

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K10686

研究課題名（和文）死亡時画像診断(Ai)を活用した歯科個人識別法（IDOL法）の実装

研究課題名（英文）Implimentation of dental identification using Post-mortem CT images

研究代表者

藤本 秀子（FUJIMOTO, Hideko）

鳥取大学・医学部・特任准教授

研究者番号：30722798

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、歯の形態や排列などの先天的個性と感染の影響による後天的個性を発現する歯槽骨に焦点を当てた研究である。研究材料は、近年の死後画像の普及を生かし、現場に即した条件で画像データを収集した。歯槽骨形態を定量化するために、特徴点を決定し、対象画像と比較対照画像間で類似度を算出し、客観的な個人識別を目指した。また人工知能を取り入れたアプリケーションを作成し、実装を試みた。またこれらのデータから、経年変化を検討し、年齢推定に結び付くヒントを引き出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、歯槽骨による個人識別法を数値で評価したことである。このことは法医学のみならず、人類学にも貢献している。次に画像使用により、死後変化の大きい死体からも情報を獲得し、個人識別に生かしたことである。さらに、人工知能を使用して死後画像を検討したことにも意義がある。
社会的意義は、歯科治療痕以外の顎口腔部位の個性のある情報を生かした個人識別方法を実装したことは、歯科医師への負担軽減や人件費削減の可能性につながった。国際刑事警察機構が災害犠牲者身元確認作業の段階に死後画像撮影を組み込んでいる現在、データ量の少ない座標数値保存による識別は、クラウド化も踏まえ、有用であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study focused on the alveolar bone, which expresses both congenital individuality, such as tooth morphology and alignment, and acquired individuality because of infection. For research materials, image data were collected under field-specific conditions, taking advantage of the widespread of postmortem images. To quantify alveolar bone morphology, feature points were determined, and similarity was calculated between the target and comparison images for objective personal identification. We also created an artificial intelligence application and attempted to implement it. In addition, we examined changes over time in these data used and extracted hints that could lead to age estimation.

研究分野：法医学

キーワード：個人識別 歯槽骨画像 死後CT画像 生前パノラマX線画像 プロクラステス解析 ランドマーク法 人工知能 人類学

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究の背景は、顎口腔領域の特異性と、社会がより多くの個人識別情報を求めていることにある。特異性とは、歯の形態や排列の先天性の個性を持つだけでなく、虫歯菌や歯周病菌などにより常に感染の影響を受けることにより、歯科治療や歯周疾患という後天的な個性を発症する可能性が高い点である。このため、歯科医療は大変身近な医療であり、多くの人の医療情報が集積している。また初診時において、X線画像撮影が施行されることが多く、画像情報も豊富である。

一方我が国では災害が多発し、災害時に身元確認を必要とする遺体も多い。また、高齢者社会の到来で、行方不明者も増加している。また国際的には、移民や難民、人身売買などに関わる個人識別の要請が増えている。そのためあらゆる局面で、個人識別を可能にする手立てが必要とされている。

本研究を始めた動機は、私が2010年から死後CT画像撮影による個人識別を法医実務として行ってきたことにある。死後画像の獲得により、従来行われてきた歯科所見採取による個人識別法だけでなく顎口腔領域からえた多くの情報を活用して個人識別を行うことが可能になった。そこで私は、歯槽に特徴点を設定して、特徴点を結んだ形の重心を取り、その重心からの距離で比較対象画像間の相関係数を使用する方法を思いついた。1990年代に確立したプロクラステス解析のランドマーク法も本法の形態解析に大いに役立った。試行錯誤を繰り返すうちに、2014年奨励研究では、生体のパノラレントゲン写真とCTパノラマ再構成画像を使用した歯槽骨画像による個人識別方法を相関係数とプロクラステス解析の両方で検討することが可能になった。2016年にはこの研究手法を論文にし、本法をIDOL法と命名した。

2. 研究の目的

研究の目的は、新しい身元確認法IDOL法の実装である。先の研究で、予備実験ともいべき結果が良好であったことから、実際の現場を想定し、死後画像データを使用し、より良い方法の開発と検討を目指したのである。

具体的には、歯槽骨の特徴を示すランドマーク数の最小数の設定であり、人工知能によるランドマークの自動検出およびシステムの構築である。

3. 研究の方法

まず、ランドマーク数の効率性の検討のために、個数に分けてランドマーク数による評価を行った。その結果、ランドマーク数4個以下を除外することが良い判定結果を導くことがわかった。この手法の確立により、鳥取大学より特許を申請し、実装に協力してくれる企業を探した。次に、作業の効率性を向上させるために、人工知能を使用したランドマークの自動検出を検討した。213教師データを作成し、Drone Pilot Agencyと秘密保持契約書を交わしてランドマークの自動検出を依頼した。TensorFlow2により、一定の評価を得ることはできたが、自動検出能力は低く、Google Cloud Platformを使用したため、課金システムにより経費がかさみ、この方法は途中で断念した。自動検出の検討を進めるうちに、検出の障害となった金属アーチファクトの低減が必要と考え、低減ソフトを用いたデータ解析を行った。こちらの費用は掛からなかったが、1データ当たりの処理に時間が費やされたため、途中で断念した。

データ数を増やすことで、個人識別能に与える可能性のあるバイアスの影響をできるだけ反映しない識別能を目指し、2350例にデータを増やし、島根大学と鳥取大学の倫理審査委員会の承認を得た。提供されたデータから、使用可能な本人群161組データを含む633画像を検討した結果、満足のいく結果を得ることができた。他方システム開発に向けて、企業との共同研

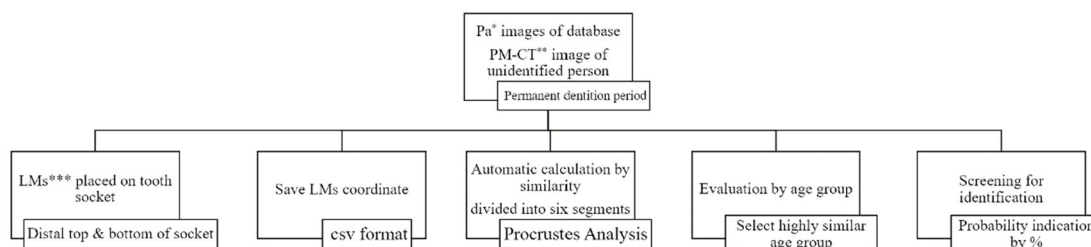
究を各所に打診していたが、日本コントロールシステム株式会社が、システム開発に協力してくださることになった。しかし、システム(VBA)と人工知能(Python)はインターフェースの違いにより、円滑な連携は難しく、この段階では実装に至ることができなかった。

検討課題であった対象対照間が長期間であった場合の検査では、最大26年間の幅を持つ50データを使用し、特に重篤な歯周病患者データも含めて、経年変化による影響も検討した。その結果、歯周病患者とそれ以外の患者との差異は認められたが、その経年変化は、個人を識別する上では、大きな影響を与えないことも判明した。歯周疾患患者とそうでない患者との差異が示唆された一方で、口腔病理学では既知の知見である歯周疾患になっていなくても経年的に歯槽骨の吸収が存在することが、画像上でも数値で示された。この結果は、本法が歯周病画像検査法として有用性を示したので、特許を申請した。

歯槽骨画像の経年変化が判明したため、個人識別法の一つである年齢推定法の検討を始めた。年齢推定は、生前データベースに候補者が存在しない場合にも個人識別の大きな情報となる。対象者データと対照データベースのすべてと類似度を算出し、類似度の高い年代を対象者の推定年齢とした。今回は年代を10年ごとに区切り、その中央値を推定年齢とした。

この段階で、AI とシステムを合わせて一つの個人識別アプリケーションとして実装してくださる企業を探した。年齢推定法も途中までの算出方法はIDOL法と同じであるため、同様のアプリケーションに含めることとした。その結果ライフサイエンスコンピューティング株式会社と株式会社アクション・ジャパンの協力を得ることができた。令和5年度基盤研究C研究費が獲得できた段階で、更にデータ提供機関を1機関増やし、異なる4機関の748パノラマ画像と315CT画像データを収集し、経年変化の検討を行い、年齢推定法を確立した。現在人工知能による特徴点自動検出を含めた歯槽骨画像を使用した個人識別法、年齢推定法、そして新たに画像上の各歯の画素値に焦点を当てた個人識別法を含めてシステムを構築中である。

Table 1. Workflow of this study



4. 研究成果

- (1) 2019年にランドマーク6個以上で本法が有用であったので、特許を申請した。
- (2) 最大26年の経年変化を持つ対象と対照画像間でも、個人識別が可能であることが判明した。
- (3) 金属アーチファクト低減ソフトによる画像の鮮明化を行ったが、課題が残ったため使用を中止した。
- (4) 歯槽骨画像を使用した個人識別法の識別結果は、3つの異なる機関から提供された本人群161組データを含む633画像を使用した結果は、カットオフ値4.978で本人拒否率は存在せず、ROC curveは0.9769となり、良好なスクリーニング能力を示した。他人受け入れ率はやや高い率を示した。
- (5) 2021年に歯周病画像検査法の装置として、特許申請した。
- (6) 年齢推定法では、42例の司法解剖例を使用したところ、実年齢と20年以上推定を外れた症例は5例であり、相関係数は0.83952であった。
- (7) 2019年、2021年特願審査請求を放棄し、歯槽骨画像による年齢推定法と個人識別法

及び歯の画素値による個人識別法を含め、口腔X線画像を用いた個人識別システム及び個人識別方法の特許を申請した。

本研究は、死後 CT 画像を活用した歯槽骨による個人識別法として世界で初めて開発された方法である。開発当初より、国際学会では研究代表者の本研究内容が毎回採択された。インターポールが採用している災害犠牲者身元確認作業の工程では、すでに死後 CT 画像撮影が組み込まれていることから、本分野におけるインパクトは大きいと考える。また歯槽骨による経年変化は、法医学あるいは法人類学の分野では、活用実績が少なく、特に生前死後画像を使用した年齢推定方法は先行文献には見当たらない。人工知能の応用では、本研究当初できなかったことが、急速な発展により課題が解決でき、システムの性能が向上してきている。今回の研究は、次の研究対象である歯のセグメンテーションによる画素値を使用した個人識別法の確立のための基礎となった。

Table 2. Personal identification using alveolar bone

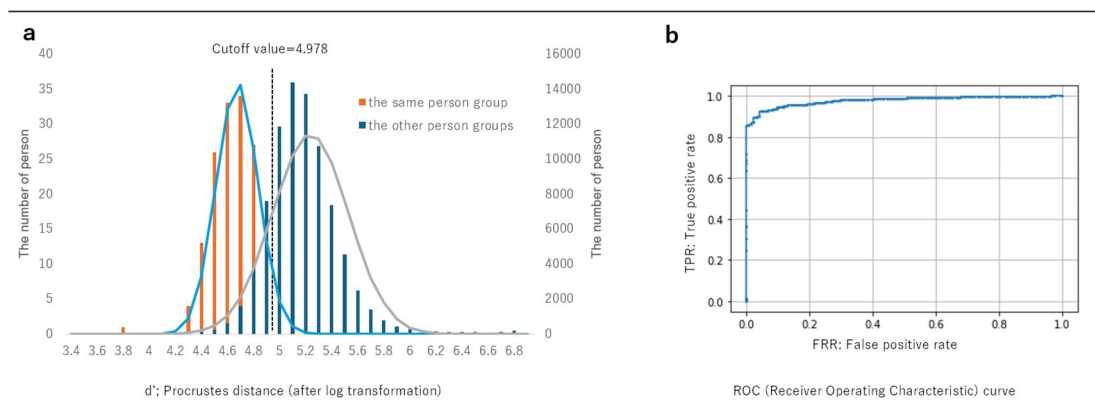


Table 3. Age estimation using alveolar bone

Body information for age estimation			Procrustes Distance(vs. Pa image database)							Estimate age
cause of death or body condition	Sex	Known age	Age range							
			14-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-	
putrefaction	m	18	0.16826	0.16810	0.17236	0.17926	0.17502	0.19229	0.23937	34
carbonization	f	25	0.16997	0.17528	0.17878	0.17982	0.18531	0.19388	0.24587	25
traffic accident	m	29	0.16029	0.16020	0.16766	0.16300	0.17031	0.19189	0.23640	34
carbonization	f	32	0.15921	0.15858	0.16249	0.16374	0.16691	0.17990	0.19440	34
unknown	m	36	0.17912	0.17251	0.18409	0.18756	0.18762	0.18666	0.23088	34
acute intoxication	f	39	0.15002	0.15481	0.13824	0.14150	0.15618	0.15951	0.18665	44
disease	m	45	0.16681	0.16353	0.15369	0.15984	0.15879	0.15752	0.17780	44
skeletal remains	m	47	0.15537	0.15759	0.15419	0.15312	0.16009	0.15505	0.16603	54
putrefaction	f	50	0.14928	0.14433	0.14180	0.13676	0.14483	0.14815	0.17235	54
putrefaction	m	55	0.15492	0.15590	0.14994	0.14801	0.15067	0.15374	0.16090	54
unknown	f	59	0.19015	0.18776	0.18373	0.17213	0.17891	0.17755	0.18863	54
carbonization	f	62	0.17706	0.17951	0.18510	0.17682	0.17531	0.19407	0.21356	64
carbonization	m	66	0.19680	0.19756	0.19028	0.18739	0.18166	0.18859	0.18956	64
skeletal remains	m	72	0.20776	0.20772	0.20157	0.19722	0.19516	0.18927	0.19851	74
skeletal remains	f	77	0.23937	0.23873	0.24389	0.23385	0.23872	0.21511	0.21045	83
mummified	f	78	0.20864	0.19082	0.18536	0.17613	0.17765	0.16955	0.17503	74
putrefaction	f	81	0.22390	0.20580	0.21856	0.20803	0.21662	0.21927	0.18592	83
putrefaction	m	83	0.20780	0.19346	0.20069	0.18564	0.17675	0.17623	0.19152	74
putrefaction	f	86	0.21772	0.22322	0.23110	0.21570	0.21489	0.23505	0.19363	83
carbonization	f	92	0.19803	0.20200	0.20111	0.19707	0.20283	0.20850	0.19186	83

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 1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 Fujimoto Hideko, Kimura-Kataoka Kaori, Kanayama Hidekazu, Kitamori Kanako, Kurihara Yuichi, Zangpo Dawa, Takeshita Haruo	4. 巻 343
2. 論文標題 Implementation of a personal identification system using alveolar bone images	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Forensic Science International	6. 最初と最後の頁 111548 ~ 111548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.forsciint.2022.111548	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 藤本秀子, 矢山和宏, 飯野守男	4. 巻 15-1
2. 論文標題 歯槽骨画像による個人識別法を歯周疾患検査として活用した試み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forensic Dental Science	6. 最初と最後の頁 16
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 無
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 藤本 秀子, 木村 かおり, 金山 秀和, 北森 可奈子, 矢山 和宏, 飯野 守男, 竹下 治男	4. 巻 27
2. 論文標題 歯槽骨画像による個人識別法を使用した経年変化の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本法科学技術学会誌	6. 最初と最後の頁 9
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 無
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 藤本秀子, 木村かおり, 高橋真樹子, 吉宮元応, 大月一真, 遠藤実, 片田竜一, 飯野守男, 竹下治男	4. 巻 73
2. 論文標題 死後CT画像を用いた歯科個人識別法 (IDOL法) におけるランドマーク数の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本法医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 74
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 無
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 藤本秀子	4. 巻 24
2. 論文標題 死後CT画像を活用した新しい歯科個人識別法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本法科学技術学会誌	6. 最初と最後の頁 31
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 無
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 藤本秀子	4. 巻 25
2. 論文標題 歯槽骨画像による個人識別	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本法科学技術学会誌	6. 最初と最後の頁 6
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 無
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 藤本秀子、北森可奈子、木村かおり、金山秀和、矢山和宏、飯野守男、竹下治男	4. 巻 26
2. 論文標題 歯槽骨画像による個人識別システムの実装に向けて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本法科学技術学会誌	6. 最初と最後の頁 34
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 無
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 藤本秀子、木村かおり、北森可奈子、飯野守男、竹下治男	4. 巻 28
2. 論文標題 歯槽骨画像を使用した年齢推定の試み	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本法科学技術学会誌	6. 最初と最後の頁 14
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 無
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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hideko Fujimoto, K Kimura-Kataoka, H Kanayama, K Kitamori, K Yayama, Y Kurihara, M Iino, H Takeshita
2. 発表標題 The implementation of the personal identification system using alveolar bone images.
3. 学会等名 International Society of Forensic Radiology and Imaging (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本 秀子, 北森 可奈子, 木村 かおり, 金山 秀和, 飯野 守男, 竹下 治男
2. 発表標題 歯槽骨画像を用いた経年変化評価の法人類学への応用
3. 学会等名 第22回法医画像勉強会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本 秀子, 木村 かおり, 北森 可奈子, 飯野 守男, 竹下 治男
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別評価とシステム実装
3. 学会等名 第39回日本法医学会学術中四国地方集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本 秀子, 木村 かおり, 金山 秀和, 北森 可奈子, 矢山 和宏, 飯野 守男, 竹下 治男
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別法を使用した経年変化の検討
3. 学会等名 日本法科学技術学会第28回学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本 秀子, 木村 かわり, 北森 可奈子, 栗原雄一
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別法に深層学習を活用した試み
3. 学会等名 第5回日本歯科人工知能(AI)研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤本 秀子, 木村 かわり, 金山秀和、飯野守男、竹下治男
2. 発表標題 歯槽骨画像を用いた経年変化評価の法人類学への応用、続報
3. 学会等名 第23回法医画像勉強会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H Fujimoto
2. 発表標題 Personal identification using post-mortem CT image corresponding to periodontal disease examination
3. 学会等名 International Society of Forensic Radiology and Imaging (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本秀子, 矢山和宏, 飯野守男
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別法を歯周疾患として活用した試み
3. 学会等名 日本法歯科医学会第15回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本秀子, 北森加奈子, 木村かおり, 金山秀和, 矢山和宏, 飯野守男, 竹下治男
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別システムの実装に向けて
3. 学会等名 日本法科学技術学会第27回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本秀子
2. 発表標題 歯槽骨画像による個人識別
3. 学会等名 日本法科学技術学会第26回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤本秀子
2. 発表標題 過去10年間における死後画像を用いた歯科鑑定書例の検討
3. 学会等名 第19回法医画像勉強会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H Fujimoto, K Kimura-Kataoka, H Kanayama, H Takeshita, M Iino
2. 発表標題 Approach toward "Jaw Fingerprinting" using CT images.
3. 学会等名 ISFRI (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本 秀子
2. 発表標題 死後CT画像を用いた歯科個人識別法(IDOL法)におけるランドマーク数の検討
3. 学会等名 第103次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本 秀子
2. 発表標題 死後CT画像を活用した新しい歯科個人識別法
3. 学会等名 日本法科学技術学会第25回学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本 秀子
2. 発表標題 Ai(死亡時画像診断)を活用した歯科個人識別法(IDOL法)の開発と実装化
3. 学会等名 メディカルジャパン
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H Fujimoto, K Kimura-Kataoka, H Kanayama, M Iino, H Takeshita
2. 発表標題 An attempt to estimate age using akveolar bone images.
3. 学会等名 International Society of Forensic Radiology and Imaging
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤本秀子、木村かおり、北森可奈子、栗原雄一、飯野守男、竹下治男
2. 発表標題 人工知能の深層学習を活用した歯槽骨画像による個人識別法
3. 学会等名 第107次日本法医学学会学術全国集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤本秀子、木村かおり、北森可奈子、飯野守男、竹下治男
2. 発表標題 歯槽骨画像を使用した年齢推定の試み
3. 学会等名 日本法科学技術学会第29回学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤本秀子
2. 発表標題 顎口腔領域における個人識別法のこれから
3. 学会等名 日本法歯科医学会第18回学術大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 藤本秀子(担当分担執筆)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 砂書房	5. 総ページ数 169
3. 書名 視覚で学ぶ歯科放射線学	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 プログラム、情報処理装置、情報処理方法及び学習モデルの生成方法	発明者 藤本秀子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-074213	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 特許権	発明者 藤本秀子	権利者 鳥取大学
産業財産権の種類、番号 特許、2019-201595	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 口腔X線画像を用いた個人識別システム及び個人識別方法	発明者 藤本秀子、アクション・ジャパン、LSC	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2024-087419	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>個人識別装置、個人識別方法、及びプログラム https://s.orip.tottori-u.ac.jp/962/ AI（死亡時画像診断）を活用した歯科個人識別法（IDOL法）の開発と実装化 https://www.kouiki-kansai.jp/material/files/group/7/0227B_4.pdf</p>

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
研究分担者	野間 久史 (NOMA Hisashi) (70633486)	統計数理研究所・データ科学研究系・准教授 (62603)	
研究分担者	飯野 守男 (IINO Morio) (80362466)	鳥取大学・医学部・教授 (15101)	
研究分担者	野崎 一徳 (NOZAKI Kazunori) (40379110)	大阪大学・歯学部附属病院・准教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	木村 かおり (KIMURA Kaori) (80574011)	島根大学・学術研究院医学・看護学系・助教 (15201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関