

表面筋電位を用いた個人認証のための指文字ベースジェスチャの評価

山場 久昭^{a)}・長友 勇樹^{b)}・油田 健太郎^{c)}・岡崎 直宣^{d)}

Evaluation of a Set of Manual Alphabets Based Gestures for a User Authentication Method Using s-EMG

Hisaaki YAMABA, Yuki Nagatomo, Kentaro ABURADA, Naonobu OKAZAKI

Abstract

At the present time, mobile devices such as tablet-type PCs and smart phones have widely penetrated into our daily lives. This movement caused a new threat that a stranger takes a peek at our authentication operations on our touch screens and steals our passwords and steals our important information and data in our mobile devices. This forced us to develop new authentication method that can prevent this sort of crime called a shoulder surfing attack. We have investigated a new user authentication method for mobile devices that uses surface electromyogram (s-EMG) signals, not screen touching. The s-EMG signals, which are generated by the electrical activity of muscle fibers during contraction, can be used to identify who generated the signals and which gesture he made. We introduced a pass-gesture, which is a list of hand signals, to realize the s-EMG based authentication method. In order to realize this method, we have to prepare a sufficient number of gestures that are used to compose passwords. In this paper, we adopted fingerspelling as candidates of such gestures. We measured s-EMG signals of manual kana of the Japanese Sign Language syllabary and evaluated their potential as the important element of the user authentication method. First, we attempted to choose ten gestures from the manual alphabets. Concretely, we made some gesture groups according to their shapes and selected one gesture from each group. Next, we evaluated a series of experiments to identify the gestures from each other. Support Vector Machines were used in the experiments. The results shows that the gesture set has can be identified to some extent.

Keywords: User Authentication, s-EMG, Manual Alphabets, Support Vector Machine

1. はじめに

パスワードの盗み見に対抗するため、覗き見されても正規のユーザでないと認証されない、または、覗き見が不可能な形で認証ができる認証システムが必要となってきた。なぜなら、現在主流のパスワード認証やPINによる方式は、覗き見耐性が十分であるとは言いがたく、覗き見によって認証に必要な情報が第三者に取得されてしまい、容易に認証を突破される恐れがあるからである。スマートフォンやタブレットのようなモバイル端末の普及に伴い、この危険性は増してきている。

覗き見耐性のあ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。生体認証技術とは、人間の身体的特徴（生体器官）や行動的特徴（癖）を用いて本人認証を行う技術であり、バイオメトリクス認証とも言われる。具体的には指紋、掌形、虹彩などが認証に用いられている。

筆者の研究室では、生体情報の1つである表面筋電位を用いた認証手法の検討を行い、それが有望であることを確認している¹⁾²⁾。具体的には、手首から先や指を様々に曲げたり伸

ばしたりした形（以下、ジェスチャと呼ぶ）を取った時の筋電位を計測し、その波形を認証情報として用いる。

表面筋電位を用いた個人認証を実現するためには、パスワードの文字にあたるジェスチャを多く用意する必要がある。筆者の研究室の以前の研究³⁾では、そのようなジェスチャとして、手話の指文字をベースにしたジェスチャを採用することを提案している。しかし、どの指文字を採用するのか、採用された指文字の性能がどの程度であるかは研究が十分でなかった。

そこで、本研究では、PINと同等のセキュリティが確保できるように、10個の指文字の組を互いの識別が容易になるように留意して選択し、実際に識別精度がどの程度であるのか、実験を通して評価した。

2. 筋電位

筋電位とは脳から送られた信号が筋繊維に伝達された際に生じるものであり、神経細胞が細胞内外の電位を変化させる事で測定することが可能であり、観測された電位の変化は図1のような筋電位として記録できる。皮膚表面で計測した筋電位のことを表面筋電位 (surface electromyography, 以下 s-EMG) という⁴⁾。

筋電位は、例えば、障がい者を支援するヒューマンインターフェイスの開発等に活用されている。例えば Tamura 等は、顔の皮膚表面から得られた筋電位を表面筋電計を用いて測定・

^{a)}情報システム工学科助教

^{b)}情報システム工学科学部生

^{c)}情報システム工学科准教授

^{d)}情報システム工学科教授

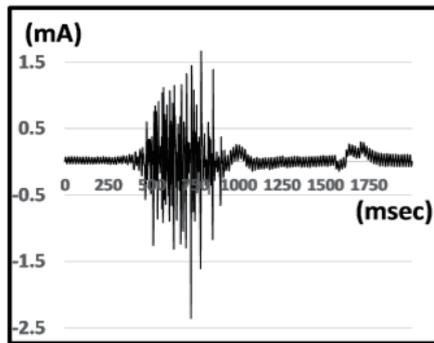


図 1. 筋電図

解析して表情筋の動作を推定し、その動作を入力として用いることで車椅子を制御する、ハンズフリー車椅子の開発を行っている⁵⁾。

3. 筋電位を用いた個人認証手法

筆者の研究室の以前の研究⁶⁾では、手首から先を動かした時に観測される表面筋電位を筋電計で測定し、得られた波形を用いて個人認証を行う手法を提案している。この手法は、筋電位計で計測された s-EMG の波形はジェスチャ毎に異なり、また、同一のジェスチャであっても波形には個人差があるという特徴を利用したものである。攻撃者から認証動作を見られ、その攻撃者が全く同じジェスチャを再現したとしても、筋電位の波形には個人差があるため、認証が突破されないことが期待できる。

3.1 提案手法の認証プロセス

⁶⁾で提案された認証プロセスを以下に示す。

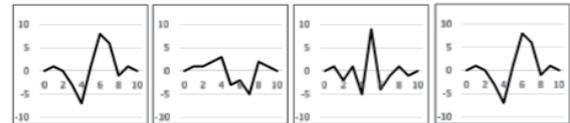
1. ユーザは、パスワードとして登録するジェスチャを選択する。(図 2 (a))
2. 選択した各ジェスチャの s-EMG を測定し、特徴量を抽出後、デバイスに登録する。(図 2 (b))
3. ユーザは、デバイスのロックを解除時に、ジェスチャを行い、s-EMG を測定する。
4. 測定された信号が、デバイスに送信される。
5. デバイスは信号を分析し、特徴量を抽出する。
6. 5. で得られた値と 2. で登録されている値を比較する。
7. 値が一致する場合、ユーザ認証が成功する。(図 2 (c))
8. 一方、第三者による不正な認証は値が一致しないため、失敗する。(図 2 (d))

3.2 認証に使用するジェスチャの候補

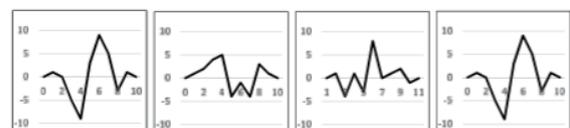
提案された認証方法を実現するために必要な、十分な数のジェスチャを用意するにあたり、指文字をベースにしたジェスチャを候補にすることが提案されている³⁾。指文字は、手の形を書き言語の文字に対応させた視覚言語であり、手話でのコミュニケーションを支援するものである。様々な言語に



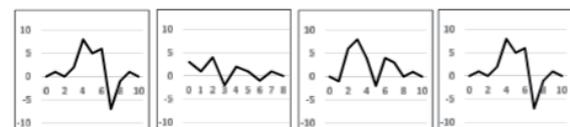
(a) 選択したパスワードのジェスチャ



(b) 対応する筋電図



(c) 所有者が入力した筋電図



(d) 第三者が入力した筋電図

図 2. パスワードとして使用するジェスチャ

ついてその指文字が存在するが、³⁾⁷⁾では日本の指文字を採用している(図 3)。

指文字ベースのジェスチャを採用することの長所に、ジェスチャで構成されるパスワードを文字列として記憶することができるが挙げられる。すなわち、ユーザはパスワードを思い出すことが容易になることが期待できるわけである。

指文字ベースのジェスチャから測定された筋電波形には、ジェスチャごとに特徴があり、⁷⁾ではいくつかの指文字を以下に示す 5 タイプに分類している。

Type 1: 手首を手前に曲げる指文字

このような指文字は手首を手前に曲げる。また、指のいくつかは、横を指して伸ばす。s-EMG 信号の振幅は非常に大きい。

Type 2: 下向きの指文字

このような指文字は手首を下に曲げる。また、伸ばした指は下向きにする。s-EMG 信号の振幅は大きい。

Type 3: 1本の指だけを伸ばす指文字

このタイプの指文字は、1本の指だけを伸ばす。また、手首は曲げない。s-EMG 信号の振幅は非常に小さいため、これらの文字を認証に使用するの難しいと考えられる。

Type 4: 複数の指を伸ばす指文字

このタイプの指文字は、人差し指と中指を含む複数の



図 3. 日本の指文字

指を伸ばす。また、手首は曲げない。s-EMG 信号の振幅は小さい。

Type 5：前腕を捻る指文字

このタイプの指文字は前腕を捻る。手首は曲げない。s-EMG 信号の振幅は大きい。

4. ジェスチャの選択

本研究では、個人識別番号 (PIN) と同等レベルのセキュリティを確保できるように、0~9 に相当する 10 個のジェスチャを用意することを目指すものとする。ただし、その 10 個のジェスチャは互いに識別することが容易でなければならない。

そこで、選択方法としては、まず、3.2 節の 5 タイプを参考に 10 のジェスチャグループを編成し、それから、各グループを代表するジェスチャを選択するものとした。この方法は、各グループの代表ジェスチャから得られる筋電波形がそれぞれ大きく異なるため、計算機での判別がしやすいと期待できる。

グループの編成にあたっては、親指を曲げるか否かなどに注目し、3.2 節の 5 タイプを細分化するとともに、この 5 タイプに含まれない指文字をいくつかの新しいグループにまとめることとした。

各グループからの代表ジェスチャの選択は次のよう行う。

4.1 代表ジェスチャの選択

各ジェスチャグループから代表ジェスチャを選択する際には、相互相関関数を利用した。相互相関関数は、2つの信号の

表 1. ジェスチャグループ

Group 1	Type 1a(親指を伸ばす)	し,く,む
Group 2	Type 1b(親指を曲げる)	に,み,よ
Group 3	Type 2a(親指を伸ばす)	ね,ふ,す
Group 4	Type 2b(親指を曲げる)	そ,な,ま
Group 5	Type 4a(親指を伸ばす)	き
Group 6	Type 4b(親指を曲げる)	う,か,ら,ひ,わ
Group 7	Type 5	と,ゆ,ほ
Group 8	親指と人差し指をつける	お,め,つ,ち
Group 9	握りしめる	さ
Group 10	指を動かす	の,も,り

類似性を確認するために用いられる手法の 1 つである。相互相関関数の出力は-1 から 1 の値を取り、0 に近いほど無相関であり、-1,1 に近いほど強い相関があるといえる。

本研究では、以下の手順で代表ジェスチャを選択した。

- ジェスチャグループ内の各ジェスチャについて相互相関係数の平均を計算する。
- 相互相関係数の平均が高いジェスチャを選択し、さらに互いの相関係数の平均を計算する
- 相関係数の平均が最小のものを代表ジェスチャとする。

表 1 の下線付きのジェスチャが、選択した代表ジェスチャである。

この方法で選択した理由は、相互相関係数の平均が高いジェスチャは、測定毎の値のばらつきが少なく、同じような波形が出やすいため、認証に利用するジェスチャとして適していると考えたからである。

4.2 ジェスチャグループの編成

編成された 10 のジェスチャグループを表 1 に示す。表 1 の同じグループ内のジェスチャは、筋電波形が互いに似ており、大きな差はない。

具体的なグループの編成方針は次のようなものである。

- Type 3 のジェスチャは、信号の振幅が非常に小さく、ユーザー認証に適さないと考えたため選択しなかった。
- Type 1、Type 2、および Type 4 は、親指を曲げる、または伸ばすことに応じて、それぞれ 2 つのグループに分割した。
- 既存の 5 つのタイプに加えて 3 つの新しいジェスチャグループを追加した。
 - Group 8：親指といくつかの指に触れるジェスチャ
 - Group 9：拳を握るジェスチャ
 - Group 10：指を動かすジェスチャ

5. 識別精度の評価実験

5.1 実験目的

本実験では、4. 章で選択した代表ジェスチャの識別が可能であるか、SVM を用いて確認する。表 1 の下線付きのジェスチャが、選択した代表ジェスチャである。

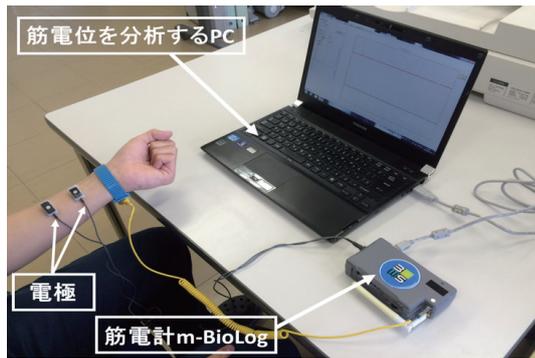


図 4. 測定環境

5.2 ジェスチャの測定方法

s-EMG の測定には S&M 社の筋電位計 DL-2000 と DL-141 を用いた。ジェスチャの測定時は、左前腕を椅子のひじ掛けに置き、手のひら側の前腕に電極を設置した (図 4)。ジェスチャの測定は拳を軽く握った状態を初期状態とし、それぞれのジェスチャを行い筋電位を測定した。各指文字について 10 回ジェスチャを行い、筋電位を測定した。さらに、この測定を 3 回行い、各指文字 30 回分のデータを得た。今回は 1 名のデータを測定した。

5.3 実験方法

本研究では、サポートベクタマシン (Support Vector Machine, 以下 SVM) で判別器を構築する。SVM とは教師あり学習を用いるパターン認識モデルの 1 つであり、分類に適用が可能である。SVM はデータの特徴の次元が膨大になっても識別の精度が高く、最適化するべきパラメータが少なく算出が容易であるという利点がある。SVM で利用する特徴量は、総和、平均、標準偏差、平方和、歪度、尖度、5 数要約 (最小値、下側ヒンジ、中央値、上側ヒンジ、最大値) の 11 個である。

SVM の判別器は代表ジェスチャごとに構築する。例えば、「く」の判別器は、「く」のデータは “positive”、他のジェスチャーのデータは “negative” としてラベル付けて訓練する。SVM の訓練データには、300 データ (30 データ × 10 ジェスチャ) の内、各ジェスチャにつき 20 データずつ、計 200 データ (20 データ × 10 ジェスチャ) を用いた。すなわち、“positive” が 20 データ、“negative” が 180 データである。ただし、このままでは訓練データに偏りがある。そこで、Synthetic Minority Over-sampling TEchnique (SMOTE) でオーバーサンプリングとアンダーサンプリングを行った。

パフォーマンスの評価指標には、誤検知率 (False Positive Rate, 以下 FPR) と検知漏れ率 (False Negative Rate, 以下 FNR) を使用した。また、データを増やすため、交差検証も行った。

5.4 実験結果

代表ジェスチャーのデータから判別器を構築し、実験をした結果、10 個のジェスチャーの平均 FNR と平均 FPR は、それぞれ 23.00 % と 22.81 % となっている。一応判別はできているが、10 回に 2、3 回の割合で誤検知、または検知漏れしていることになる。(表 2)

次に、精度を改善するために、46 個すべてのジェスチャーか

表 2. 代表ジェスチャーを利用した実験結果

ジェスチャ	FNR[%]	FPR[%]
く	20.00	24.07
に	26.67	24.44
ね	33.33	25.56
そ	13.33	17.78
き	30.00	25.56
う	30.00	25.12
ゆ	26.67	17.78
め	13.33	15.19
さ	13.33	18.15
り	23.33	34.44
平均	23.00	22.81

表 3. 46 文字を学習に利用した

ジェスチャ	FNR[%]	FPR[%]
く	26.67	8.22
に	50.00	11.63
ね	26.67	8.96
そ	33.33	6.89
き	43.33	15.70
う	26.67	10.89
ゆ	23.33	3.11
め	13.33	8.30
さ	26.67	8.30
り	23.33	4.59
平均	29.33	8.66

ら判別器を構築した。これらの新しい判別器は、全体的に誤検知数が減っており、FPR が改善された。新しい判別器の FPR が改善された理由は、訓練データが増え、2 クラス間の境界が明確になったためだと考えられる。

6. まとめ

本研究では、PIN と同等のセキュリティが確保できるよう、10 個の指文字の組を互いの識別が容易になるように留意して選択し、実際に識別精度がどの程度であるのか、実験を通して評価した。具体的には、指文字ベースジェスチャーから 10 個の代表ジェスチャーを選択して判別器を構築し、判別精度を調査した。実験の結果、一応判別はできているが 10 回に 2、3 回の割合で誤検知、または検知漏れしていた。そこで、46 文字すべてのジェスチャーを訓練データとして利用し、判別器を構築した結果、FPR を改善することができた。

しかし、指文字ベースジェスチャーを認証に利用するうえで、FNR、FPR 共に 10 % 未満でないとい実用的ではないと考えている。

そのため、今後の課題として、パフォーマンスを向上させるために、ジェスチャーグループの編成方法の見直しや、測定した筋電位から抽出した特徴量のチューニングを行うことが

挙げられる。また、指文字の特徴を、若い人や年配の人を含む多くの人からの多くの s-EMG データを使用して調べ、再現性の観点から優れたジェスチャを探求することが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 山場久昭, 長友想, 油田健太郎, 久保田真一郎, 片山徹郎, 朴美娘, 岡崎直宣: 表面筋電位を用いた個人認証手法の実現に向けた基礎研究, 情報処理学会研究報告. Vol.2015-CSEC-69 No.32, pp.1-6,2015.
- 2) H. Yamaba, S. Nagatomo, K. Aburada, et al. : An Authentication Method for Mobile Devices that is Independent of TapOperation on a Touchscreen, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life. Vol.1, pp.60-63, 2015.
- 3) 猪谷眞平: 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, 宮崎大学論文, 2018.
- 4) 新・筋電センサ MiniBioMuse-iii,
<http://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>
- 5) H. Tamura, et al: A Study of the s-EMG Pattern Recognition Using Neural Network, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, pp.4877-4884, 2009.
- 6) 黒木聡舜: 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, 宮崎大学院修士論文, 2017.
- 7) H. Yamaba, S. Usuzaki, S. Takatsuka, et al. : Evaluation of Manual Alphabets Based Gestures for a User Authentication Method Using s-EMG. Advances in Intelligent Systems and Computing, doi: 10.1007/978-3-030-29029-0_56, 2019.