

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700175

研究課題名(和文)電子透かしにおける視覚的変更可能領域の規定に関する研究

研究課題名(英文) Research on defining imperceptible range of pixel value modification for digital watermarking

研究代表者

岩田 基 (IWATA, Motoi)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：70316008

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、あらかじめ視覚的変更可能領域を規定することによって電子透かし手法の性能を向上させることである。これを実現する手法として、「均等色空間上での変更可能範囲をあらかじめ規定可能な電子透かし法」を提案した。この手法は要求仕様を満たしているものの、計算コストが非常に高いことやJPEG画像に適用できないことが実用上の問題であったため、透かしの埋め込むときに用いる表を適応的に分割することによって、さらなる高速化を果たし、JPEG形式の画像に用いられるDCT係数の直流成分を利用することによってJPEG画像に適用できるよう改善した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is the improvement of the performance of digital watermarking methods by defining range of imperceptible pixel value modification. I proposed the digital watermarking method being able to define the range of imperceptible pixel value modification. There are some problem for practical use in the proposed method, that is, high computational cost and no availability of applying to JPEG images. To solve these problems, I divided the table used for embedding watermarks into some parts adaptively. Then the proposed method achieved higher speed. Moreover I improve the proposed method to be able to be applied for JPEG images by using direct currents of DCT coefficients used in JPEG format.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像情報処理 電子透かし 視覚心理 データハイディング

### 1. 研究開始当初の背景

電子透かしとは、デジタル情報に人間に知覚できない変更を加えることによって、透かしを埋め込む技術である。人間の知覚上の冗長性を利用して透かしを埋め込むため、主な対象は画像、音声、動画像などの知覚的な冗長性の高いデジタル情報となる。表1に示すように、適切な透かしを用いることによって、電子透かしを様々な用途に利用することが可能である。例えば、透かし情報として権利者情報を用いれば著作権者を明らかにすることによる著作権の保護が可能となり、購入者情報を用いれば不正流通時の出元特定が可能となる。

一般に、透かしを埋め込まれたデジタル情報に対して、何らかの処理を施して透かしを抽出できなくしようとする攻撃者が想定される。用途に応じた攻撃が施された後でも透かしを抽出できることが電子透かし手法の課題の一つであり、これを実現するためにはより大きな変更を加えて透かしを埋め込む必要がある。このように、電子透かしにおいて、攻撃に対する耐性と透かし入りコンテンツの品質との間にはトレードオフの関係がある。

申請者は、過去の研究業績において、透かし入り画像の下限画像をあらかじめ定め、その下限画像に原画像を近づけるように透かしを埋め込む手法を提案した。これにより、ユーザに対して透かし入り画像が下限画像よりも劣化することはないと明確に説明することができる。このとき、下限画像と原画像の中間に位置する画像が下限画像よりも視覚的劣化が目立つような画像とならないように、埋め込み対象の色空間として均等色空間を用いて対処している。ここで、下限画像は、本研究における「視覚的変更可能領域」を画像という形式で表現したものである。従来手法では強度の設定は可能であるものの、変更の仕方は固定であるのに対し、前述の提案手法では強度の設定に留まらず、変更の仕方も下限画像によって制御可能という特徴がある。前述の提案手法ではデフォルトの下限画像の一つとして、文献[1, 2]にて提案されているMTF数式モデルを用いた。ここで、MTF(Modulation Transfer Function)とは画像中の知覚的に冗長な成分を除去するフィルタである。MTFモデルによって下限画像(視覚的変更可能領域)を規定することは理にかなっているものの、実験の結果、標準画質のJPEG画像を下限画像とする場合に比べて、画質・耐性ともに低いことが分かった。このことから、前述の提案手法による実験結果を評価指標の一つとして、各種目的に有用な視覚的変更可能領域を検討する。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、電子透かしにおける視覚的変更可能領域の規定方法を系統立てることによって、多種多様な用途に応用可能な電子

透かし技術の総合的な性能を向上させることを目的とする。電子透かし手法の性能は、透かし入りコンテンツの品質と各種攻撃に対する耐性のトレードオフを考慮して定められるため、用途に応じて透かしを埋め込む際の視覚的な劣化を制御できれば、攻撃に対する耐性を柔軟に設定できる。また、透かしを埋め込むことによる劣化のパターンに基づいて透かし埋め込みアルゴリズムを推定するような攻撃に対する耐性を高める効果も期待できる。

本研究課題の学術的な特色は、以下の通りである。従来手法では、固有のアルゴリズムによって定められた画質劣化(例えば、周波数成分の変更による画質劣化や固有の乱数の付与による画質劣化)が透かし入り画像に適用されていたのに対して、本研究課題ではあらかじめどのように劣化するかを任意に定めることができる。

本研究課題の独創的な点は、以下の通りである。従来の手法には、透かし入り画像の画質劣化が目立たないことをユーザにいかにも説明するかという視点が欠けていた。本研究課題は、この説明責任を果たすための有効策の一つであり、電子透かしの標準化に必要不可欠であると考えられる。

本研究課題の予想される結果と意義は、以下の通りである。あらかじめ視覚的変更可能領域を設定してから透かしを埋め込む手法によって電子透かしの総合的な性能向上を図るとともに、その柔軟性も高められる。さらに、透かしを埋め込むことによる劣化のパターンに基づいて透かし埋め込みアルゴリズムを推定するような攻撃に対する耐性も高められる。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、あらかじめ視覚的変更可能領域を規定することによって電子透かし手法の性能を向上させることを目的とする。これを実現するために必要なことは、(1)電子透かし法の目的に応じた視覚的変更可能領域の検討、(2)視覚的変更可能領域をあらかじめ規定可能な電子透かし手法の検討である。さらに(1)の項目は、(1-a)視覚的変更可能領域の説明可能性の検討、(1-b)視覚的変更可能領域の画質/耐性トレードオフの検討に細分化できる。上記項目のうち、(2)については既に提案済みの手法を利用可能であるため、その手法を用いて検討するものとする。(1)については、既に述べたユーザへの画質劣化の説明責任を果たせるように、(1-a)を重視し、理論的に根拠が説明可能な視覚的変更可能領域を重点的に検討する。このとき、研究業績3による(1-b)を指標として検討する。

研究代表者は、均等色空間上における等距離変更であっても、変更する方向によって視覚的な劣化の度合いが異なることを過去の業績にて確認した。視覚的劣化の少ない方向

を順方向と呼び、順方向の反対方向を逆方向と呼ぶものとする。順方向への変更では原画像との違いを視認するのが困難であるのに対して、逆方向への変更では色合いが異なることが容易に視認できる（順方向への変換では原画像と同様の赤茶系の色合いに変化しているのに対し、逆方向への変換では不自然に青みがかかった変化になっている）ようなケースが多く見られることを、研究代表者は確認している。この知見も考慮に加えることにより、さらなる電子透かし手法の性能向上が期待できる。なお、上記の知見を示す画像は研究代表者の研究業績の一つである、<http://asp.eurasipjournals.com/content/2010/1/426085> の Figure 1 にて誰でも閲覧可能である。

研究計画として、以下の4つの実施項目が挙げられる。1. 理論的根拠の明確な視覚的変更可能領域の構築、2. 従来の電子透かし手法の重み付けなどに基づいた視覚的変更可能領域の構築、3. 過去の研究業績を用いた視覚的変更可能領域の性能検証、4. 視覚的変更可能領域をあらかじめ規定可能な電子透かし手法の検討。1について、均等色空間を用いて色の変化に対する人間の知覚を数値的に扱えるようにした。2について、従来の表色系から見ると、均等色空間は非線形な重み付けをしたのに似た形式となっている。3については、均等色空間を扱えるよう改善を施した手法は画素単位の埋め込みを対象としているため、JPEG圧縮などに対する耐性の評価は研究期間終盤に行うことになったものの、従来方式で問題となっていたRGB表色系へ変換するときに生じる誤差に起因する抽出誤りを0にすることができた。4について、「均等色空間上での変更可能範囲をあらかじめ規定可能な電子透かし法」を考案し、国際会議 ISITA2012 にて発表し、その問題点を改善した手法を2014年3月の EMM 研究会にて発表した。

#### 4. 研究成果

本研究の目的は、あらかじめ視覚的変更可能領域を規定することによって電子透かし手法の性能を向上させることである。このような手法を確立するために、まず、「均等色空間上での変更可能範囲をあらかじめ規定可能な電子透かし法」を提案した。次に、その手法で問題点として残った計算コストが非常に高いことや、一般に利用されている JPEG 形式の画像に適用できないことを解決した。具体的には、計算コストの高さに関しては、当該手法でも探索手法の改善によってある程度達成していたが、透かしを埋め込むときに用いる表を適応的に分割することによって、さらなる高速化を果たした。その上で、JPEG 形式の画像にも対応できるように改善した手法を、2014年3月のマルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会 (EMM) にて発表した。この手法は画像を対象

としているが、動画像を対象とした手法も2014年1月の暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2014)にて発表した。これは、スマートフォンをかざすだけで透かし入り動画像から透かしを抽出できることを特徴とした手法である。この手法は動画像の空間領域を使って透かしを埋め込んでおり、透かしを埋め込んだ痕跡そのものを利用してシーン中の透かし入り動画像領域を検出できるという、画期的な方式であるが、動画像によっては透かしの埋め込みによるちらつきが目立つことがあるという欠点がある。EMM にて発表した方式を、この動画像電子透かし法に適用することによる改善に、現在着手している。このように、研究成果は画像の空間領域を対象とした電子透かし法のみでなく動画像を対象とした手法に対しても適用可能であり、その応用範囲は広い。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. Motoi Iwata, Kenji Yamanaka and Koichi Kise, "Digital Watermarking Method to Extract Watermarks from Printed Matters with Cell Phone by Using Finder Patterns and Alignment Pattern of QR Code," Proc. of the 2nd Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2013), pp.391-395 (2013-11) 【査読有り】
2. Motoi Iwata, "Digital Watermarking Method by Selecting Suitable Pixel Value from Pixel Value Candidates Near to Original Pixel Value," Proc. of 2012 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2012), pp.629-633 (2012-10) 【査読有り】

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 穠西 俊弥, 岩田 基, 黄瀬 浩一, "再撮影動画から透かし入り動画の領域を推定する電子透かし法," 2014年暗号と情報セキュリティシンポジウム論文集 (2014-1) 【2014年1月24日発表・鹿児島】
2. 江口 健太, 岩田 基, 黄瀬 浩一, "均等色空間の性質を利用した JPEG 画像を対象とする電子透かし法," 電子情報通信学会技術研究報告, 113, 480, EMM2013-99-EMM2013-118, pp.75-80 (2014-3) 【2014年3月8日発表・石川】
3. 山中 賢次, 岩田 基, 黄瀬 浩一, "印刷物を対象とした電子透かし法の検討," 2013年暗号と情報セキュリティシンポジウム概要集, p.96 (2013-1) 【2013年1月24日発表・京都】

4. 仲辻 友博, 岩田 基, 黄瀬 浩一, “モ  
ニタに映し出された動画像から透かし  
を抽出できる電子透かし法,” 2013 年  
暗号と情報セキュリティシンポジウム  
概要集, p.84 (2013-1) 【2013 年 1 月  
24 日発表・京都】

〔図書〕(計 1 件)

1. Motoi Iwata, Takao Ikemoto, Akira  
Shiozaki, and Akio Ogihara, “Pixel  
Value Adjustment for Digital  
Watermarking Using Uniform Color  
Space,” Watermarking Volume 1,  
pp.49-66, InTech (2012-5)

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

岩田 基 (IWATA Motoi)

大阪府立大学・工学研究科・助教

研究者番号：70316008