



表面筋電位を用いた個人認証手法の検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山場, 久昭, 長友, 想, 久保田, 真一郎, 岡崎, 直宣, Nagatomo, So, Kubota, Shinichiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5595

表面筋電位を用いた個人認証手法の検討

山場 久昭^{a)}・長友 想^{b)}・久保田 真一郎^{c)}・岡崎 直宣^{d)}

An Attempt of User Authentication Method Using Surface Electromyogram Signals

Hisaaki YAMABA, So NAGATOMO, Shinichiro KUBOTA, 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. In this paper, a series of experiments was carried out to investigate the prospect of an authentication method using s-EMGs. Specifically, several gestures of the wrist were introduced, and the s-EMGs generated for each motion pattern were measured. We compared the s-EMG patterns generated by each subject with the patterns generated by other subjects. As a result, it was found that each subject has similar patterns that are different from those of other subjects. Thus, s-EMGs can be used to confirm one's identification for authenticating passwords on touchscreen devices.

Keywords: mobile device, user authentication, shoulder surfing, 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格納されている。そこでそ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不十分である。

この問題を解決するためには、覗き見されてもユーザ以外が認証を突破できない、または、覗き見されない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。

本論文では、生体認証のひとつである筋電位¹⁾を用いた認証が実現可能かどうかの基礎的な検討を行った結果を報告する。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を制御するという試みなどが行われている。本研究ではそのジェスチャーを組み合わせてパスワードとして用いる。

今回は、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か、筋電位の波形からジェスチャーを判断できるのか、また、それを計算機上に行わせるのが可能かどうかを調べた。具体的には以下の三つについて検討を行った。

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のか、また、同じジェスチャーでも人物が変われば異なる波形になるのか?
2. ある人間が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、当該の人物の新たな筋電図が提示されたときに、それがどのジェスチャーによるものだったのかを判定できるか?
3. 波形の特徴を何らかの数値として抽出し、その数値を用いることで、上の2.の判定を計算機上で実現できるか?

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、実験、考察の順に述べる。

2. 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

^{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

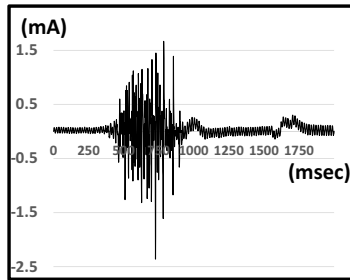


図 1. 筋電図の例

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²⁾。

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。

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、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³⁾。

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⁴⁾を行っている。

4. 筋電位を用いた個人認証手法

本論文では、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手法について検討を行う。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の（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、認証動作を見られて、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



図 2. 登録したパスワード（ジェスチャー列）例

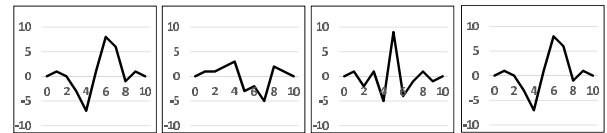


図 3. 対応する筋電図

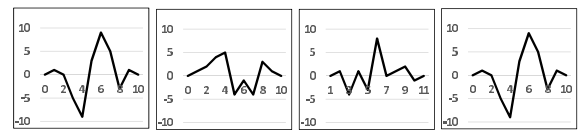


図 4. 所有者が入力した認証動作を測定した波形の例

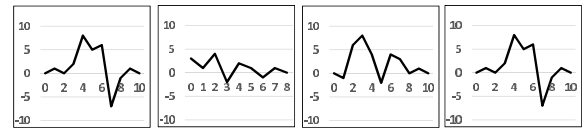


図 5. 攻撃者が入力した証動作を測定した波形の例

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思われる。

ただし、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。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い、抽出された特徴量同士を何らかの方法で比較して、二つの波形が似ている、すなわち同じジェスチャーであると判定しようとする接近法が多い。

Tamura 等は、波形が取る最大値と最小値との差 (Peak to Peak、以下 P to P) を筋電位の特徴として用いる手法が、高い識別率を示すことを報告している⁴⁾。本研究でも、これを参考にして、各筋電図の持つ特徴量としてこの P to P を採用することとする。

表 1. 実験に用いた機器とソフトウェア

電極	筋電センサ (DL-141)
データロガー	バイオログ (DL-3100)
計測ソフトウェア	m-Biolog

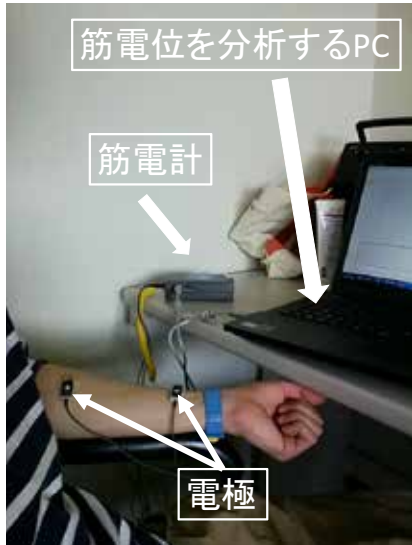


図 6. 実験を行っている様子

次に、特徴量を用いて同じジェスチャーか否かの判定を行う手法については、今回は以下のような方法を試行することとした。すなわち、測定した波形の最大値の平均と最小値の平均を、各被験者のジェスチャー毎に算出して、それを説明変数とし、被験者全員の P to P の平均を目的変数とすることで重回帰分析を行っておく。認証を行う際は、そこから得られた係数と切片を用いて、入力された筋電位の最大値と最小値から予測値を算出し、それを各ジェスチャーの目的変数の値と比較して、十分近いジェスチャーをユーザの取ったジェスチャーと判定することとする。

5. 実験

本節では、以下の三つについての実験を行う。

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
3. それを計算機上のプログラミングで実現できるか

5.1 筋電位の測定

今回の実験で必要となるデータとして、筋電位の測定を以下のように行った。

5.1.1 被験者

宮崎大学工学部生 12 名に協力してもらった。

5.1.2 測定環境

測定の様子を図 6 に示す。筋電計を机に置き、椅子に座った状態で筋電位の測定を行った。電極は、手のひらを上に向けた状態で手の付け根から腕に向かって 6cm の位置と手の付け根から 18cm の位置にそれぞれ 1 つずつ貼った。この位置は、どの位置に電極を貼ると波形が表れやすいのか、予備実

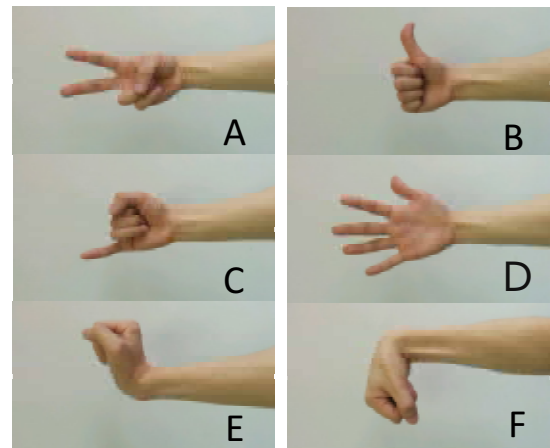


図 7. 実験に用いたジェスチャー

験に基づいて決定した。また電極を貼る際に専用のクリームで皮脂を除去し、アルコール綿でクリームをふき取ることで皮膚と電極の接触抵抗を小さくした。

5.1.3 実験機器

実験には全て S&M 社の機器を用いた（表 1 を参照）。

5.1.4 ジェスチャー

本章では図 7 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。

5.1.5 ジェスチャーの測定

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。各ジェスチャー毎に、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、同じ実験を 1 週間の間隔を空けて 2 回行った。すなわち、被験者 1 人の 1 つのジェスチャーにつき 2 セット、合計 10 回ずつの筋電位を測定した。

5.2 筋電位を認証に用いる可能性の確認

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、5.1 で得られた筋電図を用いて比較を行った。72 組のデータ（12 名 × 6 ジェスチャー）それぞれについて、1 回目に計測した波形と 1 週間後に計測した 2 回目の波形を実験者が見比べ、形状に着目して、似ているかどうかの判定を行った。判定は人間の目で比較し、行った。ただし、計測した波

表 2. 同一人物の同じジェスチャーの波形の比較結果

似ている	55/72
似ていない	10/72
計測失敗	7/72

形のうち、大きなノイズを含んだ波形は測定失敗として判定の対象外とした。その結果を表 5.2 に示す。正しく計測された波形のうち、約 84.6% が似ているという結果になった。

一方、同一の被験者の異なるジェスチャー同士の比較も同様に行った。被験者 1 人につき、異なるジェスチャー同士の組み合わせが 60 組あるので、被験者全員で 720 組の波形の比較を行った。その結果、ジェスチャーが異なるにも関わらず、似た波形になったものは全体の約 1% 程度であった。

さらに、異なる被験者間での、同じジェスチャーの波形同士の比較も同様に行った。各被験者それぞれの各ジェスチャーについて 22 組（自分以外の被験者 11 名×実験数 2）の波形と比較したところ、結果として、ほとんどの波形の形状に個人差があり、似ている形状の波形は全体の約 1 割程度であった。

5.3 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ことにより、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、学生 7 人を被験者として次の実験を行った。被験者には、1 回目に測定したジェスチャーの波形の中の 3 パターンを見せておく。その上で、その 3 つのジェスチャーの中から 1 つのジェスチャーの 2 回目の波形を提示し、そのジェスチャーが最初に見せたどのジェスチャーのものであるか判定してもらった。この実験は各被験者に対して 2 回行った。結果として、7 名全員が 2 回とも正しい答えを出すことができた。以上から、筋電位を用いた個人認証が原理的には十分可能であることが示された。

5.4 特徴量によるジェスチャーの判定実験

最後に、計算機システムの実現を目指した、特徴量によるジェスチャーの判定実験を行った。すなわち、筋電図の特徴量として波形の最大値と最小値を用いることにより、ジェスチャーを特定できるかどうかを調べる実験を行った。具体的には、各ジェスチャーの特徴量を入力した時に、それが、事前に測定しておいた同じジェスチャーの特徴量を比較して、確かにそのジェスチャーであると判断できるか、異なるジェスチャーとして判断されないかの確認を行った。

実験方法は以下の通りである。1 回目に測定した 5 つの波形で重回帰分析を行い、得られた回帰式に 2 回目に測定した 5 つの波形の最大値と最小値を代入する。その結果として得られた値が、目的変数に十分近いかどうかを判定した。判定の基準としては、その値が目的変数の $\pm 10\%$ の範囲に収まれば「成功」と判定することとした。実験に用いるデータとしては、被験者 a と被験者 b それぞれのジェスチャー A とジェスチャー B の波形を用いた。実験の結果、20 個（ジェスチャー数 5 × 被験者数 2 × 実験数 2）の波形の中で、6 個の波形が対応するジェスチャーと一致していると判断できた。ジェスチャー A の値がジェスチャー B と、ジェスチャー B の値がジェスチャー A と一致していると判断されたものが、20 個の

波形の中で 13 個であった。

6. 考察

筋電位の測定から得られた筋電図同士を比較することにより、以下が分かった。

- 同一人物の同じジェスチャーからはほぼ同じ波形が得られる。
- 同一人物であっても、異なるジェスチャーからは異なる波形が得られる。
- 同じジェスチャーであっても別の人物からは異なる波形が得られる。

ただし、その判定を機械に行わせるという点については、ジェスチャーを十分に正しく認識できないことが分かった。その理由として、重回帰分析を行う際に目的変数を P to P の平均値としたことや、特徴量に P to P のみを用いたこと、重回帰分析を適応することそのものの限界などが考えられる。ユーザの各ジェスチャー毎に互いに異なる定数を指定するなどの方法を取ることによる改善や、主成分分析やニューラルネットワークを用いた手法の検討も考えられる。

7. おわりに

本論文では、表面筋電位を用いた個人認証手法の検討を行った。筋電位を認証に用いることがそもそも可能なのか、筋電図からジェスチャーを予測できるか、機械上でジェスチャーの判断ができるかの 3 つについて検討した。実験の結果、筋電位を認証に用いることの可能性と、筋電図からジェスチャーを判断することができることは示されたが、機械上でその判断を行わせる時の性能は、今回用いた手法の範囲では不十分であることが分かった。今回は筋電位を認証に用いることが可能かどうかの検証を行ったので、今後は機械上でジェスチャーの識別ができるシステムの構築に努めたい。

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) 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.
- 3) 新・筋電センサ MiniBioMuse-iii, <http://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>
- 4) Hiroki 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.