

近年、動画像・静止画像・音声・テキストなどの各種デジタルデータを統合的に取り扱うマルチメディア化がパソコンを中心とするコンピュータ分野で着実に進展してきた。一方、DVD、デジタル衛星放送などデジタル高画質映像も普及し始めた。これらの応用は画像圧縮技術の導入により可能となったもので、単なるデジタル化された画像だけでは、その膨大な情報量のためハンドリングすることすら容易ではない。移動体通信環境の整備と携帯情報機器の小型化に伴い、モバイル環境にまで動画像の応用が広がろうとしている。こうした背景を踏まえ、国際標準化機構では MPEG4(Moving Picture Experts Group 4)として動画像圧縮符号化方式の標準化を進めている。当社はモバイル分野での応用を念頭に、所要情報量を極力削減する高圧縮・高画質化技術に加え、無線伝送におけるデータ誤りに対処する誤り耐性技術など、数多くの提案を行い積極的に標準化に貢献している。

In recent years, the use of multimedia data has been steadily spreading in the computer field. Multimedia includes various data; namely, moving pictures, still pictures, sound, and text. In the high-quality audio-visual field, DVD and satellite digital broadcasting have been launched. These applications are realized by means of picture compression technology.

It is difficult to deal with merely digitized pictures, because the amount of information they contain is very bulky. Moreover, the progress of the mobile communications environment and the downsizing of portable information equipment are promoting moving picture applications. In view of this situation, the international standardization organization concerned has begun formulation of a new picture coding standard, the so-called MPEG4(Moving Picture Experts Group 4)discussion.

Toshiba has been aggressively participating in this standardization work by contributing a number of proposals. This paper describes our technologies in this field, focusing on mobile applications.

## 1 まえがき

画像圧縮技術は通信、放送、オーディオ ビジュアルといった分野で、所要データ量の削減効果により、通信コストの削減、放送チャンネル数の増大、収録時間の確保などを目的に、DVD、デジタル衛星放送など高画質映像分野から導入が始まった。コンピュータ分野でのマルチメディア化の進展、インターネットの驚異的成長、携帯情報機器の小型化により、動画像データをモバイル環境でも使用したいという要求が高まっている。モバイル環境、すなわち、無線分野での応用では周波数資源が有限なことから、所要情報量をできるだけ少なくという要求と電波状況の変化によるデータ誤り残留が避けられないため、方式自体にもデータ誤り耐性が求められる。こうした要求にこたえるため、国際標準化機構において通称 MPEG4 と呼ばれる圧縮符号化の標準化も進行している。

## 2 国際標準規格化の推移

図1は、現在までの動画像符号化にかかわる主な標準化状況を示したものである。審議機関は MPEG を取り扱っ

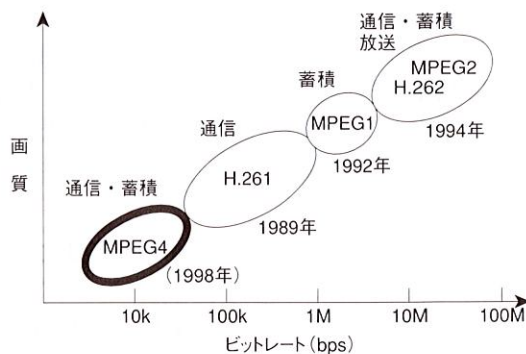


図1. 動画像符号化の国際標準化推移 動画像符号化方式の国際標準化の推移をそれぞれの規格がカバーするビットレートと画質で位置づけた。

Historical overview of international standardization of moving picture coding

ている国際標準化機構(ISO)、および通信分野である H.26 X を専門に取り扱っている ITU-T(旧 CCITT)の二つで、図中の年代は標準化が決定した年である。

まず通信回線に対応したリアルタイム通信の標準方式として H.261 が規格化され、テレビ会議装置やビデオ監視シ



システムに適用されている(64 kbps~1.5 Mbps)。また、CD-ROMに動画像を蓄積するためのMPEG1(1.5 Mbps付近)が審議され、高速サーチ機能や逆再生機能が新たに追加された。その後、より汎(はん)用的な高画質動画像圧縮技術の構築を旨としてMPEG2が審議され、通信・放送・蓄積のあらゆる分野に適用できる方式の規格化が行われた(2 Mbps以上)。これらの規格化に続いて、いまだ既存の規格がカバーしていない低ビットレート領域(64 kbps以下)での標準化作業の開始が提案された。特に伝送帯域が制限される移動体通信を主要なアプリケーションとしてMPEG4規格化の議論がなされ、対象とするレートの上限を1.5 Mbpsにまで引き上げ、既存の標準方式ではカバーしていない新たな機能を実現することを主目的とした“マルチメディア符号化方式”として正式にスタートした。

### 3 MPEG4 規格化の要求条件

MPEG4規格が使用される時期の予想トレンドとして、移動体通信環境の整備、ユーザとのインタラクティブなコンピュータ応用の拡大、従来からのオーディオ ビジュアル分野の情報通信とのさらなる融合が考慮され、以下の3項目の機能の実現が要求条件となった。

- (1) 従来の有線通信対応の符号化方式だけでなく、無線通信やインターネット通信などの異なる環境でも使用可能な符号化方式の実現。特に、伝送誤りや情報欠落に対する耐性を符号化方式に内在させた、あらたな誤り耐性圧縮方式の開発。
- (2) ユーザの要求に応じた使用環境の変更や、画像処理の適用が可能な構造をもつ符号化方式の実現。特に、任意形状の物体ごとに個別符号化処理が可能な圧縮手法の開発と任意形状情報そのものの効率的な符号化伝送手法の確立。
- (3) 従来の圧縮率を上回る、より効率的な符号化手法の開発と、自然画像だけでなく、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方式の確立。

これらの要求条件に対し、今後の移動体通信市場の拡大とコンピュータでの画像処理技術の一般化を考慮し、上述の(1)および(2)に重点的に注力している。次章では当社のMPEG4への提案中の方式について述べる。

### 4 誤り耐性符号化方式の現状

新機能として移動体通信(無線通信)に対応するため、符号化方式自体が伝送誤りに対して耐性(エラーレジリエンス)をもつことが要求されている<sup>1)</sup>。MPEG4における誤り耐性の評価試験に使用される誤りパターンは、実際のネットワークに即し、以下のように設定されている<sup>3)</sup>。

- ・BER(Bit Error Rate)= $10^{-3}$ のランダムエラー
- ・BER= $10^{-2}$  (あるいはBER= $10^{-3}$ )で、バースト長=1 ms (あるいは10 ms)のバーストエラー
- ・Packet loss rate= $10^{-2}$ で、パケット長=96 bits, 200 bits, 400 bitsのパケットロス

以下にこれら誤り耐性符号化方式の一例を述べる。いずれも当社が提案、あるいは改良にかかわった方式である。

#### 4.1 可変間隔同期方式<sup>2)</sup>

符号化効率の向上と誤り耐性とはトレードオフの関係にある。符号化効率を高めるためには可変長符号はきわめて有効である反面、データ誤りにはきわめて脆(ぜい)弱である。また、可変長符号を用いるとフレーム全体の長さも可変長になるため、フレーム全体の同期は同期符号検出にすべて依存する。可変長符号の復号は符号語の同期と復号が同時に行われるため、いったんデータ誤りによって符号語を誤ると次の符号語の先頭位置も誤るため、符号語の同期が外れ、連鎖反動的に誤りが伝播(ば)する。こうして受信した符号列(ビットストリーム)の同期符号や可変長符号部分にエラーが混入すると同期が損なわれ、その後の復号は正しく行われなくなるため、再び同期を取り直す必要がある。したがって、再同期が確立するまでの間の符号列はすべて廃棄される。固定長符号を採用すればこうした問題は回避されるが、符号化効率が悪く、特に低ビットレートでは満足いく画質が得られない。

新たに考案した可変間隔同期方式では、図2に示した構造を利用する。フレームには全体の同期符号であるstart code(図中の黒丸)を配置し、フレーム内をいくつかの部分に分割してそれぞれの部分(スライス)の先頭(図中の白丸)には同期回復用マーカ(Resynchronization marker)を配置する。可変長符号を含んだビット列に誤りが混入した場合でも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。

誤りが混入した場所から次の同期回復マーカまでの情報は基本的に破棄されるが、この部分のデータも後述の双方向に復号可能な可変長符号を用いることでさらに救うことができる。

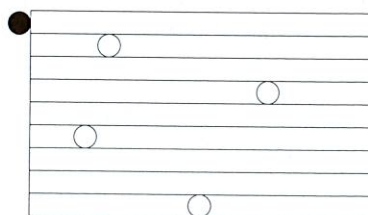


図2. 可変間隔同期方式 画像データ構造に合わせ同期符号の出現間隔を可変にすることで、符号化効率を確保するとともに伝送誤りによる復号エラーの波及を最小限にとどめる。

Variable-interval synchronization method

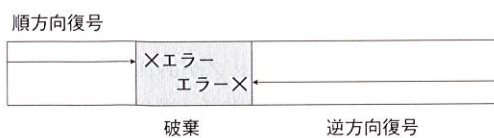


## 4.2 双方向に復号可能な可変長符号<sup>3</sup>

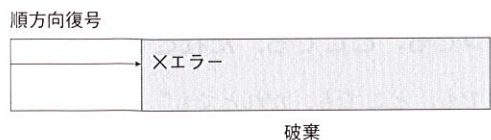
順方向からでも逆方向からでも復号できる特殊な可変長符号を用いれば、仮に復号途中でエラーが発見されても、次の同期マーカから逆方向に復号を行えるので、従来破棄していた部分も救うことが可能になる。エラーがない場合は、従来と同様に順方向の復号だけを最後まで行えばよいので、エラーフリーの環境で使用するユーザにとっても負担が増加することはない。

当社が提案している符号は、符号列を順方向からも逆方向からも復号可能な可変長符号である。この符号を用いることにより、次のような“双方向復号”が実現できる。

図3(a)に示すように、復号の途中で誤り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。次の同期信号が検出できた段階で、今度はそこから逆向きにビット列の復号処理を行う。新たな付加情報なしに、復号のスタートポイントが増加していることになり、誤り発生時に復号できる情報量を従来(図3(b))よりも増やすことが可能となる。ランダムエラー、バーストエラーに効果がある。



(a) 双方向から復号可能な可変長符号による復号



(b) 従来の可変長符号による復号

図3. 双方向復号 受信した符号列を順方向、逆方向の両方から復号することにより、伝送誤りによる復号不能な部分を最小限にとどめる。

### Bidirectional decoding

双方向から復号可能な可変長符号は種々の作成手法や符号パターンが存在するが、表1にその一例を示す。表1の符号語(a)は“1”が3回出現した段階で一つの符号と見なす規則で生成される(最初の0だけは特殊ケース)。また符号語(b)は“0”と“1”の出現割合が等しくなった段階で、やはり一つの符号とする規則で生成される。これらの符号は同一の規則に基づいて、どちらの方向にも瞬時に復号可能であることがわかる。今後、MPEG4ではこれらの符号をDCT(Discrete Cosine Transform)係数に用いることにより、その効果を検証することになっている。

表1. 双方向復号可能な可変長符号

Reversible variable-length code

シンボル	符号語(a)	符号語(b)
A	0	01
B	111	10
C	1011	0011
D	1101	1100
E	10011	000111
:	:	:

MPEG4を無線を用いたモバイル環境で応用するため、新機能として符号化方式自体が伝送誤りに対して耐性をもつことが求められている。ここに紹介した技術は、誤り耐性の強化に効果的である。現在、MPEG4の標準化におけるVM(Verification Model)には当社提案の可変間隔同期方式、双方向復号なども採用されており、この分野での規格化をリードしている。

## 5 あとがき

21世紀を目前に控え、マルチメディアという言葉自体も現実味を帯びて一般に浸透しつつある。MPEG4はこのような環境を想定した上での初めての国際標準化作業であり、その審議過程もいよいよ佳境にさしかかり、技術的な審議は97年11月に終了する予定である。ここでは誤り耐性に焦点をあて、MPEG4標準化にかかわる当社技術の現状を紹介した。MPEG4規格は64kbps以下の符号化レートではソフトデコードできることが推奨されている。今後CPU(Central Processing Unit)はパワーアップの一途をたどり、これらソフトデコーダの実現は容易になろう。また携帯性と省電力化を考慮すると、LSIの開発も不可欠である。

## 文 献

- (1) “MPEG-4 Proposal Package Description(PPD)”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N998, Tokyo(1995-7)
- (2) “MPEG-4 Video Verification Model version 4.0”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N1380, Chicago(1996-10)
- (3) “Ad-hoc group on core experiments on error resilience aspects in MPEG-4 Video”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N1383, Chicago (1996-10)



嵩 比呂志 Hiroshi Suu, D.Eng.

研究開発センター 情報・通信システム研究所研究主幹、  
工博。画像符号化の研究開発に従事。  
Communication & Information Systems Research Labs.



渡邊 敏明 Toshiaki Watanabe

研究開発センター 情報・通信システム研究所研究主務。  
画像符号化の研究開発に従事。  
Communication & Information Systems Research Labs.