

人間の色覚特性を考慮した情報ハイディング

秋山 俊宏[†] 本吉 史明^{††} 内田 理^{††} 中西 祥八郎^{††}

Information Hiding in Consideration of Human Color Perception

Toshihiro Akiyama[†] Fumiaki Motoyoshi^{††} Osamu Uchida^{††} Shohachiro Nakanishi^{††}

1. はじめに

近年音楽データや画像データ等のデジタルコンテンツの普及により、ステガノグラフィや電子透かし[1][2]といった情報ハイディング技術が注目されている。しかし、人間の色覚特性を考慮した情報埋め込み法はあまり提案されていない。そこで本稿では、人間の色覚特性を考慮したカラー静止画像への情報埋め込み法を提案する。提案手法では、各ピクセルの色情報を基に、RGB 各色成分の下位ビット適切な量の情報を埋め込む。本手法により、各ピクセルの最下位ビットに均等に情報を埋め込む場合と比べて、画像の劣化を抑えつつより多くの情報を埋め込むとができる。

2. 提案手法

カラー画像に対して情報の埋め込みを行う最も単純な方法は、RGB 各成分の最下位ビットに情報を埋め込む方法である(以下、単純法と呼ぶ)。しかし、この方法では、最大でも原画像の 12.5% の情報しか埋め込むことが出来ない。また非常に単純な方法のため、アタックに対する耐性が弱い。これらの弱点を改善するため、本研究では、各ピクセルへ情報を埋め込む際、RGB 成分の値によって埋め込むビット数を変化させることを試みる。埋め込みビット数は、埋め込みによる画質の劣化をなるべく防ぐように決定しなければならない。そこで、画像の RGB 各成分の下位ビットを変化させた場合における人間の視覚的影響について被験者 5 名で予備実験を行い調査した。予備実験の結果、例えば、R 成分が 50 程度未満の場合は、R 成分の下位 4 ビットの値に変更を加えても(すなわち情報を埋め込んで)、人間の視覚的には色の変化を感じづらいことがわかった。一方で、R 成分が 150 程度以上の場合、下位 2 ビットの値に変更を加えただけで、色の変化

を感じる被験者が多かった。これら予備実験の結果をふまえて、RGB 各成分への情報の埋め込みビット数を以下のように決定した。

A. R 成分に対する埋め込みビット数

$R < 50$ の場合、4 ビット

$(50 \leq R < 100) \wedge (100 < G)$ または

$(100 \leq R < 150) \wedge (150 < G)$ の場合、3 ビット

以上の条件に当てはまらない場合、1 ビット

B. G 成分に対する埋め込みビット数

$(200 < R \leq 250) \wedge (10 < G < 50) \wedge (B \leq 250)$

または

$(150 < R \leq 250) \wedge (G < 50) \wedge (B \leq 250)$ の場合、3 ビット

または

$(R \leq 250) \wedge (50 < G < 100) \wedge (B \leq 250)$

または

$(150 < R \leq 200) \wedge (50 \leq G < 100) \wedge (B \leq 250)$

または

$(100 < R < 150) \wedge (G < 50) \wedge (B \leq 250)$

または

$(R < 50) \wedge (G < 50) \wedge (B \leq 250)$ の場合、2 ビット

以上の条件に当てはまらない場合、1 ビット

C. B 成分に対する埋め込みビット数

$(B < 130)$ の場合、4 ビット

$(90 < R < 210) \wedge (155 < G < 22) \wedge (170 < B < 220)$

または

$(150 < R) \wedge (200 < G) \wedge (B < 150)$ の場合、3 ビット

または

以上の条件に当てはまらない場合、2 ビット

以上で決定した埋め込みビット数に従い、カラー静止画像を RGB 成分に分解し、各成分の下位ビットに情報を埋め込む。

3. 実験結果と考察

提案法の性能を評価するため、図 1 に示す 4 種類の標準画像(256×256 画素、RGB 各 256 階調)に対し、提案法、及び単純法(下位 1 ビット、下位 2 ビット)で埋め込み実験を行った。但し、埋め込むデータとしては、2 値疑似乱数系列を用いた。客観的評価としては、式(1)の PSNR を用いた。

[†]東海大学大学院工学研究科電気工学専攻

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117

Course of Electrical Engineering, Graduate School of Engineering, Tokai University

1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292 Japan

^{††}東海大学電子情報学部情報科学科

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117

School of Information Technology and Electronics, Tokai University

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{MSE} \quad (1)$$

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{3MN} \sum_{y=0}^{M-1} \sum_{x=0}^{N-1} (org_{xy} - emb_{xy})^2} \quad (2)$$

但し、 org_{xy} は原画像の (x,y) 座標における画素値、 emb_{xy} は埋め込み後の画像の (x,y) 座標における画素値であり、 M は画像の縦のピクセル数、 N は横のピクセル数である。

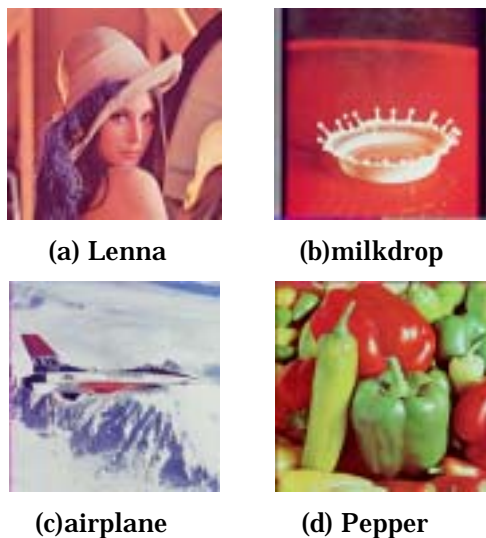


図 1. 実験画像

表 1 の実験結果から分かるように、提案手法では下位 1 ビットに埋め込む場合よりも多くの情報を埋め込む事ができ、airplane 画像を除き、下位 2 ビットに埋め込む場合よりも多くの情報を埋め込む事が出来た。表 1 の PSNR の値を見ると、下位 2 ビットに埋め込む場合より、数値が低いが、図 2 から分かるように、画像の劣化を認識する事は困難である。また、被験者 5 名で主観評価を行ったところ、下位 2 ビットに埋め込む場合と比較して、劣化が増加する事はほとんど無かった。

提案手法の弱点として、airplane のように白色の多い画像ではあまり多くの情報を埋め込む事が出来ない事が挙げられる。白色の場合、あまり多くの情報を埋め込むと画像の劣化が激しくなってしまうため、提案手法では、埋め込みビット数を小さく抑えている。そのため、白色の多い画像では埋め込み量が少なくなってしまう。

表 1. 単純法と提案法の比較

| 画像名 | PSNR [dB] | | | 埋め込み量 [KB] | | |
|----------|-----------|--------|-------|------------|--------|-------|
| | 下位1bit | 下位2bit | 提案法 | 下位1bit | 下位2bit | 提案法 |
| Lenna | 48.13 | 41.15 | 34.07 | 24.58 | 49.15 | 49.23 |
| milkdrop | 48.13 | 41.18 | 33.27 | 24.58 | 49.15 | 55.80 |
| airplane | 48.13 | 41.12 | 39.22 | 24.58 | 49.15 | 40.00 |
| Pepper | 48.13 | 41.03 | 33.52 | 24.58 | 49.15 | 55.59 |



図 2. 埋め込み後の画像

4. まとめ

本提案手法により、画像の劣化を抑えつつ、多くの情報を埋め込むことが可能になった。今後は、画像の複雑な部分に多くの情報を埋め込むようにするなどして、視覚的な画像劣化を抑えつつ、より多くの情報を埋め込めるようにしていきたい。

参考文献

- [1] 松井 甲子雄, “電子透かしの基礎” 森北出版, 1998
- [2] 画像電子学会編, “電子透かし技術” 東京電機大学出版局, 2004