

両腕に装着した加速度センサに基づく日常動作の識別に適した機械学習手法の検討

Recognition of daily activity based on machine learning
using acceleration sensors worn on both wrists

李俊燕[†] 梅澤猛[‡] 大澤範高[‡]
Junyan Li[†] Takeshi Umezawa[‡] Noritaka Osawa[‡]

1. はじめに

動作識別は様々な領域で重要になっている。介護の現場を例としてあげると、介護士はいつも利用者を見守ることができるわけではないため、そばで見守っていなくても利用者の動作を把握できるようにすることが求められている。また、会社では、業務の効率化を図るために、社員の動作を自動的に識別して、業務の分析に役立てることが求められている。動作識別は我々の生活に深くつながっていると言えることができる。その中でも日常動作の識別の精度を高めることが求められている。

2. 関連研究

携帯端末に搭載しているセンサのみを利用した動作識別の研究として、Maurer らはスマートウォッチに搭載されている 4 つのセンサと C4.5 決定木を用いた。スマートウォッチを左手首、腰、ポケットに装着し、6 種類の歩行動作（座る、立つ、歩く、階段を登る、階段を降りる、走る）について、全体の識別精度が 92.5%の結果を得ている[1]。

Berchtold らは加速度センサを搭載しているスマートフォンを利用し、Fuzzy 論理を用いて識別を行った。電話するなどの 15 種類の対象動作についての識別精度は 71%から 97%であった[2]。

身体装着センサと携帯端末を併用した識別の研究として、Riboni らはユーザの腰に装着する加速度計とポケットやベルトなどに装着した、スマートフォンに搭載している加速度計と GPS を用いた。歩行動作や歯を磨く、板書するなどの 23 種類の動作について、全体的な識別精度は 93%であった。しかし、「立つ」と「板書する」という差異の小さな動作間に識別誤りが発生した[3]。

Kao らは 3 軸加速度センサ 1 個をユーザの腰に装着し、100Hz のサンプリングレートでデータを集め、Fuzzy 基底関数学習器を使って識別を行なった。7 種類の動作の精度は 94.71%であった[4]。

人体の部位の動きが小さい動作については識別精度が低くなる傾向がある。そこで、本研究では動きが小さい、手を使用する動作に注目する。また、センサの装着位置による識別精度への影響を検討する必要がある。

3. 研究目的

先行研究により、ユーザの日常動作の中で、動作パターンが明確な歩行動作の識別率は高いことが分かっている。一方、キーボード入力や文字を書くなどの主に手や指を使用する動作や、従来の研究で動作が認識しにくいとされる日常動作については識別誤りが発生しやすい。そこで本研



図 1 センサ装着位置

究では、日常動作では両手を用い、両手の動きが特徴的であることが多いことに着目し、ユーザの両腕の加速度に基づいて動作を識別することを検討する。両腕に装着した加速度センサを用いてデータを収集し、その特徴量を抽出し、両手を主に使用するデスクワークで作業の動作に対し、機械学習によって識別モデルを構築し、その精度を評価する。

4. 実験

実験はデスクワークでの作業の識別を想定し、座った状態を対象とする。被験者は両手首にそれぞれ 3 軸の小型無線加速度センサ (ATR-Promotions TSND121) を装着する (図 1)。10ms ごとに両手首の加速度データのサンプルを収集し、特徴量の抽出を行う。

機械学習の Support Vector Machine (SVM)、Random Forest (RF) による識別モデルを構築し、判別を行う。SVM では RBF カーネルを用い、コストパラメータを 1 とした。RF では、木を 10 本とし、深さ制限なしとした。4 名の被験者に対して、表 1 に示す 4 つの実験動作について評価した。

表 1 実験動作

動作の内容	
Act1	PC のキーボードを使い文章 1 ページを入力する。
Act2	8 インチタブレットを使い情報を検索する。
Act3	雑誌の特定ページを探す。
Act4	文章 1 ページをペンで手書きする。

5. 評価方法

各加速度センサのデータは、3 軸の加速度ベクトルである。256 サンプル (2.56s) のウィンドウを考え、その加速度ベクトルの大きさの最大値、最小値、平均値およびフリーエ係数を抽出する。ウィンドウは重なりが生じるように 64 サンプル分ずつスライドさせる。

[†] 千葉大学融合科学研究科情報科学専攻

[‡] 千葉大学大学院工学研究院

着目したウィンドウのフーリエ係数 512 次元 (256 次元/手×2) とそれを含む後ろの 6 ウィンドウから得られた 36 次元の特徴量 (各ウィンドウ、各手首の最大値、最小値、平均値) の合計 548 次元の特徴量を 1 つの特徴ベクトルとする。抽出した特徴ベクトルデータセットを用いて、機械学習による識別モデルを構築する。

代替推定法と交差検証法を行うことによって、識別精度を評価する。評価には適合率 (Precision) と再現率 (Recall) およびそれらの調和平均により計算できる F-尺度 (F-measure) を用いて識別精度を評価する。

6. 評価結果

まず、4 人の被験者データをまとめて評価した。正常に学習できているかを検証するため、学習データをそのままテストデータとして用いる代替推定法による評価を行なった。SVM と RF における F-尺度の値は共に 0.99 以上であった。次に、10 分割交差検証を行なった。分割は全体に対して無作為に行なった。結果を図 2 に示す。SVM と RF をモデルとした場合の F-尺度の値はそれぞれ 0.66 と 0.97 であった。また、10 分割交差検証を行なった際の混同行列を表 2 および表 3 に示す。

さらに、被験者別に代替推定法と交差検証法によるモデルを構築し、評価を行った。結果を図 3 に示す

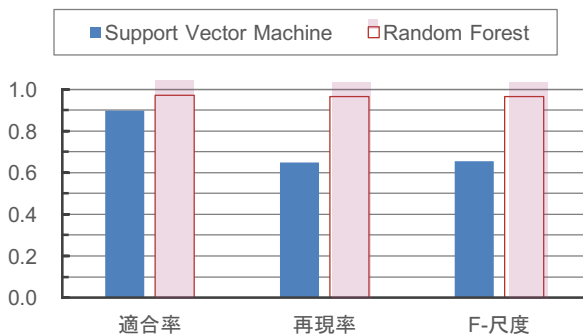


図 2 交差検証の結果

表 2: SVM による 10 分割交差検証の混同行列

SVM	予測			
	Act1	Act2	Act3	Act4
実際 Act1	4,681	0	0	0
Act2	465	1,683	3	5
Act3	1,191	44	496	1
Act4	1,838	0	0	2,017

表 3: RF による 10 分割交差検証の混同行列

RF	予測			
	Act1	Act2	Act3	Act4
実際 Act1	4,661	0	0	14
Act2	3	2,102	45	6
Act3	21	129	1,575	7
Act4	15	7	16	3,817

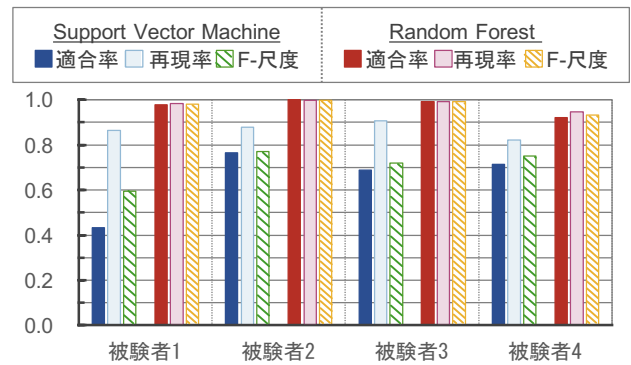


図 3 被験者別の評価

7. 考察

代替推定法で SVM と RF の識別率は両方高く、どちらのモデルにおいても学習ができていることがわかる。交差検証では SVM の再現率は 0.65 と RF と比較して低くなったため、SVM の F-尺度の値も低くなった。そして、混同行列により Act2 と Act3 の識別誤りが多いことが分かった。すなわち、タブレット操作と雑誌を読む動作の認識誤りが多い。また、被験者別の評価などから個人差があると考えられるので、より多くの被験者のデータを収集し、両手の動きによる識別の有効性を検証する必要がある。

8. おわりに

両手を使用する、動きが小さいデスクワークにおける作業の動作 4 種類に対して、両手首の加速度による動作識別を行った。評価実験により、動作識別に対して 4 名の被験者のデータ解析では、RF によって高い識別精度を得ることができた。

今後、センサの数を増やし、頭、肩などの部分に装着して収集したデータを使うことにより、識別精度の向上を試みるのが考えられる。また、加速度ベクトルの大きさだけでなく、向きなども特徴量として利用することにより識別精度を向上させることも今後の課題である。

参考文献

- [1] U. Maurer, A. Smailagic, D. P. Siewiorek, and M. Deisher, "Activity recognition and monitoring using multiple sensors on different body positions." In Proc. International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, (Washington, DC, USA), IEEE Computer Society, 2006.
- [2] M. Berchtold, M. Budde, H. Schmidtke, and M. Beigi, "An extensible modular recognition concept that makes activity recognition practical." In Advances in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, pp.400-409, 2010.
- [3] D. Riboni, and C. Bettini, "Cosar: hybrid reasoning for context-aware activity recognition." In Personal and Ubiquitous Computing, vol. 15, pp. 271-289, 2011.
- [4] T. P. Kao, C. W. Lin, and J. S. Wang, "Development of a portable activity detector for daily activity recognition." In IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 115-120, 2009.