

スマホアプリ型回遊調査のデータ特性と SVMによる移動滞在判別の基礎分析

井村 祥太郎¹・佐藤 貴大²・円山 琢也³

¹学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)
E-mail:134d8804@kumamoto-u.ac.jp

²学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)
E-mail:141d8816@kumamoto-u.ac.jp

³正会員 熊本大学准教授 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)
E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

2012年及び2013年度において熊本でスマートフォンアプリを用いた調査が行われてきた。データの基本的な分析については行っているが、加速度データを利用した発展的な分析を行うことはできていない。また位置データについても、まちなかの回遊行動で観測に誤差が生じていることが確認されており、分析を行うためには不十分な状態であった。そこで再度追加調査として、決められた時刻、ルート通りに移動するといった真値調査を実施することによって位置情報の観測誤差や加速度変化についてデータを収集し、分析をする際に元となるデータの特性を把握する。また機械学習理論であるサポートベクターマシンを利用し、加速度データを用いた移動滞在判別を試行する。

Key Words , *smartphone-based survey, Visitor's Behavior Survey, GPS, acceleration data ,SVM*

1. はじめに (レビュー)

2012年度に熊本都市圏パーソントリップ調査 (PT調査) と連携したスマートフォン (以下、スマホ) 調査が実施された。PT調査は近年郵送型紙面調査によるものが主流であるが、スマホの普及によりプローブパーソン調査 (以下、PP調査) の展開が期待されている。このPP調査は回遊行動の分析に特に有効と考えられる。2013年度には、熊本PT調査の補完として熊本都心部回遊調査がスマホPP調査で実施されている。

これらの調査における基礎分析については野原ら¹⁾、円山ら³⁾によって行われている。しかし、この研究では加速度データを利用した分析は行われていない。また実際の調査データでは建物内部や地下といった場所ではGPS測位誤差が大きくなり、実行動が移動中なのか滞在中なのか判別できないことが多くみられた。従来の回遊調査についても、調査で行った場所は記録されているが、店までの経路や立ち寄った大型商業施設内での行動については把握できていない。位置情報の記録が正確に取れていない店舗内での動きについて、加速度データから移動や滞在を判別することが出来れば、店舗内の滞在についてはストップポイントとして見る事が出来るよ

うになる。このことで、より詳細な回遊データの取得が可能となり、空間設計などに有用な分析が可能となりうる。

熊本都心部の2013年度の回遊調査では、多数のサンプルサイズを確保することに注力していたため、実際の回遊行動の記録までは調査項目に含まれていない。そのため、位置情報の誤差に関する知見や、移動滞在の正確な情報について確認するデータが得られていない。

そこで、本研究では、2013年の回遊調査の対象地域において、決められた時間及び経路を通ることを指定した追加調査を行い、移動・滞在の真値データを取得した。

本研究ではこの真値データと、スマホで取得される経路、時刻、移動軌跡、加速度データの関係性を詳細に分析することを目的とする。特に、端末の持ち歩き形態による結果への影響や、端末の機種の影響、建物内での挙動についての把握を行う。2012年、2013年の熊本でのスマホ調査は、参加者自身の保有のスマホを利用していることが特徴であり、その影響を精査することは重要である。また、その真値が分かっているデータの一部を教師データとし、機械学習を用いることによって移動・滞在の判別を行うことを試みる。

2. 回遊調査と追加調査について

今回の追加調査は2013年度に行われた熊本都心部回遊調査(本調査)の補完を目的として行われた調査である。本章で本調査と追加調査の詳細を示す。

(1) 熊本都心部回遊調査

a) 目的

2012年に熊本都市圏においてPT調査が実施された。PT調査は、都市圏レベルの人の動きを把握しているが、まちなかでの回遊行動は十分には調査されていない。したがって中心地における回遊行動調査が2013年に実施された。この調査では、スマホを利用し、まちなかでの人の動きを把握するもので、にぎわい向上や、歩きやすい歩行環境の整備計画や交通調査の高度化を検討するための基礎的なデータを収集することを目的とした。

b) 調査概要

調査の詳細について表-1に示す。調査日としては11/23(土)、24(日)、30(土)、12/1(日)、7(土)、8(日)の6日間を対象とし、まちなかにおける回遊行動の記録を行った。基礎情報として、性別、年齢、居住地等を入力してもらい、調査後にアンケートも実施した。

表-1 熊本都心部回遊調査概要

調査日	平成25年11月～12月の土・日曜日の6日間
調査時間	午前10時～午後7時
調査エリア	熊本都心部(上通り, 下通り, 新市街)
調査対象	高校生(16歳)以上
調査主体	熊本県, 熊本市, 熊本大学

c) 調査モニターの募集

今回調査では調査モニターを事前登録型と当日登録型の2通りで募集した。事前登録型はポスターやチラシに記載されたURLやQRコードから登録サイトにアクセスし、事前に性別や年齢等の情報を登録した上で参加する方法である。当日登録型は調査当日にまちなかの駐車場や駐輪場、公共交通乗降場で20人/日程度の学生による調査参加依頼(まちなかキャッチ)を行い、現地で登録サイトにアクセスし参加してもらう方法である。どちらのモニターにも登録時にIDとパスワードが割り振られ、IDから個人属性の区別を行う。

d) 調査方法

調査のメインはスマホアプリの「スマくま」を用いた位置情報の取得である。参加者個人のスマホにアプリをインストールしてもらい、スマホのGPS機能を活用し、測位を行う。スマホを所持していない高齢者を中心とし

た方々にはタブレット端末(Nexus7)の貸出を行い調査に参加していただいた。出発時にボタンを押してもらい、調査中はアプリを起動した状態で回遊を行う。回遊終了後にまちなか4箇所(主な来街出入口付近、図-1)に設けられたポートに立ち寄りてもらい、アプリの到着時にボタンを押してもらう。

また、スマホ調査への意識を調べるため回遊終了後のポートにてヒアリングによる事後アンケートも行う。ポートでは調査の内容についての事後アンケートを行い、粗品(まちなかで使える500円の商品券、くまモンボールペン)の受け渡しを実施して調査が終了となる。

調査の詳細やアンケート結果の基礎分析については、野原ら¹⁾を参照されたい。

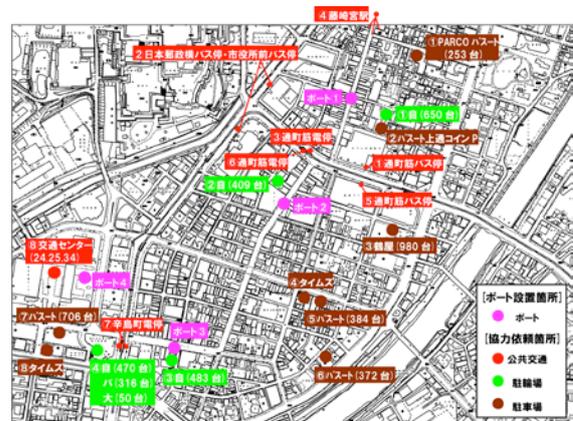


図-1 ポートの位置

(2) 追加調査

a) 目的

熊本都心部回遊調査から得られたデータの精度等を把握するために、設定された経路、時間に沿った回遊を行い、移動などの真値データも取得する追加調査を実施する。本調査において測位が中断されている例が多くみられた地下や屋内、高層ビル周辺等の地点を中心に、アプリから得られたデータと設定した経路や時間が一致するか比較し、熊本都心部回遊調査で得たデータを検証する際の参考とする。

b) 調査概要

追加調査の概要を表-2に示す。表-3に影響の出やすいと考えられる地点を示す。

表-2 追加調査概要

調査日	平成26年5月7日(水)
調査時間	午後14時～午後16時
調査エリア	熊本都心部(上通り, 下通, 新市街, 交通センター)
調査対象	熊本大学学生8名

表-3 測位に影響を与えらる地点

影響を与えらる場所	熊本都心部における例
・地下	・New-S ・交通センター ・通町筋地下道
・高層の建物内	・鶴屋 ・県民百貨店 ・熊本市役所
・高層の建物周辺	・上記の建物周辺
・狭く入り組んだ路地	・クラブ通り, 栄通り, 酒場通り周辺
・電気製品・電線の近く	・ベスト電器 ・携帯電話ショップ ・電停

c) 調査方法

熊本都心部回遊調査で貸出が行われたNexus7(2012年度版)を8台, 個人が所有しているスマホiPhone4台, Android5台に交通調査用のアプリ「スマくま」をインストールし, 実際に回遊行動を記録する。回遊する経路は, GPSの測位に影響を及ぼしていると考えられる地点を中心に, あらかじめ設定した経路, 時間に正確に回遊する。これに加え, より正確にデータを把握するために設定ポイントではストップウォッチを用いて出発からの経過時間を記録する。建物内での行動に関しても同様に, フロアに出入りする際には経過時間をストップウォッチにて記録し, その階数を紙面上にメモを取る。また, まちなかを4つのブロックに分け, 1ブロック2名ずつ回遊することで, 均一で詳細なデータを取得する。端末は, 各ブロックにつきNexus7を6台と自身で所有しているスマートフォン各1台×2名(AndroidとiPhone)の計8台の端末を利用する。これにより各ブロックで3種類の端末のデータが得られる。ブロックごとに割り当てられる各6台のNexus7は, ①身につけられるカバンの中×2台, ②手さげカバンの中×2台, ③そのまま手に持つ×2台, という3つの状態を用意し, 持ち歩く状態が測位に及ぼす影響を確認すると同時に, 全く同じ状況下におかれた2台の端末(同じ種類)では測位に違いが生じるのか検証を行う。調査ブロックと, 調査ルートの例を図-2, 3に示す。



図-2 調査ブロック



図-3 下通りブロックの回遊行動ルート

3. 追加調査結果

本章では追加調査の結果を示す。本稿では調査地点の中で下通りについての分析を示す。

(1) データの取得有無

タブレット端末であるNexus7はアプリを用いて記録した時でもデータが取得できていないことが確認されている。表-4に今回用いた24台の内データを取得できていない6台の状態を示す。場所や持ち歩き形態に関して特定の条件でデータが取れないことは確認できていない。

使用したアプリは, スマホ上で動作する場合は取得したデータを即時にサーバに送信する。一方, Nexus7で動作するアプリは, 取得したデータを蓄積して, Nexus7がWifiに接続された際に, 一括してデータを送信する。このデータ送信法の違いが, データの取得エラーにつながっていると考えられる。

表-4 データが取得できていない端末の状態

機種	ブロック	状態
Nexus7	下通り	リュクサック
	新市街	手持ち
	上通り	手持ち
	新市街	リュック
	交通センター 新市街	紙袋 紙袋

(2) 位置情報データ

位置情報データの分析として, 機種および持ち歩き形態によって取得状況に差があるのかを確かめる。

a) 機種・持ち歩き形態が同じ場合

図-4に機種・持ち歩き形態が同じ場合の位置情報の取得状況を示す。二つの機器での測位の差はほとんど無いことが分かる。図-5に二つの機種の軌跡情報を重ねたものを示す。共通して言えることは図中央の部分はビルの合間を抜ける路地であり、この区間では全く記録が取れていない。また図の右も取得されていないポイントはデパート内部であり、ここに滞在している間は記録が取れていない。左の2カ所は熊本市役所内部に立ち寄った記録であるが、こちらは位置情報の取得が確認された。しかし、熊本市役所での記録として西側の熊本城側へのズレが確認された。

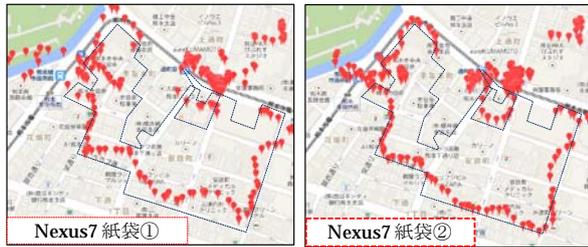


図-4 紙袋に入れたタブレット端末による位置情報



図-5 紙袋に入れたタブレット端末軌跡情報の比較

図-6に手持ち状態のタブレット端末による位置情報取得を示す。図-4と比べて同じ機種・状態であるが記録の状況に差がでている。手持ち②ではほとんど記録できていない。記録できていない理由として考えられるのは端末の个体差によるものが考えられる。この点については同じ端末で不具合が起こるのかどうかを調べることや、データ記録がネット環境が使える状態で起動した時のの方が良いのかまで含めて記録の取れ方の違いを見る必要がある。端末①に関しては図-4とほぼ同様の測位がなされていることが確認できる。

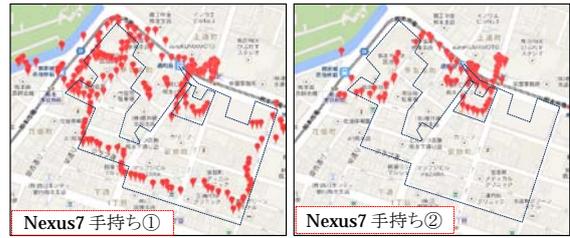


図-6 手持ち状態のタブレット端末による位置情報

b) 機種が同じで持ち歩き形態が違う場合

図-7に機種が同じで持ち歩き形態が違う場合での位置情報の取得状況について示す。紙袋に入れていた際の取得状況の方がリュックサックに入れていたときよりも若干精度が良く観測されている。図-8にこの二つの状態を重ねたものを示す。赤のの部分は図-4、図-5と同様に様に路地や、建物内で記録されていない部分である。図左の黒い線で囲まれた部分は紙袋に入れた状態での記録、図中央の黒の破線で示した部分はリュックサックに入れた状態でのみ取得できていた部分の記録である。取得の精度から見てみるとどちらも大きな差はないが、紙袋に入れている時の方が若干精度よく捕捉できている。

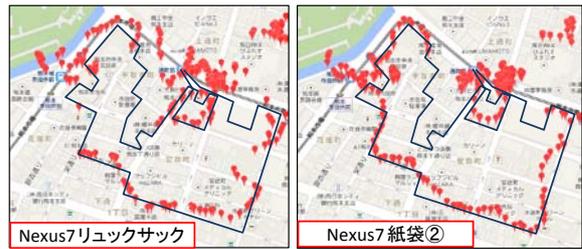


図-7 持ち歩き形態が違う場合のタブレット端末位置情報



図-8 持ち歩き形態が違う場合の位置情報比較

c) Android 端末で機種が違う場合

次に個人所有のスマホ端末による違いを見る。図-9にAndroid端末による位置情報取得状況を示す。Android①と②を比較すると、②の機種で取得されている記録の方

が明瞭に記録されている。一方①では所々で取得が途切れている部分があるが、タブレット端末のものと比較すると精度は高く取得できていると考えられる。①と②の違いの原因について使用年数や機種依存の問題が考えられる。

図-10にAndroidで取得されたデータの比較を示す。タブレット端末では取得できていなかった路地部分での記録や建物内部での行動も細かく把握できていることが確認できる。実際に歩いた軌跡とも近く、ほぼ実際に歩いたライン上にプロットされている。



図-9 Android端末の違いによる位置情報取得



図-10 Android端末の違いによる位置情報比較

d) AndroidとiPhoneの違い

スマホの種類が違う場合の比較を行う。図-11にAndroid端末及びiPhone 端末との位置情報データ取得についての状況を示す。今回の調査を行った中でiPhone端末による位置情報の取得精度が一番良い結果となった。

図-12にスマホ端末による違いを示した。タブレット端末やAndroidのスマホと比べる図中に示した部分がiPhone版のものが精度良く取得できていることがわかる。GPS精度がAndroid端末よりiPhone端末が良くなっている理由として考えられるのは、iPhone端末は距離規定、Android端末は時間規定で位置情報を更新している違いがあり、これが取得精度の違いの原因として考えられる。



図-11 スマホ端末の違いによる位置情報取得

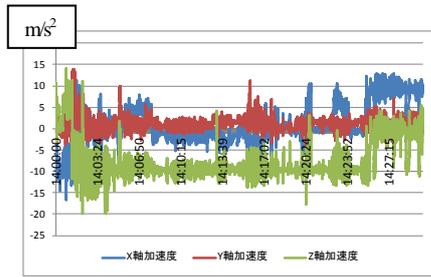


図-12 スマホ端末の違いによる位置情報比較

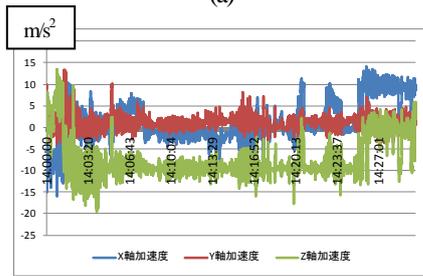
(3) 加速度データ

今回の調査では同じ持ち歩き形態として、それぞれの状態で端末を2台1組にしてテープで固定している。加速度の取れ方に違いがあるのか検証するためにこのような形式を取って調査した。現時点のアプリではバックグラウンドで加速度が取得できていないiPhone端末についてはこの情報は得られていないため、Nexus7の結果について見てみることにする。図-13(a), (b)に手持ちで歩いた際の加速度変化の状況を示す。(a), (b)ともどちらとも同じような加速度変化の波形を取っているため、機器による差は見られなかったと言える。また建物内の記録が欠落している、または上手く取得できていない部分についても、加速度データとしては取得できている。そのデータで移動滞在が判定できれば、その間の行動についても推測が可能となりうる。また図-14に紙袋に入れた状態での加速度変化を示す。同じ経路での加速度の変化だが、手持ち状態で最初及び最後における加速度の軸の変化が観測されているのに対し、紙袋に入れたものは軸の変化が起こることなく取得されていることが確認される。この違いは手に持っている際に向きが変わったことが原因と考えられる。加えて、紙袋では加速度の変化が見られないポイントがある。ここは休憩していた、もしくは立ち止まっていたものと考えられる。紙袋に入れているものは直接的に触れていないので安定した結果が出ている

が、手持ちでは、持っている人の細かな動きまでとらえてしまうため安定したデータとして得られていないことが考えられる。



(a)



(b)

図-13 同じ持ち歩き形態(手持ち)での加速度変化

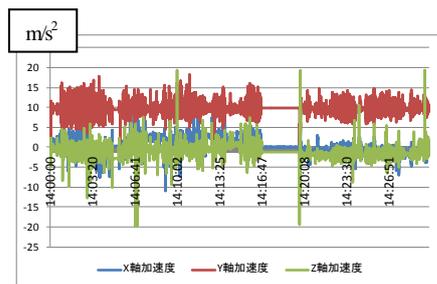


図-14 紙袋に入れた状態での加速度変化

ち止まる場所を設定してあったもの、あるいは休憩中のものを滞在と定義、それ以外の時間については移動と定義する。今回の教師データで移動と滞在部分の一部の例を図-14、図-15に示す。どちらも同じ時刻のデータを取り出しており14時36分前から14時42分までは休憩での滞在時間となっており、それ以外は移動である。この区間においては滞在と移動の差がはっきり出ている。そのため教師データとしても使用できると考えられる。

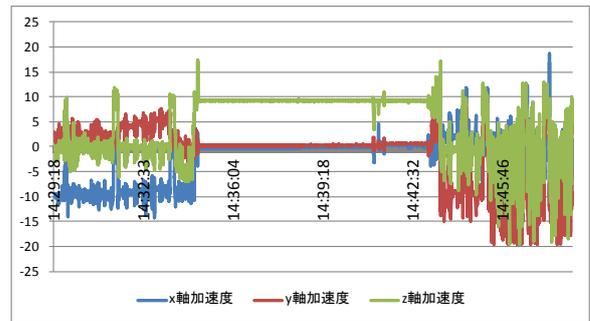


図-14 教師データ加速度変化の一部

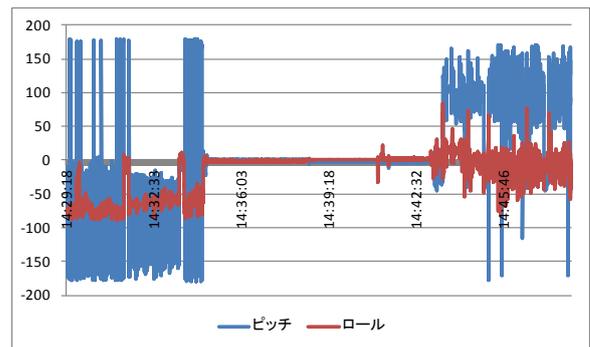


図-15 教師データピッチ・ロール変化一部

4. SVMによる移動滞在判定

追加調査時のデータについてSVM(Support Vector Machine)での移動滞在判別を行った結果を示す。SVMを用いた研究の参考として大村⁴⁾、今泉ら⁵⁾を参考にし、考え方として小野田⁶⁾を参考にした。今回判定に用いる値として、x軸加速度、y軸加速度、z軸加速度、ピッチとロールのデータを、加工せず生データのまま使用した。加速度の取得間隔は5Hzで取得したデータを用いた。ピッチとロールについてはスマホを正面に見たときの長軸方向の±180°の回転をピッチ、短軸方向の±180°の回転をロールとして扱う。

(1) 教師データ

まず、教師データとして下通りのスマホ端末で取得したものをを用いる。今回の調査では買い物中の立ち止まるような動きまで詳細に記録していないため、調査中で立

(2) 判定

統計ツールRを用いてSVMを行った⁷⁾。パッケージとしてe1071を用いて計算を行う。判定に用いたデータとしては①下通り、紙袋に入れた状態のデータ、②上通り、手持ち状態でのスマホ端末のデータ、③新市街、手持ち状態でのスマホ端末のデータをそれぞれ(1)で示した下通りのデータを教師データとして判定を行った。計算結果を表-5に示す。全ての箇所において移動は高い割合で判定できていることが分かる。データの大部分が移動であるため、移動に関する教師データの訓練による識別が上手くいったと考えられる。また精度が落ちている原因として、スマホのストップウォッチ機能を用いて正確な時刻を取得する為にラップタイムの計測を行っていたことも原因の一つとして考えられる。滞在については下通りの判定結果が著しく低い結果となった。下通りの結果については、判定に用いた検証用データが下通りのものだから取得精度が低いと考えられるNexus7を用いていることが

原因として考えられる。上通りについてはかなり精度よく判別できていることが分かる。新市街では上通りに比べると滞在の精度が低くなっている。この原因としては休憩中にスマホを使用していることや、トイレなど途中で動くような場面があったことが想定される。

表-5 ピッチロール情報を含むSVMによる判定結果

ピッチ・ロール含む	判定率(%)	
	移動	滞在
下通り	95.88	0.25
上通り	95.95	99.69
新市街	98.42	89.75

また比較としてピッチ・ロール情報を含まない状態でSVMを行った結果を表-6に示す。精度の面で大きな違いが出たのは新市街のみであった。新市街のものだけ判定に用いた検証用データ数が少なくなっていることが原因として考えられる。このことより、今回のSVMを用いた移動滞在判定では、ピッチ・ロール情報を組み込んだものの方が精度よくなることが示唆された。

表-6 ピッチロール情報を含まないSVMによる判定結果

ピッチ・ロール含まない	判定率(%)	
	移動	滞在
下通り	95.91	0.082
上通り	96.837	99.67
新市街	100	56.177

表-7 判定に用いたデータ数

	合計	移動	滞在
下通り	31138	27984	3654
上通り	23056	16635	6421
新市街	10282	4673	5879

5. おわりに

本研究では、2014年度に行われた回遊調査の補完として追加調査を実施し、以下のことを明らかにした

- (1) 追加調査により、取得精度については、iPhone、Androidのスマホ端末、タブレット端末のNexus7の順に良かった。Nexus7については欠損しやすいことが確認された。
- (2) 測位に影響を与えやすいと考えられてきた所について確認を行い、実際に軌跡情報の欠落等を確認した。

- (3) 建物内部などにおいて、一定の方向に位置情報の誤差が生じる傾向を確認した。
- (4) 端末の持ちあるき方による位置情報データの取れ方の確認が出来た。
- (5) タブレット端末による加速度の取得に関して、どの端末を用いても同様の加速度データをできることを確認した。
- (6) SVMを用いた移動滞在判定を行いSVMを用いて判定を行うことが出来た。精度の面についてはピッチ・ロール情報を組み込むことで精度が向上すると考えられる。

今回の調査でスマホ・タブレット端末を用いる時の問題点が明らかになった。タブレット端末でデータ取得が出来ていないものに関しては、スマホのものが欠損なく取得されていることを考えると、wifiや無線LANの設定の有効な状態で調査をすることにより改善が期待できる。またGPSの誤差が一定方向に出てくる傾向が見られると確認できたことにより、位置情報の補正への活用が期待される。SVMの精度については生データをそのまま用いたことや、正確に移動と滞在が区別できていないデータを用いて判定を行っていることで誤差が出てきているように見受けられる。また1サンプルのみを教師データとして扱っているため、複数データを用いることによって精度向上が期待される。

今後の展望としては、SVMの判定精度を向上させるために再度調査を実施することやAdaBoostといった弱判別器を用いて調整するということが挙げられる。再調査に関しては、移動滞在判定を行うのではなく、買い物行動をしている、休憩している、エスカレーターなどを使っているといった各行動にフラグを付け判定することで、加速度データから何を行っているのか大まかに推測できるようにできると、詳細な回遊行動の分析につなげられる。再調査の結果を用いて、2013年度に行った調査データへ適用し、移動滞在判定を行っていきたい。

謝辞： 分析手法等についてアドバイスをいただいた東京大学羽藤研究室の皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 野原浩大朗, 福所誠也, 井村祥太朗, 円山琢也: スマホ・アプリを利用した熊本都心部回遊調査の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.49,2014.
- 2) 野原浩大朗, 円山琢也: スマートフォン型交通調査の開発・試行・改良, 土木計画学研究・講演集, Vol.48,2013.
- 3) 円山琢也: スマホ・アプリ配布型大規模交通調査の可

能性, 交通工学, Vol.48, No.1, pp.4-7,2013.

- 4) 大村朋之:位置加速度情報を用いた交通機関判別と移動負荷モデルの開発,修士課程学位論文,東京大学,2011
- 5) 今泉孝章:運動負荷の概念の導入による住区の歩行環境に着目したアクティビティ分析,卒業論文,東京大学,2013
- 6) 小野田崇:サポートベクターマシンの概要,オペレー

ションリサーチ, Vol.46 No.5 pp.225-230, 2001

- 7) 金森敬文:R で学ぶデータサイエンス パターン認識 5, 共立出版,2009

(2014. 8. 1 受付)

INVESTIGATING VISITOR'S BEHAVIOR-SURVEY DATA USING SMARTPHONE APPLICATION AND MOVE-STAY DETECTION ANALYSIS BY SVM

Shotaro IMURA, Takahiro SATO, and Takuya MARUYAMA