

手指形状を用いたバイオメトリクス認証手法の評価

中村 孔明*1 納富 一宏*1 斎藤 恵一*2

神奈川工科大学大学院工学研究科情報工学専攻*1 国際医療福祉大学情報教育センター*2

1. はじめに

我々は、低予算で構築可能であり利用者への負担の少ない認証方法として、キーボード上に置かれた手指形状により個人を特定する方法を提案する。本稿では、先行研究^[1]を含めた研究結果を包括的に述べ、本認証手法の評価を行う。評価対象は、手指形状とホームポジションの検出、認証精度、認証時に被験者が受けるストレスの三点である。

2. 手指形状とホームポジションの検出

本認証手法はキーボード上のホームポジションに置かれた手指形状を Web カメラで撮影し、その画像から個人を特定する。Web カメラは固定されているため、利用者がキーボードに手を置く位置や手の角度が変わると計測する距離も変化する。そのため、手を置く場所をホームポジションに指定している。HSV 表色系で表現された肌色は、色相が 0 から 30 程度になるため、その領域のみを検出することで手領域を抽出できる^[2]。肌色検出を行う前に、100 枚の背景画像を用いて背景との差分を取った。背景画像の画素ごとに輝度値の平均と標準偏差を求め、閾値を設定する。背景マスクを原画像に適用した後、肌色検出を行った。検出された肌色領域に対し、メディアンフィルタによるノイズ除去とオープニング、クローズングを行った後、抽出した領域の面積を求め、最大の面積を持つものを手領域とした。キーボードの真上から撮影した場合、手は、必ず画面上部から現れると仮定し、抽出された手領域の輪郭の中で Y 軸方向の値が最も大きい座標点から一定の範囲を指先とした。指先を検出している画像を図 2.1 に示す。

両手がホームポジションに置かれているか否かの判断は指先から一定の範囲を探索し、手領域の輪郭を構成する座標点の数から行う。図 2.1 の黒線で表示されている輪郭を表す座標点の総数が、一定の値より大きければホームポジションに置かれていると判断した。

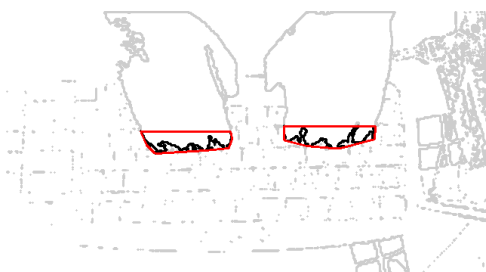


図 2.1 指先の検出

本認証は、ログイン時だけではなく、ログイン後、VDT 作業時にも不定期間隔で行うことを想定している。本稿では、被験者に VDT 作業として文章入力を行ってもらい、キーボードのホームポジションに手指を置く回数を測定することで、本手法を用いてキーボード操作中に認証が可能か検証を行った。本学学生の被験者 10 名に、10 分間昨日の日記を書いてもらい、その様子をキーボードの真上から 0.5 秒間隔で撮影した。その後、タイピングソフトを用いたタイピング練習を 5 分間行ってもらい、1 分間の休憩の後、再度 5 分間のタイピング練習を行ってもらった。各作業において、ホームポジションに置かれていると判断されたフレーム数を図 2.2 に示す。

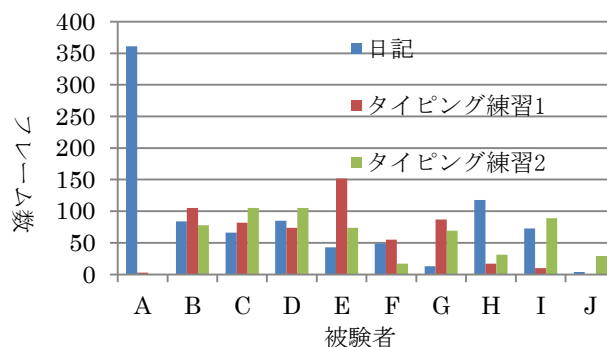


図 2.2 被験者ごとの撮影フレーム数

3. 認証精度評価

個人を特定するために必要となる身体的特徴として指先の位置や、関節の間隔など、20 個所から手指形状距離^[3]を測定した。測定した身体的特徴点データを属性ベクトルとして学習を行なった。撮影した画像の一枚を図 3.1 に示す。



図 3.1 撮影した手指形状画像例

身体的特徴点データに対して、主成分分析による次元圧縮を行った後、SOM(Self-Organizing Maps)と SVM (Support Vector Machine) ^[4]それぞれでクラスタリングを行った。30 名 (男性 15 名, 女性 15 名)を被験者として、ホームポジションに手を置いてもらい、キーボードの真上から撮影を行った。評価方法にはホールアウト検定を用い、手指形状画像を 30 人分(4 枚/人), 合計 120 枚の手指形状データをトレーニングデータとしてランダムに選び、SOM と SVM に学習させ、残り 30 枚の手指形状画像をテストデータとして投入し、認識率を比較した。SOM は総ユニット数 4,900 学習回数 50,000 回で学習を行った。SOM は初期値を乱数で初期化するため、マップ

Evaluation of biometric authentication using hand shape recognition

*1Yoshiaki Nakamura, *1Kazuhiro Notomi, *2Keiichi Saito

*1 Dept. of Information and Computer Sciences, Kanagawa Institute of Technology

*2 Education Center of Medical Informatics, International University of Health and Welfare

を作成するたびに認識率が変化する．そのため，次元数毎に SOM を 30 回作成し，その平均 EER^[1]を求めた．

主成分分析によって次元圧縮を行った場合の SOM と SVM の認識率の比較を図 3.2 に示す．主成分の数は，累積寄与率が 0.8 以上となることが一つの基準となる^[5]．そのため，累積寄与率が 0.8 以上となる特徴軸を上位 6 つから 8 つまで変化させ，それぞれの次元数で精度を算出した．また，次元圧縮を行わない場合の 20 個所すべてを学習に用いる場合の精度も求めた．

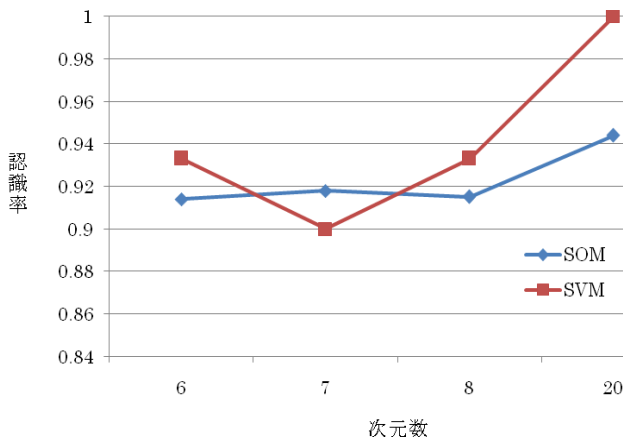


図 3.2 SOM と SVM の認識率比較

4. 認証動作に伴うストレスの比較

本章では，提案手法と他の主なバイオメトリクス認証を用いた場合の利用者の抵抗感を AHP 分析 (Analytic Hierarchy Process) による主観的評価を行い，比較する．キーボードに手を置くという日常的な動作のため，心理的負担，および身体的負担が共に少ないと考えられる．ストレスを客観的に比較する方法として，唾液中のストレス応答物質を採取する方法や，心拍を測定する方法などがある^[6]．しかし，専用の測定装置が必要なことや，その測定装置そのものがストレスを与える可能性があることから，本稿では AHP 分析を用いる．本学の学生 30 名 (男性 15 名，女性 15 名) を被験者として，指紋認証，静脈認証，顔認証，虹彩認証，提案手法の 5 つのバイオメトリクス認証を行う．被験者には実験前に予め各認証方法の説明を行った．その後アンケートを取り，アンケート結果を用い，AHP 分析によって評価した．各基準の重みは固有値法によって求めた．評価基準は四点あり，身体情報を読み取られることへの抵抗感，読み取り装置への抵抗感，認証動作への抵抗感，衛生面での抵抗感である．図 4.1 に評価結果を示す．

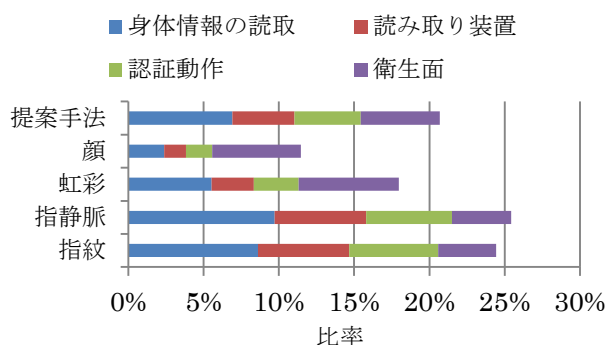


図 4.1 AHP 分析結果

5. 考察

手指形状とホームポジションの検出での図 2.2 では，被験者 A はタイピング練習 1, 2 共にホームポジションをほとんど使用していない．これは，手がホームポジションに戻る前に次のキーを打つ動作が行われているためだと思われる．反面，日記を書いているときは，文章を考えている際に手をホームポジションに構えていたため，図 2.2 のような結果になったと思われる．合計 20 分間の VDT 作業中にどの被験者も 30 回以上，認証を行うことができることが確認できた．

認証制度の評価実験では，表 3.2 から次元数 7 の場合を除いて SVM の認識率が高かった．SOM, SVM のどちらを識別器として用いる場合も次元圧縮を行わないことで識別率が向上した．理論的には主成分分析によって得られた寄与率の高い成分を用いることで識別率が改善されると考えられるが，本実験で用いた 20 次元の特徴量では次元圧縮の必要は無いと思われる．一般に最適な次元数以上を学習に用いると識別器の性能低下が起こるが，現段階ではまだ次元数を増加させるべきだと思われる．

認証時のストレスの比較実験では，図 4.1 から，提案手法の総合評価値は，カメラを用いた画像認証手法の中では最も良い評価を得ている．しかし，指紋認証と指静脈認証には劣る結果となった．指紋や指静脈の読み取り装置への抵抗感が少ないのは，これらのバイオメトリクス認証が銀行の ATM など一般的に普及しているためだと考えられる．また，カメラを向けられることに抵抗感を持つ人も少なくないため，一対比較でどちらかを選ぶ際に指紋認証や指静脈認証の評価が高くなったと思われる．衛生面での抵抗感では顔認証と虹彩認証の方が良い評価だった．非接触なバイオメトリクス認証ほど抵抗感が少ないと思われる．

6. おわりに

本論文ではキーボード上に置かれた手指形状認識による画像認証手法について検討した．手指形状の抽出，認証精度，利用者の抵抗感といった三つの実験を行い，評価を行った．被験者数 30 名と少人数ではあるが，SVM を識別器とした場合，100%個人を識別できた．また，利用者へ与える抵抗感の軽減についても，ある程度有効であったため，実用的であると思われる．

今後は，現在特徴量としている，ホームポジションに置かれた手の関節の間隔や太さではなく，被験者の手の置き方そのものを特徴とした方法を検討する．

参考文献

- [1] 中村孔明，納富一宏，斎藤恵一：手指形状画像による個人認証手法—提案手法と主なバイオメトリクス認証の利用者の抵抗感の比較—，HCG シンポジウム 2011-C2-1, 231p - 234p
- [2] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック作成チーム：OpenCV プログラミングブック第 2 版，株式会社 毎日コミュニケーションズ(2009)
- [3] Arne Sch"affler, Sabine Schmidt：からだの構造と機能，西村書店(2002)．
- [4] VLADIMIR VAPNIK, CORINNA CORTES：Support-Vector Networks, Machine Learning, 20, 237-297(1995)
- [5] B.F.J マンリー：多変量解析の基礎，培風館(1992)
- [6] 二木鋭雄：ストレスの科学と健康，共立出版(2008)