

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11820

研究課題名（和文）バーチャルパネルによる新規な次世代型空中個人フェニックス認証システムの開発

研究課題名（英文）Development of a New Next-Generation Aerial Personal Phoenix Authentication System Using Virtual Panels

研究代表者

佐藤 公則（Sato, Kiminori）

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・教授

研究者番号：20215776

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）：本研究では、新規な空中個人フェニックス認証のモダリティとして、赤外線距離センサを用い、指先認証技術と指先トラッキング技術を応用したシステムを開発することとした。成果として複数の次世代型空中個人フェニックス認証システムを完成させることができた。

主なシステムとして、空中にバーチャルダイヤル、両手の10本の指によるフレキシブルPIN入力、指先と手首の動作による空中署名認証システム、視線によるPINコード入力システム、VR空間内のPIN入力システムを開発することができた。これらシステムはコロナ禍を経験した現在においても、非接触認証システムとして今後注目されることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

セキュリティ関連の国際市場は爆発的に増加し、2024年パリオリンピックにむけて、タウンセキュリティ環境が本格化し、バイOMETRICS認証の重要性が高まっている。このような背景の中、個人情報保護に関する法律の整備が急速に進んでいる一方で、企業や大学等において情報セキュリティに関する漏洩事故などは後を絶たない。従ってセキュリティ意識の高まりやネットワーク利用の拡大に伴い、強固なセキュリティを保持し、かつ利便性の高い個人認証システムを構築することが生体認証市場において最も重要な社会的意義となる。またセキュリティの保持と利便性の両輪を満足するシステムの開発が研究課題の核心をなす学術的意義となる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to develop a system that uses an infrared distance sensor and applies fingertip authentication and fingertip tracking technologies as a new airborne personal phoenix authentication modality. As a result, we were able to complete several next-generation airborne personal Phoenix authentication systems.

The main systems we developed include a virtual dial in the air, flexible PIN entry using all ten fingers on both hands, an air signature authentication system using fingertip and wrist movements, a PIN code entry system using gaze, and a PIN entry system in a VR space. These systems are expected to gain attention in the future as contactless authentication systems, even in the midst of the coronavirus pandemic.

研究分野：生体認証

キーワード：バイOMETRICS 赤外線センサー 動画処理 生体認証 空中筆記 空中PINコード入力

1. 研究開始当初の背景

当初、セキュリティ関連の国内および国際市場は爆発的に増加し、2020年東京オリンピックに向けて、公共施設やタウンセキュリティ向けが本格化すると予想され、バイオメトリクス認証の重要性が高まっていた。このような背景の中、個人情報保護に関する法律の整備が急速に進んでいる一方で、企業や大学等において情報セキュリティに関する漏洩事故などは後を絶たない。従ってセキュリティ意識の高まりやネットワーク利用の拡大に伴い、強固なセキュリティを保持し、かつ利便性（ユーザビリティ）の高い個人認証システムを構築することが生体認証市場において最重要課題であった。

2. 研究の目的

本研究では、新規な空中個人フェニックス認証のモダリティ（図1）として、①3D空中軌跡認証、②バーチャルタッチパネル、③フレキシブルな空中署名を提案する。これらは、赤外線距離センサを用い、指先認証技術と指先トラッキング技術を応用し開発することとする。本センサを用いることで、照明条件に頑健となり、従来カメラで検出していたシステムと比較して、手や指などを安定して高速（高フレームレート）に抽出できる。操作の簡易さとセキュリティの高さの両面から各々のシステムを開発し、評価してゆく。これらの3つの技術は、指の認証と指先トラッキングは可能となっているが、「セキュリティの保持と利便性の両輪を満足するシステムの開発」が研究課題の核心をなす学術的「問い」である。そのため新たな指先トラッキング技術を開発し、次世代型空中個人フェニックス認証を完成させることが目的となる。



図1 バーチャルパネルによる新規な次世代型空中個人フェニックス認証システム

3. 研究の方法

上記3手法のプロトタイプを完成させる。①の3D空中軌跡認証は、汎用的に用いられているアンドロイドスマートフォンの2Dパターン認証の3Dへの拡張型となる。②のバーチャルタッチパネルは、現在ATMなどで用いられているタッチパネルを空中にバーチャルタッチパネルとして実装してPINコードを入力するものである。③は、一般的な署名認証を、空中で行い、なおかつ、フレキシブルに指を替えて署名し、どの指でどの部分を署名したかを認証する手法である。

プロトタイプ完成後は、本人認証試験、他人排除実験、成りすまし実験を行い、システムの評価を行う。評価項目としては、信頼性（セキュリティ）と操作性（ユーザビリティ）と機能性について評価し改良してゆく。

4. 研究成果

研究期間令和2年度から令和5年を通して、以下の空中フェニックス認証システムを開発することができた。

(1)として赤外線距離センサ（LeapMotion）を用い、空中にバーチャルダイヤル（図2）を置き、手のひらを空中で回すことで、数字を回転させPINコードを入力するシステムを開発し、バイオメトリクス研究会で発表を行った。ダイヤルを合わせるポイントを5つ設定することで、どのポイントにどの数字を入力するのか第三者には判定が困難となり、他人受け入れ率も0%のシステムが完成した。

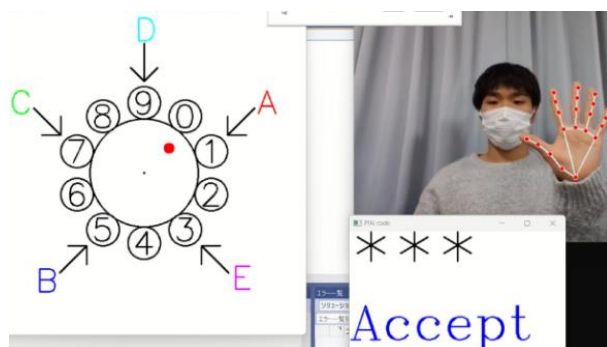


図2

(2) として両手の 10 本の指が空間に色付けされた矩形の中 (図 3) をフレキシブルに動き、特定の指が特定の色に入ったらクリックして入力するもので、一回のクリックでは、10 通りの場合があるため、3 PIN の場合は、1000 通りの中から一つの PIN を当てる必要があるシステムで、ほぼショルダーハッキングは困難である。

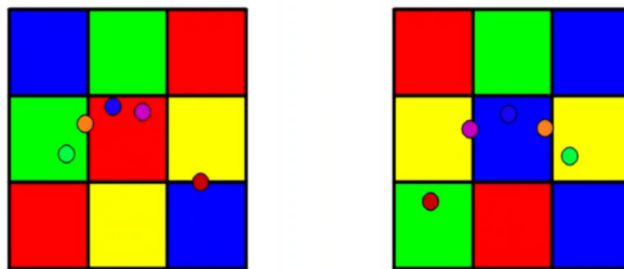


図 3

(3) として指先と手首の動作による空中署名認証システムでは従来の空中筆記のシステムに手首の動き情報を付加することでさらにセキュリティを向上させたシステムが完成した。

(4) として手の形状と個別指定のタイミングによる PIN コード入力システムでは空中にて様々な手の形状を提示するが特定の時間 (秒) のときに特定の手の形状を提示するもので、特定の時間以外は、すべてフェイク動作となるため、真の動作を特定することが困難なシステムが完成した。

(5) としてオープンポジションにおける手形認証を用いた個人認証システムでは LeapMotion から得られる手の形状を用い PIN とするもので、空中をオープンポジションとし、ユーザが決めた任意の空間で特定の手の形状を提示し PIN コードとするシステムである。

(6) として 3 次元座標空間における空中筆跡を用いた認証システムでは空中にて指先で署名を行うシステムであり、奥行き情報も付加することでセキュリティを向上させた。たとえば、手前の文字を書き、奥の方で別な文字を空中筆記するというもので、第 3 者からは、どの部分をどの空間中で筆記したのか解析することは困難なシステムとなった。

また、新たな試みとして、「視線による PIN コード入力システム」を追加で構築できた。これは「仮想空間」や「視線」という VR 空間かつ非接触モダリティの活用も視野にいたったもので、Oculus Quest や Tobii Pro という視線を正確にトラッキング可能なセンサを用い、PIN コードを入力するシステムである。

図 4 のように提示された集合写真の中から人物 4 人を順に注視することでパスコードを入力する。パスコードとして定めていた人物 4 人を正しい順に注視できた場合は認証成功、4 人の中に定めていた人物以外が入力されていた場合や 4 人が正しい順に注視されていない場合は認証失敗となるシステムである。覗き見には頑健でショルダーハッキングは、完全に 0%となる。



図 4

さらにランダムに並んだ数字 (図 5) を視線の注視により入力するシステムも開発することができた。視線を利用することで、他人受入率は 0%となり、セキュリティが高いシステムである。

Oculus Quest を用いた PIN コード入力システムでは、VR 空間上に数字ブロックを空中配置 (図 6) し、特定の数字をピンチ (指でつまむ動作) することで PIN を入力するシステムである。

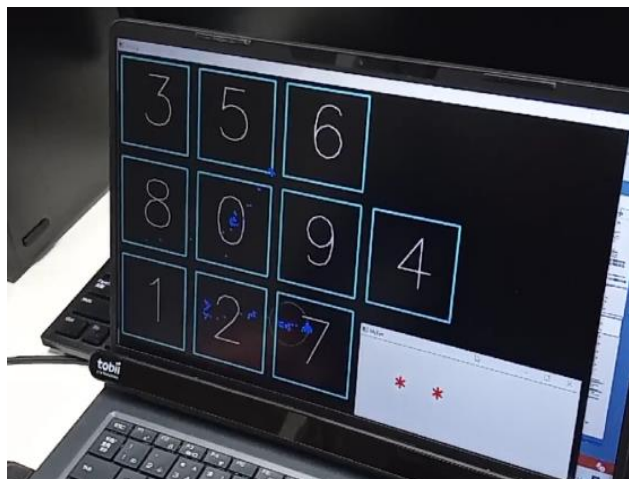


図 5



図 6

以上本研究で開発した空中個人フェニックス認証システムは、コロナ禍を経験した現在においても、非接触認証システムとして今後注目されることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Wu, B.; Wu, Y.; Dong, R.; Sato, K.; Ikuno, S.; Nishimura, S.; Jin, Q.	4. 巻 13
2. 論文標題 Behavioral Analysis of Mowing Workers Based on Hilbert-Huang Transform: Huang Transform: An Auxiliary Movement Analysis of Manual Mowing on the Slopes of Terraced Rice Fields	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Agriculture 2023	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/agriculture13020489	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 J. Gao, B. Wu, K. Sato	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Wearable Warning System Design for Mask Recognition via AR Smart Glasses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress	6. 最初と最後の頁 896-900
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/DASC-PICom-CBDCom-CyberSciTech52372.2021.00149.	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 該当する
1. 著者名 Z. Wang, B. Wu, K. Sato	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Depth Camera-based Warning System Design for Social distancing Detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress	6. 最初と最後の頁 901-906
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/DASC-PICom-CBDCom-CyberSciTech52372.2021.00150.	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 該当する
1. 著者名 西田 貴幸、福元 伸也、鹿嶋 雅之、佐藤 公則、渡邊 睦	4. 巻 J103-A
2. 論文標題 タイピング時におけるFEIを用いた個人認証に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A 基礎・境界	6. 最初と最後の頁 303~305
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transfunj.2020BAL0001	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 山田 猛矢, 福元 伸也, 鹿嶋 雅之, 佐藤 公則, 渡邊 睦	4. 巻 J103-A
2. 論文標題 キー操作とマウス操作の動的バイオメトリクスを用いた継続認証アルゴリズムDPTMの提案と認証精度	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A 基礎・境界	6. 最初と最後の頁 255-269
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	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 0件)

1. 発表者名 佐藤宏紀, 武博, 佐藤公則
2. 発表標題 空中バーチャルダイヤルを用いたPINコード入力に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石元道哉, 武博, 佐藤公則
2. 発表標題 関節動作の特徴量を用いた日常動作からの個人識別システムに関する一検討
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 B. Wu, K. Tosa and K. Sato
2. 発表標題 A Walk-through Type Authentication System Design via Gaze Detection and Color Recognition
3. 学会等名 2022 IEEE Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chu Zhang, Bo Wu and Kiminori Sato
2. 発表標題 A Design of Smart Glasses-based Gesture Recognition and Translation System for Sign Languages
3. 学会等名 The 41st JSST Annual International Conference on Simulation Technology(JSST2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土佐 剛志郎, 佐藤公則, 武博
2. 発表標題 ユビキタスな視線検出を用いたウォークスルー型入出管理システムに関する研究
3. 学会等名 第11回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム(SBRA2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 公則, 上ノ山 海沙
2. 発表標題 スマートフォンの背面ロックを用いた個人認証に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 (第10回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

バイオメトリクス研究室 http://www.cloud.teu.ac.jp/public/CSF/satohkmn/biox/index.html
--

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

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