

3次元ヒストグラムに埋め込んだ電子透かしの幾何変換に対する強度評価

○高橋 純平[†] 河野 公一[‡]

東北工業大学大学院 工学研究科 通信工学専攻^{†‡}

1. はじめに

近年、デジタルコンテンツの普及に伴って、コンテンツの不正コピーや著作権侵害が大きな問題となっている。その対策として、デジタルコンテンツに著作権者や配布先などの属性情報を埋め込むことによって著作権保護や不正流出を抑止する電子透かしが不可欠になりつつある[1]。

デジタル画像に対する電子透かしは画像のカウント値に直接情報を埋め込む方法[2]と、周波数変換を用いて周波数領域に埋め込む方法[3]とに大別される。前者の方法は、一般に電子透かしが脆弱であるという問題を持つ。一方、後者の方法では、埋め込み後の画像にブロックノイズを発生しやすいため、品質が劣化してしまう問題がある。デジタル画像の電子透かしを十分に保護するために、これらの問題を持たない電子透かしが求められている。

このような背景から、著者らはこれまでに3次元ヒストグラム[4]を用いた新しい電子透かしの埋め込み方法を提案し、電子透かしの埋め込みが実際に可能であるということを示した[5,6]。この方法に対して強度の評価を行った研究はこれまでに存在していない。本研究では、3次元ヒストグラムを用いた電子透かしの強度評価を行う。

2. 電子透かしの埋め込み方法

本研究では、3次元ヒストグラムに電子透かしを埋め込む。この方法ではまず、カラー画像をRGBに分解して3枚のグレースケール画像を作成する。このグレースケール画像に対して画素の操作を行うことで、カウント値を変化させる。

Evaluation of Robustness for Three-dimensional Histogram-based Digital Watermark by Using Geometric Transformation

[†]Junpei TAKAHASHI · Graduate Department of Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology

[‡]Koichi KAWANO · Graduate Department of Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology

例えば、カウント値 A を持つ画素の 1 つがカウント値 B へと変化すると、カウント値 A の頻度数が 1 つ減り、逆にカウント値 B の頻度数は 1 増えることになる。この頻度数の増減によって形が変化するという 3次元ヒストグラムの性質を利用することで、任意の情報を画像の 3次元ヒストグラム中に埋め込むことが可能である。電子透かし埋め込み後の 3枚のグレースケール画像を、再びカラー画像に合成することで、電子透かしを埋め込んだカラー画像を作成することができる。

3. 残留率

電子透かしの強度を評価するため、本研究内では電子透かしの残留率を次式によって定義する。

$$\text{残留率(\%)} = \frac{\sum(\text{処理後の電子透かしの頻度数})}{\sum(\text{処理前の電子透かしの頻度数})} \times 100 \dots (1)$$

定義より、電子透かしの頻度数が減ることで残留率が低下する。

4. 実験

本研究では、電子透かしの埋め込みによる画像の劣化を定量的に評価するために、埋め込み前後の画像の PSNR を求める。また、3次元ヒストグラムに埋め込んだ電子透かしの強度を定量的に評価するために、電子透かしを埋め込んだ画像を最近隣内挿法[7]によって拡大や縮小、回転し、埋め込んだ電子透かしの状態を確認する。

5. 結果

電子透かし埋め込み前後の画像の PSNR は 64.7[dB]となった。PSNR は大きいほど劣化が少ないとされており、JPEG 圧縮などの場合では、30~50[dB]の劣化で高画質とされていることから、画像の品質の劣化が少ないことがわかった。

電子透かしを埋め込んだ画像のサイズを縦横 200%, 300%に拡大した画像の 3次元ヒストグラムから、電子透かしの形が変化していないこと

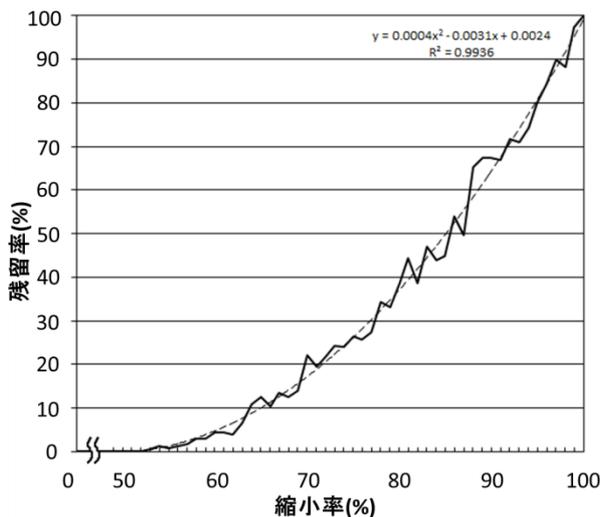


図1 画像の縮小率と電子透かしの残留率

を確認した。また、理論通りに残留率が 100%以上であることが確認できた。

次に、図 1 は、電子透かしを埋め込んだ画像の縮小率と、電子透かしの残留率のグラフである。横軸は縮小率であり、縦軸は残留率である。縮小率 50%未満での残留率は 0%だったため、図中では省略している。図中の破線は 2 次の近似曲線である。また、電子透かしを埋め込んだ画像のサイズを縦横 80%に縮小した場合、残留率は 39%と大きく減っていたが、電子透かしは十分に残っていることが確認できた。

最後に、図 2 は、電子透かしを埋め込んだ画像を回転させた角度と、電子透かしの残留率のグラフである。横軸は回転角度であり、縦軸は残留率である。回転させる角度によって多少の変化はあるが、残留率がほぼ 45%前後となっていることが確認できた。また、電子透かしを埋め込んだ画像をそれぞれ右回りに 10°、30°、45° 回転させた場合の 3 次元ヒストグラムから、電子透かしは全体の頻度数を減らしつつも十分に残っていることが確認できた。

6. まとめ

本研究では、3 次元ヒストグラムを用いた電子透かしの強度評価を行った。提案法による電子透かしの埋め込みでは、画像の品質の劣化が少ないことがわかった。提案法によって 3 次元ヒストグラム上に埋め込んだ電子透かしが、画像の拡大に対して高い強度を持つことを確認した。また、画像の縮小時の残留率が、画像の面積と比例関係にあることがわかった。このことから、不正利用時の画像の縮小率を想定し、予め必要

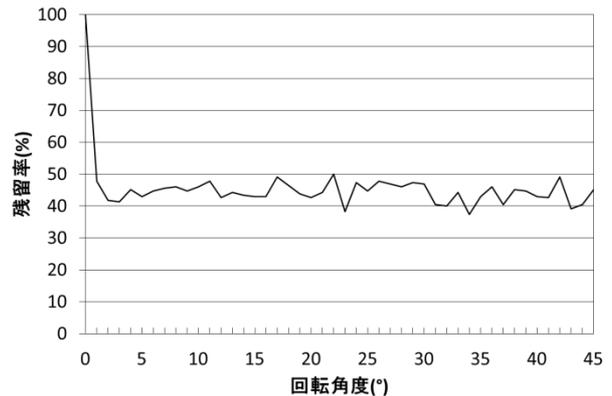


図2 画像の回転角度と電子透かしの残留率

な頻度数を持つ電子透かしを埋め込むことで、電子透かしを残すことができる。最後に、画像の回転では、回転角度によらずほぼ一定の残留率を示すため、電子透かしが残り、高い強度を持つことを確認した。

以上のことから、電子透かしの脆弱さと、埋め込み後の画像の品質の劣化という従来法の 2 つの問題を解決できた。

参考文献

- [1] 松井甲子雄：電子透かしの基礎，森北出版，1998.
- [2] 岡一博，松井甲子雄：埋め込み関数を用いた濃淡画像への署名法，電子情報通信学会論文誌，Vol. J80-D- II，No. 5 (1997)，pp. 1186-1191.
- [3] Ingemar J. Cox, Joe Kilian, F. Thomson Leighton, and Talal Shamon: Secure spread spectrum watermarking for multimedia, IEEE Trans. image processing, Vol. 6, No. 12 (1997), pp. 1673-1687.
- [4] 工藤純一，野口正一：NOAA AVHRR 画像の 3 次元ヒストグラムに関する研究，画像電子学会誌，Vol. 20, No. 1 (1991)，pp. 2-9.
- [5] 高橋純平，河野公一：3 次元ヒストグラムを用いた電子透かしの埋め込み方法の提案，第 7 回情報処理学会東北支部研究会，2012.
- [6] 高橋純平，河野公一：3 次元ヒストグラムを用いた電子透かし技術の検討，平成 24 年東北地区若手研究者研究発表会講演資料，YS-10-P12，2012，pp. 197-198.
- [7] 高木幹雄，下田陽久 監修：新編 画像解析ハンドブック，東京大学出版会，2004.