

# ペングリップ型デバイスを用いた個人認証の提案

岡田 一志<sup>1,a)</sup> 大井 翔<sup>1,b)</sup> 松村 耕平<sup>1,c)</sup> 野間 春生<sup>1,d)</sup>

**概要:** 本稿は、ペンに対する把持力を用いたサイン認証システムを提案する。これにより、スタイラスペンやタブレット等のデバイスに制限されずにサイン認証が可能になる。圧力と剪断力を正確に計測可能な力触覚センサをペンのグリップ部分に搭載し、記入中の指先からペンに加わる把持力の計測を行う。計測された把持力から、特徴量を抽出し SVM を用いて個人識別を行なった。被験者 5 名から得た 600 件の手書きデータに対して個人識別を行なった結果、個人識別率は約 91 % であった。

## 1. 研究背景と関連研究

コンピュータの普及に伴い、データの保護やプライバシー等の観点から指紋認証をはじめとする生体認証が普及している。実際に使用されている生体認証の一つに、我々が日常的に使用している署名（サイン）を用いた署名認証がある。なかでも、デジタル署名認証は、スタイラスペンやタブレット等のデバイスから、署名中の筆圧・ペンの傾き・座標等の情報を用いて認証を行う。しかしながら、スタイラスペン等から得られる情報は限られている。また、スタイラスペン等を使用するため、普段使い慣れているペンを署名認証に使用することはできない。そのため、情報量の拡大や普段のペンでも使用可能な署名認証として、ペンに対する把持力（グリップ力）を用いた個人認証が行われている。

署名時の把持力による個人認証の有効性を示す研究として、Muzaffar らの提案システム「BiSP」がある [1] [2]。彼らは、ペンタブレットの電子ペングリップ部分に圧力センサを装着し電子ペンに対する把持力を計測した。ペンタブレットで計測可能な筆圧・ペンの傾き・文字の形状に把持力を追加することで 99 % 以上の精度で署名者特定が可能であることを証明している。

また、把持力のみでの個人認証に対して調査した研究として Naoya Wada らが提案するシステムが存在する [3]。この研究は、直径 5mm の圧力センサを wacom Intuos 2 の電子ペンのグリップ（親指・人差し指・中指が触れる）部分に 25 個、手に触れる（親指と人差し指の間）部分に 6 個装着し把持力と手に触れる力を計測した。そして、収集した

データをリファレンスのデータと DP マッチングを用いて数値評価を行い、把持力によって 80 % 以上の精度で個人識別が可能であることを示した。

把持力を用いた個人認証の実用性について調査した研究として、Bassma Ghali らが提案する研究がある [4]。この研究では、圧力を計測可能なフィルム（Tekscan 9811 force sensors<sup>\*1</sup>）をペンのグリップ部分に装着し、把持力を計測した。数日間に渡って収集したデータから抽出した特徴量をもとに個人識別を行なったところ、94.2 % で認識可能であった。

我々は日常的に行なっている署名を、把持力をもとに署名者を識別可能なシステムを作成することを目的とする。先行研究では把持力計測に圧力センサを使用している。しかしながら、圧力センサはペンに沿う方向の力や直行する方向の力を計測することが不可能であり、指先からペンのグリップに伝わる情報量が減少している。そこで、本研究では我々が提案する力触覚センサを複数搭載することで把持力を計測する [5]。圧力と剪断力を計測できる力触覚センサを応用することで、より正確に把持力を計測できる。しかしながら、力触覚センサで計測した把持力から個人認証が可能かは不明である。そこで、本稿では力触覚センサで計測した把持力による個人認証の可能性を調査する。

## 2. 提案システム

把持力の計測には、力触覚センサを用いた。我々の開発した力触覚センサは直径 1mm 程度の大きさであり、センサに加わった力に応じて電気抵抗が変化することで圧力と剪断力が計測可能である。力触覚センサには、3つのカンチレバーが搭載されており 1つのセンサから 3次元のベクト

<sup>1</sup> 立命館大学

a) kokada@mxdlab.net

b) sho-ooi@fc.ritsumei.ac.jp

c) matsumur@acm.org

d) hanoma@fc.ritsumei.ac.jp

<sup>\*1</sup> <https://www.tekscan.com/products-solutions/medical-sensors/9811>

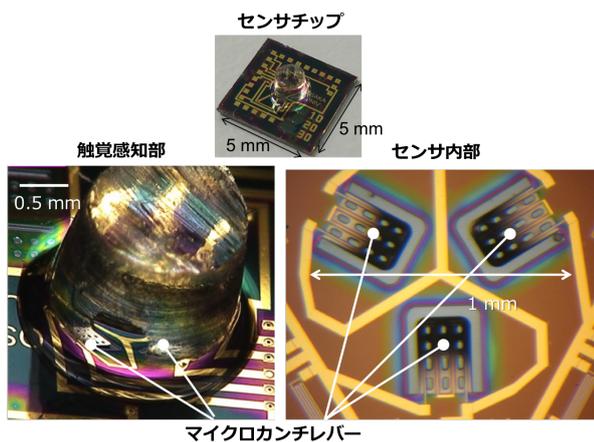


図 1 力触覚センサ

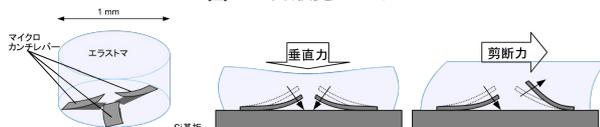


図 2 力触覚センサの動作イメージ



図 3 グリップ

ル情報が収集できる。センサの画像を図 1 に、センサの動作イメージを図 2 に示す。

本システムでは、3D プリンターを用いて力触覚センサをマウント可能なペングリップを作成し、力触覚センサを装着する。ペングリップの形状は三角形であり、親指・人差し指・中指のそれぞれが力触覚センサと接触するように力触覚センサを 3 つ搭載し、把持力を計測する。実際のグリップを図 3 に示す。

また、署名中か否かを、ペン先の接触によって判定した。ペン先の接触は Wacom Intuos pen S の電子ペンの筆圧情報から判定している。

### 3. 実験

力触覚センサで計測した把持力によって個人識別が可能か検討するために、後述する条件を設けてデータを収集した。条件は、「記入のたびにペンを毎回持ち直す (条件 A)」、「ペンを持ち直さずに保つ (条件 B)」の 2 条件である。実験に参加した被験者は男性 4 人、女性 1 人の計 5 名である。本実験では、複雑な署名の代わりにシンプルな記号である丸・三角・四角の三つを連続して記入してもらい、記入中の把持力を計測した。我々は、被験者に図 4 にしたがって

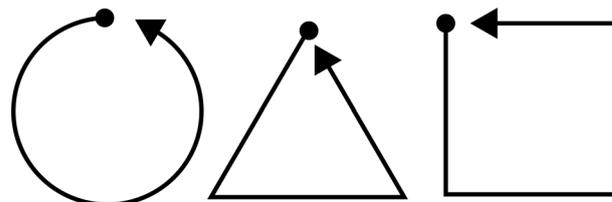


図 4 記号の記入手順

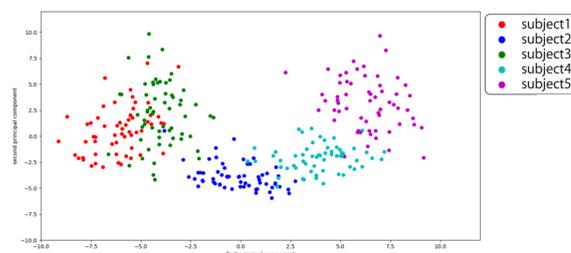


図 5 主成分分析結果：条件 A

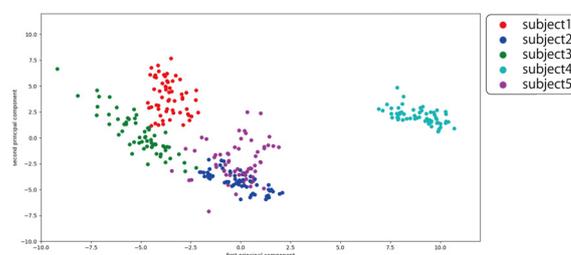


図 6 主成分分析結果：条件 B

黒丸を開始点、三角を終点として一筆で記入させた。記入回数は条件 A、条件 B において各 20 回の計 40 回である。また、開始点から終点までを 1 ストロークとし、ストロークの前後 100ms の把持力データを 1 データとして扱う。大村らの論文を参考に把持力データから抽出した、平均、分散、周波数パワー、周波数エントロピー、センサの軸間の相関係数合わせた 72 次元を特徴量として使用する [6]。

### 4. 結果と考察

データのばらけ具合や集合度合いから個人識別の可能性を確認するために、前章で収集したデータを主成分分析し、次元圧縮したデータを図にプロットしどのようにデータが存在しているのか確認を行った。条件 A と条件 B で別々に主成分分析を行い、被験者ごとに色分けし二次元にプロットした。結果を図 5、図 6 に示す。図 5、図 6 のわかるように、いずれも被験者ごとにデータが集合していることがわかる。また、条件 A と条件 B を比較すると条件 A がよりばらけていることがわかる。

そこで、データが集合していることからこれらのデータが識別が可能であると考え、Linear SVM を用いてクラスタリングを行ない個人識別を行なった。個人の識別可能性を調査するため記号関係なしに、 $60 \times 5$  (データ数  $\times$  被験

者) 300 件全ての把持力データを取得し SVM で個人識別を行った。また、記入する記号により把持力に差が生じる可能性があるため、それを調査するために、丸・三角・四角のそれぞれにおいて、 $20 \times 5$  (記入回数×被験者) の 100 件の把持力データを取得し SVM で個人識別を行った。これらを条件 A と条件 B ごとに識別を行った。また、個人識別の結果は全て、10-fold で結果を出力している。

個人識別結果を混同行列で表示する。混同行列は横が予測されたクラスであり縦が実際のクラスを表している。横は左から右方向に被験者 1-5、縦は上から下方向に被験者 1-5 を表している。個人識別結果を図 7、図 8 に示す。

図 7、図 8 からわかるように、条件 A と条件 B を比較すると、持ち方による把持力の変動が少ない条件 B が正確に識別できていることがわかる。しかし、実用化を考えた場合、ペンを持ち直すという条件 A の方が現実に即しているため、条件 A の正解率をより向上させる必要がある。

一方で、図 8 でわかるように条件 B で記入する記号を丸か四角に制限すれば、100 % の識別結果が得られたことから、力触覚センサを用いた把持力のみでの認識は可能であるとする。また、条件 A の個人識別結果から記号により正解率は 10 % 程度変動するものの、「記号関係なし」において認識精度に差が生じないことから、「記入する文字」よりも「個人」の影響が強く出ていることと考えられる。これにより、今回の実験では記入する文字に関係なく個人識別が可能であることがわかった。

図 7 に示すように条件 A の結果において被験者 5 の正解率が他の被験者と比べて低い。被験者 5 は小柄な女性であり、他の被験者と比較して手が小さく、実験で作成したグリップが持ちにくかったことが影響した考えられる。

## 5. まとめと今後の展望

本研究では、圧力と剪断力が計測可能な力触覚センサを用いて署名中の把持力を計測し、収集したデータを主成分分析と SVM でデータの解析を行った。力触覚センサを用いることでより正確に把持力を計測することが可能になり、90 % 程度で個人識別が可能になったことがわかった。先行研究と識別率を比較すると、先行研究を一部上回る結果を得られた。先行研究と同一の識別手法を用いれば、より識別精度は向上すると考えられる。

一般的に使用されている生体認証は、他人受け入れ率が 10 万分の 1、本人拒否率は 100 分の 1 と言われている。そのため、本実験の結果では上記の識別精度に及ばないため、識別精度を向上させる必要がある。識別精度を向上させる方法として、特徴量を増やす、特徴量に変換せず生データを認識に用いることが考えられる。また、計測においては誰でも持ちやすいグリップを改良し識別精度の改善を行う。

| 記号関係なし         |      |    |    |    |    |    | 丸のみ            |       |      |    |    |    |    |    |         |
|----------------|------|----|----|----|----|----|----------------|-------|------|----|----|----|----|----|---------|
|                | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率            |       | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率     |
|                |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |                |       |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |         |
| 正解ラベル          | s1   | 52 | 0  | 4  | 2  | 2  | 86.66%         | 正解ラベル | s1   | 18 | 0  | 1  | 1  | 0  | 90.00%  |
|                | s2   | 0  | 57 | 0  | 2  | 1  | 95.00%         |       | s2   | 0  | 19 | 0  | 0  | 1  | 95.00%  |
|                | s3   | 0  | 0  | 60 | 0  | 0  | 100.00%        |       | s3   | 0  | 0  | 19 | 0  | 1  | 95.00%  |
|                | s4   | 0  | 0  | 0  | 60 | 0  | 100.00%        |       | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00% |
|                | s5   | 4  | 7  | 2  | 3  | 44 | 73.33%         |       | s5   | 1  | 3  | 1  | 2  | 13 | 65.00%  |
| 全体の正解率: 91.00% |      |    |    |    |    |    | 全体の正解率: 89.00% |       |      |    |    |    |    |    |         |

| 三角のみ           |      |    |    |    |    |    | 四角のみ           |       |      |    |    |    |    |    |         |
|----------------|------|----|----|----|----|----|----------------|-------|------|----|----|----|----|----|---------|
|                | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率            |       | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率     |
|                |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |                |       |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |         |
| 正解ラベル          | s1   | 16 | 0  | 1  | 2  | 1  | 80.00%         | 正解ラベル | s1   | 18 | 0  | 1  | 0  | 1  | 90.00%  |
|                | s2   | 0  | 17 | 0  | 2  | 1  | 85.00%         |       | s2   | 0  | 18 | 0  | 2  | 0  | 90.00%  |
|                | s3   | 0  | 0  | 20 | 0  | 0  | 100.00%        |       | s3   | 0  | 0  | 20 | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00%        |       | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00% |
|                | s5   | 2  | 4  | 0  | 0  | 14 | 70.00%         |       | s5   | 0  | 3  | 0  | 0  | 17 | 85.00%  |
| 全体の正解率: 87.00% |      |    |    |    |    |    | 全体の正解率: 93.00% |       |      |    |    |    |    |    |         |

図 7 筆者識別結果：条件 A

| 記号関係なし         |      |    |    |    |    |    | 丸のみ             |       |      |    |    |    |    |    |         |
|----------------|------|----|----|----|----|----|-----------------|-------|------|----|----|----|----|----|---------|
|                | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率             |       | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率     |
|                |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |                 |       |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |         |
| 正解ラベル          | s1   | 60 | 0  | 0  | 0  | 0  | 100.00%         | 正解ラベル | s1   | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s2   | 0  | 60 | 0  | 0  | 0  | 100.00%         |       | s2   | 0  | 20 | 0  | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s3   | 0  | 1  | 58 | 0  | 1  | 96.66%          |       | s3   | 0  | 0  | 20 | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s4   | 0  | 0  | 0  | 60 | 0  | 100.00%         |       | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00% |
|                | s5   | 0  | 0  | 0  | 0  | 60 | 100.00%         |       | s5   | 0  | 0  | 0  | 0  | 20 | 100.00% |
| 全体の正解率: 99.33% |      |    |    |    |    |    | 全体の正解率: 100.00% |       |      |    |    |    |    |    |         |

| 三角のみ           |      |    |    |    |    |    | 四角のみ            |       |      |    |    |    |    |    |         |
|----------------|------|----|----|----|----|----|-----------------|-------|------|----|----|----|----|----|---------|
|                | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率             |       | 識別結果 |    |    |    |    |    | 正解率     |
|                |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |                 |       |      | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 |         |
| 正解ラベル          | s1   | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 100.00%         | 正解ラベル | s1   | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s2   | 0  | 20 | 0  | 0  | 0  | 100.00%         |       | s2   | 0  | 20 | 0  | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s3   | 0  | 1  | 18 | 0  | 1  | 90.00%          |       | s3   | 0  | 0  | 20 | 0  | 0  | 100.00% |
|                | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00%         |       | s4   | 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 100.00% |
|                | s5   | 0  | 0  | 0  | 0  | 20 | 100.00%         |       | s5   | 0  | 0  | 0  | 0  | 20 | 100.00% |
| 全体の正解率: 98.00% |      |    |    |    |    |    | 全体の正解率: 100.00% |       |      |    |    |    |    |    |         |

図 8 筆者識別結果：条件 B

## 参考文献

- [1] M. Bashir and J. Kempf. Person authentication with rdtw based on handwritten pin and signature with a novel biometric smart pen device. In *2009 IEEE Workshop on Computational Intelligence in Biometrics: Theory, Algorithms, and Applications*, pages 63–68, March 2009.
- [2] Muzaffar Bashir and Florian Kempf. Advanced biometric pen system for recording and analyzing handwriting. *Journal of Signal Processing Systems*, 68(1):75–81, Jul 2012.
- [3] N. Wada and S. Hangai. Online signature verification using gripping position and power. In *2009 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*, pages 647–650, Jan 2009.
- [4] Bassma Ghali, Khondaker Mamun, and Tom Chau. Grip kinetic profile variability in adult signature writing. *Journal of Biometrics and Biostatistics*, 4(4):1–6, 2013.
- [5] Masayuki Sohawa, Akito Nozawa, Hokuto Yokoyamat, Takeshi Kanashimat, Masanori Okuyama, Takashi Abe, Haruo Noma, and Teruaki Azuma. Multimodal measurement of proximity and touch force by light-and strain-sensitive multifunctional mems sensor. In *IEEE SENSORS 2014 Proceedings*, pages 1749–1752, 2014.
- [6] 大村廉, 納谷太, 野間春生, and 小暮潔. 看護業務支援のためのセンサネットワーク・アーキテクチャ. *研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)*, 2009(8):1–8, jul 2009.