

# 誤りパターン埋込み型ステガノグラフィに関する一考察

索手イッペイ†

福岡久雄†

松江高専‡

## 1 はじめに

ステガノグラフィとは秘密データをメディアデータに埋め込む技術、研究分野の総称である。一般的な通信では秘密データを暗号化し、それを相手に送信する。しかし、この方法では秘密データの内容そのものを隠蔽することはできるが、通信行為そのものは他者に認知されてしまうため通信妨害をうける可能性がある。一方ステガノグラフィではメディアデータ内に秘密データを埋め込むため、第三者に秘密データの存在を知覚されずに通信を行うことができる。

ステガノグラフィでは基本的にメディアデータの冗長性を利用して秘密データを埋め込みを行う。しかし、埋め込む秘密データの容量が増加するほどにメディアデータの質は劣化する。ステガノグラフィではその性質から多くのデータを埋め込むことが可能であること、そしてそれと同時に埋め込みが主観的・客観的に認知されないことが求められる。

本研究ではグレースケール画像にテキスト情報を埋め込むようなステガノグラフィ技術を対象とし、誤りパターン埋込み法における画質劣化と埋め込み率とのトレードオフ関係を実験的に明らかにする。

## 2 誤りパターン埋込み法の概要

ステガノグラフィ技術における代表的な埋め込み方式の一つに LSB 法がある。この手法では秘密データのバイナリ表現をメディアデータの LSB 平面とそのまま置換することによって埋め込みを行う。この手法はアルゴリズムが単純であり多くの情報をメディアデータに埋め込むことができるほか、LSB のみへ埋め込みを行うことからメディアデータの品質劣化が少ない。一方で秘密データのバイナリ表現をメディアデータの LSB 平面とそのまま置換えることから埋め込み後のビット誤りが起きやすいという問題がある。ここで、埋め込みに使用

したビット列長  $n$  に対し、埋め込んだデータ量  $n_{embedded}$  との割合  $\frac{n_{embedded}}{n}$  を埋め込み率、変化したビット数  $n_{inverted}$  との割合  $\frac{n_{inverted}}{n}$  を誤り率という。

これまで、LSB 法の誤り率を改善したいいくつか手法が提案されてきた。その一つとして誤りパターン埋め込み法が知られている。この手法は秘密データをより冗長でハミング重みの小さいビット列である誤りパターンに変換し、誤りパターンと画像の LSB 平面との排他的論理和で LSB 平面を置き換える。こうすることで、埋め込み後のビット誤りを少なくし、LSB 法に比べ優れた誤り率を実現している。しかし、1 データの埋め込みにより長いビット列を必要とすることから埋め込み率は LSB 法に劣ってしまう。

## 3 誤りパターンの生成

誤りパターンへの変換方法の一つに秘密データ内に出現するビットパターンと誤りパターンの対応を表すテーブルを用意する方法が知られている。しかし、秘密データの各ビットパターンの大きさを  $m$  とすると  $2^m$  個の要素を対応付けたテーブルが必要となり、テーブルが膨大となりやすい。このことからメモリ制約の大きい環境での実装が困難になるという問題点があげられる [1]。そこで本研究では Shalkwijk の数え上げ符号 [2] を用いた埋め込みデータから誤りパターンを動的に生成する手法を提案し、この問題の解決策を示す。Shalkwijk の数え上げ符号とは、長さ  $n$ 、ハミング重み  $k$  の 2 進数の集合に対し  ${}_nC_k$  種類の 2 進数を一意に割り当てる符号化方式であり、これを用いて各ビットパターンに対して誤りパターンとの相互変換を行うことができる。

## 4 実験方法

実験手順の概要を図 1 に示す。以下に示す手順で実験を行った。実験には  $256 \times 256$ px の 8bit グレースケール Bitmap である自然画像 100 枚を使用し、埋め込みに使用するメッセージはほぼ当確率で発生する 8bit コードの列とした。

A study on steganography based on embedding error patterns

†Ipppei Nawate Hisao Fukuoka

‡Matsue College Of Technology

- (1) メッセージの各コードを Shalkwijk の数え上げ符号を用いて動的に誤りパターンへと変換し、変換した誤りパターンと画像の LSB 平面との排他的論理和を画像へと埋め込む。
- (2) 埋め込み前後の画像を比較し、誤り率、SSIM[3]を算出する。
- (3) 誤りパターン長を 8bit から 256bit まで変化させ (1), (2) を繰り返す。
- (4) 画像を入れ替えて (3) を繰り返す。

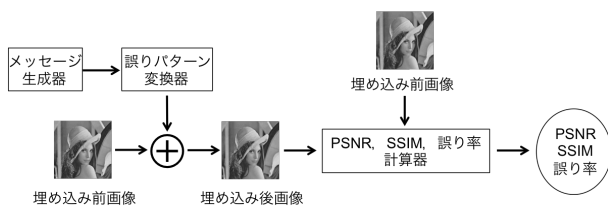


図1 実験概要1

## 5 実験結果

誤り率に対する埋め込み率と参考文献 [1] の式 (4) で表される 2 値エントロピー関数  $H(\Delta)$  の変化のグラフを図 2 に、SSIM の上位下位 10 枚の画像の埋め込み率による SSIM の変化のグラフを図 3 に示す。

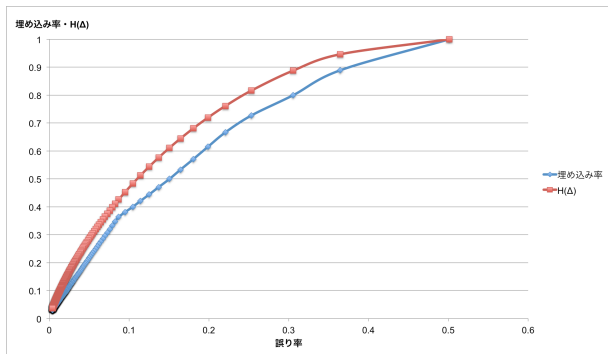


図2 誤り率に対する埋め込み率と  $H(\Delta)$  の変化

誤りパターン埋め込み法では埋め込み率と誤り率が参考文献 [1] における式 (10) を満たす場合に埋め込みが可能となる。図 2 より、実際に計測された誤り率に対する埋め込み率と  $H(\Delta)$  はすべての点において式 (10) を満たしている。よって誤りパターンテーブルを用いた場合の誤りパターン埋め込み法と同様に Shalkwijk の数え上げ符号を用いて誤りパターン埋め込みを実現できたといえる。

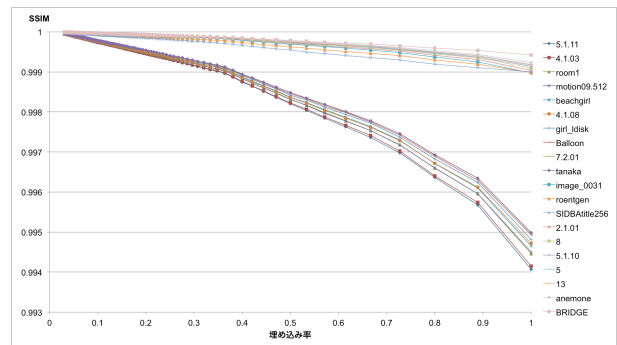


図3 画像ごとの SSIM の変化

また、図 3 より SSIM が最低でも約 0.994 とすべての埋め込み率に対して SSIM の基準値である 0.98 を上回っていることがわかる。本実験では  $256 \times 256$ px の画像を使用したため埋め込み率 100 % なら 8192 文字を埋め込むことができる。埋め込み率を半減させ 50 % としたならば、文字数も同時に半減し 4096 文字となり大きな差が生じる。一方で SSIM では埋め込み率を半減させたとしても最大で約 0.015 程度の差しか生じておらず、この差が画質に与える影響は非常に小さい。つまり画質劣化の側面から言えば、LSB のみに埋め込みを行う場合、埋め込み率を下げる、つまり誤り率をいかに小さくするかといことはあまり大きな問題ではないということがわかった。

またこの結果は同時に画質劣化が許容される範囲で LSB だけでなく 2bit 列目以降への埋め込みが十分可能であることを示している。加えて、画像ごとに同じ埋め込み率に対する SSIM が異なることから、画像によっては 3bit 目 4bit 目への埋め込みも可能であることも同様に考えられる。

## 参考文献

- [1] 合田翔, 渡辺峻, 松本和幸, 吉田稔, 北研二. コスト付き符号化を用いたステガノグラフィ. 信学技法 IT, Vol. 113, No. 153, pp. 5–9, 7 2013.
- [2] J.PIETER M.SHALKWIJK. An algorithm for source coding. *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY*, Vol. IT-18, No. 3, pp. 395–399, May 1972.
- [3] Zhou Wang, Alan Conrad Bovik, Hamid Rahim Sheikh, and Eero P.Simoncelli. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY*, Vol. 13, No. 4, pp. 600–612, April 2004.