

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00186

研究課題名(和文)筋電位による個人認証システムの実現への深層学習の適用

研究課題名(英文)Application of deep learning to user authentication systems using s-EMG

研究代表者

山場 久昭(Yamaba, Hisaaki)

宮崎大学・工学部・助教

研究者番号：60260741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：筋電位を用いた個人認証システムの開発を目指し、予め登録されているジェスチャの波形とシステムに入力された波形を比較し、同一人物による同一のジェスチャであるのか否かを判定する手法の開発を行った。まず、波形の特徴を表す適切な特徴量の選定と、それを精度よく取り出す方法として相互相関に基づく手法を開発した。その上で、サポートベクターマシン、および、Dynamic Data Warping 法を利用した2つの方法を用いて、ジェスチャを利用した個人認証手法の開発を行った。さらに適切な特徴量を明示的に指摘せずとも精度よく判定が行えるよう深層学習を導入し性能の向上を図った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、パスワードに替わる認証情報として、前腕部の動作の組み合わせである「パスジェスチャ」の導入を行なった。これにより、覗き見によるパスワードの漏洩に対抗しうる、バイオメトリクスの一つである筋電位を用いた「安全なユーザ認証」が期待できる。さらにこのアプローチの長所は、単に筋電波形の個人差(Something you are)だけに依存して認証を行うのではなく、ジェスチャをどの順序で組み合わせるパスワードとするのか(Something you know)を認証に活用することにより、多要素認証の実現の可能性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：To prevent shoulder-surfing attacks, we proposed a user authentication method using surface electromyogram (s-EMG) signals, which can be used to identify who generated the signals and which gestures were made. Our method uses a technique called 'pass-gesture', which refers to a series of hand gestures, to achieve s-EMG-based authentication. However, it is necessary to introduce computer programs that can recognize gestures from the s-EMG signals. In this study, we propose two methods that can be used to compare s-EMG signals and determine whether they were made by the same gesture. One uses support vector machines (SVMs), and the other uses dynamic time warping. We also introduced an appropriate method for selecting the validation data used to train SVMs using correlation coefficients and cross-correlation functions. Deep learning method, which is expected to detect suitable feature values, was also introduced to improve the performance of gesture identification.

研究分野：コンピュータセキュリティ

キーワード：バイオメトリクス 深層学習 筋電位 個人認証 携帯端末

## 1. 研究開始当初の背景

近年、スマートフォンやタブレットのようなモバイル端末が普及してきているが、パスワードなどの認証に必要な情報が、覗き見(ショルダー・クラック)によって盗まれてしまい、端末を不正に使用されてしまうという問題が起きてきている。これらの端末には電話帳やメールといった個人情報が格納されており、それらの情報の漏洩は防がなければならないものである。そのため、画面ロックをかけ、所有者だけがそれを解除でき、第三者が解除することはできないよう、個人認証が必要となるようにしている。しかし、既存の認証方式、すなわち Personal Identification Number や、Android 端末に採用されているパターン認証などは覗き見耐性が不十分である。

この問題を解決するためには、覗き見によって認証情報が知られてしまっても、正規のユーザ以外は認証に成功できない認証システムが必要である。それを可能とする技術として指紋などの生体情報を用いた生体認証が注目されている。

我々は、生体認証のひとつである筋電位を用いた認証法について研究を行っている。筋電位とは、筋肉を動かす際に、筋肉の当該部位に生じる電位差であり、皮膚表面で計測することが可能である。近年、前腕部の筋電位の波形が手首から先の手の動き(以下、ジェスチャー)によって異なる波形を示すことを利用し、筋電位を用いてジェスチャーを判断して車椅子などを制御するという試みが行われている。この時、異なる人間が同じジェスチャーを取っても、測定された波形は同一にはならないことが知られている。そこで研究代表者らは、そのようなジェスチャーを組み合わせたジェスチャー列をパスワードとして用いる手法についての研究を行っている。すなわち、パスワードとして選択した各ジェスチャーの筋電位の波形を登録しておき、認証時に計測した波形と比較して、一致すれば認証成功とするわけである。この研究の結果として、個人認証に用いる生体認証として筋電位が利用可能であることを確認し、論文や学会の研究会で発表している。

## 2. 研究の目的

この研究では、以下を行う。

- ・計測された筋電位の波形データから、正規ユーザか否かを深層学習により判定する手法の開発  
これまでの研究から、人間が筋電波形を見れば、それが同じ人間の同一のジェスチャーによるものか否かを判定することが可能であることはわかっている。しかしそれを計算機に自動認識させるには、それら波形から適切な特徴量を抽出する必要がある。そのような特徴量の候補を提案した上で、これまでの研究で検討してきたサポートベクターマシンや Dynamic Data Warp を用いてその性能評価を行い、さらにそのような特徴を自動獲得する手法として、深層学習を用いた判定法を開発する。

- ・ユーザ認証に適したジェスチャーの選定

種々のジェスチャーをとる際には、異なる筋肉が使用されるため、他の区別しやすい明瞭な波形が得られやすいジェスチャーと、そうでないジェスチャーとがある。そこで様々なジェスチャー(例えば、手話の指文字など)で得られる筋電波形を測定し、ユーザ認証に適したジェスチャーを選定する。

## 3. 研究の方法

### (1) 深層学習を用いた筋電波形の判定手法の開発

筋電図の波形同士を比較して、ジェスチャー同士が同一か否かを計算機プログラムに自動判定させる上で、それら波形を特徴付ける「特徴量」を抽出し、その特徴量の値同士の比較によって、波形同士が似ているか否かの判定を行う必要がある。そのような比較に用いる特徴量として何が適切であるのか、最大値、最小値、平均値などをその候補として選定する。一方、同一人物の同一ジェスチャー同士の波形の間でも、それら特徴量が完全に一致するわけではないので、どの程度近ければ同一であると判断するのか、適切な判定手法が必要である。その様な判定手法として、サポートベクターマシンと Dynamic Data Warp を採用し、それらの性能を評価する。

一方で、大量のデータを元に、その中から人間でも気づかない特徴を見出し、種々の認識を行わせる手法として、深層学習が注目されている。そこで、取得した波形に深層学習を適用し、似ている波形、似ていない波形を識別する手法についても検討を行う。

上述の性能評価を行うにあたっては、多くの測定データを取得する必要がある。基本的に、代表研究者らの所属する研究室の学生を中心に、その筋電位を測定させてもらう。ただし、認証情報として利用するジェスチャーを用いた筋電位の測定筋電図の波形から、それを発現させたジェスチャーを推定するプログラムの実現を図る上では、その検討の材料とするための、多くの

測定データを取得する必要があるが、この時、汎用的に使用できる特徴量となることを目指すという立場から、学生に代表される若年層だけではなく、幅広い年代層から筋電図の測定被験者を募ることが望ましい。そこで、大学祭に併せて実施される大学開放事業等において、研究内容を紹介する催しが行われることを利用する。この機会を活用して筋電位についての研究紹介を行うとともに、来訪してくれた人に承諾を得た上で、被験者として筋電位を測定させてもらう、という形でデータの収集を計る。

#### (2) パスワードに使用するジェスチャーの選定

筋電位を用いた認証手法を実現するには、高い認証精度を実現できる、ジェスチャーの選定が重要である。その候補としては、手話の指文字として利用されているものなどを対象とする。できるだけ多数の被験者の筋電位を測定するが、1回目の測定から数週間の時間を空けて2回目の測定を行い、差異の少ないジェスチャーを選定する。

それぞれのジェスチャーをパスワードに使用する候補として選ぶか否かの判定は、一つには実験担当者の目視によって行う。すなわち、測定された筋電図の波形群を比較し、同一人物の同一のジェスチャーについては波形が類似していること、同一のジェスチャーであっても、別人であれば、似ていないこと、同一の被験者であっても、異なるジェスチャーを比較した時に波形が似ていないこと、という観点から、実験者の主観での判定を行い、パスワードの候補となるジェスチャーを選ぶ。今一つの方法として、上で述べた代表研究者らのこれまでの研究において、ジェスチャーの判別手法として検討を進めてきている、Support Vector Machine や Dynamic Data Warp を用いた手法を適用し、ジェスチャー候補群がこれらの判別手法により正しく認識されるのかを確認する。

### 4. 研究成果

#### (1) 筋電位測定

大学の地域貢献の一環として行われた大学開放事業の中で、本研究の内容を紹介するとともに、様々な年齢層来場者にお願ひし、筋電位の計測をさせていただいた(趣旨を説明した上で、同意書をいただいた)。

#### (2) 波形の特徴を表す適切な特徴量の選定

既存の研究では、筋電位の波形の同一性の比較に最大値と最小値の二値を用いる手法が提案されている。本研究では、これらに加え、最大値、最小値、平均など11の値の組みを採用することにより、より性能の良い判定結果が得られることを示した。あわせて、波形全体を二十分割した上で分割された部分単位で前述の11の特徴量を得る手法も検討したが、顕著な性能向上は見られなかった。この結果については国際会議で発表した(On applying support vector machines to a user authentication method using surface electromyogram signals)。

#### (3) 認識性能向上のための波形データの前処理

筋電位の波形を用いて同一人物による同一のジェスチャーであるのか否かを判定する上で、波形データを適切に polish する必要がある。具体的には、測定ミスによる以上な測定値や、ジェスチャーを取る際のわずかなタイミングのズレの補正等である。これらを自動的に行うため、相互相関に基づく選別手法を開発し、高い精度で認識実験を行うことができるようになった。この成果については国際会議で発表した(Evaluation of User Identification Methods for Realizing an Authentication System Using s-EMG)。

#### (4) 特徴量を用いたジェスチャーの判別手法

以前より検討していたサポートベクターマシン、および、Dynamic Data Warping 法を利用した2つの方法を用いて、ジェスチャーを利用した個人認証手法の開発を行った。具体的には、被験者によって判別性能の良い判別性能を示すジェスチャーが異なることがわかり、そのジェスチャーをパスジェスチャーの一部として利用する認証方式を導入し、高い認証成功率を達成することができた。この成果については国際会議で発表した(A study on a user identification method using dynamic time warping to realize an authentication system by s-EMG)。

またここまでの成果をまとめて、国際論文誌に論文として発表した。(On a user authentication method to realise an authentication system using s-EMG)。

#### (5) 深層学習の適用

次いで、この認識精度をより向上させるため、深層学習を導入してその性能を評価する段階に進んだ。ただし新型コロナウイルス感染症の流行の影響で、多くの被験者からデータを取得することが困難となったため、複数人の間のジェスチャーの違いを認識することよりも、単一の被験者の複数のジェスチャーを識別することを優先することとし、最終的にはこちらに絞って研究を行った。その結果、一対のジェスチャー間での識別という限定された範囲ではあるが、サポートベクターマシンを用いた手法よりも10%ほど識別性能の向上が見られ、国際会議で発表を行った(An attempt at an introduction of deep learning for a user authentication system using s-EMG)。

#### (6) 性能の良いジェスチャーの選定

筋電位を用いた個人認証システムの開発を目指し、認証情報として用いるジェスチャー(ハン

ドサイン) の選定と選定されたジェスチャの筋電位測定を行うとともに、それらを識別する手法の検討を行ってきた。ジェスチャの選定にあたっては、日本語手話で用いられる指文字を候補として検討を進め、5本の指、および、手首を折り曲げているか否か、という視点から指文字の5つのグループに分類した。各グループから指文字を選択してジェスチャ候補として選択肢、前述の11個の特徴量を用いて、サポートベクターマシンによる判別実験を行い、その結果について、国際会議で発表を行った(Introduction of Fingerspelling for Realizing a User Authentication Method Using s-EMG、他3編)。実験を行ったところ、指を複雑に曲げる形状では、判別の精度が落ちるという結果となった。このこと指文字に慣れていないものであっても容易にそのジェスチャーが取れる、という視点からの選択が必要であるという知見を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 8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 Yamaba Hisaaki, Usuzaki Shotaro, Takatsuka Kayoko, Aburada Kentaro, Katayama Tetsuro, Park Mirang, Okazaki Naonobu	4. 巻 11
2. 論文標題 On a user authentication method to realise an authentication system using s-EMG	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Grid and Utility Computing	6. 最初と最後の頁 725 ~ 725
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJGUC.2020.110060	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 藤竜成、猪谷眞平、山場久昭、油田健太郎、岡崎直宣	4. 巻 49
2. 論文標題 表面筋電位による個人認証のための指文字ベースのジェスチャの検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宮崎大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 217-222
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 Yamaba, H., Usuzaki, S., Takatsuka, K., Aburada, K., Katayama, T., Park, M., Okazaki, N.	4. 巻 1036
2. 論文標題 Evaluation of manual alphabets based gestures for a user authentication method using s-emg	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Network-Based Information Systems	6. 最初と最後の頁 570-580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-29029-0_56	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 Yamaba, H., Usuzaki, S., Takatsuka, K., Aburada, K., Katayama, T., Park, M., Okazaki, N.	4. 巻 47
2. 論文標題 Identification of Manual Alphabets Based Gestures Using s-EMG for Realizing User Authentication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies	6. 最初と最後の頁 323-333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-39746-3_34	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 Yamaba, H., Nagatomo, Y., Usuzaki, S., Takatsuka, K., Aburada, K., Katayama, T., Park, M., Okazaki, N.	4. 巻 1150
2. 論文標題 Evaluation of Yubimoji Based Gestures for Realizing User Authentication Method Using s-EMG	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Systems and Computing	6. 最初と最後の頁 834-844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-44038-1_76	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 黒木 聡舜, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣	4. 巻 48
2. 論文標題 表面筋電位を用いた認証システム実現のための個人識別手法の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宮崎大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 227-236
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 富田 旋, 黒木 誠, 黒木 聡舜, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣	4. 巻 48
2. 論文標題 画像認識では識別困難な指文字の筋電位による識別の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宮崎大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 243-247
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 平田 木乃美, 横山 美波, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣	4. 巻 48
2. 論文標題 表面筋電位を用いた認証システム実装のための筋電波形の特徴量の選出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宮崎大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 315-319
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 Hisaaki Yamaba, Kentaro Aburada, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Evaluation of User Identification Methods for Realizing an Authentication System Using s-EMG	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies	6. 最初と最後の頁 733-742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-98530-5_64	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 Hisaaki Yamaba, Shimpei Inotani, Shotaro Usuzaki, Kayoko Takatsuka, Kentaro Aburada, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazaki	4. 巻 927
2. 論文標題 Introduction of Fingerspelling for Realizing a User Authentication Method Using s-EMG	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Systems and Computing	6. 最初と最後の頁 693-701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-15035-8_67	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 Hisaaki Yamaba, Tokiyoshi Kurogi, Kentaro Aburada, Shin Ichiro Kubota, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazaki	4. 巻 23
2. 論文標題 On applying support vector machines to a user authentication method using surface electromyogram signals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 87-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-017-0404-z	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 Tokiyoshi Kurogi, Hisaaki Yamaba, Kentaro Aburada, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazaki	4. 巻 17
2. 論文標題 A study on a user identification method using dynamic time warping to realize an authentication system by s-EMG	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies	6. 最初と最後の頁 889-900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-75928-9_82	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 富田 旋, 黒木 誠, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣	4. 巻 47
2. 論文標題 画像認識では識別困難な指文字の筋電位による識別の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宮崎大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 243-248
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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Hisaaki Yamaba, Kenya Shiraishi, Shotaro Usuzaki, Kayoko Takatsuka, Kentaro Aburada, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazak
2. 発表標題 An attempt at an introduction of deep learning for a user authentication system using s-EMG
3. 学会等名 The 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB25th2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒木 聡舜, 山場 久昭, 油田 健太郎, 朴 美娘, 岡崎直宣
2. 発表標題 表面筋電位による個人認証システム実現のための相互相関係数を用いた個人識別手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 STP研究会 第24回研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tokiyoshi Kurogi, Hisaaki Yamaba, Kentaro Aburada, Tetsuro Katayama, Mirang Park, Naonobu Okazaki
2. 発表標題 A study on user identification method using cross-correlation and SVM to realize an authentication system by s-EMG
3. 学会等名 The twenty-third international symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究 分担者	岡崎 直宣  (Okazaki Naonobu)  (90347047)	宮崎大学・工学部・教授   (17601)	
研究 分担者	油田 健太郎  (Aburada Kentaro)  (30433410)	宮崎大学・工学部・准教授   (17601)	

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