

3次元ヒストグラムによる電子透かしのための3軸に関する検討

佐藤 光[†] 河野 公一[†][†]東北工業大学 工学部 情報通信工学科

1. はじめに

近年、デジタルコンテンツに対する著作権保護や不正流出を目的として電子透かしが用いられている[1]. 既存の電子透かしの埋め込み方法のほとんどはデジタルコンテンツを対象としたものであり、そのままでは印刷物に適用できない. しかしながら、もし、同一の電子透かしによってデジタルコンテンツだけでなく、印刷物も保護できれば、利便性を向上できる.

印刷物を対象とした従来法として、3次元ヒストグラムを用いた電子透かしの印刷耐性に対する研究がある[2]. これは、RGB色空間上の3次元ヒストグラムに電子透かしの埋め込んだ画像をプリンタで印刷し、それをスキャナで読み取って電子透かしの印刷耐性を評価した研究である. この研究では、RGB特徴空間上でDA-AD変換を行うと、画像領域で隣接していた画素の境目に中間色が発生し、その結果、点として埋め込んだ電子透かしが一定の範囲に分布してしまうことがわかった. そのため、写真に電子透かしの埋め込んで印刷する場合、3次元ヒストグラムの3軸をRGBに対応させる方法では隣接画素の影響を強く受けるため、埋め込んだ電子透かしの形状を維持することができず、そのままでは写真の印刷物に応用できない. 印刷物に対して電子透かしの埋め込めるようにするためには、RGBを直接3次元ヒストグラムの3軸にとるのではなく、画像を周波数領域に変換し、それを3次元ヒストグラムの軸として用いることが有効と考えられる.

そこで本研究では、印刷物を対象とした3次元ヒストグラムによる電子透かしのための3軸を検討することとする. ここでは、3次元ヒストグラムの軸として周波数変換の1つである離散コ

サイン変換を用いて、画像を周波数領域に変換した後、整数値に離散化し、それを逆変換した場合の画質について評価を行った.

2. 2次元離散コサイン変換の概要

2次元離散コサイン変換を行う際に、対象の画像(カラー)を読み込んだ時、画像をグレースケールに変換する. 各画像に対して2次元離散コサイン変換(DCT変換)を行い、空間周波数を出力した. 空間周波数の成分は左上部分が低周波成分、それ以外の成分は高周波成分といい、共通して低周波成分左上隅の一点の画素のみが他の成分に比べ、1桁違いに大きいという特徴がある

3. 開発環境及び実験データ

開発環境は、Gentoo Linuxを使用しPython-3.4.3をインストールした. 画像は512×512画素(PNGファイル)のレナ画像、ボール、動物のサイと羊、植物の花の計5種の画像に対し、実験を行った.

4. 実験方法

4.1 2次元離散コサイン変換

5種の画像に対してDCT変換を行う. それから、変換後の配列に対して、0から65535までとなるよう正規化を行う. さらに、符号なし16ビットとして離散化し、画像を保存する.

4.2 2次元逆離散コサイン変換

空間周波数領域として表れた画像に対し電子透かしの埋め込む前に元画像に戻るか確認のため、2次元逆離散コサイン変換(IDCT変換)を行う. IDCT変換では、DCT変換で出力した空間周波数を読み込み、DCT変換で行った処理を逆に行うことで画像に戻して出力する.

4.3 PSNRによる画質の評価

本研究では、DCT変換及び、IDCT変換による画像の劣化を定量的に評価するために、画像の劣化具合を表す客観的指標として用いられるPSNR

表1 画像の評価結果

画像名	PSNR[dB]
レナ	59.0[dB]
ボール	40.6[dB]
サイ	58.0[dB]
羊	54.4[dB]
花	56.2[dB]

を使用し、元画像と IDCT 変換後の画像との PSNR を求めた。

5. 実験結果

表1は5種の画像を DCT 及び IDCT を行い、元画像と IDCT 後の画像の PSNR を求めた結果である。

表1はボールを除いてレナ、サイ、ボール、羊、花は50[dB]以上という数値になった。図1は表1の最も PSNR の結果が最も良かったレナ画像について、元画像と IDCT 後の画像を比較したものである。図1の(a)レナ画像と、(b) IDCT 後の比較については目視では画質の劣化は見られず、PSNR は約59[dB]という結果となった。また、図2は最も PSNR が低かったボール画像について、元画像と IDCT 後の画像を比較したものである。図2の(a)ボール画像と(b) IDCT 後を比較すると、ボールの輪郭と影の境目にあたる部分に白い点が表示され、PSNR は約40[dB]と他の画像の結果と比べて低い数値となった。図2(c)に IDCT 後のボールに表示された白い点の印を示した画像を、(d)に白枠で囲んだ印Aの拡大図を示した。

6. 考察

PSNR は30~50[dB]の劣化で高画質とされている。実験結果より、ボールを除いて PSNR は50[dB]以上という数値となり、IDCT 変換後も高画質を維持していることがわかった。また、ボールの PSNR が他の画像よりも低い。これは、IDCT 後に表れる白い点が、ボールと影の境界付近に表れており、ボールは高周波成分を多く含んでいる画像であるからだと考えられる。16ビットで画像を保存する際に画素値の小数点を切り捨てたことによって、他の画像と比べ、その影響が強く表れたと考えられる。

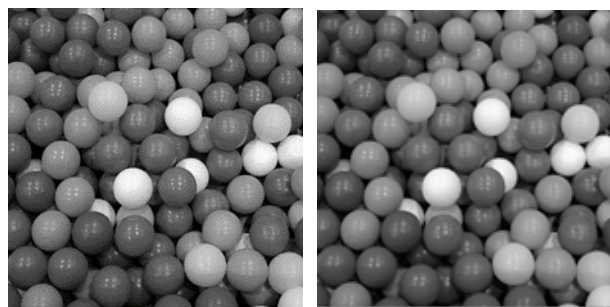
7. まとめ

本研究では、電子透かしを埋め込む方法の一つとして DCT 変換と IDCT 変換を行い、PSNR による画質の劣化具合を評価した。PSNR の結果から、画質の劣化が少ないことがわかった。以上のことから、DCT 及び、IDCT による電子透かしの埋め

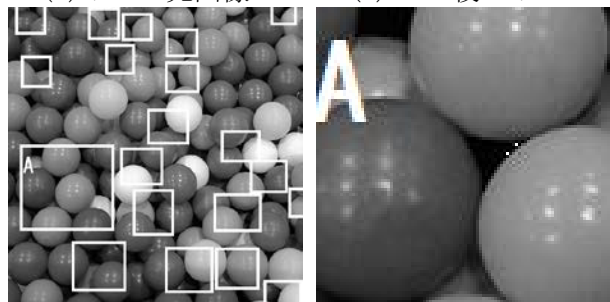
込みのための3軸として、DCT 変換を利用できることがわかった。しかし、ボールの画像のように輪郭の成分を含む高周波成分を多く含んでいる画像等は白い点のように劣化が表れる場合もあった。劣化の原因を更に追究することが今後の課題である。



(a) レナ元画像 (b) IDCT 後のレナ
図1 元画像と IDCT 後の比較(レナ)



(a) ボール元画像 (b) IDCT 後のボール



(c) IDCT 後の劣化 (d) A 印の劣化部分拡大
図2 元画像と IDCT 後の比較(ボール)

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K12029 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 小野東, 「電子透かしとコンテンツ保護」, オーム社, 2001.
- [2] 齋藤孔永, 高橋順平, 河野公一, 「3次元ヒストグラムを用いた電子透かしの印刷耐性に関する検討」, 平成26年東北地区若手研究者研究発表会, pp. 119-120, 2014.