

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650074

研究課題名(和文)法歯学・法医学を支援する画像ベース個人識別技術の開拓

研究課題名(英文)Development of Image-Based Person Identification Technology Supporting Forensic Odontology and Medicine

研究代表者

青木 孝文(Aoki, Takafumi)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：80241529

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、離散フーリエ変換により得られる画像の位相情報に着目する超高精度画像マッチング技術(位相限定相関法)を基本として、口内法歯科X線画像などの2次元X線画像データの自動照合技術、CTやMRIなどの3次元画像データの自動照合技術、2次元-3次元異種画像データの自動照合技術を開発した。これらの技術は、法歯学・法医学を支援する基盤であり、大規模な性能評価実験を通して有効性を実証した。

研究成果の概要(英文)：In this project, we have developed automated identification technologies for 2D X-ray images such as dental radiographs, 3D images such as CT and MRI and 2D-3D heterogeneous images using Phase-Only Correlation (POC), which is a high-accuracy image matching technique using phase information of discrete Fourier transform. We have demonstrated effectiveness of the developed technologies through large-scale experiments for performance evaluation.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

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 バイオメトリクス

1 . 研究開始当初の背景

X 線画像の自動照合に関する研究事例は、後述する技術的困難さのために、世界的に見てもきわめて少ない状況である。具体的には、バイオメトリクス認証の研究の第一人者として世界的に著名なミシガン州立大学 Jain 教授のグループ、マイアミ大学の Abdel-Mottaleb 教授のグループ、ウェストバージニア大学の Ammar 教授のグループにおいて、歯科 X 線画像の自動照合アルゴリズムの検討事例が報告されている。これらの研究では、少数の画像を用いた基礎的な実験結果が報告されているに過ぎず、実用を議論する段階にはない。本研究者の取り組みは、独創的な着想および識別性能の点で他のグループを圧倒しており、真に世界をリードする位置づけにある。

本プロジェクトの直接的な契機となった研究は、位相限定相関法 (Phase-Only Correlation: POC) と呼ばれる超高精度画像マッチング技術に基づく、一連のバイオメトリクス認証の研究である。代表者の青木らが提案する位相限定相関法は、特許庁の標準技術集にも採録され、広範な用途に適用できる基盤技術であることが実証されている。バイオメトリクス認証分野では、すでに、位相限定相関法に基づく指紋・虹彩・掌紋・静脈・3 次元顔照合などの技術開発事例がある。とりわけ、瞳の虹彩認証アルゴリズムが世界最高水準の性能を達成した。一方、法歯学・法医学分野への応用については、身元不明遺体の歯科的個人識別の分野で著名な小菅栄子氏 (神奈川歯科大学・群馬県検視警察医) らとの共同研究に端を発している。従来は不可能とされてきた口内法歯科 X 線画像の自動照合の基本原則を、放射線学分野で最も権威ある RSNA (参加約 6 万人) で 2007 年に発表し、災害犠牲者の新しい身元確認技術として注目を集めた。日本人としては初めて RSNA の代表論文としてプレスリリースされ (4,000 件以上の発表の中から 14 件が選出)、米国 CNN をはじめとするテレビ、新聞、web ニュース (1 億クリック以上) などの国内外の各種メディアを通して広く報道された。

なお、東日本大震災の犠牲者の身元確認について、我々は宮城県警・歯科医師会と連携し、身元確認ワークフローの構築、機材の提供、歯科情報照合システムの開発と運用に全力をあげている。

2 . 研究の目的

法歯学・法医学の分野における遺体の個人識別 (身元確認) は、間違いが許されないという意味で、究極のバイオメトリクス認証ととらえることができる。特に、歯牙や骨などの生体内硬組織の X 線画像を用いた個人識別手法は、損傷の激しい遺体にも適用可能であるととも、生前データの入手が容易であり、

現場で迅速な鑑別が可能であるなどの特異な有用性を有している。しかし、X 線画像の照合は、現在、すべて人手で行われており、その自動化はきわめて困難な問題であった。これに対して本研究では、

- (1) 口内法歯科 X 線画像などの 2 次元 X 線画像データの自動照合
- (2) CT や MRI などの 3 次元画像データの自動照合
- (3) 2 次元-3 次元異種画像データの自動照合の手法

を世界で初めて開発し、法歯学・法医学を支援する情報基盤の可能性を検討する。

3 . 研究の方法

- (1) 2 次元 X 線画像データの自動照合技術の確立

これまでに開発している歯科 X 線画像照合アルゴリズムの高精度化を行う。正確に歯科 X 線画像 (口内法 X 線画像およびパノラマ X 線画像) を照合するためには、高度な歪み補正技術が必要となる。X 線の照射角の違い、フィルムの設置位置の違い、頭部位置の違いなどにより、同一人物の同一部位を撮影した画像間であっても非線形な歪みが生じる。そこで、位相限定相関法に基づくサブピクセル対応点探索アルゴリズムを用いて、画像間を高精度に対応付け、非線形な変形モデルに当てはめることで、画像間の歪みを正確に補正する。変形モデルとして従来よりもさらに高度な非線形歪みモデルを用い、実験的検討を通して照合アルゴリズムを最適化する。さらに、開発した照合アルゴリズムの高速化および大規模データベースを用いた性能評価実験を行う。歯科医院で実際に診療に用いた数年分の口内法 X 線画像 (1 万枚以上) を使って、大規模災害を想定した実験を行い、照合アルゴリズムの身元確認における性能を総合的に評価する。

- (2) 3 次元画像データの自動照合技術の確立
位相限定相関法の 3 次元空間拡張を行うことで、ボクセルで表現された臓器などのボリュームデータを照合することができる。一般的に、ボリュームデータのマッチング手法は、位置合わせを目的としており、計算量の多い最適化手法に基づいている。これに対して、3 次元位相限定相関法は、ボリュームデータの直接的に対応付けるとともに、ロバストで、かつ、サブボクセル精度のボリューム対応付けが可能である。また、3 次元位相限定相関関数のピーク値よりボリュームデータ間の類似度を算出することが可能であることを利用し、ボリュームデータの照合アルゴリズムを確立する。さらに、開発したアルゴリズムをボリュームデータの非剛体変形に対応する。サブ

ボクセル精度で得られた対応点に対して、非剛体変形モデルを導入することにより、モダリティの異なるデータ（たとえば、CTデータとMRIデータなど）でも高精度に位置合わせおよび照合することが可能となる。頭頸部の全体のCTデータだけではなく、たとえば上顎や下顎のCTデータ、頸椎棘突起のCTデータ、モダリティの異なるボリュームデータを用いて性能評価を行い、提案する照合アルゴリズムの個人識別に対する性能を評価する。さらに、身元確認以外の応用として、各医院から提供される医用データの信頼性の検証に照合アルゴリズムが利用できることを検証する。

(3) 2次元-3次元異種画像データの自動照合技術の確立

2次元X線画像データと3次元画像データを照合するために、頭頸部CTデータから口内法X線画像に整合する断面を検索するアルゴリズムを検討する。具体的には、自動的に口内法X線画像に整合する位置を探索し、その位置に仮想的なフィルム面を想定し、仮想的に配置したX線光源からフィルム面に対して画素を投影することで口内法X線画像を生成する。さらに、開発した3次元画像データからの整合面探索アルゴリズムと、(1)で開発した2次元X線画像データ照合アルゴリズムを組み合わせることで、2次元-3次元異種画像データを自動的に照合するアルゴリズムを検討する。また、同一人物から撮影した頭頸部CTデータおよび口内法X線画像を用いて性能評価実験を行い、提案アルゴリズムの有効性を実証する。

4. 研究成果

本研究代表者らが開発を進めてきた画像の位相情報に着目する超高精度画像マッチング技術（位相限定相関法）は、本研究課題を通して、2次元X線画像データおよび3次元画像データの自動照合技術に対しても有効であることが実証された。これらの研究成果に基づいた本研究グループの東日本大震災における身元確認支援の活動は、国内外で高く評価されている。本研究代表者に対して、宮城県警察本部より感謝状が、社会貢献支援財団より社会貢献者表彰が、河北新報より河北文化賞が授与されるとともに、IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013で東日本大震災における取り組みに関する基調講演を本研究代表者が行っている。これらの取り組みは、著名な学術雑誌であるIEEE Communications Magazineの2014年3月号に論文として掲載された。本研究は、工学系の専門家だけではなく、医学・歯学・法医学の専門家、および、警察官も含めた多岐にわたる人材の交流が必要不

可欠であり、これらの交流を通して1つの大きな融合分野を形成する可能性がある。今後は、本研究の成果に基づいて学術的な深化を検討するとともに、異分野の専門家との交流を通して新しい融合領域を開拓することが期待される。

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5件)

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, 3, 30-37, 2014, 査読有 10.1109/MCOM.2014.6766081

Takafumi Aoki, Koichi Ito, Shoichiro Aoyama and Eiko Kosuge, "Disaster victim identification using dental records --- Experience of the Great East Japan Earthquake ---," Proceedings of IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013, 巻数無, 63-68, 2013, 査読有 10.1109/R10-HTC.2013.6669014

Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Phase-based image matching and its application to biometric recognition," Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, OS.3-IVM.3-4, 1-7, 2013, 査読有 10.1109/APSIPA.2013.6694297

Yuichiro Tajima, Kinya Fudano, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "Fast and robust correspondence matching and its application to volume registration," IEICE Transactions on Information and systems, E96-D, 4, 826-835, 2013, 査読有 10.1587/transinf.E96.D.826

Yuichiro Tajima, Koichi Ito and Takafumi Aoki, "A non-rigid registration method for medical volume data using 3D phase-only correlation," Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, 巻数無, 93-96, 2012, 査読有

http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6460080

〔学会発表〕(計9件)

青山章一郎, 伊藤康一, 青木孝文, "バイオメトリクス認証のための局所位相

特徴に基づく類似度評価,” 第3回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, November 27, 2013, 東京.

Koichi Ito and Takafumi Aoki, “Phase-based image matching and its application to biometric recognition,” APSIPA Annual Summit and Conference, October 30, 2013, 高雄, 台湾.

Takafumi Aoki, “What is Role of University in Disaster Response, Recovery and Rehabilitation? --- Focusing on our Disaster Victim Identification Project,” IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013, August 27, 2013, 仙台.

Takafumi Aoki, Koichi Ito, Shoichiro Aoyama and Eiko Kosuge, “Disaster victim identification using dental records --- Experience of the Great East Japan Earthquake ---,” IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013, August 27, 2013, 仙台.

Yuichiro Tajima, Koichi Ito and Takafumi Aoki, “A non-rigid registration method for medical volume data using 3D phase-only correlation,” International Conference on Pattern Recognition, November 11, 2012, つくば.

青山章一郎, 伊藤康一, 青木孝文, “局所位相特徴に基づくバイオメトリクス認証アルゴリズムの検討,” 第1回バイオメトリクス研究会, August 27, 2012, 東京.

青山章一郎, 伊藤康一, 青木孝文, “階層位相特徴を用いた画像マッチングとバイオメトリクス認証への応用,” 第15回画像の認識・理解シンポジウム, August 7, 2012, 博多.

伊藤康一, 田島裕一郎, 青山章一郎, 青木孝文, “医用画像のための高精度対応付けに基づく位置合わせ手法の検討 ~ X線画像からボリュームデータまで ~,” 電子情報通信学会医用画像研究会, July 20, 2012, 米沢.

田島裕一郎, 伊藤康一, 青木孝文, “3次元位相限定相関法に基づく非剛体ボリュームレジストレーションに関する検討,” 電子情報通信学会医用画像研究会, May 18, 2012, 名古屋.

〔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 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

身元確認と情報技術
~ 東日本大震災における青木研究室(東北大学・大学院情報科学研究科)の取り組みを中心として ~
<http://www.aoki.ecei.tohoku.ac.jp/dvi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

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

(3) 連携研究者

()

研究者番号: