

スマートフォンを用いた 交通モード判定モデルに関する研究

西岡 康¹・安東 直紀²・谷口 栄一³

¹学生会員 京都大学大学院修士課程 工学研究科都市社会工学専攻

(〒615-8530 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: y.nishioka@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院特定准教授 工学研究科都市社会工学専攻
(同上)

E-mail: n-ando@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³フェロー 京都大学大学院教授 工学研究科都市社会工学専攻
(同上)

E-mail: taniguchi@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

近年、交通計画やまちづくり、防災など様々な都市計画策定に活用するために全国各地でパーソントリップ調査が行われている。しかし、調査費用の増大や回収率の低下など様々な問題も抱えている。そのような中、既に普及しているGPS携帯電話を調査機器として用いることで、より多くのデータを容易に収集することが可能になると期待されている。そしてパーソントリップ調査におけるGPS携帯電話の利用可能性に関する先行研究事例も複数報告されている。本研究では、近年急速に普及が進んでいるスマートフォンを用いてGPSにより得られる位置情報と加速度情報を取得し、得られたデータを用いて移動時の交通モード判定モデルの構築を試みた。その結果、スマートフォンを用いることで通勤・通学などの日常生活で高頻度に用いられる交通モードを対象とした交通モード判定モデルが構築出来る可能性を示した。

Key Words : *person trip, GPS, accelerometer, traffic mode, Android mobile application*

1. 研究の背景と目的

昭和40年代以降、人々の一日の移動を調査する目的でパーソントリップ調査（以下PT調査）が行われてきた。PT調査は、人々が移動を行う際の目的や交通手段を調査することにより人々の一日の生活と交通行動の関係を把握し、交通計画やまちづくり、防災など様々な都市計画の策定に活用することを目指している。PT調査はこれまで44年間にわたり全国各地で実施され、都市交通計画を行う上で重要な役割を果たしてきた。一方で調査項目の増加に伴う調査対象者への負担増加、自記式アンケートの記入漏れ、回収率の低下、調査費用の増大など様々な問題も抱えている¹⁾。このような問題を克服し、PT調査の負担軽減ならびに正確性向上を図るために様々な工夫がなされてきた。

その一つである交通モード判定を目指した研究は今までも多数報告されている。例えば、GPS位置情報を用いて交通モード判定を行った研究としては、例えば前司

ら²⁾による研究がある。前司ら²⁾は徒歩・自動車・電車を対象に位置データと移動軌跡における速度・角速度変化に着目して判定を行った。定常的移動状態においては高い確率で判定に成功しているが、GPS・非測位時や自動車・電車の発着時に誤判定が多く見られた。堀口ら³⁾は、前司ら²⁾の交通モード判定モデルを改良する形で、徒歩・自転車・自動車を対象に判定を行った。徒歩と自転車・自動車では8[km/h]付近に速度の閾値が存在しているとして、両者を分離するためのルールを追加したが、自転車の判定精度が大変低くなってしまっている。

一方、加速度情報を用いて交通モード判定を行った研究としては、山崎ら⁴⁾による研究がある。山崎ら⁴⁾は、3軸加速度センサを腰部に固定した状態でデータの取得を行い、得られた加速度データをフーリエ変換してパワースペクトルを求めた。このパワースペクトルをモデルデータのスペクトルと比較して、類似度が最も高い交通モードをその時の移動状態と判定した。徒歩・自転車・自動車では比較的高い精度で判定に成功しているが、バス

や停止状態では判定精度が低くなっている。真坂ら³⁾は、山崎ら⁴⁾によるスペクトル類似度判定を改良し、画像処理の一手法であるテンプレートマッチングを類似度判定に組み込んだ。真坂ら³⁾の研究では、米Apple社製のiPhoneを測定機器として用いてデータの取得を行っているが、データ取得の際、測定機器を腰部に固定する必要があるが、PT調査への適用を想定した場合被験者の負担が大きく実用性の視点からは改善の余地があると言える。このように提案されたそれぞれの手法は交通モードの判定精度が十分とは言えないものや、またGPS非測位時に判定精度が低下するもの、測定機器を腰部に装着する必要があるものなど、いずれも実用化までにはいくらか改善が必要であると言える。

一方、近年急速に普及が進むGPS・加速度センサを搭載したスマートフォンを用いることで、これまで個別に取得され、解析されてきた位置情報と加速度情報を容易に同期させ取得することが可能となった。位置情報と加速度情報を組み合わせることで、これまでの手法で課されていたデータ取得時の制約を緩和し、より高精度な交通モード判定が可能となることが期待される。そこで本研究ではこのような高精度な交通モード判定モデルを構築するため、スマートフォンを用いてGPSにより得られる位置情報と加速度情報をを組み合わせたデータを収集し、より高精度な交通モード判定モデルの構築を試みる。将来的に本研究により構築した交通モード判定モデルを備えたスマートフォンをPT調査において調査機器として利用することで、人の移動はスマートフォンにより自動的に記録することが可能となり、被験者自身が別途アンケート調査票に記入する必要が無くなる。これにより被験者の負担は大幅に削減され、より多くの詳細なデータを収集することが可能になる事が期待される。

2. データの収集

本研究では、代表的なスマートフォン・プラットフォームの一つであるAndroidを用いてGPS位置情報と加速度情報を取得・記録するアプリケーションを作成した。そしてこのアプリケーションをスマートフォン上で実行し、交通モード判定モデルを構築するためのデータを収集した。Androidプラットフォームは、米Google社が発表した携帯電話端末向けソフトウェア・プラットフォームであり、ライセンスが完全にオープンであるため誰でも自由に携帯電話端末向けアプリケーションを開発することが可能である。Androidプラットフォームはアプリケーション開発が容易であり、作成したアプリケーションは誰でもAndroid Market上において公開・配布し、スマートフォンにダウンロード・インストールすることが可能とな

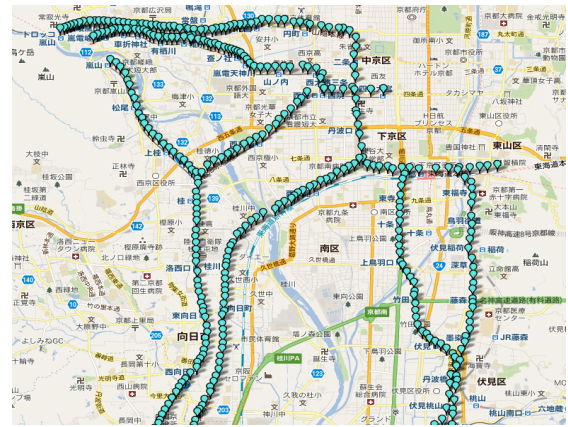


図-1 マップマッチング判定対象路線（京都市内）

っている。筆者らが作成したアプリケーションでは1Hzの頻度でGPS位置情報（緯度・経度、速度）を、12～17Hzの頻度で3軸加速度情報を取得している。このようにAndroidプラットフォームを用いて開発を行うことで短時間かつ安価に多くのスマートフォン端末をデータ記録ツールとして使用することが可能となった。

本研究では大学生等5名を被験者とし移動データ等の収集を行った。データ取得において、既往の研究では測定機器を腰部等に固定した状態でデータの収集を行っている。しかし本研究では、GPSにより得られる位置情報と加速度情報という2つの情報を組み合わせることで交通モード判定の精度向上を行う事としている。これにより個々の情報について若干の精度低下を相互に補うことが出来ると考え、被験者に測定機器の固定を義務付けていない。これにより被験者の負担を軽減し、調査母数の拡大に資すると期待される。

本研究では徒歩・自転車・バイク・自動車・電車の5種類の交通モードにおいて計78件のデータを取得し、通勤・通学等の日常生活において高頻度に用いられるこれら5種類の交通モードを統一的に判定するための交通モード判定モデルの構築を行う。

3. 交通モード判定モデルの構築

(1) 判定モデル概要

本研究では、まずスマートフォンを用いて取得したGPS位置情報・加速度情報をパソコン上にに取り込み、データ処理を行い交通モード判定モデルの構築を試みる。得られたGPS位置情報・加速度情報について、以下の手順でマップマッチングとフローチャートを用いて交通モードの判定を行った（以下「マップマッチング判定」「フローチャート判定」と呼ぶ）。判定の流れは以下の通りである。まず初めに取得したGPS位置情報・加速度情報についてパソコン上で一次処理を施す。具体的には

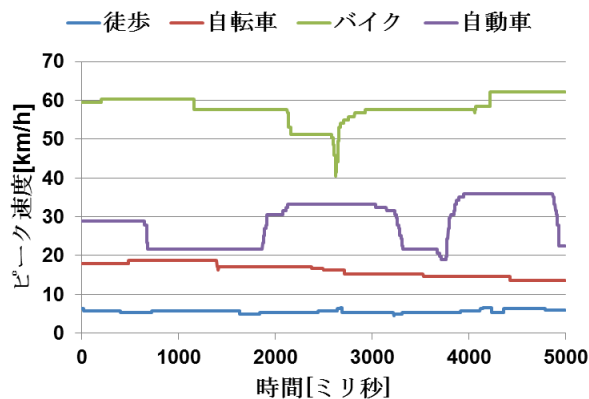


図-2 交通モードごとのピーク速度例

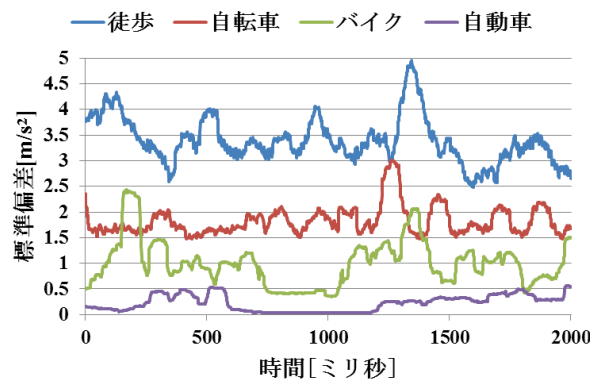


図-3 交通モードごとの合成加速度の標準偏差例

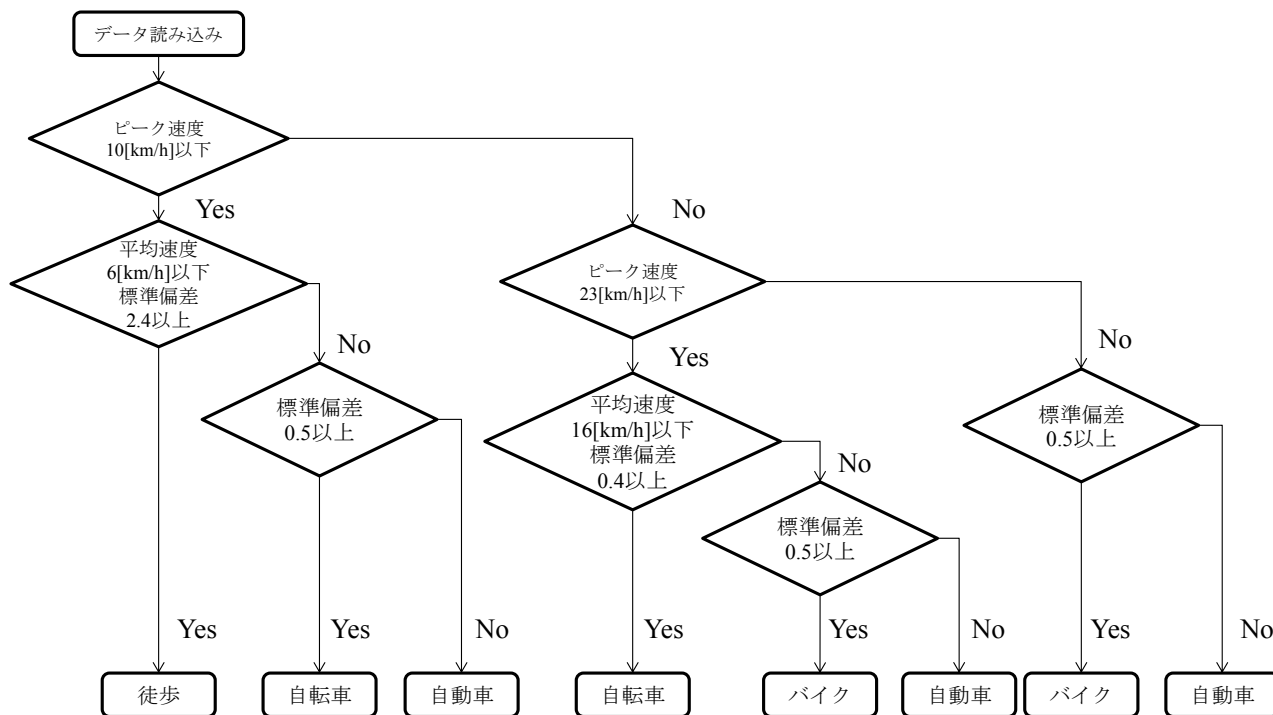


図-4 交通モード判定フローチャート

速度に関しては過去60秒間の最高（ピーク）速度と平均速度，3軸加速度に関しては合成加速度の標準偏差を算出する．その後，位置情報を用いてマップマッチング判定を行い電車モードを抽出する．電車モードと判定されなかったものについてはフローチャート判定により，その他の交通モード（徒歩・自転車・バイク・自動車）の判定を行う．

(2) マップマッチング判定

マップマッチング判定では，図-1のように事前に用意したデータ取得対象範囲内に存在する鉄道路線の位置座標データと実際にGPSにより得られた被験者の位置座標を照らし合わせ，一定の範囲内に収まった場合を電車モードと判定した．

(3) フローチャート判定

フローチャート判定では，それぞれの交通モードごとに速度や加速度の標準偏差などに異なった特徴が表れることに着目した．図-2・図-3に示すとおり，ピーク速度や加速度の標準偏差は交通モードごとに異なった分布が得られた．具体的に本研究で取得したデータのピーク速度は，図-2に示すとおり徒歩では10[km/h]以下，自転車では10～23[km/h]，バイクと自動車では23[km/h]以上となる分布を取っていた．また同様に加速度の標準偏差は，図-3に示すとおり徒歩や自転車など被験者の動きが伴う交通モードでは大きな値をとり，バイクや自動車では標準偏差の値が小さな値であった．これらの特徴から，図-4の交通モード判定フローチャートを作成し，これに従い交通モード判定を行った．

表-1 モード継続ルール適用前後の的中率

	ルール適用前	ルール適用後
徒歩	93.99%	100.00%
自転車	88.37%	93.07%
バイク	73.34%	92.06%
自動車	72.10%	87.50%
電車	65.61%	75.29%
平均	78.68%	89.58%

(4) モード継続ルール

上述の各マップマッチング判定・フローチャート判定モデルでは、信号待ちや交通渋滞に巻き込まれた時などにバイクや自動車を徒歩などと誤判定してしまうケースが発生した。そこで指定した時間以上同じ交通モードが継続して判定されない限りモードが変化しないというルールを設定した。このルールを以下「モード継続ルール」と呼ぶこととする。本研究ではモード継続ルールとして60秒を設定した。

4. 交通モード判定分析

以上のような交通モード判定モデルを用いて、本研究で取得した78件のデータについて、交通モードの判定を行った。得られた結果を表-1に示す。モード継続ルールを適用する前では、バイク・自動車・電車モードでは70%前後の的中率であったが、モード継続ルールを適用することで、電車モードを除いて90%前後の高い中率が得られた。既往の研究^{2), 3), 4), 5)}では、モード推定の的中率は60~90%程度となっており、本研究で提案したモデルはそれらと比べても同等以上の高精度でモード判定に成功していると考えられる。

モード継続ルールを適用することで、徒歩・自転車モードよりもバイク・自動車モードにおいて顕著な判定精度の向上が確認された。徒歩や自転車では、移動速度が比較的一定であるため誤判定が少ないのに対し、バイクや自動車での移動中では信号や交通渋滞等により徒歩と誤判定してしまうことが多いことが原因と考えられる。

5. 結論

本研究では、スマートフォンを用いてGPS位置情報・加速度情報を容易かつ安価に収集するアプリケーションを開発した。また得られたデータを用いて交通モード判定を高精度で行うモデルを構築した。今後の展開として、構築した交通モード判定モデルをデータ収集アプリケーションに内包させ、スマートフォン単体で位置情報の記録に加え交通モード判定まで完結できるよう改善することを目指す。これによりPT調査にスマートフォンをデータ記録ツールとして用いることが出来るようになることが期待される。また、構築した交通モード自動判定モデルは、路線ナビや渋滞案内などを移動状態によって切り替えながら行う高度な案内ナビゲーションシステムの開発や、あるいは移動状態ごとに消費カロリー算出を細かく行い、一日の生活消費するカロリーを自動記録するライフログアプリケーションの開発などにも今後応用可能であると考えられる。

今後の課題として、本研究で用いたデータは量的に限られていたため、更に様々な被験者を対象に、より多くのデータを収集し、さらに交通モード判定モデルの精度を高める必要がある。

参考文献

- 1) 井坪慎二, 羽藤英二, 中島康博:情報技術の活用による交通行動調査の効率化・高度化に関する研究, 土木計画学研究発表会講演集, Vol.31, 2005.
- 2) 前司敏昭, 堀口良太, 赤羽弘和, 小宮粹史:GPS携帯端末による交通モード自動判定法の開発, 第4回ITSシンポジウム2005論文集, 2005.
- 3) 堀口良太, 長岡亨, 畑成年:GPS携帯電話による大規模パーソンプローブ調査のためのトリップ情報抽出手法に関する研究, 第33回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2006
- 4) 山崎亜希子, 五味田啓:加速度センサ等を用いた移動状態判定方式の検討, 情報処理学会全国大会講演論文集 第70回平成20年(3), 3-39, 2008-3-13
- 5) 真坂美江子, 加藤研二:加速度センサによる個人行動自動判別方式標準化手法の検討, 土木計画学研究発表会論文集, CD-ROM, 2010

(2011.8.5 受付)