

JPEG, MPEG 画像へのバイナリデータの埋込み法

貴家 仁志[†]

Methods for Embedding Binary Data into JPEG and MPEG Images in the Compressed Domain

Hitoshi KIYA[†]

あらまし JPEG と MPEG により符号化された画像へバイナリデータを埋め込む方法と、再び復号時にそのデータを抽出する方法を述べる。提案する方法は、復号化の際に埋め込んだデータを完全に復元することができ、データの埋込みや抽出操作が画質劣化に極力影響しないように考慮されている。また、提案法は、復号時に埋め込まれたデータを抽出しない場合や抽出できない環境においても、標準の復号化器を用いて復号可能であり、その際の画質劣化も少なく抑えられる特徴をもつ。いくつかの画像に対して埋め込まれるデータ量と画質の関係をシミュレーションし、提案法の有効性を確認する。

キーワード JPEG, MPEG, 電子透かし, バイナリデータ

1. ま え が き

近年、デジタル画像に各種のデータを埋め込む、電子透かしの技術が注目され多方面で研究されている [1] ~ [6]。この電子透かしの技術は、埋込みや抽出の際の条件の違い等により、いくつかに分類されるが、本論文では、埋め込まれたデータを視覚的に認識させず (不可視透かし法)、かつデータ抽出時に原画像を必要としない電子透かしの一方法について述べる。提案する方法は、情報圧縮方式として、静止画像の国際規格である JPEG (Joint Photographic Coding Experts Group) [7], [8] と、動画の国際規格である MPEG (Moving Picture Experts Group) [7], [9], [10] を想定し、このような非可逆符号化方式のもとでも、埋め込まれたデータを復号時に完全に抽出できる方法である。

本論文における電子透かし法は、以下の条件が考慮されている。

(a) 非可逆符号化法の使用のもとでも、埋込みデータが完全に取り出せること。

(b) 埋込み情報が取り出せない環境においても、従来の国際標準に基づいた復号化器を用いて画像を復号することが可能であること。

(c) 情報を埋め込むことによる画像の劣化が小さいこと。

(a) の条件は、付加情報としてバイナリデータ等を取り扱うために必要となる。

以上のような特徴をもつ電子透かし法の提案によって、画像を説明するオブジェクト等の情報や、文字、音声データ、プログラム等のデータを JPEG や MPEG のビットストリームの中に埋め込んだ形式で、通信や記憶を行うことが可能となる。すなわち、視覚的に目立たない形態で文字情報などのバイナリデータを画像と一緒に符号化するものである。また、そのようなデータは復号時に必ずしも抽出する必要はなく、データを埋め込んだまま画像を再生することもできる。必要なときにデータを抽出し、再利用すればよい。非可逆符号化を使用するにもかかわらず、復号側において埋め込まれたバイナリデータを完全に取り出すことができる特徴をもつ。

このような特徴は、メディアと符号化方式との間の制約を緩和し、画像のデータベース化や各種符号化方式の互換性の改善などにおいてより自由度を与えると考えている。

本論文と類似する研究として、画像の 2 次コピーの防止を目的として、画像に個人的な署名を埋め込む電子透かしの技術がある。ほとんどの電子透かしの研究は、この著作権の問題の改善のために行われてい

[†] 東京都立大学大学院工学研究科, 八王子市
Department of Electrical Engineering, Tokyo Metropolitan
University, Hachioji-shi, 192-0397 Japan

る [1] ~ [6], [11] ~ [14]. 提案法と署名埋込みとは, 主に次の 2 点が異なると考えている.

- 署名埋込みは第三者により再圧縮等による署名削除のための攻撃が想定される. そのため, これらの攻撃に対する耐性を考慮する必要がある.

- 多くの署名埋込みは非可逆な画像圧縮を攻撃と考えている. 一方, 提案法は情報埋込み者のみが画像圧縮をすることを前提としたものであり, そのような非可逆圧縮のもとでもバイナリデータが完全に取り出せることを目的としている.

また従来研究の中で提案法と同様に, JPEG 符号化にバイナリデータを扱うことが可能でかつ先の (a) ~ (c) の条件を満たす方式も提案されている [3], [4]. しかしながら, この方式は多くの場合画質の劣化が, 提案法に比べ大きくなることが確認されている [15].

本論文では, 2. において, まず静止画像の符号化規格である JPEG における画像圧縮の手順を簡単に説明し, 提案するバイナリデータの埋込みに必要な条件をまとめる. 更に, 提案する JPEG 符号化列への情報埋込み法を説明する. 3. では, 埋め込んだ符号化列からの情報の取出し法について説明する. ここでは, 符号化列から直接取り出す方法と, 復号画像から取り出す方法の 2 種類について説明する. 次に 4. では動画画像の符号化規格である MPEG 符号化列に対しての情報埋込みについて検討する.

2. JPEG 画像への情報埋込み [15]

ここでは, 提案法で前提とする JPEG 符号化手順と, 考慮される条件を示す.

2.1 問題設定

まず JPEG 符号化の手順を簡単に説明する. 以下では議論を簡潔にするためにシーケンシャル符号化を例にするが, プログレッシブ符号化においても提案法は適用可能である.

図 1 は JPEG の符号化手順の概略を示したものである. 処理すべき画像は 8×8 のブロックに分割され, それぞれのブロックにおいて, DCT, 量子化テーブルを用いた量子化, ハフマン符号化が行われる. 高域の DCT 係数は量子化によって零値になることが多い. このような背景から直流以外の係数 (AC 係数と呼ばれる) は, 図 2 に示される順番でハフマン符号化される. このジグザグスキャンによる AC 係数の最後の零値の集合は符号化されず, ブロックの終了を示す End of Block (以下, EOB と略す) という符号に置

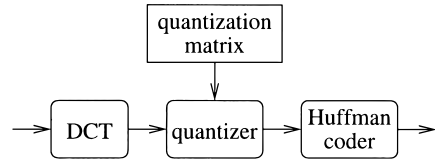


図 1 JPEG 符号化の手順
Fig. 1 JPEG encoder.

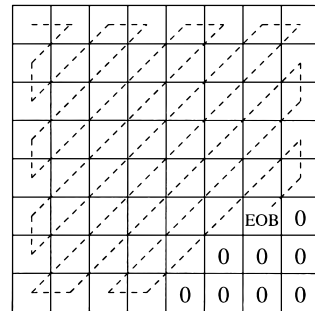


図 2 AC 係数のジグザグスキャン
Fig. 2 Zigzag scan of AC coefficients.

き換えられる.

提案法は, この JPEG 符号化列にデータの埋込みを行うものであり, 以下の条件が考慮されている.

(a) 非可逆圧縮による埋込み情報の保持

本論文では, バイナリデータの埋込みを考慮しているため, 1 bit の情報欠落も許されない. 非可逆な JPEG 符号化においても, 復号時に埋込み情報が完全に取り出せる必要がある.

(b) 従来のアルゴリズムによる復号

埋め込まれた情報を取り出せない, または取り出す必要がない復号器も想定する必要がある. したがって, 情報が埋め込まれた画像を, 情報を埋め込まない画像の場合と同様に標準の JPEG アルゴリズムで復号可能でなければならない.

(c) 情報付加による画像劣化の低減

画像に情報を埋め込むことにより, 画像は劣化する. 情報埋込みの際には, この画像劣化を小さく抑える必要がある.

2.2 埋込み法の概略

提案法の符号化側のシステム構成を図 3 に示す. 今, 議論を簡潔にするために, 8×8 の各ブロックに最大 1 bit の情報を埋め込むものと仮定する. したがって, 例えば 704×480 のグレースケール画像の場合, $5280 \text{ (bit)} = 660 \text{ (byte)}$ の情報を最大埋め込むことが

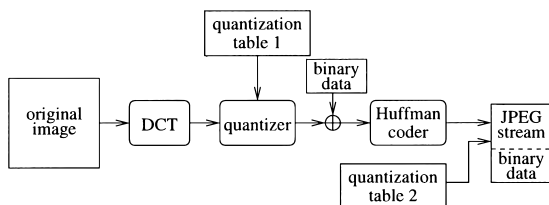


図3 提案するシステムの入出力関係(符号化側)
Fig. 3 Proposed system. (coder side)

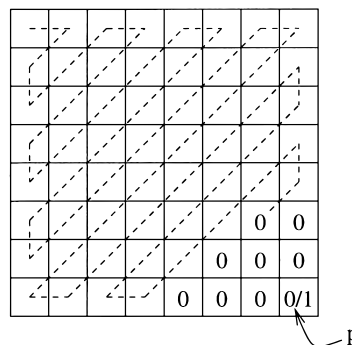


図4 AC係数への情報埋込み
Fig. 4 Inserting data into AC coefficients.

可能となる。以降の議論では、ジグザグスキャン順に並べた AC 係数を $AC(p)$ とおく。ただし、 p は 1 ~ 63 である。

提案法では各ブロックにおいて p 番目の AC 係数 $AC(p)$ に注目し、その量子化後の係数値を 1bit の情報 (1 or 0) で置き換える。ここで p は定数とし、すべてのブロックで同じ場所の AC 係数に対して置き換えを行うものとする。その結果、復号側では逆量子化前にその AC 係数を調べることで、埋め込まれた情報を知ることができる。JPEG では、量子化後の処理は可逆であるので、情報が埋め込まれた AC 係数の場所が特定できれば、埋め込まれた情報を復号の際に完全に復元することができる(条件 (a) を満足)。

また、この方法は単に AC 係数を変更しただけであり、情報を埋め込んだ符号化列も通常の JPEG 復号器で処理することが可能である(条件 (b) を満足)。

2.3 $AC(p)$ と量子化テーブルの変更

次に残された条件 (c) について検討する。情報を埋め込む係数 $AC(p)$ の選択には自由度がある。本論文では、次の理由から最終係数 ($p = 63$) に埋め込むことを考える。

- 高域の係数は量子化後に零値となることが多く、係数置き換えによる画像劣化を低く抑えられる

- 情報が埋め込まれた画像を通常の JPEG 復号器で復号した際に、低域の係数に埋め込んだ場合に比べ、高域の係数への埋込みは視覚的に目立ちにくい

前者は、本来の画像情報の一部を欠落させることによる画像劣化を回避するためのものである。後者は、本来の画像にはない情報を加えることによる画像劣化を回避するためのものである。通常の JPEG 復号器で復号する場合には、埋め込まれた情報は画像に対するノイズになってしまう。このノイズの視覚への影響を小さくするために、高域の係数を選択することが望ましい。

また、 p の決定は画像劣化の第 3 の原因である画像符号化列のファイルサイズにも関係がある。図 4 は最高域の係数に情報を埋め込む場合の例である ($p = 63$)。ここで、1 という情報が埋め込まれた場合、埋め込まなかったときに比べ、途中の零値のランレングス符号化分と最後の 1 の係数分だけ符号語が増えることとなる。この増加符号語が符号化列のファイルサイズの増加につながる。もし、ファイルサイズの上限に制限がある場合には、より粗い量子化を行う必要が生じる。

次に、逆量子化の際に使用する量子化テーブルについて説明する。JPEG 符号化器の場合、一般に符号化の際に使用した量子化テーブルをそのままハフマン符号化し、復号側においてその量子化テーブルを利用する。しかし、提案法では符号化の際に使用した量子化テーブルとは異なる量子化テーブルをハフマン符号化する。その理由は、既存の JPEG 復号器による復号画像の劣化を抑えるためである。通常高域の AC 係数における量子化テーブルの値は非常に大きく(表 1)、量子化後に入れた値が 1 という小さい値であっても、逆量子化により非常に大きい値に変換され、復号画像では非常に大きな劣化となってしまう。この問題を回避するために、情報を埋め込まれた場所 (p) に相当する量子化テーブルの値を、量子化後に 1 に置き換え、逆量子化の際にそれを利用する(表 2)。

2.4 埋込みデータ量に関する考察

上記の方法で情報を埋め込んだ場合、埋め込める情報量は最大で 8×8 に分割したブロック数である。これ以上の情報を埋め込みたい場合には、一つのブロックごとに複数の情報を埋め込む方法 [17] や、色差信号に埋め込む方法 [18] などがある。本論文の方法を、そ

表 1 量子化テーブルの例
Table 1 Example of quantizing table.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

表 2 置き換え後の量子化テーブルの例 ($p = 63$)
Table 2 Arranged quantizing table.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	①

のような場合に拡張することは容易である。当然，埋め込まれるデータ量は画像のひずみと密接な関係がある。詳細は，紙面の都合で割愛する。

3. 埋込みデータの抽出法 [15], [16]

2. で述べた方法によりデータを埋め込まれた符号化列から，再びデータを抽出する方法を示す。ここでは，専用復号器により直接情報を取り出す方法と，標準復号器により復号した後にその復号画像から後処理により情報を取り出す二つの方法について説明する。

3.1 専用復号器によるデータ抽出 [15]

まず，復号化の際に，専用の復号器により埋め込まれたデータと画像を分離する方法を述べる。その手順を図 5(a) で示す。すなわち，以下ようになる。

(1) 各ブロックごとに $AC(63)$ を調べ，埋め込まれた情報を抽出する。

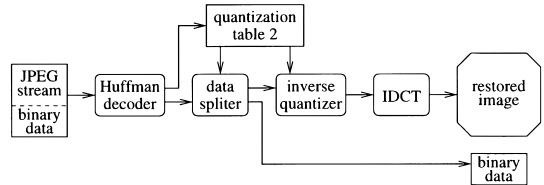
(2) $AC(63)$ を 0 値に戻す。

(3) 逆量子化，IDCT を施して画像を復号する。

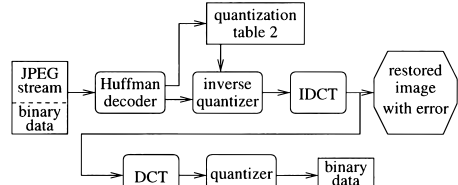
3.2 標準復号器によるデータ抽出 [16]

3.1 の取出し法では，受信側において特別な復号器を準備する必要がある。ここでは，復号処理を標準の復号器で行い，その復号画像より埋込みデータを取り出す方法を述べる(図 5(b) 参照)。その手順は，次のとおりである。

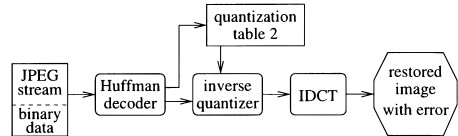
(1) 符号化列をそのまま標準復号器に入力し，復号画像を得る。



(a) Proposed decoder 1



(b) Proposed decoder 2



(c) Standard decoder

図 5 提案するシステム (復号側)
Fig. 5 Proposed system. (decoder side)

(2) 復号画像を 8×8 のブロックに分割し，DCT を施す。

(3) $AC(p)$ の値を調べ，データを抽出する。

ここで，復号画像に対し DCT 演算を行う必要があるが，計算すべき AC 係数の値は一つだけであり，演算量は通常の 8×8 点 DCT の $1/64$ である。また，復号画像を得るためには，既存の安価な通常の復号器を使用できる。

この方法では，標準 JPEG 復号器の復号画像からの後処理に埋込みデータの取出しを行うため，埋込みデータを取り出す過程において，IDCT と DCT の処理が行われることになる。このため，埋込みバイナリデータの 0 と 1 を誤りなく取り出せるだけの DCT と IDCT の精度が必要となることに注意してほしい。固定小数点の DSP の使用などの現実的な演算精度のもとでも，十分データの抽出が可能であることを確認している。

3.3 データを抽出しない場合

データを抽出しない場合には標準の JPEG 復号器がそのまま使用できる(図 5(c) 参照)。この場合，各ブロックに付加された情報は単なるノイズとなる。ただし，対応する AC 係数の量子化テーブルの値が 1 と

なっているため、画像に与える影響は小さく抑えることができる。

3.4 シミュレーション

テスト画像としてグレースケールの Barbara を、埋め込むデータとして、適当な日本語テキスト (602 byte JIS code) を使用した。このシミュレーションでは、情報を左上隅のブロックから順番に埋め込むものとした。またその際に、埋め込むブロックの個数を 16 ビットのバイナリで示し、テキストデータの先頭にヘッダとして付加し、画像に埋め込んだ。したがって、今回の例では、全 5280 ブロックのうち、4832 ブロック (ヘッダ 16 ビット + テキストデータ 4816 ビット) を使用している。

使用する量子化テーブルは、表 1 を基本とし、Q-factor に従って各係数を Q-factor/50 倍して得られる。Q-factor が增大するほど、量子化ステップが増大するため、圧縮率が高くなり、低精度な画像となる。

ここでは最も簡単な例として最終 AC 係数 ($p = 63$) に信号を埋め込む場合を考える。この場合、復号側では EOB の存在の有無により、1 or 0 を判断することもできる。表 2 は、Q-factor = 50 のときの復号側における量子化テーブルである。

(A) 量子化テーブル変更の効果

最初に復号側で付加情報を取り出さない場合を検討する。この場合、付加された情報は実際の画像に対するノイズとなる。ここでは、情報を付加した符号化列に対し、標準の JPEG の復号処理を行った場合の画質劣化について調べる。

表 3 は原画像に対する圧縮画像の PSNR を比較したものである。左側は情報を付加しなかった場合の JPEG 符号化列の PSNR であり、中央は情報を埋め込んだ場合の JPEG 符号化列の PSNR である。信号埋込みを行った場合でも行わなかった場合とほとんど同程度の PSNR であり、画質劣化はほとんど見られないことがわかる。

次に、量子化テーブル入替えの効果を考察する。表 3 の右列は、符号化側で量子化テーブルを変更しなかった場合の PSNR である。これは、従来法で情報を埋め込む係数を 63 にした場合に相当する。テーブルを変更した場合に比べ、大きく画像が劣化していることがわかる。特に、圧縮率が大きくなると、大きな値の量子化テーブルを使用することになるため画像の劣化が顕著になる。以上より、量子化テーブルの変更が有効であることが確認できる。

表 3 JPEG 復号による画像劣化の評価 (埋込み情報あり): PSNR[dB]

Table 3 Evaluation of image distortion (data embedded): PSNR[dB].

Q-factor	埋込みなし	埋込みあり	
		テーブル変更あり	テーブル変更なし
5	44.2404	44.2039	43.1998
10	40.7913	40.7844	38.9603
20	37.5403	37.5372	34.4426
40	34.3546	34.3539	29.5005
60	32.4469	32.4459	26.471
80	31.0561	31.0556	24.2079

表 4 AC(p) の p の選択例: PSNR[dB]

Table 4 Choosing the value p of AC(p): PSNR[dB].

Q-factor	p = 63	p = 31	p = 5
5	44.2042	38.7115	36.8265
10	40.7849	37.3302	35.9344
20	37.5388	35.2434	34.4449
40	34.3541	32.3469	32.1978
60	32.4456	30.1858	30.4457
80	31.0558	28.5206	28.9972

(B) AC(p) の p の選択

情報を埋め込む位置を変更した場合の結果を表 4 に示す。提案法は AC 係数の置き換えをしてしまうため、低域の係数に埋め込んだ場合に画質劣化が大きくなることわかる。したがって、提案法では 3.2 で示したようになるべく高域の係数を使用すべきであることがわかる。

(C) ファイルサイズの制約

次に提案法を用いて作成した JPEG 符号化列のファイルサイズと情報を埋め込まなかった場合の符号化列のファイルサイズの比較を図 6 に示す。情報を付加したことにより、ファイルサイズが増加していることがわかる。これは最終係数に 1 が入った場合に、途中の零値のランレングスを符号化する必要があるためである。したがって、大きな値の Q-factor を選択するほど、データを挿入しない場合に比べ AC 係数の零値の数が増えるために、ファイルサイズの増加が激しい。もしファイルサイズに制限がある場合には、情報付加によって増えてしまうサイズ分だけ、大きな Q-factor を用いて量子化する必要がある。

図 7 は図 6 の結果を整理して、JPEG 符号化データのファイルサイズとデータを取り出さない場合の PSNR の関係を示したものである。比較のため情報を埋め込まなかった場合も併記した。同一ファイルサイズで比べた場合には、提案法はともに大きな Q-factor

を使用する必要があるために、情報を付加しなかった場合よりも PSNR が低下する．特に大きな Q-factor, すなわち小さなファイルサイズを選択するほど、その傾向は顕著になる．

また、 $p = 31$ や $p = 5$ の選択は、 $p = 63$ の場合に比べ、ファイルサイズの増加という観点からは有利である．しかし、その場合、対応する DCT 係数が非零である確率が上がり、係数の置き換えの影響や量子化テーブルの変更の影響を強く受けてしまう．その結果、そのような選択が必ずしも良好な結果を与えないことに注意してほしい．

(D) DCT の演算精度

また、復号側で埋込みバイナリデータを完全に取

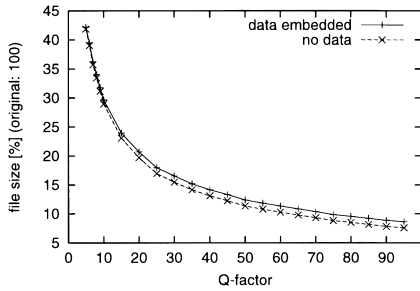


図 6 情報付加によるファイルサイズの増加

Fig. 6 Relationship between the Q-factor and the file size of the bitstreams.

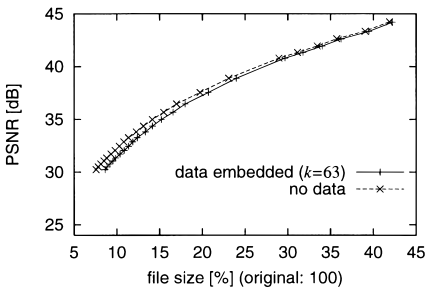


図 7 ファイルサイズと PSNR の関係

Fig. 7 Relationship between the file size of the bitstreams and the PSNR.

表 5 DCT/IDCT のビットサイズと演算精度

Table 5 Calculation accuracy of DCT/IDCT.

DCT / IDCT ビットサイズ	演算誤差
浮動小数点 32 bits	0.110914
固定小数点 (12.4) bits	0.155048
固定小数点 (12.3) bits	0.308387
固定小数点 (12.2) bits	0.510252
固定小数点 (12.1) bits	0.770879

り出すために必要な DCT と IDCT の演算精度について検討する．DCT と IDCT の演算を固定小数点化し、そのビットサイズと演算誤差（最悪）について調べた（表 5）．固定小数点で (12.3) bits 以上（仮数部 12 ビット、指数部 3 ビット以上）のビットサイズがあれば、DCT と IDCT の演算誤差は 0.5 よりも小さくなり、埋込みデータの 0 と 1 が誤りなく取り出せることがわかる．

4. MPEG 画像への情報埋込み [19] ~ [21]

4.1 問題設定

まず、MPEG 符号化の符号化の手順を説明する．図 8 は MPEG の符号化手順の概略を示したものである．MPEG ビデオでは I-picture, P-picture, B-picture の 3 種類の画像タイプが存在する．入力された画像は JPEG の場合と同じように、 8×8 の大きさのブロックに分割され、それぞれのブロックに対して DCT 演算、量子化テーブルを用いた量子化、ハフマン符号化が行われる．また、量子化後のジグザグスキャンも JPEG の場合と同じように行われる．

4.2 手順

各フレームごとの処理は JPEG と同じなので、2. で述べた JPEG への埋込みと同様の処理をすればよい．システムの構成図を図 9 に示す．ただし、情報を挿入する場所は I-picture の輝度成分に埋め込むものとする．ここで、I-picture を選択する理由は、差分画像である B-picture や P-picture では高周波成分が発生しやすく、画像劣化が大きくなるためである．また、輝度成分を選択する理由は、色差情報は空間的な間引きを行うことが多く、埋込みによる画質劣化が復号時に広がってしまうためである．

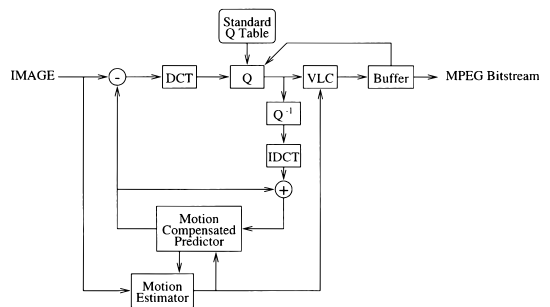


図 8 MPEG 符号化の手順

Fig. 8 MPEG encoder.

4.3 シミュレーション

ここでは、MPEG-2 符号化列への情報埋込みのシミュレーションを行う。埋込みを行う画像は、グレースケールの mobile & calendar, football 及び flowergarden の 0 から 12 フレームである。画像サイズはすべて 704 × 240 である。また、情報の埋込みは I-picture の輝度プレーンに行った。情報を埋め込む AC 係数はどこでもかまわないが、今回は JPEG のときと同様に最終 AC 係数を選択した。埋め込んだバイナリデータの大きさは 208 バイトであり、一つの I-picture のブロック数である 2640 個のうち、1664 ブ

ロックを使用する。

表 6 はオリジナルの MPEG 符号化列を復号した画像と情報を埋め込んだ MPEG 符号化列を復号した画像について PSNR を比較したものである。ここでは、情報を埋め込んだ I-picture についてのみ比較している。情報を取り出した場合、取り出さなかった場合のそれぞれにおいても、復号した画像の劣化はほとんどないことがわかる。また、MPEG のターゲットビットレートでの比較では、64 kbit/s の場合が最も画質劣化が少ない。これは、MPEG のターゲットビットレートが少なくなるに従い、量子化テーブルの値が大きくなり、その結果対応する量子化後の係数が 0 になってしまうためと考えられる。

4.4 今後の課題

動画である MPEG 画像は、JPEG 画像に比べ、画質の劣化を抑えて大量のデータを挿入できる可能性をもつ。しかしながら、I-picture 以外のフレームは、動き補償の影響をもつために静止画像と同様な考えを直接適用することができない。また、輝度情報のみならず、色差情報も有効に利用できれば、その応用の可能性は更に広がる。しかし、一般に色差情報は間引き処理を受け符号化されるために、バイナリ性を維持することが困難である。今後は、提案した埋込み法の応用研究と並行して、動き補償と色間引きの影響の回避法について検討を進める必要があると考えている。

5. むすび

本論文では、JPEG や MPEG の符号化列へのバイナリデータの埋込み法について検討した。本方法では、埋め込んだ符号化列からデータを完全に復元可能である。また符号化列は標準の復号器でそのまま復号が可能であり、その際にも画質の劣化が視覚的に目立ちに

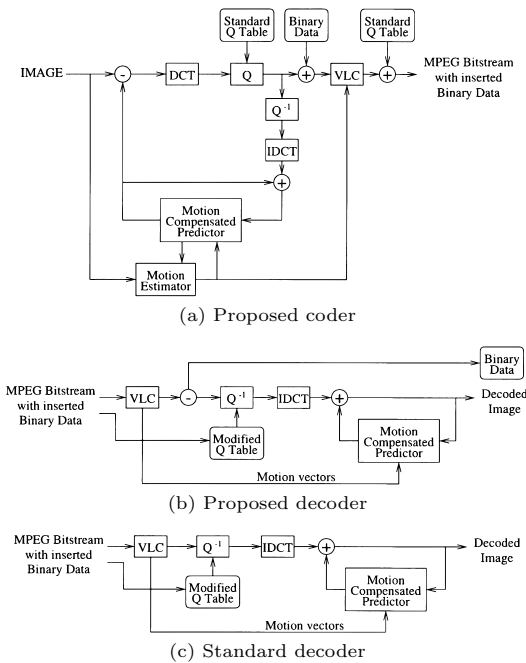


図 9 提案するシステムの入出力関係 (MPEG)
Fig. 9 MPEG encoder.

表 6 MPEG への情報埋込み時の PSNR の比較
Table 6 Evaluation of image distortion (MPEG): PSNR[dB].

Video sequence	Encoding target bit rate (bps)	Original MPEG image (PSNR)	Inserted binary data MPEG image	
			Extracting	Non-extracting
Flower garden	5 M	37.041678	37.045448	37.045957
	1 M	26.957671	26.772836	26.772835
	64 K	25.195681	25.193520	25.192984
Mobile calendar	5 M	31.627535	31.517664	31.517531
	1 M	23.788723	23.650839	23.650757
	64 K	22.655844	22.654881	22.654684
Football	5 M	41.074782	40.971517	40.971398
	1 M	32.955331	32.668385	32.668341
	64 K	28.843833	28.920211	28.918615

くい。これは、提案法が視覚的に影響が少ない高域の係数に情報を埋め込んでいること、また量子化テーブルの値を変更していることによるものである。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、東京都立工業高等専門学校的小林弘幸助教授及び本学大学院生の野口祥宏・高木亜有子の両氏にデータ作成などの援助を頂いた。この場をかりて感謝の意を表す。本研究の一部は、日本学術振興会・科学研究費補助金・萌芽的研究・課題番号 11875088 の援助によるものである。

文 献

- [1] 井上 彰, 電子透かし—マルチメディア時代の暗号システム, 丸山学芸図書, 1997.
- [2] 高橋史忠, “欧州の産学協同プロジェクト, 電子透かしで映像の著作権保護,” 日経エレクトロニクス, no.680, pp.11–12, 1997.
- [3] 松井甲子雄, 画像深層暗号—手法と応用, 森北出版, 1993.
- [4] 松井甲子雄, 電子透かしの基礎—マルチメディアのニュープロテクト技術, 森北出版, 1998.
- [5] F.A. Petitcolas, R.J. Anderson, and M.G. Kuhn, “Information hiding – A survey,” Proc. IEEE, vol.87, no.7, pp.1062–1078, July 1999.
- [6] G. Depovere, T. Kalker, J. Haitsma, M. Mages, L. De Strycker, P. Termont, J. Vandeweghe, A. Langell, C. Alm, P. Norman, G. O’Reily, B. Howes, H. Vaanhold, R. Hintzen, P. Donnelly, and A. Hudson, “The VIVA Project: Digital Watermarking for Broadcast Monitoring,” Proc. Int. Conf. Image Proc., 1999.
- [7] 安田 浩 (編), マルチメディア符号化の国際標準, 丸善, 1991.
- [8] ISO/IEC International Standard 10918-1, “Digital compression and coding of continuous-tone still images,” 1991.
- [9] ISO/IEC 11172-2, “Information technology-coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to about 1.5 Mbits/s: Part 2 video,” Aug. 1993.
- [10] ISO/IEC 13818-2, “Information technology- generic coding of moving pictures and associated audio: Part 2 video,” Nov. 1995.
- [11] H. Inoue, A. Miyazaki, A. Yamamoto, and T. Katsura, “A digital watermark technique based on the wavelet transform and its robustness on image compression and transformation,” IEICE Trans. Fundamentals, vol.E82-A, no.1, pp.2–10, Jan. 1999.
- [12] F. Boland, J.O. Ruanaidh, and C. Dautzenberg, “Watermarking digital images for copyright protection,” Proc. IEE Int. Conf. Image Proc. Applicat., pp.321–326, 1995.
- [13] R. Wolfgang and E. Delp, “A watermark for digital images,” Proc. 1996 Int. Conf. Image Proc., pp.219–222, 1996.
- [14] B. Bacq, ed., “Special issue on identification and

protection of multimedia information,” Proc. IEEE, vol.87, no.7, July 1999.

- [15] 小林弘幸, 野口祥宏, 貴家仁志, “JPEG 符号化列へのバイナリデータの埋め込み法,” 信学論 (D-II), vol.J83-D-II, no.6, June 2000.
- [16] Y. Noguchi, H. Kobayashi, and H. Kiya, “A method of extracting embedded binary data from JPEG bitstreams using standard JPEG decoder,” IEICE Trans. Fundamentals, vol.E83-A, no.8, Aug. 2000.
- [17] 小林弘幸, 貴家仁志, “JPEG 画像へのバイナリデータの埋め込み量に関する研究,” 第 14 回デジタル信号処理シンポジウム, B4-2, Nov. 1999.
- [18] 小林弘幸, 貴家仁志, “カラー JPEG 画像へのバイナリデータの埋め込み法,” 第 13 回デジタル信号処理シンポジウム, C5-3, pp.423–428, Nov. 1998.
- [19] H. Kiya, Y. Noguchi, A. Takagi, and H. Kobayashi, “A method of inserting binary data into MPEG video in the compressed domain,” IEICE Trans. Fundamentals, Special Section on DSP, vol.E82-A, no.8, Aug. 1999.
- [20] H. Kiya, Y. Noguchi, A. Takagi, and H. Kobayashi, “A method of inserting binary data into MPEG bitstreams,” IEEE International Symposium on Circuits and Systems, IV-471–474, June 1999.
- [21] H. Kiya, Y. Noguchi, A. Takagi, and H. Kobayashi, “A method of inserting binary data into MPEG bitstreams for video index labeling,” IEEE International Conference on Image Processing, Oct. 1999.

(平成 12 年 7 月 24 日受付)



貴家 仁志 (正員)

1980 長岡技科大・工・電気電子システム卒。1982 同大大学院修士課程了。同年東京都立大工学部電気工学科助手。1993 同大工学部電子・情報工学科助教授。2000 同大大学院工学研究科電気工学専攻教授、現在に至る。1995 年 10 月～1996 年 3 月シドニー大 (オーストラリア) 客員研究員, 工博。マルチレート信号処理, 適応信号処理及び画像処理に関する研究に従事。IEEE Transactions on Signal Processing 編集委員 (1998～2000 年), 本会と文論誌 (A) 編集委員 (1998 年～)。著書「高速フーリエ変換とその応用」, 「デジタル信号処理」, 「マルチレート信号処理」。電子画像学会, テレビジョン学会, IEEE シニア各会員。