

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：32638

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730073

研究課題名(和文)分散処理環境における高速・高精度かつ低負荷な画像検索システムの開発

研究課題名(英文)A Fast and Accurate Image Retrieval System on Distributed Processing Environments

研究代表者

渡邊 修 (WATANABE, Osamu)

拓殖大学・工学部・准教授

研究者番号：30384697

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、分散処理環境における高速・高精度な画像検索システムの開発である。得られた成果は主に、分散処理環境における画像検索システムのセキュリティに関するものである。検索システムに求められるセキュリティについては、符号化画像としての特長を維持したままデータを暗号化するための知覚暗号化法をJPEG 2000符号化画像に適用する方法を開発した。その成果は信号処理分野のトップカンファレンスであるICASSP 2015に採択された。また本方式を動画規格であるMotion JPEG 2000へ拡張した成果をIEEE主催の国際会議であるISCIT 2015に投稿し、採択後、発表を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a fast and accurate image retrieval system on distributed processing environments. The main result is on security issue of the image retrieval system. A new encryption method referred to as "Perceptual encryption" has been developed for JPEG 2000 encoded images. The perceptual encryption can encrypt images without any loss of the advantages of encoded images. This result was accepted as a lecture paper included in the processing of ICASSP 2015, which was well known as one of the top conference on signal processing. Moreover the perceptual encryption method has been extended for video compression and the result was accepted and presented at IEEE conference ISCIT 2015.

研究分野：画像工学

キーワード：画像圧縮 Visual Search JPEG JPEG 2000 JPEG XT イメージセキュリティ JPEG Privacy &amp; Security

### 1. 研究開始当初の背景

近年、映画や医療といったプロフェッショナル分野における画像情報のデジタル化が急速に進むに伴い、画像検索システムが注目を集めている。画像検索とは、これまでのキーワード検索とは異なり、検索クエリとして画像そのものを用いる検索方式を指す。画像情報圧縮方式として広く知られている JPEG シリーズや MPEG シリーズなどを手がけた国際標準化機構(International Organization for Standardization)では、このような検索方式を Visual search と命名し、周辺技術の標準化を計画していた。一般に Visual search システムは、クライアント・サーバモデルに代表されるような分散処理環境で実現される。一例として、PDA やスマートフォンといったカメラ内蔵型のモバイル端末がクライアントとなる。このような分散処理環境では、ほとんどの場合、クライアントの処理能力やクライアント・サーバ間の伝送帯域に制約が存在する。特に、無線通信を常とするモバイル端末では、その伝送帯域の制約の厳しさゆえに、検索クエリとなる画像データがたとえ情報圧縮されていたとしても、圧縮画像をそのまま送信することは望ましくないと考えられている。フルハイビジョンサイズの高解像度画像が一般的になった今日では、圧縮された画像データであっても数十 MB の容量を持つことは珍しくなく、また将来的なデジタル画像の高解像度化によって、そのデータ量は肥大化の一途を辿ると予想される。

Visual search システムは、検索クエリとなる画像データを、クライアント側でその画像特徴をよく表した特徴量に変換し、特徴量だけを検索処理を行うサーバへ送信する。サーバではクライアントから送られてきた特徴量を用いて、データベースとの比較処理が行われ、クライアントは検索結果だけを受信するという検索システムである。ここで、クライアントで生成され、サーバへ送られる特徴量を Visual descriptor と呼ぶ。Visual Search における Visual descriptor の満たすべき要件は以下のようにまとめることができる。

A. データ量が小さいこと：このことは、モバイル端末のように、伝送路帯域の制約が厳しい場合には特に重要となる。同時に、Visual descriptor は、小さいデータ量で効率的に画像の特徴量を表すことができなければならない。

B. セキュアであること：Visual descriptor は、インターネット等に代表される公衆通信回線を介して送受信される。そのため、著作権やプライバシーの保護の観点から、Visual descriptor から画像を再構成することは不可能でなければならない。

C. 抽出にかかる計算負荷が小さいこと：Visual search システムでは、PDA やスマー

トフォンなどの決して計算能力に制約があり、バッテリー駆動のモバイル端末をクライアントとして想定しているが、検索結果の応答速度はできるだけ高速であることが要求される。このため、Visual descriptor の抽出にかかる計算負荷は可能な限り低く抑える必要がある。特に、情報圧縮された画像については、対応する復号処理を必要とせず抽出できることが望ましい。

一方、申請者らは、画像情報圧縮の国際標準規格である JPEG 2000 を用いて圧縮された画像について、効果的な画像同定法を既に提案していた。これは、大量の JPEG 2000 を用いて圧縮された画像(JPEG 2000 符号化画像) からなるデータベースと、検索クエリとなる JPEG 2000 符号化画像とを用いて、同一の原画像から生成されたペアを特定するための方法である。すなわち、完全一致検索の一手法と考えることができる。この方法は、同定処理に用いる画像特徴量の抽出に際して、JPEG 2000 復号化処理を一切必要としないため高速に動作し、なおかつ高い検索精度を持つことが確認されている。さらに、互いに異なる符号化パラメータ(DWT 分解レベル、量子化ステップサイズ、コードブロックサイズ等) を用いて圧縮された符号化画像間の同定も可能となっている。本研究では、当初、この画像同定法に基づいて、Visual search のための Visual descriptor を開発し、実システム作成による性能評価および、その性能の理論解析を行うことを目的としていた。

### 2. 研究の目的

本研究の当初の目的は、分散処理環境における高速・高精度な画像検索システムの開発であった。分散処理環境における画像検索システムの課題は、応答速度、セキュリティ、検索に用いる特徴量データのコンパクト性などが挙げられる。これらの課題を解決し、モバイル端末のような処理能力が比較的低く、通信品質が安定しない伝送路における分散処理環境においても、高速かつ高精度で、加えてセキュリティを確保した画像検索を行うためのシステムを提案することが本研究の最終目的であった。

### 3. 研究の方法

本研究は、(1)主として高精細画像の符号化に用いられている JPEG 2000 方式をベースとした、分散処理環境における画像検索システムのための特徴量及び満たすべき性質(応答速度、セキュリティ、特徴量データのコンパクト性)について、計算機シミュレーションにより具体的検討と、(2)関連分野の調査研究の2つの方法で行われた。

(1) はじめに、画像検索のための特徴量を固定長化するためのアルゴリズムの構築を試みた。固定長の特徴量をハッシュ関数を用いて生成する方法を既に提案していたが、特殊な

シーンにおいて、異なる画像に対してハッシュ値の衝突が起こるといった問題が発生することが判明した。この問題の回避策について種々のシミュレーションおよび理論的検討を加えた結果、研究期間内の達成は困難であると判断した。

そのため、特徴量データが満たすべき性質のうちのセキュリティに着目した。符号化画像としての特長を失わず、また、不完全ではあるが上述の特徴量計算にも影響を与えずに、暗号化を可能とする方式が必要であると考え、計算機シミュレーションおよび理論的検討を加えた。その結果、JPEG 2000 符号化画像のための知覚暗号化方式として一定の成果を得ることができ、国際会議にて発表を行った。さらに、この知覚暗号化方式を動画規格である Motion JPEG 2000 へと拡張し、成果を得たので国際会議にて発表を行った。

(2) 関連分野の関連分野の動向を把握する目的で、以下に示す国際会議・会合に参加した。

2014年4月 65<sup>th</sup> Meeting of ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 JPEG, Valencia, Spain.

本会合は JPEG (Joint Photographic Experts Group) の国際会合である。現在の JPEG の活動の把握、および日本からの参加者として種々の討論に参加した。

2014年7月 66<sup>th</sup> Meeting of ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 - JPEG, 札幌, 日本。

本会合は JPEG (Joint Photographic Experts Group) の国際会合である。現在の JPEG の活動の把握、および日本からの参加者として種々の討論に参加した。

2015年4月 40th International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) 2015, Brisbane, Australia.

ICASSP は信号処理分野のトップカンファレンスの1つとして知られている。関連分野の研究動向の調査および、自身の研究成果の発表のために参加した。

2015年10月 The 15th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2015), 奈良, 日本。

ISCIT は通信および情報技術に関する IEEE 主催の国際会議である。関連分野の研究動向の調査および、自身の研究成果の発表のために参加した。

#### 4. 研究成果

(1) 特徴量算出アルゴリズムに発生した問題の回避策検討の際に、実際の画像検索

システムを試作した。その成果については学会発表を行っている。

(2) JPEG 2000 をベースとしたセキュリティを確保した画像検索システムのための知覚暗号化方式を開発した。知覚暗号化とは、符号化画像としての特長を失うことなしに、符号化画像を視覚的に暗号化することを可能にする方式を指す。通常、データの暗号化は圧縮処理の後に行われるが、それでは符号化画像の特長は一切失われてしまう。知覚暗号化では、符号化画像を視覚的に暗号化した後に、圧縮処理を行うことが特徴である。本方式については、IEEE 主催の信号処理分野のトップカンファレンスである ICASSP において、口頭発表論文として採択された。ICASSP は、採択論文の平均的引用数を表す h-5 指標が信号処理分野で4番目に大きく、インパクトは小さくないと考えている。

(3) 上記(2)の成果を発展させ、動画画像符号化方式である Motion JPEG 2000 のための知覚暗号化方式を開発した。Motion JPEG 2000 は、フレーム間相関を使わないイントラ符号化方式である。したがって、動画画像全体に対して知覚暗号化を適用することを考えた場合、暗号鍵の管理が大きな問題となる。この問題に対してハッシュチェーンを用いた方式を提案し、IEEE 主催の国際会議である ISCIT 2015 にて口頭発表を行った。Motion JPEG 2000 はデジタルシネマなどに採用されており、インパクトは小さくないと考えている。

#### 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 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

(1) 江見 直紀, 渡邊 修, “JPEG 2000 符号化画像を用いたフォトモザイク画像生成の高速化”, 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 2014年3月1日, 東海大学高輪キャンパス(東京都港区)

(2) Osamu WATANABE, Akira UCHIDA, Takahiro FUKUHARA and Hitoshi KIYA “An Encryption then Compression System for JPEG 2000 Standard,” 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2015年4月19日~2015年4月24日, Brisbane(Australia)

(3) Osamu WATANABE, Takahiro FUKUHARA and Hitoshi KIYA “A Perceptual Encryption Scheme for Motion

JPEG 2000 Standard,” 2015 15<sup>th</sup> International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2015), 2015 年 10 月 7 日～2015 年 10 月 9 日,奈良春日野国際フォーラム (奈良県奈良市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 修 (WATANABE, Osamu)

拓殖大学・工学部電子システム工学科・准教授

研究者番号：30384697

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：