

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月30日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700119

研究課題名（和文） 幾何変形にロバストな印刷型ステガノグラフィとそのユビキタスサービスへの応用

研究課題名（英文） Print-type steganography robust against geometric transformation and its application to ubiquitous services

研究代表者

内田 理（UCHIDA OSAMU）

東海大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：50329306

研究成果の概要（和文）：近年普及しているQRコードに代表される二次元コードは、無機質なパターンであることから、紙面のデザイン性を低下させてしまうという問題点がある。この問題を解決するため、二次元コードに用いる色を微小に変更することで情報を埋め込み、紙面のデザイン性を維持しつつ情報の付加をユーザが知覚可能な二次元コードの生成手法を提案した。生成した二次元コードを印刷紙、実際に携帯電話で撮影・抽出を行う検証実験を行った結果、提案手法により生成された二次元コードは実用に耐えうる高精度で読み取り可能であることがわかった。

研究成果の概要（英文）： Two-dimensional code typified by the QR code is now spread widely, but it has problem that it is harmful to design of printed materials because they depict an inorganic pattern. In this study, we propose a generating method of two-dimensional code which is easily recognized by users with minimum deterioration of original image and design quality. The results of experiments to extract embedded information from printed materials captured by cell phone attached camera indicate the effectiveness of the proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：ステガノグラフィ・電子透かし・二次元コード・ユビキタス

## 1. 研究開始当初の背景

QRコードと呼ばれる2次元コードが普及し、主に印刷物への情報埋め込みに利用されている。QRコードは専用読取端末のみならず携帯電話の読取機能により手軽に利用することができ、Webサイトや広告媒体への誘導、食品等のトレーサビリティ管

理などに利用されている。QRコードは360度どの方向からでも読み取ることができ、またスケールの変化にもロバストである。一方で、印刷物等のデザイン性を損ねるデメリットがある。また、基本的には誰でも簡単に読み取れてしまうため、秘密情報の埋め込みには適さない。そこで本研究では、

QR コードのような人工的なコードに代わり、イメージや写真そのものにデザイン性を損ねることなく情報を埋め込むことを考えることとした。

## 2. 研究の目的

QR コードは生成が容易で、かつカメラ付携帯電話などでも簡便に利用できることから急速に普及しており、印刷物から広告媒体への誘導やトレーサビリティ管理など、多岐に渡って利用されている。しかし、QR コードは特徴的で目立つ意匠であるため、デザイン性を大きく損ねてしまうデメリットがある。このような QR コードの欠点を改善すべく、本研究では、幾何変形に強い電子透かし技術を用いて写真やイメージそのものに情報を埋め込む方法について検討する。また、情報を埋め込んだ画像領域（例えばロゴ部分など）の抽出には、研究代表者がすでに提案している回転やスケールの変化にロバストな顔領域抽出手法を応用することとする。

## 3. 研究の方法

(1) 幾何変形に不変な特徴量を利用した幾何変形に耐性を有する電子透かし技術の開発

研究代表者のグループでは、人間の視覚特性を考慮した電子透かしについての研究を進展させてきており、視覚的な劣化が目立ち難い場所のみ透かし情報を埋め込むことが可能な電子透かし手法の開発に成功した。この手法は JPEG 圧縮や色調変換などの画像処理には強い耐性を有しているが、回転や拡大・縮小などの幾何変形に対する耐性は有していない。そこで現在、幾何変形に不変な特徴量である SIFT (Scale Invariant Feature Transform) 特徴量の利用を検討する。SIFT 特徴量は、回転やスケールの変化、照明変動などに不変な特徴量として知られており、今回の手法には最も適したものであると考えられる。ただし、SIFT 特徴量は計算量が多く、既存手法をそのまま本研究に適用する事は困難であると考えられる。そこでまず、計算量の問題を解決し、実用的な電子透かし手法の開発を目指す。

(2) 印刷型ステガノグラフィへの改良

印刷型ステガノグラフィとは、印刷物に視覚的劣化を抑えつつ情報を埋め込むことである。上で述べた「幾何変形に耐性を有する電子透かし」は、デジタルデータへの情報埋め込みを前提とした方法であるため、これを印刷型ステガノグラフィに改良する必要がある。例えば、印刷ムラや撮影環境の変化などにより発生する読み取り誤差など、印刷型ステガノグラフィ独特の諸問題を考慮したアルゴリズムを検討する。なお、これまでに

も、セキュリティ対策（情報漏えい防止、改竄検知など）を目的とした印刷物向けの情報埋め込み（ステガノグラフィ）技術の研究は様々行われてきたが、本研究と同様の目的で実施された研究例はほとんどない。株式会社富士通研究所によって開発された FPcode は本研究とほぼ目的を同じくするが、情報埋め込み領域の同期をとるためにマークが必要であるなどの欠点が存在する。それに対し、本研究で実現を目指すステガノグラフィ技術は、情報抽出の際に特別なマークなどを必要としない。

(3) 情報埋め込み領域の抽出に関する検討

研究では、情報を印刷物上のイラストや写真、ロゴなどに直接埋め込むが、情報抽出の際におおよその領域抽出が必要となる。我々は、回転やスケールの変化にロバストな顔領域抽出に関する研究を実施してきた。特に、携帯電話に搭載されているカメラ等を用いて自由環境下で撮影された画像から顔領域を抽出することを目的とした研究では成果を挙げてきた。本研究では、これらの成果を応用して情報埋め込み領域の抽出を行う。

(4) カメラ付携帯電話実機を利用したの検証実験

この時点までに得られた成果を統合し、情報埋め込み・抽出アプリケーションを作成し、カメラ付携帯電話実機を利用して様々な検証を実施する。情報埋め込み領域の性質（自然画像と人工画像の違いや色調の違いなど）が埋め込み量や抽出精度にどの程度影響を及ぼすかなどについて詳細に検証する。必要に応じて、埋め込み手法の再検討を行う。

(5) 新しいユビキタスアプリケーションの開発

様々な観点から、本手法を用いたユビキタスアプリケーションを検討し、実装・検証を行う。

## 4. 研究成果

(1) まず色相成分を変更することで情報を埋め込む手法について検討を行った。図 1 に提案手法によって情報を埋め込んだ画像を示す。図 1 からわかる通り、QR コードのような二次元コードと違い、デザインの劣化が抑えられている。

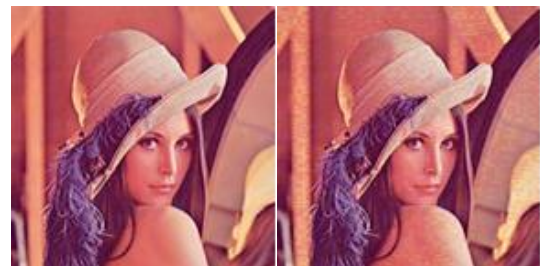


図 1. オリジナル画像（左）と埋め込み画像（右）

情報を埋め込んだ画像を印刷し、スキャナで読み込んで情報抽出を行ったところ、高い抽出率が得られた。ただし、携帯電話で撮影し抽出する実験を行った結果、実用的な抽出率を達成するためには大きな画像劣化が必要であることがわかった。

(2) 次に、研究計画とは若干異なるが、情報の埋め込みをある程度ユーザに認識させる方法について検討を行った。QRコードはデザイン性を大きく損ねているが、情報の埋め込み場所をユーザに認識させる点においては優れている。そこで、デザイン性を大きく損ねず、一方である程度情報の埋め込みをユーザに認識させる手法について検討を行った。提案手法による二次元コード生成の流れは以下の通りである。

[Step1]原画像の入力

ロゴマークや自作の画像など、二次元コードを生成するために必要な原画像を入力する。入力画像は正方形の2値画像とする。

[Step2]色の設定および画像のカラー化

二次元コードを付加する紙面のデザイン性を維持できるよう、紙面のイメージに合う色の設定を行う。色の設定はHSV表色系の色相値を用いる。原画像は2値画像であるため、白と黒に対応する2色を用いて原画像をカラー化する。このとき使用する色はHSV表色系において色相成分は2色とも設定した色相値とし、彩度と明度はロゴマークや図形が十分に認識できる値を設定する。

[Step3]色相値を利用したデータの埋め込み

原画像や二次元コードを付加する紙面のデザイン性を維持するために、Step2で設定した色相値を微小に変更させることで、ビット列に変換された情報の埋め込みを行う(図2)。画像を格子状にブロック分割し、捜査線順に1ブロックにつき1ビットの情報を埋め込む。ブロックサイズは、全体のデザイン性を維持でき、かつ二次元コードが視認できるよう2mm程度とする。ブロックをさらに水平方向に2分割し、下半分の色相値を変更する。

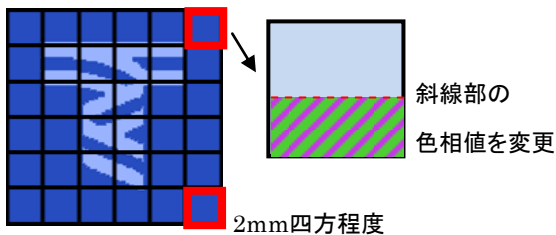


図2. 情報の埋め込み

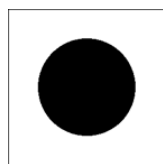


図3. 入力画像の例

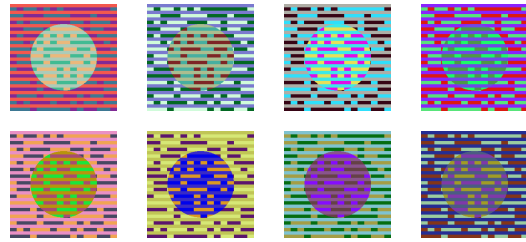


図4. 生成した二次元コードの例

図3に入力画像の例、図4に生成した二次元コードの例を示す。

次にコードの領域抽出について述べる。手順は以下の通りである。

[Step1]画像の上端の中心から下へ進みながら二次元コード領域の上端を探す。

[Step2]上端が見つかった位置からエッジ部分を左に辿っていき、エッジ部分が途切れた点を左上隅とする。このとき辺の傾きを考慮し、現在の辺位置の真上だけでなく、左右に1画素ずれた位置も探索する。

[Step3]最初に上端が見つかった位置から右にStep2と同じ方法でエッジ部分を辿っていき、エッジ部分が途切れた点を右上隅とする。

[Step4]画像の下端から反対向きにStep1, 2, 3と同様のことを行い二次元コード領域の左下隅と右下隅を得る。

図5に二次元コードを携帯電話で実際に撮影して得られた画像の例を、図6にコーナー検出結果とそれを用いた回転補正した例を示す。



図5. 撮影画像の例

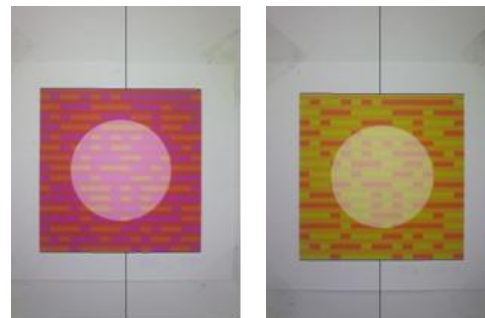


図6. コーナー検出結果とそれを用いた回転補正の例

携帯電話実機を用いた実験の結果、検出率はかなり高く、十分実用的であることが検証できた。

## 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3件)

- ① Yuta Goto, Osamu Uchida, TWO-DIMENSIONAL CODE GENERATING METHOD CONSIDERING DESIGN AND VISIBILITY, Proc. IADIS International Conference e-Society 2012, 査読有, 2012, pp.526-530.
- ② Yuta Goto, Osamu Uchida, Recognizable Digital Watermarking for Printed Materials Embedding in Hue Component, Proc. of the Image Electronics and Visual Computing Workshop 2010, 査読有, 2010, 2P-9.
- ③ Yuta Goto, Osamu Uchida, Digital Watermarking Method for Printed Materials with Embedded Data in the Hue Component, Proc. 5th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 査読有, 2009, pp.148-152.

[学会発表] (計4件)

- ① Yuta Goto, Osamu Uchida, TWO-DIMENSIONAL CODE GENERATING METHOD CONSIDERING DESIGN AND VISIBILITY, IADIS International Conference e-Society 2012, 2012年3月12日, Hotel Ramada Berlin Alexanderplatz, Berlin, Germany
- ② 進藤晃教, 後藤佑太, 内田理, デザイン性と視認性を考慮した二次元コード生成手法, 画像電子学会第260回研究会, 2012年3月2日, 佐賀大学, 佐賀県
- ③ Yuta Goto, Osamu Uchida, Recognizable Digital Watermarking for Printed Materials Embedding in Hue Component, The Image Electronics and Visual Computing Workshop 2010, 2010年3月7日, Le Meridien Hotel, Nice, France
- ④ Yuta Goto, Osamu Uchida, Digital Watermarking Method for Printed Materials with Embedded Data in the Hue Component, The 5th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2009年9月13日, メルパルク京都, 京都府

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

内田 理 (UCHIDA OSAMU)

東海大学・情報理工学部・准教授