

# 筋電位による個人認証システム実現のための筋電波形 の特徴量に関する検討

黒木 聡舜<sup>a)</sup>・山場 久昭<sup>b)</sup>・久保田 真一郎<sup>c)</sup>・片山 徹郎<sup>c)</sup>・岡崎 直宣<sup>d)</sup>

## Evaluation of Feature Values of Surface Electromyograms for User Authentication on Mobile Devices

Tokiyoshi KUROGI, Hisaaki YAMABA, Shin-Ichiro KUBOTA,  
Tetsuro KATAYAMA, Naonobu OKAZAKI

### Abstract

At the present time, mobile devices such as tablet-type PCs and smart phones have widely penetrated into our daily lives. Therefore, an authentication method that prevents shoulder surfing is needed. We are investigating 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, are detected over the skin surface. Muscle movement can be differentiated by analyzing the s-EMG. We proposed a method that uses a list of gestures as a password in the previous study. In this paper, results of experiments are presented that was carried out to investigate the performance of the method identifying gestures from s-EMG signals using support vector machines (SVM). An experiment to identify users from s-EMG signals was carried out at the same time. The performance of SVM as a classifier of our method was also discussed according to the results.

**Keywords:** mobile device, user authentication, shoulder surfing, s-EMG, SVM

### 1. はじめに

モバイル端末の既存の認証方式は覗き見耐性が十分であるとはいえない。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、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てしまうという問題が起きてきている。

この問題を解決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。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、筋電位、虹彩等、行動的特徴として筆跡、リズム等が生体認証として用いられる傾向がある。

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、それが有望であったと確認している[2][3]。すなわち、被験者の筋電図が、同一のジェスチャーの筋電図を複数回測定しても毎回類似

した筋電波形が得られる事、同一のジェスチャーであっても、異なる被験者からは類似しない筋電波形が得られる事を確認している。

これらの既存研究ではそのジェスチャーをパスワードとして組み合わせ用いる。ただし、測定した筋電波形同士を比較し、その筋電波形が同一のものであるか否かの判定は人間の目視で行っており、これを機械で判定する方法は未検討であった。また、実証的な実験を行う為に必要な個人認証システムのプロトタイプを実装する事も課題にあげられていた。

そこで、本研究では、1. 表面筋電位の筋電波形の最大値と最小値を特徴量とした上でジェスチャーの識別をサポートベクターマシン（以下、SVM）で行う手法の検討と2. 将来実証的な実験を行う際に用いるシステムの筋電計として、一般にも入手可能な市販のジェスチャー入力用の機器 Myo が採用できるかの検討の2つを行った。

### 2. モバイル端末の個人認証の課題と対策

この節では、モバイル端末の個人認証で覗き見攻撃や録画攻撃が脅威になっている事とその対策として生

a)工学専攻大学院生

b)情報システム工学科助教

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

体認証が有望視されていることを説明する。

モバイル端末の個人認証として現在広く用いられている PIN 認証やパターン認証等は第三者に覗き見られた場合パスワードなどの認証情報を盗まれやすい。その結果、容易にロックを解除されてしまう。このような、正規ユーザの認証行為を覗き見することにより暗証番号やパスワードといった秘密情報を不正に取得する行為を覗き見攻撃と呼ぶ。

また、近年ではビデオカメラを用いて秘密情報を録画により取得し、それらの情報を計算機で解析するという録画攻撃も脅威になりつつある。録画攻撃への最も基本的な対策としては、他人に覗き見られることのない環境で認証動作を行うという事が挙げられる。

しかし、我々の生活環境にはいたる所に監視カメラが設けられており、意図的でなくとも認証動作を録画されてしまい、個人情報が漏洩される可能性が否めなくなっている。覗き見を困難にさせること、された場合にも安全性の確保ができるようにする対策が必要であるが容易ではない[4]。

これらの攻撃への対策として、生体認証情報を用いる事が有望視されている。生体認証とは、指紋や虹彩、筋電位といった人間の生体の特徴をパスワードとして用いる認証方法である。

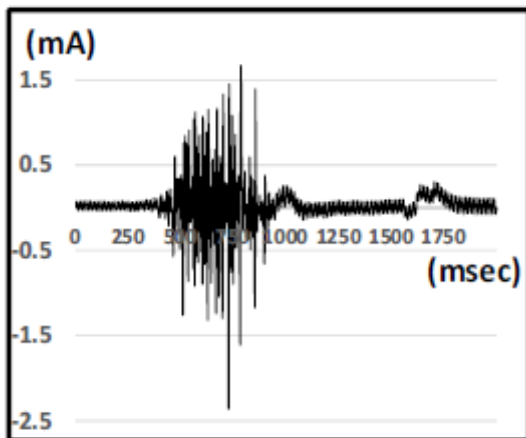


図 1. 筋電図

### 3. 筋電位を用いた個人認証手法

#### 3.1 筋電位

生体情報の 1 つとして筋電位がある。筋電位とは脳から送られた信号が筋線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事が可能であり、観測された電位の変化は図 1 のような筋電図として記録できる。皮膚表面で計測した筋電位のことを表面筋電位、または s-EMG(surface electromyography) という[5]。



図 2. 登録したパスワード (ジェスチャー別)

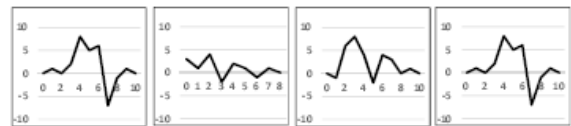


図 5. 攻撃者が入力した認証動作を測定した波形

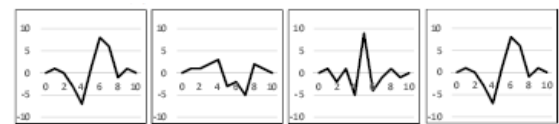


図 3. 対応する筋電図

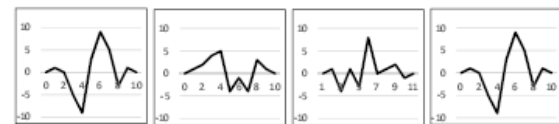


図 4. 所有者が入力した認証動作を測定した波形

#### 3.2 筋電位を用いた個人認証手法の概要

筆者の研究室では、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が提案された。

この手法は、筋電計で計測された表面筋電位の波形はジェスチャー毎に異なり、また、同一のジェスチャー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ーを再現したとしても、個人差があるという特徴から認証突破する事が出来ない。

この手法では、図 2 のような一連のジェスチャーを認証情報 (パスワード) として用いる。実際には、そのジェスチャー毎に得られる波形 (図 3) をモバイル端末上に登録する。ジェスチャーを登録した所有者が認証操作を実際に行う時は、図 2 のジェスチャーを行う。すると、図 4 に示すような、登録されている一連のジェスチャーの筋電位の波形と似た波形が測定され、これらが類似している事によって、認証が成功となる。

しかし、第三者が同じジェスチャーで認証動作を行った場合は、筋電計で測定して得られた波形には個人差があるので、図 5 のような異なる波形が測定され、ロックを解除することができないことが期待できる。

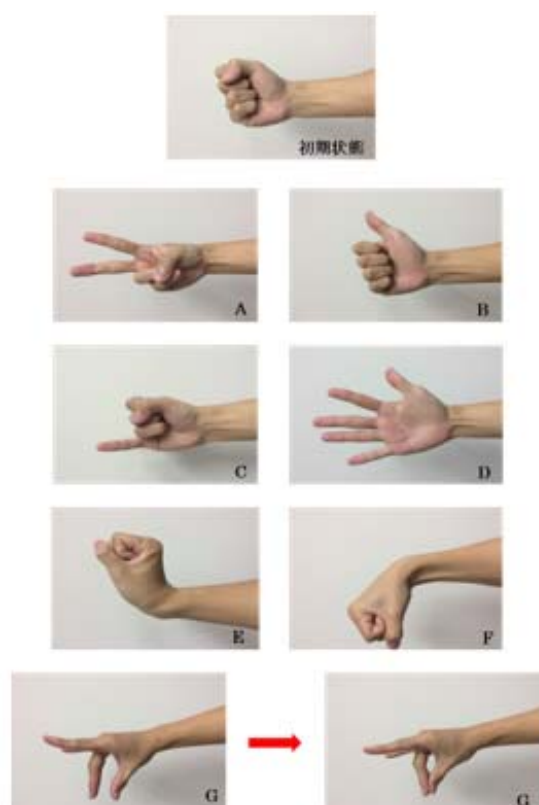


図6. 実験で用いたジェスチャー

表1. ジェスチャーの識別率

ジェスチャー	B	D	F
識別成功数/実験回数	5/5	5/5	5/5
識別率 (%)	100	100	100

### 3.3 筋電位を用いた個人認証システムの概要

実際に提案する筋電位を用いた個人認証システムを実装するためには、(1) ユーザの皮膚に接触させた電極で感知した表面筋電位を、(2) その電極と接続されている筋電計を用いて記録し、(3) その記録された表面筋電位のデータを携帯端末に転送し、(4) 事前に端末上に登録しておいたパスワード(ジェスチャー:筋電図の列)と比較、照合し、認証を行う、といったステップが必要とされる。実現のイメージとしては、安価で腕時計状のウェアラブルデバイスの表面筋電計の機能を搭載したもので携帯端末と通信させ、認証動作(ジェスチャー)を行い、個人認証を行う事が考えられる。実際に腕時計のバンドの裏に電極を搭載し、その電極から表面筋電位を測定し、測定結果はBluetooth等を用いて携帯端末に送信する仕様にする。

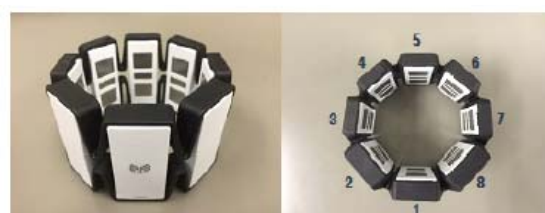


図7. Thaimic Labs Inc の機器 Myo

## 4. 筋電波形の特徴量の選択と実証実験用システムの開発に向けた検討

本研究では、以下の2つの検討を行った。

筋電計で測定して得られた波形の識別を人間が行うのが容易であったとしても、それを利用した認証システムをモバイル端末上で実現するには、その識別を実現できる計算システムを開発しなければならない。そのためには、筋電計から取得した筋電波形からジェスチャーの特徴を的確に捉えた特徴量の抽出とその特徴量同士を比較し、2つの筋電波形が同一か否かの判定が可能とならなければならない。

具体的には、(1) 特徴量として筋電波形の最大値と最小値を使用し、(2) 識別ではSVMを用いる手法を検討した。次に、実証実験を行う時に必要なプロトタイプシステムを構築しようと考えており、その実験システムの筋電計としてMyoが使用できるかを検討した。

この目的には、パソコンや端末等と通信を可能としている筋電計が必要である。そのような機能をもった筋電計の候補としてMyoがある。この機器が、個人認証に耐えうる性能の筋電波形を測定出来るのかの性能実験を行った。

## 5. 特徴量を用いたジェスチャー識別実験

### 5.1 実験で用いたジェスチャー

本研究では図6に示すA~Gの7ジェスチャー(チョキ、親指、小指、パー、手の甲側に向けてひねる、手の平側に向けてひねる、中指と薬指と親指を2回合わせる)を用いた。

### 5.2 ジェスチャーの識別実験

識別実験はS&M社の機器m-BioLogで計測した筋電位のデータを用いた。この実験では、図6のジェスチャーの内、B、D、Fを用いて、左手で筋電図を測定した。ジェスチャー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ーを行った。この動作を5回ずつ繰り返した時の筋電位を測定し、それを1セットとして、計101セット行った。そのうちの100セット(500データ)を学習に使用するデータとし、残りの1セット(5データ)は識別対象データとし、SVMを用いてジェスチャー

一の識別を行った。ジェスチャーB、D、Fの筋電波形を人間が目視したところ、識別は可能であった。SVMによるジェスチャーの識別は各ジェスチャー5回ずつ行ったところ、全て識別が可能であった(表1)。

## 6. 筋電位を用いた個人認証システムの概要

実証実験を行う時に必要なプロトタイプシステムを構築しようと考えている。様々な環境を想定し、実際にその状況で認証が可能か否か、実験を行っていかうと考えている。現在入手が容易な機器を活用した構築を考え、Thalimic Labs Incの機器Myo(以下、Myo)という筋電計を搭載したウェアラブルデバイスが採用出来るかどうか性能評価実験を行った。

### 6.1 Myo

Myoは、Thalimic Labs Incが販売している筋電計を備えたウェアラブルデバイスである(図7)[6]。8つのブロックが連結したアームバンド状の形状をしており、前腕部に装着して使用する。8つのブロック状の裏面(測定する前腕に接する面)にそれぞれ筋電計が備えてあり、装着した前腕部分の周囲8箇所の表面筋電位を同時に測定することが可能である。Bluetoothでパソコンや端末に通信する機能を搭載しており、測定した表面筋電位のデータを無線で接続されたパソコンや端末上のファイルに保存する事が可能である。

Myoの利点としては、安価であり、現在入手が容易な機器であること、バッテリーを搭載しており駆動が可能であること、電極部分と記録・無線通信機能が一体化しており、取り回ししやすい事が挙げられる。

### 6.2 Myoの個人認証性能評価実験

以前の研究で用いた筋電計m-BioLogで測定した筋電位は個人認証に耐えうるものであるという結果であった。本節では筋電計Myoでも同様の事がいえるかの検討を行った。Myoでは個人認証システムのプロトタイプの実現も視野に入れた上で、(1)同一人物が同じジェスチャーを行ったときに得られる各筋電位が、全て同じような波形になるか、(2)ある人物のいくつかのジェスチャーをとったときの筋電図が与えられた状態で、当該の人物の別の筋電図(ただし、当該ジェスチャーのいずれか)が提示されていたときに、それがどのジェスチャーによるものか判定できるか、の2つの検討を行った。

#### 6.2.1 Myoを用いた筋電位の測定

まず、2つの検討に使用する筋電位の測定を行った。Myoを右前腕部分に装着して測定を行った。図6の7ジェスチャーの筋電図の測定を行った。

被験者は宮崎大学工学部15名に協力してもらった。ジェスチャー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ーを行った。この動作を行った時の筋電位の測定をした。

各ジェスチャー毎に、その動作を2回ずつ繰り返した時の筋電位を測定し、それを1セットとして、同じ実験を3セット行った。このMyoでの筋電位の測定は1回のジェスチャーの測定を行う毎に、機器の8組の電極から、同時に8つの筋電図を取得した。

また、各電極が前腕部の同じ位置の筋電位を測定できるように筋電計Myoを装着する際の向きは常に同じにした。Myoで複数回計測した筋電位は類似しているのか、取り外し、再度装着して測定した際の筋電位は類似しているのかをふまえ、測定を行った3回のうち1回目でMyoの装着部分の位置を記録し、2回目はMyoをそのまま装着したまま筋電位の測定を行った。3回目は1回目と2回目の測定から1週間の間隔をあけて測定を行った。

#### 6.2.2 Myoで測定した筋電位を認証に用いる性能実験

同じ被験者の同じジェスチャーの波形が互いに似ているかどうか測定した筋電位を用いて比較を行った。1回目に測定した波形と2回目に測定した波形、1週間後に測定した3回目の波形を実験者が見比べ、形状に着目した上で、類似しているかを実験者の目視により判定実験を行った。

結果はMyoで測定した筋電図を比較してもジェスチャーの判別は可能である事が分かった。ただし、Myoは1回の測定で各ジェスチャーの8つの筋電図が全て類似しているわけではなく、測定を行う度に類似している電極としていない電極があった。また、類似した波形が得られる電極はジェスチャーにより異なることが分かった。しかし、電極8に関しては全てのジェスチャーで類似しているという結果になった。このことからMyoを用いた筋電位の個人認証を実現することは有望であると言える。

#### 6.2.3 Myoで測定した筋電図からのジェスチャーの予測実験

対応するジェスチャーが不明な筋電図を、それが既知の筋電図群と比較する事により、当該のジェスチャーを予測できるかを調べる実験を行った。具体的には宮崎大学学生10名の被験者に以下の実験を行った。

被験者には6.2.1で測定した筋電位の内、ジェスチャーD、E、G(パー、手の甲側に向けてひねる、中指と薬指と親指を2回合わせる)の3つのジェスチャーの1回目に測定した波形を事前に提示しておく。その3つのジェスチャーの中から1つを選択し、その2回目の波形を提示し、それが3つのジェスチャーの内どれであるか判定してもらった(正解は手の甲側に向けてひねる)。

この実験で比較した筋電図は電極1~8全てではなく、6.2.2の実験で分かったジェスチャー毎に類似していると分かった電極8を用いた。この実験は各被験者に対し

て各々2回ずつ行った。

結果は、10名全てが2回とも正解を答えた。以上からMyoで測定した筋電位を用いた個人認証が原理的には十分可能であると言える。

## 7. 考察

本研究では今回は筋電計 m-BioLog で測定した筋電位のデータを SVM に機械学習させ、ジェスチャーの識別を行なった。機械学習を行う際の特徴量として筋電波形の最大値と最小値を用いた。結果は識別が可能であった。

また、今後の研究で端末に個人認証システムのプロトタイプを作成を視野に入れた上で Myo で測定した筋電位が個人認証に耐えうるものであるかどうかの確認を行った結果有望である事が分かった。

しかし、Myo で測定した電極 8 以外の電極も用いた上で今後、ジェスチャーの識別や個人の認証を行い、個人認証システムのプロトタイプを作成を行いたいと考えている。一例として、測定したジェスチャー D では電極 4、5、7、8 で測定された筋電図の波形がお互いに類似していると判定された。ジェスチャーが不明の筋電図を与えられた時、そのジェスチャーが D であるのかという判定をする場合は、電極 3、4、6、8 の波形を用いれば良いと考えられる。

## 8. おわりに

本研究では、1. 表面筋電位の筋電波形の最大値と最小値を特徴量とした上でジェスチャーの識別をサポートベクターマシン (以下、SVM) で行う手法の検討と 2. 将来実証的な実験を行う際に用いるシステムの筋電計として、Myo という機器が採用できるかの検討の 2 つを行った。結果どちらも有望なものであるという結果になった。

今後の課題として、個人の識別が筋電波形の最大値と最小値を特徴量とし、SVM で行う事が可能か、Myo で測定した筋電波形は今回の識別方法でジェスチャー、個人の識別が可能か、また、より良い性能の特徴量の探求に努めたい。

## 参考文献

- [1] 神経細胞と静止膜電位,  
<http://www7b.biglobe.ne.jp/~homunculus/neuro/neurophysiology/S1.html>
- [2] Yaba, H., Nagatomo, S., Aburada, K., Kubota, S., Katayama, T., Park, M., Okazaki, N. :An Au-thentication Method for Mobile Devices that is Independent of Tap-Operation on a Touchscreen, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life. No.2, Vol.1, pp.60-63(2015)
- [3] 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)

- [4] 和斉薫: ¥モバイル端末向け個人認証方式における柔軟な安全性強度の実現手法に関する研究", 宮崎大学大学院修士論文(2015)
- [5] 新・筋電センサ MiniBioMuse-iii,  
<http://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>
- [6] Thalmic Labs Inc. ,  
<https://www.myo.com/>

