

インソール型歩容センサを用いた個人認証手法の提案と評価

成田 力哉[†] 深町 京佑[†] 佐藤 進[†] 河並 崇[†]金沢工業大学[†]

1. まえがき

近年、Web サービスや携帯端末の進化、クレジットカード決済の普及により、個人認証の必要性が高まっている。個人認証技術は非生体認証と生体認証に分けられる。非生体認証はパスワードやPINコードを用いた方法で、パスワード漏洩のリスクや記憶の難しさが課題とされている。そのため、近年では生体認証が実用化されており、顔認証や指紋認証が汎用的に使用されている。これらの手法は個人の特徴をもとに認証することで、数秒で認証が可能な反面、意識的な認識動作が必要となる。そこで本研究では、意識的な認証行動をさらに削減するために、人が誰しも日常的に行う歩行を用いて認証(歩容認証)をすることに着目した。

歩容認証に関する研究は、ビデオセンサベースの研究[1]とウェアラブルセンサベースの研究[2]が存在する。ビデオセンサベースでの研究では、ユーザが装置を取り付ける必要はないものの認証範囲に限られる点やプライバシーの懸念が存在し、ウェアラブルセンサベースでの研究ではプライバシーの懸念がなくセンサを装着している間認証が可能な反面、装置を毎回取り付ける手間が必要である。本研究は非意識的かつ、装着負荷が少なく、広範囲で利用可能であり、プライバシーの懸念がない認証方法の確立を目指す。

2. 個人認証方法の提案

本研究ではインソール型の歩容センサである「歩行分析センサ」(NEC製、リアルタイム計測版)[3]を認証に用いる。よく利用される靴にインソールとしてセンサを入れておくことで、装着負荷がほぼなくデータが取得できる。本「歩行分析センサ」は計24種の歩容パラメータ(歩行周期における速度情報、距離情報、時間情報、角度情報等)を片足毎に取得できる。本研究ではフレイルレベル以外の23種の歩容パラメータを利用する。

生態情報を用いた個人認証において、認証の鍵となる個人のデータは、変更が難しく時間が経過しても一貫性を保つことができることが求められている。しかしながら、歩容を認証の鍵とした場合、歩行速度やその時の体調、地面の状態等により歩容は変化し、特に速度差による歩容パラメータの変化は大きい。したがって、そのままの歩容パラメータを個人

認証の鍵として用いることは難しく、得られた歩容パラメータから常に個人を識別できる情報に変換する必要がある。

一方、歩容は特定の個人であっても左右差があり、左右差は歩行速度の影響が少ない。そこで、本研究では歩容の左右差に着目し、歩容パラメータの両足差を認証の鍵として個人認証を行う手法を提案する。以下、歩容パラメータの両足差の情報独自性の検証を行うために、t-SNEを用いた類似性可視化を行う。

類似性可視化を行う対象は①両足混合データ、②左足のみデータ、③右足のみデータ、④両足差(左足-右足)データとする。①②③では同じ被験者であっても比較的類似性が低く現れた。一方で④の両足差データは図1に示すように歩行速度や左右差、取得日の違いによる影響がなく、個人間では類似性が高く、他者間では類似性が低く表れた。したがって、歩容パラメータの両足差データを個人認証の鍵として用いることの妥当性が高いと予測できる。

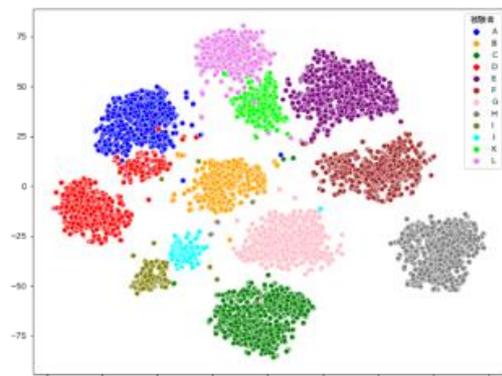


図1 両足差データによる類似性の比較

3. 実験方法と評価

3.1 実験方法

認証に用いる歩容データは健康な20代男性12名に、63.7mの廊下を最低5往復通常歩行してもらい取得する。また、再度別の日に同じ廊下を歩行したデータも取得し、同一人物の別の歩行速度、別の体調のデータも取得する。

認証にはランダムフォレストを用い、提案した両足差データによって個人の分類が可能か評価する。

3.2 分類評価

分類評価では、全被験者の歩容データを学習して分類する実験と、一部の被験者の歩容データを学習せずに分類する実験を行う。後者の学習から取り除く一部の被験者の選出には、全被験者の歩容データに対しクラスタリングを行い、認証対象者に歩容が似ている被験者と似ていない被験者を決定する。ク

Proposal and Evaluation of a Personal Authentication Method Using In-Sole Gait Sensors

[†]Rikiya Narita [†]Kyosuke Fukamachi [†]Susumu Sato

[†]Takashi Kawanami

Kanazawa Institute of Technology

表 1 実験結果

	除外クラスタ	正解率	適合率	EER[%]
全データ学習		0.997	0.997	0.4
k-means法	同一クラスタ	0.974	0.710	20
2被験者除外	別クラスタ	0.986	0.860	15
階層型クラスタリング	同一クラスタ	0.976	0.833	17
1被験者除外	別クラスタ	0.992	0.970	17
階層型クラスタリング	同一クラスタ	0.974	0.710	18
2被験者除外	別クラスタ	0.986	0.860	12

ラスタリングには k-means 法と階層型クラスタリングを用いた。同一クラスタを歩容が似ている被験者とし、別クラスタを歩容が似ていない被験者とした。それぞれの条件で分類を行った結果を比較する。実験結果を表 1 に示す。

全データ学習させ、予測確率の閾値 0.5 で分類した場合、全被験者の正解率と適合率がそれぞれ 99% となった。また、EER(等価エラー率)は予測確率の閾値 0.8 の時に約 0.4% となった。

k-means 法の結果をもとにクラスタ内と別クラスタ内の条件ごとに 2 人学習させず予測確率の閾値 0.5 で分類した場合の結果を示す。同一クラスタ内の被験者を学習から取り除いた場合、正解率は 97%、適合率は 71% となり、EER は予測確率の閾値 0.56 のときに約 20% となった。また、別クラスタ内の被験者を学習から取り除いた場合、正解率は 98%、適合率は 86% となり、EER は予測確率の閾値 0.7 のときに約 15% となった。

続いて、階層型クラスタリングの結果をもとに 1 人除外した場合の結果を示す。同一クラスタの被験者を学習から取り除いた場合、結果は正解率は 97%、適合率は 83% 以上であり、EER は予測確率の閾値 0.62 のときに約 17% となった。また、別クラスタの被験者を学習から取り除いた場合、正解率が 99%、適合率が 97% 以上であり、EER は予測確率の閾値 0.7 のときに約 17% となった。

そして、階層型クラスタリングの結果をもとに 2 人除外した場合の結果を示す。結果として、同一クラスタの被験者を 2 名除いた場合、正解率は 97%、適合率は 71% であり EER は予測確率の閾値 0.6 のときに約 18% となった。また、別クラスタの被験者 2 名を学習から取り除いた場合、正解率が 98%、適合率が 86% であり、EER は予測確率の閾値 0.64 のときに約 12% となった。

結果をまとめると、同一クラスタの被験者を学習から取り除いた場合の、EER が別クラスタ内の被験者を学習から取り除いた場合と比べると悪くなる結果となってしまっているケースが多い。一方で、別クラスタの被験者を学習データから除いた場合の EER と大幅に変わっていないケースも存在した。

また、今回の分類において、どの歩容パラメータが分類に影響を及ぼしているかを求めたグラフを図 2 に示す。分類に影響を及ぼす主な歩容パラメータ

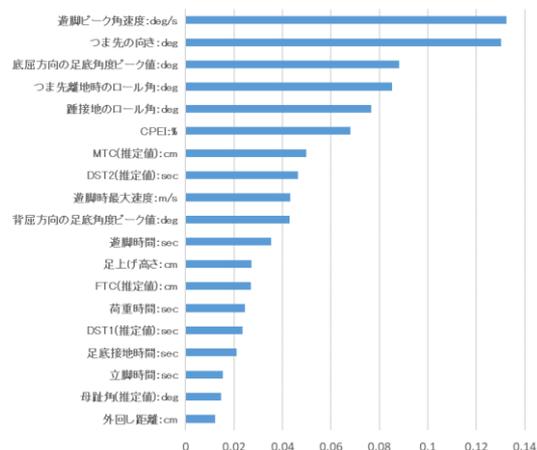


図 2 ランダムフォレスト分類での重要特徴量は遊脚ピーク角速度とつま先の向きの 2 つであることが判明した。

4. 考察

表 1 の実験結果を考察する。全データ学習した場合の結果を確認する。別日に歩行したデータを含んでも分類での影響がないと考えられる。別クラスタの被験者を学習データから 2 人除外した結果が、1 人別クラスタを除外した結果よりも EER が良好していた。この理由としては、他者データの学習量が減ったことにより本人拒否率(FRR)が減少したため、EER での指標が良くなったためだと考えられる。

5. むすび

本研究では「歩行分析センサ」を用いて取得した歩容パラメータの両足差を認証の鍵として提案した様々なケースに分けて認証実験を行い、またどのパラメータが分類で重要であることを示した。結果として全データ学習させた場合は EER が 0.4%、学習データを一部除いた場合でも 20% 以下に保つことができた。今後、被験者および歩行データを増やすことでさらに精度を高められると考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H04132 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Liang Wang et al. : "Automatic Gait Recognition Based on Statistical Shape Analysis", IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, Vol. 12, No. 9, pp.1120-1131 (2003).
- [2] Davrondzhon Gafurov and Einar Snekkenes : "Gait Recognition Using Wearable Motion Recording Sensors", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing Vol.2009, No.415817, (2009).
- [3] K. Fukushi et al. : "On-line algorithms of stride-parameter estimation for in-shoe motion-sensor system", IEEE Sensors Journal, vol. 22, pp. 9636-9648, (2022).