

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25280055

研究課題名(和文) 局所位相特徴に基づく画像照合とバイオメトリクスへの応用

研究課題名(英文) Image Matching Using Local Phase Features and Its Application to Biometrics

研究代表者

伊藤 康一 (Koichi, Ito)

東北大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：70400299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、画像間の類似性を高精度に評価するための「局所位相特徴」と呼ぶ新しい特徴量を定義するとともに、基本となる画像照合アルゴリズムを開発した。また、これに基づいて、高精度な類似度評価が重要となるバイオメトリクスの問題に適用した。局所位相特徴に基づく画像マッチング手法を用いることで、顔認証、虹彩認証、掌紋認証、指関節紋認証において、世界最高水準の性能を達成することを実験を通して実証した。

研究成果の概要(英文)：This project have defined a new image feature called "Local phase feature" to evaluate the similarity between images accurately and developed a variety of fundamental image matching algorithms using local phase features. We have applied local phase features to biometrics, which is required to accurate evaluation of the similarity between images. We have demonstrated the effectiveness of the image matching methods using local phase features on face, iris, plamprint and finger knuckle print recognition.

研究分野：計算機学

キーワード：画像, 文章, 音声等認識 デジタル信号処理 画像照合 位相限定相関法 個人認証

1. 研究開始当初の背景

バイオメトリクスは、個人の身体的・行動的特徴をそのまま認証情報として利用する個人認証技術であり、高性能・高信頼なセキュリティ技術として注目されている。正確に個人認証を行うためには、取得した生体特徴を高精度にマッチングする必要がある。本研究代表者らは、画像の位相情報を用いた超高精度画像マッチング技術である「位相限定相関法 (Phase-Only Correlation: POC)」を用いた各種認証アルゴリズムに関する研究開発を行ってきた。すでに、大学や企業との共同研究を通して、指紋・顔・虹彩・掌紋・指関節・歯科 X 線画像に関する認証アルゴリズム、および、関連する画像処理技術の研究開発を進めている。これらの研究では、汎用的な画像マッチングとしての位相限定相関法を用いているため、バイオメトリクスへの応用において必ずしも十分な性能が出ていない。本研究課題では、これまでに培った位相限定相関法に関する知見に基づいて、画像間の類似性を高精度に評価するための局所位相特徴、ならびに、局所位相特徴を用いた画像照合技術を開発する。さらに、バイオメトリクスの各種問題に応用し、その有効性を実証するとともに、早期実用化を目指す。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3項目である。

- (1) 局所位相特徴に基づく画像マッチングの目的は、画像間の類似度を正確に評価することである。これまでに得られた知見に基づいて、局所位相特徴に基づく画像照合技術を理論的に体系化するとともに、基本となる照合アルゴリズムを開発する。具体的には、局所位相特徴に基づく正確な類似度評価のための基本技術、局所位相特徴に基づく高速な照合のための基本技術およびこれらの組み合わせによる相乗効果について検討する。
- (2) 上記で検討した局所位相特徴を用いた画像照合技術をバイオメトリクスに関する3テーマ(マルチモーダルバイオメトリクス技術、セキュリティ技術、大規模認証技術)に応用するとともに、実用化研究を推進する。
- (3) 上記2項目で検討した手法やアルゴリズムをソフトウェアライブラリ (MATLAB および C/C++言語) として整理するとともに、DSP (Digital Signal Processor) や汎用 GPU (Graphics Processing Unit) への実装および評価を行い、研究成果の早期実用化を推進する。

3. 研究の方法

- (1) 本研究代表者らは、画像の位置合わせと類似度評価における位相情報の有用性

に着目し、位相限定相関法として体系化するとともに、その有効性を実証してきた。これらの知見に基づいて、画像照合に特化させた局所位相特徴に関する基本技術の理論的な体系化を行うとともに、基本となる照合アルゴリズムを開発する。

(A) 特徴に基づく正確な類似度評価のための基本技術：階層画像との組み合わせにより、大局的な画像変形から局所的な画像変形までを補正し、正確に類似度を評価する照合アルゴリズム

(B) 局所位相特徴に基づく高速な照合のための基本技術：局所位相特徴の量子化(符号化)による高速な照合アルゴリズム

- (2) 前項(1)の局所位相特徴の基本技術に基づき、バイオメトリクスに関する次の3つのテーマに関して戦略的な応用研究を行う。

(A) 局所位相特徴に基づくマルチモーダルバイオメトリクス技術の研究開発
複数の生体特徴を利用するマルチモーダルバイオメトリクスにおいて、局所位相特徴に基づく照合アルゴリズムを共通の照合エンジンとして利用する新しいアプローチを検討する。

(B) 局所位相特徴に基づくセキュリティ技術の研究開発

量子化された局所位相特徴は、バイナリコードとして扱うことができ、乱数に近い性質を有することを実験的に確認している。この特長を利用することで、量子化した局所位相特徴に基づくテンプレート保護技術および量子化した局所位相特徴の照合アルゴリズムを検討する。

(C) 局所位相特徴に基づく大規模認証技術の研究開発

基本技術(B)とパターン認識手法との組み合わせに基づいて、高速で汎用的な1対多の照合アルゴリズムを検討する。

- (3) 前項(1)および(2)で開発した各種アルゴリズムについて、ソフトウェアライブラリ (MATLAB および C/C++言語) を構築するとともに、汎用 GPU (Graphics Processing Unit) への実装および評価を行い、研究成果の早期実用化を推進する。また、必要に応じて、DSP (Digital Signal Processor) や FPGA (Field-Programmable Gate Array) への実装も検討する。

4. 研究成果

本研究課題を通して、画像の位相情報を用いた汎用的な画像マッチング技術である「位相限定相関法」の知見を活かしつつ、画像間の類似性を高精度に評価するための局所位相特徴、ならびに、局所位相特徴を

用いた画像照合技術を開発した。画像間の類似性を正確に評価する必要があるバイオメトリクスに応用し、その有効性を実証した。実数値で表現される局所位相特徴を量子化し、数ビットで表現したとしても、その性能が低下しないことを実証した。これより、登録データ容量を抑えるとともに、処理速度を向上させることに成功した。

本研究課題では、大規模な性能評価実験および実用的なシステムの開発も行っている。広く一般に公開されている大規模なバイオメトリクス画像データベースを用いた性能評価実験を通して、局所位相特徴により極めて高い認証性能を達成することを実証している。特に、掌紋（手のひら画像）と指関節紋においては、世界最高水準の認証性能を有することが実証されている。掌紋認証では、企業との共同研究を通して、スマートフォンアプリを開発した。このアプリは、手のひらの写真をスマートフォンのカメラで撮影すると個人認証を行い、端末のロックを解除する。手のひらの傾き、手の開き方などにロバストな前処理を開発することで、利便性の高いアプリとなっている。現在も開発を継続していて、用途拡大のために、なりすまし対策やテンプレート保護などの安全性の向上を検討しているところである。指関節紋認証では、ドアを開く際にドアレバーを握る動作で認証が行える実用的なシステムを検討した。ドアレバーの前にカメラを埋め込むことで、ドアレバーを握ったときの指関節の画像を取得できる。この画像を用いて個人認証を行うことで、ユーザが認証されることを意識することがない。このようなシステムは、国内外で高く評価され、学会における優秀発表賞を受賞したり、論文誌への投稿が推薦されたりしている。また、これまでの本研究代表者の高精度画像マッチングとバイオメトリクスへの応用に関する研究に対して、2013年11月に石田實記念財団 研究奨励賞が授与されている。その他に、本研究代表者のバイオメトリクスに関する研究の取り組みが国際的に評価され、バイオメトリクスに関する国際会議（IEEE International Conference on Identity, Security and Behavior Analysis）をはじめ日本国内（仙台市）で2016年3月に主催した。

今後は、本研究成果に基づいて、局所位相特徴の原理をパターン認識の観点から整理・体系化することが考えられる。局所位相特徴は、汎用の特徴記述子でもあるため、パターン認識の理論と融和性が高い。そのため、各種手法やアルゴリズムと組み合わせることで、さらなる高性能化が期待される。そして、これらの基本アルゴリズムのライブラリを公開し、国際的な普及を推進することを検討する。

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 4 件)

佐藤拓杜, 青山章一郎, 酒井修二, 遊佐秀作, 伊藤康一, 青木孝文, “回折格子レーザによる能動型 3 次元計測を用いた幾何補正手法と掌紋認証への応用,” 映像情報メディア学会誌, 69, J261-J270, 2015, 査読有.

<http://doi.org/10.3169/itej.69.J261>
Takafumi Aoki and Koichi Ito, “What is the role of universities in disaster response, recovery, and rehabilitation? Focusing on our disaster victim identification project,” IEEE Communications Magazine, 52, 30-37, 2014, 査読有.
<http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2014.6766081>

Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, “A finger-knuckle-print recognition algorithm using phase-based local block matching,” Information Sciences, 268, 53-64, 2014, 査読有.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2013.08.025>

青山章一郎, 伊藤康一, 青木孝文, “指関節紋画像の変形にロバストな指関節紋認証アルゴリズム,” 電子情報通信学会論文誌 A, J96-A, 790-800, 2013, 査読有.

http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j96-a_12_790&category=A&year=2013&lang=J&abst=

〔学会発表〕(計 10 件)

Daichi Kusanagi, Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, “A person authentication system using second minor finger knuckles for door handle,” Asian Conference on Pattern Recognition, November 6, 2015, Kuala Lumpur, Malaysia.

Luis Rafael Marval Perez, Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, “Score level fusion of multibiometrics using local phase array,” Pacific-Rim Conference on Multimedia, September 17, 2015, Gwangju, Korea.

Koichi Ito, Takuto Sato, Shoichiro Aoyama, Shuji Sakai, Shusaku Yusa and Takafumi Aoki, “Palm region extraction for contactless palmprint recognition,” International Conference on Biometrics, May 21, 2015,

Phuket, Thailand.
Daichi Kusanagi, Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Multi-finger knuckle recognition from video sequence: Extracting accurate multiple finger knuckle regions," International Joint Conference on Biometrics, October 1, 2014, Clearwater, USA.
Vincent Roux, Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Performance improvement of phase-based correspondence matching for palmprint recognition," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, June 23, 2014, Columbus, USA.
Takuto Sato, Shoichiro Aoyama, Shuji Sakai, Shusaku Yusa, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "A contactless palm recognition system using simple active 3D measurement with diffraction grating laser," Asian Conference on Pattern Recognition, November 7, 2013, 那霸.
Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Phase-based image matching and its application to biometric recognition," APSIPA Annual Summit and Conference, OS.3-IVM.3-4, pp. 1--7, October 30, 2013, 高雄, 台湾.
Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "A Multi-Finger Knuckle Recognition System for Door Handle," IEEE Sixth International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems, October 1, 2013, Washington D.C., USA.
Shoichiro Aoyama, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Similarity measure using local phase features and its application to biometric recognition," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, June 23, 2013, Portland, USA.
Yuichiro Tajima, Koichi Ito, Takafumi Aoki, Tomoki Hosoi, Sei Nagashima and Koji Kobayashi, "Performance Improvement of Face Recognition Algorithms Using Occluded-Region Detection," International Conference on Biometrics, June 7, 2013, Madrid, Spain.

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 0 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

伊藤 康一 (ITO, KOICHI)
東北大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号：70400299

(2) 研究分担者

青木 孝文 (AOKI, TAKAFUMI)
東北大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号：80241529

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕