

特集：IT活用による道路交通の高度化

スマートフォンアプリを利用した人の 交通行動調査とその分析技術

松島敏和・橋本浩良・高宮 進

1. はじめに

近年、スマートフォン（以下「スマホ」という。）の普及が進んでおり、人の交通行動調査（プローブパーソン調査）へのスマホアプリの利用が試みられている^{1),2)}。

これまでのプローブパーソン調査は、携帯電話などを被験者に貸与して実施するケースが多かった。スマホアプリを利用したプローブパーソン調査（以下「スマホPP調査」という。）では、被験者が所有するスマホを利用することで、これまでより簡単に調査が実施できる。

スマホPP調査は、イベントなどでの機動的なデータ収集、季節ごとなどの定期的なデータ収集の方法として期待されている。国土技術政策総合研究所では、スマホアプリを利用した交通行動調査手法と収集データの分析技術を研究している。

本稿では、つくば市で実施したスマホPP調査を例に、スマホPP調査の概要と得られた移動情報データの分析技術を紹介する。併せて、スマホPP調査の今後の展望について述べる。

2. つくば市でのスマホPP調査

2.1 調査の実施概要

つくば市における都市活動のモニタリングに向けて、つくば市・筑波大学との協働でスマホPP調査を実施した。調査実施期間は、2013年11月1日～11月30日の計30日間とした。調査後、事後アンケートを実施した。調査のながれ、調査対象項目は、図-1、表-1の通りである。

2.2 調査に用いたスマホアプリ

調査に用いたスマホアプリの操作画面を図-2に示す。被験者は、①出発時、②移動手段変更時、③到着時にアプリで移動情報（移動目的、移動手段など）を入力する。スマホアプリには、入力情報の一覧を確認できるダイアリー機能、操作忘れや操作ミス修正機能を実装させた（図-3）。

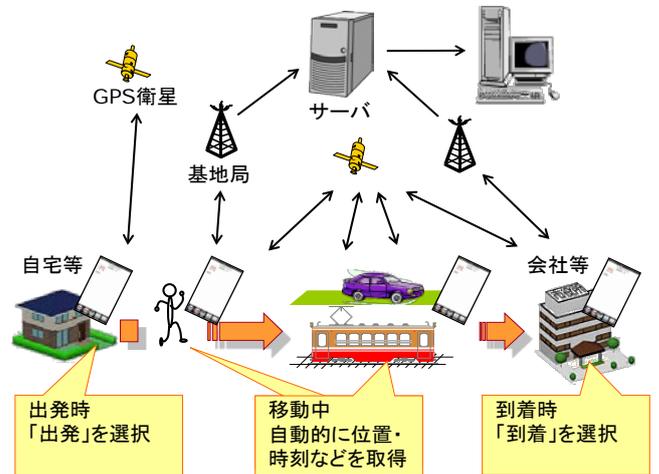


図-1 スマホPP調査のながれ

表-1 調査対象項目

項目	内容	取得方法
被験者の属性	性別、年齢	調査参加登録時に取得
移動目的	出勤・登校、帰宅、帰社・帰校、業務、送迎、買い物、食事、娯楽、散歩・回遊、その他	スマホアプリで取得（被験者が入力）
移動手段	電車、バス、タクシー、自動車、バイク・原付、自転車、徒歩、その他	同上
移動の起終点	出発・到着の操作時刻、操作位置	スマホアプリで取得
移動履歴	緯度・経度、移動中の加速度	同上

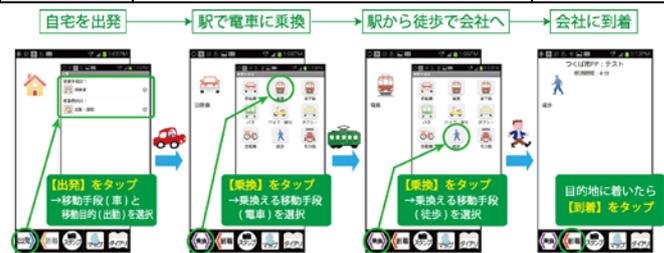


図-2 スマホアプリの操作画面

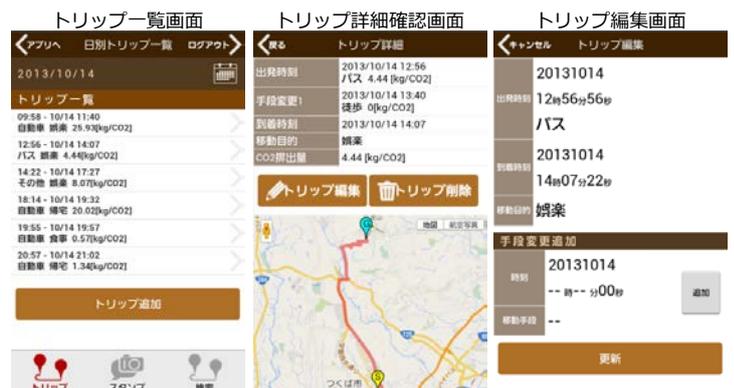


図-3 ダイアリー機能と修正機能

2.3 被験者の属性

調査では、つくば市の居住者及びつくば市への通勤・通学者を対象に被験者を募集し、138名の協力が得られた。

被験者の性別は、男性98名、女性40名で、男性が女性の倍以上であった(図-4)。被験者の年齢は、主に20代から50代の年齢層の構成となった(図-5)。

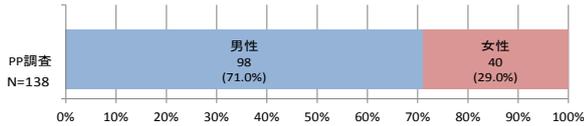


図-4 被験者の性別

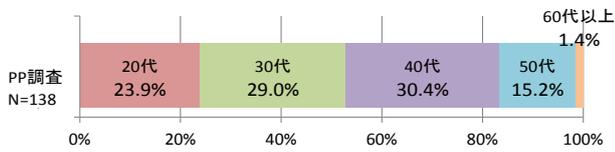


図-5 被験者の年齢構成

2.4 スマホPP調査の実施結果

スマホのGPSを利用して取得された緯度・経度データの状況(11月14日に取得された97名分の移動情報の例)を図-6に示す。つくば市内の幹線道路を中心にデータが取得されている。

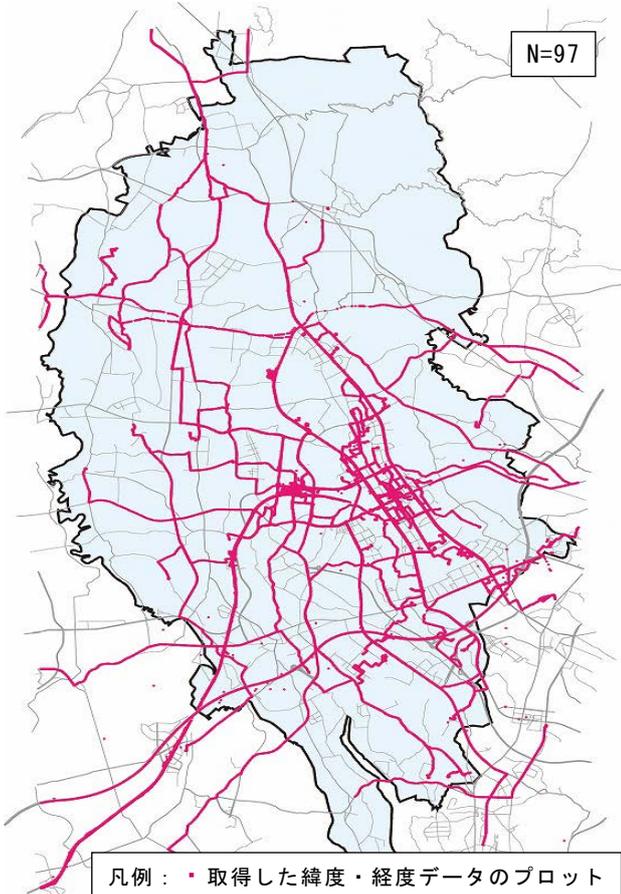


図-6 位置情報の取得状況(11月14日の例)

被験者が入力した移動情報の調査結果(1日の平均トリップ数、トリップの目的構成、トリップの手段分担率)を図-7~図-9に示す。参考として、東京都市圏パーソントリップ調査(2008年10月~11月実施)の茨城南部の結果を併せて示す。

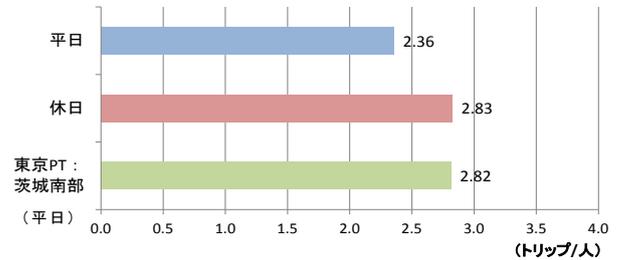


図-7 1日の平均トリップ数(外出人口あたり)

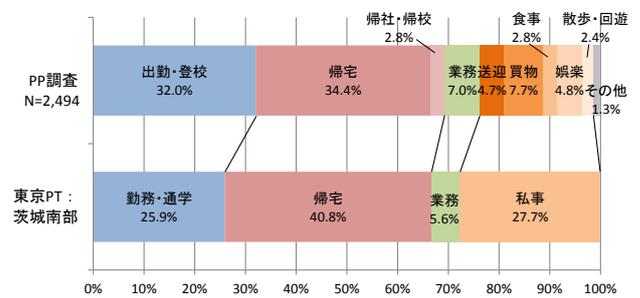


図-8 トリップの目的構成の比較(平日)

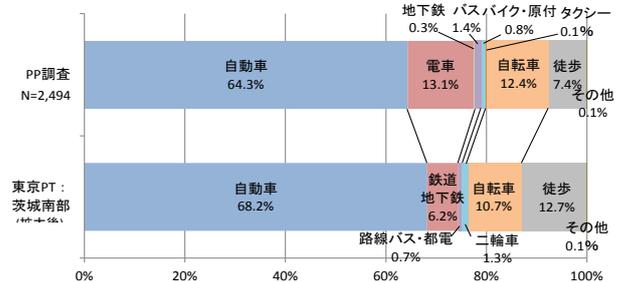


図-9 トリップの手段分担率の比較(平日)

2.5 事後アンケート調査の結果の概要

スマホPP調査の被験者を対象として、事後アンケート調査を実施し、77名から回答を得た。

アプリの操作性について約9割が「簡単だった」と回答している(図-10)。一方、「たまに忘れることがあった」を含めると8割以上が操作を忘れたことがあるという結果であった(図-11)。

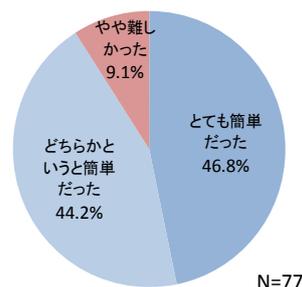


図-10 アプリの操作性

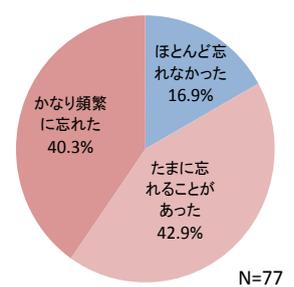


図-11 操作忘れの状況

アプリの操作忘れがあると、図-12のように、本来徒歩である移動が電車での移動と記録されるなど、誤った移動情報が収集されることになる。



図-12 アプリの操作忘れの例

3. 移動履歴データの分析技術

3.1 移動履歴データの分析の着眼点

移動履歴データから移動の起終点や移動手段を自動判別できれば、アプリ操作の省力化、図-12のような操作忘れ・操作ミス補正が可能になると考える。これにより、データ精度を向上させることができると考える。

3.2 移動の起終点の判別方法

移動の起終点の判別には、図-13のように、人が一定範囲内に一定時間滞留していると判別した地点を前の移動の終点、かつ、次の移動の起点とする方法が考えられる。

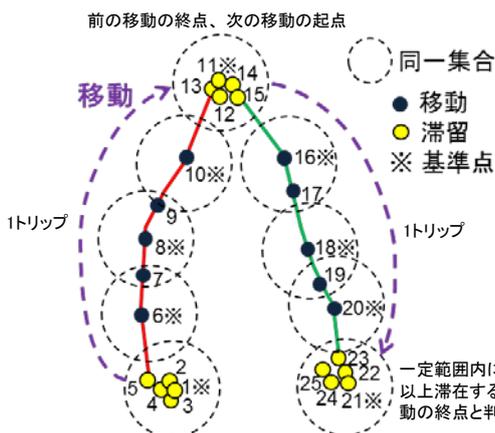


図-13 移動の起終点判別の概念図

一定範囲（ここでは、半径50m以内と設定）に滞留していたと判別する時間（以下「滞留判別時間」という。）を5分～30分に変化させ、起終点判別を行い、トリップを作成した。「作成トリップ」を、被験者がスマホアプリで出発・到着を入力した「回答トリップ」と比較した。

作成トリップのトリップ数については、滞留判別時間を20分及び30分としたときに、回答ト

リップ数との差が0の割合が高く、回答トリップとの適合度が高い（図-14）。作成トリップのトリップ長分布については、滞留判別時間を15分としたときに、回答トリップとの適合度が高い（図-15）。

さらに、1分ごとの滞留判別時間で移動履歴を分析したところ、17分～18分の滞留を起終点の判別の境界とすると、トリップ数、トリップ長分布の両方で回答トリップとの適合度が高いという結果が得られた。

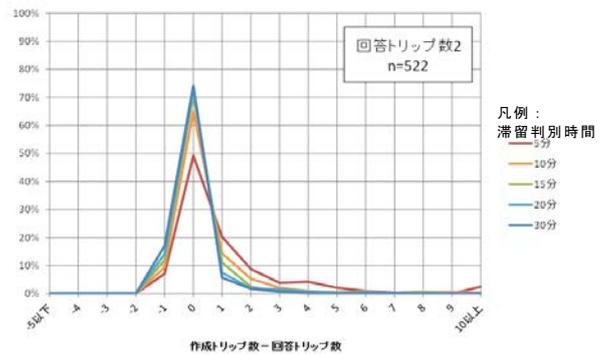


図-14 作成トリップ数と回答トリップ数の差の分布

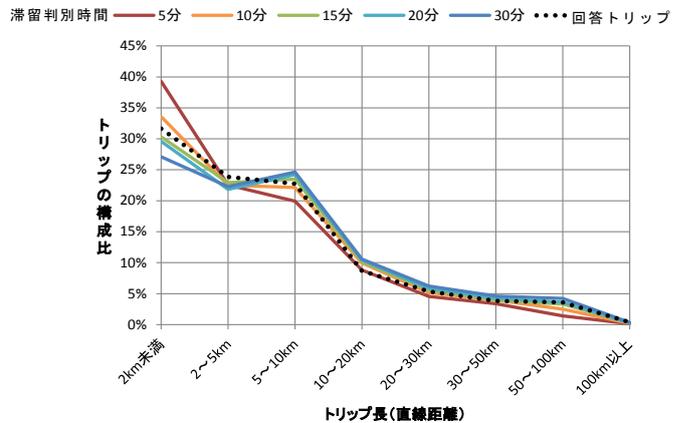


図-15 作成トリップと回答トリップのトリップ長分布

3.3 移動手段の判別方法

移動手段のうち徒歩と自転車の判別には、移動中の加速度波形の特性を活用する方法が有効である。徒歩と自転車では、スマホから取得される3軸加速度の合成加速度に周期的なピークがみられる（図-16, 図-17）。徒歩の場合は、自転車の場合よりも加速度波形の振幅が大きいため、振幅に閾値を設定して、自転車と区別する。

自動車、バス、電車の判別には、緯度・経度を用いる。道路・バス・鉄道ネットワークと移動経路とのマッチングによりこれらの手段を判別する。

最終的に判別不能による不明データを隠れマルコフモデル³⁾を用いて推定した。被験者の回答を

真値と仮定したときの的中率を表-2に示す。バス以外の手段は76%~87%の的中率となったものの、バスと自動車の判別が難しいことがわかった。

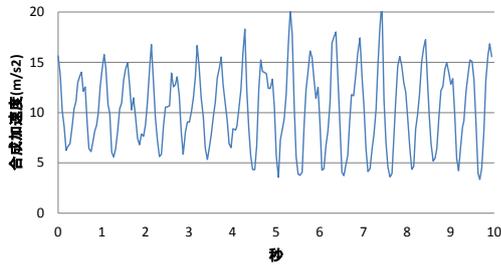


図-16 徒歩の加速度波形

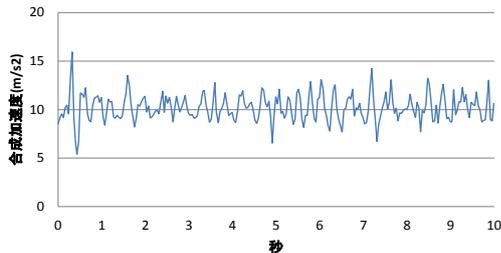


図-17 自転車の加速度波形

表-2 推定移動手段の被験者回答への的中率 (%)

比率 (%)	移動手段の判別結果						
	徒歩	自転車	自動車	バス	電車	合計	
被験者の回答	徒歩	87.4	4.2	3.9	2.1	2.4	100
	自転車	10.1	76.1	11.7	1.9	0.2	100
	自動車	3.5	1.0	82.8	12.4	0.4	100
	バス	7.4	1.3	34.3	55.6	1.4	100
	電車	7.6	0.1	10.6	2.9	78.7	100

4. スマホPP調査の今後の展望

4.1 調査実施上の課題と対応策

スマホPP調査は、被験者が保有するスマホの利用による調査費用削減、大規模調査の効率的実施などの調査実施上のメリットを有している。一方、現状のアプリと調査方法では、収集データの中に、被験者の操作忘れなどによる正確でない移動情報データが一定程度含まれる。

前章で紹介した、移動の起終点や移動手段の自動判別機能をアプリに実装できれば、被験者操作の省力化、操作忘れによる誤情報の補正が可能に

なると考える。アプリの改善として、たとえば、リアルタイムで移動手段の変化を自動判別し、ダイアリーを自動更新する機能、被験者に対話的に確認する機能の実装などが考えられる。

4.2 交通行動のモニタリングに向けて

人の交通行動のモニタリングのためには、定期的に調査を実施し、データを収集する仕組みが必要である。たとえば、潜在的な被験者をモニターとして登録しておき、イベント時や季節ごとの調査実施の都度、モニターに呼びかけて調査に参加してもらうことが考えられる。

一方、多くの被験者に複数回の調査に参加してもらうためには、「手軽に」調査に参加できることが重要である。また、利用者の負担を軽減するために、スマホアプリの操作性向上、入力作業の省力化が必要である。

5. おわりに

スマホPP調査では、運用方法の工夫、アプリの改善などにより、従前より利用価値の高い移動情報データが収集できる可能性がある。引き続き、スマホPP調査の継続的な運用方法、アプリの操作性向上やデータの精度向上に向けた分析方法の検討を進める。

今後、さらなるスマホPP調査を実施し、人の交通行動調査に関する知見の集積を図っていく。

参考文献

- 1) 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
- 2) 中野達也、山本彰、小林寛、橋本雄太、高宮進：スマートフォンを活用した自転車通行実態調査に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol.47、2013
- 3) 羽藤英二、大村朋之、三谷卓摩：位置・加速度記録を用いた活動パターンと移動負荷の計測に関する研究、第45回土木計画学研究発表会、2012

松島敏和



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 交流研究員
Toshikazu MATSUSHIMA

橋本浩良



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 主任研究官、博士(工学)
Dr. Hiroyoshi HASHIMOTO

高宮 進



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室長、博士(学術)
Dr. Susumu TAKAMIYA