

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：53101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04112

研究課題名（和文）高解像度3DMRIによる耳音響認証のバイオメトリクス起源の解明

研究課題名（英文）Elucidating the origin of biometric authentication based on the acoustic characteristics of the ears with high resolution 3D MRI

研究代表者

矢野 昌平（Yano, Shouhei）

長岡工業高等専門学校・電気電子システム工学科・教授

研究者番号：90332006

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：情報化社会における新しいトラスト（信頼性）を確保する個人認証方法である耳音響認証を提案している。国内特許および米国国際特許を取得するに至った。耳音響認証手法において、個人認証の特徴量である耳音響特性に、個人での差異が発生するメカニズムについては検討を行った。3DMRIおよび外耳道形状スキャナーにより撮影しその形状における差異と耳音響認証の特徴量との関係を実験的に検討を行った。これにより耳音響認証の起源の解明を目指した。研究の結果、耳音響認証において個人識別のキーとなる特徴量として、外耳道形状によるものが大きいことが分かった。この成果は、論文投稿し国際的に発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子決済や電子認証等、インターネットを通じて買い物や資産の管理が行われている。顔の見えないネット社会において信頼性（トラスト）を確保する手段には、生体認証が必須となると考えられる。本研究成果はイヤホンに耳に付けることで、本人認証を行う画期的な耳音響認証技術である。耳音響認証の社会実装に向け、個人毎に音響的な差異を生じさせるメカニズムについてMRIや外耳道形状スキャナ等を用いて解明を試みた。研究の結果、外耳道形状の異なりにより耳音響認証の特徴量である音響特性に個人毎の差異が発生する可能性が高いことが分かった。これらの研究成果は論文投稿し国際的に発表を行った。

研究成果の概要（英文）：We have proposed an ear acoustics authentication method as a new way to ensure trust (reliability) in the information society. We have managed to secure domestic patents as well as an international patent in the United States. In the ear acoustics authentication method, we have studied the mechanism by which individual differences occur in the ear acoustic characteristics, which are the features of personal authentication. We conducted experimental investigations into the relationship between differences in shape captured by 3D MRI and an ear canal shape scanner, and the features of ear acoustic authentication. This is aimed at clarifying the origins of ear acoustic authentication. As a result of the research, it was found that the shape of the external ear canal is a significant feature for individual identification in ear acoustic authentication. These findings were published in a paper and presented internationally.

研究分野：バイオメトリクス

キーワード：バイオメトリクス 耳音響認証

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者によって、イヤホンから音を送出し、耳穴からの反射音で常時認証を行う「耳音響認証」を考案した。新バイオメトリクス認証手法として、新聞等で紹介された。共同研究先の日本電気株式会社(NEC)より耳音響認証を搭載したイヤホン(ヒヤラブルデバイス)が発表されている。非可聴領域である18kHz以上の周波数帯における耳音響認証を実施し、聞こえない音で個人認証を行う技術を完成させた。申請者らは耳音響認証の研究を先導している。耳音響認証技術ではイヤホンに小型マイクを内蔵したマイク一体型イヤホンが用いられる。ユーザはイヤホンを耳につけるという日常的な動作により、個人認証が実施される。その原理は、イヤホンから送出された測定用信号の反射音を内臓マイクにより收音する。收音された反射音の特徴に含まれる個人差を利用して個人認証を行う。他の生体認証技術と比べてハンズフリー認証が可能である、また瞬時(一秒以内)で安定的に認証でき、移動中や作業中でも常時・都度認証(音楽を聴きながらでも認証)が可能であるなどの利点がある。また、多重音と耳穴特徴量の組み合わせによる認証であるため秘匿性が高く、生体キーの作成が無制限であるとの特徴がある。バイオメトリクス認証の精度は、間違えて他人を本人と判定し受入れてしまう割合(他人受け入れ率)が用いられる。耳音響認証の認証精度は本人拒否率3%において他人受け入れ率0.01%(1/10,000)を達成しており、モバイル端末のロケインなどで十分に実用的な認証精度を保證している。

犯罪捜査や出入国管理など広く利用されている指紋認証は、16世紀後半に発見され、その後多くの研究者によって研究を経たのち現在は統計的に「万人不同」であることが証明されている。これに対して、耳音響認証技術は新しい認証技術であり、耳穴からの反射音特性が個々に異なる起源についての検討が不十分である。本研究課題においては、反射音特性が個々に異なる起源についての検討を実施する。

## 2. 研究の目的

研究代表者らは平成27年度科研費基盤C(一般)の助成を受け、耳穴の形状と反射音特性との関係について調査した。耳穴から外耳道形状を計測できる3Dスキャナ(United Science製 e-Fit Scanner)により延べ30名の被験者の外耳道形状取得し、外耳道形状と反射音特性との関係性を調査した。調査の結果、耳穴からの反射音特性と外耳道の形状とに関連があることが分かった。しかし、3Dスキャナ等の耳穴からの計測手法では鼓膜周辺および鼓膜以降の器官形状を取得することは不可能である。我々は形状計測を拒むこの壁を打破し、耳音響認証技術のバイオメトリクスの起源への探究を推進する必要がある。そこで医療において用いられる3D-MRIを用いて鼓膜周辺および鼓膜以降の器官形状を取得し、バイオメトリクスデータである耳穴の反射音特性と体内器官の形状との関連を解き明かすことを目的とする。

## 3. 研究の方法

バイオメトリクスデータである耳穴の反射音特性と体内器官の形状との関連を解き明かす。本研究において各検討項目について次の研究方法を実施した。

### 3-1 MRI による体内器官形状の 3D-MRI 画像の取得

医療用 MRI より被験者の MRI 画像計測実験を行う。数ミリmの体内器官の画像を取得するためには、キャノンメディカル製 Vantage Galan™ 3T 相当を持つ医療機関にて計測を実施する。MRI は放射線を用いないため被験者に放射線暴露等の問題がない。また血管の造影は必要ないため造影剤等の投与も不要である。MRI により得られる映像は 2D 画像である。これを、3D に変更し 3D モデルデータとするプログラムを研究室において開発した。MRI の計測は、共同研究者である新潟医療福祉大学の児玉教授により実施した。

### 3-2 形状データ・音響特性データの被験者間の比較手法の提案

被験者 4 名の形状データを取得し、3D モデルデータを構築し、それらの形状類似度を比較する。また、同じ被験者における音響特性を取得した、これらを比較検討するための手法を提案しその有効性について検討を行った。なお、実験の参加にあたり被験者には同意書にて承諾をもらうとともに、研究計画において新潟医療福祉大学の倫理委員会の承認を得た。

### 3-3 形状データ・音響特性データの被験者間の検討

被験者 4 人のうち 2 人は双子である。双子は一般的に顔認証等の生体認証においては形状が酷似しているため識別は難しいと言われている。その為、外耳道等の形状データも酷似していると考えられる。各被験者間の形状類似度と音響類似度との関係から、耳音響認証の特徴量である音響特性が、形状にどの程度依存するかを、定量的に検討した。

## 4. 研究成果

形状データ・音響特性データの被験者間の比較手法として、3D モデルをスライスしその形状の重心点を結ぶ曲線から、被験者間の形状類似度を算出する手法を提案しその有効性を確認した。これを用いて音響類似度との関係を相関係数及び決定係数から定量的に検討を行った。結果、被験者対他 3 被験者の相関係数を 1 変数として、被験者毎に外耳道形状類似度と音響類似度間の相関係数及び決定係数を算出では、どちらの指標においても全被験者において値が 0.7 を超えており、外耳道形状と外耳道音響特性の類似性には強い関係性が認められた。

このことから、耳音響認証において個人を識別する特徴量は、各被験者の外耳道形状の差異が関係していることが分かった。

本研究成果は、認証動作を必要とせず、常時認証を実現する耳音響認証の社会実装において、バイオメトリクス起源を示す重要な研究成果である。

本研究は JSPS 科研費 19H0411 の助成を受け実施できたことに心より感謝申し上げます。

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 1件）

1. 著者名 Yasuhara Masaki, Nambu Isao, Yano Shohei	4. 巻 12
2. 論文標題 Bilateral Ear Acoustic Authentication: A Biometric Authentication System Using Both Ears and a Special Earphone	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 3167 ~ 3167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12063167	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Riki Kimura, Shunsuke Tanaka, Naoki Wakui, Naoki Kodama, Shohei Yano	4. 巻 22ss.SP
2. 論文標題 A Study on the relationship between the geometrical shapes and the biometrical acoustic characteristics of human ear canal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ArXiv	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.48550/arXiv.2208.14182	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 Masaki Yasuhara, Isao Nambu, Yoshiko Maruyama, Shohei Yano	4. 巻 cs.CR
2. 論文標題 Accuracy Enhancement for Ear Acoustic Authentication Using Between-class Features	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ArXiv	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.48550/arXiv.2205.08778	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29件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 田中 俊祐, 和久井 直樹, 矢野 昌平
2. 発表標題 ディープラーニングによる耳音響認証の起源の可視化
3. 学会等名 第27回高専シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shunsuke Tanaka, Riki Kimura, Naoki Wakui, Naoki Kodama, Shohei Yano
2. 発表標題 A Study on the relationship between the geometrical shapes and the biometrical acoustic characteristics of human ear canal
3. 学会等名 SmaSys2021, THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rui Fujitsuka, Shohei Yano
2. 発表標題 Statistical Evaluation of ASMR Activation by Natural Environmental Sounds
3. 学会等名 SmaSys2021, THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koki Sakurai, Shohei Yano
2. 発表標題 A Study on Human Detection by Room Transmission Characteristics
3. 学会等名 SmaSys2021, THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rei Ominato, Naoki Wakui, Shinnosuke Takamichi, Shohei Yano
2. 発表標題 Discriminating between left and right ears using linear and nonlinear dimensionality reduction
3. 学会等名 SmaSys2021, THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野夏海, 山田彰吾
2. 発表標題 A study of the relationship between the number of images and anomaly detection accuracy
3. 学会等名 SmaSys2021, THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Yuki, Shohei Yano, Naoki Wakui
2. 発表標題 Verification of the Relation between Clustering of Environmental Sounds and Accuracy in Ear Acoustic Authentication
3. 学会等名 THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [安原雅貴, 荒川隆行, 越仲孝文, 荒川隆行, 越仲孝文, 和久井直樹, 矢野昌平, 和久井直樹, 矢野昌平]
2. 発表標題 Between-class特徴を用いた耳音響認証精度向上に関する一検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [安原雅貴, 荒川隆行, 越仲孝文, 荒川隆行, 越仲孝文, 和久井直樹, 矢野昌平, 和久井直樹, 矢野昌平]
2. 発表標題 耳音響認証における観測ゆらぎ軽減手法の一検討
3. 学会等名 第33回日本人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [ 高橋 勇希(長岡高専)¥, 小口 純矢¥, 高道慎之介(東大院・情報理工)¥, 矢野 昌平(長岡高専)¥, 猿渡 洋(東大院・情報理工)]
2. 発表標題 大規模主観評価と周波数分析による 心地よいインパルス応答測定信号の設計
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [大港 零, 矢野昌平, 和久井直樹, 高道慎之介]
2. 発表標題 T-SNEを用いた、耳音響特徴の個人性に関する検討
3. 学会等名 Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [木村 里輝, 矢野昌平, 藤塚瑠偉, 和久井直樹, 荒川隆行, 越仲孝文]
2. 発表標題 外耳道形状の個人性の比較に関する研究
3. 学会等名 Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [高橋勇希, 小口純矢, 高道慎之介, 矢野昌平, 猿渡洋]
2. 発表標題 聴覚印象を考慮したインパルス応答測定信号設計
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 音声言語情報処理 (SLP)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pham The Thao, Takayuki Arakawa, Takafuki Koshinaka, Shohei Yano, Naoki Wakui
2. 発表標題 Verification of ear canal obstruction in ear acoustic authentication
3. 学会等名 THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kousuke Ibaraki, Shohei Yano, Naoki Wakui
2. 発表標題 Analysis of Ear Hole Acoustic Feature by Method of Spreading Measurement Errors over a Wide Frequency Range
3. 学会等名 THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Tanaka, Shohei Yano, Naoki, Wakui, Naoki Kodama
2. 発表標題 A study on extraction of ear canal shape using MRI
3. 学会等名 THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Riki Kimura, Shohei Yano, Naoki Wakui, Yoshitaka Ito, National, Institute of Technology, Nagaoka College, Japan
2. 発表標題 Relationship between Separation and Slice Interval in Similarity Comparison of Ear Canal
3. 学会等名 THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS ENGINEERING 2020 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 茨木康佑(長岡高専), 荒川隆行, 越仲孝文(NEC), 和久井直樹, 矢野昌平
2. 発表標題 イヤホンの周波数特性と耳穴音響特徴量との関係
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井康貴, 和久井直樹, 矢野昌平(長岡高専)
2. 発表標題 ドップラーセンサ・室内音響伝達特性による人体検知に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋勇希(長岡高専), 増田拓人(長岡技科大), 荒川隆行, 越仲孝文(NEC), 和久井直樹, 矢野昌平(長岡高専)
2. 発表標題 楽音を用いた耳音響認証の検証
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大港滯, 和久井直樹(長岡高専), 荒川隆行, 越仲孝文, 矢野昌平(長岡高専)
2. 発表標題 音響類似度を用いた個人性比較に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安原雅貴(長岡高専), 荒川隆行, 越仲孝文(NEC), 和久井直樹, 矢野昌平(長岡高専)
2. 発表標題 Between-class特徴を用いた耳音響認証精度向上に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 結城遼(長岡高専), 荒川隆行, 越仲孝文(NEC), 和久井直樹, 矢野昌平(長岡高専)
2. 発表標題 耳音響認証における環境音混入時の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pham The Thao, Shouhei Yano, Naoki Wakui, Takayuki Arakawa, Takafumi Koshinaka.
2. 発表標題 Consideration Regarding Accuracy of Ear Acoustic Authentication by Atmospheric Variation
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riki Kimura, Shouhei Yano, Rui Fujituka, NAoki Wakui, Takayuki Arakawa, Takafumi Koshimaka
2. 発表標題 Study on comparison of individuality of ear canal shape
3. 学会等名 Audio Engineering Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rei Ominato (NIT , Nagaoka College , Shohei Yano (NIT , Nagaoka College , Naoki Wakui (NIT , Nagaoka College , Shinnosuke Takamichi (The , University of Tokyo
2. 発表標題 Visualization of differences in ear acoustic characteristics using t-SNE
3. 学会等名 Audio Engineering Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Natsumi Yano, Shouhei Yano, Naoki Wakui
2. 発表標題 Visual inspection system using multi-layer feature sparse coding with acoustic support
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 貝沼遼太郎, 矢野昌平
2. 発表標題 骨伝導型個人認証デバイスによる個人毎の差異に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 応用音響研究会 (EA)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池上隆生, 和久井直樹, 矢野昌平
2. 発表標題 レコードプレーヤの定量的な音響評価手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 応用音響研究会 (EA)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

The Unheard Sounds around Us  
<https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/ondemand/video/2015258/>

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	南部 功夫  (NANBU ISAO)  (40553235)	長岡技術科学大学・工学研究科・准教授   (13102)	
研究分担者	児玉 直樹  (KODAMA NAOKI)  (50383146)	新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授   (33111)	
研究分担者	和田 安弘  (YASUHIRO WADA)  (70293248)	長岡技術科学大学・工学研究科・教授   (13102)	

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
---------	---------