

# 濃淡画像への情報埋め込みの歪みを低減する深層暗号手法

1 R-3

中村 大輔<sup>†</sup> 荻原 剛志<sup>†</sup> 横矢 直和<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>奈良先端科学技術大学院大学 <sup>†</sup>神戸大学

## 1 はじめに

暗号を送信する場合、それが表面上意味があり不自然さを感じさせないデータであれば、第三者に解読される危険性が減少するはずである。このように、暗号であることに気付かれないよう表面上は意味のある記号列の体裁をなすが、実はその陰に重要な情報を隠し持つといった形態の暗号を、深層暗号という。特に、デジタル画像に秘密伝送したい情報を紛れ込ませるようにしたものを、画像深層暗号と呼ぶ<sup>[1]</sup>。

画像深層暗号においては、画像の改ざんが行われたという疑念を第三者が持たないように、画質の見目の劣化をできるだけ抑えて情報を埋め込まなければならない。

本稿では、濃淡画像を対象として、画像の局所的な特徴に基づき埋め込む情報量を動的に変化させて、画質の劣化を抑えつつ多くの情報を埋め込む手法について検討する。

## 2 情報の埋め込みによる画像の歪み

画像深層暗号におけるこれまでの研究では、画像の特徴に関係なく画像全体に一律に同じ方法で情報を埋め込むものが多い<sup>[2]</sup>。そのため画像中の場所によっては、ブロック歪み、まだら模様、不鮮明な線などといった形で、情報の改変が目につく。

以下では、離散コサイン変換 (DCT) を利用した埋め込み方法を対象として考える。DCT を使う理由は、画像から人間の見目に感知されにくい高周波成分を抽出しそこに限定して情報を埋め込むことにより、改変による画像の見目への影響を抑えるためである。

DCT を使った従来の手法では、画像を DCT で変換して得られた係数を奇数・偶数に振り分けることで、下位 1 ビットに 0 または 1 の情報を埋め込んでいた<sup>[3]</sup>。

## 3 埋め込み手法

### 3.1 提案手法の概要

画像深層暗号に DCT を利用する場合、まず画像を  $n \times n$  画素 ( $n = 8$  程度) のブロックに分割し、次に各ブロックを DCT で変換することによって  $n \times n$  の係数からなる DCT ブロックを得る。そしてこの DCT 係数に対して別の情報を埋め込むことになる。こうして得られた係数ブロックに逆 DCT を施して秘密情報が埋め込まれた画像を生成する。

この DCT ブロックに別の情報を埋め込む際に、画像上で隣接するブロックの DCT 係数と較べて有意な差がある DCT 係数に埋め込みを行なうと、その有意差を壊してしまい逆 DCT で画像に戻したときに画像が歪みかねない。そこで本手法では、埋め込みを行なう DCT 係数が、隣接するブロックの DCT 係数と較べて、有意な差のない場合には情報を埋め込むが、有意な差がある場合には情報を埋め込まないという方針をとる。

この有意差を判定する閾値は、図 1 に示すテーブルを用いて決めることにする。これは JPEG 圧縮で輝度成分用の量子化テーブルとしてよく用いられており、これにより情報を埋め込んだ際の画像の見目への影響を減らすことが期待できる。

以下、秘密伝送したい情報の画像への合成方法と復号方法のアルゴリズムの概要を示す。

### 3.2 合成方法

1.  $M \times N$ 画素の画像を  $8 \times 8$  のブロックに分割し、各ブロックを  $B_{x,y}$  とする ( $0 \leq x < M/8, 0 \leq y < N/8$ )。
2. 各ブロック  $B_{x,y}$  に  $8 \times 8$  の DCT を施し、得られた  $8 \times 8$  の係数のブロックを  $D_{x,y}$  とする。  $D_{x,y}$  の各々の係数は  $d_{x,y}(i, j)$  で表す ( $0 \leq i, j \leq 7$ )。

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

図 1: 閾値判定用テーブル

### A Data Embedding Method with Less Distortion for Grayscale Images

Daisuke Nakamura<sup>†</sup>, Takeshi Ogihara<sup>†</sup> and Naokazu Yokoya<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Nara Institute of Science and Technology

8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-01, Japan

<sup>†</sup>Kobe University

1-1 Rokkodai, Nada, Kobe, Hyogo 657, Japan

3. 一番上の行と一番左の列を除く DCT ブロック  $D_{x,y}$  ( $1 \leq x < M/8, 1 \leq y < N/8$ ) に対し左上から順に, その係数  $d_{x,y}(i,j)$  について以下のステップ 4, 5 を行なう.
4.  $d_{x,y}(i,j)$  を, 隣接するブロックの DCT 係数  $d_{x-1,y}(i,j)$  と  $d_{x,y-1}(i,j)$  の平均値  $\mu_{x,y}(i,j)$  と比較し, その差がしきい値  $t_{i,j}$  (テーブル T の  $i$  行  $j$  列を参照して決定) より小さいときに, 次のステップ 5 に従って秘密情報を埋め込む.
5.  $t_{i,j}$  が  $s$  ビットで表されているとき, 埋め込みたい情報のうち  $s-1$  ビット分を取り出し  $E_{s-1}$  とする. ここで次の式で表される  $d'_{x,y}(i,j)$  を埋め込み後の係数とする.

$$d'_{x,y}(i,j) = \begin{cases} \mu_{x,y}(i,j) + E_{s-1} & (d \geq \mu) \\ \mu_{x,y}(i,j) - E_{s-1} & (d < \mu) \end{cases}$$

6. 埋め込んだ後, 各ブロック  $D'_{x,y} = [d'_{x,y}(i,j)]$  に逆 DCT を施して, 画像に戻しておく.

### 3.3 復号方法

上述の合成方法におけるステップ 5 の代わりに以下の 5' を用いて埋め込んだ情報を取り出す.

- 5'.  $t_{i,j}$  が  $s$  ビットで表されているとき,  $d_{x,y}(i,j)$  と  $\mu_{x,y}(i,j)$  の差が埋め込んだ  $s-1$  ビットの情報  $E_{s-1}$  である.

なお本手法では, DCT で変換して得られた係数のうち, 低周波成分には情報を埋め込まないようにすることも可能にしてある.

## 4 実験結果

提案手法により歪みが低減されることを確認するために, 以下の 3 つの方法で 256 階調  $512 \times 512$  画素の画像 "lena" に対し別の情報を埋め込む実験を行なった.

- (A) 3 章で述べた提案手法により埋め込む.
- (B) 提案手法において, 画像上で隣接するブロックの DCT 係数 (近傍) を利用せずに埋め込む.
- (C) 2 章で述べた従来手法において, 埋め込む量を増やせるように拡張し, 下位数ビットに情報を埋め込む.

これらの方法で約 150kbytes の情報を埋め込んだ結果の拡大図を図 2 に示す (分かりやすさのため埋め込む情報量を増やして画質をかなり落した). 提案手法 (A) では, 近傍を見ないで埋め込んだとき (B) に見られる線のぼやけが少なく, ブロック歪みも現れていない. また, 下位ビットに埋め込んだとき (C) よりもザラつきが少なくなっている.



(B) 近傍を見ない埋め込み (C) 下位ビット埋め込み

図 2: 情報埋め込み画像 (拡大図)

表 1: 画質の主観評価

手法	50kbytes	75kbytes	100kbytes
(A) 提案手法	◎	○	×
(B) 近傍を見ない	○	△	×
(C) 下位ビット	◎	△	××

◎ = 歪みは全く分からない    × = 分かる  
 ○ = ほとんど分からない    ×× = 目立つ  
 △ = 少し分かる

さらに, 提案手法により画質を損なわずにより多くの情報が埋め込めることを確認するために, 上の 3 つの方法でそれぞれほぼ同量の情報を埋め込んだ画像に対し, 20 名の被験者による主観的な画質評価実験を行なった. フリードマンの検定及び符号検定による分類の結果を表 1 に示す. 提案手法 (A) の埋め込みは (B), (C) の埋め込みよりも概ね良好な結果を得た.

## 5 おわりに

本稿では, 濃淡画像に対し画像の局所的な特徴を利用して適応的に情報を埋め込む画像深層暗号手法を提案し, 実験によりその有効性を確認した.

今後の課題として, より歪みを目立たなくしつつ多くの情報を埋め込める手法の開発, 本手法のカラー画像への応用などが考えられる.

## 参考文献

- [1] 鈴木, 有本: "算術符号を利用した画像深層暗号化", 暗号と情報セキュリティシンポジウム資料, 1986.
- [2] 松井: "画像深層暗号 - 手法と応用 -", 森北出版, 1993.
- [3] 片岡, 田中, 中村, 松井: "適応型離散コサイン変換符号化におけるカラー画像への記述情報の埋め込み", 信学論 (B-I), Vol.J72-B-I, No.12, pp.1210-1216, 1989.