

スマートフォンアプリを用いた活動スケジュール調査の提案および有用性の検討 —GPS ログおよび紙媒体スケジュール調査との比較を通して—

Proposal of Activity Scheduling Survey Using a Smartphone Application and Examination of Its Usefulness:

Comparison with GPS Logs and Results of Paper-based Scheduling Survey

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 37-186155 櫻本 亮

In this study, I proposed an activity scheduling survey using a smartphone application as a new survey method from the viewpoint of the activity-based approach. The advantages and disadvantages of the smartphone app survey were discussed through comparisons with existing paper media surveys and GPS logs. As a result, it was superior to the paper survey in terms of convenience and immediacy. In addition, the schedule survey was able to explain more than 60% of GPS activities, indicating that smartphone app survey is of a certain degree of reliability as the survey to observe activities scheduled in advance.

1. 研究の背景と目的

今日の都市計画分野において、交通は都市の欠かせない一要素として捉えられており、わが国では、パーソントリップ調査 (PT 調査) を実施し、その結果を四段階推定法を用いて分析した歴史に始まり、人の交通行動に関する様々な調査が行われてきた。その中で、1990 年代以降、こうした従来のトリップベースドアプローチに対して、移動は人の活動の派生需要であるという考え方に立脚するアクティビティベースドアプローチが展開されてきている¹⁾。アクティビティベースドアプローチでは、観測した実績行動をもとに人の生活行動を再現するモデルが数多く考案されてきたが、Auld et al.²⁾ も指摘するように、実績行動では同様の活動として表出している潜在的な活動需要は異なる場合があり、これは特に、土地利用等が変化した際に無視できない差異として顕在化する可能性がある。この点を明らかにするべく提案されている研究の一種として活動スケジュール調査を用いたものがあり、Auld らのほかにも Lee et al.³⁾、Doherty et al.⁴⁾ などが見られる。

加えて近年、紙媒体を用いたわが国での多くの活動調査において、看過できない回答率の低下が問題視されている⁵⁾。特に都市部/若年層における回答率の低さが顕著であり、これらの層にアプローチできる調査手法が求められている⁶⁾。交通分野では、円山ら⁷⁾ によって、PT 調査の新たな方式を提案、検討する研究がなされている。

本研究では、特に若年層にも一定程度の高い回答率を維持できるような活動スケジュール調査手法として、スマートフォン (スマフォ) 向けスケジュールアプリを用いた調査を提案し、小規模にこれを実施する。調査結果を、従来の紙媒体調査の結果と比較すること (第 3 章)、

および調査に伴って収集した GPS ログと比較すること (第 4 章) を通して、提案した調査手法の有用性について検討することを目的とする。これらの比較に際しては、佐藤ら⁸⁾ による複数媒体間での活動調査の結果比較で用いられた手法を参考にしている。

スマフォアプリを用いた活動スケジュール調査を実施した研究は国内外に見られず、したがって当然その結果を他のデータと比較した研究も存在しないという点から、本研究は新規性を有していると考えられる。

2. 調査手法および調査の流れ

2-1. 調査に伴う制作物

本研究では、調査に際して 1) スケジュール調査用ブックレット (紙媒体調査) と、2) スマートフォン向けスケジュールアプリ (スマフォ媒体調査) の 2 種制作物を用意する。

1) スケジュール調査用ブックレット

全 4 部からなるブックレットである。第 1 部は個人情報アンケートであり、被験者の個人情報について質問する。第 2 部は定期スケジュールアンケートであり、第 3 部およびスマフォ媒体調査での被験者の記入量を減らすことを目的として、被験者が定期的に入れているスケジュールについて質問する。第 3 部はデイリースケジュールアンケートであり、被験者のスケジュールを 1 日ごとに質問する。質問項目はイベント名、イベント目的、開始日時、終了日時、参加人数、ゲストタイプ、場所 (最寄駅、目印等で表現) である。第 4 部は回答後アンケートであり、調査が被験者にどのような印象を与えたか、どの程度の負担を感じさせたかを把握するため、それに関連した内容について質問する。注意点として、第 4 部

への回答は、ブックレット第3部までだけでなく、スマホ媒体調査も終えた状態での記入が必須となる。すなわち、第4部への回答タイミングは、調査における他のすべての工程を終えた後、調査終了の直前ということになる。第4部のどの質問も紙媒体調査とスマホ媒体調査を分離しての回答が求められている点の特徴である。

2) スマートフォン向けスケジューラアプリ

基本的に、一般に公開されている多くのスケジューラアプリを参考に、それらと似た機能を持たせた自作アプリである。カレンダー画面をメインインターフェースとして、イベントを自由に登録/編集/削除できるアプリとして利用でき、登録されたイベントは、被験者自身もカレンダー画面で確認することができる。他のスケジューラアプリと比較して特徴的なのは、イベント登録時に質問ダイアログが3, 4つ出現し、必須イベント情報の入力を求められる点である。これは、紙媒体調査で得られる情報と可能な限り同じ項目について、登録漏れなくデータ収集することを目的としている。

上記のような流れで被験者がアプリを利用すると、ログイン、新規イベント登録、イベント編集、イベント削除のタイミングでデータが匿名化された状態でサーバーに送信される。送信されたデータは、Google社が提供するサービスである Firebase の中に作成されたデータベース上に蓄積される。

2-2. 調査の流れ

本研究では、2-1で述べた2つの制作物を用いて、実際に小規模調査を行なう。被験者の募集方法は筆者を起点としたスノーボール・サンプリングである。対象とするのは、20~25歳で、1週間のうちにイベント（仕事や趣味、交友など目的を問わない）が7つ以上入ると想定される男女のうち、iOS10以上が搭載されたiPhone所持者とする。被験者は次の1)~4)の計30日間調査に参加する。ただし、調査の順序によるバイアスを考慮して、被験者を2群に分け、一方の群は2)と3)の工程内容を入れ替えて調査を行なう。

1) 事前調査日 (1日間)

事前調査日には、被験者は筆者と対面にて作業を求められる。被験者はまず、アプリをインストールする。次に、被験者は紙媒体調査の第1部および第2部に回答する。その後、被験者は、事前調査日の時点で調査期間内に行なうことが予定されているイベントについて、アプリを用いて登録を行なう。最後に、本スケジューラアプリに対しての位置情報の提供頻度を「常に許可」に設定するように依頼する。

2) 調査期間 A (14日間)

調査期間 A では、被験者は紙媒体によって調査に参加する。被験者はイベントの予定が発生するたびにその詳細を紙媒体調査第3部に記載する。

3) 調査期間 B (14日間)

調査期間 B では、被験者はスマホ媒体によって調査に参加する。被験者はイベントの予定が発生するたびにその詳細をアプリに登録する。

4) 事後調査日 (1日間)

事後調査日には、被験者は筆者と対面にて作業を求められる。まず、被験者は紙媒体調査第4部に回答する。その後、調査に関して抱いた所感について質問し、筆者と被験者の間で対話的な形式で議論を行う。

3. 調査媒体間での結果比較

3-1. 被験者の分布

被験者は全15名である。紙媒体調査第1部において得られた被験者の社会経済属性およびその他の項目に関して、その概要を表1に示す。なお、被験者のAからOの序列は、調査期間内計画スケジュールの数にしたがって、もっとも多い被験者をA、少ない被験者をOとして並べている。職業については、対象年齢の都合もあり、フルタイム就業者と学生のみとなった。普段の主なスケジュール管理方法については、紙媒体（手帳等）が6人、スマホアプリが9人と、ややスマホアプリ利用者が多い結果となっている。

表 1 被験者の分布

被験者	年齢	性別	職業	普段のスケジュール管理方法
A	23	男	大学生	紙媒体
B	24	男	大学生	スマホアプリ
C	24	女	大学生	紙媒体
D	24	男	大学生	スマホアプリ
E	21	男	大学生	スマホアプリ
F	24	女	就業者	紙媒体
G	23	男	大学生	スマホアプリ
H	24	女	大学生	紙媒体
I	24	女	就業者	紙媒体
J	24	男	大学生	スマホアプリ
K	24	男	大学生	スマホアプリ
L	24	男	大学生	スマホアプリ
M	25	男	大学生	紙媒体
N	23	女	就業者	スマホアプリ
O	25	男	大学生	スマホアプリ

3-2. 定期スケジュールに関する分析

紙媒体調査第2部で得られた定期スケジュールに関して、図1は被験者ごとに記入された定期スケジュールの数を示している。なお、ここでは記入欄ひとつに記入された定期スケジュールを1つとカウントしたものと、記入された頻度を用いてそれを拡大し、調査期間内における定期スケジュールとしての活動の数として表したものを併記している。これを見ると、記入数は平均1.8件、最大8件と数としては決して多くはないが、それを拡大して活動の数としたものは平均12.4件、最大32件と、調査全体の中でも大きなボリュームを持っている。

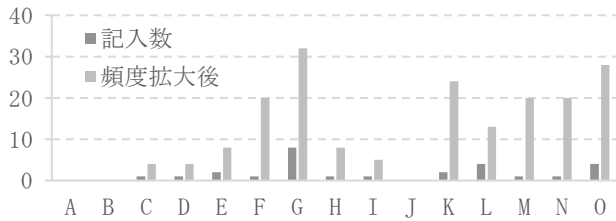


図1 被験者ごとの定期スケジュール記入数および頻度による拡大後の定期イベント数

3-3. 回答後アンケートに関する分析

紙媒体調査第4部で得られた回答後アンケートでは、被験者が各媒体での回答に要した時間について、「一日あたり回答にかかったおおよその時間を教えてください。」と質問した。回答に調査日数である28を乗じ、それを各被験者の総イベント数で除した結果を分布として図2に示す。すなわち、あくまでも目安の域を出ないが、図2は、被験者がイベント1件を登録するのに要した時間として扱うことができる。調査媒体間でU検定を行なった結果、 $p=0.1889$ となり、媒体間での所要時間の分布には有意な差異は認められなかったが、普段の主なスケジュール管理方法がスマホアプリである被験者9人は全員、紙媒体調査の所要時間が長くなっている。

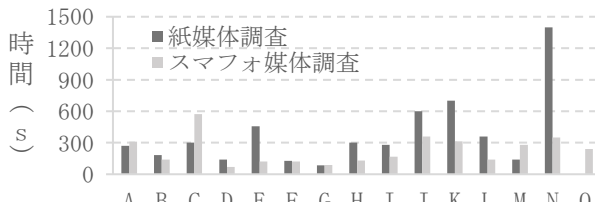


図2 被験者別1イベントあたり回答時間目安

次に、被験者が各媒体での回答に際して感じたストレスについて、その度合いを0(まったく感じなかった)から5(非常に強く感じた)の間で回答してもらった。図3にその結果を被験者ごとに示す。これを見ると、すべての回答者において、紙媒体調査の回答ストレスがスマホ媒体調査のものと同じか上回っていることがわかる。

U検定を行なっても、 $p=0.005069$ となり、媒体間での回答ストレスの分布には1%有意での差が認められた。すなわち、いずれの被験者にとっても、紙媒体調査のほうが煩わしいものであったといえる。

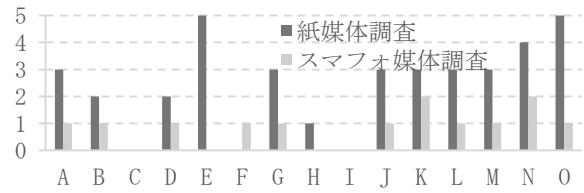


図3 被験者別回答ストレス

最後に、同条件下での被験者の再協力意向についても質問しており、紙媒体調査では10人が「協力してもよい」、5人が「協力したくない」を選んでいる。一方で、スマホ媒体調査では15人全員が「協力してもよい」を選んでいる。この結果、継続的な調査協力を求める際には、スマホ媒体調査のほうが優勢であるといえる。

3-4. 調査期間内に計画されたスケジュールに関する分析

まず、調査期間内に登録されたイベントの総数は、紙媒体調査(第3部)で174件、スマホ媒体調査で207件と、スマホ媒体調査のほうが19%多くなっている。特に、普段の主なスケジュール管理方法がスマホアプリである被験者9人のうち被験者BおよびL以外の全員が、スマホ媒体調査でのイベント数が多くなっている。

また、調査の経過日数と登録されるイベント数との関係について、被験者をI群(調査期間Aに紙媒体調査に回答)とII群(調査期間Aにスマホ媒体調査に回答)に分け、その別に調査経過日数ごとに登録されたイベント数を集計した結果を図4に示す。図中の破線は両群の調査媒体が切り替わるタイミングである調査期間Bの開始を示している。I群、II群ともに、調査期間A、Bそれぞれが始まるタイミングでのイベント数が増加し、その後しばらくしてイベント数が減少する。一方で、両調査期間とも終了日の付近では再びイベント数が増加している。これは、被験者の純粋な活動の増減に加え、調査への慣れや飽き、最終日が近づいた際の焦り、といったモチベーションを反映していると考えられる。2群間でU検定を行なった結果、 $p=0.0991$ となり、10%有意で両群の経過日数ごとのイベント数分布に差異が認められた。

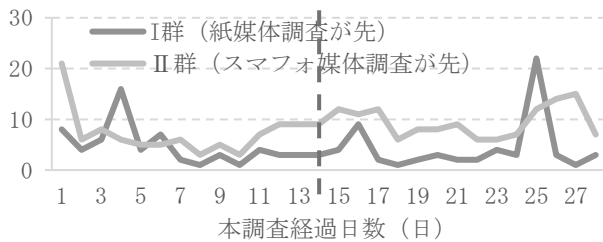


図 4 本調査経過日数別イベント数

さらに、図5は、図4を7日間ごとに集計して4週分にまとめたものである。図4同様、破線は調査媒体の切り替わりを表す。これを見ると、I群においては、紙媒体調査に回答している調査期間Aの1週目から2週目でイベント数が60%以上も減少している。その後調査期間Bに入り、スマートフォン媒体調査に切り替わってからイベント数は増加しているが、最終的に1週目の数値までは回復していない。一方II群に目を向けると、スマートフォン媒体調査に回答している調査期間Aの1週目から2週目の落ち込みは21%にとどまっている。さらにその後調査期間Bに入ると紙媒体調査でもイベント数は高いままに保たれている。調査期間Aに使用した調査媒体が被験者の持つ調査への印象をもっとも大きく形成すると仮定すると、以上の結果はスマートフォン媒体のほうが被験者に与えるストレスが少ないという3-3の結果を反映していると考えられる。また、調査期間Bに入ってもI群のイベント数の回復率がそれほど高くなかった点を加味すると、複数の調査媒体を用いて調査を行なう際には、被験者がはじめに回答する調査媒体の印象は、もっとも大きいだけでなく、その調査全体の印象を決定づけてしまう可能性があるという示唆を得た。

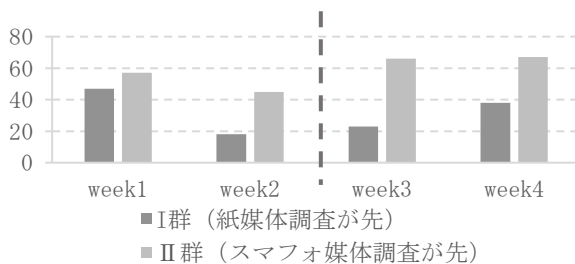


図 5 本調査週別別イベント数

4. スケジュールデータとGPSログとの照合

4-1. GPSログの整理と抽出

以下では、スケジュール調査のデータを、GPSログの形で得られた位置情報データと照合することによって、移動を伴う活動をどの程度説明できているかという視点から、スケジュール調査自体の有用性について検討する。

調査期間A、Bの間、被験者がアプリへの位置情報許可を設定しており、アプリがアクティブ状態（使用中お

よびバックグラウンドで起動している状態を指す) になっている場合には、アプリによって被験者の位置情報データがGPSログの形で収集される。GPSログは、全期間、全被験者のものを合わせて8,945件(被験者一人あたり596件)である。

取得された位置情報は、2~3分程度の間隔で、一回前に取得された位置情報から一定距離だけ離れていた場合に限り、データベースに送信される仕組みとなっている。すなわち、位置情報取得の条件を満たしている限りでは、位置情報が送信されなかった間、被験者はそこに滞留して移動していないことになる。そこで以下では、この滞留を活動と仮定し、スケジュール調査がそれをどの程度カバーできているかについて分析する。便宜上、以下の分析においては、「15分間以上の自宅外での滞留」をひとつの「活動」として定義する。まず、取得したGPSログを被験者別に時系列順に並べる。その中で、連続したGPSログ同士の時間間隔が15分間以上離れているものを抽出する。抽出した2つ1組のGPSログのうち、タイムスタンプが早いものを「GPSイベント開始日時」、遅いものを「GPSイベント終了日時」と呼ぶこととする。同時に、タイムスタンプが早いほうのGPSログにおける緯度経度を、「イベント位置情報」と定義する。この手法で抽出作業を行なった結果、上記のGPSログのうち全2,102組のGPSログが残った。

次に、抽出したもののうち、自宅内での滞留を除外する。紙媒体調査第1部で質問した被験者の自宅郵便番号を用いて、イベント位置情報が自宅位置情報から半径500m以内の滞留を自宅滞在として分析対象活動から除外する。なお、ここでは、緯度経度の形式で表された2点間の距離を算出する手法として、ヒュベニの公式を用いている。以上の工程で807組のGPSログが除外され、最終的に全1,295組のGPSログが残った。これら1,295組のGPSログをGPSイベントと定義して分析を行なう。

4-2. GPSイベントとスケジュールイベントのマッチング

まず、GPSイベントに対応するイベントがスケジュール調査上で登録されているかを照合する。ここで登録されているイベントとは、紙媒体調査第2部で得られた定期スケジュール、事前調査日に登録された調査期間前計画イベント、調査期間A、Bで得られたイベントのすべてを含む。なお、定期スケジュールに関しては、記入された頻度にしたがって期間内分のイベントとして拡大したものを扱う。照合の方法として、同被験者において、GPSイベント開始時刻からGPSイベント終了時刻まで

の間に時間的重なりを持つスケジュールイベントがある場合、そのGPS イベントを「カバー済みGPS イベント」、ない場合は「欠損GPS イベント」と定義する。さらに、重なりを持った場合、そのスケジュールイベントを、GPS イベントに対する「マッチング候補イベント」と呼ぶこととする。

全1,295件のGPS イベントのうち、カバー済みGPS イベントは792件、欠損GPS イベントは503件となっている。比率としては、スケジュールデータによるGPS イベントのカバー率は61.2%である。すなわち、スケジュールを登録する形での調査によって、調査期間中の被験者の実際の活動の60%強をカバーすることができている。図6はGPS イベントのカバー状況を被験者別に表したものである（位置情報許可を設定しなかった回答者Fについては、便宜上カバー率を0として表示した）。これを見ると、カバー率が80%以上の被験者が5人おり、一部の人のためにはスケジュール調査が実際の活動を高い割合でカバーできていることもわかる。

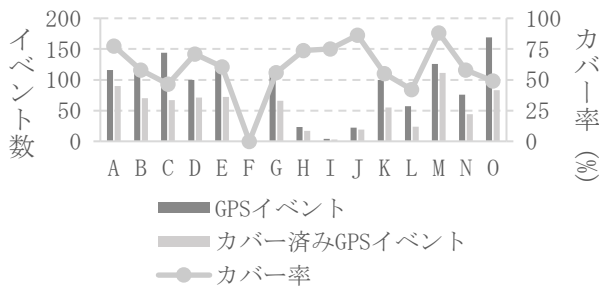


図6 被験者別カバー済みGPS イベント数およびカバー率

また、欠損GPS イベントについて、それぞれのGPS イベントのイベント長を見ると、欠損GPS イベントでは比較的短いイベント長のものが多くなっている。これは、被験者がイベント長の短い活動を登録し忘れた、あるいはスケジュールとして認識していなかったことに起因すると考えられる。このことは、調査後インタビューにて多く挙げた「時間長が短い活動は登録漏れになることが多かった」という意見からも裏付けられる。

4-3. GPS イベントとマッチングイベントの時刻のずれに関する分析

以下では、カバー済みGPS イベント792件を抽出して、スケジュールデータがそれらを説明する精度について考察を加える。具体的には、GPS イベントとスケジュールイベントについてそれぞれの開始・終了時刻のずれに関する分析を行なう。マッチング候補イベントの中で、カバー済みGPS イベントのGPS イベント開始時刻にも

っとも近い開始時刻を、「マッチングイベント開始時刻」と定義する。同様の手順でマッチングイベント終了時刻も定義する。

以下では、GPS イベントとスケジュールイベントの間での開始時刻・終了時刻のずれを、GPS イベント開始時刻・終了時刻とマッチングイベント開始時刻・終了時刻のずれとして定める。マッチングイベントとの開始・終了時刻に60分以上のずれがあるGPS ログに関しては、ずれが大きすぎるためにマッチングイベントと呼ぶことは不自然であると判断し、それらを除外した。その結果現れた分布を図7および図8に示す。なお、図中において「遅れ」はGPS イベント開始・終了時刻がマッチングイベント開始・終了時刻よりも遅いことを意味し、「進み」はその逆を意味する。これを見ると、開始時刻に関しては0~15分の進み、終了時刻に関しては0~15分の遅れをピークとして、正規分布に近い形をしている。開始時刻と終了時刻のずれのヒストグラムは左右対称に近い関係となっており、ピークだけでなく、外れ値に見える部分も左右対称となっている。両者に対して正規性を確認するシャピロ・ウィルク検定を行なったところ、開始時刻では $p=0.999$ 、終了時刻では $p=0.99$ となり、開始時刻・終了時刻ともに、ずれの分布の正規性を否定できないという結果といえる。

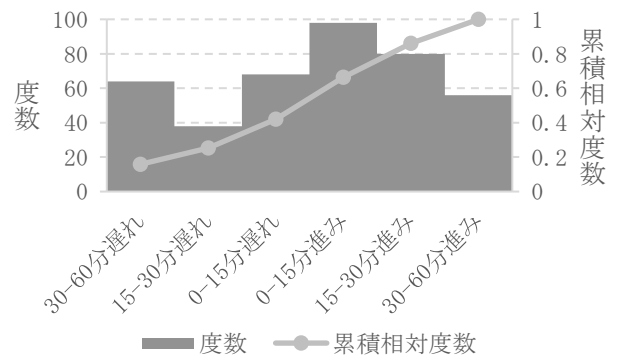


図7 GPS イベント開始時刻とマッチングイベント開始時刻のずれの分布

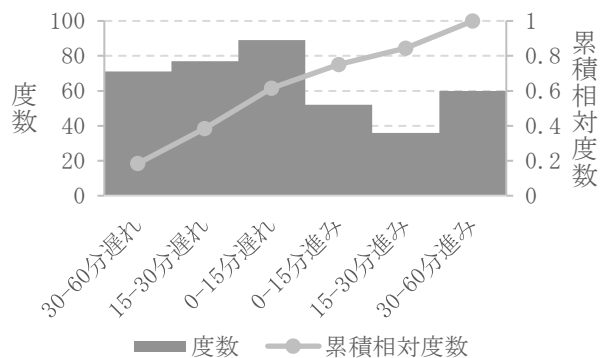


図 8 GPS イベント終了時刻とマッチングイベント
終了時刻のずれの分布

5. 結論と今後の課題

5-1. 結論

本研究では、わが国における既存の活動調査についてその特徴および利点と欠点を整理した上で、それらと補完的な価値を持つと考えられる新たな調査手法として、スマートフォン用スケジューラアプリを用いた調査を提案し、その有用性や限界について考察を加えた。以上の分析結果および考察から、本研究では以下が結論づけられる。(1)紙媒体調査に比べて、スマホ媒体調査では、回答ストレスおよび1イベントあたりの回答時間がともに少なくなった。今日の若者にとっては、紙媒体よりもスマホアプリのほうが受け入れられやすい可能性が高い。(2)スマホは常に携帯しているために出先でもイベントを登録しやすかったという意見が多くあり、合計イベント数としても、紙媒体調査よりもスマホ媒体調査のほうが多くなった。(3)スケジュールとして登録されたイベントはGPSイベントの60%以上をカバーしていた。中でも、カバー率が80%以上となった回答者が15人中5人おり、スケジュールが実際の活動に対してある程度の説明力を持つことが実証された。(4)スケジュールに対して欠落しやすいイベントに見られる特徴は、1)参加人数が回答者ひとりである、2)イベント長が短い、3)直前に決定した、の3点である。

5-2. 今後の課題

以下の点は本研究で明らかにできていない、あるいは解決できておらず、今後の課題としたい。(1)本研究では、便宜上GPSイベントを実際の活動と仮定したが、厳密にはGPSログは活動そのものを表しているわけではない。(2)欠損イベントについては、フォローとなるような他のダイアリー形式の調査と合わせてみていく必要がある。(3)本研究で行なった調査は、回答者が15人

と少なく、統計的な示唆を得ることができたかについては疑問がある。今後はより多くの回答者を募って調査を繰り返していく必要がある。(4)アプリを用いた調査は、若者にアプローチするには有効である一方で、ランダムサンプリングの考え方から見れば大きな欠点を抱えている。(5)スマホ媒体調査に対しては使いやすい等の肯定的な意見が多かった一方で、さらなる機能の充実や拡張を求める声もあった。本研究では筆者が独自に開発したアプリを用いたが、実用化に向けては民間企業等との共同開発も視野に入れるべきである。(6)本研究で利用した紙媒体調査およびスマホ媒体調査はともに筆者が独自に開発したものであるため、予算等については議論ができなかった。(7)一定規模を超えるような実用化に向けては、プライバシー保護の観点からも綿密な準備が必要である。

謝辞

調査の実施にあたり、協力を快諾してくださった15名の皆さまに心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東京大学大学院工学系研究科 都市生活学・ネットワーク行動学研究グループ, “BinN studies シリーズ ネットワーク行動学 -都市と移動- 公開ページ,” [オンライン]. Available: <http://bin.t.u-tokyo.ac.jp/kaken/>. [アクセス日: 21 1 2020].
- 2) Joshua Auld, Abolfazl(Kouros) Mohammadian Dept, “Activity planning processes in the Agent-based Dynamic Activity Planning and Travel Scheduling (ADAPTS) model”, Transportation Research Part A Policy and Practice, 2012
- 3) Ming S. Lee, Michael G. McNally, “On the structure of weekly activity/travel patterns”, Transportation Research Part A Policy and Practice, 2003
- 4) Sean T. Doherty, Eric J. Miller, Kay W. Axhausen, T Garling, “A conceptual model of the weekly household activity-travel scheduling process”, Travel Behaviour: Patterns, Implications and Modelling, 2013
- 5) 渡辺健太郎, “新たな調査モードとしてのSMSに関する基礎的研究 —携帯RDD調査との比較から—”, 日本世論調査協会報「よろん」, 2017
- 6) 前田忠彦, “第1回SSP 調査の設計と実施 概要”, 2015年階層と社会意識全国調査(第1回SSP調査)報告書, 2015.
- 7) 円山琢也, 宮原進, 三ヶ尻裕司, 佐藤憲洋, “郵送型PT調査における動的な予備調査票の投入手法の提案”, 交通工学論文集, 2015.
- 8) 佐藤嘉洋, 円山琢也, “交通調査回答特性の手法間比較分析 : 熊本PT調査における紙とWeb方式の比較,” 熊本大学制作研究, 2016.