法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-13

「電子透かし」についての一考察

石田, 則道 / ISHIDA, Norimichi

(出版者 / Publisher)
法政大学計算科学研究センター
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
Bulletin of Computational Science Research Center, Hosei University / 法政大学計算科学研究センター研究報告
(巻 / Volume)
14
(開始ページ / Start Page)
205
(終了ページ / End Page)
208
(発行年 / Year)
2001-03-31
(URL)
https://doi.org/10.15002/00024940

「電子透かし」についての一考察

石田則道
法政大学 計算科学研究センター

インターネットの普及は、ディジタル社会を生み出し、画像や音声などのマルチメディア・データを容易く取り出し、再利用することができる。そのようなディジタル著作物の不正利用を防止するための技術に「電子透かし」がある。その技術の骨子は「主情報に人間には知覚できないような副情報を埋め込む」ことである。ディジタル著作物に ID 情報などを透かし情報として埋め込む場合、原画像に直接埋め込むのではなく、一旦、周波数変換をしてから埋め込み処理をする方法について検討する。

１． はじめに

IT（情報技術）革命が叫ばれ、ディジタル化社会が到来し、情報がインターネット上を飛び交っている昨今である。画像、音楽などのディジタル情報の編集、加工、蓄積が容易に行われ、不特定多数間でのディジタル・コンテンツの流通が普及している。それは「品質を劣化させることなく複製が容易である」ことを意味し、権利侵害の問題へ波及しつつある。それに対して有力な技術的手段として、電子透かしが最近注目されている[1]。そこで、電子透かし技術の概要、その具体例、さらに著作権保護について考察する。

２． 電子透かしの概要

「電子透かし（digital watermark)」とは、ディジタル著作物の不正利用を防止するために、見えにくい、ID 情報を画像などに隠しもたせることである。その技術とは「ディジタルが画像、音楽などのコンテンツ（主情報）内に人間には知覚できないような別情報（副情報）を埋め込む技術」と言える。

2.1 背景

DVD、写真、音楽などがディジタル・データのままで、利用者の手元に届き、パソコン使えば映像ソフト、音楽ソフトなどで手軽に複製、編集ができる。そして、インターネット環境を利用すれば映像、音楽を自由に配信することができる。ディジタル著作物の普及は、著作権に対して新たな問題を引き起こす要因である。

著作権を巡る問題には二つの側面があり、一つは著作物の提供者が著作物の利用に応じて対価を受け取る課金問題。もう一つは利用者に不正なコピーをさせないようにする複製防止の問題である。前者の課金問題は、録音媒体に著作権料を上乗せする賦課金制度や暗号化、スクランブル技術などで解決された。未解決なのは、後者の複製防止である。著作物を不正利用から守るには、利用者の不正コピーの防止、それを支援するシステム体制作りを急ぐ必要がある。

2.2 電子透かしの要件

電子透かし技術の要件を整理して見ると、１）著作物にその権利を示す透かし情報が残ることである。埋め込んだ情報を無理やり除去すると、著作物の品質が劣化し使い物にならなくなる。フィルター処理、データ圧縮などを施しても埋め込んだ透かし情報が無くならないこと。２）さらに、透かし情報が著作物のどこに埋め込まれているかがわかりにくいこと。例えば、画像をコピーした場合、埋め込んだ透かし情報が分からない。それは、許諾を得ず利用した人には何の痛みも伴わない恐れがあり、著作物の提供者は埋め込んだ情報のデータベース化などで対応しなければならない。

３． 電子透かしの詳細

3.1 埋め込み方式

ID 情報などを静止画や音声に埋め込むための技術の総称をデータ・ハイディング（data hiding）と呼び、ここでは静止画に埋め込む場合を検討する。電子透かしは、原画像（主情報）に透かし情報（副情報）（図１）を加えて、透かし入り画像を作成することである（図２）。

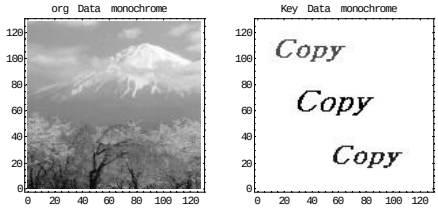

図 1. 原画像（主情報）と透かし情報（副情報）

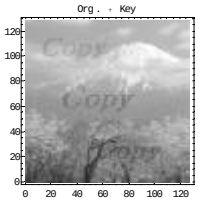

図２．透かし入り画像

電子透かしの方式は、音声波形や画像の画素などの標本値に直接埋め込む方式（図３）と、一度、周波数領域（DCT,FFT,wavelet 変換など）に変換してから埋込む方式（図４）に大別することができる。一般に標本値埋め込み方式は、作成する処理は早いが、加工・圧縮などの編集する作業の耐久性には乏しいと言える。

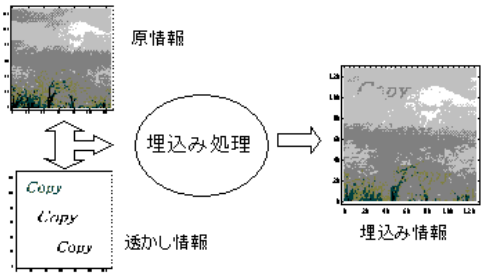

図３．標本値埋込む方式

それに比して周波数領域への埋め込み方式は、その処理に多数の段階作業を伴うが、加工などの編集に耐久性がある。

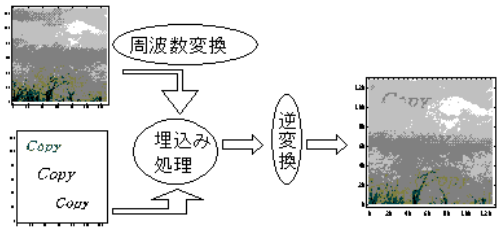

図４．周波数領域埋め込み方式

利用する立場から埋め込み情報を読み出すことを考えると、埋め込み済みの画像のみから行う方法と、埋め込み前の原情報と比較して行う方法が考えられる。電子透かしの性質からして埋め込み前の原情報の入手は困難であり、前者の方法が一般的である。また、埋め込み情報、埋め込み個所など原画像との対応関係を考慮することで、埋め込み情報の除去、改ざんが難しくなる。

3.2　周波数変換による埋め込み

周波数成分に透かし情報を埋込む方式は、周波数変換（変換、逆変換）を 2 度行う必要があるが、透かし情報を除去しにくくするという特徴がある。原画像の画質をできるだけ劣化させずに透かし情報を埋め込む、さらに、その埋め込み情報ができるだけ取り除けないようにしたい。「埋め込みによる画質の劣化」と「電子透かしの強度（透かし情報の除去しにくさ）」はトレードオフの関係になる。

周波数成分に変換することで、人間の知覚上敏感な部分（主要部分）と、そうでない部分（冗長部分）に分離できる。そのことを利用して、透かし情報を周波数帯域に雑音として埋め込むことが基本的な原理である。

3.3　Wavelet 変換による埋め込み

直交変換に基づく離散値系 Wavelet 変換は、ベクトルを Wavelet 変換して得られるスペクトラムベクトルがファザーとマザーWavelet 近傍に、もとのベクトルの特徴を集約する性質がある[2]。この局所的に集める性質を使って電子透かしの埋め込みを試みる。

128×128 画素からなるカラー原画像データに、32×32 画素のカラー埋め込み情報データを用意し（図５）、原画像データを Wavelet 変換する。その変換画像の高周波成分に埋め込み情報を入れる（図６）。

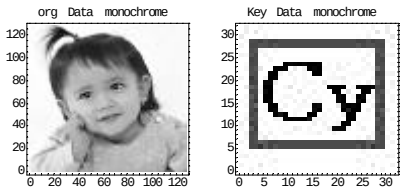

図５．原画像データと埋め込み情報データ

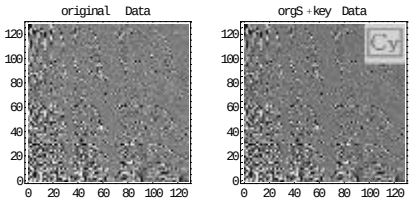

図６. Wavelet 変換と埋め込み情報

Wavelet 変換した結果、主要成分が原点付近に集約していることが理解できる（図６左）。その図の高周波領域に 32×32 画素の情報を埋め込む（原画像の 16 分の１）。ちなみに埋め込む前の画像との相関係数は 0.999 である。埋め込み後の画像を逆変換することで、提供可能となる（図７）。原画像と透かし情報を埋め込んだ画像との相関係数は、0.996 である。

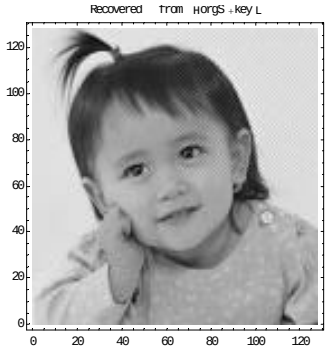

図 7.　透かし情報を埋め込んだ画像

wavelet 変換では、得られたスペクトラムベクトルが原点（ファザーとマザーwavelet 係数）の周辺に集約するということは、その近辺でベクトルの特徴を表していることになり、結果として、ベクトルを構成する離散値データの個数が減らされ、データの圧縮が可能になることを意味する。そこで、Wavelet 変換後に情報を埋め込んだ画像（図６右）で、原点を先頭として 64×64 の画像領域を残し、他をゼロとすることで 25%にデータを圧縮したことになる。図８はそれを逆変換して再現した画像である。

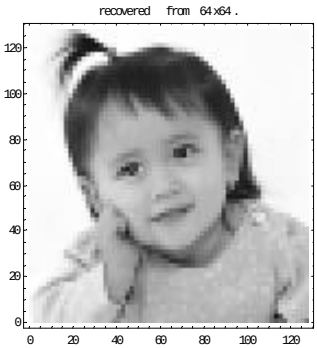

図 8.　25%に圧縮した画像から再現した画像

原画像との相関係数は、0.982 である。この再現した画像には、透かし情報の影響がないが、透かし情報の埋め込む場所によっては、微妙な関連づけも可能である。

また、輝度による人間の視覚特性を利用する方法も考えられる。人間の視覚は、輝度の高い画素の近傍にある輝度の低い画素は見えにくいという特性がある。透かし情報を輝度値に重ねる形で埋め込めば、除去、改ざんは難しい。

輝度に関する例を多重解像度解析から検証する。多重解像度解析は、離散値データの組み合わせで構成されるベクトルを他のベクトルの和に分解し、もとのベクトルの特徴を吟味する解析である。128×128 画素からなる原画像は、８つのレベルに分割される。1-7 レベルまでの和と 1-8 レベルまでの和（元の原画像）を図９に示す。

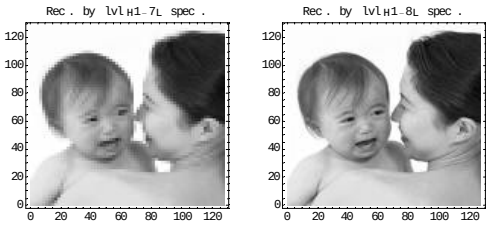

図 9.　1～7 レベルの和　1～8 レベルの和

1-8 レベルまでの和の画像から 1-7 レベルまでの和の画像との差が図 10 である。この輝度に透かし情報をバランスよく加えることで、高度な透かし情報埋め込み画像ができる。図９の２つの画像の相関係数は 0.989 である。

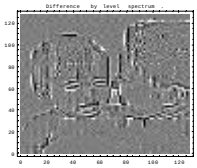

図 10. レベルスペクトラムの差

４．おわりに

インターネットの急激な普及と AV 機器のデジタル化が進んだことで、デジタル著作物を流通させる方法が急増し、誰でもが著作物を複製、編集することが可能になった。これに伴い著作権にまつわる問題は、深刻な社会問題になりつつある。ここでは、不正なコピーを防ぐ技術として、電子透かし技術を概説し、wavelet 変換による周波数領域埋め込み方式について考察した。

電子透かし技術は、著作権保護手段の一つではあるが、解決しなければならない課題は山積している。技術面はもとより、法律面の整備も急務である。インターネットに代表されるデジタル文化の時代は、新しい世紀のキーワードである。

参考文献

[1]“電子透かしがマルチメディア時代を守る”、NIKKEI ELECTRONICS、1997 年 2 月.
[2]斎藤兆古、“ウェーブレット変換の基礎と応用”、朝倉書店、1998 年 4 月.

キーワード.

電子透かし、ウェーブレット変換、著作権

Summary.

A Study of Digital Watermark

Norimichi Ishida

Computational Science Research Center, Hosei University

Recently, The internet is exponentially developed on digital society. As result, We can get easily literacy work without permission from author. The infringement of copyright is carry weight worthy of remarkable problem in net society.

watermark is one of the recently remarkable technology for preventing form infringement of the copyrights for digital data of the original content. We have presented a one of method of digital watermark for the purpose of copyrights protection by frequency domain through wavelet transform.

Keywords.

Digital Watermark, Wavelets Transform, Copy Right