

# スマホPP調査の高度化に向けた 移動目的判別手法の開発

松島 敏和<sup>1</sup>・橋本 浩良<sup>1</sup>・高宮 進<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地）  
E-mail: matsushima-t924a@nilim.go.jp, hashimoto-h22ab@nilim.go.jp, takamiya-s92tc@nilim.go.jp

スマートフォン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。）は、個人の交通行動を継続的かつ機動的に把握できる調査手法として期待されている。筆者らは、スマホPP調査の高度化に向けた方策のひとつとして移動履歴データから移動手段や移動目的を自動的に判別する手法を研究開発している。本研究では、GPSにより取得される移動履歴データのみから移動目的を判別する手法を開発した。つくば市で実施したスマホPP調査結果を開発手法に適用し、判別結果と被験者の回答との比較により判別精度を検証した。その結果、概ね15日以上移動履歴データが取得できれば、高い精度で帰宅および通勤・通学目的の判別が可能であることがわかった。一方、移動履歴データのみからでは、業務目的と私用目的の判別が難しいこと、プライバシーに十分配慮する必要があることが課題として確認された。

**Key Words:** Transportation Purpose Identification, Smartphone, Probe Person Survey

## 1. はじめに

スマートフォン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。）は、インターネット経由で配布するアプリと調査参加者が保有するスマートフォンを利用して実施するもので、個人の交通行動を継続的かつ機動的に把握できる調査手法として期待されている。近年、実務での事例が多くなってきている<sup>1)</sup>。

スマホ PP 調査のながれを図-1 に示す。被験者は出発・到着時と移動手段の変化時に、移動手段や移動目的をアプリで入力する。アプリ起動中はスマホ内蔵のセンサにより経緯度データや加速度データを自動的に収集する。スマホのセンサにより自動的に収集可能な主なデータを表-1 に示す。

実際のスマホ PP 調査では、被験者によるアプリの操作忘れ、操作ミス、操作タイミングのずれなどが発生し、被験者が入力した情報と自動的に収集した移動履歴データに齟齬が生じることが調査実施上の課題として確認されている<sup>2)</sup>。スマホ PP 調査の効率性を担保しながら、より信頼性の高いデータを収集するためには、被験者によるアプリの操作をできる限り少なくし、被験者の負担を軽減することが必要である。そのためには、移動履歴データから移動手段や移動目的を自動判別することが有効であると考えられる。

筆者ら<sup>3)</sup>は、上記のようなスマホ PP 調査手法の高度

化に向けて、自動的に取得される移動履歴データから移動手段を判別する手法を開発した。本研究では、移動履歴データから移動目的を判別する手法を開発する。実際のスマホ PP 調査データを用いて移動目的の判別を試行し、その結果について考察する。

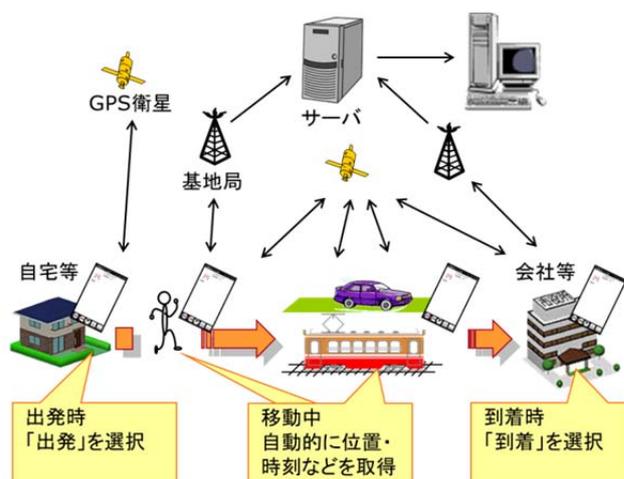


図-1 スマホ PP 調査のながれ

表-1 スマホにより取得可能な移動履歴データ

センサ	データの種類
測位センサ(GPS)	経緯度
加速度センサ	加速度
地磁気センサ	方位, 磁気量
ジャイロ스코ープ	ピッチ, ロール

## 2. 移動目的判別の考え方と本研究の対象範囲

### (1) 移動目的判別の考え方

交通工学では、ある1つの目的による一連の移動を「トリップ」と呼ぶ。このため、移動目的はトリップ単位で判別することとする。

トリップの終点である到着地は、目的地と考えることができるため、移動目的は到着地における施設の種類（何をする施設か）が明確であれば、移動目的を判別することが可能となる。したがって、移動目的判別では到着地に着目することが基本方針となる。

本研究では、スマホ PP 調査によって得られる一定期間の移動履歴データを利用する。被験者の移動履歴の特徴、すなわち行動パターンを考慮して、発着地の種類を推定したうえで移動目的を判別する手法を開発する。

### (2) 本研究の対象範囲

一般的なパーソントリップ調査では、ある程度詳細な個人属性を把握しており、調査原票からマスターファイルを作成するデータ整備段階において、被験者による回答の論理矛盾を排除するための論理的なチェックが実施される。論理矛盾の例としては、免許非保有者が単独で自動車での移動をする、専業主婦が通勤目的で移動をする、などである。

尤もらしい移動目的判別結果を得るためには、上記の例のように、移動目的に関連する取得可能な情報を組み合わせることで判別することが望ましい。移動目的の判別に資する情報として、表-2のような項目が挙げられる。スマホ PP 調査で得られる情報の価値を最大化するためには、これらの情報から総合的に移動目的を判別するシステムの構築が必要であると考えられる。「移動目的判別システム」の構想を図-2に示す。

本研究ではまず、GPS で取得される一定期間の移動履歴データのみを用いた移動目的判別手法を開発し、実際のスマホ PP 調査データを用いて本手法を試行する。被験者の行動パターンのみから、どの程度まで移動目的判別が可能かを確認し、移動目的判別システム構築の基礎情報とする。このため、被験者の性別、年齢といった属性や発着地施設の種類などの情報については入手可能なものがあるものの、ここでは利用しないこととする。

表-2 移動目的に関連する項目の例

項目	説明
被験者属性	被験者の住所、性別、年齢、職業の有無など
発着地	出発地および到着地
発着時間	出発時刻および到着時刻
滞在時間	到着から次の出発までの間の時間
頻度	同一の出発地、到着地の利用頻度

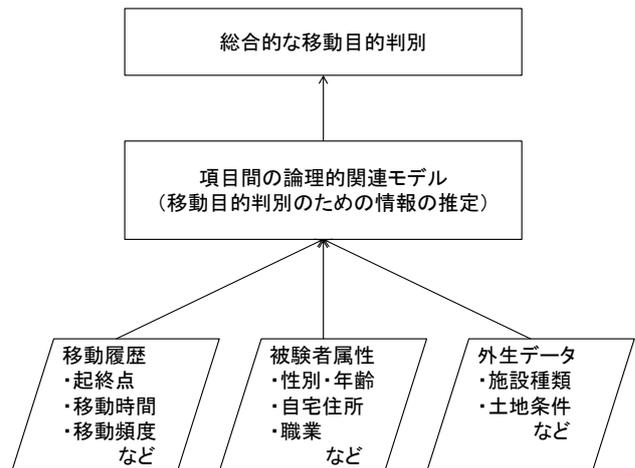


図-2 移動目的判別システムの構想

## 3. 移動目的判別手法の開発

### (1) 移動目的判別のながれ

提案する移動目的判別のながれを図-3に示す。

まず、GPS の移動履歴データから起終点を判別し、トリップを抽出する。被験者ごとに得られた一定期間のトリップの発着地と発着時刻の分布から、自宅および通勤・通学先の位置を推定する。推定した自宅、通勤・通学先の位置を用いて、帰宅目的と通勤・通学目的を判別する。その他のトリップについては、前後の通勤・通学先を考慮して業務目的、帰社・帰校目的、私用目的を判別する。

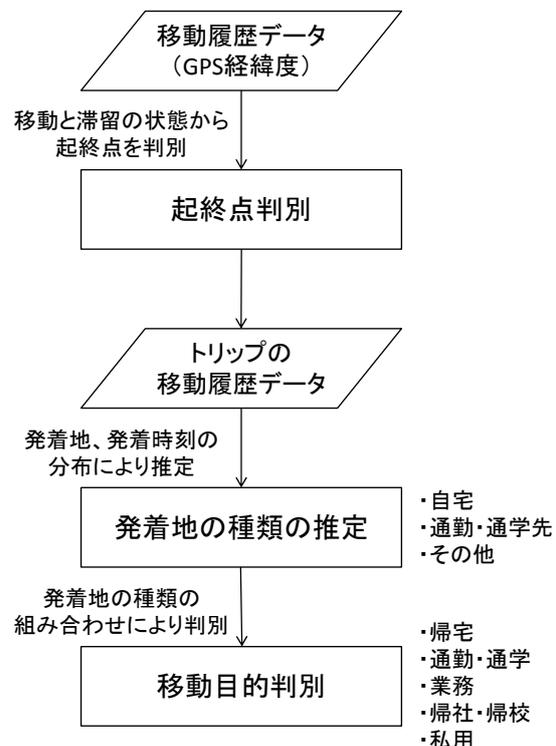


図-3 移動目的判別手法のながれ

なお、都市圏パーソントリップ調査では、帰宅目的と通勤・通学目的が移動目的全体の約 6 割を占めており（平成 20 年東京都市圏パーソントリップ調査では約 61%，平成 22 年近畿圏パーソントリップ調査では約 62%，いずれも圏域計），自宅と通勤・通学先を把握できれば、約 6 割の移動目的が判別可能となり得る。

(2) 移動の起終点の判別手法

移動目的判別に先がけて、GPS による一連の経緯度データから移動の起終点を判別し、トリップを抽出する。トリップの起終点を判別するには、人が一定時間同じ場所に滞留していると判別した地点を前のトリップの終点、かつ、次のトリップの起点として判別する方法が考えられる（図-4）。GPS によって測位する経緯度には誤差が生じるため、滞留の判別には同一集合と考える一定の半径の円を定め、その円の中に一定の時間の位置情報が測位されていることが必要となる。

ここでは、同一集合とみなす範囲の半径を 50m、滞留とみなす時間の時間条件を 20 分と設定する<sup>3)</sup>。

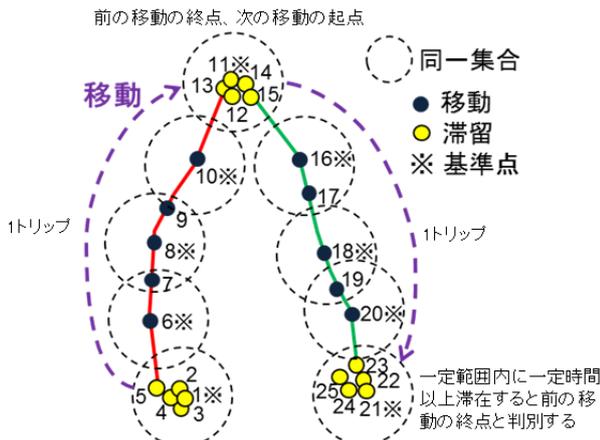


図-4 起終点判別のイメージ

(3) 自宅、通勤・通学先の推定方法

a) 発着地推定の単位

ここでの検討において取り扱うトリップの発着地は、被験者の個人情報を考慮して、4 次メッシュ（1 辺約 500m）を単位とする。

発着地施設が 4 次メッシュの境界付近にある場合、GPS の測位誤差により、当該施設を発着するトリップの起終点の座標が複数のメッシュにまたがって分布する可能性があるため、隣接（斜めを含む）するメッシュのうちトリップ数が最大であるものを含めた 2 メッシュの合計で評価する。

単独メッシュでの評価

0	1	0
1	10	5
0	2	1

トリップ数最大の単独メッシュで評価

隣接2メッシュでの評価

0	1	0
1	10	5
0	2	1

左記メッシュに隣接する8メッシュのうち、トリップ数が最大のメッシュを加えた 2メッシュ合計で評価

図-5 発着地メッシュの評価単位

b) 自宅、通勤・通学先の推定の考え方

位置情報と時刻のみから自宅と通勤・通学先の位置を推定するために、定常的に行われると想定される通勤・通学行動に着目する。

自宅が存在するメッシュは、発着回数が最も多く、平日の午前に出発が多いと考えられる。また、通勤・通学先が存在するメッシュは、平日の到着回数が自宅に次いで多く、平日の午前に到着が多いと考えられる。この考えに基づいて、自宅および通勤・通学先が存在するメッシュを推定する。

c) 自宅、通勤・通学先の推定

自宅および通勤・通学先の推定フローを図-6 に示す。定常的な平日午前の出発がある場合は、その出発地が自宅であると推定される。さらに、定常的な平日午前の出発および到着がある場合は、その到着地が通勤・通学先であると推定される。なお、散歩などの私用での定常的な午前発着の存在も想定されるものの、通勤・通学に比べてその割合は十分に小さいと考えられる。

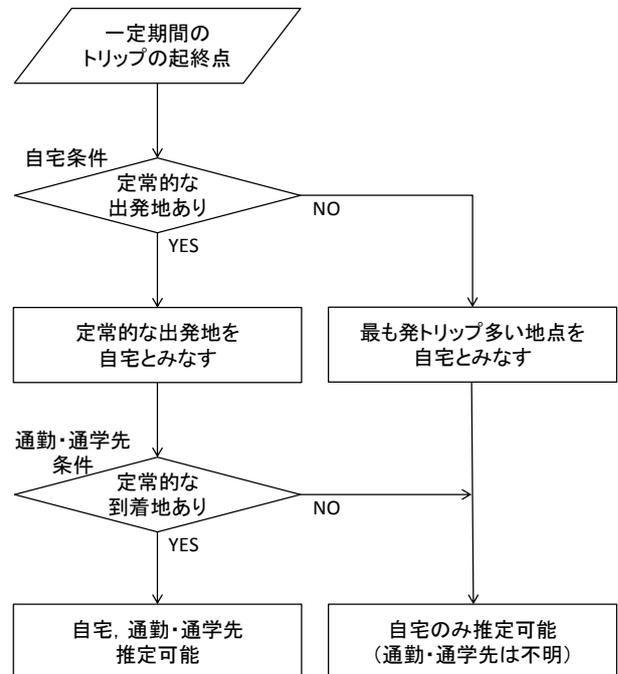


図-6 自宅、通勤・通学先の推定フロー

自宅、通勤・通学先の判別条件を表-3に示す。近年のパーソントリップ調査では、1日の1人あたりの平均トリップ数は2.5トリップ/人日程度であり、1日6トリップ以上生成する人の割合は、全体の5%未満と想定される。通勤・通学は通常毎日1トリップ生成され、1日のトリップ数は概ね5トリップ/人日以内と想定されるため、発着地の頻度(a, c)を20%以上と設定した。

また、午前発トリップの割合(b, d)は午前中に自宅を出発する定常的な行動であることを考慮して、50%以上と設定した。

表-3 自宅、通勤・通学先の推定条件

種類	条件
自宅条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該被験者の平休計の発トリップ全体の <math>a=20\%</math>以上が発生している、かつ、</li> <li>・平日の発トリップの全体の <math>b=50\%</math>以上が午前6時～正午の間である</li> </ul>
通勤・通学先条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該被験者の平計の着トリップ全体の <math>c=20\%</math>以上が発生している、かつ、</li> <li>・平日の着トリップの全体の <math>d=50\%</math>以上が午前6時～正午の間である</li> </ul>

#### (4) 移動目的の判別方法

推定した出発地と到着地の種類の組み合わせによって移動目的を判別する。移動目的判別の基準を表-4に示す。なお、私用目的で通勤・通学先に行くなど、一般的な移動目的と到着地の種類の組み合わせが異なる移動が一部含まれると想定されるものの、ここでは考慮しないこととする。

表-4 発着地の種類と目的の対応（移動目的判別の基準）

到着地 出発地	自宅	通勤・通学先	その他
自宅	—	通勤・通学	私用
通勤・通学先	帰宅	—	業務/私用※2
その他	帰宅	通勤・通学/ 帰社・帰校※1	業務/私用※2

※1：1日のうち当該トリップの以前の到着地に、通勤・通学先があれば帰社・帰校、なければ通勤・通学とする

※2：1日のうち当該トリップの以降の到着地に、通勤・通学先があれば業務、なければ私用とする

## 4. 実データを用いた移動目的判別の試行と検証

### (1) スマホPP調査の実施概要および収集データの概要

実際のスマホ PP 調査のデータとして、2013年11月につくば市で実施したスマホ PP 調査<sup>2)</sup>のデータを利用する。本調査は、つくば市における都市活動のモニタリン

グに向けて、国土交通省国土技術政策総合研究所がつくば市、筑波大学との協働で実施したものである。

被験者は、つくば市の居住者およびつくば市への通勤・通学者を対象に募集し、協力が得られた138名である。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。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。

調査期間中の被験者の参加日数は、のべ1,399人日、被験者の回答によるトリップの数は、合計3,363トリップである。

本調査で収集したデータを表-5に示す。ここでは、自動取得した移動履歴データのうち、経緯度データのみを用いる。

表-5 つくば市のスマホ PP 調査における収集データ

項目	収集データ
移動履歴データ（自動取得）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経緯度（1秒毎）</li> <li>・3軸加速度(30Hz)</li> <li>・ピッチ・ロール(30Hz)</li> </ul>
回答データ（被験者入力）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動目的</li> <li>・移動手段</li> </ul>

### (2) 必要なデータ取得日数の検証

開発手法における発着地の種類の推定は、ある程度長期間の同一被験者のデータを分析することで定常的な通勤・通学トリップによる発着地の偏りを捉えるという考え方である。対象となるデータ日数が少ない場合、通勤・通学目的のトリップの発着地の偏りを捉えにくくなることが自明である。

そこで、データ取得日数と発着地の種類の判定可能性の関係について検証する。収集データのうち、取得日数が10日以上である被験者68人分のデータに対し、自宅メッシュの判定を行い、全トリップ数のうち自宅が存在するメッシュの発のトリップ数比率（表-3の自宅条件: a）が20%以上の条件を満たさない被験者の割合とデータ取得日数の関係を確認した。

データ取得日数が、平日休日併せて15日以上 of 被験者では、20%以上を満たさない被験者は1人のみであるが、14日以下では20%以上を満たさない被験者が2割以上存在する。これは、データ取得日数が14日以下の場合、定常的な行動を十分に把握しきれないことを示している。

被験者の行動パターンに基づく移動目的判別には、定常的な行動を際立たせるために、概ね15日以上 of データ取得が望ましいといえる。

表-6 データ取得日数と自宅メッシュ推定可能性

データ取得日数(日)	被験者数(人)	自宅推定不可人数(人)	自宅推定不可人数割合
10~14	31	7	22.6%
15~19	24	1	4.2%
20~24	7	0	0.0%
25~	6	0	0.0%
合計	68	8	11.8%

(3) 移動目的判別の試行および結果の考察

次に、開発手法による移動目的判別を試行する。

ここでは、データ取得日数の上位 10 人(データ取得日数 22 日以上)の移動履歴データを用いて、被験者回答のトリップの起終点と、起終点判別結果がと合致した合計 448 トリップを利用して、被験者の回答への判別結果的中状況をj確認する。

表-7 は被験者回答の移動目的と移動目的判別の試行結果のクロス集計および被験者回答の移動目的に対する的中率である。なお、発着地の種類と目的の対応(表-4)において2つの目的があり、当該トリップを含む1日の到着地を参照して判断するとしたものについては、いずれかが一致すれば的中としている。

移動目的判別の的中率は、全体で約 84%となっている。帰宅目的と私用目的が約 90%、通勤・通学目的が約 80%となっているものの、業務目的が著しく低く、20%程度となっている。被験者の回答では業務目的である

トリップの多くは私用目的として判別されている。これは、業務目的の判断材料は、当該日の通勤・通学先への立ち寄りを条件にしており、直行直帰といった通勤・通学先を経由しない業務トリップについては、私用目的と判別されるためである。

本手法の特性として、実際には有職者であるものの、通勤・通学先が推定できなかった場合は本来の通勤・通学や帰社・帰校目的が、すべて私用目的と誤判別されることに留意が必要である。そこで、通勤・通学先不明の影響を考察するため、通勤・通学先が推定できた被験者(10人中7人分、301 トリップ)を取り出した場合的中状況と的中率を表-8に示す。

通勤・通学先が推定できた被験者のみの的中率は、全体で約 87%、通勤・通学目的で約 96%と高い値となる。このことは、追加の情報(たとえば、被験者属性の職業有無など)が把握できれば、その情報を組み合わせることで移動目的判別の精度を向上できることの裏付けとなる。

また、業務目的については 25%と若干の的中率が向上するものの、私用については的中率が低下している。これは、被験者の移動履歴に基づく行動パターンのみを利用した本手法では、業務目的と、私用目的の判別が難しいことを示している。

表-7 移動目的判別の的中状況および的中率

		判別した移動目的							的中状況			
		帰宅	通勤・通学	通勤・通学/帰社・帰校	業務	業務/私用	私用	総計	的中	非的中	総計	的中率
回答による移動目的	帰宅	140				6	11	157	140	17	157	89.2%
	通勤・通学	1	72	12		2	15	102	84	18	102	82.4%
	帰社・帰校			1		6	1	8	1	7	8	12.5%
	業務	1			1	4	15	22	5	17	22	22.7%
	送迎	3				3	40	46	43	3	46	93.5%
	買い物	4			1	8	23	36	31	5	36	86.1%
	食事	2					13	4	17	2	19	89.5%
	娯楽	2				21	24	47	45	2	47	95.7%
	散歩・回遊	1			1	6	3	11	9	2	11	81.8%
	総計	154	73	13	3	69	136	448	375	73	448	83.7%
私用計								145	14	159	91.2%	

黄色: 的中とする領域

表-8 移動目的判別の的中状況および的中率(通勤・通学先が推定できた被験者分のみ)

		判別した移動目的							的中状況			
		帰宅	通勤・通学	通勤・通学/帰社・帰校	業務	業務/私用	私用	総計	的中	非的中	総計	的中率
回答による移動目的	帰宅	94				5	5	104	94	10	104	90.4%
	通勤・通学	1	72	12		1	2	88	84	4	88	95.5%
	帰社・帰校			1				1	1	0	1	100.0%
	業務			1	1	4	14	20	5	15	20	25.0%
	送迎	1				1	33	35	34	1	35	97.1%
	買い物	3			1	6	13	23	19	4	23	82.6%
	食事	2				3	3	8	6	2	8	75.0%
	娯楽	1				6	13	20	19	1	20	95.0%
	散歩・回遊	1			1			2	0	2	2	0.0%
	総計	103	73	13	3	26	83	301	262	39	301	87.0%
私用計								78	10	88	88.6%	

黄色: 的中とする領域

## 5. 移動目的判別手法の高度化に向けた考察

### (1) 開発手法の有効性と課題

本研究の開発手法により、移動目的判別を試行した結果、一定期間の移動履歴データのみから8割以上の精度で移動目的の判別が可能であることがわかった。

特に、帰宅目的と通勤・通学目的は高い精度で判別可能なことがわかった。都市圏パーソントリップ調査では、帰宅目的と通勤・通学目的が移動目的全体の約6割を占めていることから、本手法は有効であるといえる。

一方、開発手法の技術的課題として、表-9のような点が挙げられる。これらの課題は、移動目的判別システムを構築する中で、調査実施の枠組みの工夫や他の項目との組み合わせによって解決可能な部分も多いと考える。

たとえば、①については個人別に提供する情報や謝礼などのインセンティブの付与、②、③については発着地施設情報を加味、④については予めの被験者属性情報（職業、通勤・通学先など）の取得などが考えられる。

表-9 開発手法の技術的課題

技術的課題	説明
①データ取得日数が少ないと判別が難しい	本手法を適用するには、概ね15日以上データ取得が望ましい
②業務目的、私用目的の判別が難しい	業務目的は当該日の帰社を判断材料としており、業務時間中の私用や直帰などは判別できない
③私用目的の内訳が不明	私用目的がひとまとまりになっており、目的地での行動が明らかではない
④通勤・通学先が推定できない場合は、判別精度が低下	定常的な通勤・通学トリップに着目しているため、通勤・通学先がない、あるいは、不明の場合、判別が不能となる

### (2) 今後に向けて

前述の移動目的判別システムの構築を念頭に置いた調査実施手法の確立を目指す。ここで把握した課題を踏まえて、取得可能な移動履歴データ、被験者属性データ、外生データの論理的な関連性の整理が必要がある。スマホのセンサの高度化や取得可能な外生データの増加などを見越して、拡張性の高いモデルとして構築する必要がある。

調査実施段階では、事前に把握可能な被験者属性（性別、年齢、住所、通勤・通学先など）は調査項目に含めることで、論理的にありえない移動目的を予め把握することや、定常的な行動を把握するための期間を短縮することなどが可能となる。

継続した調査については、地域生活者を巻き込んでの参加型交通調査の枠組みの確立が効果的と考える。調査実施主体の呼びかけで、調査に参加してもらえるモニ

ターを確保しておくことで、イベント時などの機動的な調査実施が可能になるとともに、知りたい情報を適宜入手することが容易になるという効果もある。また、インセンティブの付与についても自由度が高まる。

プライバシーについては、十分に配慮する必要がある。本研究では、被験者の移動履歴による行動パターンから、自宅と通勤・通学先を推定した。一定期間の移動履歴データを取得することから、個人情報につながりやすくなる。今回使用した4次メッシュや町丁目単位などの集計ゾーンを用いて議論するという配慮が重要になる。移動履歴データを提供される被験者に対しても、個人別の生データは扱わない（すべて集計値として分析をする）といった説明を十分にして、理解してもらったうえで調査に協力いただく必要がある。

## 6. おわりに

本稿では、スマホPP調査で収集されるデータの特性を考慮した移動目的判別手法を提案した。つくば市で実施したスマホPP調査の収集データを適用し、提案手法の技術的課題について考察した。被験者属性や発着地施設の情報移動履歴データと組み合わせることで総合的に移動目的を判別するシステムの構築が有効であると示唆された。これは、今後の実務に大きく役立つと考える。

スマホPP調査は発展途上である。効率的かつ継続的な個人の交通実態調査への期待に応えていくために、技術開発が求められる。ここで得られた知見を活かしながら、スマホPP調査の高度化に向けた研究をひきつづき進める。

### 謝辞

本研究のスマホPP調査に協力いただき、貴重なデータをご提供いただいたつくば市民およびつくば市への通勤・通学者のみなさまに深く感謝いたします。

### 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) 山崎恭彦，橋本浩良，高宮進，矢部努，今井龍一，塚田幸広，山王一郎，石田東生：スマートフォンアプリを活用した交通行動調査手法に関する基礎的研究～つくば市におけるプローブパーソン調査を通して～，土木計画学研究・講演集，Vol.49, 2014
- 3) 松島敏和，橋本浩良，高宮進：スマートフォンによるプローブパーソン調査の高度化に向けた移動手段判別手法の開発，土木計画学研究・講演集，vol.50, 2014