

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560466

研究課題名(和文)画素統計量の相関に基づく汎用・簡易・高速画像検索方式・電子透かし方式と実験的検証

研究課題名(英文)High Performance and Versatile Image Search Scheme by Statistics of Pixel Value and Digital Image Watermark Method Resistant to Average Attack

研究代表者

藤村 誠(FUJIMURA, Makoto)

長崎大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30229041

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：従来の著作権保護の枠組みでは、認証局は著作権者から問い合わせがあればコンテンツに埋め込まれた著作権情報の正当性を検証するだけであり、著作権者自身が違法コピー画像を検索・発見する必要があった。本研究では、画像のサイズ変更、回転、輝度変換、圧縮などの攻撃を受けた場合の違法コピー疑義画像をLBP(Local Bit Pattern)のヒストグラム等を用いて検索する方法について提案している。また、近年脅威となっている結託攻撃の一つである平均化攻撃の抑制のために、Seam carving技術を用いた幾何変位付加による電子透かし方式を提案している。

研究成果の概要(英文)：In the case of an existing copyright protection scheme, owner of copyright register one's copyright information in certificate authority. And certificate authority only validates the evidence of copyright information of a doubtful content. The doubtful content must be searched by owner of copyright. In this research, pre-search method, which picks out the doubtful image content from Internet, was proposed. This pre-search method perform high-speed response and adapt to any case by use of feature quantity such as Local Bit Pattern(LBP) histogram. Also average attack, which is one of collusion attack, become forbidding in recent years. In this research, watermarking scheme by geometry translation was proposed in order to inhibit average attack.

研究分野：通信・ネットワーク工学

キーワード：画像電子透かし 画像検索 平均化攻撃

1 . 研究開始当初の背景

( 1 ) 画像検索技術のブレイクスルーの必要性

従来の著作権保護の枠組みでは、著作権者は自コンテンツに著作権情報を埋め込み、認証局に登録する。認証局は問い合わせがあれば著作権情報の正当性を検証するだけであり、著作権者自身が違法コピー画像を検索・発見する必要があった。しかし、回転などの攻撃を受けた画像に対する画像検索法は未だ確立されていない。従って、種々の攻撃を受けた画像に対して有効な汎用画像検索技術のブレイクスルーが必要であった。

( 2 ) 電子透かし技術のブレイクスルーの必要性

従来の電子透かし方式は著作権情報を埋め込む方式であったが、結託攻撃は複数人が参加する強力な攻撃方法であり、結託に参加したユーザを確率的に特定する電子透かし方式も研究されている。しかし、結託攻撃に対して本質的に耐性のある電子透かし技術のブレイクスルーが必要であった。

2 . 研究の目的

( 1 ) 原画像と検索対象画像それぞれの間で画素値ヒストグラムの相関係数を用いて類似判定する、電子透かし方式に依存しない新しい汎用・簡易・高速画像検索方式を開発することを目的とする。

( 2 ) 画像内周辺画素に任意の装飾が施されていたり、そのような画像が回転や拡大あるいは縮小されていたり、さらに JPEG 圧縮されているような攻撃画像に対しても有効画素領域のみの全画素数で正規化した上記両画素ヒストグラムの相関係数を用いて類似判定する新しい汎用画像検索アルゴリズムを開発することを目的とする。

( 3 ) 結託攻撃のひとつである平均化攻撃を抑制するため、Seam Carving 技術を応用した人間が検知できない幾何学変換を原画像に対して行い、この変換を制御、管理することで正規購入ユーザごとの配布画像を生成する。すなわち、正規購入ユーザに対応する配布画像を管理する新しい電子透かし方式を開発することを目的とする。

3 . 研究の方法

本研究では、画像検索技術および電子透かし技術のブレイクスルーによる新しい汎用・簡易・高速画像検索方式・電子透かし方式の開発を目的としている。この内容は多岐にわたっているため研究組織を組んで実施する必要がある。このため、電子透かしに詳

しい長崎大学の藤村誠准教授が研究代表者、そして、画像検索技術に詳しい金沢大学の今村幸祐准教授が研究分担者として、画像検索アルゴリズムに詳しい長崎大学の黒田英夫名誉教授が研究協力者として加わった。

まず、平成 24 年度はブレイクスルーを必要とする各テーマの要素技術を洗い出し詳細に検討した。平成 25 年度は前年度検討した要素技術を導入して各方式のプロトタイプを作成した。そして、平成 26 年度はプロトタイプシステムをブラッシュアップし、試作システムを完成させ、実際の実験的検討を行い、提案する各ブレイクスルーが実用に供し得ることを確認した。

4 . 研究成果

( 1 ) 画像検索技術

コンテンツの不正複製による著作権侵害防止のため、インターネット上の大量の画像への電子透かし技術の適用について検討を行った。そのために必要不可欠となる不正複製画像の効率的な検出について以下に記載する手法を提案し、その有効性を示した。

画素値ヒストグラムの相関係数を用いた検索法

同一画像判定の評価基準として、画素数により正規化された画素値ヒストグラムの相関係数を用いた検索法を提案した。相関係数の算出式を式(1)に示す。

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{255} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{255} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=0}^{255} (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

ここで  $x_i, y_i$  は正規化された画素値  $i$  の生起率を示し、 $\bar{x}, \bar{y}$  はそれぞれの相加平均である。

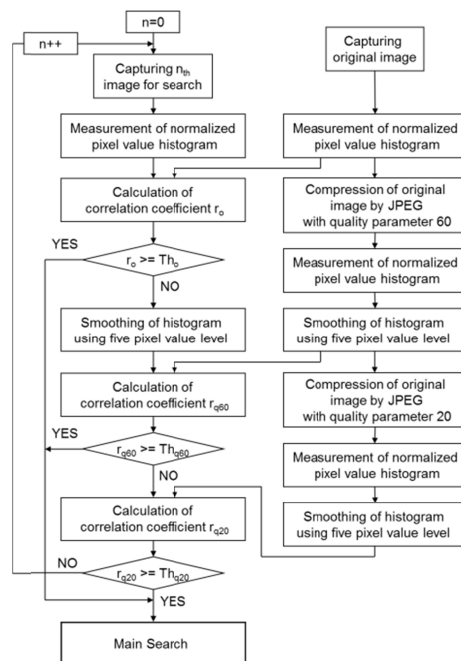


図 1: 電子透かし画像検索法

図 1 に示す画素値ヒストグラムの相関係数

数を用いた検索法により，回転・拡大縮小の幾何変換攻撃，JPEG等の画像圧縮攻撃された電子透かし画像を効率的に検索することが可能となった．【引用文献】

相関係数に対する適応的閾値設定法

画素値ヒストグラムの相関係数を用いた同一画像判定は閾値により判定を行う．その際，画像依存性を考慮した閾値設定を行うことで判定の精度向上が見込める．そこで，説明変数を画素値ヒストグラムの標準偏差，目的変数を相関係数の閾値とした回帰モデルに基づいた適応的閾値設定法を提案した．

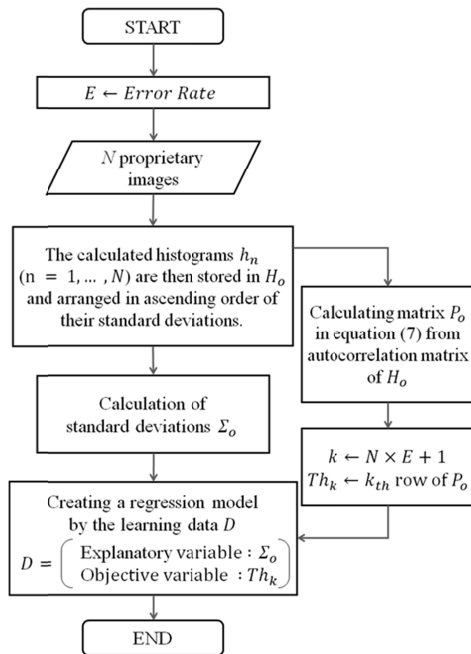


図2: 適応的閾値設定法

図2に示す適応的閾値設定法により，電子透かし画像検索法の性能向上を実現した．【引用文献】

LBP ヒストグラムの相関係数を用いた輝度変換攻撃画像の検索

画素値ヒストグラムの相関係数を用いた画像検索法では輝度変換が適用された電子透かし画像の検索は困難であった．そこで，新たに図3に示すLocal Binary Pattern(LBP)のヒストグラムによる同一画像判定を用いた手法を電子透かし画像検索法に導入した．

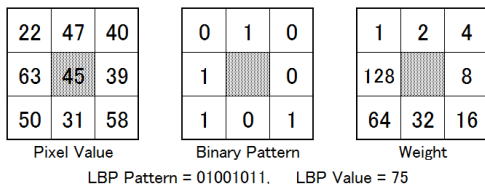


図3: Local Binary Pattern

この手法では，さらにLBP算出時に画像領域に応じて制限された擬似乱数を加えることで，画像全体の構造特徴を反映したLBPヒストグラムを作成しており，輝度変換攻撃画像の高精度な検出が可能となった．

画像比による幾何変換攻撃の回転角およ

び拡大縮小率の推定

回転画像の同一判定時には，回転前の画像領域の抽出を行う必要がある．多くの回転角に対して網羅的に行うことで検出が可能となるが非常に効率が悪い．この処理の高速化のために，幾何変換攻撃の回転角と拡大縮小率を画像のアスペクト比より推定する手法を提案した．

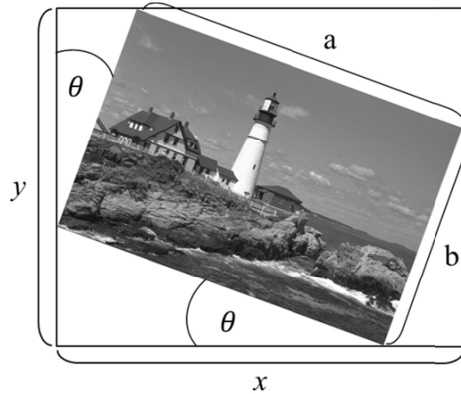


図4: 回転角と画像サイズの関係

$$\begin{cases} x = a \cdot \cos \theta + b \cdot \sin \theta \\ y = a \cdot \sin \theta + b \cdot \cos \theta \end{cases} \quad (2)$$

図4および式(2)による推定結果を検索に利用することで，検索の効率化を実現した．【引用文献】

有効画素領域設定による装飾攻撃画像の検索

電子透かし画像に対する攻撃には，画像の端部付近に任意の装飾が書き込まれる装飾攻撃が加えられる場合がある．



(a)装飾例 (b)有効画素領域  
図5: 装飾攻撃と有効画素領域

この対策のために，図5に示すように装飾攻撃に対して，画像の中央から有効画素領域を設定することにより，画像端部にいかなる装飾攻撃が加えられた場合においても画像検索が可能となった．【引用文献】

(2) 幾何学的変位による電子透かし技術

結託攻撃のひとつである平均化攻撃に対して画質劣化を生じさせることで，平均化攻撃を抑制するため，Seam Carvingを用いて幾何学変位を対象画像に加える電子透かし方式を提案した．対象画像に対して，Seam Carving技術を用いて，縦および横の画素の並びを削除，追加することによって，画像を

部分的に平行移動させることで電子透かしとする。画像ごとに平行移動の方向と移動量を変化させることで、複数の画像による平均化を行った場合、画質の劣化を発生させることができる。

さらに、電子透かし埋め込み後の主観的な画質を向上させるため、Region of Interesting(ROI)を導入した。設定したROIを避けて画素の並びを削除・追加するため、ROIを適切に設定すれば主観的な画質の劣化を抑えることができる。図2に、平均化攻撃抑制のための幾何学変位付加方式の原理を示す。まず、画像中の重要な領域をROIとして設定する。次に、ROIの左側の領域について、それぞれ本のSeamラインを削除し、本のSeamラインを追加する。次いで、ROIの右側の領域について本のSeamラインを削除し、本のSeamラインを追加する。このとき、ROI領域の画像中の水平方向の移動量は、次式のように移動を表す。横方向についても、同様にROI領域の上下領域において、同様の処理を行う。以上の処理の結果、ROI領域を上下左右に移動することができる。

$$\begin{cases} \Delta h < 0; \text{右に移動} \\ \Delta h = 0; \text{移動せず} \\ \Delta h > 0; \text{左に移動} \end{cases}$$

$N_L$ 本削除                       $N_R$ 本削除  
 $M_L$ 本追加                       $M_R$ 本追加

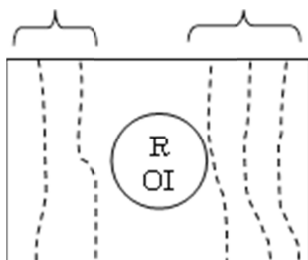
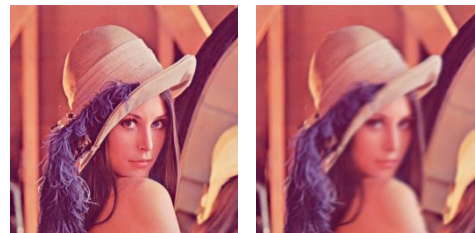


図3: 幾何学的変位付加の原理

平均化攻撃を受けた場合の画質劣化の発生について検証した。テスト画像はLENNAであり、縦方向および横方向に8ラインずつ削除と追加を行った。削除および追加するランはSeam Carving アルゴリズムによって求め、顔領域にROIを設定した。図1(a)は原画像であり、図1(b)は48パターンの幾何学変位付加画像を用いた平均化攻撃の結果である。図1(b)では、顔領域の画像品質が劣化しており、画質劣化による平均化攻撃の抑制が期待できる。【引用文献】



(a)原画像                      (b)平均化攻撃結果  
 (48枚)

図3 原画像および平均化攻撃結果

<引用文献>

Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Makoto Fujimura, Image Content Detection Method Using Correlation Coefficient between Pixel Value Histograms, An International Interdisciplinary Journal, Vol.16, No.1(B), pp.675 ~ 680, 査読有, (2013)  
 Aran Kunimatsu, Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Makoto Fujimura, Adaptive Determination Method of Threshold Value for Correlation Coefficient in Digital Watermarked Image Search, Proc. of 2015 Joint Conference of IWAIT and IFMIA, Tainan(Taiwan), 査読有, (2015.1.11)  
 Makoto Fujimura, Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Study on Elemental Techniques of Image Search Method using Pixel Value Histograms for Ornament Attacked Images, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 査読有, Vol.8, No.3, pp.11 ~ 22(2015)  
 藤村誠, 黒田英夫, 今村幸祐, 幾何学変位画像による平均化攻撃の抑制および抽出法, 情報処理学会第77回全国大会講演論文集, 2E-04, 京都大学(京都), 査読無, (2015.3.17)

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)

Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Makoto Fujimura, Image Content Detection Method Using Correlation Coefficient between Pixel Value Histograms, An International Interdisciplinary Journal, Vol.16, No.1(B), pp.675 ~ 680, 査読有, (2013)  
Makoto Fujimura, Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Study on Elemental Techniques of Image Search Method using Pixel Value Histograms for Ornament Attacked Images,

International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 査読有, Vol.8, No.3, pp.11 ~ 22(2015)  
今村幸祐, 藤村誠, 黒田英夫, 画素値ヒストグラムの相関係数を用いた電子透かし画像の高効率検索, 画像ラボ, 24巻, 2号, 22 ~ 27, 査読無, (2013)

〔学会発表〕(計 12 件)

Makoto Fujimura, Hideo Kuroda, Kousuke Imamura, Study on Seam Carving for Image Fingerprint, Proc. of The 6th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, Palermo(ITALY), 査読有, (2012.7.4)

藤村誠, 黒田英夫, 今村幸祐, Seam Carving による電子透かしのためのライン除去後の画像再構成法, 第 11 回科学技術フォーラム(FIT2012), 法政大学小金井キャンパス(東京), 査読無, (2012.9.4)

岸本涼, 今村幸祐, 黒田英夫, 藤村誠, 画素値ヒストグラムの相関係数を用いた電子透かし画像検索における基準画像設定法, 2012 年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, 富山大学五福キャンパス(富山), 査読無, (2012.9.11)

一ノ瀬裕加, 藤村誠, 今村幸祐, 黒田英夫, 平均化攻撃対策のための ROI を考慮した Seam Carving による画像変位方式, 映像情報メディア学会 2013 年年次大会, 工学院大学 東京新宿キャンパス(東京), 査読無, (2013.8.28)

国松亜蘭, 今村幸祐, 黒田英夫, 藤村誠, 電子透かし画像における LBP ヒストグラムを用いた輝度変換攻撃耐性の改善, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 福岡工業大学(福岡), 査読無, (2013.9.17)

国松亜蘭, 今村幸祐, 黒田英夫, 藤村誠, 電子透かし画像検索における LBP ヒストグラムを用いた輝度変換攻撃画像検出とその改善, 平成 25 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 金沢大学(石川), 査読無, (2013.9.21)

Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Makoto Fujimura, Criterial Image Preparation for a Search Method for Digital Watermarking Image Using Correlation Coefficient Between Pixel Value Histograms, Proc. of 9th International Conference on Information, Communication and Signal Processing(ICICS2013), Tainan(TAIWAN) 査読有, (2013.12.10)

国松亜蘭, 今村幸祐, 黒田英夫, 藤村誠, 擬似乱数と LBP による輝度変換攻

撃された電子透かし画像検出, 第 13 回情報科学技術フォーラム(FIT2014), 筑波大学(茨城), 査読無, (2014.9.3)

Makoto Fujimura, Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Mosaic-like Reconfiguration Scheme of Video for Resistance to Average Value Attack, Proc. of 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics, Tokyo(Japan), 査読有, (2014.10.7)

Hideo Kuroda, Kousuke Imamura, Makoto Fujimura, Search Method using the Pixel Value Histogram of ROI for Illegal Copy Image with Geometric Attacks, Proc. of The 7th International Conference on u- and e-Service, Science and Technology(UNESST2014), Hainan(China), 査読有, (2014.12.20)

Aran Kunimatsu, Kousuke Imamura, Hideo Kuroda, Makoto Fujimura, Adaptive Determination Method of Threshold Value for Correlation Coefficient in Digital Watermarked Image Search, Proc. of 2015 Joint Conference of IWAIT and IFMIA, Tainan(Taiwan), 査読有, (2015.1.11)

藤村誠, 黒田英夫, 今村幸祐, 幾何学変位画像による平均化攻撃の抑制および抽出法, 情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集, 2E-04, 京都大学(京都), 査読無, (2015.3.17)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤村 誠 (FUJIMURA, Makoto)  
長崎大学・工学研究科・准教授  
研究者番号: 30229041

(2) 研究分担者

今村 幸祐 (IMAMURA, Kousuke)  
金沢大学・電子情報学系・准教授  
研究者番号: 00324096

(3) 研究協力者

黒田 英夫 (KURODA, Hideo)