

再開発エリアにおける歩行者の加速度類似性に基づくチーム行動検出 Detecting Team Behaviors of Pedestrians in Redevelopment Areas on Acceleration Similarity

大澤 幸生*¹
Yukio Ohsawa

近藤 早映*¹
Sae Kondo

早矢仕 晃章*¹
Teruaki Hayashi

*¹ 東京大学工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

須川 敦史*²
Atsushi Sugawa

吉田 隆久*³
Takahisa Yoshida

*² クロスハック株式会社
Crosshack, Inc.

*³ 株式会社アーネストワン
Arnest one Corp.

Abstract: Team behaviors are regarded here as an essential component of cultures and lifestyles of people engaged in businesses, sports, etc. In order to detect team behaviors, pedestrians' similarity of the acceleration time-series is proposed as the temporal evaluation index. Here, a redevelopment area is taken as the space for experiments with acceleration sensors, and the correspondence of acceleration similarity and the pedestrians' mutual feeling of co-walking is evaluated.

1. はじめに

新開発あるいは再開発エリアにおいては、人々の新しい行動パターンが発生しうる。しかし、その行動を事前にデータ化して予測することができないため、どのような店舗やサービスをそのエリアで展開するのが良いかを事前分析によって検討することは難しい。本研究では、ある地域で歩行する人々におけるチーム行動の分析を行うことによって、およそどのような目的の人々が行動しているかを捉える基礎的な方法を開発したい。同様の考え方は、スポーツにおけるチーム行動の分析にも転用できると考えられる。例えば、サッカーにおいてはおよそ横一線に並ぶプレイヤーがサブチームをなし、守備および攻撃を効率化している。これらのチームあるいはサブチームを、どのように抽出することができるだろうか。本論文では DJ ストアの出力を元にこの問いに答える準備として基礎仮説を設け、検証を試みる。

2. サブチーム行動に関する評価実験

DJ ストア[早矢仕, 大澤 2017]から, "ナビタイムの地図・交通データ"(時間, 信号, 混雑など)と"GPS による位置情報"(時間, 緯度, 経度)のデータの結合利用案として, "人がどんな移動で何をしているかわかるサービス"というソリューションが見いだされた。また, 加速度, 心拍数を持つ"ウェアラブル機器のログ情報"から, "同じ歩行スピードの人との差を見る(個人差)"というソリューションが見いだされた。これらを契機として, 以下の仮説を設定して検証することを初期目的とした。すなわち, 各時点で

- 仮説① タスクを共有する人の位置は接近する
- 仮説② 空間での移動経験を共有する人の速度は接近する
- 仮説③ 興味を共有する人の加速度は接近する

例えば, 複数人の同行者があるエリアを歩いている(タスクの共有: 例えば実験に向かう研究室のメンバー)とき, もし彼らが同じくらいそのエリアを歩きなれているならば(スキルの共有: 例

えば上記のメンバーのうち数年在学している大学院生たち), 同じくらいスムーズに歩くので同じ地点を歩く時の速度は近いであろう。また, 彼らが新しい建造物に興味を持っているなら(興味の共有: 例えば, 近い問題を研究している研究室メンバー), 同じ建造物に接近したところで歩行速度を緩めるであろう。

しかしながら, ここで疑問を呈したい。このような歩行速度の変化は, 坂道や信号機, あるいは人だかりに遭遇することによる速度減衰に比較して十分に大きいであろうか? 実際, 建物やオブジェに興味を持った人が歩調を緩めるのは1秒前後である。一方, 信号機では[管技協 2002]にあるように交通量による数十秒の長さの歩行停止を余儀なくされ, 坂道では数 10%というオーダーで速度が増減する。よって本論文では, 短時間で発生する正負の加速度に注目し, 仮説③に基づいて興味を共有する人々(正しくは similar interest group であるが SIG と略すと special interest group と混同するため, ここではチームと呼ぶ)を検出するための基礎的な手法を検討する。この仮説③は, 歩きなれた人にとっても新しい事物が提示される環境でなければ任意の被験者に対して検証しづらい。そこで対象地域を図1の再開発地域とし, 以下のそれぞれの被験者チームで会話を行いつつ加速度センサを携帯して約7キロを歩いた(図1)。それぞれの人物のルートにおける以下の情報を同時に収集するため, 前半と後半のそれぞれについてエブリセンス社の SmartRider 0.2.117-2 (30Hz)を用い, 同時にスタートボタンを押下してデータを収集した。なお後述の通り, 今回は4名という少人数の被験者による予備実験と位置付けている。

前半(1時間): A,B からなるチーム a と C,D からなるチーム b は互いの距離を約 5m 以内に保って歩いたため, 速度に大きな差はない。途中で急に足を遅くするなどがあっても, すぐに4人の行動に追従した。

(チーム a) 都市再開発に関する共同研究者 2 名 (A,B)

(チーム b) 上記共同研究に属さない知人 2 名 (C,D)

後半(1時間): A,B からなるチーム a と D が合流して同じチームとし, C は不参加とした。

(チーム c) 上記の A, B, D からなる 3 名。

連絡先: 大澤幸生, 東京大学工学系研究科 大澤研究室(文京区本郷 7-3-1), 秘書: info@panda.sys.t.u-tokyo.ac.jp

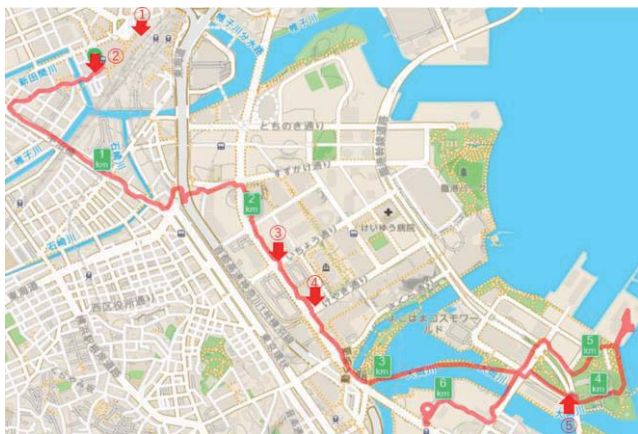


図1 実験対象とした横浜駅周辺エリアと地点①～⑤の位置

3. 実験の結果

以下の2つの指標の一致する割合を評価した。

指標 1 加速度類似性：歩行者 P について、各時点 t の前後 0.3 秒に、評価時区間における上位 10 位までの加速度絶対値が存在するかどうかを $\text{acc}(P, t)$ として、式(1)により歩行者 P, Q の加速度類似性 $\text{sim}(P, Q)$ を求める。 t は、30Hz でサンプリングし、 ΔT は 10sec とした。

$$\text{sim}(P, Q) = \text{Average}_{T \leq t \leq T + \Delta T} \text{acc}(P, t) \text{acc}(Q, t) \quad (1)$$

指標 2 同行感覚：アンケートにより、Q1: 誰と歩いていたか、Q2: 誰と興味を共有していたか Q3: 誰と目的を共有していたか

を質問した。このうち、すべてに回答できた被験者は1名のみであった。このことから、加速度類似性という物理量によって間接的に興味の共有割合を調べる意義はあるといえよう。ここではQ1の回答結果(一緒に歩いていたと思う人)と、指標1の加速度類似性の近い人が一致するのどうかを検証することより、先述の仮説③を間接的に証することとする。

表1 地点①～⑤の10秒間における加速度類似性/アンケート結果 (加速度類似性: %, アンケート結果 X_1X_2 : $X_1(X_2)$ は各行(列)の被験者が各列(行)の被験者が一緒に歩いていたと思う場合に Y, さもなくば N とした)。下線は、加速度類似性の上位2ペア。

		B	C	D
地点①	A	<u>2.65 (YY)</u>	2.40 (YY)	0 (NY)
	B		0 (NY)	0 (NN)
	C			<u>2.52 (YY)</u>
地点②	A	<u>9.46 (YY)</u>	0 (NN)	0 (NN)
	B		0 (NN)	0 (NN)
	C			<u>9.03 (YY)</u>
地点③	A	1.67 (NN)	1.77 (YN)	2.78 (NN)
	B		6.86 (NN)	<u>21.9 (YY)</u>
	C			<u>9.09 (YN)</u>
地点④	A	0 (NN)	1.85 (YY)	0 (NN)
	B		0 (NN)	<u>6.1 (YY)</u>
	C			0 (NN)
地点⑤	A	<u>15.0 (YY)</u>	0 (NN)	<u>21.3 (YY)</u>
	B		0 (NN)	5.3 (YY)
	C			0 (NN)

表1のとおり、歩行者間の加速度類似性とアンケートによって収集した「一緒に歩いている相手」という意識的な近さはおおむね一致する。一方、速度の時系列について類似性を求めても、このような一致はみられない。この理由は、速度の変化は先述のように坂道や信号機、周囲の混雑や交通状況などによって影響を受ける割合が多いためである。例えば通行人が一瞬ショーウィンドウに立ち寄る際、多くは数秒だけ速度が減衰するが購買するほどの関心を持たず元の歩調に戻るため、前後の平均速度は上り坂の場合ほど大きな減衰を起こさない。しかし、その一瞬で生じる加速度は、速度変化が一瞬で起きる故に十分に大きな値を示す。したがって、興味の対象が発生したことを示す量としては、速度よりも加速度が適切と考えられる。本実験で評価した加速度類似性は、このような理由で興味の共有割合を表す適切な指標であると筆者らは考えている。

加速度の時系列については、DTW によってジェスチャーや個人を学習済みテンプレートとの一致から識別するなどの用いられ方をしている[村尾, 寺田 2011; 山野井, 沼尾 2011]が、DTW に比較すると本論文の加速度類似性は時系列の長さに対し線形(DWT は二乗)の計算時間で済むため取り扱いが簡便である。しかし、本論文の骨子はこの計算時間の差ではなく、加速度時系列の類似性をチーム分析に適用することである。

都市計画の観点からは、都市空間およびその諸要素が人の移動や消費行動とその効率や期待効用に与える影響に関する離散構造モデルおよび連続数値モデルが開発されてきた[Hillier 2007, 荒木他 2015]。一方、本論文では、所与の空間における人の運動分析によりチーム行動の構造を求める基礎モデルの一要素に関する基礎研究であり、都市計画におけるモデルと相補的に用いることが期待できる。例えば、Hillier らの S S 理論においては都市空間のグラフ構造において統合機能を有する成分(例えば広場)が、そこに繋がる両地域における集団の行動様式にどのように影響するかについて、本手法と組み合わせることによって解析することが期待できる。

謝辞 本研究は、JST CREST JPMJCR1304, JSPS 科研費 JP 16H01836, JP 16K1242. により助成を受けた。

参考文献

- [早矢仕, 大澤 2016] 早矢仕 晃章, 大澤 幸生: Data Jacket Store: データ利活用知識構造化と検索システム, 人工知能学会論文誌 31 巻 (2016) 5 号 p. A-G15_1-9 (2016)
- [管技協 2002] (公)日本交通管理技術協会 交通整理AB <https://www.tmt.or.jp/research/img/signal/s-02.html> (2002)
- [森本 2004] 森本安夫: 坂道における歩行の理論的考察と基礎的な実験, 明治鍼灸医学 34(2004) 29-38
- [Hillier 2007] Hillier, B. Space is the machine: a configurational theory of architecture. Space Syntax: London. (2007)
- [荒木他 2015] 荒木 雅弘, 溝上 章志, 円山 琢也: まちなか回遊行動の詳細分析と政策シミュレーションのための予測モデル, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, I_323-I_335 (2015)
- [村尾, 寺田 2011] 村尾和哉, 寺田努: 加速度センサの定常性判定による動作認識手法, 情処論文誌 52(6) 1968-79 (2011)
- [山野井, 沼尾 2011] 山野井祐介, 沼尾雅之: 一般動作の加速度データによるユーザ識別システムの提案, 情処学会 73, 4W-6, 3-295, 296 (2011)