

# MPEG ビデオへの情報埋め込み技術

4 K-3

前田潤治 森本典繁

日本アイ・ビー・エム (株) 東京基礎研究所

## 1 はじめに

コンピュータ利用とネットワークの発達に伴い、商用のデジタルコンテンツの流通が飛躍的に増大している。デジタルコンテンツは劣化のないコピーが容易に作れる。これは長所となる場面もあるが、違法なコピーも容易にできる、それを防ぐことが困難であるという短所もあり、これがコンテンツ所有者の積極的な流通への参加を阻害している。コンテンツの配布経路における保護に用いられる暗号化技術とともに注目されているのが、コンテンツの利用者に検知できない、かつ除去が困難な付加情報を埋め込む技術（データハイディング）[1][2][3]である。現在、静止画像に対する埋め込み方法（[4][5]など）が発表されているが、より商業的価値の高い動画像に対する実用的な埋め込み方法の開発が待たれている。

デジタル動画像のフォーマットはいくつかあるが、本稿では、国際標準である MPEG ビデオに対するデータハイディング技術を提案する。

静止画のために開発されていた技術のうち、MPEG で用いられている DCT（離散余弦変換）によるデータ圧縮に耐性のある技術（[6]など）をフレームごとに応用することも考えられる。しかし、この方法は MPEG 符号化されたデータを（画素レベルまでではないにせよ）フレーム単位まで復号化しなければならない。本稿では、MPEG ビデオのデータ構造を直接利用し、復号化するための計算量、記憶容量を節約する手法を提案する。

## 2 マクロブロックタイプへの情報の埋め込み

MPEG ビデオのデータ構造において、マクロブロックは動き補償の単位であり、マクロブロックタイプはそのマクロブロックのフレーム間予測の方法を指す。MPEG ビデオの B ピクチャにおいては、ほとんどのマクロブロックタイプは前方予測、後方予測、両方向予測のいずれかとなる。通常の符号化器は最も誤差の小さい予測マクロブロックを採用するが、シーンチェンジのないフレームにおいては、どの予測誤差も大差なく、どれを採用しても画質やデータ量にほとんど影響がないことが多い。そこで、あらかじめ誤差

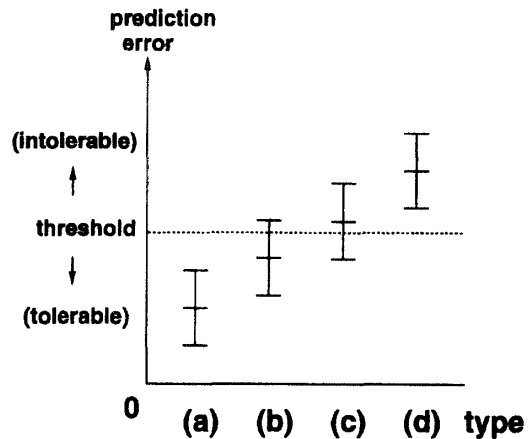


図 1: マクロブロックの予測誤差

の許容範囲を設定しておき、許容範囲内の誤差を生じる予測方法であれば、どれを採用してもよいものとする。これを図 1 を使って説明する。

図 1 において、縦軸は予測誤差を表し、許容範囲を示す閾値が設定されている。一本の縦棒で結ばれている三本の短い横棒は注目しているマクロブロックの三種類の予測法の予測誤差を表す。(d) のタイプ、すなわち三つの予測誤差すべてが許容範囲を越えているマクロブロックはイントラ（フレーム間予測を行わない）マクロブロックとなる。それ以外の場合は許容範囲内にある予測法のうちどれかが採用される。

通常使われている予測誤差の基準（画素ごとの誤差の絶対値の和や自乗和など）で「両方向予測」が三つのうちの最悪になることはない。つまり、図 1 において、「両方向予測」が三本の横棒のうち一番上になることはない。

したがって、注目しているマクロブロックが図 1 の (a)、(b) のいずれかであった時には、マクロブロックタイプを「前方予測と後方予測の良い方」と「両方向予測」のどちらにしても画質への大きな影響はない。そこで、たとえば B ピクチャの中のあるマクロブロックのタイプが両方向予測であれば“0”、前方予測または後方予測であれば“1”を表すと約束すれば、一つのマクロブロックについて 1 ビットの情報を埋め込むことができる。“1”を表したい場合には前方予測、後方予測のうち都合のいい方を選ぶことができる。

注目しているマクロブロックが図 1(d) の場合、そ

“Data Hiding into MPEG Video Bitstreams”

Junji Maeda and Norishige Morimoto

IBM Japan, Tokyo Research Laboratory,  
1623-14, Shimotsuruma, Yarnato, Kanagawa, 242, Japan

のマクロブロック（イントラマクロブロック）は付加情報埋め込みには使わず無効ビットとする。

### 3 シーンチェンジへの対策

シーンチェンジが発生すると、フレーム中のほとんどのマクロブロックが図1(c)のタイプになる。この現象は符号化の際にも復号化の際にも検知できるので、このような場合には付加情報は埋め込まないものとする。

### 4 オクルージョンへの対策

オクルージョンが起きた場合、ピクチャ全体のうちの一部分が図1(c)の状態になる。この場合、許容範囲にある一つのマクロブロックタイプがちょうど埋め込みたい付加情報と一致していれば問題はないが、そうでない場合もある。そうでない場合、無理やり許容範囲にないマクロブロックタイプを採用すると、画質に悪い影響を与えてしまう。

画質を重視する場合、誤り訂正符号を用いてこれを回避する。つまり、一つのマクロブロックで1ビットを表すのではなく、情報に冗長度を持たせ、複数のマクロブロックの組で1ビット相当の符号を表す。

簡単な例として、3個のマクロブロックで多数決によって1ビット相当の符号を表すことにすると、三つのマクロブロックのうちの一つまでが表したい符号の反対のマクロブロックタイプにあたってても正しくビットを表現することができる。一つの符号を表すマクロブロック（この例では三つ）の組のなかで、ある決められた個数以上のイントラマクロブロックが含まれていれば、その組は付加情報の埋め込みに使わないものとする。

こうしても、一つの符号を構成する一組のマクロブロックのうち多く（上の例では二つ）が図1(c)のようになり、望みの符号を表現できないこともないとは言えない。その場合には、そのうちの適当なマクロブロック（予測誤差の大きいものが適切であろう）をイントラマクロブロックに変更する。前述したように、一つの符号を構成する一組のマクロブロックのうちある決められた個数以上のイントラマクロブロックが含まれていたなら、そのマクロブロックの組は付加情報の埋め込みに利用しないものとする。

### 5 利用者固有情報の埋め込み

コンテンツの違法コピーが行われた際の出どころの追跡のために、利用者固有の情報を埋め込むことができれば非常に有用である。同じ番組のMPEGビデオデータであっても、所有者が違えば異なった利用者固有情報が埋め込まれることになる。

Bピクチャの符号化の際に生成される「両方向予測マクロブロック」と「前方予測マクロブロックおよび後方予測マクロブロックの良い方」の両方を保持しておく。これは互いに入れ替えても他のピクチャや当該ピクチャのスライス以上のレイヤに影響は及ぼさない。そこで、利用者の情報に応じて適切な方を選択して入れ替えることにより利用者固有の情報を埋め込むことができる。

使い方の一例として、暗号化された映像商品に正当な所有者登録情報を与えて、それに応じた利用者固有情報を埋め込むことが挙げられる。

### 6 おわりに

本手法はマクロブロックタイプというMPEGビデオのデータ構造の基本部分に付加情報を埋め込むため、MPEGビデオデータとして自然であり、データ構造を見ただけでは画像内容以外の情報を検知することができない。マクロブロックタイプは画素値と直接には関係ない部分であり、許容範囲にあるマクロブロックタイプを選択した後は通常の符号化操作を行うだけなので、画質を損なうこともない。付加情報を除去したMPEGビデオデータを作るためには一旦復号化してから再度符号化する必要があるため、画質の劣化が必ず起きる。また、MPEGビデオデータを直接利用しているため、圧縮されたMPEGビデオデータを復号化することなく埋め込まれた付加情報を読むことができる。

本手法は動画像の流通形態であるMPEGビデオデータに付加情報を埋め込むもので、これを復号化した時点で埋め込まれた情報は消失する。フレーム列になっても情報が残るような手法と組み合わせて効果的に機能するシステムの開発が今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 森本他, “デジタルメディアへのデータハイディング,” 情報処理学会第53回全国大会論文集2, pp 259-260, 1996.
- [2] 沼尾他, “データハイディングによるデジタル署名技術,” 情報処理学会第53回全国大会論文集2, pp 261-262, 1996.
- [3] 森本他, “データ・ハイディング技術,” 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 21, No. 31, pp. 3-8, 1997.
- [4] 松井甲子雄, “画像深層暗号,” 森北出版, 1993.
- [5] 清水他, “ピクセルブロックによる静止画像データハイディング,” 情報処理学会第53回全国大会論文集2, pp 257-258, 1996.
- [6] I. J. Cox et al. “Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia,” NEC Research Institute, Technical Report 95-10.