

## 論文の内容の要旨

論文題目 : 離散コサイン変換に基づく電子透かし法

氏名 : 崔 潤基

近年、マルチメディア化やインターネットの発展により、画像という形式はますます重要な位置を占めてきている。ユーザーはこれらのデータをインターネットやデジタル放送、CD-ROM、DVD-ROM等の経路でデジタルデータのまま大量に入手することが可能になったほか、大容量ハードディスクやCD-R、DVD-RAMなどに品質を保ったまま簡単に蓄積することができる。しかも、静止画像や動画画像を自由に編集できる高度な機能を持ったソフトも簡単に入手できるようになり、価値のある画像データが複製・編集されて再利用されると言った著作権問題を引き起こした。このような背景から、著作権情報をコンテンツの見えない領域に密かに埋め込む電子透かし技術が提案されている。これは、違法にコピーまたは入手したコンテンツから電子透かしを抽出して著作権を主張したり、コンテンツに埋め込まれている電子透かし情報によってコンテンツのコピーを制御することを目的としている。

本論文では、著作権保護を目的とした電子透かし法として、離散コサイン変換に基づいた電子透かし法について述べる。まず、静止画像のDCT係数のブロック間相関を利用して透かし情報を埋め込む手法を提案し、本手法をJPEG画像と動画画像に拡張する。また、コンテンツに埋め込まれた透かし情報をより正確に取り出せる、確率に基づいた透かし情報の判定法を提案する。

### DCT係数のブロック間相関を利用した電子透かし法

インターネットやデータベースなどの不特定多数の画像を対象にした電子透かし法は、原画像や埋め込み強度として使われたパラメータなどを参照せずに埋め込まれてある透かし情報を取り出せるほか、埋め込み過程は複雑で処理時間がかかっても、埋め込まれた透かし情報の取り出し過程では簡単かつ短い処理時間で

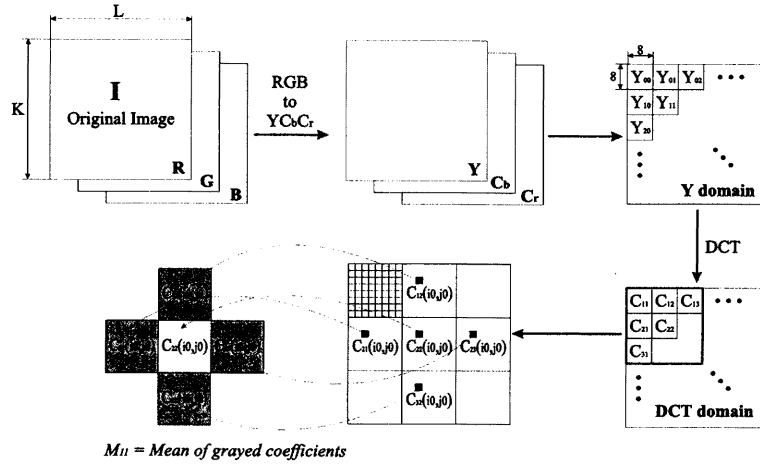


図 1: DCT 係数のブロック間相関を利用した電子透かし法の埋め込み

正確に取り出せることが要求される。これらの条件を満たす、DCT 係数のブロック間相関を利用した電子透かし法の埋め込み過程は次のようである (図 1)。

まず、原画像の RGB 信号を YCbCr 信号に変換し、輝度領域に対して  $8 \times 8$  DCT 変換を行なう。そして、その変換係数の  $3 \times 3$  ブロックをグループ付けする。すなわち、一つのグループには  $3 \times 3$  ブロック、 $24 \times 24$  DCT 係数が存在する。1 ビットの透かし情報は、グループの中央ブロックに存在する一つの係数、 $C_{h,w}(i0, j0)$  を変更することによって埋め込まれる。

- 埋め込む透かしビットが 0 の場合、 $C'_{h,w}(i0, j0)$  に変更を加え  $M_{h,w}$  より小さくする。

$$C'_{h,w}(i0, j0) = M_{h,w}(i0, j0) - V_{h,w} \quad (1)$$

- 埋め込む透かしビットが 1 の場合、 $C'_{h,w}(i0, j0)$  に変更を加え  $M_{h,w}$  より大きくする。

$$C'_{h,w}(i0, j0) = M_{h,w}(i0, j0) + V_{h,w} \quad (2)$$

ここで、 $M_{h,w}(i0, j0)$  は  $C_{h+m,w+n}(i0, j0)$  ( $m, n = \pm 1$ ) の平均値、 $V_{h,w}$  は透かし情報の埋め込みによる画像への変更量を決める値で、攻撃への耐性を決定づける。この新しい係数  $C'_{h,w}$  を  $C_{h,w}$  と入れ換え、IDCT 変換を行なった後、YCbCr 信号を RGB 信号に戻す。以上の処理を全てのブロックに対して行なった結果が透かし情報を埋め込んだ画像になる。埋め込み強度  $V_{h,w}$  に関しては、周辺 DCT 係数の標準変差を用いる方法とエッジ情報を用いた方法を提案し、標準画像を用いて実験を行なった。

その結果まず、透かし情報の埋め込みによる画質の劣化に関しては、画像の輝度値の変化が激しい領域では強く、変化が少ない領域では弱く埋め込まれることが確認できた。同じパラメータを使って同じ透かし情報を埋め込んでも、画像によって、また領域によってその変更量が変わるので、第三者による埋め込み位置の推定は困難である。また、JPEG 圧縮、ノイズ、ガンマ補償などの攻撃への耐性を調べた結果、攻撃後でも埋め込んだ透かし情報を高い性能で取り出せることが確認できた。最後に、埋め込み過程で用いられる三つのパラメータと攻撃への耐性との関係について調べ、それぞれのパラメータ値によって攻撃耐性の性質が

変わることを確認した。

#### JPEG 圧縮画像を対象にした電子透かし法

インターネットや画像データベースなどに使われている多くの画像が JPEG 圧縮された形であることを考慮し、DCT 係数の相関を利用した電子透かし法の埋め込み / 取り出し過程を高速に行なうことが目的である。本手法による透かし情報の埋め込み過程と JPEG 圧縮アルゴリズムの間に存在する共通処理部分に着目し、無駄な処理を省略し効率を高めた。

この結果、透かし情報の埋め込み過程においては、JPEG 画像の量子化係数に応じて埋め込み強度を変えることで画質の劣化を押えることになり、透かし情報の取り出し面においては、JPEG 画像を逆量子化をせずに透かし情報を取り出すことで高速な処理を可能にした。

#### 動画画像を対象にした電子透かし法

静止画像を対象にした DCT 係数のブロック間相関を利用した電子透かし法を動画画像を対象に拡張した。静止画像では、輝度値の空間的変化度に応じて埋め込み強度を変化させたが、動画画像では、各フレームの輝度値の空間的変化度に加え、フレーム間の時間的変化度も考慮して埋め込み強度を変化させるよう工夫した。その結果、透かし情報の埋め込みによる画質の劣化は知覚されない。

透かし情報の取り出しでは、複数のフレームを用いた判定法を提案する。後にこの手法を、確率に基づく透かし情報の判定法として一般化する。実験では、MPEG 圧縮とノイズ添加への耐性について述べる。本手法によって埋め込まれた透かし情報は、MPEG 圧縮されたあとでも取り出せることを確認できた。

#### DCT 係数の相関を利用した電子透かし法の拡張

DCT 係数の相関を利用した電子透かし法を拡張した手法を提案する。また、画像のエッジ情報を用いて透かし強度を決める方法を提案し、攻撃耐性は保ったまま、画質劣化は最大限に防ぐことができることを実験より確認する。

#### 確率に基づいた透かし情報の判定

コンテンツから取り出した透かし情報の判定には、相関値や BER を利用するのが一般的であるが、これらの値は、使用した透かし情報のビット数によってその数値が持つ意味が異なってしまい、透かし情報が埋め込まれている程度を正確に伝えることができない。そこで、確率に基づく透かし情報の判定法を提案する。本手法は、検査画像から取り出した透かし情報が、透かし情報を埋め込んでない自然画像から偶然取り出される確率を計算し、その確率に基づいて透かしの判定を行なう方法である。その確率の計算式は、積分を含む非線形式になるが、それを式 (3) のような線形式に近似して求める方法について述べる。

$$P(N \geq N_T) \simeq \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-N_T'^2/2}}{(1-a)N_T' + a\sqrt{N_T'^2 + b}} \quad (3)$$

この値は使用したオリジナル透かし情報のビット数に応じて変わり、取り出した透かし情報の信頼度が評価できる。この方式を用いた実験を静止画像と動画画像に対して行ない、相関値や BER では不可能な、透かし情報のビット数も含めた統一した信頼性の基準を与えてくれることを確認する。