

# 誤り訂正符号を用いた電子透かし Digital Watermark Based on Error Correcting Codes

三屋諒太郎

Ryotaro Mitsuya

東京工業大学大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻

Tokyo Institute of Technology, Computational Intelligence and System Science

## 1. はじめに

近年では、デジタル技術の発展やインターネットの普及、高速化などによりデジタル画像のコピーが簡単に行われるようになってきている。そのため、著作権を無視した不正コピーが増加し、デジタルコンテンツの再配布が頻発している。そこで著作権者の権利を守るための方法を確立することが求められている。

デジタル画像の著作権保護技術の一つに電子透かしがある。電子透かしとは、デジタル画像に対し、ユーザの目には目立たない方法を用いてシリアル番号やトレードマーク、もしくは、著作者やユーザなどの情報を埋め込む手法である。電子透かしには、コンテンツそのものの品質をあまり劣化させること無く、また、埋め込んだ情報が攻撃に対する耐性を有することが望まれる。ここで挙げる攻撃とは、電子透かし自身に対する改ざん、書き換えに加え、画像圧縮や画像処理といったコンテンツの書き換えも含まれる。本研究では特に、画像圧縮に注目し、悪意の無い攻撃に対する耐性を持つ方法を考える。

攻撃に対する耐性の問題は、埋め込み情報に対する攻撃を通信路におけるノイズと見なすことにより、通信の分野で主に研究されている誤り訂正問題と類似の構造を有すると考えられる。そこで本研究では誤り訂正符号の一つである LDPC 符号を用いた電子透かし技術を提案し、JPEG 符号化をはじめとするいくつかの攻撃に対する有用性を吟味することを目的とする。電子透かしにおいて誤り訂正符号を組み込むことにより、透かし情報の検出精度を上げ、また、付加可能な透かし情報量を増やすことが期待できる。

## 2. 電子透かし法

デジタル画像に対する電子透かし法について大きく2つに分類すると、画像の空間領域利用型と周波数領域利用型が存在する。まず、一番簡単なものは、画像に直接サインを書き込む方法である。これは空間領域利用型に分類される。この方法であれば、署名が入っていることをユーザは特別な処理を行うこと無く容易にサインが入れられていることを認識できるが、オリジナルの作品の価値を損なってしまう。そのため、オリジナルの画質を変質させない方法が求められる。空間領域を利用する他の方法を用いて、署名情報を目立たせずに画像に埋め込む方法も、画像を直接操作して情報を埋め込むため、オリジナルの画像からの劣化を避けることが難しい。

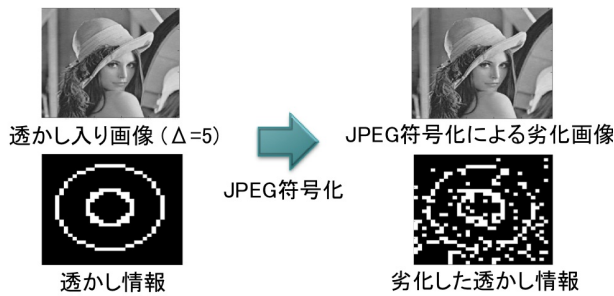


図 1: JPEG 符号化による透かし情報の劣化

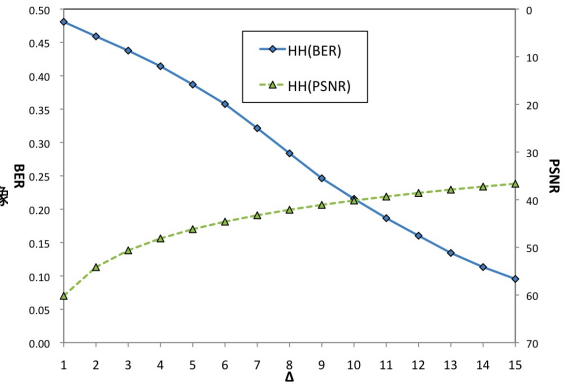


図 2: 埋め込み強度と透かし入り画像の PSNR, 透かし情報の BER

もう一方の周波数領域利用型は、離散ウェーブレット変換や離散コサイン変換等の直交変換を用いて、周波数領域に情報を埋め込むため、オリジナルの画像の劣化を抑えることができるため、有効な手法であると考えられている。しかしながら、この手法にも大きな問題点がある。それは JPEG 圧縮等の周波数領域を利用した画像圧縮法に弱く、埋め込んだ署名情報が失われやすいということである。

ここで、図 1 に JPEG 符号化による透かし情報の劣化について示す。左上の画像は埋め込み強度  $\Delta = 5$  で左下の透かし情報を埋め込んだ画像である。これに JPEG 符号化を施したものが右上の画像である。画質の劣化は見て取れないが、この画像に埋め込まれた透かし情報は右下の画像のように劣化してしまっていることが見て取れる。電子透かしは埋め込み強度  $\Delta$  の値を大きくすることにより透かし情報の誤り率は低下する。しかしながら埋め込み強度  $\Delta$  を大きくすると、よりオリジナルの画像が劣化してしまう。ここで、図 2 に JPEG 圧縮を行った際の埋め込み率、PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) との関係を示す。PSNR とは画質の評価に対して用いられる評価値であり、次式で表される。

$$PSNR_{[dB]} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{st} \sum_{i,j} (x_{ij} - y_{ij})^2}$$

ここで、画像のサイズを  $s \times t$  画素とする。また、 $x$  をオリジナル画像、 $y$  を透かし情報埋め込み後の画像とし、各画素を  $x_{ij}$  と表す。 $x$  と  $y$  の差分が小さいほどこの値は大きくなり、一般に 35 ~ 40dB 以上であれば高画質とされ、0.2dB 異なるだけで主観的に違いがみえてわかる評価値である。

埋め込み強度  $\Delta$  の値を大きくすると、誤り率が低下するとともに、PSNR が小さくなっていることが分かる。そのため、誤り率を低減させるために埋め込み強度を大きくしたいが、PSNR が小さくなりすぎて画質が劣化しないように設定することが必要である。本研究では PSNR を小さくせずに、誤り率を低減させるために、誤り訂正符号を用いる。

## 参考文献

- [1] 松井甲子雄, “電子透かしの基礎”, 森北出版