

# 近傍ピクセルの性質を用いたデータハイディング

1 V-3

- 近傍ピクセルの統計的性質 -

小林 誠士 上條 浩一 清水 周一

日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所

## 1 はじめに

2組の画素列を選択し、それらの統計的性質に基づいて情報を埋め込むデータハイディング手法[1]では、これら画素列が画像中よりどのように選択されるかにより情報埋め込み後の画質への影響が変化してくる。一般に、画質への影響を少なくするためには情報埋め込み作業に伴う操作量を微小にすることが望ましいが、操作量を微小にすることで、埋め込まれた情報の信頼性が低下することが懸念される。

本稿では、ピクセル値の統計的性質を用いたデータハイディング手法を例にあげ、埋め込み情報の信頼性(false positive)を保ちつつ、画質劣化を抑制するために埋め込み操作量を減らす2組の画素列の選択方法について考察し、自然画像を用いた実験をとおり実証を行なう。

## 2 情報埋め込み操作量と信頼性

一般に、データハイディングにおいては、情報埋め込みに伴う操作量と埋め込まれた情報の信頼性とは比例の関係にあり、埋め込み操作後の画質とは反比例の関係にある。そのため、埋め込まれた情報の信頼性を高めようとする、画質は劣化する方向にむいてしまうことになる。ここで、埋め込まれた情報の信頼性とは、加工に対する耐性(false negative)と情報が埋め込まれていないものに対し、情報有り判定する誤り率(false positive)とに分類することができる。後者に関しては、情報を埋め込む対象である画像の性質をうまく利用することで、同一の信頼性を保持したまま、操作量を微小させることが可能である。

統計的性質を用いたデータハイディング手法では、画像中より疑似ランダムに2組の画素列を選択し、それらの平均値の大小を比較、つまり

$$d = \frac{1}{N} \left( \sum_{n=0}^{N-1} a_n - \sum_{n=0}^{N-1} b_n \right) \quad (1)$$

の正負をみることでビットを表現し情報を埋め込んで

いる。ここで、 $N$ は1つの画素列の長さ(画素数)であり、 $a_n, b_n$ はそれぞれ、選択された2組の画素列を構成する画素の画素値である。

埋め込み操作を施していない画像では、 $N$ を十分に大きくとれば、それぞれの画素列の平均値は、画像全体の平均値に近づいてゆくため、 $d$ の期待値は0となる。そのため情報を埋め込む際には、この $d$ を意図的にある値 $c$ となるよう各画素列を構成するすべての画素に対し、

$$a_n = a_n + c/2 \quad (2)$$

$$b_n = b_n - c/2 \quad (3)$$

という操作を行えばよいことになる。ここで、各画像において選択される2組の画素列の違いによる $d$ の値を確率変数とすると、その確率密度関数は0を中心とした正規分布

$$P(d) = \left( \frac{N}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{Nd^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

に近似することができる。ここで $\sigma$ は、画像中より選択された2組の画素列中の各々の $a_n - b_n$ の標準偏差

$$\sigma = \left( \langle (a_n - b_n)^2 \rangle \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

である。情報を埋め込んでない画像を情報埋め込み画像として判定する誤り率 $P_p$ を

$$P_p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{|x| \geq t} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \quad (6)$$

以下とするようにしきい値 $t$ を設定したとき、各画素列内の画素値は、 $d$ が

$$|d| \geq \frac{t\sigma}{\sqrt{N}} \quad (7)$$

となるよう操作してやればよいことになる。式(7)より、信頼性を変えずに各画素への操作量を減らすためには、 $N \rightarrow \infty$ とするか、 $\sigma \rightarrow 0$ とすればよいことがわかる。しかし、 $N$ は画素列の長さ(画素数)であり、画像のサイズ応じずと制限が出てきてしまうた

め、画質劣化を抑制するためには $\sigma$ が小さくなるよう考慮して2組の画素列を選択してゆくことが必要となる。ここで、情報を埋め込む対象である画像(自然画像)に着目すると、画像を構成する各画素値は、輪郭部分以外では比較的連続に変化しており、隣接する画素の画素値はそれぞれ似たような値を取っていることが分かる。そこで、画像中よりそれぞれランダムに選択した2組の画素列を情報埋め込みに用いるのではなく、一方の画素列は画像中よりランダムに画素を選択することで構成し、それら画素の近傍画素を選択し、すでに構成されている画素列に沿わせるかたちでもう一方の画素列を構成すれば、 $\sigma$ を小さくすることが可能であると考えられる。

### 3 実験および考察

実験として、 $768 \times 512$ 画素の自然画像200枚を用い、各々の画像より2組の画素列をそれぞれ、(i)ランダムに選択した場合と(ii)一方の画素列の近傍画素を選択してもう一方の画素列を構成した場合とで $d$ の標準偏差がどのように変化するかを観測した。ここで、(ii)の近傍画素としては、一方の画素列に属する画素の右隣の画素を採用した。また画素列の長さ $N$ はすべて10000とし、各画像において、(i),(ii)それぞれの場合について50通りずつの違った画素列対を選択してデータをとった。

表1は、(i),(ii)のそれぞれの場合における $d$ の標準偏差 $\sigma_r, \sigma_n$ の比 $\sigma_n/\sigma_r$ の平均および分散をまとめたものである。

表1: 画素列選択法の違いによる $\sigma$ の比( $\sigma_n/\sigma_r$ )

	平均	標準偏差
$\sigma_n/\sigma_r$	0.168714	0.077348

以上の実験結果より、2組の画素列を画像中よりランダムに選択するのではなく、一方の画素列に他方に沿わせるかたちで2組の画素列を選択することで、情報埋め込みに伴う操作量を約17%程度に減少させることが示された。これにより、近傍画素を用いて画素列を選択することが画質劣化を抑制するために有効な手段であることがわかる。また、 $N$ を十分大きくとることで、 $d$ の分布は正規分布に従うことより、式(6)に示したしきい値 $t$ から、情報埋め込み画像の信頼性(false positive)を算出することができることがわかる。

### 4 おわりに

本稿では、統計的手法によるデータハイディングにおいて2組の画素列を選択する場合、一方の画素列を他方に隣接して求めることで、信頼性(false positive)を同一にしたまま情報埋め込みに伴う操作量を減らし、情報埋め込み画像の画質を向上することが可能であることを述べた。

人間の視覚特性としては、平坦な部分での変化に比べ、乱雑な部分での変化に対しては鈍感であることが分かっている。また、統計的手法では、画素列すべての値を集めた場合に $d$ の大小を比較できればよい。これらを考慮し、隣接画素列を用いて $\sigma$ を小さくすると同時に、選択された各画素に対し、式(2)に示したように一様に、 $d = t\sigma/\sqrt{N}$ となるように操作を加えるのではなく、操作対象となる画素の周辺部の乱雑さに応じて、操作量を配分し、結果として $\sum a_n - \sum b_n = N \times t\sigma/\sqrt{N}$ となるよう各画素に対し操作することで、より画質を向上させることが可能であるといえる。

### 謝辞

本研究の一部は、情報処理振興事業協会で実施される創造的ソフトウェア育成事業の一環として行なわれたものである。

### 参考文献

- [1] 上條浩一, 清水周一, 小林誠士: "近傍ピクセルの性質を用いたデータハイディング", In Proc. of IPSJ 56th annual conference, 1998
- [2] 小出昭夫: "Data Hiding 技術とその応用", 精密工学会画像技術専門委員会研究会, 1998