

携帯情報端末を用いた Human Probe による都市行動のセンシング

○林田和人^{*1} 小池太輔^{*2}
渡辺仁史^{*3}

キーワード：携帯情報端末 スマートフォン Human Probe センシング 行動 加速度

1. はじめに

外部空間における人間の歩行行動を記録するには、たとえば駅などの群集の映像を撮影しそれを平面座標へ変換する方法や、商業施設などでは対象者の経路を目視で図面に記録していく方法などがある。昨今ではセンサ技術の進歩により、外部空間では GPS により歩行行動を追尾することが可能となり、内部空間では赤外線で人間の入退出を感知する技術や、人間もしくは空間にタグを設置しリーダーでタグを読み込むことでその移動をトレースする技術なども登場してきた。

こうした中、空間ではなく人間にセンサを持たせることで、人間自身がセンサノードとなり動的にセンシングを行う Human Probe の概念が登場した。移動体である人間自身がセンサとなり、自分自身、また自分を取り巻く環境をリアルタイムにそして時系列でセンシングすることを、GPS や加速度などのセンサが組み込まれた携帯情報端末の一つであるスマートフォンの普及が可能にしている。

このようにして蓄積された大量のデータはいわば空間や人間の時間変化そのものを表しているため、これを解析することでさまざまなサービスが生まれる可能性がある。歩行データは都市における消費者の購買行動に関するマーケティングにすでに使われているが、リアルタイムに歩行情報を送信する歩行者自身に対して、現在の自分自身の歩行状況を通知したり、同じ空間にいる他の人々の情報を共有したりするなどのさまざまなサービスが想像できる。

2. 研究目的

本研究の目的は、歩行者が日常で携帯しているスマートフォンから送信される位置および加速度の情報を受け取り蓄積するシステムを構築し、時系列で蓄積される歩行情報を可視化することが、都市や歩行を分析するためのツールとして有効であるかを検討することである。

3. スマートフォンを用いた街歩き歩行実験

3.1 実験概要

・実験日時：

9月30日(日) 天候・曇り、気温-28℃(20代男性1名、20代女性2名)

10月5日(金) 天候・曇り、気温-26℃(20代男性2名、女性0名)

10月7日(日) 天候・雨のち曇り、気温-20℃(20代男性3名、20代女性1名)

・実験場所：渋谷、銀座、吉祥寺(各都市とも駅周辺地域)

・被験者：9名(20代男性6名、女性3名)

・実験機材：被験者所有のスマートフォン(AndroidまたはiOS搭載)、記録データ確認用PC

3.2 実験内容

歩行中の加速度の取得条件を一定にするためケースとベルトを用いて左右どちらかの腰部に固定し、スマートフォンのブラウザを用いて4章で説明するシステムにアクセスしたあと、各都市とも駅を出発地点として、実験中はスマートフォンを見ずに20分間散策してもらった。3都市での実験を終了後、以下の項目のアンケートに答えてもらった。また、実験中の天候、気温を記録し、歩行する都市の順序効果を考慮して、被験者により歩行する都市の順番を変えた。

3.3 アンケート項目

・属性：性別、年齢

・街の来訪頻度：以前来たことがあるかないか、ある場合は訪れる頻度と目的

・街に対する印象：その街が好きか嫌い、およびその理由、また歩きやすいか歩きづらいか、およびその理由

・街歩きの目的：目的を持たずに散策することのあるなし、ある場合の頻度とよく行く場所

3.4 調査場所の選択理由

街のイメージの形成のされ方が違えば歩行行動も変わると考え、文献1を参考にして人通りの多い街の中から以下の3ヶ所を選択した。

・渋谷：人の関心を寄せる範囲は駅を中心にして周縁にまで広がっており、特定の建築物やオブジェではなく街並みから街のイメージが形成されている。

・銀座：銀座から有楽町、新橋、新日本橋まで連続した街並みが形成され、建築物、オブジェ、街並みといった複合的な要因からイメージが形成されている。

・吉祥寺：駅を中心としたエリアにある、建築物やオブジェを中心として街のイメージが形成されている。

4. 歩行者情報取得システム

4.1 システム概要

今回は、Android、iPhoneのどちらからでもアクセス可

能ように、HTML5 を用いて位置情報や加速度など端末の情報を取得できるようにシステムを構築した。ネイティブアプリは HTML5 に比べて実行速度は有利であるが、開発には相当の労力がかかり、それぞれの OS ごとに作成しなければならない。さらに、それをユーザーが使用するためには、ダウンロードしなければならないという煩わしさがある。そこで、将来的には多くの人に利用してもらうことを想定しているため、実行速度の点では不利ではあるが、両 OS からブラウザで手軽にアクセス可能である HTML5 を採用した。

4.2 データの送信と蓄積 (図 1)

スマートフォンからブラウザを用いて JavaScript を含む HTML5 で作成されたページにアクセスし、あらかじめデータベースに登録しておいた ID でログインすると、図 2 のようにスマートフォン側のブラウザを立ち上げている間、10 秒に 1 回の間隔で、スマートフォンの位置および加速度情報がサーバに送信される。それを、PHP を介してデータベースである MySQL に蓄積している。

4.3 歩行データの検索

図 3 のようにスマートフォンや PC から検索画面にアクセスし以下の項目を指定すると、蓄積された歩行データを MySQL により検索することが可能で、そのデータを分析のためにローカルに CSV で取り出すか、歩行中や歩行後に Google マップ上に可視化することができる。

「検索ユーザー」：自分のみ、すべてのユーザー

「現在時刻かどうか」：現在時刻、時刻を指定

「時刻指定」：年、月、日、時、分

「検索時間範囲(分)」：すべて、10 分、20 分、30 分

「検索件数」：すべて、最新の 1 件のみ

「出力媒体」：Google マップで見る、CSV で出力する

図 4 は特定の人を指定して現在からさかのぼった歩行経路、図 5 は同じ空間を歩行した複数の人の歩行経路を Google マップ上に可視化したものである。マップ上には、送信時の速度を異なる色で表示しているが、Google マップが提供する API を用いた速度には不明な部分があったため、緯度経度の位置情報から速度を算出したがこれも誤差が確認された。今回は可視化の評価であるため相対的な速度が正しければ良いと判断し、この値をそのまま用いたが、今後は移動平均などにより正しい値に近づける必要がある。また、Google マップ上にプロットできるのは、API の制限上 200 地点である。

なお今回は、この Google マップを見ながらの歩行実験は行わなかったが、実験後に可視化された自分自身や他の歩行者の様子を、スマートフォンで歩行中に見ることができることを被験者に伝えたところ、興味があるとの回答は得た。しかし、歩行中に見ることによって歩行経路や歩行速度を変えちゃうかという問いに対しては、わからないという回答であった。

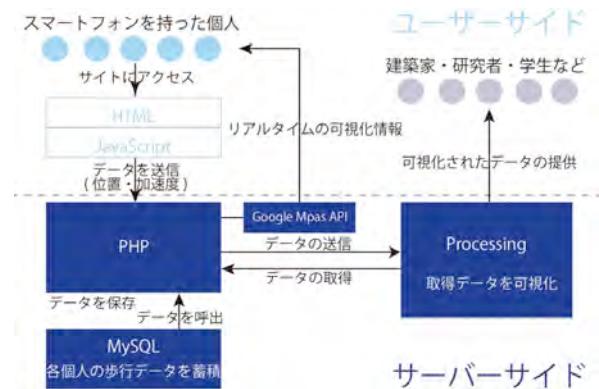


図 1 データの送信と蓄積



図 2 歩行情報取得画面



図 3 歩行データの検索

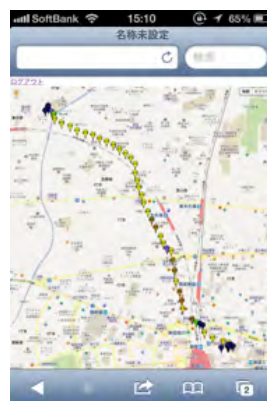


図 4 個人の歩行経路

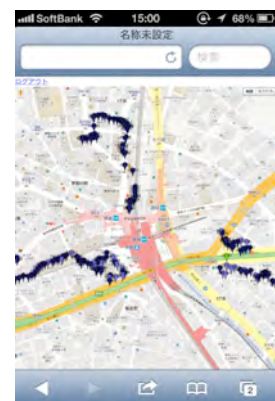


図 5 複数の人の歩行経路

5. 歩行の可視化

歩行者の行動特性、また都市の特性を抽出する可能性を探るため、個人ごと、空間ごとに、歩行時の経路、歩行速度、歩行時の加速度を可視化し、それを被験者の歩行情報、またアンケートの「街に対する印象」でその街を好きと答えた人と嫌いと答えた人別に、3 都市それぞれでの歩行を可視化した。また、空間的な影響で位置情報が取得できなかった被験者もいたため、全データ 9 人分のうち、渋谷は 8 人、銀座は 5 人、吉祥寺は 8 人分のデータを可視化した。

なお、図 6~13 の () 中は、対象人数である。

5.1 個人ごとの可視化

図 6～9 は、渋谷、銀座、吉祥寺の 3 都市それぞれにおける各歩行者の経路に従い、歩行速度や歩行時の加速度を可視化している。被験者ごとに色分けし、歩行速度を円の大きさに示している（値が大きいほど大きい円）。



渋谷 (8)

銀座 (5)



吉祥寺 (8)

図 6 個人の歩行経路と速度



渋谷が好き (4) 銀座が好き (3) 吉祥寺が好き (7)



渋谷が嫌い (4) 銀座が嫌い (2) 吉祥寺が嫌い (1)

図 7 個人の街に対する印象ごとの歩行経路と速度

5.1.1 歩行経路と速度の可視化

・被験者全員の可視化 (図 6)

渋谷においては、交差点付近で速度が速くなる傾向があり、銀座では全体的に速度が速く、吉祥寺ではほとんどの被験者で歩行速度が一定であることがわかる。

・街に対する印象ごとの可視化 (図 7)

渋谷では、渋谷の街を好きと答えた人よりも嫌いと答えた人の方が、歩行速度が速く、銀座では好きと答えた人の方が、歩行速度が速いことが読み取れる。

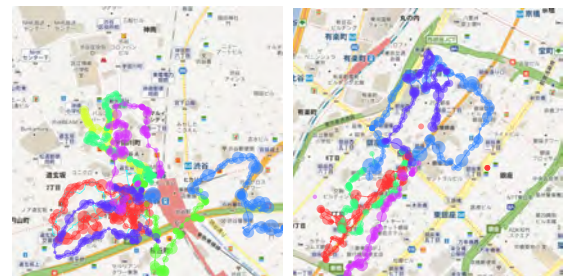
5.1.2 歩行経路と加速度の可視化

・被験者全員の可視化 (図 8)

渋谷駅周辺では歩行時の加速度が小さくなっており、吉祥寺では他の街と比較すると全体的に加速度が大きいことがわかる。

・街に対する印象ごとの可視化 (図 9)

渋谷では、渋谷を好きな人と嫌いな人とでは両者に大きな違いは見られないが、銀座では嫌いと答えた人の方が、加速度が大きい傾向がある。



渋谷 (8)

銀座 (5)



吉祥寺 (8)

図 8 個人の歩行経路と加速度



渋谷が好き (4) 銀座が好き (3) 吉祥寺が好き (7)



渋谷が嫌い (4) 銀座が嫌い (2) 吉祥寺が嫌い (1)

図 9 個人の街に対する印象ごとの歩行経路と加速度

5.2 空間ごとの可視化

図 10～13 は、各属性別に、渋谷、銀座、吉祥寺の 3 都市それぞれにおいて、各メッシュ (100m) で送信された歩行速度や加速度を平均し、メッシュごとに色分けしている (値が大きいほど濃い色)。

5.2.1 歩行経路と速度の可視化

・被験者全員の可視化 (図 10)

銀座では有楽町交差点、銀座三丁目付近で歩行速度が速く、吉祥寺では広範囲に均一に速度が分布している。

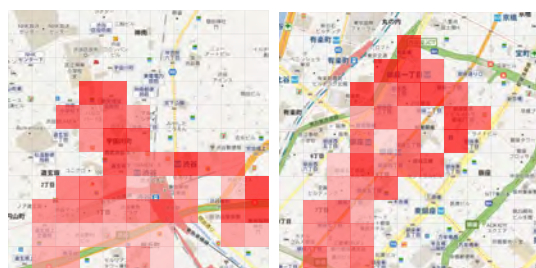
・街に対する印象ごとの可視化 (図 11)

銀座では、銀座を好きな人嫌いな人ともに歩行速度が速い地域は一致している。

5.2.2 歩行経路と加速度の可視化

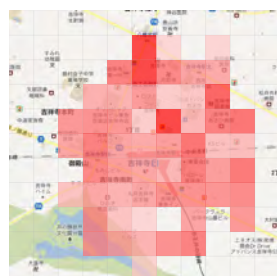
・被験者全員の可視化 (図 12)

渋谷では南西の地域で歩行時の加速度が小さく、吉祥寺では北の地域で加速度が大きいことが読み取れる。



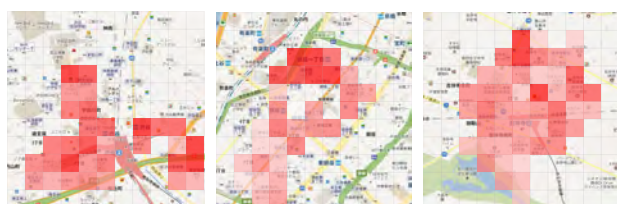
渋谷 (8)

銀座 (5)

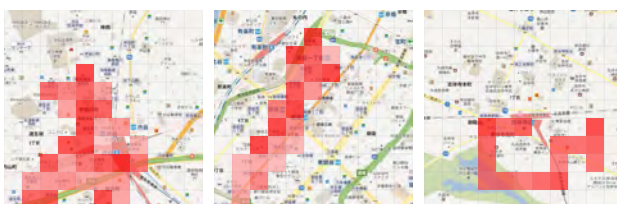


吉祥寺 (8)

図 10 空間別の歩行速度



渋谷が好き (4) 銀座が好き (3) 吉祥寺が好き (7)



渋谷が嫌い (4) 銀座が嫌い (2) 吉祥寺が嫌い (1)

図 11 空間別の街に対する印象ごとの歩行速度

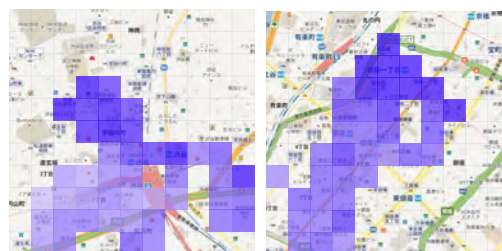
・街に対する印象ごとの可視化 (図 13)

渋谷では、渋谷を好きと答えた人の加速度は、全体的に均一になっている。

6. まとめ

歩行中の位置情報の取得が、特に銀座ではうまくいかなかったことがあったが、位置情報の一定時間ごとの送信、データベースへの蓄積、必要な情報の検索には特に問題なく運用することができた。また、個人、および空間ごとに、歩行速度や歩行加速度を可視化することで、歩行時の変化や、空間により歩行速度や加速度が異なることを明らかにすることができた。

今後は、行動や都市の特徴を抽出する他の可視化を考案するとともに、セキュリティの問題はあるがオープンに利



渋谷 (8)

銀座 (5)

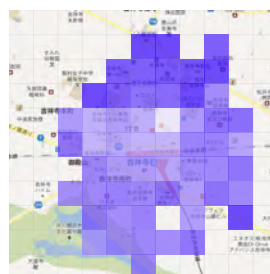
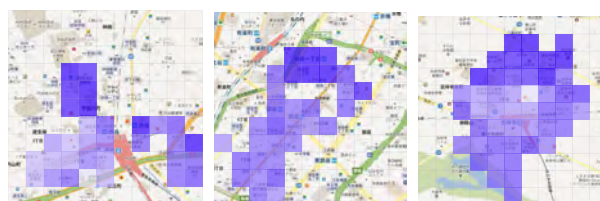
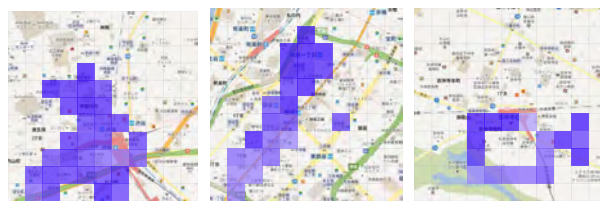


図 12 空間別の歩行加速度



渋谷が好き (4) 銀座が好き (3) 吉祥寺が好き (7)



渋谷が嫌い (4) 銀座が嫌い (2) 吉祥寺が嫌い (1)

図 13 空間別の街に対する印象ごとの歩行加速度

用できる環境を整備し、時間変化する都市の振る舞いを Human Probe によりセンシングするシステムを構築する。

今回使用したデータは、本年度の近江俊祐氏が卒論で収集したデータを用いた。

また本研究は、早稲田大学特定課題研究「センシング技術を用いた在館者への実効的避難誘導手法の開発」(課題番号: 2012B-116) の一部として行われた。

【参考文献】

- 1) 奥山信一, 稲用隆一, 似鳥俊平, 四ヶ所高志, 塩崎太伸: Google EARTH における写真の分布と内容: 都市のイメージ形成に関する枠組みの研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-2, 2009, pp. 757-758

*1 早稲田大学 理工学総合研究所 客員准教授 博士(工学)

*2 早稲田大学 創造理工学研究科 建築学専攻 修士課程

*3 早稲田大学 理工学部建築学科 教授 工学博士