

2004 年度 卒業論文

周波数変換による静止画像への 情報埋め込みに関する一考察

提出日：2005 年 2 月 2 日

指導：村岡洋一教授

早稲田大学 理工学部 情報学科

学籍番号：1G01P095-6

松原 良平

目次

第1章	はじめに	6
1.1	背景および目的	6
1.2	本論文の構成	6
第2章	電子透かし技術の概要	8
2.1	電子透かし (Digital Watermark)	8
2.1.1	電子透かしの原理	8
2.1.2	電子透かしの分類	9
2.1.3	電子透かしの要件	10
2.1.4	電子透かしの用途	11
2.2	静止画像の電子透かし	11
2.2.1	静止画像の構造および特徴	11
2.2.2	画像の構造	12
2.2.3	電子透かしの種類	12
2.3	本章のまとめ	13
第3章	DCTによる電子透かし埋め込み	14
3.1	DCT(離散コサイン変換)	14
3.2	量子化	15
3.3	透かし情報の埋め込み	16
3.4	本章のまとめ	17
第4章	提案手法	18
4.1	高周波領域への情報埋め込みの導入	18
4.2	本章のまとめ	19
第5章	提案手法の実験および考察	20
5.1	実行結果	20
5.2	考察	22
5.3	本章のまとめ	23
第6章	結論	24
6.1	まとめ	24

6.2 今後の予定	24
---------------------	----

目 次

2.1	電子透かしの概念	9
2.2	原版を必要とする方式	10
2.3	原版を必要としない方式	10
2.4	標本値に埋め込む電子透かし	13
2.5	周波数成分に埋め込む電子透かし	13
3.1	DCT(離散コサイン変換) の処理過程	14
3.2	出力周波数領域の区分	15
3.3	量子化と逆量子化の例	16
4.1	高周波数領域への情報埋め込みの例	18
4.2	透かし情報”1”を埋め込んだときの逆量子化	19
5.1	使用する原画像	20
5.2	使用する埋め込み画像	20
5.3	実行結果 1	21
5.4	実行結果 2	22

表 目 次

5.1 PSNR による画質評価	23
----------------------------	----

第1章 はじめに

1.1 背景および目的

インターネットの普及により、ネットワークを利用したマルチメディアコンテンツ（静止画、オーディオ等）の流通・販売が本格化しつつあるが、これらはコンピュータ上での作業（作成、編集、複写、配布など）が容易に行えるため、違法であるにも関わらず無断でコピーをされてしまう、といった著作権の問題が生じている。コンテンツの著作権を主張するため、コンテンツの一部分（ヘッダ等）に著作権情報を書き込む方法等がとられてはいるが、コンテンツ自体のコピーや改ざん、また著作権情報の除去や改ざんなどが容易にできてしまうため、ほとんど効果がないと言ってよい。

このような、マルチメディアコンテンツの流通形態に対応した著作権保護の対策技術として、電子透かし (Digital Watermark) が近年注目を集めている [1][2]。また、高速ネットワークの発達・普及により、上述のコンテンツだけではなく映像コンテンツや3次元画像といったデジタルコンテンツの配布が簡単に行えるようになってきているため、これらにも知的所有権を見出し、保護・管理する必要がある。現在、既に電子透かし情報の埋め込み技術が数多く発表されているほか、acuagraphy(アクアグラフィ)[3] やステガノグラファー [4] といった便利な電子透かしエディターも登場しており、電子透かしに対する関心も年々高まっていると言える。

本論文では、透かし情報を埋め込む技術の中から DCT(離散コサイン変換) に注目する。電子透かしは透かし情報を埋め込む前後で、画像の劣化が小さいことが必要である。しかし、情報の埋め込みを行うとどうしても劣化は起こってしまう。そこでまずは、DCT の中でもよく用いられる手法について述べ、劣化が起こる原因を考察した後、それよりも劣化を抑えることができる手法について提案し、どれだけ劣化を防ぐことができたかを実験し考察を行った。

1.2 本論文の構成

本論文は以下の6章から構成される。

第1章 はじめに

本論文を行うに当たっての背景と目的、そして本論文の構成について述べる。

第2章 電子透かし技術の概要

本研究の基礎となる電子透かし技術の概要について述べる。

第3章 DCTによる電子透かし埋め込み

本論文で用いるDCTについて、その体系を説明し、考えられる問題点について述べる。

第4章 提案手法

前章の問題点を解決する手法について述べ、その実現方法について述べる。

第5章 提案手法の実験および考察

提案した手法に対しての実験を行った結果とその評価について述べる。

第6章 結論

本論文のまとめを述べ、今後の課題を述べる。

第2章 電子透かし技術の概要

本章では、本研究の基礎となる電子透かし技術の概要について述べる。

近年のインターネットの普及による通信技術の向上は飛躍的なものである。それに伴って、情報のデジタル化、および画像や音楽のオンライン配信が可能となっている。これらによって普及するデジタルコンテンツは、コピーによる劣化がない、加工が容易という利点があるが、複製、不正コピーが容易などの欠点も存在する。電子透かし技術はデジタルコンテンツを不正利用から保護するため、人間に知覚できない微小な変更をコンテンツに加えておく技術である。デジタルコンテンツに透かしが入ることによってその出所を明らかにし、著作権者の権利を守ることができる。以下電子透かしの仕組みについて述べる。[5]

2.1 電子透かし (Digital Watermark)

2.1.1 電子透かしの原理

電子透かしは、情報の埋め込みと検出で構成される。電子透かしはコンテンツ自体に変更を加えるが、それによりコンテンツ自体が劣化することは好ましくはない。コンテンツの劣化を伴わずに変更する方法としては以下のようなものがある。

1. 人間の感覚特性の利用

人間の感覚は大小の刺激を同時入力した時、小さい刺激に対して鈍感となる。例としては、輝度の変化が大きい部分と小さい部分が隣接している場合、わずかな変化に気がつきにくい。このような場合、変化の大きい部分に変更を加え、認識できないようにすることが可能である。

2. デジタル・コンテンツの冗長性を利用

多くのデジタル・コンテンツには人間が知覚できない冗長性が含まれている。冗長性の高いコンテンツの場合、データの一部を変更しても全体的な構成に影響を及ぼさないことを利用する。

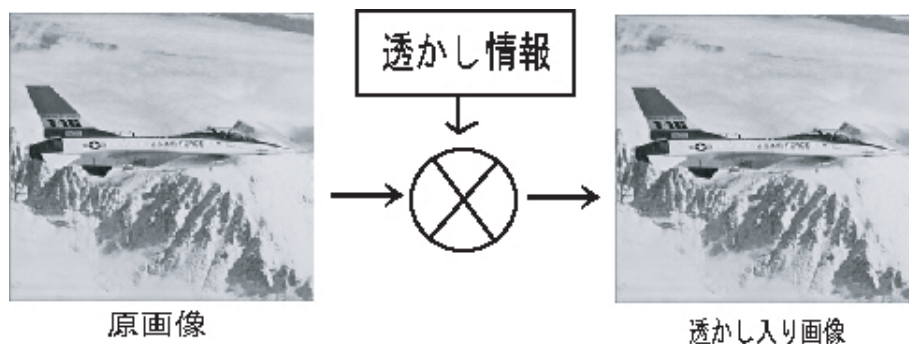


図 2.1: 電子透かしの概念

2.1.2 電子透かしの分類

分類する方法には、検出方法による分類と電子透かし情報の可視性から分類することができる。

検出方法による分類

透かし情報を検出する際、透かし埋め込み画像のみだけで検出を行う方法と、原版を必要とする方法がある。

1. 原版を必要とする方式
不正コピーなどにより流通しているコンテンツの特定を行う時、著作権を持っている者が行うことが多いので、原版との照合による検出方法が効果的である。
2. 原版を必要としない方式
原版を必要としないので、適用範囲が広がる。例としては、利用者がインターネット上で流通するコンテンツから透かし情報として著作権情報を問い合わせたい場合、オリジナル・コンテンツの入手は困難であり、透かし埋め込み画像のみから読み出す必要がある。

可視性による分類

次に、電子透かし情報の可視性によって分類することができる。

1. 不可視型電子透かし (invisible digital watermark)
オリジナルの画像に目に見えない形で著作権情報等を埋め込む。大多数の電子透かしは不可視型である。

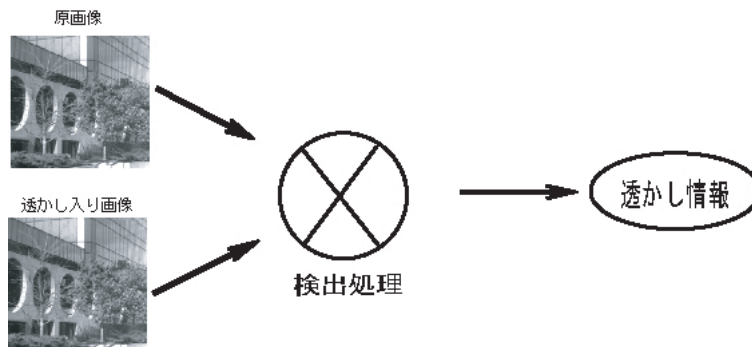


図 2.2: 原版を必要とする方式

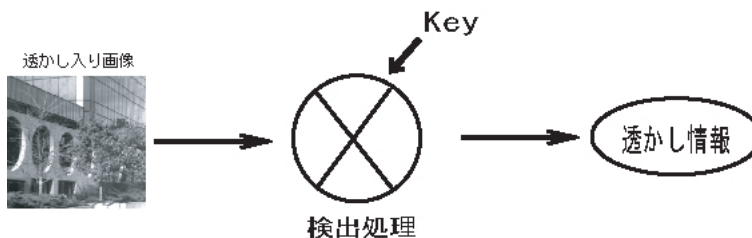


図 2.3: 原版を必要としない方式

2. 可視型電子透かし (visible digital watermark)

これはオリジナルの画像に、可視である状態でデータを埋め込む。コンテンツの不正な再配布等を抑制する目的で、画像ファイルがサンプルであることを示したり、ロゴマーク、著作権を積極的に表示することにより、不正使用に対する抑止効果を期待することができる。

2.1.3 電子透かしの要件

電子透かしには、以下の要件を満たす必要がある。

- 電子透かしは、コンテンツ自身に埋め込まれ、ヘッダ部といった特定領域に集中しないこと。
- 透かし情報を必要なときに抽出できること。
- 透かし情報はコンテンツに加工が加えられても残ること。
- コンテンツの利用価値を保持したまま、第3者が透かし情報を除去することが困難であること。
- 透かし情報が記録されたコンテンツの品質をほとんど劣化させないこと。

2.1.4 電子透かしの用途

電子透かし技術は、すでに多くの分野で実用化されている。その中で代表的な電子透かしの用途を以下にまとめる。

- 著作権所持の主張
コンテンツの製作者が、そのコンテンツの著作権を所有していることを透かし情報として埋め込む。著作権者の識別 ID の埋め込みによりコンテンツの著作権の確認や主張を可能とする。
- 著作権所持者への問い合わせ
コンテンツに著作権者の識別 ID を埋め込むことにより、善良な第 3 者が出元不明のコンテンツを利用したい場合に、著作権者に問い合わせをすることができるようにするものである。
- 不正コピー者への問い合わせ
コンテンツの配布先の ID を埋め込むことにより、不正コピーされたコンテンツから不正コピー者を特定することを可能にする。
- 機器制御
コンテンツにコピー制御信号 (例として、「1 度だけ複製可」等) を透かし情報として埋め込み、再生器材で電子透かしの検出システムを設けておくことにより、透かし情報の抽出から、そのコンテンツが許可済みか否かの可否判定、および回数制御を行うことができる。
- 改ざん検知
不正な改ざんを検知するものであり、コンテンツに特定の情報を埋め込み、それが破壊されることで改ざんを検知する。

2.2 静止画像の電子透かし

2.2.1 静止画像の構造および特徴

静止画とはカメラで撮影された写真のような、1 枚の画像のことを指す。写真の場合、連続的な輝度がアナログ情報として記録されるのに対し、コンピュータで扱う画像では、カメラ系から取り込み、標本化や量子化した上でデジタル量へ変換する。このデジタル化された画像のことを静止画像と呼ぶ。即ち、静止画像を構成する単位要素は画素とよばれるデジタル量である。1 画素を 1 ビットで表現したものを 2 値画像、複数ビットで表現したものを濃淡画像 (または多値画像) という。白黒画像の場合、この画素は白から黒までの間の適当なグレー色を持つことになり、これをグレースケールと呼ぶ。このグレーの変化を輝度と呼び、8 ビット (0 ~ 255) で表現する。黒を 0 とすると、白は 255 となる。

2.2.2 画像の構造

画像は、コンピュータ上では縦横に画素と呼ばれる点の集まりで構成されており、画素とは画像を構成する基本要素でピクセル(pixel)と呼ばれる。コンピュータの画面はR(赤)、G(緑)、B(青)の3つの数値を対応させることであらゆる色を表現する。また別の色空間としてYIQ表色系や、Y(輝度)と2つの色差Cb(青色差)、Cr(赤色差)を使うYCbCr表現があり、RGBと同じように3つの数値で1つの画素を構成している。また、輝度値YはRGBをある比率で足し合わせることで求めることが可能である。

ここで、各成分への変換式は以下のように与えられる。

YIQ

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

$$I=0.596R-0.274G-0.322B$$

$$Q=0.211R-0.523G+0.312B$$

Y：輝度成分 R,G,B：赤、緑、青の信号レベル I,Q：色成分

YCbCr

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

$$Cb=-0.299R-0.331G-0.500B$$

$$Cr=0.500R-0.419G+0.081B$$

Y：輝度成分 Cb,Cr：色成分

2.2.3 電子透かしの種類

静止画像の電子透かしには、以下のような2種類が存在する。

標本値に埋め込む電子透かし

画素等の標本値に透かし情報を埋め込む方法であり、埋め込み処理も比較的容易で、処理時間も短い。しかし、圧縮や加工等の変更により、埋め込み情報が消失しやすく、透かしとしての品質は低いものと言える。

周波数成分に埋め込む電子透かし

画像データを周波数成分に変換し、画質に影響のないよう特定の周波数成分に透かし情報を埋め込む方法。周波数成分への変換方法としては、FFT(フーリエ変

換)、DCT(離散コサイン変換) やウェーブレット変換が利用される。この方法は、加工・圧縮に対して強いという長所がある一方、埋め込み処理や抽出処理に時間を要するという短所がある。

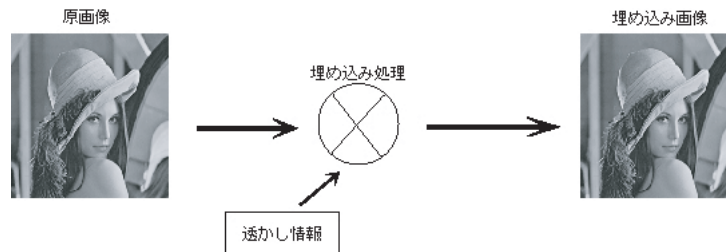


図 2.4: 標本値に埋め込む電子透かし

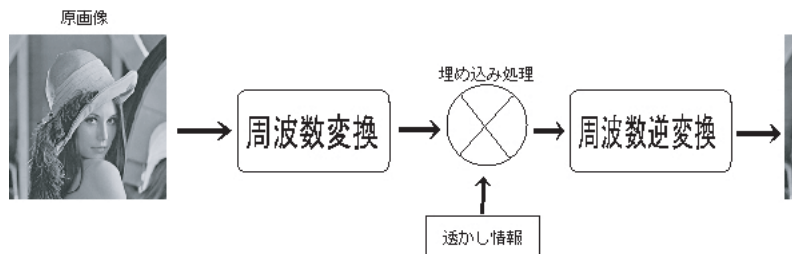


図 2.5: 周波数成分に埋め込む電子透かし

2.3 本章のまとめ

本章では、本研究の基礎となる電子透かし技術の概要について、原理・分類・要件・用途を中心に、そして静止画像に対する電子透かしについての概要を述べた。

第3章 DCTによる電子透かし埋め込み

本章では、静止画像の電子透かしのうち、前章 2.2.3 「周波数成分に埋め込む電子透かし」より、DCT(離散コサイン変換)を取り上げ、その体系を説明し、DCTを用いる際に考えられる問題点について述べる。

なお、本論文では、対象とする静止画を JPEG(Joint Photographic Experts Group)画像に限るものとする。理由としては、静止画像を伝送・保存する場合、JPEG 圧縮された形で取り扱われることが多いということからである。

JPEG では画像を DCT(離散コサイン変換)し、得られる DCT 係数を圧縮処理している。即ち、透かし情報の埋め込みは、DCT 係数の操作と言ってよいことになる。

3.1 DCT(離散コサイン変換)

離散コサイン変換 (Discrete Cosine Transform : DCT) とは、画像信号を空間周波数に直交変換するための方法の一つである。

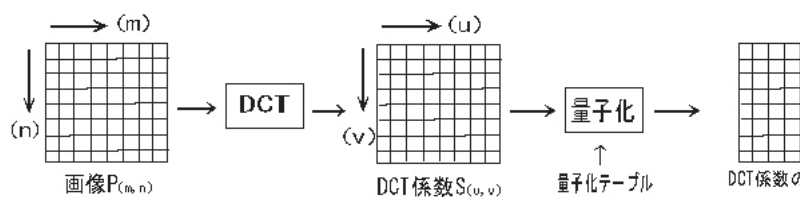


図 3.1: DCT(離散コサイン変換) の処理過程

まず、入力画像を 8×8 画素の $P(m, n)$ ($m, n = 0, 1, \dots, 7$) の小ブロックに分ける。次に、この画素値集合 $P(m, n)$ に対し、次のような変換を行う。

$$S(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 P(m, n) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{16} \cdot \cos \frac{(2n+1)v\pi}{16} \quad (3.1)$$

$$(u, v = 0, 1, 2, \dots, 7)$$

この変換を二次元 DCT という。このとき、

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & (u, v = 0) \\ 1 & (u, v \neq 0) \end{cases} \quad (3.2)$$

とする。また、式 (3.1) の逆変換は次式によって計算される。

$$P(m, n) = \frac{1}{4} \sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 C(u)C(v)S(u, v) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{16} \cdot \cos \frac{(2n+1)v\pi}{16} \quad (3.3)$$

式 (3.1) の変換を画像の各ブロックに適用していく。その結果、ブロックごとに (u, v) 平面上 8×8 画素の出力 $S(u, v)$ が得られる。とくに $S(0, 0)$ を直流 (Direct Current : DC) 成分、それ以外の 63 個の $S(u, v)$ を交流 (Alternating Current : AC) 成分という。ここで、DC は画像の明るさを表す成分、AC は画像の変化模様を表す成分であり、 u または v の値が大きくなるほど高い空間周波数成分となるのである。

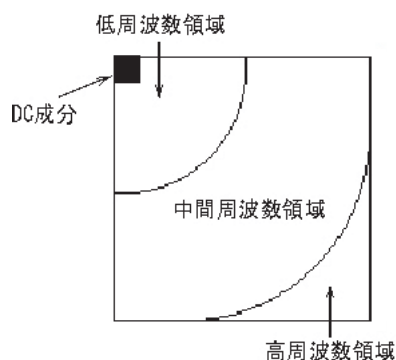


図 3.2: 出力周波数領域の区分

3.2 量子化

量子化とは、式 (3.1) で得られる DCT 係数を量子化テーブルの値で割り、商を整数化することにより行う。その量子化テーブルによって、JPEG の圧縮率を変えるのである。量子化および逆量子化の例を図 3.3 に示す。

画像の高周波成分の変化というのは、視覚的には目立ちにくい為、高周波成分に相当する量子化テーブルの値を大きくすることによって、高周波成分のデータ量を大幅に削減されている。そして逆量子化は、量子化された DCT 係数に量子化テーブルを掛けることにより行う。

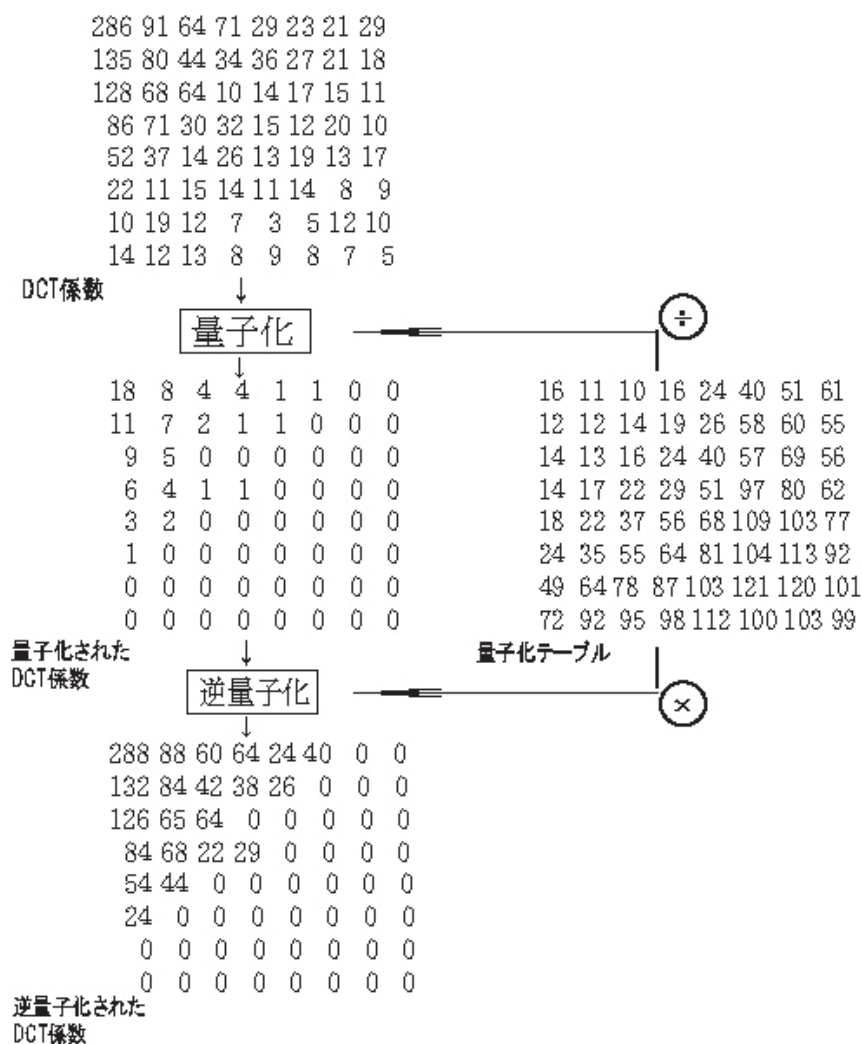


図 3.3: 量子化と逆量子化の例

3.3 透かし情報の埋め込み

量子化された DCT 係数を決められた規則に従って増減させることにより、透かし情報は埋め込まれる。増減値が整数であることは言うまでもない。例としては、係数値の偶奇によって 1 ビットを表現する場合、どの係数値を増減させるか、どれだけ増減させるかによって、埋め込み後の画質に影響を及ぼす。一般に、低周波領域における変化は目立ちやすく、逆に高周波成分の変化は目立ちにくい。しかし、JPEG では高周波成分に相当する量子化テーブルの値を大きくして圧縮を実現している為、量子化された DCT 係数の微小変化が逆量子化によって大きな変化となってしまう、目立ちやすくなってしまう。したがって、画質劣化を最も抑えるためには中間周波数領域の係数値を増減させることが多いのである。

ここで、埋め込み手法のとして最も使用されている、量子化係数の奇遇をもと

に埋め込む方法について紹介する [5]。8×8 サイズの各ブロックのある特定の位置の量子化された DCT 係数に透かし情報 1 ビット埋め込むのだが、DCT 係数を量子化する際、透かし情報 0 か 1 によって最も近傍の偶数または奇数に量子化値を設定することによって行う。即ち、量子化後の DCT 係数の最下位ビットを透かし情報のビットで置き換える手法ということになる。勿論、最下位ビットが本来の量子化値と異なる場合、逆量子化によって画質の劣化が生じる。

ここで、中間周波数領域における量子化後の係数について着目したい、図 3.3 の例では右上から左下へと引く対角線よりも下の要素はすべて 0 となっているが、用いる原画像によっては、全ての DCT 係数が等しいわけではないので、量子化によって得られる結果も異なり、選んだ特定の位置が 0 ではない可能性が考えられる。その場合に、逆量子化による乗算を施せば、量子化前後の DCT 係数の値の変化は大きく、それにともない DCT の逆変換によって得られる画素値も大きく変化してしまう。即ち画像の劣化が激しくなってしまう。

3.4 本章のまとめ

本章では、DCT に関する基本的事項 (計算方法、量子化など) を説明し、DCT 使用における問題点について述べた。

第4章 提案手法

本章では、3.3において述べた問題点を解決する手法についての概要を述べる。

4.1 高周波領域への情報埋め込みの導入

中間周波数領域における量子化後の DCT 係数の値は、用いる原画像によって 0 となるかならないかが分かれてしまう。しかし、高周波数領域においてはほぼ 0 になると考えてよい。それは図 3.3 の DCT 係数からも分かるように、高周波数領域の係数値は低周波領域の係数値に比べ小さく、量子化テーブルは高周波数領域に相当する場所の値を大きく設定する為、除算した結果 0 となるのである。このことを踏まえて、ブロック内の高周波数領域にある成分に着目し、透かし情報 0 または 1 を埋め込む。その結果、量子化された DCT 係数における埋め込み前後の値の変化は $0 \leftrightarrow 1$ となる。

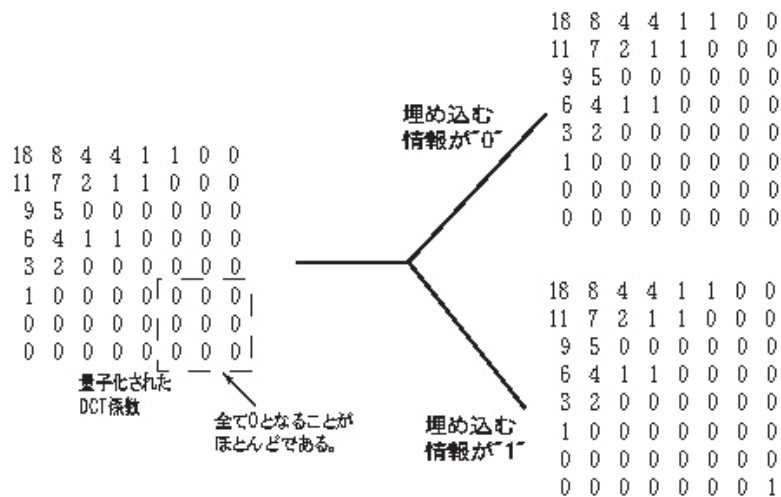


図 4.1: 高周波数領域への情報埋め込みの例

しかし、埋め込んだ後の逆量子化のことも考慮しなければならない。高域の量子化テーブルの値は非常に大きいため、埋め込まれた (置き換えられた) 透かし情報が 1 の場合、逆量子化によって非常に大きな値に変換されることになる。その場合、復元された画像と原画像との劣化の差も勿論大きくなってしまふ。そこで、

逆量子化の乗算を行う際、透かし情報を埋め込んだ高周波数領域の量子化値が1のとき、その成分における乗算は行わないという規則を設け、逆量子化を行う方法を考えたい。

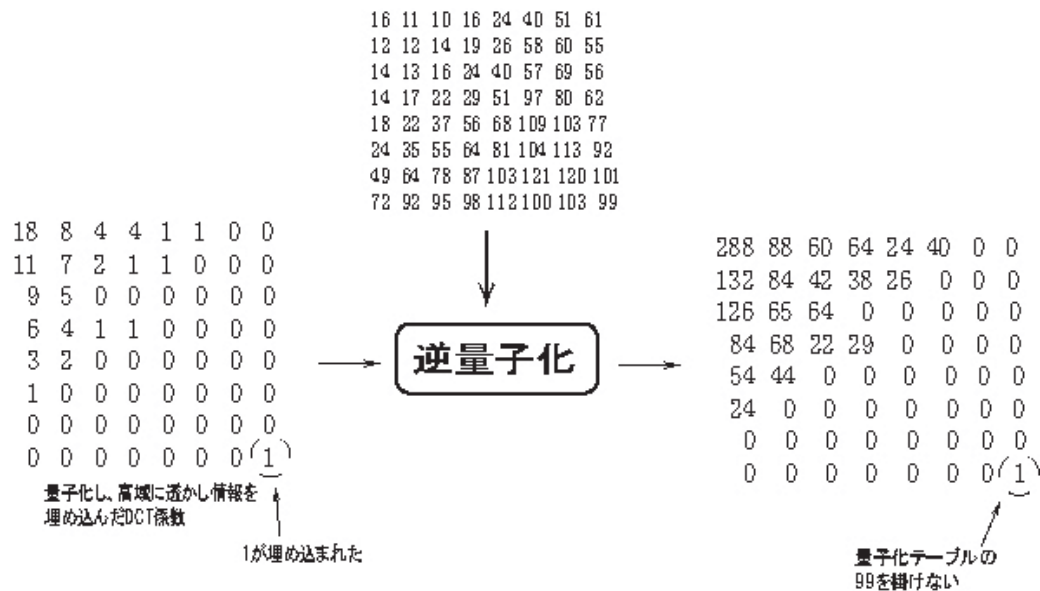


図 4.2: 透かし情報”1”を埋め込んだときの逆量子化

4.2 本章のまとめ

本章では、量子化値がほぼ0と言ってよい高周波数領域において透かし情報を埋め込み、逆量子化による値変化が最も小さくなる手法についての概念を述べた。

第5章 提案手法の実験および考察

本章では、前章で述べた方法を実際に実験し、その結果をもとに考察を述べる。

5.1 実行結果

図 5.1 を原画像として実験を行う。これはサイズ 256×256 の画像である。また埋め込む画像として図 5.2 を用意した。これはサイズ 16×16 の 2 値画像である。



図 5.1: 使用する原画像



図 5.2: 使用する埋め込み画像

前章で述べた手法を 3.3 で説明した DCT と比較する為、まずは 3.3 の方法で情報

の埋め込みを行う。これを実験 1 とする。

実験の流れとしては、図 5.1 をサイズ 8×8 の 32×32 個ブロックに分ける。次に各ブロックごとに DCT を施し、次のような 8×8 の量子化テーブルを用いて量子化を行う。

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	97	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

埋め込む情報のサイズが 16×16 ゆえ、分割した 32×32 個のブロックのうち、 16×16 個のブロックに 1 ビット分ずつ情報を埋め込んでいく。今回は、 32×32 個のうちの 16×16 個のブロックをランダムに選び、図 5.2 を埋め込んでいる。なお、その 16×16 個のブロックにおいて、情報を埋め込むのは (3,3) の成分について行った。実行結果は次の図 5.3 の通りである。



図 5.3: 実行結果 1

この図を見ると、図 5.2 がどこに埋め込まれたかを肉眼で識別することはできない。しかし、図 5.1 に比べると全体的に画像が少し明るくなっており、劣化している様子がうかがえる。

次に、前章で述べた高周波数領域への情報埋め込みを試みる。これを実験 2 とする。なお、埋め込む対象となる 16×16 個のブロックにおいて、情報を埋め込むのは (6,6) の成分であり、選んだブロックは先ほどと同じ位置のものである。



図 5.4: 実行結果 2

この図を見ると、実験結果 1 と同様に、埋め込まれた位置の識別はできないが、やはり図 5.1 よりも明るく、劣化している様子がうかがえる。

5.2 考察

得られた 2 つの実験結果を見ると、どちらも原画像 (図 5.1) よりも明るくなっており、情報埋め込みを行う前後とを比較するとどうしても画像の劣化が確認できてしまう。しかし、画像が明るくなったのは実験 1 も実験 2 も同様なので、その部分は考慮せずにどちらがより原画像に近いものであるかを判定したい。しかし、人間が画像を見て判断するのは、主観を伴ってしまう他、図 5.3 ~ 図 5.4 を見比べる限りではどちらが図 5.1 に近いかを判断することは不可能に近い。そこで数値によって客観的に評価を下したい。

そこで、PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio) という画質を評価するための指標を用いる。PSNR の値は次式で求めることができる。

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MAX^2}{T}, \quad T = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (f_{ij} - \hat{f}_{ij})^2 \quad (5.1)$$

得られる値の単位はデシベル (dB) である。ここで、MAX は画像の最大輝度値、N は行数、M は列数、 f_{ij} , \hat{f}_{ij} はそれぞれ (i, j) 成分における原画像、評価画像の輝度値に相当する。

PSNR の基準としては、原画像と評価画像との差がなければそれだけ PSNR の値は大きくなる。つまり全く同じ画像を用いて PSNR を求めればその値は ∞ となる。なお目安としては、40dB を超えているとき、人間の目ではその差異が知覚できないと言われている。

実際に式 (5.1) を用いて図 5.3 および図 5.4 に対する PSNR を求めた。その結果は下の表 5.1 である。ここで PSNR は JPEG データを BMP 形式に変換して計算したものである。

	実験 1	実験 2
PSNR(dB)	37.9	38.5

表 5.1: PSNR による画質評価

上表の値を見ると、基準値と言われている 40dB までは値が届かないものの、実験 2 で得られた画像の方が若干値が大きいので、実験 2 の方が実験 1 よりも画像の劣化を抑えていると言える。

なお、値が 40 を下回ってしまったのは、図 5.3 および図 5.4 が原画像 (図 5.1) に比べて明るくなってしまい、劣化が起きていることが分かってしまうものであるからだと思われる。

5.3 本章のまとめ

情報を埋め込む位置を変えた 2 つの実験を行い、得られた結果とそれに関する考察を述べた。

第6章 結論

本章では、本論文についてのまとめを述べる。また、今後の予定についても述べる。

6.1 まとめ

本論文では、電子透かしの技術について紹介するとともに、画像埋め込み技術の1つである DCT(離散コサイン変換) を用いた電子透かしの実験を行った。

電子透かしは、画像のどの位置に透かし情報が埋め込まれているか分かりにくいこと、そして埋め込む前後で画像の劣化が少ないことが求められる。画像がどれだけ劣化しているかを評価する PSNR から判断すると、本論文で提案した手法はより原画像に近い画像を作ること成功はしているものの、全体的に劣化が分かってしまうものとなった。

6.2 今後の予定

2つの実験によって得られた画像と PSNR の値から、劣化が目立つ画像ができてしまった。今後の予定としては、この劣化の原因を突き止め、得られる PSNR の値をより大きくすることを考えていきたい。

関連図書

- [1] 画像処理技術標準化委員会 ”高精細カラーデジタル標準画像データ (ISO/JIS-SCID)” , 日本規格協会, 1995 年
- [2] 日本印刷学会 ”JAPAN COLOR 色再現印刷” 1997 年
- [3] C4 Technology, <http://c4t.jp/index.html>
- [4] AKIHITO38 ソフトウェアガレージ, <http://hp.vector.co.jp/authors/VA017815/>
- [5] 小松尚久、田中賢一 監修 ”電子透かし技術”, 電機大出版局, 2004 年
- [6] 佐々木良一、吉浦裕、手塚悟、三島久典 共著 ”インターネット時代の情報セキュリティ”, 共立出版, 2000 年
- [7] JPG2BMP & BMP2JPG , <http://www.vector.co.jp/soft/dl/dos/art/se011581.html>

謝辞

本学士論文の執筆にあたり、一年間に渡り御指導して頂いた村岡洋一教授に深く感謝致します。

また、数々の御意見・御助言を下さった村岡研究室諸氏に深く感謝致します。

そして最後に、四年間に渡る大学生活を支えてくれた家族に深く感謝致します。