

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12057

研究課題名（和文）法医学・法歯学における個人識別を支援する生体画像照合技術の開拓

研究課題名（英文）Development of Biological Image Matching Technology Supporting Forensic Odontology and Medicine

研究代表者

青木 孝文（Takafumi, Aoki）

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） 2,800,000 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。また、歯科所見と画像データの複合データベースから個人検索を行う技術を開発した。これらの技術は、法歯学・法医学を支援する基盤技術であり、大規模災害時の身元確認を想定した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 matching 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. In addition, we have developed an individual search technology from multi-modal databases combined with dental charts and images. We have demonstrated effectiveness of the developed technologies through performance evaluation using a large-scale dataset.

研究分野：計算機システム

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線画像の自動照合の研究事例は、技術的困難さのために、世界的に見ても極めて少ない。具体的には、生体認証の第一人者として著名なミシガン州立大学 Jain 教授、マイアミ大学の Abdel-Mottaleb 教授、ウェストバージニア大学の Ammar 教授らを中心に検討事例の報告がある。しかし、研究は著しく基礎的であり、実用を議論する段階にない。本研究代表者らの取り組みは、独創的な着想および高い識別性能の点で他を圧倒しており、真に世界をリードする位置づけにある。

本研究の起点は、「位相限定相関法」と呼ばれる超高精度画像マッチング技術に基づく生体認証の研究である。本研究代表者らが提案する同技術は、特許庁の標準技術集にも採録され、指紋・掌紋・指関節紋・静脈・虹彩・顔認証などの開発事例がある。一方、法医学への応用は、身元不明遺体の歯科的個人識別で著名な小菅栄子氏（神奈川歯科大学・検視警察医）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歯科 X 線画像の自動照合の原理を、放射線学分野で権威のある RSNA で 2007 年に発表。災害犠牲者の新しい身元確認技術として注目を集め、CNN 等のテレビ、新聞、web (1 億クリック以上) 等を通して世界報道された。

その後、研究は法医学者や警察歯科医などの協力を得て順調に進展してきたが、2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、関係者一同衝撃を受けた。本年 9 月の時点で回収された遺体は 15,889 体、行方不明者は 2,601 名に達する。本研究代表者らは、その専門性を活かして、震災当初から警察および歯科医師会とともに、歯による個人識別の高度化に取り組んできた。具体的には、行方不明者の診療情報と遺体から収集した歯科所見を照合する歯科情報検索システム Dental Finder を開発し、新たな歯科的個人識別ワークフローを構築して効果をあげた。この貢献により、本代表者は、宮城県警察本部長感謝状、東北総合通信局長表彰、社会貢献支援財団社会貢献者表彰、河北文化賞などを受賞している。

## 2. 研究の目的

法医学・法歯学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の究極の生体認証（バイオメトリクス）である。特に、歯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り、生前データの入手が比較的容易であり、現場で迅速な鑑定が可能であるなどの有用性を有している。しかし、X 線画像の照合は、主として人手で行われており、その自動化は極めて困難な問題であった。本研究では、

- (1) 歯科 X 線画像（口内法、パノラマ）の高精度自動照合技術
- (2) CT や MRI 等の医用ボリュームデータの高精度自動照合技術

- (3) 歯科所見と画像データ（歯科 X 線、CT、MRI 等）の複合データベースからの個人検索技術

を世界に先駆けて開発し、法医学的個人識別を支援する情報基盤の可能性を検討することが目的である。

## 3. 研究の方法

本研究では、下記の 3 項目に関する研究開発を実施した。

- (1) 歯科 X 線画像の高精度自動照合技術

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大幅な精度向上を図る。正確に歯科 X 線画像（口内法およびパノラマ）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 線照射角やセンサ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であっても非線形歪みが生じる。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、2 枚の画像を高精度に対応付け、従来よりも高度な非線形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。さらに、照合アルゴリズムのマルチコア/メニーコアプロセッサ上での高速化について検討するとともに、画像データベースを用いた性能評価実験を行う。特に、非線形変形モデルの種類やその自由度、さらには、類似度尺度の定義などを変化させることによりアルゴリズムを最適化する。個人識別の性能評価実験では、口内法 X 線画像を使って、大規模災害を想定した仮想照合実験を行い、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) CT、MRI 等の医用ボリュームデータの高精度自動照合技術

3 次元拡張された位相限定相関法によって、人体硬組織等のボリュームデータを照合することができる。一般に、ボリュームのマッチングは、時間のかかる最適化手法を用いることが多い。一方、3 次元位相限定相関法は、最適化を用いずに、ロバストかつサブピクセル精度でボリュームデータに対応付けることが可能である。そこで、対応付けの結果や局所ブロックの相関値などをパラメータとしてボリューム間の類似度を定義し、識別性能の優れた自動照合アルゴリズムを開発する。さらに、項目(1)と同様に、照合アルゴリズムのマルチコア/メニーコアプロセッサ上での高速化について検討するとともに、画像データベースを用いた性能評価実験を行う。特に、非線形変形モデルの種類やその自由度、さらには、類似度尺度の定義などを変化させることによりアルゴリズムを最適化する。モダリティや形態の大きく異なるボリュームデータの間での照合実験

を行い、提案する照合アルゴリズムの個人識別に関する性能を総合的に評価する。

(3) 歯科所見と画像データの複合データベースからの個人検索の検討

現在、本研究代表者らが提唱してきた「身元確認に資する歯科診療情報の標準化」が、厚生労働省が主導する形で進んでいる。これは、南海トラフ巨大地震などの将来の大災害に備えて、歯科医療機関に存在する診療情報（テキスト）をデジタル形式でバックアップするしくみを整えることを目的としている。この標準データ形式に従う歯科所見の検索システムを Dental Finder 2 として試作する。本システムは、次年度に、画像データ（2次元・3次元）の照合エンジンと連携することを念頭に置いて、拡張性を持ったシステムとする。Dental Finder 2 に対して、上記項目（1）および項目（2）で研究開発した画像ベース自動照合システムを組み合わせることによって実現される複合データベース個人検索システムについて、その可能性を検討する。具体的には、Dental Finder 2 に対して画像検索エンジンを組み込む方式を採用する。これにより、第一段階のスクリーニングとして、歯科所見（標準データ形式）での大まかな検索を行い、そこで該当した候補者に対して、さらに、第二段階のスクリーニングとして、歯科 X 線画像の自動照合（もしくは医用ポリウムデータの自動照合）による精密な検索を行うことが可能になる。

4. 研究成果

本研究課題を通して、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）を用いた 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を高精度化および高速化することができた。また、東日本大震災で活用した Dental Finder の後継である Dental Finder 2 を試作することができた。本研究課題の成果を含め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などの取り組みは、国内外で高く評価されている。それらを受けて、東日本大震災での身元確認支援から現在に至るまでの取り組みをまとめた書籍「災害と身元確認 ICT 時代の歯科情報による個人識別」を医歯薬出版株式会社から出版した。他にも、電子情報通信学会バイオメトリクス研究専門委員会から依頼を受けて、これまでの取り組みを論文としてまとめ、電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review に掲載された。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)

青木孝文, “身元確認のための歯科情報の標準化と大規模検索技術,” 日本補遺歯科医学会会誌 Forensic Dental Science, 査読無, Vol. 8

青木孝文, “ポスト 3.11 の身元確認を考える ~ 歯科分野のビッグデータをいかにして守るか ~,” 宮歯会報, 査読無, No. 465, 7--8

青木孝文, “東日本大震災における身元確認はいかにして行われ、その経験は今後にどう活かされるか,” 静岡県警察協力医会 会報, 査読無, 第 30 号, 4--16

青木孝文, “大規模災害における身元確認と情報技術 ~ 東日本大震災における遺体の個人識別はいかにして行われたか,” 医学のあゆみ, 査読無し, Vol. 255, 2015 年, 767--768

青木孝文, 伊藤康一, 青山章一郎, “災害犠牲者の身元確認と ICT,” 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, 査読有, Vol. 9, 2015 年, 119-130

DOI: 10.1587/essfr.9.2\_119

〔学会発表〕(計 10 件)

Takafumi Aoki and Koichi Ito, “Disaster victim identification using dental records -- Lessons learned from the Great East Japan Earthquake and Tsunami,” 22nd International Conference on Medical Physics, Mini-symposium, 2016 年 12 月 10 日, バンコク(タイ)

小坂萌, 鈴木敏彦, 富士岳志, 青木孝文, 佐々木啓一, “身元確認のための歯科情報データセットの国際標準化に関する取り組み,” 第 70 回東北大学歯学会, 2016 年 12 月 2 日, 仙台

青木孝文, “ポスト 3.11 の身元確認はどうあるべきか ~ データで読み解く東日本大震災 ~,” 宮城県歯科医師会 第 9 回身元確認研修会, 2016 年 11 月 20 日, 仙台

青木孝文, “ポスト 3.11 の身元確認はどうあるべきか,” 宮崎県警察歯科及び災害時対策会議・特別講演会, 2016 年 8 月 20 日, 宮崎

青木孝文, “ポスト 3.11 の身元確認はどうあるべきか,” 兵庫県警察歯科医会 創立 30 周年記念講演, 2016 年 7 月 2 日,

兵庫

青木孝文, “データで読み解く東日本大震災 身元確認はいかにして行われ、その経験は今後どう活かされるか,” 第13回奈良県警察協力歯科医会総会, 2016年2月4日, 奈良

Takafumi Aoki, “Disaster Victim Identification Using Dental Records --- Lessons Learned from the Great East Japan Earthquake and Tsunami,” 台湾国立清華大学の国際招聘プログラムによる講演会, 2015年12月22日, 新竹(台湾)

青木孝文, “身元確認における情報技術の活用 ~いかにして歯科情報を検索するか?,” 宮城県歯科医師会身元確認研修会, 2015年10月29日, 仙台

青木孝文, “データで読み解く東日本大震災 ~ 災害をマクロな視点で理解するために,” 第14回警察歯科医会 全国大会, 2015年8月29日, 仙台

青木孝文, “東日本大震災における身元確認はいかにして行われ、その経験は今後どう活かされるか ~ 医療ビッグデータによる個人識別の問題を考える,” 平成27年度静岡県警察協力医会総会特別講演, 2015年7月11日, 静岡

〔図書〕(計1件)

江澤庸博, 青木孝文, 柏崎潤, 小菅栄子, 医歯薬出版株式会社, 「災害と身元確認 ICT時代の歯科情報による個人識別」, 2016年, 159ページ

〔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

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:

(4)研究協力者

( )