

圧縮と切り取りに耐性を持つ電子透かしの性能評価

Performance Evaluation of Image Watermarking Robust for Compression and Clipping

高塚雅広† Masahiro TAKATSUKA 梶原正明† Masaaki KAJIHARA 平川豊† Yutaka HIRAKAWA and Kazuo OHZEKI 大関和夫† Kazuo OHZEKI

1. まえがき

静止画像を対象とした電子透かしでは、単一の改変に対して十分な耐性を持つもの、複数の改変に対して個別に耐性を持つものが存在する。しかし、電子透かしを著作権の保護に活用するためには、複数の改変に対して十分な耐性を持ち、改変が組み合わされた場合にも対応できる必要がある。

そのため、筆者らは、圧縮と切り取りに耐性のある電子透かしの提案し、各種パラメータの比較を行った[1]。今回ブロックサイズの変更に対して検討を行ったので報告をする。

2. 提案手法

本手法では、DCT と量子化による情報の埋め込みによって、圧縮への耐性を確保する。また、画像をブロックに分割し、各ブロックに対して同一の埋め込み処理を施すことにより、透かし情報を複数領域に埋め込む。このことで切り取りへの耐性を持たせる。以上により、圧縮と切り取りの耐性を両立させる。

2.1 透かし情報の埋め込み

埋め込み処理は、次の手順で行う。

- Step1:画像を $N \times N$ サイズのブロックに分割する
- Step2:画像を輝度情報へ変換し、DCT を行う
- Step3:DCT 係数に対し、量子化により情報を埋め込む
- Step4:すべてのブロックに対し Step2, 3 を繰り返す
- Step5:逆変換により情報の埋め込まれた画像を生成する

2.2 透かし情報の検出

検出処理は、次の手順で行う。

- Step1:画像を $N \times N$ サイズのブロックに分割する
- Step2:画像を輝度情報へ変換し、DCT を行う
- Step3:DCT 係数に対し、量子化による情報の判定を行う
- Step4:すべてのブロックに対し Step2, 3 を繰り返す
- Step5:開始位置をずらし、Step1-4 を繰り返す
- Step6:Step5 で得られた開始点ごとの検出率と、閾値とを比較することで透かしの埋め込みを判定する

3. 予備実験

提案手法の切り取りと圧縮への耐性を確認し、求められる耐性に合わせた埋め込みを目的とする。そのために、パラメータと、圧縮・切り取り耐性との関係を明らかにする。実験では、標準画像データベース SIDBA にある 256×256 のカラー画像 12 枚を用いた。

本実験で調べるパラメータは、ビット数、量子化レベル、ブロックサイズ (N) である。

3.1 各ブロックに埋め込むビット数による影響

本手法では透かし情報として、各ブロックに一定のビット数の情報を埋め込み、透かし情報が一致したブロックを見つけて出すことで電子透かしの検出を行う。しかし、埋め

込みを行っていないブロックからも透かし情報が一致したと、誤検出されることがある。

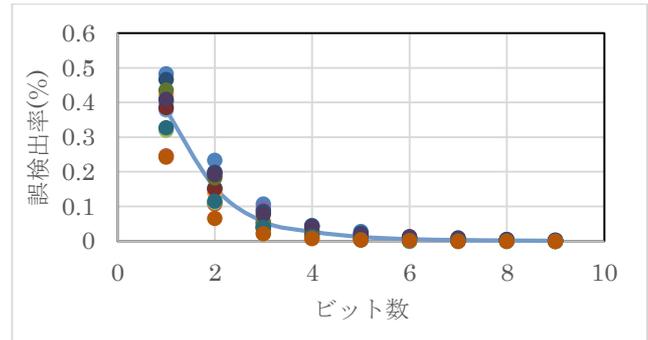


図1 ビット数の変化による誤検出率への影響

図1は埋め込みを行っていない画像に対し、検出処理を行ったものである。ビット数が増えるほど誤検出が減少し、埋め込む情報も増えるが、画質が劣化してしまう。そのため、本手法では3ビットの埋め込みを行う。3ビットの埋め込みでは6%ほどの誤検出が起きる。そのため検出時のブロック数は4以上とし、3/4の割合を超えるもののみを透かし有り判定する。

3.2 量子化レベルの変更による影響

電子透かしの埋め込みは、量子化を用いて行う。この時、量子化のパラメータである量子化レベルにより、埋め込みを行った画像の画質と、圧縮への耐性に影響を与える。

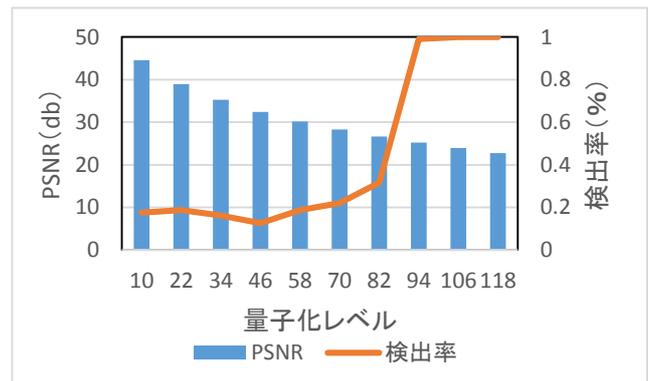


図2 量子化レベルの変化による画質、圧縮耐性への影響

図2は量子化レベルを変更し、電子透かしの埋め込みを行った画像のPSNR調べ、画像を圧縮率3%に圧縮し埋め込んだ透かし情報を正しく検出できたブロックの割合を求めた。

このグラフでは量子化数を大きくすることで、画質が劣化し、検出率を向上している。検出率の向上は、圧縮耐性が高まることを意味する。このことから、圧縮耐性を高めるためには、画質の劣化が起きる。また、図2からは量子化レ

ベル 82 と 94 の間で検出率が大きく向上している。効果的な埋め込みを行うためには、適切な量子化レベルの選択が必要となる。

3.3 ブロックサイズの影響

実験 3.1 から画質と圧縮耐性が両立しないことがわかった。しかし、電子透かしの利用のためには圧縮耐性を持たせつつも、画質の劣化が目につかないレベルにまで抑える必要がある。そこで、ブロックサイズを変更することを考える。埋め込みの際に DCT を行うため、ブロックサイズを拡大することによって透かし情報がより広い領域に拡散され、画質と圧縮耐性の向上がよそくされる。

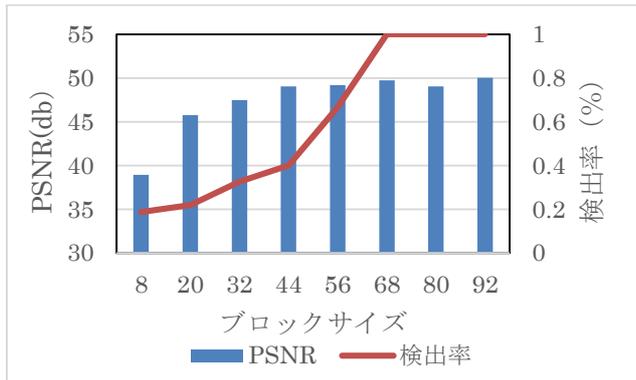


図3 ブロックサイズの変更による PSNR と圧縮耐性への影響

図 3 はブロックサイズを変更し電子透かしを埋め込み、画質と圧縮耐性を調べたものである。ブロックサイズを拡大することで、画質と圧縮耐性を向上させることが可能であることがわかる。しかし、DCT と量子化による埋め込みでは、埋め込みのされたブロックの領域が欠けてしまうと電子透かしを検出することができない。そのため、ブロックサイズの拡大によって小さな領域の切り取りに耐性を持たなくなることが考えられる。

4 性能評価

予備実験の結果をもとに埋め込みパラメータを決定し、提案手法の性能評価を行う。パラメータは条件に合わせて、画質、圧縮耐性、切り取り耐性、圧縮と切り取り耐性を優先したものを用意した。

4.1 実験条件

埋め込みのパラメータ、切り取りの大きさは以下の通りとした。

	画質	圧縮	切り取り	圧縮と切り取り
ブロックサイズ	40	40	10	34
量子化数	40	90	40	90
切り取りサイズ	120	120	30	102

表1 埋め込みのパラメータ

実験では、上記パラメータによる埋め込みを行い、画質の評価を行う。圧縮と切り取りを組み合わせ耐性を調べるため、まず埋め込みを行った画像を 3~4% のファイルサイズに圧縮し、一定の大きさに切り取りを行う。3N×3N のサイズに切り取ることで、検出時の最低ブロック数が 4 となるようにする。

4.2 実験結果

	画質	圧縮耐性	切り取り耐性	圧縮と切り取り耐性
PSNR	46.2	40.9	35.0	39.7
圧縮率 (%)	4	3	4	3
透かし検出率 (%)	100	100	97.8	100

表2 実験結果

それぞれ優先した条件に対して良好な結果が出ている。切り取り耐性を優先したもののみ透かし検出率が 100% ではない。これは切り取りの大きさが 30×30 と小さいため透かしの埋め込みに適さない黒または白に近い領域のみが切り取られてしまったためである。

画質の悪いパラメータ 2 種による埋め込み画像を載せる。



切り取り耐性

圧縮と切り取り耐性

図2 量子化レベルの変化による画質、圧縮耐性への影響

2 番目に画質の悪かった圧縮と切り取り耐性を優先させたものについては、ほとんど画質の劣化は見られない。一方、最も画質の悪かった切り取り耐性を優先したものについては、画質の劣化が顕著である。これは、大きさ 30×30 の非常に小さい切り取りに対応させたためである。

5. まとめ

本論文では、圧縮と切り取りに耐性を持つ電子透かしの性能評価を行った。圧縮と切り取りの組み合わせ攻撃への耐性を持つことが確認できる。また、パラメータの変更によって、求められる条件に合わせた耐性の設定が可能である。今後の課題として、切り取りと圧縮以外の改変への耐性を獲得することがある。

参考文献

- [1] 高塚雅広, 他, "圧縮と切り取りに耐性を持つ電子透かしの提案", 画像電子学会年次大会, Jun 2014.
- [2] 大関和夫, 中島道紀, 八十島耕平, "耐性を極大化した電子透かしシステムへの提案," 2005情報処理学会研究報告, CSEC4-C, pp. 169-174, Mar 2005.
- [3] B.Chen et al, "Quantization Index Modulation: a class of provably good methods for digital watermarking and information embedding," IEEE Trans.IT, Vol.47 no. 4, pp. 1423-1443, May 2001.
- [4] 高橋由泰, 青木輝勝, 安田浩, "切り取り耐性を強化したLCS D固体化方式", 2002 情報処理学会研究報告, EIP, pp.51-58, Feb 2002.