

電子透かしを埋め込んだベクター画像の客観評価手法に関する検討

A STUDY ON OBJECTIVE EVALUATION METHOD OF WATERMARKED VECTOR GRAPHICS

河村圭
Kei Kawamura

山本勇樹
Yuki Yamamoto

石井大祐
Daisuke Ishii

渡辺裕
Hiroshi Watanabe

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University.

1 はじめに

デジタル著作権管理 (DRM: Digital Rights Management) を実現するために、電子透かしをコンテンツに埋め込むという手法がある。特にベクター画像ではデータ量の多い特徴点 (座標値) を利用することが多い。さらに埋め込み手法として振幅や周波数を操作する場合は、劣化を伴うため画質評価が必須である。

これまでに数多くのベクター画像への電子透かし埋め込み手法が提案されているが [1], その画質評価手法は十分検討されていない。ただし、評価項目は地理情報標準プロファイル (JPGIS) により標準化されている。本稿では、電子透かしを埋め込んだベクター画像について、客観的な画質評価の実現を目的とする。提案手法は画質評価の基準として、ベクター変換により生じる差分と白色雑音の比較を用いる。

2 従来手法

2値画像をベクター変換すると、座標値の整数化などの要因により変換誤差が生じる。この位置ずれは白と黒の境界線に沿って生じるため、主観品質への影響は少ない。一方、変換誤差と同じ画素数の白色雑音を元画像に付加すると、図1のように主観品質は大きく低下する。

このように、2値画像やベクター画像 (ラスターサイズ後) に対して、差分画素数を用いても主観品質と客観品質に大きな隔たりが生じる。この傾向は、振幅や周波数領域で電子透かしを埋め込む場合も同様である。

3 提案評価手法

位置ずれによる劣化を考慮するために、 2×2 画素で対応する画素位置の探索を行い、差分とずれ量を同時に評価する手法を提案する。

まず、画素ごとの評価値 $d(x, y)$ を、

$$d(x, y) = \min_{\|(x, y) - (x', y')\| < 2} \frac{d'}{4} + \frac{\|(x, y) - (x', y')\|}{4(d' + 1)}, \quad (1)$$

$$d'(x', y') = \sum_{i, j \in (0, 1)} |I_1(x'+i, y'+j) - I_2(x'+i, y'+j)| \quad (2)$$



図1 元画像, ベクター画像, 白色雑音付加画像

表1 画質評価手法の比較

| Image Types | Proposed Method | Difference (PSNR) |
|-------------|-----------------|-------------------|
| Vector | 3.03% / 30.4dB | 4.09% / 27.8dB |
| with Noise | 3.88% / 28.2dB | 4.09% / 27.8dB |

表2 透かし埋め込み手法の比較

| Watermarking Method | Degradation | Difference |
|---------------------|--------------|--------------|
| Amplitude: Small | 3.36%/29.5dB | 4.77%/26.4dB |
| Amplitude: Large | 3.98%/28.0dB | 5.87%/24.6dB |
| Frequency: Low | 4.44%/27.1dB | 6.78%/23.4dB |
| Frequency: High | 3.80%/28.4dB | 5.62%/25.0dB |

と定義する。 I_1, I_2 は比較する画像, $I(x, y) \in (0, 1)$ は画素値とする。さらに、画像全体の評価値 D は、

$$D_{I_1, I_2} = \text{ave}_{(x, y) \in I} d(x, y) \quad (3)$$

と定義する。ave は平均値を計算する関数である。

提案手法は4画素のローパスフィルタ効果を持つ一方で、差分がない場合にもずれ量を加算している。

4 評価実験

まず、ベクター変換画像と白色雑音付加画像を用いて提案評価手法の評価実験を行った。結果を表1に示す。

提案評価手法は、画像が同じ差分量を有している場合、白色雑音に対しては従来評価と同程度の評価を示す。一方で、ベクター画像に対しては従来評価より高品質であると評価していることが確認できる。

さらに、電子透かしを埋め込んだ画像に対して、提案評価手法を適用した。結果を表2に示す。ここで電子透かしの埋め込み手法は、振幅操作として座標値に乱数を直接加算し、周波数操作として座標値に乱数を周期的に加算した。提案評価手法は、電子透かしの埋め込みによる画質劣化が評価できることが確認できる。

5 おわりに

本稿では、座標値に電子透かしを埋め込んだベクター画像の客観画質評価手法を提案した。提案手法は、差分とずれ量を同時に評価可能である。実験により提案評価手法は、白色雑音に対しては画素差分と同程度の品質を示す一方で、位置ずれによる誤差を許容した品質を示すことを確認した。

参考文献

- [1] 特許庁, “電子透かし,” http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/hyoujun_gijutsu/denshi_sukashi/