

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：33703

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17113

研究課題名(和文)人工知能を用いた歯式自動分類アルゴリズムの作成と身元確認システムへの応用

研究課題名(英文)Creation of automatic tooth classification algorithm using artificial intelligence and its application to identification system

研究代表者

西山 航(Nishiyama, Wataru)

朝日大学・歯学部・助教

研究者番号：80631613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災では多数の身元不明者が発生し、個人特定には歯科情報が大きな役割を果たした。歯科情報の照合は自動化されたが、身元不明遺体から歯科情報を採取するには多くの人員が必要であった。歯科情報を歯科領域の一般的な撮影であるパノラマエックス線写真から自動的に抽出するために人工知能"Deep Learning"を用いたアルゴリズムの開発を行った。画像から単一歯牙の検出、歯式自動分類、歯牙状態分類の3つのアルゴリズムを開発した。単一歯牙の検出では感度96.4%、歯式自動分類では精度93.2%、歯牙状態分類では感度98.0%と高い性能を示し、歯科情報自動抽出の可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

パノラマから歯科情報を自動抽出が可能となれば緊急時に必要となる医療資源の削減につながり、照合を早期に行なうことにより経時的な遺体の劣化による個人特定のための情報消失も防ぐことができる。また医療施設のパノラマX線撮影装置に自動抽出システムを採用することにより平時の恒常的な歯科情報蓄積が可能となり、身元不明遺体の生前情報の採取が容易になる。

研究成果の概要(英文)：A large number of unidentified persons occurred in the Great East Japan Earthquake, and dental information played a major role in identifying individuals. The collation of dental information was automated, but it required a large number of personnel to collect dental information from unidentified bodies. We have developed an algorithm that uses artificial intelligence "Deep Learning" to automatically extract dental information from a panoramic radiography, which is a general image in the dental field. Three algorithms have been developed: (1) detection of a single tooth, (2) automatic tooth type classification, and (3) tooth condition classification. (1) Sensitivity 96.4% for detection of single tooth, (2) Accuracy 93.2% for automatic tooth type classification, (3) Sensitivity 98.0% for tooth condition classification, indicating the possibility of automatic extraction of dental information.

研究分野：歯科放射線学

キーワード：人工知能 歯式自動分類 歯科X線撮影 パノラマX線画像

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2011年に起こった東日本大震災は津波により多くの被災者を出し、身元不明の遺体も数多く見つかった。身元確認のために経時的な劣化の少ない歯科情報が重要視され、歯科医師が口腔内状態をデンタルチャートとして記録し医療施設に保存されていた診療録との照合を行ったが、非常に多くの時間と人員が必要であった。このような未曾有の大規模災害に対して、平時には生前データとして恒常的にデンタルチャートを収集し、遺体からも迅速かつ効率的にデンタルチャートを収集できるシステムの構築が急務であった。

2. 研究の目的

本研究の目的はパノラマ X 線画像から歯科情報照合・管理ソフトウェア "Dental Finder" に入力可能な標準化されたデンタルチャートを自動的に抽出するアルゴリズムを開発し、短時間かつ簡便に身元確認を行うことが可能なシステムを構築することである。アルゴリズムの作成には近年発達の目覚ましい人工知能技術 "Deep Learning" を用いてより精度の高いアルゴリズムの開発を目指す。また開発したアルゴリズムがより効率的に運用できるように、生前データの蓄積・収集・管理を含めた身元確認ワークフロー (図1) を作成し社会に広く発信していくことが肝要である。

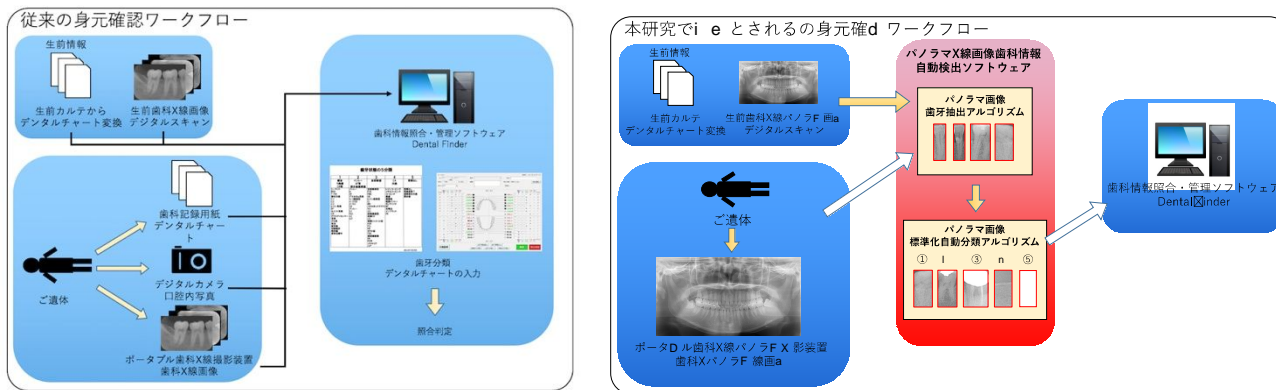


図1 身元確認ワークフロー

3. 研究の方法

パノラマ X 線画像からデンタルチャートを作成するためには、パノラマ画像から単一歯牙画像の抽出 (歯牙抽出)、抽出された単一歯牙画像の歯式分類 (歯式分類)、抽出された歯牙単一画像の歯冠状態分類 (歯冠状態分類) といった3つの行程が必要となる。各行程を自動化するために異なるアルゴリズムの作成を行った。アルゴリズムの作成には人工知能技術である Deep Learning を用いた。Deep Learning は脳の構造を模した多層式の情報ネットワークであり、多数の教師データを入力することによりその特徴量を学習して自動的に検出 (Detection) や分類 (Classification) を行うアルゴリズムを作成する。作成されたアルゴリズムに対して未知のデータを入力することにより特徴量に合致した結果が出力される。アルゴリズム作成の教師データおよび作成したテストデータとして 100 枚のパノラマ X 線画像を用意した。使用ネットワークには AlexNet や DetectNet、GoogLeNet などの複数の構成を施行し、その精度を比較検証することでより性能の高いアルゴリズムの作成を目指した。歯牙抽出では単一の歯牙を囲む長方形の関心領域 (ROI) を設定し、その座標を Detection の教師データとした。これにより ROI 内部の特徴量に類似した画像特徴を持つ部位を単一の歯牙として検出・出力するアルゴリズムを作成した。歯式分類では Detection で利用した単一歯牙画像にラベルとして歯式を設定することにより Classification の教師データとした。歯冠状態分類では単一歯牙画像に歯冠の修復物・補綴物の状態からなる "歯牙状態の分類" (表1) に基づき5種類のラベルを設定し Classification の教師データとした。

歯牙状態の5分類

1 健全 う蝕歯 CR等	2 インレー AF等 部分金属修復	3 全部修復	4 C4 欠損	5 情報なし
シーラント WSD T-FIX 楔状欠損 C1 C2 C3 レジン充填 RF セメント充填 CR ガラスイオノマー 充填 クセ充 単治 根充後 切縁破折 残存歯 根管治療中	インレー In AF アマルガム充填 4/5鑄造冠 4/5STEK 4/5Cr CK アンレー S.I Pd.I G.I G.F	全部鑄造冠 FCK FMC GK レジン前装冠 Cr MB メタルボンドクラウン VCr JCr 前装鑄造冠 前装CK JK 複質ジャケット冠 HJK FKr FCr HR ポスト冠 TEK 歯冠継続歯 SK PZ中 メタルコア コア	レジンコーピング メタルコーピング コーピング 義歯 根面板 根面インレー ボンディング MT 未萌出 インプラント PD	情報なし 死後脱落? 遺体部分欠損 埋伏歯

表1 歯牙状態分類

各アルゴリズムの精度を検証し、結果から精度に影響を与える変数を推定し、入力するパノラマ X 線画像の調整や ROI の再設定を行い精度の向上を試みた。

#### 4. 研究成果

アルゴリズムの開発は本来の処理手順とは異なり、歯式分類と歯冠状態分類を先に行った。AlexNet を用いた 歯式分類 では 87.5% の高い精度を得られた。多数の一般画像を事前に学習させたネットワークを用いる Fine tuning を用いることにより精度は 88.9% に向上した。歯冠状態分類 では AlexNet を用いて 96.3% の精度が得られた。また、Fine tuning を用いることにより 98.1% に向上した。どちらの場合も Fine tuning により精度の向上を認めたが、これは元画像に様々な処理（濃度・コントラスト調整など）を行い学習データの増強を行った場合よりも高い精度となった。次いで行われた 歯牙抽出 では DetectNet という GoogLeNet から派生した物体検出ネットワークを用いて学習が行われた。検出結果の例を図 2 に示す。歯式分類や弛緩状態分類に必要な単一歯牙が概ね正しく検出された。これらの結果は 2017 年に論文などにより報告されている（日本医用画像工学会）。さらに 2019 年にはこれらのアルゴリズムの性能向上のため、学習データが少ない場合にも高い学習結果が得られる 4 分割交差検証を用いることにより、歯式分類 は精度 93.2%、歯式分類 は精度 98.0%、歯牙抽出 では感度 96.4% と非常に性能の高いアルゴリズムの開発に成功した。この結果は Oral Radiology（2020 年）にも報告されている。これらの結果はパノラマからデンタルチャート自動抽出することの可能性を示唆するものであり、今後これらのアルゴリズムを 1 つのアプリケーションとして構成したソフトウェアの開発を目指していく予定である。

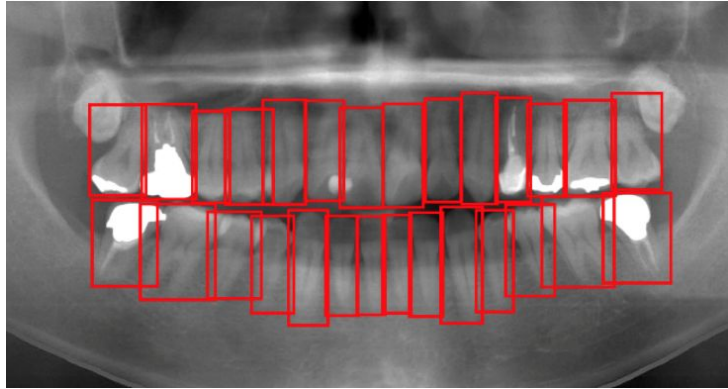


図 2 単一歯牙検出結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 西山航, 林裕晃, 岩田哲成, 泉雅浩, 横矢隆二, 有地榮一郎, 岡崎徹, 勝又明敏	4. 巻 58(2)
2. 論文標題 口内法撮影における受像体周囲の線量の推定 手指および撮影補助具による受像体保持方法の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 歯科放射線	6. 最初と最後の頁 66-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 C.Muramatsu, T.Morishita, R.Takahashi, T.Hayashi, W.Nishiyama, Y.Ariji, X.Zhou, T.Hara, A.Katsumata, E.Ariji, H.Fujita	4. 巻 online 01
2. 論文標題 Tooth detection and classification on panoramic radiographs for automatic dental chart filing: Improved classification by multi-sized input data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oral radiology	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Muramatsu Chisako, Kutsuna Shota, Takahashi Ryo, Hayashi Tatsuro, Nishiyama Wataru, Ariji Yoshiko, Zhou Xiangrong, Hara Takeshi, Katsumata Akitoshi, Ariji Eiichiro, Fujita Hiroshi	4. 巻 11318
2. 論文標題 Tooth numbering in cone-beam CT using a relation network for automatic filing of dentition charts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2550933	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 W Nishiyama, Y Yanashita, C Muramatsu, F Hiroshi, A Katsumata
2. 発表標題 Morphological classification of the cortical bone layer using deep learning in panoramic radiography
3. 学会等名 Radiologic Society of North America (RSNA) Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C.Muramatsu, S.Kutsuna, R.Takahashi, T.Hayashi, W.Nishiyama, Y.Ariji, X.Zhou, T.Hara, A.Katsumata, E.Ariji, and H.Fujita
2. 発表標題 Tooth numbering in cone-beam CT using a relation network for automatic filing of dentition charts
3. 学会等名 SPIE Medical Imaging 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沓名将太, 村松千左子, 林 達郎, 周 向栄, 西山 航, 有地淑子, 原 武史, 勝又明敏, 有地 榮一郎, 藤田広志
2. 発表標題 歯科的個人識別のためのRelation Networks for Object Detection を用いた歯科用Cone-beam CTにおける歯牙の検出
3. 学会等名 第38回日本医用画像研究会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沓名将太, 村松千左子, 高橋 龍, 林 達郎, 周 向栄, 西山 航, 有地淑子, 原 武史, 勝又明敏, 有地榮一郎, 藤田広志
2. 発表標題 歯科用Cone-beam CTにおけるRelation Moduleを用いた歯牙の関連性にもとづく歯牙の検出
3. 学会等名 メディカルイメージング連合フォーラム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沓名将太, 村松千佐子, 林 達郎, 周 向栄, 西山 航, 有地淑子, 原 武史, 勝又明敏, 有地榮一郎, 藤田広志
2. 発表標題 歯科用Cone-beam CTにおける歯科的個人識別のための歯牙の検出と分類手法
3. 学会等名 医用画像情報学会平成30年度春季(第183回)大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杵名将太, 村松千左子, 林 達郎, 周 向栄, 西山 航, 有地淑子, 原 武史, 勝又明敏, 有地榮一郎, 藤田広志
2. 発表標題 Relation Module を用いた歯科用Cone-beam CT における歯牙の検出
3. 学会等名 日本歯科人工知能(AI)研究会 第2 回歯科AI 研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----