

電子透かしにおけるマスキング効果の主観評価

磯崎 邦隆

1. はじめに

デジタル画像の電子透かしによる著作権保護において画素値の変化の小さい部分、いわゆる低周波成分に透かしを埋め込むと、JPEG圧縮等の攻撃に強い耐性を持たせることができるが、画像の劣化が目立つという問題がある。これに対し伊藤ら^[1]は、視覚特性であるマスキング効果を用いて電子透かしを埋め込むことで、画像の劣化を緩和しつつ、低周波成分へ透かしを埋め込む手法を提案している。

そこで、本研究ではマスキング効果を検証するため、試験システムを実装し、主観的、客観的に評価を与える。

2. 要素技術

2.1 ウェーブレット変換

ウェーブレット変換とは、周波数解析手法の1つであり、画素値の変化に応じて低周波成分と高周波成分を求める。

2.2 マスキング効果

周囲の画素値との差が大きい画素は、画素値の変化が周囲との差に紛れ、視覚的に感知しにくいという特性を持つ。

3. プログラム

3.1 概要

本システムは、以下の順に処理を行うことで、透かしを埋め込む。(1)画像のブロック化、(2)ウェーブレット変換、(3)マスキング効果の高いブロックの抽出、(4)ブロックに対する透かしの埋め込み、(5)画像の再構成。

(1)ではウェーブレット変換の前処理として、画像を 4×4 ピクセルのブロックに分割する。

3.2 (3)マスキング効果の高いブロックの抽出

各ブロックの低周波成分 $w(u,v)$ と $w(u+1,v)$ 、 $w(u-1,v)$ 、 $w(u,v+1)$ 、 $w(u,v-1)$ との差分の合計が予め設定した閾値以上の値をとった場合、マスキング効果が高いと判断し、 $w(u,v)$ へ透かしを埋め込む。このとき、閾値を大きく取ることによって、より画像の劣化を緩和することが可能だが、埋め込む透かしの絶対量は減少する。

4. 実験

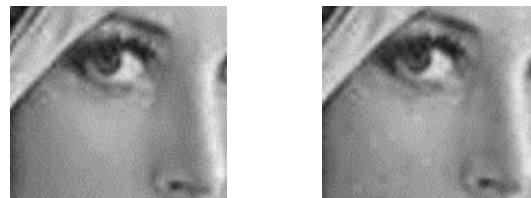
4.1 方法

本システムを用いて透かしを埋め込んだ画像(a)と、ランダムに透かしを埋め込んだ画像(b)を図1に示す。

これらの画像の劣化を客観的、主観的に評価を行う。客観評価の尺度として、PSNRを用いる。

4.2 実験結果

(a)、(b)に対し、透かしの埋め込み量を可変とした場合のPSNRの変化を表1に示す。



(a)マスキング (b)ランダム

図1. 画像例

表1. PSNRによる客観的評価

閾値		30	60	90	120	150
PSNR [dB]	マスキング効果(a)	42.9	46.2	49.1	52.1	54.6
	ランダム(b)	42.6	45.9	48.8	51.7	54.2

主観評価として、10名の被験者に対し、(a)、(b)をランダムな順で与えて画質の優劣を判定し、(b)を劣化画像(正解)と選択する確率を求めた。判定の際は、画像を部分的に拡大しての比較等による埋め込み箇所の特定を防ぐため、被験者には画像を操作させずに判定した。結果を図2に示す。期待値は81%であった。

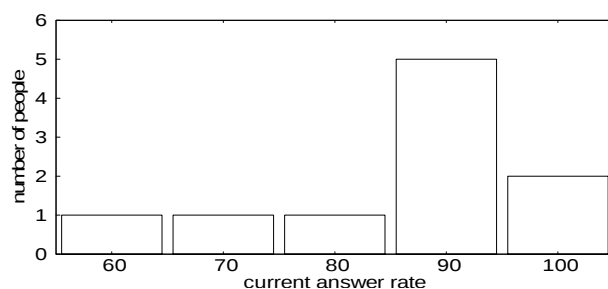


図2. 主観評価のヒストグラム

4.3 考察

客観評価では、(a)、(b)共にPSNRに大きな差異は見られなかったが、主観評価では、被験者が90%以上の(b)に対して(a)よりも劣化を感じたケースが半数以上見られた。これは、(a)が視覚的な画像の劣化を緩和したことを示している。

5. おわりに

マスキング効果を用いた透かしの画質を客観的、主観的に評価した。その結果、マスキング効果が視覚的な画像の劣化を抑えることに有効であることが示された。

今後の課題として、閾値の自動設定が考えられる。

参考文献

[1]伊藤, 坪川, マスキング効果を利用した JPEG 圧縮に耐性のある電子透かし, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J85-D-II, No. 11, pp. 1664-1671, 2002 年 11 月.