

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 一平†

福岡久雄†

松江工業高等専門学校†

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。通常、秘密データの通信は暗号化技術によって暗号化し、それを送り合うという形になる。しかし、この方法では秘密データの内容そのものを隠ぺいすることはできても通信行為そのものは他者に認知されてしまい、通信妨害などの危険を排除することはできない。一方、ステガノグラフィでは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むことで通信行為そのものを隠ぺいすることができる。

しかし、冗長性を利用しているとはいえ秘密データを埋め込むことにより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できるだけ多くのデータを埋め込むこと、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 埋め込み手法

ステガノグラフィ技術におけるは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 平面とそのまま置き換え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。一方で埋め込みによる LSB の変化に対して考慮されていないことから LSB 以外への埋め込みが難し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に対し、埋め込んだデータ量の割合を埋め込み率、変化したビットの割合を誤り率という。

上記のことから 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おり、優れた誤り率を持つ。この手法ではテキスト情報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。冗長なビット列を使用することから LSB 法に比べより低い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については LSB 法に劣ってしまう。

3 誤りパターンへの変換における問題

誤りパターンへの変換方法の一つに埋め込みデータと誤りパターンを対応付けたテーブルを用意する方法が知られている。しかし、埋め込みデータの大きさを 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する。

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 256×256 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。

- (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、画像の LSB 平面との排他的論理和を埋め込む。
- (2) 埋め込み前後の画像を比較し、誤り率、SSIM を算出する。ここで誤り率 r は埋め込み前後で変化したビットの数を d 、埋め込みに使用したビットの数を n として式 (1) で算出する。

$$r = \frac{d}{n} \times 100 \quad (1)$$

- (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。

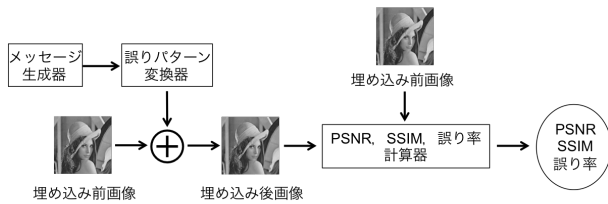


図1 実験概要 1

5 実験結果

埋め込み率による誤り率の変化のグラフを図2に、埋め込み率による画像ごとの SSIM の変化のグラフを図3に示す。

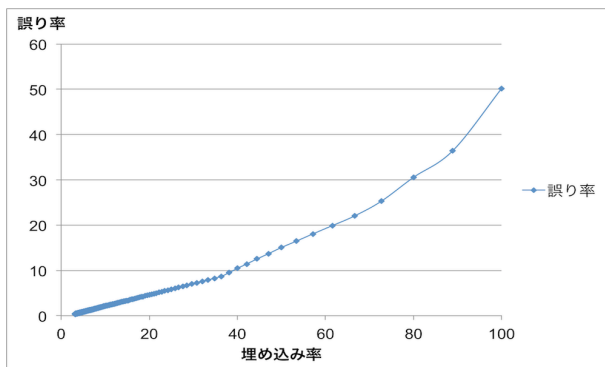


図2 誤り率の遷移

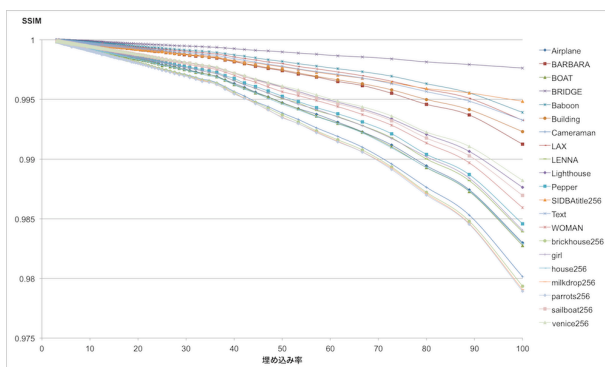


図3 画像ごとの SSIM の遷移

図2より、埋め込み率に対する誤り率の遷移が参考文献 [1] の図されたグラフと同様緩やかな2次曲線となった。このことから Shalkwijk の数え上げ符号を用い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等の機能を実現できたことがわかった。

また、図3より SSIM が最低でも約 0.996 と SSIM の基準値である 0.98 を上回っていることがわかる。これは画質劣化が許容される範囲で LSB だけでなく 2bit 列目への埋め込みが可能であることを示しており、また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と考えられる。

6 おわりに

本研究では誤りパターン埋め込み法における埋め込み率と画質劣化のトレードオフ関係を実験的に明らかにし、これによって画質劣化という観点においてほとんどの画像で LSB 以降への埋め込みが有効であることがわかった。また、Shalkwijk の数え上げ符号を用いた誤りパターンへの動的な変換方法を提案することで、誤りパターンテーブルの肥大化問題を解決した。

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.