベルでの画像処理が可能な環境の実現。特に、任意形状の物体ごとに個別符号化ができる圧縮手法の確立
- (3) 従来からの自然画像に加えて、CG(コンピュータグラフィックス)などの人工画像にも対応した圧縮手法の確立

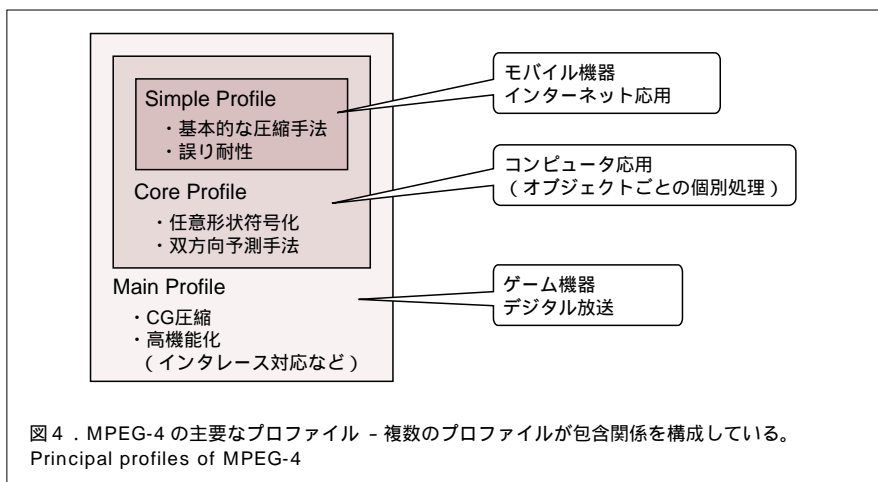
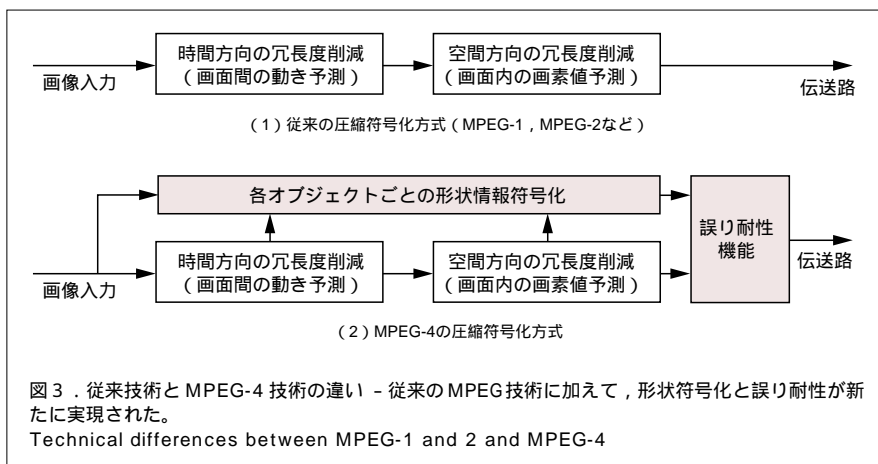
MPEG-4には、従来からの圧縮効率を更に向上させるための手法も含まれている。したがって、画質改善の点でも優れているが、上述のようにMPEG-4の特長はあくまでも新機能の実現にある。

MPEG-4の符号化モデル

MPEG-4が従来の圧縮方式と異なっている点は、任意形状の物体(オブジェクト)や領域を個別に符号化できると、伝送情報に対する誤り耐性を実現できることである。

従来技術とMPEG-4技術との違いを図3に示す。従来の技術はH.261で確立された“動き補償+離散コサイン変換”が基本である。MPEG-1やMPEG-2





もこの方式に準じており、画質改善もこの範囲内で実現されてきた。一方MPEG-4では、“形状情報符号化”と“誤り耐性機能”の処理が追加された。形状符号化も時間方向と空間方向の相関を利用して圧縮を行い、誤り耐性については、従来からの画像情報に加えてこれら形状情報の圧縮信号についても実現されている。

プロファイルの概念

MPEG-4には多くの要素技術(ツール)が採用されている。それらはすべてが同時に使用されるわけではなく、各アプリケーションや実現したい要求仕様によって使い分けがなされるべきである。そのため、MPEG-4にはプロファイル(Profile)という概念が導入されている。

これはアプリケーションを想定したツールの分類手法であり、MPEG-4準拠製品であるためには、いずれかのプロファイルを必ずサポートする必要がある。

主要なプロファイルを図4に示す。図からわかるように、プロファイルはいくつかの包含関係で成り立っている。例えば、Core ProfileはSimple Profileを含んでいるが、これはCore Profileに相当するアプリケーションを実現する場合でも、Simple Profile内のツールはすべて実現しなければならないことを意味する。したがって、内側に存在するプロファイルほど使用分野が広く、重要度が高いと言える(囲み記事参照)。

- (1) Simple Profile MPEG-4の土台をなすツール群であり、基本的な圧縮ツールと通信のための誤り耐性ツールが含まれる。例え

ば、移動体通信端末などはこのプロファイルを使って実現できる。もっとも内側にあるため、すべてのMPEG-4製品がサポートしなければならないツール群であり、この部分がH.263の基本部分と互換性を持っている。

- (2) Core Profile 主に任意形状オブジェクトを扱うためのツール群と、MPEG-1から引き継がれてきた双方向予測が含まれている。人物のみを切り出して別の背景の上で動かすなどの処理はこのプロファイルで実現される。
- (3) Main Profile CG画像の符号化やインタレース対応など、より高い機能を実現するツールが含まれている。処理負担の重いものが多いが、機能や符号化性能は向上する。ゲーム機向けのCG画像やデジタル放送用高精細画像などは、このプロファイルで実現できる。

MPEG-4の応用分野

MPEG-4では当初から、ハードウェアでの実現のみならず、ソフトウェアによるシステム構築が容易となるように処理量の面でも工夫がなされてきた。そのためLSIだけに頼ることなく、フルソフトウェアでの製品も開発可能である。

図5はMPEG-4を取り巻く製品群の一例である。LSIを搭載した低消費電力の携帯端末やデジタルカメラなどに加えて、ソフトウェアだけで構成されたインターネット映像配信システムや監視システムも実現可能となる。更に、これらが有線・無線を問わず、シームレスにつながる世界がMPEG-4という方式を媒体にして実現できる。高ビットレートあるいはスタジオレベルの高精細画像対応も年々進んでおり、いずれは通信・放送・蓄積のあらゆる媒体を対象に、低レートから高レートまでをカバーする応用範囲の広い標準となることが期待されている。

標準化の範囲

標準化といっても、符号化技術のすべてがその対象となるわけではない。例えば、「MPEG-4で任意形状物体を符号化する際に、その物体はどのように切り出すのか」という質問をよく受ける。「物体の符号化手法は標準化されているが、その物体をどう切り出すかは標準化の対象外」というのが答えである。

実は、標準化というのは復号(再生)の規定である。その規定に従えば、だれが作っても必ず標準準拠のデータが正しく再生できることのみを保証する。例えば、オブジェクトの切り出し精度がどうであっても、切り出されたオブジェクトを正しく復号できる仕組みさえ規定しておけば、送信側から受信側への正確な情報伝達は実現できる。

一方、処理が復号側に閉じている技術もまた標準化の対象外である。例えば、誤り耐性が付加された情報を復号側で再生した後、誤りによって破壊された画面

標準化技術と標準外技術の一例

標準化技術	対応する標準外技術	標準外技術がない場合の問題点
任意形状物体の符号化技術	画面内から任意形状物体を切り出す技術	切り出し精度が悪いと物体の形が不自然になる
動きベクトル(物体の動きを表現する信号)の符号化技術	正確な動きベクトルを求める技術	動きベクトル決定精度が悪いと圧縮効率が大きく低下する
冗長度削減のための予測手法(複数あり)を示す信号の符号化技術	複数ある予測手法のどれを使用するかを決定する技術	予測手法をうまく選ばないと圧縮効率が低下する
量子化ステップサイズ(情報量削減の割合を示す信号)の符号化技術	量子化ステップサイズをいくつに設定するかを決める技術	ステップサイズをうまく設定しないとシステムが破たんする(情報があふれる)
誤り耐性技術	伝送されてきた誤り耐性ツールを利用する技術	誤り耐性ツールをうまく利用しないと誤り混入画面の画質が良くならない

をいかに修復するかは復号側の技術に任されている。復号された耐性ツールを利用して修復を行うことはできるが、その部分にノウハウがなければまったく修復を行わなくてもよい(ただし画面は大きく劣化する)。標準化で保証されているのは誤り耐性ツールを復号するところまでであり、これが標準化に準拠しているという意味である。

表に示したのは、よく質問を受ける標

準外技術の一例である。再生画質に直接かかわる技術も多く、論文も多数発表されている。つまり、同じMPEG-4準拠製品といっても、各社から出される製品の品質はまったく異なることを意味する。実は、この標準外部分にどれだけの技術やノウハウを持っているかが、最終的には性能を決定する大きな要因となる。

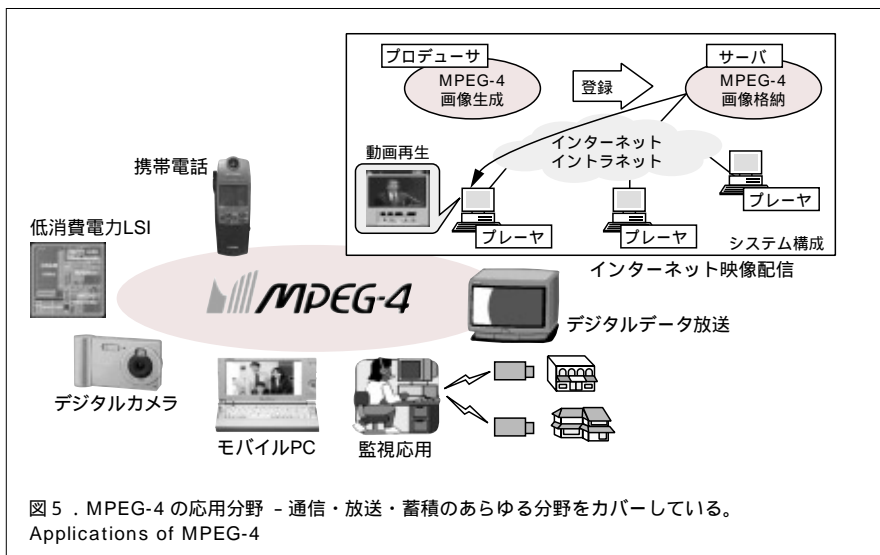


図5. MPEG-4の応用分野 - 通信・放送・蓄積のあらゆる分野をカバーしている。 Applications of MPEG-4

な利用形態の開発のために、ISOの果たすべき役割を今後とも大いに期待したい。

文献

- (1) 渡邊敏明.“MPEG-4国際標準方式と動画像符号化技術の概要”. 第7回画像センシングシンポジウム. 画像センシング技術研究会. 2002, p. 1-12.

MPEG-4の今後

MPEG-4は、既存標準ではサポートしていない新たな機能の実現と、更なる符号化効率の向上を目指して規格化された。特に、伝送誤りに対する耐性

能力の実現や、任意形状オブジェクトの効率的な符号化などは、今までになかった新機能である。今後とも世の中の新たな要求にタイムリーに応えるため、更なる機能拡張が継続される見込みである。マルチメディアのより効果的



渡邊 敏明
WATANABE Toshiaki, D.Eng.

研究開発センター マルチメディアラボラトリー主任研究員, 工博。画像の圧縮符号化技術に関する研究・開発に従事。電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, IEEE 会員。Multimedia Lab.