

表面筋電位計を用いた個人認証システムの実現に向けた検討

黒木 聡舜¹ 山場 久昭^{1,a)} 久保田 真一郎¹ 片山 徹郎¹ 朴 美娘² 岡崎 直宣¹

概要: 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, それらの認証に必要な情報が第三者の覗き見によって露呈してしまうことが問題となってきた。このような「覗き見攻撃」への対策として, 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。本報告では, そのような生体情報一つである筋電位を用いた個人認証システムについて検討を行う。具体的には, 前腕部の筋電位の波形が手首から先の手の動き (ジェスチャー) によって異なること, さらに, 同じジェスチャーであっても, その波形は人によって異なることを利用し, いくつかのジェスチャーを組み合わせるパスワードとして用いる手法を提案する。今回は, 比較的安価で無線通信機能を持つ筋電計を導入し, 測定した筋電位を PC に送信し, その測定結果が個人認証に足るかどうかの検討を行ったので, 報告する。

キーワード: モバイル端末, ユーザ認証, 覗き見攻撃, 筋電図

A study for realizing a user authentication system using a surface electromyograph

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, which are called gestures in this paper, can be differentiated by analyzing the s-EMG. And also, s-EMG signals generated from a same gestures by different persons are different. So, a list gestures are used as a password in the study. In this paper, a series of experiments was carried out to investigate that a new inexpensive electromyograph can be applied to the authentication method.

Keywords: mobile devices, user authentication, shoulder surfing attacks, electromyogram

1. はじめに

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の普及 [1] 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いる。そこでこれらの情報の漏洩を防ぐため, 画面ロックをかけ, その解除にあたっては, それが所有者のみ可能とし, 第三者によって解除がされないよう, 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, PIN 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十分とは言えない。

この問題を解決するためには, 覗き見されても認証情報を盗めない, または, 第三者が覗き見することが困難な形で認証ができる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 [2][3] を用いた認証が実現可能かどうかについて基礎的な検討を行ってきている [4][5]。具体的には, 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, そのジェスチャーを組み合わせるパスワードとして用いる手法の実現可能性につい

¹ 宮崎大学
University of Miyazaki

² 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

a) yamaba@cs.miyazaki-u.ac.jp

て検討を行い、被験者の筋電図が、同一のジェスチャの筋電図を複数回計測すると類似した波形が得られるが、異なるジェスチャ間では類似していないこと、同じジェスチャであっても、異なる被験者から得られる波形は互いに類似していないことを確認することができた。その一方で、測定された波形同士を比較して、それが同一の被験者の同一のジェスチャによるものであるのか否かを、計算機に自動判定させる手法の確立することや、筋電計と携帯端末を組み合わせて認証システムを実装することなどの課題を見いだすことができた。

そこで今回は、安価で入手の容易な筋電計として、筋電位を測定できるウェアラブルデバイス Myo™ を候補として採用し、このデバイスが筋電位による個人認証に利用可能であるのかどうか、その性能を評価するための実験を行った。同時に、そこから得られた筋電位のデータを用いて、フーリエ変換を用いた周波数解析により、ジェスチャから得られた筋電図の波形の特徴量として有効なものが得られないかを調べる実験を行った。

以下、モバイル端末の個人認証の課題、筋電位、筋電位を用いた個人認証手法、筋電位を用いた個人認証システム、考察の順に述べる。

2. モバイル端末の個人認証

本章では、モバイル端末の個人認証の課題と、本論文で対象とする攻撃手法の録画攻撃について述べる。そして、従来の認証方式と、近年注目を浴びている生体認証についての特徴について、いくつか説明する。

2.1 モバイル端末の個人認証の課題

現在、モバイル端末の個人認証として広く用いられている PIN 認証やパターン認証などは、覗き見攻撃に弱い。すなわち、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く、容易にロックを解除されてしまう。

近年では、特に、録画攻撃にどう対応するかが問題となっている。録画攻撃とは認証画面と操作盤を撮影し、後でその映像記録から秘密情報を解析、取得するという方法である。人間による覗き見攻撃については認証操作を複雑にすることで対応が可能であるが、録画攻撃への対策は容易ではない [6]。

録画攻撃への対策として、生体認証情報の効果が期待される。生体認証とは指紋や虹彩、筋電位などの人間の特徴をパスワードとして用いる認証方法である。生体情報は個人に特有のものであり偽ることが困難なので、個人認証の手法として有効である。

2.2 覗き見攻撃

覗き見攻撃とは、正規ユーザの認証行為を覗き見することで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

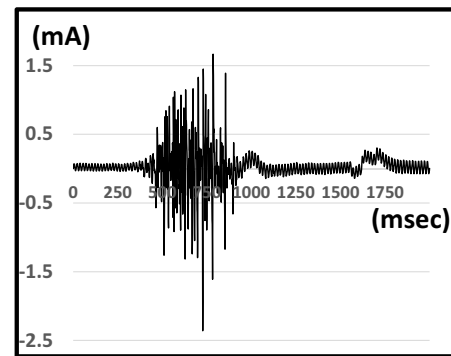


図 1 筋電図の例

Fig. 1 A sample of electromyogram signals.

る方法である。近年この攻撃はその実行主体が人間からビデオカメラを用いた手法に変わりつつある [6]。例えば、ビデオカメラを用いて認証画面と操作盤を撮影し、後でその映像記録から秘密情報を解析、取得するという方法がある。認証を行う際の対策が必要とされている。録画攻撃への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う恐れがある。以上のことから、覗き見攻撃への対策手段としては、覗き見を困難にさせることの他にも、覗き見を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と言える。

2.3 生体認証方式

生体認証技術とは人間の身体的特徴や行動的特徴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呼ばれる。上記した PIN コードのような暗証番号やパスワードに比べてなりすましが困難であることから、より強固なセキュリティを有した認証技術であると期待されている [7]。

3. 筋電位

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、ニューロン（神経細胞）が細胞内外の電位を変化させることで生じる一時的な細胞内外の電位差の逆転のことである。筋電位は筋電計を用いることで測定することが可能であり、皮膚表面で計測した筋電位のことを表面筋電位と呼ぶ。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。これを surface electromyogram(s-EMG) という [8]。

さて、観測される筋電位はどの筋肉をどのように動かすかによって異なるものとする。例えば、前腕部で観測される筋電位は、「どの指を動かすのか」などによって変化する。筋電位を記録することで運動のパターンを分析して筋肉の状態が異常であるか正常であるかの診断をしたり、筋

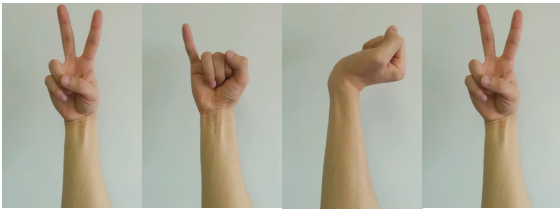


図 2 登録したパスワード (ジェスチャー列) 例

Fig. 2 An example of a registered password (a list of gesterus).

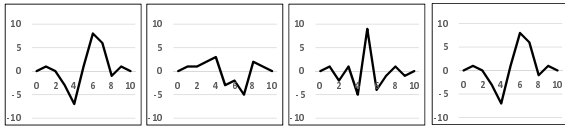


図 3 対応する筋電図

Fig. 3 The corresponding electromyograms.

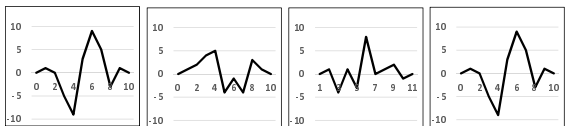


図 4 所有者が入力した認証動作を測定した波形の例

Fig. 4 An example of input electromyograms generated by the owner.

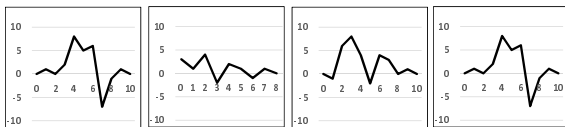


図 5 攻撃者が入力した証動作を測定した波形の例

Fig. 5 An example of input electromyograms generated by another.

の張力の状態を知ることが可能である。

この性質から、筋電位は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にも活用されている。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・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 [9] を行っている。

4. 筋電位を用いた個人認証手法

本節では、筆者らが提案する、筋電位を用いた個人認証手法 [4][5] の概要を説明する。

4.1 提案する認証手法の基本的な考え方

本手法では、手首から先を動かした時に観測される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。具体的には、ジェスチャーごとに得られる筋電位の波形が異なることを利用して、いくつかのジェスチャーを連続して行うことをパスワード (認証情報) として用いる。この時、筋電計で測定して得られた波形には個人差がある

ので、認証動作を見られ、その攻撃者がまったく同じジェスチャーを再現したとしても、認証突破することができない。

例えば、図 2 の一連のジェスチャーを認証のパスワードとして選んだとする。そして、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しておく。すると、ジェスチャーを登録した所有者が認証操作を行った場合、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、認証に成功する。しかし、第三者が同じジェスチャーで認証動作を行ったとしても、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訳である。

さらに、認証に筋電位を用いることには、覗き見をされずに認証操作を行うことができるという利点もある。すなわち、タッチパネルを目視して確認しながら認証動作を行う (例えば、パスワードや PIN 入力する) 必要がないので、ポケットの中のような人目にふれない環境での認証が可能になる。これによって、更に覗き見攻撃に対する安全性を確保することができると考えられる。

4.2 筋電位を用いた個人認証の実現への課題

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機システムを開発しなければならない。そのためには、(1) 表面筋電図の特徴を的確に捉えた特徴量の抽出と、(2) 抽出された特徴量同士を比較して、二つの波形が似ているか否か、すなわち、同じジェスチャーに基づく波形であるか否かを判定する手法が必要となる。一般には高速フーリエ変換を用いて表面筋電位の特徴抽出を行った上で、ニューラルネットワーク等を利用して得られた特徴量の比較を行い、ジェスチャーを特定しようとする接近法が多い。ただしその弱点として、計算のコストが大きいことが挙げられる。Tamura 等は、波形が取る最大値と最小値との差 (Peak to Peak) を筋電位の特徴として用いる手法が、算出は容易であるにもかかわらず、高い識別率を示すことを報告している [9]。

5. 筋電位を用いた個人認証システムの試作

5.1 筋電位を用いた個人認証システムの概要

提案する認証手法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た筋電計に送って記録し、
- (3) 記録された筋電位のデータを携帯端末に転送し、
- (4) あらかじめ登録されているパスワード (筋電図の列) と照合して、認証を行う、



図 6 Myo™(出典: <https://store.myo.com/>)
 Fig. 6 Myo™.



図 7 腕に装着した Myo™(出典: <https://market.myo.com/>)
 Fig. 7 Wearing Myo™.

表 1 実験に用いた機器の比較

Table 1 Comparison of the instruments used in the two experiments.

	Myo™	DL-141, DL-3100
価格	約 200 ドル	約 200 万円
サンプリングレート	200Hz	1000Hz
同時計測数	8 箇所	4 箇所
電極貼付位置	固定	自由に設置可能

というステップが必要である。実現のイメージとしては、腕時計状のウェアラブルデバイスの筋電計の機能を持たせて、携帯端末と通信させることが考えられる。バンド裏に電極を配置して表面筋電位を測定し、測定結果は Bluetooth などを用いて携帯端末に送るわけである。

提案手法の実現可能性を検討するには、計測したデータをオフラインで解析するだけでは不十分であり、筋電位の計測から認証までを実証的に検討が必要であり、そのための実験環境の構築が不可欠である。このような環境を、現在入手の容易な機器を活用して構築することを考え、現在、筋電位計を備えたウェアラブルデバイスである Myo™ を中心としたプロトタイプの構築を検討している。

5.2 筋電位計 Myo™

Myo™ は Thaimic Labs Inc が発売している筋電位計を備えたウェアラブルデバイスである。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(図6)、前腕部に装着して使用する(図7)。8つのブロックそれぞれの裏面

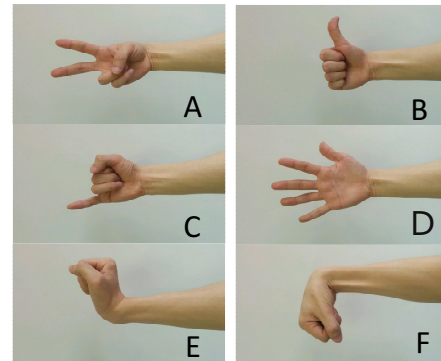


図 8 実験に用いたジェスチャ

Fig. 8 The gestures introduced into the experiments.

(腕に接する面)に筋電センサーが備えてあり、装着した前腕部の周りの8箇所の筋電位を同時に計測する。Bluetoothでパソコンと通信する機能を持ち、計測したデータを無線で接続されたパソコン状のファイルに保存することができる。筋電計のほか、9軸のIMUセンサーを持ち、腕の回転情報や加速度ベクトルの取得も可能である。

以前の研究 [4][5] で使用した機器 (S&M 社の電極 DL-141 とデータ収集器 DL3100 の組) との比較を表 1 に示す。Myo™ の長所としては、安価であることバッテリーで駆動できるのでできる上、電極部分と記録・無線通信機能が一体化しており、取り回ししやすいことも実験用の機器として適していることが挙げられる。その一方、(認証に使えるという意味で) 同レベルの精度の計測が可能かどうかの確認が必要である。その理由として、以下が挙げられる。

- 以前の機器と比較して、サンプリングレートが低い、
- 以前の機器では、前腕部のどこに電極を貼り付けてもよかったので、予備実験を行って、きれいなあ波形が得られる位置を選ぶことができたが、Myo™ では計測位置がほぼ固定されてしまう。

そのため、Myo™ で測定した筋電位が、個人認証を行うに耐えるものかどうかを調査しておく必要がある。

6. 実験

本節では、以下の二つの実験について述べる。

- (1) Myo™ で測定した筋電位が、個人認証を行うに耐えるものかどうか調べるための実験
- (2) 筋電図の波形データの特徴量として、フーリエ解析の結果が有効かどうかを確認する実験

6.1 筋電位の測定

今回の実験で必要となる筋電位の測定は、以下のように行った。

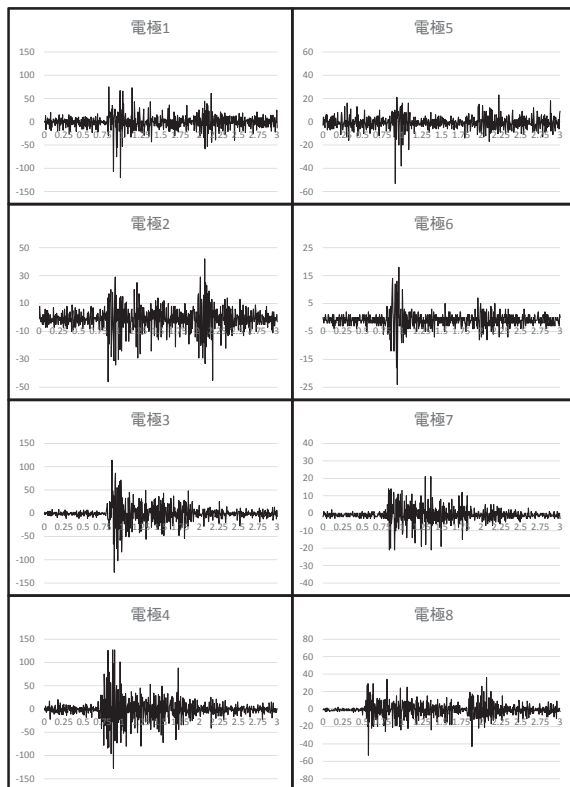


図9 ジェスチャー D で計測された筋電図 (1)
 Fig. 9 EMG signals of gesture D (1).

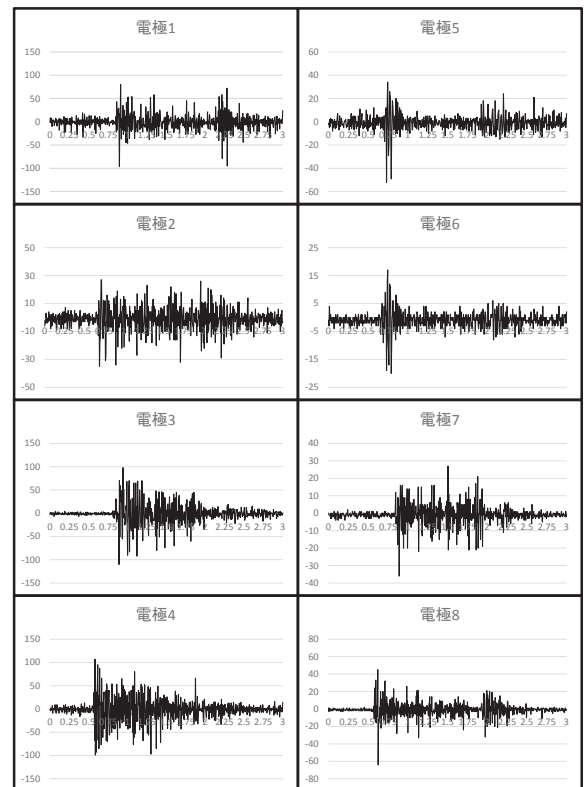


図10 ジェスチャー D で計測された筋電図 (2)
 Fig. 10 EMG signals of gesture D (2).

今回はでは図8に示す A~F の 6 パターン (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) のジェスチャーの測定を行った。

拳を軽く握った状態を初期状態として, そこからそれぞれのジェスチャーを取る, という動作を行った時の筋電位を測定した. 具体的には, 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 2 セット行った. なおこの時, 1 回ジェスチャーをとるごとに, MyoTM の 8 組の電極から, 同時に 8 つの筋電図が得られる. また, 各電極が前腕部の同じ位置の筋電位を計測できるよう, MyoTM を装着する際にはその向きを常に同じにした.

本実験では, 著者のうちの 1 名 (実験の実施者) の筋電位を測定した.

6.2 MyoTM で測定した筋電図の性能の調査

同じジェスチャーで計測された波形が互いに似ているかどうか, 6.1 で得られた筋電図を用いて比較を行った. 波形が類似しているか否かは, 実験担当者が目視により判定した.

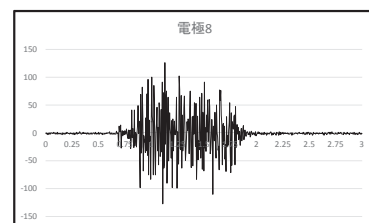


図11 ジェスチャー F で計測された筋電図
 Fig. 11 An EMG signal of gesture F.

その結果, 実験担当者の目視による判断として, 筋電図を比較することにより, ジェスチャーの識別は可能であることがわかった. ただし, 以前の実験結果ほどには, 特徴的な波形の形状を見いだすことはできなかった.

- ただし, 1 回の測定で得られる 8 つの筋電図が, ジェスチャー毎に全て類似しているわけではなく, 測定するたびに似ていない波形がしばしば得られる電極と, ほぼ常に類似した波形が得られる電極がある.
- 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.

図9 と 図10 にジェスチャー D をとった時に計測され

た1セット目と2セット目の筋電図を示す。それぞれ、8組の電極(電極1~8)で計測された8つの筋電図を示している。このジェスチャーでは、電極3, 4, 5, 8で計測された筋電図の波形は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が与えられた時、それがジェスチャーDであるかどうかを判定する場合は、電極3, 4, 5, 8の波形を用いるのが良いと考えられる。

また、図11には、ジェスチャーFをとった時に電極8で計測された筋電図を示す。電極8はジェスチャーFに対しても常に類似した波形を計測できる電極である。この波形は、電極8で得られたジェスチャーDの波形とは類似しておらず、このことから、Myo™を用いても筋電位による個人認証を実現することは有望であると言える。

6.3 フーリエ変換による特徴量の抽出実験

Myo™の性能評価実験で得られた筋電図のデータを用いて、フーリエ変換による特徴量が抽出できないか調べる実験を行った。この実験の結果としては、それほど肯定的なものは得られておらず、周波数解析を行った結果を見ても、十分に特徴的と言える傾向は見られない。ただし、まだ計測したデータ数が少なく、またデータ取得の被験者数も1名だけであるので、今後、多くのデータを取得し、さらに検討を進めていく必要がある。

7. 考察

今回の実験結果から、筋電位を用いた個人認証手法に、安価なMyo™で計測した筋電位のデータを用いることは有望であることがわかった。ただし、以前の研究で使用した機器で得られたデータに比べると、特徴的な波形の形状を見いだすことはできなかった。その理由としては、サンプリングレートが低いこと、電極間の距離が約2cmに固定されていること(以前の研究ではこの距離を自由に選ぶことができ、予備実験の結果から、性能の良い18cmに設定していた)などが考えられる。その一方でMyo™では同時に8つの筋電位が取得できることから、その8つの筋電図をうまく活用することが重要であると考えられる。

このことに関して、ジェスチャーに応じて使用される筋肉が異なるために、ジェスチャーに応じて個人認証に用いる際に信頼して使用できる電極が異なると考えられる。したがって、ジェスチャーに応じてその判別に適した電極を見つけることが、Myo™を利用して個人認証を実現する上で重要となると考えられる。またこのことは、Myo™の利用に限らず、筋電位を測定する位置を適切に選択すべきであるという示唆になっていると言える。

8. おわりに

本論文では、表面筋電位を用いた個人認証システムを試作するために必要な基礎的な検討を行った。具体的には、

筋電位を測定できるアームバンド Myo™を採用したとき本手法に有効な筋電位を測定できるかどうかを確認する実験を行った。その結果、Myo™が有望であることを確認するとともに、この機器から得られた表面筋電位のデータを用いて個人認証に用いるジェスチャーの判別を図る際に重要な知見を得ることができた。

同人に、この検討の過程で得られたデータを共することにより、筋電図から特徴量を抽出する手法としてフーリエ変換による周波数解析を行ったが、それほど肯定的な結果は得られなかった。ただしまだデータ数が不足しており、さらに検討を続ける必要がある。また、フーリエ変換を適用した時の性能を確認する意味で、以前の研究で用いた、よりサンプリングレートの高い筋電計で得られたデータを実験に供することも検討する必要がある。

将来的には、Myo™が備えるジャイロセンサーをも活用し、筋電位だけではなく、腕を回す際の角速度の情報なども活用し、ポケットから携帯端末を取り出す操作の間に認証が完了し、すぐさま使えるようになっていくようにすることも視野に入れて検討を進めていきたい。

参考文献

- [1] インターネットの普及状況
入手先 <<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc253110.html>>
- [2] 宮川大毅, 朝倉義裕: 簡易表面筋電位測定システムに関する研究, 神戸高専研究紀要第48号, pp.51-56 (2010).
- [3] 神経細胞と静止膜電位,
入手先 <<http://www7b.biglobe.ne.jp/~homunculus/neuro/neurophysiology/S1.html>>
- [4] Yamaba, H., Nagatomo, S., Aburada, K., Kubota, S., Katayama, T., Park, M., Okazaki, N.: An Authentication 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).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 妹尾一郎, 厚井裕司, 貞包哲男, 中谷直司, 馬場義昌, 鹿間敏弘: 生体認証によるネットワーク個人認証システム, 情報処理学会論文誌, pp.1111-1120 (2003).
- [8] 新・筋電センサ MiniBioMuse-iii,
入手先 <<http://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>>
- [9] Tamura, H., 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.