

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700164

研究課題名(和文) 難視認性パターンの光学的投影による撮影防止技術の開発

研究課題名(英文) Surreptitious photographing prevention technique by optically projecting a carrier-screen image

研究代表者

生源寺 類 (Shogenji, Rui)

静岡大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90432195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、対象物を問わない画一的な撮影防止技術の構築を目指したものである。潜像技術のひとつであるキャリアスクリーン画像をベースとした撮影防止パターンの生成手法の構築では、誤差拡散法(ハーフトーン処理)を利用することで、投影パターン自体の視認性が低く、顕在化時のコントラストの良いパターンの生成手法を確立した。撮影防止パターンの光学的な投影による実物体への情報埋め込み技術手法の構築では、液晶プロジェクタを用いた評価システムを構築し、光学的な埋め込み、埋め込まれた情報のデジタルカメラによる顕在化が可能であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed for the development of a surreptitious photographing prevention technique by optically projecting a carrier-screen image, which is a kind of latent images, as an illumination onto a real object. By using experimental system, which employs an LCD projector, a secret noise pattern can be embedded by projecting a carrier-screen image. The embedded information can also be extracted by using an ordinary digital camera. We also developed an effective hiding method for the noise pattern by employing the error diffusion halftoning technique.

研究分野：光画像情報処理

キーワード：キャリアスクリーン画像 潜像技術 誤差拡散法 光学的情報ハイディング デジタルカメラ モアレ

## 1. 研究開始当初の背景

近年、デジタルカメラの高性能・小型化の実現により日常的な利便性が追求されている反面、現物展示を行う美術館や博物館、また映像作品等を上映する映画館等での盗撮・著作権侵害行為の問題が深刻化している。これに対して、これまで国内外における学術的なアプローチとしては、著作権侵害の防止を目的とする電子透かし技術を始め、ノイズ光源をスクリーン背面に設置するような、人間の視覚特性とイメージセンサの感度特性との違いを利用した技術が提案されている[1]。例えば電子透かし技術は、埋め込まれた著作権情報によって不正コピー等を見破り著作物の適正さを担保することが可能であるが、あくまで不正そのものの行為を防ぐ技術ではないため、未然防止のためには別のアプローチが必要となる。また[1]の技術は、実際のスクリーン上に展開されたコンテンツがデジタルカメラ等で撮影された時にだけノイズがのるという実用性の高い技術ではあるが、こちらは技術的な適用範囲がスクリーン上に展開されるコンテンツに限定されるため、現物展示が中心となる美術館等では適用範囲外となり、本課題の解決は難しいと考えられてきた。

我々は、チェッカパターンを重ね合わせることで秘密画像が浮かび上がる潜像技術「チェッカパターンキャリアスクリーン画像」を提案しており[2]、市販のデジタルカメラを用いた復号手法を提案している[3]。仕組みの概略を述べると、デジタルカメラで周期的なパターンを撮影すると、モアレ縞が生じることがあるが、このモアレ現象を秘密画像の復号に利用する。さらに本手法は自然画像との合成が可能である[4]。合成処理は画像の加減算で済むため、光学的な投影による実装が期待できる。これらの提案技術は、周期的なパターンを復号に用いているため、復号時の位置ずれや画像の歪みなどに強く、サンプリング処理による復号も可能であり、国内外を含めて他に類を見ない独自性の高い研究である。

### <引用文献>

- [1] T. Yamada, S. Gohshi, I. Echizen, Preventing re-recording based on difference between sensory perceptions of humans and devices, proc. ICIP 2010, 2010
- [2] R. Shogenji, J. Ohtsubo, Hiding Information Using a Checkered Pattern, Optical Review, Vol. 16, No. 5, pp. 517-520, 2009
- [3] 生源寺、大坪、デジタルカメラによる復号を目的としたキャリアスクリーン画像、信学技報、Vol. 111, No. 123, pp. 1-6, 2011
- [4] 生源寺、画像合成による拡張視覚復号型暗号、FIT2011 K-056, 2011

## 2. 研究の目的

### (1) 撮影防止パターン生成手法の開発

生成する撮影防止パターンは、肉眼では視認できないが、市販のコンパクトデジタルカメラの液晶ファインダを通して見ることで顕在化するノイズパターンを目標とする。そのベースとして我々が提案している潜像技術を拡張した、撮影防止パターンの生成手法の開発を目指す。提案手法では、周期的なパターンをデジタルカメラで撮影する際に生じるモアレ縞を利用し、符号化された画像を液晶ファインダ上にノイズパターンとして顕在化させている。

この潜像技術では、ノイズパターンの顕在化の可否は、カメラの機種や撮影距離などの撮影条件に依存する。そのため本研究では、様々な機種のデジタルカメラに対応するためのイメージセンサの感度特性などを利用した拡張撮影防止パターンの生成手法の構築を目指す。

### (2) 評価システムの構築および撮影防止パターンの評価

撮影防止パターンおよび提案技術手法の妥当性を評価するため、簡易評価システムとして液晶プロジェクタを用いた評価システムを構築する。

構築した評価システムを用いた撮影防止パターンの評価を行う。評価は市販のコンパクトデジタルカメラを用い、撮影防止パターンの投影前後における画質の違いを元に定量的な評価を行う。また、顕在化結果の定量的な評価手法の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 撮影防止パターン生成法の開発

撮影防止パターンとして、デジタルカメラの液晶ファインダへ表示する際に生じるモアレ縞を利用した撮影防止パターンの生成手法の開発を行う。我々が提案している潜像技術「チェッカパターンキャリアスクリーン画像」をベースとし、有価証券等に用いられている複写防止技術や印刷物を対象とした電子透かし技術を融合し拡張することで、短時間で効果的な撮影防止パターンの生成手法を開発する。

### (2) 簡易評価システムの構築およびデジタルカメラを用いた評価実験

撮影防止パターンの光学的な投影による撮影防止技術手法の妥当性を確認するため、市販の液晶プロジェクタを用いた簡易評価システムを構築する。評価実験では、撮影防止対象として印刷した写真などをスクリーン上に貼付けたものを使用する。デジタルカメラの液晶ファインダに顕在化される撮影防止パタ

ーンを目視により評価する。さらに別のデジタルカメラで顕在化される撮影防止パターンを撮影することで、撮影防止パターンの定量的な評価を行う。評価結果から、妥当性、問題点を検討し、撮影防止パターン生成手法にフィードバックすることで、確実に顕在化し視認困難な撮影防止パターンの生成手法を確立する。

### (3) 拡張撮影防止パターンの生成手法の開発

目標とする理想的な撮影防止パターンは、検出しやすいが情報が埋め込まれていることが分かりにくいパターンである。このようなパターンの生成は、パターンの構造を工夫するだけでは困難であると考えられる。そのため、投影対象を撮影、解析し、対象に応じた適応的なパターンの生成手法の構築を目指す。また、人間の視覚特性とイメージセンサの感度特性との違いを利用した、撮影防止パターンの生成法を検討する。赤外光は肉眼では見えないため、自由度の高い撮影防止パターンの生成が期待できる。

## 4. 研究成果

### (1) 撮影防止パターン生成法の開発

#### ① 顕在化時の階調反転を考慮した撮影防止パターンの生成

周期パターンをベースとする撮影防止パターンは、顕在化時の位置ずれにより顕在化するノイズパターンの階調反転が生じる。これに対して、ノイズパターンの一部に微細構造を用いることで顕在化時に階調反転の生じない領域を持つ撮影防止パターンの生成手法を開発した。図1に示すように、デジタルカメラを用いた顕在化実験を行い、前景（文字部分）のみで階調反転が生じており、背景の階調反転の抑制が確認できることから、提案手法の妥当性を示した。特にデジタルカメラでノイズパターンの顕在化を行う場合、精細な位置合わせは困難であり階調反転を回避することは、メッセージ等を顕在化する上で有効であるといえる。



図1 階調反転を抑制した撮影防止パターン

#### ② 低視認性投影パターン生成手法の開発

チェッカパターンキャリアスクリーン画像をベースとした撮影防止パターンでは、ノイズパターンのエッジ部分において、周辺画素と比較して白画素および黒画素の数（画素密

度）に差が生じる。そのため、撮影防止パターンの解像度が低い場合、ノイズパターンの露見が問題となる。

これに対して、低視認性投影パターンを生成するため、誤差拡散法を用いた画素密度の平均化を行った。これは撮影防止パターンと一様な画素値を持つカバー画像とを合成し、誤差拡散法によるハーフトーン処理を行うことで実現される。図2にカバー画像の画素値と非視認性との関係を示す。異なる誤差拡散係数を用いた平均化効果の評価の結果、いずれの誤差拡散係数を用いた場合においてもカバー画像の画素値が誤差拡散法のしきい値付近の値を持つ領域において、非視認性が低下しており、この原因は誤差拡散法の性質によるものであると結論付けた。さらにカバー画像の画素値として適切な値を選択することで、より視認性が低く、かつ高コントラストな顕在化が可能な条件があることを示した。

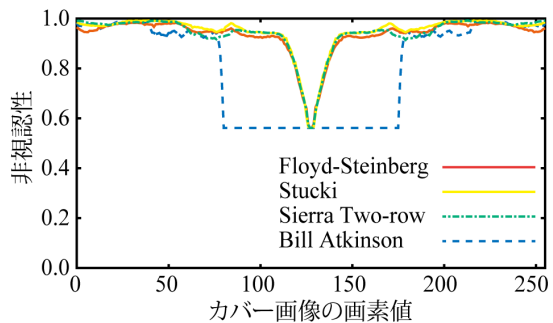


図2 誤差拡散法による低視認性パターン生成（カバー画像の画素値と非視認性の関係）

#### (2) 簡易評価システムの構築およびデジタルカメラを用いた評価実験

液晶プロジェクタを用いた簡易評価システムを構築し原理確認実験を行った。図3に簡易評価システムを用いた投影実験の概略図およびデジタルカメラの液晶ファインダ上に顕在化されたノイズパターンを示す。壁面に掲示したポスタ上へ撮影防止パターンを投影し、適切な条件で配置したデジタルカメラを向けることで、液晶ファインダ上に顕在化されたノイズパターンが表示されることを確認した。



図3 簡易評価システムおよび顕在化結果

さらに、液晶ファインダ上に生じるモアレ縞を解析することで、定量的な顕在化の判定手法を構築した。図4にモアレ縞数と撮影距離の関係を示す。顕在化に最適な撮影距離で、モアレ縞数が最小になっており、このことか

らモアレ縞数が最小となる位置を求めることで、主観的な評価によらない顕在化の判定が可能であるといえる。

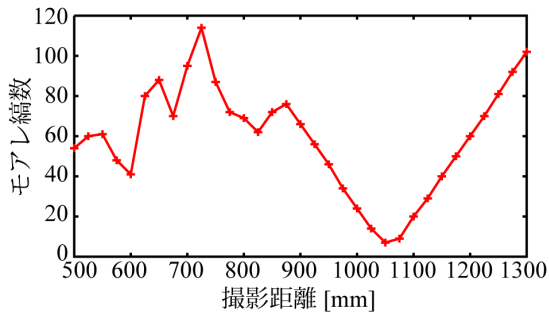


図4 簡易評価システムおよび顕在化結果

### (3) 拡張撮影防止パターンの生成手法の開発

非可視光による撮影防止パターンの生成を実現するため、赤外LED照明を用いた予備実験を行った。携帯電話やスマートフォンなどのモバイル端末の内側に搭載されたデジタルカメラでは、赤外光に感度があることを確認できた。一方、コンパクトデジタルカメラでは、赤外LEDを直接観察した場合でも十分な赤外光強度を確認できなかった。これはデジタルカメラに組み込まれている赤外カットフィルタの影響であるといえる。拡張撮影防止パターンの生成手法の開発に関して、研究期間においてブレークスルーを起こすには至らなかった。

### (4) 今後の展望

本研究では、コンパクトデジタルカメラを対象とした、対象物を問わない画一的な撮影防止技術の構築を目指してきた。光学的な撮影防止パターンの投影により、ノイズパターンの埋め込みが可能であることを示した。しかしながら、機種依存に対する根本的な解決策は得られなかった。また、近年のスマートフォンの普及に伴い、コンパクトデジタルカメラはスマートフォンに搭載されたカメラに取って代わりつつある。提案技術手法は、撮影防止技術という枠組みを超えることで、カメラ付き携帯情報端末をインターフェースとした新たな情報提示技術としての利用が期待される。例えば、撮影防止パターンの生成における誤差拡散法を利用した視認性の調整を積極的に利用することが考えられる。意図的に視認性の低い部分と高い部分をもつ撮影防止パターンを生成することで、一部の情報は遠距離からは視認できなくなり、近距離で観察することで情報を認識できるようになる。さらに、カメラ付き携帯情報端末などを用いて顕在化処理を行うことで、秘匿されていた情報の取得が可能になるなど、段階的な情報提示技術としての利用が期待できる。

## 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1件)

- ① Rui Shogenji, Junji Ohtsubo, Hiding a Checkered-Pattern Carrier-Screen Image in a Camouflaged Halftone Image, *Optical Review*, 査読有, Vol. 21, No. 3, 2014, pp. 237–242, DOI: 10.1007/s10043-014-0034-9

[学会発表] (計8件)

- ① 生源寺 類, 誤差拡散法に基づく難視認性投影パターンの生成、第62回応用物理学会春季学術講演会、2015年3月14日、東海大学 湘南キャンパス (神奈川県平塚市)
- ② 生源寺 類, チェッカパターンキャリアスクリーン画像における誤差拡散法による部分的潜在化、第19回一般財団法人 情報処理学会シンポジウム インタラクシオン 2015、2015年3月7日、日本科学未来館・東京国際交流館 (東京都江東区)
- ③ Rui Shogenji, Information embedding to a real object by projecting a checkered-pattern carrier-screen image, *SPIE Optical Engineering + Applications*, 2014年8月21日, San Diego, California (USA)
- ④ 生源寺 類, デジタルカメラによる復号が可能な潜像技術: 一様な画像への誤差拡散法による埋め込み、第18回一般財団法人 情報処理学会シンポジウム インタラクシオン 2014、2014年2月27日、日本科学未来館 (東京都江東区)
- ⑤ 生源寺 類 他、キャリアスクリーン画像のデジタルカメラを用いた復号における復号の定量的判定、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2013、2013年11月12日、奈良県新公会堂 (奈良県奈良市)
- ⑥ 生源寺 類 他、キャリアスクリーン画像の投影による撮影防止技術の開発、第7回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会、2013年6月10日、東京工業大学 大岡山キャンパス (東京都目黒区)
- ⑦ 生源寺 類 他、復号時の階調反転を考慮したキャリアスクリーン画像、動的画像処理実利用化ワークショップ 2013、2013年3月7日、静岡大学 (静岡県浜松市)
- ⑧ 生源寺 類 他、スクリーン復号型画像とその応用、レーザー学会学術講演会第33回年次大会、2013年1月30日、姫路商工会議所 (兵庫県姫路市)

[その他]

ホームページ等

<http://www.sys.eng.shizuoka.ac.jp/~shogenji/research/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

生源寺 類 (SHOGENJI, Rui)

静岡大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90432195