

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～

山崎 恭彦¹・橋本 浩良²・高宮 進²・矢部 努³・今井 龍一⁴・
塚田 幸広⁵・山王 一郎⁶・石田 東生⁷

¹非会員 株式会社 東芝 コミュニティ・ソリューション事業部 (〒212-8585 川崎市幸区堀川町72番地34)
前 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: takahiko.yamazaki@toshiba.co.jp

²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: hashimoto-h22ab@nilim.go.jp, E-mail: takamiya-s92tc@nilim.go.jp

³正会員 一般財団法人 計量計画研究所 社会基盤計画研究室 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: tyabe@ibs.or.jp

⁴正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: imai-r92ta@nilim.go.jp

⁵正会員 独立行政法人 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)
E-mail: y-tsukada@pwri.go.jp

⁶非会員 つくば市 環境生活部 (〒305-8555 茨城県つくば市荻間2530番地2)
E-mail: evm001@city.tsukuba.lg.jp

⁷正会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: ishida@sk.tsukuba.ac.jp

近年、スマートフォンの急速な普及により、個人が保有するスマートフォンの GPS 機能を活用することで、詳細な位置情報などの人の移動データを収集することが可能となっている。

本稿では、つくば市・筑波大学・国土交通省国土技術政策総合研究所の三者が設立した「つくばモビリティ・交通研究会」の取組内容を紹介するとともに、この一環として実施したつくば市内でのプローブパーソン調査の概要を報告し、つくば市における環境モデル都市の取組の推進に向けた都市活動のモニタリング手法への適用可能性を明らかにする。

具体的には、まず人の移動情報を収集するために開発したスマートフォン向け調査用アプリケーションの概要と工夫点を整理した。さらに、プローブパーソン調査の実施結果や被験者への事後アンケート結果により得られた知見に基づき、本調査手法の有用性と今後の課題を明らかにした上で、持続的な調査の実施を可能とするための各種の改善方策を体系的に整理した。

Key Words : Probe Person Survey, Smartphone, Application Software

1. はじめに

つくば市は、平成25年3月15日に「環境モデル都市」として選定され、オールつくばでの連携体制をベースに、人々の暮らし、特に建築活動と移動に関わる対策を進め、CO₂排出量を大幅に削減するモデル「つくば環境スタイル“SMILe”～みんなの知恵とテクノロジーで笑顔になる街～」の取組を進めている¹⁾。“SMILe”の“M”は、

「Mobility Traffic モビリティ・交通」のアプローチである。モビリティロボット実験特区を活かした短距離移動手段の多様化によるあらゆる層の人々が安全に移動できるまちづくりを進めること、つくばエクスプレス（鉄道）やバス、電気自動車等の低炭素交通を結節手段とすることで、市域全体を機能的にコンパクト化するとともに、超高齢社会に対応した、安全で、健康な暮らしを総合的な交通体系を構築することを取り組み方針とし、

PDCAサイクルの各プロセスを強化して推進していくこととしている。つくば市の目覚ましい成長（都市開発）により、「人の動き」も変化している中で、「つくば環境スタイル“SMILE”モビリティ・交通」の戦略的な推進には、交通モード別の移動実態や人の動き（以下本稿では「都市活動」という。）の把握が必要である。さらに都市活動の持続的なモニタリングによるPDCAサイクル運営が極めて重要である。

このような背景の下、つくば市、筑波大学、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）の三者は、「つくば環境スタイル“SMILE”モビリティ・交通」の戦略的な推進を支援する「つくばモビリティ・交通研究会」を平成25年8月に設置した²。「つくばモビリティ・交通研究会」では、つくば市における都市活動を把握する手法及び都市活動に起因するCO₂排出量の見える化やモニタリング手法を明らかにし、持続的に実行可能な運用モデルの確立を目指している。沿線開発が著しいつくば市の都市活動を柔軟かつ機動的に把握するには、既存統計資料と携帯電話やカーナビゲーションシステム、さらには交通系ICカード等の媒体から常時収集される鮮度の高い人の移動情報（以下「動線データ」という。）を組み合わせた活用が有効手段になる。

そこで本研究では、持続的に実行可能な運用モデルの確立に資する動線データの継続的な収集・蓄積を目的として、動線データを収集するスマートフォン向け調査用アプリケーション（以下「スマホアプリ」という）を開発し、これを活用してつくば市内でプローブパーソン調査（以下「PP調査」という。）を実施した。本稿では、PP調査結果と被験者を対象に実施した事後アンケート調査結果を踏まえて、スマホアプリを活用したPP調査の動線データの継続的な収集手段としての有効性と課題を明らかにし、持続的な調査実施に向けた各種改善方策を整理する。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) 関連する既往研究

従来より、都市交通に関わる様々な計画課題の改善に向けた都市活動の把握のためには、パーソントリップ調査や道路交通センサスが基礎データとして活用されてきた。しかしながら、これらの調査では、例えば、東京都市圏パーソントリップ調査では10年毎、道路交通センサスでは5年毎と調査間隔が長く、かつ、特定の1日の動きのみを対象とした調査であり、目覚ましく成長するつくば市の都市活動の短期的な変化を捉えることは困難である。また、パーソントリップ調査や道路交通センサスは、アンケート形式の調査であり、人の移動手段や移

動経路など詳細な人の移動情報を収集することも難しい。動線データを収集する手段として、携帯電話・PHSなどの携帯端末のGPSによる位置情報取得機能を活用したPP調査（以下本稿では「携帯端末型PP調査」という。）が存在する。

携帯端末型PP調査は、複数日にわたる人の交通行動を把握可能であることに加え、紙のアンケート調査票では取得が困難であった動線データが収集できる。携帯端末型PP調査に関しては、朝倉らによりPHSを利用した調査手法が開発され³、以降、有村らによりPHSの位置情報とWEBアンケートを組み合わせた交通調査システム⁴、目黒らによりGPS携帯電話を利用した交通調査システム⁵が開発されている。また、羽藤らにより行動文脈ロガーBCALsを利用した開発事例⁶も報告されている。

携帯端末型PP調査の事例は、数多く存在しており、国総研においても、平成17年8月に開通したつくばエクスプレスの開通に伴う交通行動の変化を調査した携帯端末型PP調査を実施した例がある⁷。携帯端末型PP調査では、被験者に対する事前の操作説明により、調査に対する理解が得られることから、精度の高いデータの収集が期待できる。一方、説明会の開催に伴う人件費など調査準備に係る調査実施者の負担が大きく、また、携帯端末を貸し出す必要があるため、携帯端末のレンタル料、携帯端末の通信料など調査コストに大きな課題があった。このため、調査規模、調査期間は限られ、単発的な調査が多くなっている。

PP調査を簡便に実施するためには、日常的に市民が携帯しているスマートフォンの活用が有効であると考えられ、スマートフォンアプリを利用したいくつかのPP調査システムが開発されている（以下「スマホ型調査」という。）^{8,10}。スマートフォンを活用することで、携帯端末型PP調査の課題であった調査実施者の負担軽減、調査コスト縮減が期待できる。また、携帯端末型PP調査に比べ、手軽な調査が可能と考えられ、継続的なデータ収集手法として期待される。

一方で、スマホ型調査は、いくつかの課題が指摘されている。例えば、被験者募集では、被験者がスマートフォンユーザーに限定されること⁸、スマートフォンを利用している年齢層に被験者が偏ること^{8,9}、謝礼など被験者へのインセンティブの付与方法^{9,10}などが指摘されている。

調査実施時では、被験者の操作忘れの発生⁸、GPS機能を継続的に起動することによるバッテリー消費の増大の懸念¹⁰が指摘されている。

調査全般に関わる事項として、自身の移動情報というプライバシーを収集されることに対する被験者の抵抗感、個人情報への配慮の必要性も指摘されている^{9,10}。

(2) 本研究の位置づけ

過去実施された携帯端末型PP調査は、つくばエクスプレス開通、高速道路の料金割引社会実験など施策実施前後で都市活動の変動を把握する場合など単発的に実施されることが多い。また、前述の通り、スマホ型PP調査は、調査手法として解決すべき課題も存在しており、未だ開発途上と考えられ、中長期に継続して取り組まれている事例は著者らが調査した限りは見当たらない。

本研究では、「つくばモビリティ・交通研究会」の活動において、つくば市における都市活動の継続的なモニタリングに活用することを最終的な目的とし、継続的にデータを収集する手段としてスマホ型PP調査手法を考案する。また、既往研究で指摘されているスマホアプリを用いたPP調査における諸課題の改善策を検討し、これを反映したスマホアプリを開発するとともに、「つくばモビリティ・交通研究会」の活動目的に照らした検討を行うための基礎データを収集するためのPP調査を実施するものである。

3. スマホアプリの概要

(1) 調査項目

つくば市の都市活動を詳細に収集することを目的として、移動目的別、手段別のOD（移動の起終点）を調査できるスマホアプリの取得項目を設定した。調査項目は表-1に示す通り、「移動目的」「移動手段」「移動の起終点位置」「移動履歴」を取得するものとした。なお、移動履歴として、1秒毎の緯度・経度および3軸加速度を30Hzで取得する設定とした。

(2) 調査用スマホアプリの機能

本調査は、被験者が保有するスマートフォンにスマホアプリをダウンロードして行う仕組みである（対応機種はAndroid2.3以降のバージョン）。被験者はダウンロードしたスマホアプリを起動し、出発時、移動中及び到着時に情報を入力することで、携帯キャリアの回線を通じ、表-1の「移動目的」「移動手段」「移動の起終点位置」「移動履歴」などの情報をサーバに収集する（図-1）。スマホアプリの主な操作の流れは以下の通りである。なお、スマホを起動している間はGPS機能により常に「移動経路」をサーバに収集している。

- ① スマホアプリを起動する
- ② 自宅を出発する際、【出発】をタップし、「移動手段」と「移動目的」を選択する
- ③ 移動手段を変更する（乗換える）際、【乗換】をタップし、乗換える「移動手段」を選択する
- ④ 目的地に到着する際、【到着】をタップする

表-1 PP調査の調査項目

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
移動手段	・自動車、電車、地下鉄、バス、バイク・原付、タクシー、自転車、徒歩、その他	
移動の起終点位置	・緯度・経度 ・出発・到着の操作時刻	
移動履歴	・緯度・経度（1秒間隔） ・3軸加速度（30Hz）	

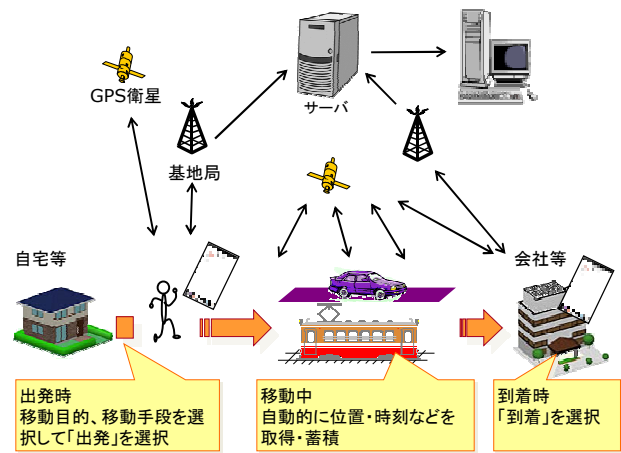


図-1 PP調査の流れ

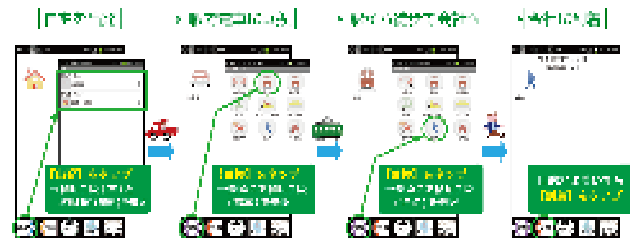


図-2 スマホアプリの操作画面

スマホアプリの操作画面を図-2に示す。ここでは、自宅を出発し自動車⇒鉄道⇒徒歩で会社へ通勤する、出勤・登校の一連の移動の例を示している。

(3) スマホアプリの開発で工夫した点

既往研究で指摘されているスマホ型PP調査における諸課題の改善策として、以下の点を反映したスマホアプリを開発した。

a) ダイアリー&修正機能

スマホアプリで入力した情報の一覧を確認できるダイアリー機能を設けるとともに、任意の移動を抽出して比較ができるような機能を設けた。これにより、日々の通

勤を抽出し、経路による所要時間や CO₂ 排出量の違いをチェックして行動を見直してもらうような活用が可能になる。操作を忘れてしまった場合や、間違っ操作を行った場合に、時刻や移動手段、移動目的を修正可能とした。また、図-3に機能イメージを示す。「トリップ一覧画面」からトリップ（ある目的を持った起点から終点への移動）を追加したり、「トリップ詳細画面」からトリップの編集及び削除が可能である。

b) CO₂ 排出量推計 & 表示機能

人々の暮らし（特に建築活動と移動）に起因する CO₂ を重点的に削減するために「つくば環境スタイル“SMILE”」を提案しているつくば市の目的に照らし、被験者の移動により発生する CO₂ 排出量の推計、表示機能を設けた。被験者が日常の移動で排出する CO₂ を確認することにより、自発的に環境への負担の少ない行動の促進になると考える。なお CO₂ 排出量原単位は、運輸部門における二酸化炭素排出量²等にもとづき、各交通手段を1分利用した場合の1人あたりの排出量に換算した数値を使用した。

4. つくば市での PP 調査の概要

つくば市の都市活動を継続的に把握し、PDCA サイクルを運営する基礎データの収集を目的に、開発したスマホアプリを活用した調査をつくば市・筑波大学と協働で実施した。

(1) 調査の概要

調査の概要を表-2に示す。調査期間は2013年11月1日（金）～11月30日（土）（延べ30日間（平日：20日間、土日・祝日：10日間））とした。また、本調査対象は、つくば市及びつくば市の周辺地域におけるヒト・クルマの移動情報を収集することを目的としていることから、調査対象者は、つくば市の居住者及びつくば市への通勤・通学者とし、一般から募集することとした。

(2) 調査の実施手順

調査対象者はポータルサイトより調査参加登録の手続きを行い、登録後に送付される調査 ID、Password を使用して、自身のスマートフォンにインストールしたスマホアプリで調査を実施した。調査実施後、スマホアプリの操作性等に関する事後アンケート調査を実施し、今後の調査の改善方針を検討することとした。

(3) ポータルサイトの作成

PP調査に必要な情報を掲載するためのポータルサイトを作成した。ポータルサイトの主な機能を表-3に示す。



図-3 ダイアリー&修正機能

表-2 PP 調査の概要

調査期間	2013年11月1日（金）～11月30日（土） （延べ30日間） （平日：20日間、土日・祝日：10日間）
調査対象者	主につくば市在住者、または在勤者 （つくば環境スタイルサポーターズ会員登録者、つくば市職員、国総研職員、等）

表-3 ポータルサイトの主な機能

機能	掲載内容
調査対象者の登録	・調査参加登録フォームへのリンクを掲載
調査主旨の説明	・本調査の趣旨（つくば市は環境モデル都市であり、低炭素社会の実現に向けて都市活動のモニタリングが重要である事）を掲載
スマホアプリの説明	・スマホアプリのダウンロード先（Google Play）へのリンクを掲載 ・スマホアプリの説明書を掲載（PDF）
調査内容の説明	・調査の内容を掲載（対象、調査期間、募集人数、協力者への謝礼、調査内容とスマホアプリの操作イメージ）
問合せ先	・調査に関する問合せ先、調査の実施主体の連絡先（各主体のHPへのリンク）を掲載

ポータルサイトでは、調査対象者の登録を行えるものとし、調査趣旨の説明、スマホアプリの説明、調査内容の説明、問合せ先を掲載した。

(4) 調査対象者の募集

つくば市では、つくば環境スタイルの実現のために、市民、企業、教育機関、行政等が緩やかに連携して地球温暖化防止や環境保全のためにさまざまな取り組みを、「気軽に」「自由に」「無理せず」みんなで活動していくことを目的とした「つくば環境スタイルサポーターズ」が設立されている。つくば市在住の方、つくば市へ通勤・通学している方、つくば市以外の方でつくば市が好きな方が対象であり、4,647名以上（うちメール配信可能会員は1,640名、平成25年9月時点）が所属している。

調査対象者の募集は、①つくば環境スタイルサポーターズ（個人会員）へのメールによる募集、②つくば環境スタイルサポーターズ（法人会員）への文書による依頼、③ホームページへの記載、の3つの手法により実施した。また、国総研道路研究室のホームページへのバナー設置、つくば環境スタイルサポーターズの facebook ページに調査の紹介やポータルサイトへのリンク掲載、調査期間中の関係機関へのリマインドメールなど、PR 活動を実施した。

(5) 事後アンケートの実施

PP調査後に、事後アンケート調査を実施した。概要を表4に示す。事後アンケート調査は、「事後アンケート1：調査登録者のうち、1日でも調査に協力頂いた人（1トリップでもデータを取得した人）」と「事後アンケート2：調査登録者のうち、1日も調査に協力頂けなかった人（1トリップもデータを取得できなかった人）」に対して、それぞれ実施した。事後アンケート1は77名（55.8%）から回答を得たが、事後アンケート2では対象者から回答は得られなかった。

5. PP調査の実施結果

(1) 登録者数と被験者数

最終的な登録者数（PP調査のモニター登録者数）は188名となり、被験者数（PP調査のモニター登録者のうち、1トリップでもデータを取得した人数）は138名（登録者数の73.4%）となった。登録者数と被験者数の推移を図4に示す。

8日、13日、14日に登録者数・被験者数が飛躍的に増加していることが分かる。当該日は、メール等にて参加者募集を実施した日と合致しており、PR活動には大きな効果があることが明らかになった。

表4 事後アンケート調査の概要

調査日	2013年12月6日（金）～13（金）
対象者	1) 調査登録者のうち、1日でも調査に協力頂いた人 2) 調査登録者のうち、1日も調査に協力頂けなかった人
回答方法	・WEB 回答 (WEB 回答画面の URL を明記したお願いメールを、登録時のメールアドレスへ送信、対象者は、URL より WEB ページへ移動し、回答する形式)
回答者数	<事後アンケート1> 調査登録者のうち1日でも調査に協力頂いた人：138名、うち回答者 77名（回答率 55.8%） <事後アンケート2> 調査登録者のうち、1日も調査に協力頂けなかった人：50名、うち回答者 0名（回答率 0%）

(2) データ取得者数

各調査日における日別のデータ取得者数（当該日にデータを取得した人数）の推移を図5に示す。日別データ取得者は、登録者数の推移と同じ傾向で推移していることが分かる。また、休日は前後の平日と比較すると、データ取得者数が若干低くなる傾向にある。

最終的に平日1,057人日、休日342人日、1ヶ月で延べ1,399人日のデータを取得した。

(3) 被験者の属性

被験者の性別は、男性98名（71.0%）に対し、女性が40名（29.0%）であり、男性が女性の倍以上となった。年齢層は40代の42名（30.4%）が最多であり、次いで、30代の40名（29.0%）、20代の33名（23.9%）、50代の21名（15.2%）となっており、60代以上も2名（1.4%）が調査に参加している（図6）。

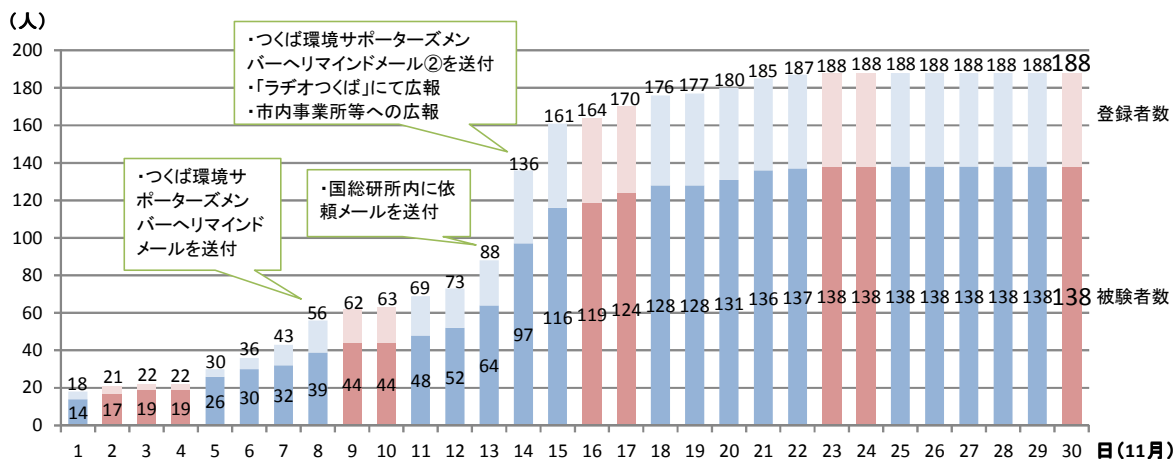


図4 登録者数と被験者数の推移

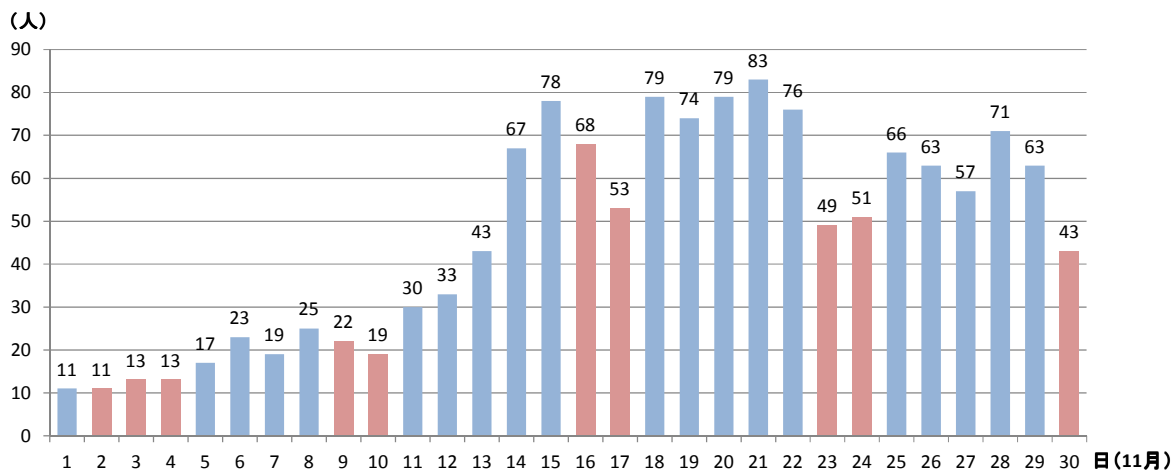


図5 日別データ取得者数の推移

10代以下と60代以上を除く20代から50代にかけては、平成22年度国勢調査¹³⁾に基づくつくば市の年齢層構成とほぼ同様の年齢構成となっている。本調査は、スマホアプリを使用していることから、若年層に属性が偏ることが事前に想定されたものの、結果として、20代から50代の年齢層からバランスよくデータを取得することができた。

居住地は、つくば市が104名(75.4%)と最多であり、次いで、近隣自治体である土浦市が4名(2.9%)、竜ヶ崎市が3名(2.2%)、常総市が2名(1.4%)、守谷市2名(1.4%)、その他6名(4.3%)となっており、茨城県内居住者は、計121名(87.7%)であった(図-7)。

また、県外居住者(主に東京都、千葉県)も17名(12.3%)含まれており、つくば市内への通勤通学者と想定される。事後アンケート回答者の8割以上が「会社員・団体職員」「つくば市職員」「つくば市、国総研以外の公務員」となった(図-8)。なお、約6割が「つくば環境スタイルサポーターズ」の会員であった(図-9)。

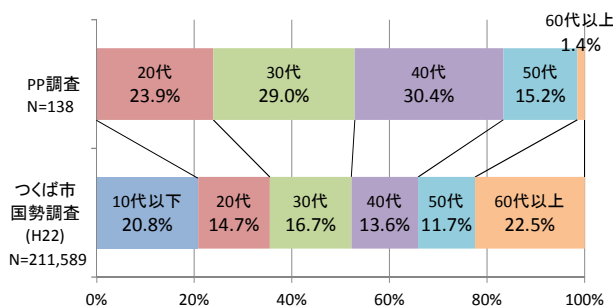


図6 被験者の年齢層

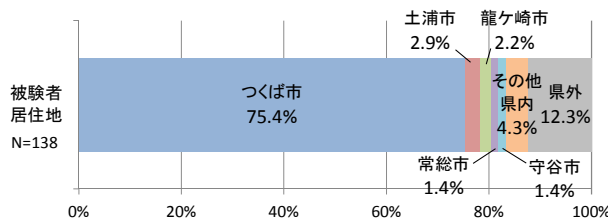


図7 被験者の居住地

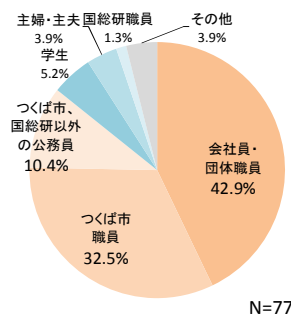


図8 事後アンケート回答者の職業

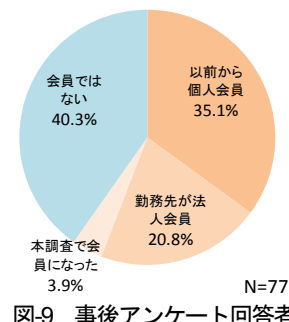


図9 事後アンケート回答者のつくば環境スタイルサポーターズの割合

(4) 平均トリップ数

平均トリップ数は約2.7トリップ/人となっており、平休別では平日2.36トリップ/人、休日2.83トリップ/人と、休日の平均トリップ数が若干多い結果となった(図-10)。これはH22全国パーソントリップ調査結果(平日:2.84(トリップ/人)、休日:2.91(トリップ/人)¹³⁾に概ね近い傾向といえる。

(5) トリップ目的構成比

平休別トリップ目的構成比を図-11に示す。平日は、「出勤・登校」と「帰宅」が3分の2を占めており、私事目的の割合は、おおよそ2割程度となっている。休日は、平日と比較すると「出勤・登校」の割合が低く、私事目的が約5割となっている。中でも、買物目的がトリップ全体の4分の1を占めている。

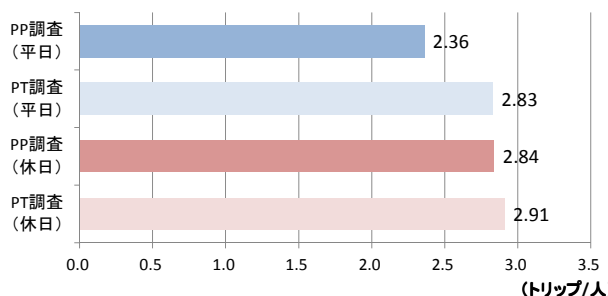


図10 平均トリップ数(ネット原単位)

(6) トリップ手段分担率

平日のトリップ手段分担率を図-12に、休日のトリップ手段分担率を図-13に示す。なお、今回の調査では、乗換時の交通手段の変更を記録可能なため、リンクトリップ（目的単位のトリップ、通常扱われているトリップ単位）の他に、アンリンクトリップ（手段単位のトリップ）も取得されている。このため、代表交通手段（リンクトリップ単位）と全交通手段（アンリンクトリップ）別に分担率を整理した。

平日の代表交通手段では、自動車が約65%と最も多く、次いで、電車（13%）、自転車（12%）となっている。また、全交通手段では、代表交通手段と比較し徒歩の割合が高くなっている。これは、例えば、端末交通手段として、「徒歩→電車→徒歩」といったトリップが含まれていることが要因と考えられる。

休日は、代表交通手段では、自動車が約69%と最も多く、次いで、自転車（12%）、徒歩（10%）となっており、平日と比較すると、電車の割合が少ない傾向となっている。また、全交通手段では、平日と同じく、代表交通手段と比較し徒歩の割合が高くなっている。

6. 調査実施上の課題整理

(1) スマホアプリの操作忘れ

本調査で利用したスマホアプリは、多くの入力項目があるため、操作性の課題が挙げられる。しかしながら、事後アンケートでは回答者の約9割が本調査のスマホアプリの操作性が簡単だったと回答しており、また8割以上がスマホアプリの操作説明資料をわかりやすかったと回答していた（図-14）。これはチラシやポータルサイトなどによる情報提供の成果であると推察される。

一方で回答者の約4割がかなりの頻度で操作を忘れており、「たまに忘れた」の回答を含めると、8割以上が移動や乗換の操作を忘れたことがある結果となっている（図-15）。スマホアプリの操作忘れの対策として、本調査では操作忘れや操作ミス、GPSの測位エラー等を修正したり、トリップを追加したりできる「トリップ修正機能」をスマホアプリに実装した。しかしながら修正機能を利用したのは約2割であり、「まれに修正機能を利用した」を合わせても約4割しか修正機能を利用していない。約6割は修正機能を利用していないこととなる。

今回の調査では、被験者自身がトリップ開始時、交通手段の変更時、移動終了時にそれぞれスマホアプリの操作が必要であった。しかしながら、説明会を開催していないため、トリップの概念や出発、到着、乗換の操作を行うタイミングを十分に説明できなかったことが、操作へ影響を及ぼしている可能性が考えられる。

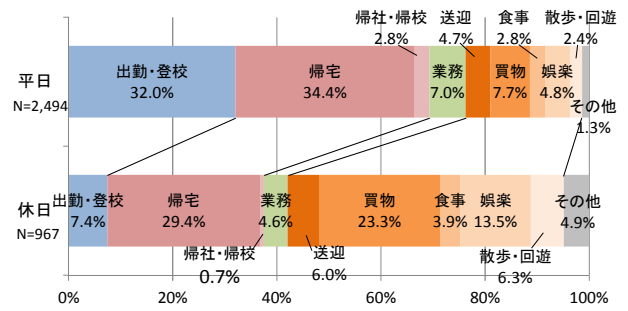


図-11 平休別トリップ目的構成比

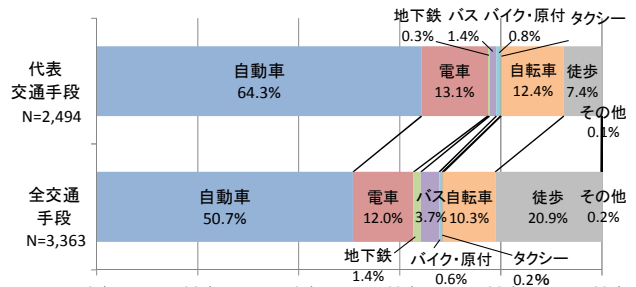


図-12 トリップ手段分担率（平日）

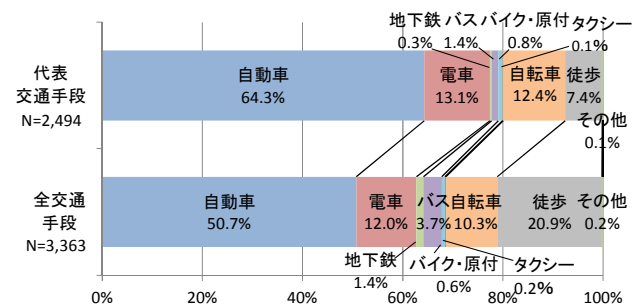


図-13 トリップ手段分担率（休日）

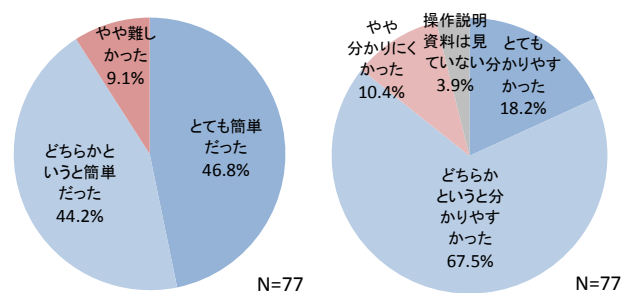


図-14 スマホアプリの操作性・操作説明資料

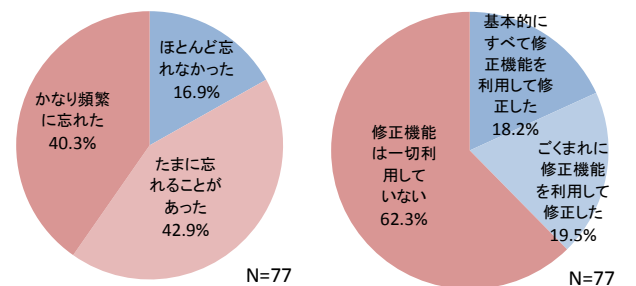


図-15 スマホアプリの操作忘れ・修正機能

対策としては、従来の携帯端末型PP調査と同様、被験者に対し説明会を行うこと以外に、今回の調査で作成したスマホアプリの操作説明資料の内容を充実し、トリップの概念の説明や具体的な操作のタイミングを定義し説明資料として提示することで、操作忘れを防止するとともに、被験者共通のルールでスマホアプリの操作を行うことが考えられる。あるいは、スマホアプリを改良し、加速度の変化などにより乗換えを判定してユーザーに通知する、という案も考えられる。このような対応により、調査データの質の向上が期待できる。

(2) スマホアプリの機能

本調査のスマホアプリではCO₂排出量の推計、表示機能を設けた。事後アンケートによるとCO₂排出量表示を認識していたのは回答者の約6割であった(図-16)。自由意見として、「EV車にも関わらずCO₂排出となってしまうことが残念」という意見があった。自動車分類をEV車、ガソリン車に分ける、CO₂排出量を都市活動のモニタリングへ直接利用するなどの対応が考えられる。また、歩数、消費カロリーなど健康づくりに役立つ機能の要望があった。今後は、直接被験者にフィードバックされるようなインセンティブ機能の実装も必要と考えられる。

(3) スマホアプリのバッテリー消費

事後アンケートによると、バッテリーの持ち状況は、「普段よりも消費が早い」と感じているのは回答者の7割弱であり、1割強は「バッテリー消費」を理由に外出時にアプリ操作をしなかった(図-17)。自由回答「アプリの改善点」においても、調査アプリ起動時のバッテリー消費量の多さが指摘されている。調査ツールであるスマートフォンは、PP調査への利用以外にも、電話やメール、その他モバイル定期券等の機能など日常生活の各場面で不可欠なツールであるため、調査アプリの改良によるバッテリー負荷の軽減などの対策が必要であると考える。

(4) 被験者の属性の偏り

被験者の年齢に関しては、5(3)で述べたとおり、当初はスマートフォンを所有している若年層に属性が偏ることを想定していたが、結果として20代から50代の年齢層についてはバランスよくデータを取得することができた。一方で10代や60代のデータはほとんど取れていないという課題がある。また、性別では男性が女性の2倍近くになっている。

事後アンケートによると、回答者の8割以上が「会社員・団体職員」「つくば市職員」「つくば市、国総研以

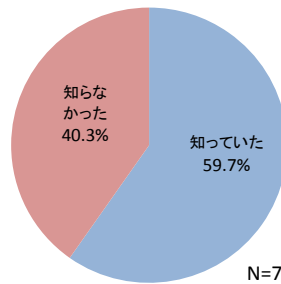


図-16 CO₂排出量表示機能

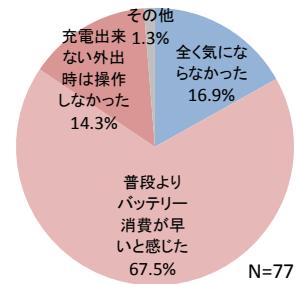


図-17 バッテリーの持ち状況

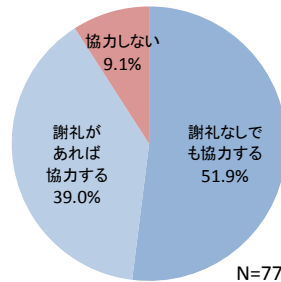
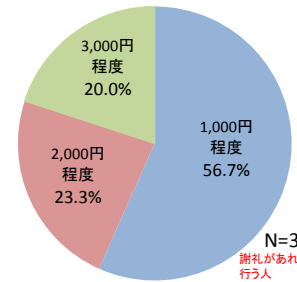


図-18 今後の調査協力意向・謝礼の希望金額



外の公務員」であった。被験者の属性により、行動に差異が生じる可能性が高いことから、分析時には注意が必要となる。また、偏りなく被験者を募集する方法についても今後の調査の課題と考えられる。

(5) 調査への協力意向

今回の調査への応募動機は、「社会的意義を感じた」が半数を超え、次いで、「同様の調査への興味」、「調査謝礼」の順となった。

また、今後の調査協力については、約半数が「謝礼なしでも協力する」と回答しており、「謝礼があれば協力する」と合わせると、約9割が今後も調査協力意向がある。「謝礼があれば協力する」と回答した中で、謝礼の希望金額は「1,000円程度」が6割弱と最も多く、次いで「2,000円程度」「3,000円程度」となった(図-18)。

これまでに全国各地で実施されてきたPP調査では、少人数のモニターに謝金を支払う形で募集し、説明会を開催して、調査の趣旨やスマホアプリの操作方法について十分な説明を行った上で調査を実施するケースがほとんどであった。これに対し、今回の調査では、つくば環境スタイルサポーターズのメーリングリストによる依頼や行政職員への協力依頼、更にはラジオや新聞等による積極的な調査協力依頼により多くの被験者に調査に参加いただくことができています。

一方で調査日数に対して半分以上データを取得できた被験者は、約半数であり、残りの被験者は調査日数の半分以下数しかデータを取得できなかった(図-19)。継続的にデータ収集することが課題と考えられる。

(6) 調査への抵抗感

移動履歴情報を取得されることに対する抵抗感は、「全く抵抗がない」と「やや抵抗がある」がほぼ同数であり、約1割が「かなり抵抗がある」と回答している(図-20)。プライバシー保護の観点では注意が必要である一方、「全く抵抗がない」が半数近くを占めており、今回のように目的が明確になっている調査に対して積極的に参加いただいた方は抵抗感が少ないとも考えることができる。

7. 持続的な調査実施のための改善方策

持続的な調査実施の観点から、6. で整理した課題について、被験者募集時、調査実施時、スマホアプリの機能、調査後に分けて、改善点を考察する。

(1) 被験者募集時

今回のスマホ型PP調査は、つくば環境スタイルサポーターズ会員や行政職員への協力依頼、ラジオや新聞等による調査協力依頼により参加者を募集し、138名に調査に協力いただいている。モニター形式で実施しており、被験者属性の偏りも存在する。

偏りなく被験者を募集することは、重要であるものの、同一被験者についてパネル調査形式で継続的な行動の変化を比較したい場合など、調査目的によっては、必ずしも偏りなく被験者を募集する必要が無い場合もある。例えば、調査に必要な最低限の被験者数を依頼により確保した上で、モニター形式で広く募集するという案もある。調査の目的に応じて、どのように対象者を募集するかが重要な検討課題となる。

また、事後アンケートより、今回のPP調査へのモニター応募動機として、「社会的意義を感じたため」という回答が最も高くなっている。調査に参加することで、地域社会に貢献できることが調査協力の大きな動機となることから、調査被験者の募集時に調査の意義を分かりやすく示すことが重要である。加えて、移動履歴情報を取得される抵抗感への対応として、事前に調査結果の利用目的、利用の範囲を説明して了解を得おくなど、個人情報への配慮も必要である。

(2) 調査実施時

操作忘れ防止のために、詳細な説明資料を作成することは、調査実施者の手間を生じさせるほか、被験者の負担増加につながる可能性がある。事後アンケートの自由意見として、「参加することで義務感を感じ、長続きできない」という意見もあった。トリップ修正機能を適切に利用いただくことも必要であるものの、持続的な調査

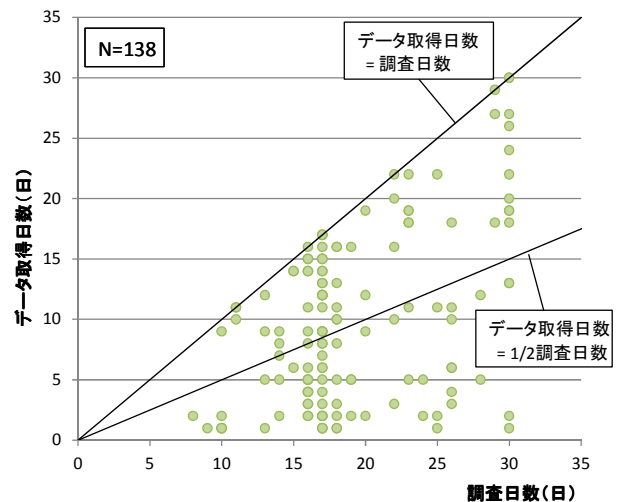


図-19 被験者別の調査日数とデータ取得日数の関係

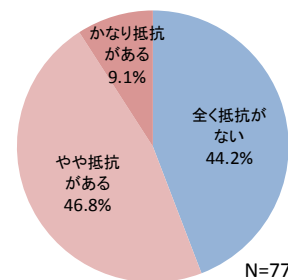


図-20 移動履歴情報を取得されることに対する抵抗感

実施のためには、被験者負担の減少が必須である。例えば、自動判別が困難な移動目的はWebダイアリなどで調査し、その他移動経路や移動手段などについては位置情報から自動判別を行うことも考えられる。

また、自動判別を適用しても完全なトリップ情報の収集は難しい。そこで、自動判別アプリの開発する際は、自動判別の結果をWeb上で閲覧、修正可能なダイアリ機能を併せて開発する必要がある。また1日中調査アプリを起動していることが前提となることから、バッテリー消費の問題、被験者のプライバシーの問題についても検証、検討が必要となる。

自動判別アプリによる調査方法としては、被験者にアプリを起動して1日行動してもらい、その夜間にトリップの自動判別を行い、結果を翌日ダイアリとして被験者に提示する。被験者は取得された情報を確認し、トリップの起終点や移動手段に間違いがあれば修正を行い、各トリップの移動目的を入力する。

このような仕組みを開発することで、被験者の負担の大幅な軽減が期待できる。

(3) スマホアプリの機能

必要な被験者の確保、継続的なデータ収集を考えると、調査への参加による社会的意義を感じていただくだけでなく、歩数、消費カロリーなど健康づくりに役立つ機能

のように直接被験者にフィードバックされるようなインセンティブ機能の実装も必要と考えられる。

また、6. (3)の通り、バッテリー消費の軽減対策は必要であろう。

これら機能は、PP調査自体に求められる機能と考えられる。

(4)調査後

事後アンケートより、今回のPP調査へのモニター応募動機として、「社会的意義を感じたため」という回答が最も高くなっている。調査に参加することで、地域社会に貢献できることが調査協力の大きな動機となることから、調査への協力者に対し、調査の結果をフィードバックすることで、協力した成果を理解いただき、さらに継続して調査に協力しようという動機が高まる効果が期待できる。

8. おわりに

本稿では、動線データを収集するスマホアプリを開発し、つくば市内においてスマホ型PP調査を実施した結果を報告するとともに、つくば市の「つくば環境スタイル“SMILE”～みんなの知恵とテクノロジーで笑顔になる街～」の取組、つくば市、筑波大学、国総研の「つくばモビリティ・交通研究会」の取組を踏まえ、今後の持続的な調査実施に向けた課題やその改善方を整理した。

今後は、本稿で整理した改善策の実装に向けた検討をすすめるとともに、つくば市における都市活動を把握する手法及び都市活動に起因するCO₂排出量の見える化やモニタリング手法を明らかにし、持続的に実行可能な運用モデルの確立を目指し、研究を進める予定である。

謝辞：

本稿におけるPP調査は、『つくばモビリティ・交通研究会』の活動の一環として、つくば市・筑波大学と協働で実施したものである。調査に協力いただいた皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) つくば市：環境モデル都市・つくば市
<<http://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/14215/14284/9593/014853.html>>, (入手 2014.4)
- 2) つくば市：つくば市の『人の動き（都市活動）』を把握。《つくばモビリティ・交通研究会》,
<https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/015/445/No77.pdf>, (入手 2014.4)
- 3) 朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳：PHSによる位置情報を用いた交通行動調査手法, 土木学会論文集, No.653, pp.95-104, 2000.
- 4) 有村幹治, 高野精久：人の交通行動を対象としたPHS 交通調査システムの開発, 運輸政策研究, Vol.5, No.3, 2002Autumn, pp.13-19, 2002.
- 5) 目黒浩一郎, 鈴木啓史：GPS携帯電話を活用した新たなソリューションの開発, 三菱総合研究所所報, No.48, pp.72-91, 2007.
- 6) 羽藤英二, 小島英史, 森三千浩, 鈴木明宏：行動文脈ロガーの開発と評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.30, 2004.
- 7) 眞浦靖久, 塚田幸広, 井坪慎二：PP データによるTX 開通に伴う交通行動への影響に関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol33, 2006.
- 8) 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.
- 9) 井村 祥太郎, 松田 佳佑, 野原浩大朗, 円山 琢也：スマートフォン型交通調査の参加者の属性と意識分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.48, 2013
- 10) 平川貴志, 松田真宜, 山本郁淳, 有村幹治, 仲田田：クラウド型プローブパーソンシステムの交通課題への適用とその応用可能性, 土木計画学研究・講演集 Vol.47, 2013.
- 11) 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
- 12) 国土交通省総合政策局環境政策課：運輸部門における二酸化炭素排出量,
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html>, (入手 2014.3)
- 13) 総務省統計局「平成 22 年国勢調査」
- 14) 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室：都市における人の動き-平成 22 年全国都市交通特性調査集計結果から-平成 24 年 8 月,
<<https://www.mlit.go.jp/common/001032141.pdf>>, (入手 2014.3)

(2014. 4. 25 受付)

A BASIC STUDY OF TRAVEL BEHAVIOR SURVEYING METHODS USING SMARTPHONE APPLICATION

Takahiko YAMAZAKI, Hiroyoshi HASHIMOTO, Susumu TAKAMIYA, Tsutomu YABE,
Ryuichi IMAI, Yukihiro TSUKADA, Ichiro SANNO, and Haruo ISHIDA