

スマートフォンを用いたラジオ体操の 行動認識に関する検討

島孔介[†] 犬塚信博[†] 山口陽平[‡]

名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻[†] 有限会社来栖川電算[‡]

1 はじめに

近年、行動量計やカメラによる行動認識が広く研究されている。対象となる人の行動には個人差があり、これを分析することは本人認証や健康状態の推定などに有用である。さらに、行動は基礎的な動作の組み合わせによるものであり、個人差がその組み合わせの違いによると考えると、個人差の分析は、行動の構造に関する研究としても重要である。

そこで本研究では、行動は基礎的な動作の組み合わせであると仮定し、ラジオ体操第一を対象として個人差の分析を行う。ラジオ体操第一は以下の特徴を持つ。

- 13個の運動から成り、多様な動作が含まれている。
- 行う動作があらかじめ決められている。
- 一般的によく知られており、熟練度の差が少ない。

これらの特徴から、ラジオ体操は個人差が現れる機会が均等にあるため、分析に良い対象である。

ラジオ体操の行動認識として、Ahadらは運動の種類を認識する手法を提案している[1]。評価を目的とした研究には、体操中の手の追跡[2]や、加速度による体の伸びの判定[3]などが行われている。さらに、スマートフォンを手に持ってラジオ体操を行うことで点数を評価するアプリケーションも実用化されている[4]。

本稿では、ラジオ体操の加速度データから基礎的な動作を抽出し、文字列として表現する。また、複数の人に共通する文字列を発見し、個人差には癖として同じパターンがあることを確かめ、癖の間の関係を調べる。

2 提案手法

2.1 運動を構成する動作の表現

基礎的な動作の組み合わせには、腕の振りや体の上下などの動作の加算によるものと、腕を上げる、下げるなど動作の連続によるものが考えられる。本稿では、

Activity Recognition for Radio Gymnastic Exercises using Smartphones

Kosuke Shima[†], Nobuhiro Inuzuka[†], Youhei Yamaguchi[‡]
Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya 466-8555, Japan[†], Kurusugawa Computer, Inc., Nagoya 464-0856, Japan[‡]

動作の連続により運動が構成されていると仮定し、以下の手順で基礎動作列を表す文字列を得る。

1. ラジオ体操を m 回行い、加速度や角速度などの時系列データセット $\mathbf{D} = \{d_1, \dots, d_m\}$ を得る。
2. 各データを13の運動に分割し $d_i = \langle \mathbf{a}_i^1, \dots, \mathbf{a}_i^{13} \rangle$ とする。さらに、運動毎のデータ $\mathbf{a}_i^j$ を n 個の窓に分割し、 $\mathbf{a}_i^j = \langle a_{i,1}^j, \dots, a_{i,n}^j \rangle$ とする。
3. $\mathbf{a}_i^j = \langle a_{i,1}^j, \dots, a_{i,n}^j \rangle$ に対応した特徴を計算し、これを $\langle c_{i,1}^j, \dots, c_{i,n}^j \rangle$ と書く。ここで、特徴 c は平均、分散など複数の値からなる。
4. 全ての運動の全ての窓の特徴 $\cup_{i,j} \langle c_{i,1}^j, \dots, c_{i,n}^j \rangle$ の要素をクラスタリングする。
5. クラスタ名を長さ1の文字として特徴 c に文字を当て、データ d_i の体操 j の特徴列 $\langle c_{i,1}^j, \dots, c_{i,n}^j \rangle$ を長さ n の文字列で表す。これを $w_j(d_i)$ と書き、**動作語**と呼ぶ。

以上の手法により、ラジオ体操1回を13個の動作語の組 W_i とする。

$$W_i = \langle w_1(d_i), \dots, w_{13}(d_i) \rangle \quad (1)$$

2.2 個人差に共通するパターンの発見

2.1節では、ラジオ体操の加速度を用いて、動作語を作成した。ラジオ体操に個人差がある場合、動作語はデータによって異なるが、そこに共通して現れるパターンがあれば、個人差はいくつかのパターンに分けられる可能性がある。そこで、動作語中に共通する頻出パターンを発見する。ここで頻度はパターンを含む動作語の数である。頻出パターンは、そのパターンよりも短いパターンを取り除いた飽和パターンを考えることとし、これを癖と呼ぶ。

次に、癖の集合から、運動間の癖の関係を調べる。ここではある運動の癖 r を持っている時、他の運動の癖 r' を持っている条件付き確率を考える。

$$Assoc_{r \rightarrow r'}^{i \rightarrow j} = \frac{P_{d \in \mathbf{D}}(r' \sim w_j(d) | r \sim w_i(d))}{P_{d \in \mathbf{D}}(r' \sim w_j(d) | r \not\sim w_i(d))} \quad (2)$$

$r \sim w_i(d)$ は癖 r が動作語 $w_i(d)$ に含まれることを意味する。式(2)の値が閾値を超える場合、癖 r, r' は、それ

表 1: 実験条件

データセット	被験者数	スマートフォン	サンプリング	データ数
	25	Nexus5	50Hz	89
動作語	窓分割数	クラスタリング	距離	クラスタ中心数
	32	k-means	ユークリッド	26
ルール	最小支持度	長さ閾値	ルール閾値	排他ルール閾値
	20	4 以上	4.0	0.20

それがデータセット中に現れる確率とは関係なく、同時に表れやすいことを意味し、これを癖のルールとする。ルールを R として、式 (3) のように表す。

$$R = i : r \rightarrow j : r' \quad (3)$$

あるデータ d がルール R を満たすことをここでは $d \propto R$ と表現する。また、データ d が癖 r と r' を同時に持っていることに注意しなければならない。

最後に、ルール間の相関について調べる。データ d がルール $R_1 = i : r \rightarrow j : r'$ を満たし、その多数がルール $R_2 = k : s \rightarrow l : s'$ を満たさないとき、ルール R_1 と R_2 は排他的にあることが考えられる。そこで、式 (4) について考える。

$$P_{d \in \mathbf{D}}(s \sim w_i(d) \vee s' \sim w_j(d) | d \propto R_1) \leq \text{閾値} \quad (4)$$

式 (4) は、ルール R_1 を満たすデータ d がルール R_2 の癖 r , r' の少なくとも一方を持っている条件付確率が閾値以下かどうかを表す。このとき、ルール R_1 はルール R_2 に対して排他的であるだけでなく、ルール R_2 の癖 r , r' に対しても排他的である。

3 実験と結果

ここでは提案した手法を実際にラジオ体操の加速度データに適用し、癖のルールを発見する。ラジオ体操を行う際の加速度は、被験者が両手にスマートフォンを持ち、ラジオ体操を2回行ってもらうことで取得した。持ち手による加速度の向きの影響を考え、特徴量は加速度、躍度のノルムの平均、分散の4個を用いた。クラスタリングする際には、距離を計算する際の重みをそろえるため、 $[0, 1]$ に正規化したものを特徴量とした。実験に用いたデータの個数や文字列を生成する際の条件など、実験条件を表1に示す。ラジオ体操は運動1を8拍、その他を16拍に合わせて2回から8回の周期的な運動を行う。1回の運動を4分割し、窓分割数は運動1を16、他を32とした。なお、クラスタ中心の乱数は $[0, 1]$ の乱数とした。表1に示す条件のもとで生成した動作語群中の頻出パターンを表2に示す。頻出パターンが多く現れたため、ここでは飽和パターンから数個を示す。今回の手法では、運動1に癖が見

表 2: 頻出パターン

運動2	"gig", "zjz"	運動8	"nvc", "ugn", "gncc", etc
運動3	"dvd", "zqi"	運動9	"llllln", "lllllnl", "nllllll", etc
運動4	"gie", "hhj", "jhh"	運動10	"clen", "cnll", "lcnn", etc
運動5	"lllllll", "llllllh", "nlllllll", etc	運動11	"oco", "ogo", "oyo", etc
運動6	"nlllllll", "llvlllll", "llllllllll", etc	運動12	"gzzg", "jhhj", "zjz", etc
運動7	"ddddd", "dudud", "ududu", etc	運動13	"lcnll", "llcnl", "lucnl", etc

表 3: 癖のルール

8: "ccn" $\rightarrow$ 10: "clen" 7: "uddd" $\rightarrow$ 13: "icll"
 7: "dudd" $\rightarrow$ 13: "jll" 9: "lllllnl" $\rightarrow$ 13: "lcnll"

表 4: ルール間の関係

	"ccn" $\rightarrow$ "clen"	"uddd" $\rightarrow$ "icll"	"dudd" $\rightarrow$ "jll"	"lllllnl" $\rightarrow$ "lcnll"
"ccn" $\rightarrow$ "clen"		0.20	0.27	0.40
"uddd" $\rightarrow$ "icll"	0.29		0.50	0.11
"dudd" $\rightarrow$ "jll"	0.29	0.93		0.60
"lllllnl" $\rightarrow$ "lcnll"	0.47	0.21	0.37	

られなかった。この要因として、動作語が短く、十分な長さの癖が見られなかったためと考える。次に、表2に示した癖について、表1の条件で癖のルールが見られたものと、ルール間の関係を計算した結果をそれぞれ表3、表4に示す。表4から、ルール "uddd" $\rightarrow$ "icll" は "lllllnl" $\rightarrow$ "lcnll" に対して排他的であることが見られた。この結果から、ラジオ体操における個人差には、少なくとも2つのパターンがあると考えられる。

4 おわりに

本稿では、加速度から動作語を生成し、癖を発見した。また、癖のルールを求め、排他的な関係を持つものがあることを確かめた。今後は発見された癖と元の加速度やラジオ体操の様子から癖を解釈する必要がある。

参考文献

- [1] Ahad, 緒方, Tan, 金, 石川; 人の動作の分割と認識のための DMHI 法, 情報処理学会研究報告, 2007-AVM-58, pp.55-60(2007).
- [2] 野々村, 田中; Kinect を用いたラジオ体操自動評価システムにおける手の追跡, ロボティクス・メカトロニクス講演概要集, 3P1-J02(1), 2014.
- [3] A. Terumoto, S. Inoue, and Y. Hattori; Bentimarking 'Radio Exercises' Recognition with a Tree-axis Accelerometer, Systems, Man, and Cybernetics(SMC 2011), pp.41-45, IEEE(2011).
- [4] 来栖川電算 teamR; 毎朝体操, [http://maiasa.jp/].