

## 電子透かし情報が埋め込まれた掲示物に対する ガラス戸と水滴が及ぼす影響

田畑 菜々子\*<sup>1</sup>, 伏屋 誠人\*<sup>2</sup>, 和田 直哉\*<sup>3</sup>, 小池 淳\*<sup>3</sup>, 村上 仁己\*<sup>3</sup>

### Influence of Glass Window and Rain Drops for Watermarking Information Embedded in Printed Medium

Nanako TABATA\*<sup>1</sup>, Masato FUSEYA\*<sup>2</sup>, Naoya WADA\*<sup>3</sup>, Atsushi KOIKE\*<sup>3</sup>, Hitomi MURAKAMI\*<sup>3</sup>

**ABSTRACT** : Recently a technique to detect digital information is attracted using a digital watermark technology by printed matter such as still images. This is the technique that are necessary when we want to embed information in a paper medium such as a magazine and a newspaper, the poster which a photograph is placed in in the limited space. Generally, a printed medium on the bulletin board is protected with a glass window to avoid influence on rain or dirt when the printed medium is posted up outside.

In this paper, we considered how a glass window and rain drops on the printed medium affect a detection rate of embedded digital information or picture quality. We investigated that the glass window and rain drops affect what kind of effect on the frequency domain of the printed medium. Also, a most suitable PSNR level at the time of embedding were considered. As a result, it is concluded that a most suitable SNR is around 27.5dB.

**Keywords** : digital watermark, printed medium, digital information, glass window, rain drops

(Received October 24, 2014)

## 1. はじめに

近年、電子透かし技術を用いてアナログ画像などの印刷物から、デジタル情報を検出する技術が注目されている。電子透かしを用いることで、対象となる写真や画像のデザイン性を損なうことなく情報を埋め込むことが可能である。これは、限られたスペースに写真が掲載されている雑誌や新聞、ポスター等の紙媒体に情報を埋め込む場合における必要な技術である。

紙媒体に印刷された透かし画像は、屋外で掲示されることもある。その場合、雨や汚れへの対策として、ガラスで保護されることが多い。

本論文では、文献[1]の電子透かし手法を用いて埋め込

まれた掲示物に対するガラス戸とそのガラスに付着した水滴が与える影響について検討を行う。周波数領域に与える影響や埋め込まれた情報の検出率の視点から検討する。

## 2. DCTを用いた電子透かし

### 2. 1 DCT領域の透かし埋め込み

電子透かしの埋め込みには、画素値を直接操作する方法と周波数領域へ変換し、その係数を操作する方法がある。文献[1]の埋め込み手法では、紙媒体に印刷する場合、画素値が大きく変化する場合があるため、DCT (Discrete Cosine Transform : 離散的コサイン変換) を用いた周波数領域への変換を行い、係数に透かし情報を埋め込む手法が用いられた。透かし情報は、印刷取り込み後の画像からその埋め込まれた位置のDCT係数から検出する。また、埋め込まれる透かし情報はCrCb成分のDCT係数に埋めこむ。これはCrCb成分が色差信号であり、Y信号(輝度)

\*1 : 三井情報株式会社

\*2 : 株式会社ジュピターテレコム

\*3 : 成蹊大学理工学部情報科学科 (koike@st.seikei.ac.jp)

に比べて人間の目に識別されにくいためである。

画像の2次元DCTには2種類の方法がある。1つは画像全体を2次元DCTする方法であり、もう1つは画像を細かいブロックに分割し、ブロック単位に2次元DCTする方法である。本論文では、前者の画像全体にDCTを行う方法を選択している。この手法では、画像に加えた透かしが全体に均一に分散する利点がある。

画像全体にDCTを行うと $M \times N$ の画素値に対して $M \times N$ のDCT係数が生成される。生成されたDCT係数領域において、一番左上の部分つまり位置座標(0,0)の成分をDC(直流)成分と言う。これは、対象となる画素全体の平均輝度値である。その他の成分はAC(交流)成分と言い、ブロックの平均輝度値からの変化分に比例する値である。DC成分に近い成分を低周波成分、DC成分から離れるにつれて高周波成分と表現する。

埋め込み操作として、低周波成分へ埋め込む場合は、画像全体に与える影響が強く、高周波成分に近いほど影響は弱い。また、高周波成分は印刷取り込みの影響を受けやすく検出が困難となる場合があるため、高周波成分を埋め込み対象から除外する。

### 2.2 埋め込み手順

文献[1]で提案された透かし埋め込み手順を述べる。DCT領域上のDC成分からu軸に対して角度 $\theta$ の方向へ伸ばした直線を基準とし、埋め込み対象領域を定める。この直線を埋め込み基準線とし、基準線上に $T_{min}$ と $T_{max}$ を設定し、 $T_{min}$ と $T_{max}$ で表される矩形領域が透かしの埋め込みに利用される。

この矩形領域に対して、係数a,bを用いてブロック分割したものを図1に示す。

係数aを用いて埋め込みブロック内の一定範囲のDCT係数を1つの要素として扱う。また、係数bを用いて定められた範囲を、埋め込みに使用される要素間の緩衝領域とする。

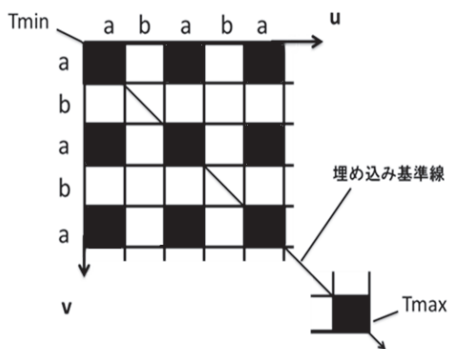


図1 係数a,bを用いた局所領域のブロック分割

### 3. 実験概要

2. 説明した手法により電子透かし情報を埋め込んだ画像を印刷し、様々な条件下で撮影し、埋め込んだ情報の検出率を測定する。実験概要を以下に示す。

(1) 実験画像は、サイズ 256×256 とし、Lena, Earth, Milkdrop, Sailboat, Parrots合計5枚を用いる。実験画像を図2に示す。

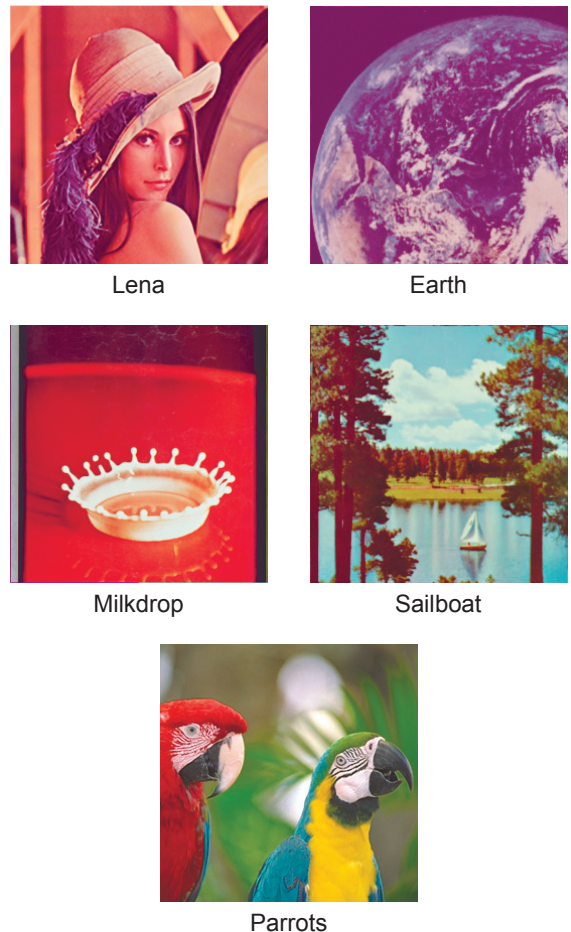


図2 実験画像

(2) 埋め込む情報は、

- Cr成分に{1,0,1,...}(72bit), Cb成分に{1,0,1,...}(72bit)の合計 144bit
- Cr成分に{0,1,0,...}(72bit), Cb成分に{0,1,0,...}(72bit)の合計 144bit

の上記2種類とする。

(3) 閾値は、PSNR値 25.0dB, 27.5dB, 30.0dB, 32.5dB, 35.0dBとなるような閾値とする。PSNR値ごとに作成した画像を図3に示す。



図3 作成画像

(4) 各条件において、3回ずつ撮影する。

撮影環境を表1に示す。撮影は天候を考慮し、以下の条件下で行う。また、屋内・屋外について考察するため、研究室でホワイトボードに貼りつけて撮影も行う。

条件1：研究室にて撮影

条件2：ガラス戸なし掲示板にて撮影

条件3：ガラス戸付き掲示板でカメラを付けて撮影

条件4：ガラス戸からカメラを離し撮影

条件5：ガラス戸付き掲示板でガラス戸に、水滴（小）を霧吹きで噴射し、撮影

条件6：ガラス戸付き掲示板でガラス戸に、水滴（大）を霧吹きで噴射し、撮影

表1 撮影環境

場所	正門横掲示板
掲示板とガラス戸の距離	11.5cm
天気	晴れ
使用したカメラ	Apple社iphone4S

#### 4. 実験結果

実際に撮影した画像を図4に示す。



図4 撮影画像例

上記条件で、画像5枚を3回ずつ撮影し、計測した検出率の平均値を以下に示す。

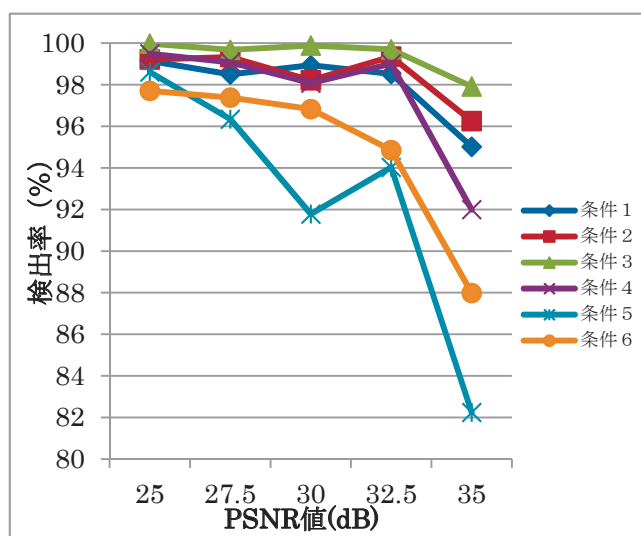


図5 条件ごとの検出率比較



PSNR値が一番高い35dBは検出率が一番低く、PSNR値が低くなるごとに検出率が高くなった。また、水滴・ガラス戸がある場合（条件4・5・6）でも、PSNR値が低い方が検出率は高かった。

ガラス戸に直接カメラを付けて撮影した場合（条件3）、ガラス戸なし掲示板で撮影した場合（条件2）よりも、全てのPSNR値において検出率が高くなった。これは、カメラが固定されたことにより、手振れがなかったためと考えられる。一方、ガラス戸付き掲示板でカメラを少し離して撮影した場合（条件4）、ガラス戸なし掲示板で撮影した場合（条件2）よりもほとんどのPSNR値で検出率が低かった。これは、ガラス戸による光の反射があったためと考えられる。また、水滴を噴射した場合（条件5・6）は、噴射していない場合（条件1~4）と比較し、全てのPSNR値で検出率が低かった。

## 5. 考察

### 5.1 DCT係数値について

実験に使用した画像5枚のCr成分に対するDCT係数値を、絶対値0~50の濃淡で図5に示す。

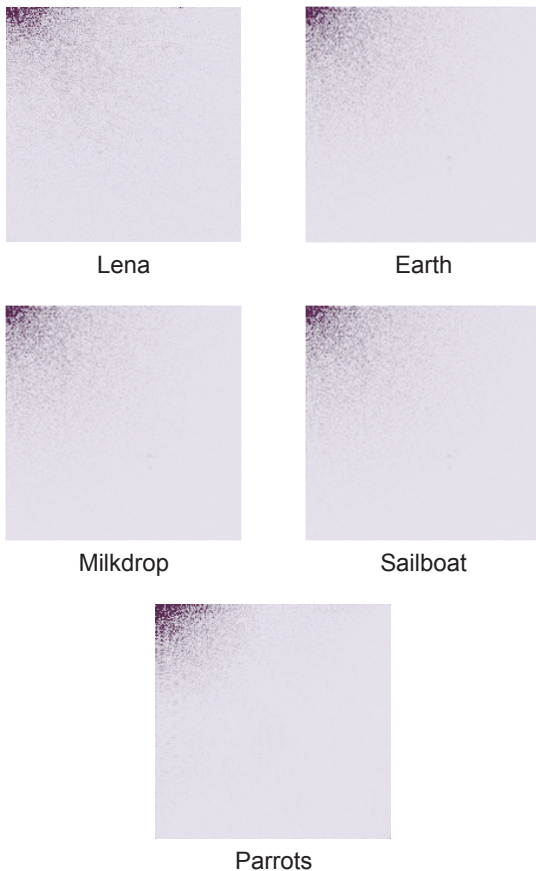


図6 DCT係数領域の濃淡画像

DCT係数値の特徴として、画素値の変化が少ない平坦な画像では低周波成分の絶対値が大きく、非平坦な画像領域が多くなると高周波成分の値が大きくなる。図6より、milkdropやSailboatは他の画像に比べ画素値の変化が少なく、低周波領域に絶対値の大きいいため、閾値に大きな値を埋め込んでもPSNR値には影響しにくかったと言える。

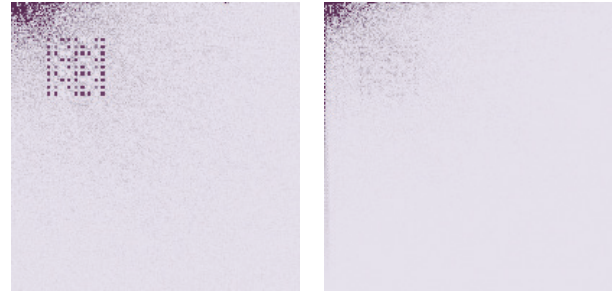


図7 透かし画像のDCT係数値（左）と水滴噴射後撮影した画像のDCT係数値

図7は、{1,0,1,...}をPSNR35.0dBで埋め込んだLenaの透かし画像のDCT係数値（Cr成分）と水滴噴射後に撮影した画像のDCT係数値（Cr成分）の絶対値を、濃淡で示した画像である。図7右の水滴噴射後撮影した画像では、左の透かし画像のDCT係数値に比べ、DCT係数値の絶対値が全体的に小さくなっていることがわかる。これは、水滴が付着したことにより、水滴の周囲で画素値の変化が大きい部分が増え、低周波成分の絶対値が小さくなってしまったためであると考えられる。

### 5.2 主観評価

二重刺激劣化尺度法（DSIS：Double-stimulus impairment scale method）を用い、どの程度のPSNR値ならば、画質劣化が気にならないか主観評価を行った。対象者は、非専門家の男女15名とし、採点は5段階劣化尺度（5：わからない、4：わかるが気にならない、3：気になるが邪魔にならない、2：邪魔になる、1：非常に邪魔になる）とした。掲示時間は、図8に示すように、元画像を10秒間掲示後、3秒間灰色画像を掲示し、評価画像を10秒間掲

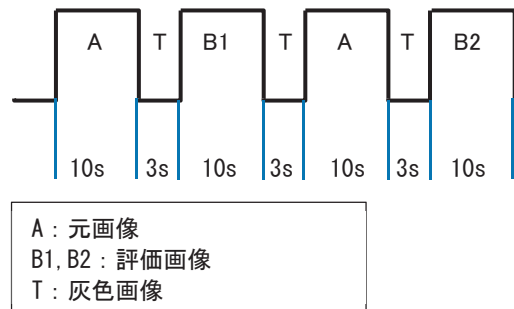


図8 掲示時間

示した。

画像は上記実験に使用した5枚(Lena, Earth, Milkdrop, Sailboat, Parrots)とし、それぞれの画像に対し、PSNR値25.0dB, 27.5dB, 30.0dB, 32.5dBを評価画像とし、順不同で表示した。

PSNR値ごとに画像5枚の平均値を求め、図9に示す。

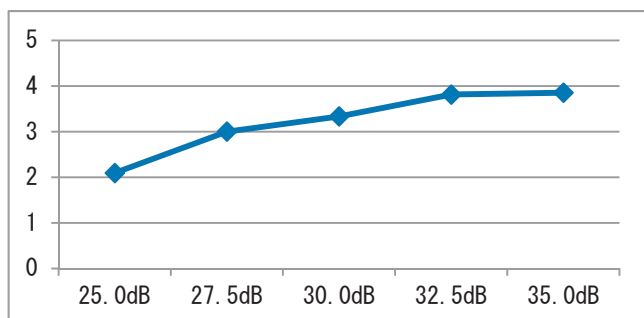


図9 PSNR値ごとの5段階劣化尺度

文献[3]によると、5段階劣化尺度の4.5を「検知限」、3.5を「許容限」、2.5を「我慢限」と呼ぶ。図7より、27.5dB, 30.0dB, 32.5dB, 35.0dBは我慢限を越え、32.5dBと35.0dBは許容限を超えていることがわかる。

### 5. 3 結論

図5より水滴を噴射した場合(条件5, 条件6)においても25.0dB, 27.5dBは検出率が96%以上と高い数値であった。これは、水滴が付着すると低周波成分の絶対値が小さくなってしまうため、閾値が大きければ大きいほど、つまりPSNR値が低ければ低い程検出率が高いためである。ただし、主観評価の結果、我慢限を超えるPSNR値は27.5dB以上であった。よって、ガラス戸に水滴が付着する可能性がある場合、PSNR値27.5dBに合わせた閾値であるならば、検出率も高く、画質の劣化も許容されると言える。

## 6. おわりに

本論文では、電子透かしが紙媒体に印刷され、ガラス戸付き掲示板に掲示された場合の検出率を検討した。また、ガラス戸や水滴がある場合、周波数領域に対し、どのような影響があるか考察すると共に主観評価を行い、ガラス戸や水滴があると考えられる場合における最適なPSNR値を検討した。その結果、27.5dBに合わせた閾値にすることが最適であることが分かった。ただし、今回の実験で用いた画像は5枚のみであるため、今後他の画像においても実験する必要がある。

## 参考文献

- [1] 小甲, 宮岡: “電子透かしの印刷取り込みにおけるビット検出閾値の自動決定手法”、信学技法、SIS2011-55、pp.11-16、2012.3
- [2] ITU-R Recommendation BT.500-11, “Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures”, 2002.
- [3] (社)電波産業会, “画質評価マニュアルーHDTVの画質評価を中心としてー”、技術レポート、1996.
- [4] 伏屋, 野深, 小池, 村上: “カメラ付き携帯電話の情報検出を目的とした電子透かし”, 情報科学技術フォーラム、FIT2012、I-032、2012.9.
- [5] M.Fuseya, N.Wasa, H.Murakami, A.Koike: “Effectivness of Median Filter in Threshold Determination of Digital Watermarking Scheme Using DCT”, IWAIT2014, E3-51, p.122, 2014.1.