

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：54501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500101

研究課題名(和文) スマートフォンでのキーストロークデータに基づく個人識別と心身的感情推定の研究

研究課題名(英文) Study on biometric authentication and feeling estimation based on keystroke data using smartphone

研究代表者

佐村 敏治 (Samura, Toshiharu)

明石工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：20288343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在、スマートフォンの利用者は年々増加しており、それに伴い不正利用や情報漏洩の危険性も増大しつつある。本研究ではスマートフォンを対象としたPIN (Personal Identification Number) 入力及びフリック入力時のタッチスクリーンバイオメトリクスを扱う。スマートフォンを対象とすることにより、従来のキーストローク認証では得られなかったタッチスクリーンからの情報を利用した新たな特徴量の導入が可能となる。本研究では、スマートフォンでのPIN入力及びフリック入力のデータを収集、分析した実証実験を通して個人識別の有効性を示した。

研究成果の概要(英文)：The number of smartphone users is growing every year, bringing a concomitant increase in the risk of information leakage or improper use. Combining PIN lookup or flick input with keystroke authentication makes it possible to create more robust authentication systems, but with keystroke authentication applied to computer keyboards, the only features available are the times when keys are pressed and released. In this study, we examine the possibilities of touchscreen biometric authentication or by conducting experiments to collect and analyze data during PIN input and flick input on smartphones.

研究分野：情報セキュリティ

キーワード：キーストローク認証 スマートフォン 生体認証 ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

(1) キーボードなどの入力装置による経時的なデータには各人固有のパターンが存在しており、この性質を利用する生体認証をキーストローク認証という。従来のキーストローク認証の研究はコンピュータ端末のキーボードを主体に議論が行われてきた。

(2) スマートフォンのような携帯端末の発展はめざましいものがあり、文字入力もキーボードのようなボタン型というタイプからタッチパネルによる入力に変化しつつある。特に「フリック入力」とよばれる指のスライド(弾き)による入力手法は最近になって利用されるようになった手法であり、Android 端末、iPhone 端末等多くの端末で利用されている。

(3) 従来のスマートフォンのセキュリティとして PIN (Personal Identification Number) 入力やパターン入力、パスワード入力などによる認証システムがあげられる。しかし、これらは総当たり攻撃やショルダーハッキング、画面に残った皮脂をなぞるなどの方法で比較的容易になりすましが可能である。

2. 研究の目的

(1) スマートフォンによる日本語の文字入力は従来のキーボード入力と異なる。そこで、これまでにキーボード入力に対する先行研究で我々が得ている知見を参照しつつ、スマートフォンの場合の特徴量や識別手法について再検討を行う。そして新しい特徴量を提案する。

(2) 我々が行ってきた日本語非定型文入力のキーストローク認証の研究を基礎とし、スマートフォンへ適用した際にフリックによる文字入力(図1左)による個人認証可能性、およびストレスや喜怒などの心身的感

情ファクタの分析を行う。



図1 (左) フリック入力の日本語非定型文入力によるバイオメトリクス

(右) PIN 入力を併用したタッチスクリーンバイオメトリクス

(3) スマートフォンにログインする際のセキュリティとして用いる PIN 入力とタッチパネルの行動的特徴を生かしたバイオメトリクスの可能性について検討を行う(図1右)。

(4) 「目的(2)」の実用的応用として、認証に特別な装置と利用者の記憶を必要とせず、行動的特徴を捉えるだけで認証が可能となる”フリック認証”を提案する。これはタッチスクリーン上にランダムに提示されるフリック要求に利用者が応答することで認証を行うものである。具体的にはランダムに表示される矢印の方向へ利用者がフリック応答するという極めて簡単な操作を通して、その行動的特徴が捉えられ認証を行う。

3. 研究の方法

(1) フリック入力による文字入力実験

スマートフォンによるキーストロークパターンを明らかにするため、文字入力データ収集実験を行う。まず被験者にスマートフォンを貸し出し、被験者は約10日間、開発した文字入力データ収集システムを用いてフリック入力により文字入力する。入力した後にデータベースサーバへデータを送信する。1日あたり2文書を7-10日間入力して実験を行う。

入力文書は「不思議の国のアリス」の日本語訳から1文書あたりひらがな300文字程度を切り出したものを使用した。

識別手法として、重みつきユークリッド距離 (WED: Weighted Euclidean Distance) 法と Array Disorder (AD) 法、両手法を組み合わせた手法である WED+AD 法について述べる。

特徴量として、キーストローク認証で用いたキー押離時間に、押下圧、フリック角度、フリック距離を追加したものを用いる。

(2) スマートフォンを用いた PIN 入力実験

スマートフォン端末を用いて被験者は4桁及び10桁のPINを実際に入力し、収集データをデータベースサーバに送信する。データ収集のために我々はAndroid端末上で動作するアプリケーションを開発した。認証システムの検証を行うにはプロファイルデータとテストデータを用意しておく必要がある。

本実験では本人のPIN入力データとして、10ファイルのプロファイルデータとして用いた。一方、テストデータには本人のPIN入力データとして15ファイル(但し、プロファイルデータとして用いた10ファイルを除く)を、侵入者データとして他の被験者のPIN入力データの48ファイルを用いた。

特徴量としてキーストローク認証で用いられてきた特徴量である隣接時間間隔に加え、タッチスクリーンバイオメトリクス独自の特徴量(距離、速度、座標、押下圧)を導入し検討した。

また、識別手法として統計的手法 (Euclidian Distance: ED 法、Manhattan Distance: MD 法) と機械学習手法 (SVM、BPNN、LVQ) を用いて認証実験を行った。

(3) フリック操作による新たな生体認証技術

提案する“フリック認証”とは、タッチスクリーン上に上下左右4種類の矢印がランダム

に提示され、利用者が応答してその方向へフリックするという最もシンプルな操作によって認証を行うものである。データ取得時に上下左右の各方向へ4回、合計16回分のフリック操作を行った際の挙動の軌跡について認証を行う。中心の正方形内にタッチし、指定された方向の枠を超えた位置で指を離せばフリック成功となる。両利用者において異なる特徴が現れており、適切な行動的特徴を抽出することでフリック操作を用いた個人認証システムの実現が期待できる。フリック操作から利用者の行動的特徴を捉えて利用者ごとにプロファイルを構築し、そのプロファイルデータと認証時のデータ(テストデータ)を比較することで認証を行う。

4. 研究成果

(1) フリック入力による文字入力実験結果

識別 (Identification) 認証の場合の識別率の入力文字数依存性を図2に示す。WED+AD法が一番識別率が高いことがわかる。今回の実験では300文字程度のひらがなを入力しているが、100文字程度の入力で識別率は96%となり、識別が可能なレベルに達することが判明した。

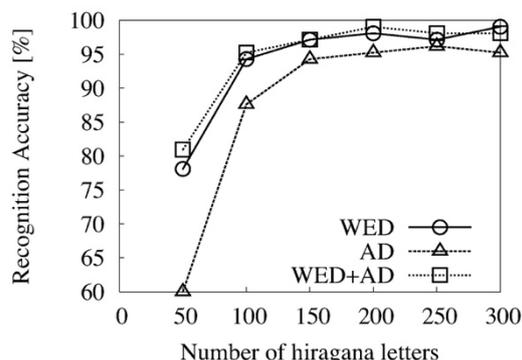


図2 識別率におけるひらがな文字数依存性

一方、照合 (Authentication) 認証では、本人拒否率 (FRR) の入力文字依存性を図3に、他人受入率 (FAR) を図4に示す。300文字程度入力すると、FRR~1%、FAR~0.5%となるが、100文字程度でもFRR~2%、FAR~0.85%と十分に照合が可能であることが確認できる。また

等誤り率 (EER) を求めると、FRR は 1% の場合は FRR=0% となった。EER は 150 文字程度の入力において EER~0.7-1% となり、有効性を示すことができた。

心身的感情ファクタ分析の研究成果については今後の発表で明らかにする予定である。

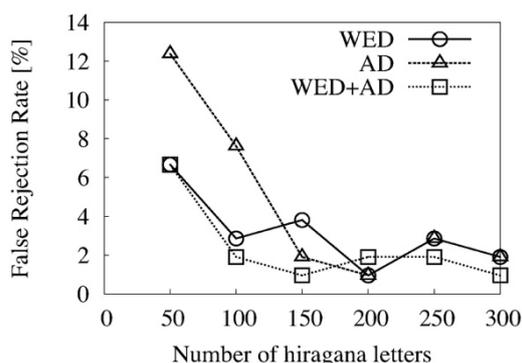


図 3 本人拒否率 (FRR) におけるひらがな文字数依存性

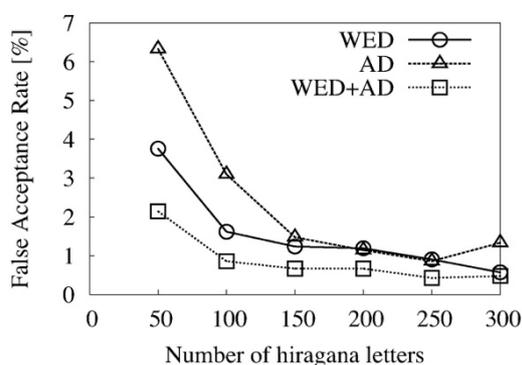


図 4 他人受入率 (FAR) におけるひらがな文字依存性

(2) スマートフォンを用いた PIN 入力実験結果

被験者に PIN 入力データを収集、解析を行い、特徴量の組み合わせによる認証率及びそのプロファイル数依存性について実験を行った。その結果、統計的手法では PIN4 桁において EER~6.7%、PIN10 桁において EER~3.3% (図 5)、機械学習手法では EER~6.8-7.0%、PIN10 桁において EER~2.2-3.5% という結果を得た。

本結果は顔認証と同程度の認証率であるこ

とが確かめられた。今後、顔認証等と併用した技術として利用されるだろう。

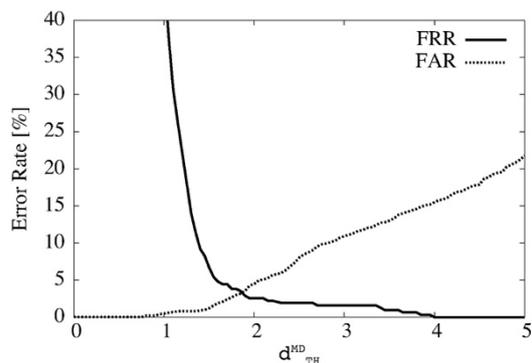


図 5 認証率における閾値依存性 (PIN10 桁, MD 法)

スマートフォンのセンサやタッチスクリーンから得られる特徴量を追加することで精度の向上が確認された

統計的手法では「時間、座標、押下圧」が最適な特徴量の組み合わせとなった。登録プロファイル数が増加すると認証精度も向上するが、プロファイル数 7 以上では精度が安定した。

機械的手法では手法や PIN の桁数により最適な特徴量の組み合わせが変化した。最適な認証率となる学習時のプロファイル数と他人データ数の関係を示すことができた。

(3) フリック操作による新たな生体認証技術

本研究では、フリック認証という、タッチスクリーン上にランダムに提示される上下左右の矢印によるフリック要求に対して利用者がフリック応答することで認証を行う新たな認証技術を提案した。このフリック認証手法を用いることで、収集された 16 フリックデータに対する入力方法 (片手入力、両手入力、普段入力) 別の認証実験において EER ~ 1.5% という高い認証精度を実現した。また規格化ユークリッド距離と規格化マンハッタン距離を用いた場合、認証結果に大きな違いは

見られなかった。加えて、特徴量指標別にそれぞれ単独の認証性能を評価し、フリック速さとフリック角度が大きく寄与していることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① T. Samura and H. Nishimura, Influence of Keyboard Difference on Personal Identification by Keystroke Dynamics in Japanese Free Text Typing, Proc. of 6th International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (ICETET-12), 査読有, 2012, 30-35
- ② Y. Matsubara, T. Samura and H. Nishimura, Robustness of Keystroke Dynamics against Changing in Input and Recognition Conditions for Japanese Atypical Text, Proc. of 2012 International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS-2012), 査読有, 2012, 103-106
- ③ T. Samura, Y. Matsubara and H. Nishimura, Performance Assessment in Keystroke Dynamics by Combined Profile Documents for Free Text Typing, Proc. of SICE Annual Conference 2013 (SICE2013), 査読有, 2013, 265-270
- ④ 新井 イスマイル, 福島 徹, 井谷 武史, 中川 卓也, 福田 豊, 佐村 敏治, 渡部 守義, 堤 保雄, 汎用端末での利用者認証を可能としたセキュアな教育支援用ネットワークの構築, 高専教育, 査読有, 37, 2014, 489-494
- ⑤ T. Samura, M. Izumi, H. Nishimura, Flick Input Authentication in Japanese Free Text Entry on Smartphones, Proc. of SICE ANNUAL CONFERENCE 2014 (SICE2014), 査読有, 2014, 1348-1353
- ⑥ Y. Matsubara, T. Samura and H. Nishimura, Profile Generation Methods for Reinforcing Robustness of Keystroke Authentication in Free Text Typing, Journal of Information Security, 6, 2, , 査読有, 2015, 131-141
- ⑦ Y. Matsubara, T. Samura and H. Nishimura, Keyboard Dependency of Personal Identification Performance by Keystroke Dynamics in Free Text Typing, Journal of Information Security, 6, 3, 査読有, 2015, 229-240

[学会発表] (計 27 件)

- ① 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォン端末の日本語入力キーストロークによる個人認証, 第55回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 2012, 189-190
- ② 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, 非定型文キーストローク認証への入力・認証状況変化の影響, 第11回情報技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, 2012, 103-106
- ③ 佐村敏治, 松原慶朋, 西村治彦, キーストローク認証システムのロバスト性評価, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 (SSI2012) 講演論文集, 2012, 118-123
- ④ 松原慶朋, 八木遼太郎, 佐村敏治, 西村治彦, 非定型文キーストローク生体認証へのプロフィール生成における頑健性, 平成24年電気関係学会関西連合大会講演論文集, 2012, 109-110 (連合大会奨励賞受賞)
- ⑤ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, 非定型文キーストローク認証におけるプロフィールの頑健性, 2013年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2013, 211
- ⑥ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, プロファイル文書の連結を用いた日本語非定型文入力キーストロークダイナミクス識別, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013-05-BioX, 2013, IEICE-113 26-27
- ⑦ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, 非定型文キーストローク認証におけるプロフィール文書連結の分析, 第57回システム制御情報学会研究発表会後援会講演論文集, 2013, 226-1
- ⑧ 佐村敏治, 泉将之, 西村治彦, スマートフォンにおけるセンサー情報を用いたキーストローク生体認証, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013-08-BioX, 2013, BioX2013-4 1-6
- ⑨ 泉将之, 佐村敏治, 西村治彦, フリック入力による日本語非定型文のキーストローク認証, 2013年度情報処理学会関西支部支部大会講演集, 2013, E-15
- ⑩ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, 日本語非定型文キーストローク認証におけるプロフィール生成手法, 第12回情報科学技術フォーラム (FIT2013), 2013, FIT2013(4) 259-266
- ⑪ 泉将之, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンでのキーストロークダイナミクスにおける特徴量の検討, 第12回情報科学技術フォーラム (FIT2013), 2013, FIT2013(4) 255-258
- ⑫ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, 非定型文キーストローク認証におけるプロフィール文書生成の影響, 第3回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2013, 91-96
- ⑬ 泉将之, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフ

- オンにおける日本語非定型文でのフリック入力認証, 第3回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2013, 85-90
- ⑭ 西村友佑, 柏木まもる, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンを用いたPIN入力に対するタッチパネルバイオメトリクス, 第3回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2013, 79-84
- ⑮ 柏木まもる, 西村友佑, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンにおけるPIN入力のキーストローク認証, 平成25年度電気関係学会関西連合大会論文集, 2013, 357-358
- ⑯ 松原慶朋, 佐村敏治, 西村治彦, プロファイル文書の連結を用いた日本語非定型文キーストローク生体認証, 平成25年度電気関係学会関西連合大会論文集, 2013, 481-482
- ⑰ 佐村敏治, 柏木まもる, 西村友佑, 西村治彦, スマートフォンのセンサーデータによるPIN入力へのキーストローク認証, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 (SSI2013) 講演論文集, 2013, 121-123
- ⑱ 泉将之, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンにおけるPIN入力タッチスクリーンバイオメトリクスの実装, 情報処理学会第76回全国大会講演論文集, 2014, 3-587-3-588
- ⑲ 泉将之, 西村友佑, 佐村敏治, 西村治彦, PIN入力のタッチスクリーンダイナミクスにおける認証閾値決定法, 第58回システム制御情報学会研究発表会講演会, 2014, 225-6
- ⑳ 泉将之, 西村友佑, 柏木まもる, 佐村敏治, 西村治彦, PIN入力タッチスクリーンバイオメトリクスにおける識別手法の影響, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02014) シンポジウム論文集, 2014, 1044-1058 (**ヤングリサーチャー受賞**)
- 21 前田慎一, 泉将之, 佐村敏治, 西村治彦, 日本語でのフリック入力認証における入力データ連結手法を用いた性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 114(212), 2014, 71-75
- 22 芝田将, 泉将之, 西村友佑, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンを用いたPIN入力認証の実装における一考察, 電子情報通信学会技術研究報告, 114(212), 2014, 77-82
- 23 佐村敏治, 泉将之, 芝田将, 西村友佑, 西村治彦, スマートフォンを用いたPIN入力バイオメトリクスの設計と実装, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 (SSI2014) 講演論文集, 2014, 262-266
- 24 芝田将, 泉将之, 西村友佑, 佐村敏治, 西村治彦, スマートフォンにおけるPIN入力生体認証における識別手法, 第4回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2014, 71 (**優秀ポスター発表賞受賞**)
- 25 前田慎一, 佐村敏治, 西村治彦, 入力データとテンプレートデータを結合させたフリック入力認証モデル, 第59回システム制御情報学会研究発表会後援会講演論文集, 2015, 115-4
- 26 松原慶朋, 西村治彦, 佐村敏治, 吉本裕行, 谷本良平, 電子端末上でのフリック操作による新たな生体認証技術, 電子情報通信学会技術研究報告, BioX2015-39, 2015, 91-96
- 27 松原慶朋, 西村治彦, 佐村敏治, 吉本裕行, 谷本良平, タッチスクリーン上でのフリック応答に着目した認証技術の実装, 第5回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2015, S-2-12

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐村 敏治 (SAMURA, Toshiharu)
 明石工業高等専門学校・電気情報工学科・教授
 研究者番号：20288343

(2) 研究分担者

西村 治彦 (NISHIMURA, Haruhiko)
 兵庫県立大学・大学院 応用情報科学研究科・教授
 研究者番号：40218201

成枝 秀介 (NARIEDA, Shusuke)
 明石工業高等専門学校・電気情報工学科・准教授
 研究者番号：90549544