

歩行中に観光行動を誘発できるタイミングを
スマホ加速度センサーで抽出できるか
相尚寿・鍛冶秀紀

**Can we find an appropriate timing of tourism information notification
from smartphone acceleration sensor?**

AI Hisatoshi, KAJI Hideki

Abstract: Goal of this study is to identify a good timing to deliver tourism information to smartphone users. We have been analyzing a pattern of walking speed to develop an extraction rule of tourism behavior. In this paper, we focus on acceleration data collected by smartphone device to discuss whether acceleration and motion are useful to improve the extraction rule based on walking speed.

Keywords: スマートフォン (smartphones), 加速度センサー (acceleration sensor), 観光情報 (tourism information), 通知のタイミング (timing of notification)

1. はじめに

スマートフォン(スマホ)は、利用者の位置情報を取得でき、双方向の通信が可能であるため、観光の分野でも強力かつ効果的な情報配信ツールとして注目される。観光に関わるスマホのツール実装や研究開発としては、利用者の状況や嗜好に応じた配信コンテンツの選定、経路案内システムやロコミ解析と組み合わせた訪問先や旅程の提案などがあるものの、いずれも利用者が観光情報を必要とした場合にアクセスする前提のシステムやアプリが大半である。筆者らは、普段と違う場所に来ており、明確に観光目的ではなくても時間的な余裕がある潜在的な観光者に対し、適切なタイミングで情報を配信して観光行動を誘発し

たいと考え、特に研究蓄積が少ないタイミングに関する研究を行ってきた(相・鍛冶, 2019)。以下、本研究では、観光情報配信により観光行動を誘発できる可能性がある歩行状態を「散策」と呼ぶ。

タイミングの判定は、スマホ搭載のセンサー類で取得できる情報のみを用いる必要があり、筆者らは位置情報として取得可能な速度に着目して、散策の判別ルールを構築してきた。また、速度を継続的に取得、解析して一定の条件を満たすと観光情報を画面表示するウェブアプリ(図1)を開発し、当該アプリ上にタイミングの評価ボタン(肯定と否定)を設けることで利用者からの評価を得られるようにした。このウェブアプリを用いた、まちあるき実証実験を行い、歩行速度、タイミング評価データを蓄積している。

これまで歩行速度の個人差に対応させる散策判別ルールの改良、地域差の影響の検証などを行ってきたものの、観光情報配信に際して肯定的評価が得られるのは平均的に50%程度であること、

相尚寿 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

東京大学空間情報科学研究センター

Phone: 04-7136-4291 (事務室)

E-mail: hisaai@ccsis.u-tokyo.ac.jp

この評価の水準に地域差はないものの個人差が大きいことが課題である。本稿では、散策中とそれ以外での歩行速度には現れにくい身体の動きの違いが判別精度の向上に資する可能性があるとの仮説を立て、速度と同様にスマホで取得できる加速度データを分析したい。

鍛治・相(2018)では加速度データに離散フーリエ変換を行い、パワースペクトル密度を導出して散策中とそれ以外の特性の違いを分析した。この分析は加速度の時系列変化を複数の周期的な変化に分解し、それらの周期の長さに注目したもので、散策中は歩調は変わらないがややゆっくり歩く場合が多いのではないかと考察している。

本報告では、加速度変化の周期ではなく、身体の動きの大きさを反映すると考えられる加速度の分散に着目する。加速度の平均は、概略的に移動方向を表すだけであるため、分散を用いる。

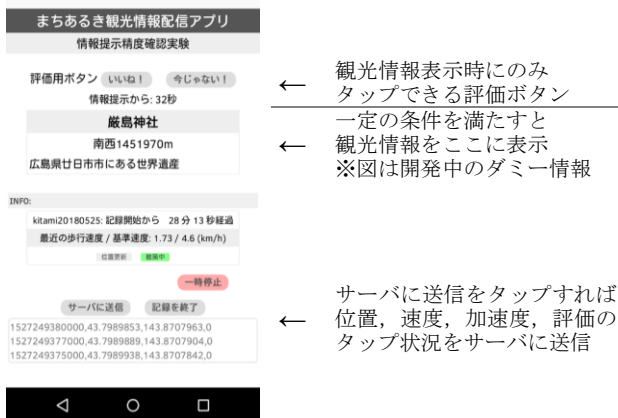


図1 使用したウェブアプリの画面

2. データ取得のためのまちあるき実証実験

データ取得のためのまちあるき実証実験は、現地での居住、通学、通勤経験のない、18~29歳男女を対象者とし、川越(川越市)、横浜(横浜市中区)、神楽坂(新宿区~千代田区)、谷根千(台東区~文京区)、麻布十番(港区)の5つの対象地で実施した。なお、同一人物が1回ずつに限り複数対象地に参加することは許容した。趣旨説明を行う出発場所と2時間のまちあるき後の集合場所は異なる場所を設定した。さらに、出発場所から約

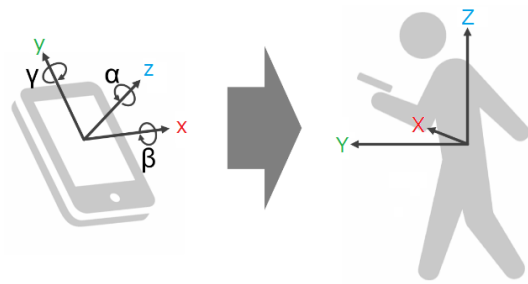


図2 端末中心と利用者の身体基準の加速度3軸

$$R = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\gamma & 0 & \cos\gamma \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{式(1)}$$

700mの商店街を通り抜けること、指定した面的観光地に途中で立ち寄ることを依頼した。まちあるき中は筆者らが開発したウェブアプリで位置、速度を毎秒1回、加速度を毎秒15回取得するほか、画面上に観光情報が表示された際はそのタイミングを評価するボタンのタップを依頼した。同時にGPSロガー(Qstarz BT-Q1300S)を携行してもらい、位置と速度を記録した。まちあるき終了直後には、紙地図に本研究で定義する散策だと思った区間を参加者自身に記入するよう依頼した。

加速度データは3軸から構成される。図2左のようにx軸が端末の左右、y軸が上下、z軸が表裏に相当する。しかし、これでは端末の持ち方によっては利用者の身体の動きとは一致しないため、式(1)を用い、端末中心の座標軸から利用者の身体を基準とした座標軸に変換した。X軸が左右、Y軸が前後、Z軸が上下となる(図2右)。

4. 散策中とそうではないときの加速度

2時間のまちあるきのうち、散策だった区間とそれ以外を区別するための教師データは、ウェブアプリ上での評価タップと紙地図への記入の2種類がある。タップはリアルタイムで評価が得られる反面、観光情報が表示されたときの評価に限られるため網羅性に欠ける。一方、紙地図の教師データは2時間分全体を対象に聞いているため網羅性はある反面、記憶の曖昧性や読図能力によって

正確性に劣る可能性がある。

本研究では、正確性には劣るが網羅性に優れる紙地図の教師データを用い、散策中とそれ以外で加速度データに差異がみられるか観察したい。

なお、加速度データは取得間隔が位置座標よりも細かいため、座標は付与されていない。そこで、まちあるき参加者が紙地図上に記入した「散策区

間」を ArcGIS でポリゴン化し、位置座標をプロットしたものと重ねることで、散策中であった時間帯を先に導出する。加速度データには取得時刻がミリ秒単位で記録されているため、両者を照合して各加速度データが散策中か否かを判別した。

分析対象は 2017 年以降の本実証実験参加者のうち、継続的な位置取得に失敗してログが少ない

表 1 参加者別の肯定評価率・平均歩行速度・加速度の分散の一覧

肯定評価率 ID (%)	平均歩行速度 (km/h)			加速度 (m/s ²) の分散			肯定評価率 ID (%)	平均歩行速度 (km/h)			加速度 (m/s ²) の分散				
	全体	散策中	散策外	X	Y	Z		全体	散策中	散策外	X	Y	Z		
17K07	38	2.06	1.81	2.17	1.9<3.9	1.8<2.9	2.1<3.6	18K28	80	2.44	2.79	2.43	2.2>1.5	1.3>0.8	1.6>1.5
17K08	64	1.77	1.86	1.75	2.5<2.8	2.2<2.5	2.3<2.5	18K30	38	1.15	1.04	1.55	1.8>1.2	1.0>1.0	1.7>1.4
17K09	33	2.06	2.26	1.98	3.2<3.3	3.2<3.4	4.0<4.3	18K31	27	1.14	1.07	1.56	1.4<1.6	0.9<0.9	2.0>1.8
17K10	80	1.52	1.40	1.71	2.2<2.3	2.1<2.5	1.6<1.9	18K32	0	1.94	1.68	2.27	1.0<1.2	0.9>0.8	1.7<1.8
17K11	90	1.55	1.43	1.69	1.4<2.1	1.5<2.5	1.3<2.0	18K33	28	1.67	1.12	1.78	1.0<1.0	0.7<0.7	2.0>1.4
17K12	75	1.76	1.59	2.05	1.0<1.4	1.1<1.5	1.8<2.5	18K34	33	1.23	1.14	1.25	1.2>1.0	0.8≐0.8	1.6<1.7
17K15	100	1.29	1.20	1.43	2.0<2.5	1.9<3.4	1.4<2.3	18K35	100	1.26	0.97	1.50	0.5<0.6	0.4≐0.4	1.5>1.4
17K21	44	1.84	1.71	1.86	1.6≐1.6	1.7<1.6	1.8<1.9	18K41	100	1.51	0.77	1.81	1.1>0.9	1.3>1.1	2.0>1.7
17K23	100	1.96	1.83	2.09	1.4<1.8	1.3<2.0	1.9<3.0	18K42	100	1.50	1.13	1.80	1.9>1.4	1.0>0.8	1.9>1.3
17K24	48	1.29	1.11	1.35	1.4>1.0	1.3>1.2	1.5>1.4	18Y61	26	1.83	1.27	1.93	0.8<1.6	0.6<0.9	1.3<1.7
17K25	-	1.29	1.39	1.25	2.0>1.6	2.9>1.5	2.7>2.2	18Y62	25	1.76	1.33	1.82	0.9<1.2	0.8<1.1	1.5<1.7
17K26	0	2.13	1.64	2.27	1.2<1.9	1.2<1.8	1.5<2.3	18Y63	26	2.43	1.40	2.78	0.4<0.8	0.5>0.5	1.1<1.7
17K27	58	1.21	2.32	1.18	2.5<3.0	1.9≐2.0	1.7<2.5	18Y64	0	1.86	1.82	1.96	1.4<1.5	0.8<1.1	1.3<1.9
17K28	-	1.83	1.62	1.90	1.0<2.2	0.9<2.3	0.9<2.2	18Y65	44	1.48	0.79	2.21	1.2>1.2	0.9<1.0	1.6≐1.6
17K29	13	2.02	1.60	2.11	1.2<2.2	1.4<2.3	1.6<2.6	18Y67	67	1.69	1.43	2.12	1.3>0.9	1.1>1.0	1.8>1.5
17K30	0	1.94	1.28	2.04	1.6<1.7	1.5<2.0	1.7<2.0	18Y68	100	1.74	1.41	2.59	1.2>1.1	1.1>1.0	1.8>1.7
17K31	0	1.54	1.34	1.75	1.2<1.4	1.3<1.6	1.4<1.9	18Y69	27	2.47	2.25	2.49	1.5≐1.5	1.0>0.9	1.7<1.8
17Y61	57	1.66	1.41	1.86	1.9>1.7	1.7<1.9	2.0>1.8	18Y71	41	2.04	1.97	2.12	0.5<1.0	0.4<0.6	1.9>1.6
17Y63	83	1.82	1.51	2.05	1.1<1.2	1.0<1.2	2.0<2.4	18Y72	61	2.30	2.43	2.14	0.4>0.3	0.3>0.3	1.5>1.4
17Y64	83	1.16	0.96	1.26	1.5<1.7	1.3<1.6	1.4<1.7	18Y73	38	1.99	1.35	2.85	1.1>0.8	0.6>0.5	1.7<1.9
17Y65	90	1.11	1.04	1.16	1.4<1.9	1.6<2.4	1.4<2.0	18Y74	50	1.95	1.47	2.56	0.9>0.4	0.5>0.4	1.7<1.8
17Y66	17	1.36	1.14	1.93	1.2<1.5	1.6<1.7	1.6<1.8	18Y81	73	1.89	1.78	2.01	1.6>1.5	1.7<1.8	1.9<2.3
17Y68	22	1.64	1.30	2.07	1.3<2.3	1.5<2.2	1.6<2.9	18Y82	18	1.86	2.03	1.83	1.9<2.0	2.0<2.1	2.5>2.4
17Y70	100	1.75	1.65	1.86	1.9<2.0	2.1>1.8	1.8>1.7	18Y83	43	2.40	2.67	2.36	1.7>1.5	1.6≐1.6	2.4>2.1
17Y71	100	1.18	1.00	1.34	1.7>1.6	1.8>1.3	1.7<1.7	18Y84	55	1.97	1.84	2.08	1.7<2.3	1.7<2.1	3.0>2.9
17Y73	13	1.39	1.03	1.60	1.8<2.3	1.8<2.8	1.3<1.8	18Y85	55	1.73	1.86	1.68	1.3<1.4	1.3<1.4	1.8>1.7
17Y74	100	1.80	1.74	1.81	2.2≐2.2	1.9<2.5	2.3<2.5	18Y87	0	1.92	2.13	1.91	2.4>2.2	2.7>2.4	3.6>3.1
17Y75	67	1.35	1.18	1.54	1.2<2.0	1.5<1.9	1.2<1.7	18Y88	47	1.86	1.23	2.04	1.6<2.0	1.7<2.2	2.0<2.2
17Y76	100	1.30	1.14	1.84	1.3<2.7	1.3<2.2	1.4<2.1	18Y89	100	1.99	1.90	2.48	2.1<2.8	2.2<2.7	3.2<5.1
17Y81	62	1.48	1.43	1.50	1.1≐1.3	1.0<1.2	1.6<2.3	18Y90	69	1.67	1.06	1.84	0.9<1.1	0.9<1.4	1.4<1.9
17Y82	60	1.38	1.04	1.50	0.7<1.7	0.9<1.8	1.1<2.2	18Y91	100	1.80	1.58	1.87	0.9<1.9	0.8<2.1	0.8<2.1
17Y83	100	1.41	1.12	1.52	1.6<2.6	1.7<2.4	1.3<1.9	18Y93	29	1.59	1.11	1.95	1.1<1.4	1.4<1.5	1.5<2.0
17Y85	57	1.56	1.22	1.64	0.6<0.8	0.7<0.9	0.9<1.4	18Y94	89	1.90	1.67	2.08	1.7<2.4	1.6<2.0	2.5<2.8
17Y86	81	1.62	1.33	2.23	1.3<2.0	1.2<1.8	1.5<2.0	18Y95	-	2.16	1.98	2.27	3.4>3.3	6.5>2.7	3.1>2.4
17Y87	26	1.57	1.59	1.56	1.7>1.4	2.0>1.5	2.3>2.0	19K03	-	1.33	1.04	1.43	1.1<1.9	1.1<1.7	1.4<2.1
17Y89	50	1.75	1.42	2.38	1.2<1.3	1.2<1.5	1.8>2.5	19K04	33	1.34	1.16	1.38	1.0<1.1	0.9<1.0	1.7<2.0
17Y91	38	2.23	1.83	2.33	1.4<1.7	1.8<2.1	2.1>1.9	19Y01	14	2.02	1.09	2.21	1.4<1.5	1.6>1.5	2.6<2.7
17Y92	44	2.18	2.34	2.14	1.6<2.0	2.1>1.8	2.4>2.2	19Y02	48	2.06	2.48	1.79	1.0>0.9	1.1>0.8	2.6>2.1
17Y93	100	1.50	1.00	1.70	0.7<1.9	0.7<2.0	0.6<2.0	19Y06	0	1.84	1.07	1.93	0.7<2.2	0.7<2.7	1.4<2.7
17Y94	60	1.41	1.49	1.40	2.5>2.2	2.7<3.1	2.3≐2.3	19A05	50	2.16	1.70	2.60	1.0<1.1	1.0<1.2	1.7≐2.1
17Y95	-	1.81	2.55	1.76	2.3>2.1	2.5>2.2	3.3>2.2	19A14	100	2.30	2.34	2.29	1.7<1.9	1.6<1.9	2.5≐2.5
18K01	100	1.48	1.28	1.57	0.5<0.6	1.1>1.0	1.9>1.8	19A20	-	1.89	1.98	1.81	2.4≐5.4	2.1<4.4	3.1<5.0
18K02	0	1.79	1.45	1.85	0.5<0.6	0.7>0.6	2.0>1.8	19A34	43	1.84	1.82	1.84	2.0>1.8	2.2>1.8	2.5>2.3
18K03	21	1.39	1.27	1.52	1.1<1.2	1.0≐1.0	1.7>1.5	19A35	42	1.65	1.82	1.59	2.1>1.2	2.0>1.2	2.1<2.2
18K04	45	1.38	1.48	1.37	0.2<0.6	0.7<0.8	1.5<1.7	19A39	-	1.81	1.85	1.79	1.6<1.6	1.6<1.6	1.9<1.9
18K05	40	1.44	1.10	1.46	0.7>0.3	0.8>0.6	1.3<1.7	19A40	-	2.14	2.29	2.08	1.1>1.1	1.0<1.1	1.7<1.8
18K06	82	1.30	0.56	1.53	0.9<1.2	0.6<0.8	1.3<1.5	19Z07	40	2.17	2.55	2.02	3.1>2.3	4.1>2.5	3.0>2.9
18K07	100	1.66	1.91	1.42	0.6≐0.7	0.8>0.7	2.0>1.4	19Z14	32	1.24	1.14	1.34	2.7<3.0	2.8<3.2	2.7<3.3
18K08	20	2.06	1.78	2.13	0.9>0.8	1.0>1.0	1.7≐1.7	19Z19	0	1.67	1.42	1.94	1.2<1.3	1.2<1.6	2.1<2.9
18K09	29	1.29	1.01	1.35	0.8<0.9	0.5>0.5	1.1<1.3	19Z22	29	1.53	1.55	1.50	1.8>1.0	1.2<1.3	2.4<2.6
18K10	65	1.72	1.38	2.18	1.0<1.2	1.0<1.2	1.7>1.6	19Z33	36	1.41	1.59	1.35	2.9>1.9	2.8>2.0	2.7>2.1
18K21	68	1.13	1.02	1.41	0.4<0.7	0.4<0.6	1.9<2.3	19N13	100	1.67	0.61	1.88	0.6<1.9	0.6<1.9	0.7<2.3
18K22	100	0.98	0.91	1.19	0.5>0.3	0.5>0.3	1.7>1.5	19N23	100	1.57	1.48	1.99	1.9<3.0	1.9<2.4	2.2<2.9
18K23	60	1.55	1.89	1.44	0.9>0.7	0.7>0.5	1.6>1.5	19N28	27	1.62	1.41	1.94	1.2<1.7	1.2<1.7	1.4<2.0
18K24	60	1.37	1.46	1.34	0.4<1.3	0.5<0.8	1.5<1.6	19N30	67	1.95	2.13	1.80	2.8<3.0	2.8≐2.8	3.2>3.1
18K25	38	1.10	1.07	1.10	1.2<1.2	0.9<0.9	1.6<1.8	19N31	44	1.62	1.22	1.68	2.0<2.2	1.5<2.5	1.4<1.8
18K27	60	1.99	1.95	2.06	1.0>0.8	0.9>0.7	1.4>1.1	19N32	14	1.69	1.03	1.80	1.1<2.6	1.3<2.8	1.2<2.5

※ID の先頭 2 桁は実施年。中央の英字は対象地。K=川越、Y=横浜、A=麻布十番、Z=神楽坂、N=谷根千。末尾 2 桁は整理番号。

者やセキュリティ強化によりブラウザで加速度が取得できなかった者を除く、のべ114名である。

表1はのべ114名のID、肯定評価率、XYZ各軸の分散をまとめたものである。また、参考として全体、散策中、散策でないとき各々の平均歩行速度も記載した。

肯定評価率とは、評価タップのうち肯定的である「いいね」の回数を全タップ回数で除したものである。表中の-は、評価タップが1回もないため肯定評価率を定義できないケースである。

平均歩行速度は散策中とそうではないときの平均値を比較するためwelchのt検定を行い、5%水準(以下同様)で有意差が認められた場合は速度が速いほうのマスに黄色に着色した。

分散は散策中、散策でないときの値を順に並べており、F検定で分散に有意差が認められた場合は、その大小関係を表す不等号を挿入した。散策でないときの分散が大きければ、各々の軸に対応する色でマスを着色し、散策中の分散が大きければマスは白とした。2つの分散に有意差がない場合は、両者を≐でつなぎ、マスは灰色とした。

表2に、散策でないとき、どの軸の加速度の分散が有意に大きいかの組み合わせと該当する参加者数を示した。3軸とも散策でないときの分散が大きい参加者が最も多く、次いで多いのがどの軸も散策中でないときの分散が有意には大きくないケースである。このことから散策内外での加速度の変化は概ね3軸で連動しているといえる。

歩行速度は、散策でないときのほうが速いのはのべ81名で大多数を占める。表3を見ると加速度の分散と歩行速度について、散策中とそうでないときの大小関係は概ね連動していると考えられる。一方、表4に示したように、歩行速度が散策中に有意に遅い人は、肯定評価率が有意に高いと言えるものの、加速度の分散でそのような関係

表2 散策外のほうが分散の大きい加速度軸別の参加者数

X & Y & Z	52	Y & Z	6	Z	8
X & Y	10	X	7	なし	23
X & Z	5	Y	3		

表3 散策中・外における加速度分散と歩行速度の関係

歩行速度 散策中>外 散策中<外	加速度分散:散策中<外			
	3軸	2軸	1軸	0軸
	4	7	4	10
	46	13	12	9

カイ二乗検定: $\chi^2=16.983$ (有意)
残差分析: 赤=有意に多い。青=有意に少ない。(表4も)

表4 散策中・外での加速度分散や歩行速度と評価の関係

肯定評価率	加速度分散:散策中<外				歩行速度	
	3軸	2軸	1軸	0軸	中>外	中<外
70%以上	18	3	4	6	2	27
70%未満	34	18	14	17	23	53

カイ二乗検定 $\chi^2=3.453$ (n.s.) $\chi^2=5.095$ (有意)

は認められなかった。

5. おわりに

本研究では、スマホでの観光情報配信の適切なタイミングを把握するため、加速度データの利用可能性を検討した。まちあるき参加者本人が紙地図に記入した散策中の区間とその外において、加速度の分散や歩行速度の差異を見ると、概ね両者の大小関係は連動していた。参加者を概ね散策中は歩行が遅く身体の動きが穏やかなグループと、反対に散策中は歩行が早く身体の動きが激しいグループに分けられる可能性を示唆する結果ながら、加速度の分散の違いによる観光情報配信タイミングに対する評価の有意差はなかった。

観光情報配信のタイミングに対する評価を向上させるには、今回の検証内容以外に、加速度変化の大きさ(分散)と周期の組み合わせ、散策中とそれ以外の大小関係ではなく特定の閾値を超えるかなど、多様な視点での考察が必要だと考えられる。今後も得られたデータの分析を継続したい。

参考文献

- 鍛冶秀紀・相尚寿 (2018) : ウェブアプリケーションにより取得された加速度を用いた散策行動推定の手法の検討, 観光情報学会第17回研究発表会講演論文集, pp16-19.
- 相尚寿・鍛冶秀紀 (2019) : 歩行時のタイミングの良い観光情報配信に向けた基礎分析～ウェブアプリを用いた実証実験～, 観光と情報, 15, pp47-60.