

スケジュール支援システムによる移動情報の取得可能性と精度検証

Collection Potential and Accuracy Verification of Trip Information by Scheduling Support System

高比良 諭*¹ 金森 亮*² 伊藤 孝行*³
Satoshi TAKAHIRA Ryo KANAMORI Takayuki ITO

*¹名古屋工業大学 情報工学専攻

Nagoya Institute of Technology, Department of Computer Science

*²名古屋大学 未来社会創造機構

Nagoya University, Institute of Innovation for Future Society

*³名古屋工業大学 産業戦略工学専攻

Nagoya Institute of Technology, School of Techno-Business Administration

To discuss or evaluate certain policies for a smart city, it is effective to develop an agent-based simulation that can reproduce an individual's travel behavior and social interaction. Here, activity-travel data is needed to develop a behavior model. However, it is difficult to collect such data over a long time period due to a heavy burden on subjects of the survey. This study proposes a web system to collect an individual's schedule data easily from travel information. Our proposed system has two key characteristics: 1) travel information is recommended automatically based on the concept of a prism when the user enters a new schedule, 2) researchers can utilize users' schedule information as activity-travel data without conducting a special survey. We have an evaluation experiment of our system with users, who expressed satisfaction with the system's usability as well as operability. We also verified trip data collected by our system.

1. はじめに

都市交通などの社会システムに関する方策検討には、計算機上で実社会を仮想化するシミュレーション評価が有効である。一方、利害関係者が多い問題では特にシミュレーションの説明力と再現精度の向上が求められており、マルチエージェントモデルや効率的な実データ収集手法が研究対象となっている。これまで市民の活動・交通行動データを収集する手法としては、パーソントリップ(PT)調査[7]やアクティビティ・ダイアリー(AD)調査があり、近年ではIT化の流れに即して紙ベースからWebベースの調査手法となっている[5]。また、携帯電話の普及に伴ってGPSデータの利用もなされてきており、特に従来のPT調査やAD調査では収集困難であった経路情報に関する分析が注目されている。

一方で市民から活動・交通行動データを収集することは大きな調査負担となり、途中入力や事後確認の作業を省略した効率的・継続可能なデータ収集手法の一環として、GPSデータや加速度データから自動的に滞在や交通手段を特定する手法に関する研究が盛んになされている。

本研究では、より被験者の調査負担が小さく、継続可能な交通行動データの収集手法の一つとして、スケジュールの利用を提案し、次の3点を確認した。

- スケジュールを利用したトリップ収集が可能であること
- 移動手段の推薦はユーザにとって有用であること
- GPS情報と組み合わせることで、移動目的の特定精度を向上させることが可能であること

スケジュールを利用する最大の利点はGPSデータ等から自動判別しづらい「活動・移動目的」の情報が直接的に収集でき

ることである。また、従来のスケジュールに移動情報を同時に提供することで、利用者の利便性を向上させている。

2. 生活・交通行動データの必要性和最近の収集手法

2.1 生活・交通行動データの必要性

人々の行動履歴(アクティビティデータ)を収集することで、様々なシミュレーションに活用することができる。例えば、MATSim[2]は大規模エージェントベースの交通シミュレーションを実装するためのフレームワークである。MATSimフレームワークはさまざまなモジュールで構成されており、それぞれのモジュールは各研究者の実験内容にそって、独自の実装に置き換えることができる。MATSimは、モジュールによって、生成される出力を解析するための需要モデリング、モビリティエージェントベースシミュレーション、再計画、および反復シミュレーションを実行するためのフレームワークを提供する。データがより大量で正確なほどシミュレーションの精度も上がっていくことは明らかであり、MATSimのような大規模シミュレーションが必要とされている。

2.2 生活・交通行動データ収集の現状

生活行動実態把握は都市政策を決定する上で非常に重要な役割を担っている。交通シミュレーターにおいて、実際の都市の交通渋滞などをどう緩和させていくかを議論する際にも、実際にどの時間帯にどのような人々が何の目的である場所を利用するのかということが把握できなければ、混雑を根本から解決するには至らない。たとえば日本では、時差出勤導入を検討する際も社会実験レベルから本格実施レベルまで、さまざまな調査が行われている。

交通需要マネジメントの定義は様々なものが存在するが、国土交通省によると、「車の利用者の交通行動の変更を促すことにより、都市や地域レベルの道路交通を緩和する手法[6]」である。しかし、本定義は狭義の交通需要マネジメントであり、現在の交通需要マネジメントの定義としては、モビリティ・マ

連絡先: 高比良 諭, 名古屋工業大学 伊藤 孝行 研究室, 愛知県名古屋市昭和区御器所町, 052-735-7968, takahira.satoshi@itolab.nitech.ac.jp

図 1: 手書き入力調査用紙の例

ネジメントのように交通需要の背後にある人々の態度や価値にかかわる行動要因に踏み込んで、交通需要を含めた広義の定義が普及してきている [5]。つまり、「個人の活動場所や時刻などを変更することで交通需要を管理すること」も交通需要マネジメントといえる。従来の生活行動実態把握の手法は、手書き入力というアナログな手法が多い。調査用紙 (図 1) に日付と共に時間帯による移動方法を手書きで記入させ、調査用紙を回収して解析を行う。しかし、調査用紙を一定期間毎日記入することは非常に負担がかかることであり、また、一定期間しか続けることができないため継続的に情報の提供を受けることは非常に難しい。そこで、調査方法をデジタル化することによって、ユーザの負担を軽減しようという試みが近年行われてきた。その流れはスマートフォンを用いた調査へと進んでいる。実際に Yingling Fan らのスマートフォンを用いた研究 [4] では、アンドロイドスマートフォン向けに開発されたアプリケーション「UbiActive」で交通行動のモニタリング実験を行なっている。Yingling Fan らの研究から、UbiActive の交通行動や位置情報のリアルタイムデータを収集する機能に、交通行動をユーザが評価し報告する場合のデータと同様の能力があることが確認されている。実施されたテストでは、参加者の交通行動や交通関連の地点移動に対する意識を高めるために、スマートフォン技術を採用することが有効である可能性が示された。

2.3 類似目的のアプリケーション

アクティビティを収集するという観点から、自分のライフログを作成することを目的としたスマートフォンアプリケーション「Moves[3]」を紹介する。Moves は健康管理目的のアプリケーションであり、1日の自分の行動を把握し、行動のうちカロリーを消費する動作の継続時間などを自動で記録するものであった。公開当初から他アプリケーションとの連携を容易に行うための API を設けており、Moves で得たデータを解析や可視化する様々なアプリケーションが開発されていた。公開当初は有料アプリであったが、2014年4月に Facebook 社に買収され、無料で手に入れることが可能となった。Moves では、スマートフォンの加速度や GPS 位置情報を用いてユーザの移動と滞在を判定し記録する。移動について、移動手法は、

walk, run, cycling, および transport の 4 つに自動的に判別される。滞在地点は、位置情報に変化のなかった地点の GPS 情報とともに、地名が自動的に挿入される。滞在地点名はユーザが任意に変更したり、WEB 上に登録された店舗名から検索して選択することも可能である。

本研究では、Moves から得られたデータを目視によって判別し、移動および滞在地点の正解データの作成に利用した。

3. スケジューラシステムの作成

WEB 上で Google カレンダーライクなスケジュールの設定、変更、保存などを Javascript で実現したライブラリに dhtmlScheduler がある [1]。ソースコードが公開されており、比較的容易に新たな機能追加が可能なることから、本研究では dhtmlScheduler ライブラリを利用し、目的の機能を実装した。スケジュールの保存には一部 PHP を用いているが、dhtmlScheduler では、動的なスケジュール時間帯表示など大部分の機能が JavaScript で実装されているため、本システムの開発も主に JavaScript で行った。システムの基幹部分が JavaScript であるため、多くのブラウザで問題なく表示や編集を行うことが可能である。通常、PT 調査は1日の完結するトリップについて調査するため、本システムでは1日を超える移動トリップには対応していない。スケジューラとしての完成度を向上させるため、日をまたぐトリップへの対応は今後の課題となる。

図 2: 予定入力画面

スケジュール登録の際には路線検索を行い、前のスケジュールから対象のスケジュールの開始時間までの時間と比較をして、予定が間に合うかどうかを時空間プリズムにて判断し、間に合わない場合はエラーを出してスケジュールの再考を促す。間に合う場合はスケジュールに移動手段と時間帯を自動登録し、詳細な情報を知りたい場合はポップアップで内容を表示する。自動登録された移動スケジュールは、ユーザが追加したイベントスケジュールとは違う色で表示される。また、予定詳細を表示した際のポップアップウィンドウも、予定の属性によって変更される。ユーザが追加したイベントの詳細設定表示例を図 2 に示す。

ユーザがスケジュールを入力すると、同時に指定された場所、到着出発における時間の余裕、優先交通機関などの情報を利用して、スケジュール開始時間に間に合う移動経路があるか、後続のスケジュールに間に合う移動経路があるかを確認し、いずれもクリアしていた場合はスケジュールと移動経路を登録する。間に合う移動スケジュールが存在しない場合でも、確認画面でユーザが問題ないと判断した場合は、システムの知



図 3: スケジューラに登録された経路

らない経路をユーザーが知っていると判断して、移動経路の自動登録をせずにスケジュールのみを登録する。ユーザーの望む交通機関が自動登録されなかった場合は、再検索をすることが可能である。登録したスケジュールと自動登録された移動経路は、図 3 のように簡易ウィンドウにて場所やおおまかな移動を確認することが可能である。

本システムでは、会社や学校など自宅とは別に拠点とする場所がある場合、登録することが可能である。登録地点への滞在予定は、通勤・通学設定によっておこなう。勤務時間帯情報は、新しく予定を挿入する際の出発する場所と帰る場所の自動設定に利用される。

スケジュールからは、買い物や打ち合わせ、送迎などの正確な移動目的と手段、場所と、およその滞在時間と移動経路を取得することが期待できる。特に目的と場所については、ユーザーが直接入力するため、GPS 軌跡を用いた機械学習において、正解データとしての利用も視野に入れることが可能である。

4. スケジューラの評価実験

評価実験は、2014 年 10 月中旬～2014 年 11 月中旬の期間で行い、被験者は 21 歳～55 歳の男女 14 名とした。本システム（スケジュール）への入力と Moves による GPS 情報の収集は、実験期間中 2 週間前後行った。評価実験においてアンケートを行った結果を示す。

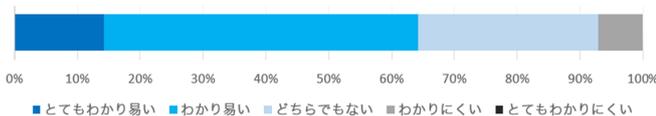


図 4: システムの操作はわかりやすかったか

まず、「システムの操作はわかりやすかったか」について約 65%のユーザーが「とてもわかりやすい」または「わかりやすい」と答えた（図 4）。「どちらでもない」と答えたユーザーを含めると 90%を越えるが、ユーザーの中でも高齢の方が、WEB スケジューラを初めて使うにあたって操作を覚えなければならず、評価が低くなった。一方、若年層のユーザーは WEB スケジューラ

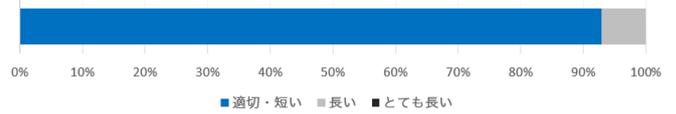


図 5: 経路検索時間は適切であったか

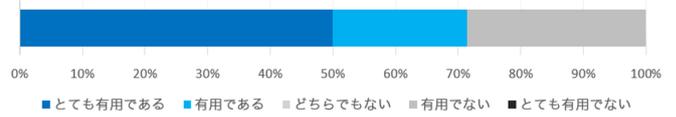


図 6: 本システムはスケジューリングに有用か

ラを利用した経験があるため、本システムの操作にもすぐに適応でき、評価が高くなった。次に、「経路検索時間は適切であったか」という問いに対して、約 92%のユーザーが「適切・短い」と回答した（図 5）。表示方法や検索順序を何度も変更して試行し、ユーザーへの検索結果表示時間を調整したため、多くのユーザーにとって検索時間が適切であると感じるシステムとなったことがわかる。最後に、「本システムはスケジューリングに有用か」という問いに対して、約 72%のユーザーが「とても有用である」または「有用である」と回答した（図 6）。スケジュールをパーソントリップ調査に活用するという目的の下で開発した本システムだが、スケジュールラとしてもユーザーにとって有用であったことがわかった。

5. 本システムから得られたデータの特性

本研究では、収集したアクティビティ内容の精度比較に、調査用紙を用いた手法と、2.3 項で紹介した Moves を利用して得たデータを利用した。本システムにはデータのアップロード欄を設け、調査期間終了後に Moves のエクスポートデータを本システムにアップロードさせた。収集したデータの特性をそれぞれ示す。

本システムを利用して得られたデータ

評価実験期間中の約 2 週間、被験者は自分の予定をスケジュールラに登録し、時間経過後に実際の動きについて修正と入力を繰り返す。システムは、すべてのスケジュール、利用交通機関、およびスケジュールの変更履歴を匿名の状態と収集し、解析する。被験者は、スケジュールアカウント作成時に、年齢情報や世帯情報とともに、自宅情報、勤務先情報も入力する。

Moves を利用して得られた GPS 位置情報データ

Moves を用いて、調査期間中の被験者の実際の動きを被験者のスマートフォンの GPS 位置情報から収集する。収集したデータは、正解データ作成時に利用する。

以上 2 種類のデータを用いて正解データを作成し、本システムの精度検証に利用する。スケジュールラから得られたトリップの中に、正解トリップデータと合致するトリップがなかった場合、当該のトリップは本システムでは得ることができなかった欠落トリップとして処理する。スケジュールラのトリップデータは、イベント期日より前に予定として入力されたものか、イベント終了後に事後入力として報告されたものかが把握可能なため、それぞれ事前入力データと事後入力データとして分けて比

較を行う。目的情報の比較は、GPSと地図情報から得られる滞在施設情報から推測した手作業による推定目的情報と、本システムから得たスケジュール名による目的情報とを比較する。

はじめに、トリップ数について検証する。正解データ中合致したスケジュールへの事後入力データと事前入力データの数は、表1総数列のようになった。事前入力では正解データの半分ほどしかトリップが取得できていないが、事後入力で実際の活動を報告させることによって取得できるトリップ数を大幅に増やすことが可能である。次に、評価実験外出日平均トリップ数を示す。外出日平均トリップ数とは、被験者が期間中の外出した日に1日平均どれだけのトリップ数であったかを表す指標である。結果は表1外出日平均列のようになった。トリップ数に差はあるが、スケジュールから得た情報を用いてトリップに変換することが可能であることがわかる。正解データの平均トリップ数と外出日平均トリップ数は、他のパーソントリップ調査の平均値と類似しており、作成した正解データの妥当性が確認できる。事前入力では取得できたトリップ数が正解データの半分未満であることもわかる。

表1: 取得トリップ数

データ名	総数	外出日平均
正解データ	695	3.64
スケジュールへの事後入力	522	2.73
スケジュールへの事前入力	317	1.66

次に、移動目的特定率を示す。正解データのうち位置情報のみから移動目的が特定可能な確率と、位置情報とスケジュールの情報を合わせることで移動目的が特定可能となった確率を比較する。結果は表2のようになった。スケジュールと位置情報を組み合わせることにより、位置情報のみからは判別不能であった移動目的を特定することが可能となる。

表2: 移動目的特定率

データ名	特定率 (%)
位置情報のみを利用	59.28
スケジュールへの事前入力と位置情報を利用	72.23
スケジュールへの事後入力と位置情報を利用	88.63

以上が本評価実験によって得られたデータの比較結果である。

6. 考察

GPSを用いて取得した時間位置情報と、本システムを利用して取得した情報を両方用いることによって、全体として精度の向上を図ることが可能になることについて考察する。

まず、正解データ作成の際にGPS情報では通過と判定され、滞在判定されなかったトリップが存在した。例を挙げると、「クリーニングに服を出す」や「塾への送迎」などである。GPS情報は、端末の位置情報を基準に目的地を判定するため、短期間の滞在や滞在を伴わないスケジュールの判別が難しく、滞在として判断されないと、トリップとしても抜け落ちてしまう。本システムを利用した調査では、短期間の滞在もスケジュールに登録することが可能なため、GPSの軌跡データと合わせて正しい移動目的と目的地を得ることが可能になった。

次に、GPSの滞在情報からだけでは判別不能な移動目的の収集が挙げられる。位置情報のみから推定可能な移動目的には

限界があり、表2が示す通り、位置情報から推定可能な移動目的は全体の59%程度である。位置情報から推定不可能な移動目的をユーザの入力から得ることは、トリップの正解データを作る上で非常に重要だが、スケジュールの情報を利用することによって特定率の向上が見込まれる。表2から、位置情報とスケジュールの事前入力情報とを合わせることで13%程度、事後入力情報と合わせることで20%程度の目的特定率の向上があったことがわかる。スケジュールの「事前入力」を利用しても目的特定率が向上している点が重要である。ユーザに利点の少ない事後入力に比べ、通常スケジュールの利用方法と同じように未来のことをスケジュールに登録する使い方でも、移動目的の特定に役立てることが可能であると言える。

以上により本システムの情報は、位置情報を利用したトリップ情報とうまく組み合わせることによって、移動目的の特定率向上という有意な利用価値があると言える。

7. まとめと今後の課題

本研究では、スケジュールから得られるデータをパーソントリップ調査に活用することができないか調査をした。スケジュール上で移動時間について把握するため、移動状況の計算を同一サイトのアプリケーション上で自動的におこない、ユーザに示すWEBアプリケーションを開発した。

今後の課題としては、ユーザから収集したシステムへの要望は、対応交通機関の拡充を求めるものが多かった。特に、普段自転車を中心に利用して移動している被験者からは、予定の事前入力の際に自転車の選択肢がないことが不便であると指摘された。現在、日本では無料で利用することができる自転車経路APIは公開されていない。対応策としては徒歩で経路検索を行い、所要時間に重みを掛けるなどが挙げられる。

参考文献

- [1] dhtmlxScheduler, <http://dhtmlx.com/docs/products/dhtmlxScheduler/>.
- [2] MATSim, <http://www.matsim.org/>.
- [3] MOVES, <https://www.moves-app.com/>.
- [4] Yingling Fan, Qian Chen, Chen-Fu Liao and Frank Douma “UbiActive: A Smartphone-Based Tool for Trip Detection and Travel-Related Physical Activity Assessment”, Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, 13-4250, TRB2013 Annual Meeting, 2013.
- [5] 有賀敏典, 青野貞康, 大森宣暁, 原田昇: Webベースの活動交通シミュレーターを用いた時差勤務制度に対する意向分析, 交通工学, Vol.46, No.4, pp.46-55, 2011.9.
- [6] 国土交通省道路局 — 道路交通の円滑化/TDM, http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tdm/TOP_PAGE.html.
- [7] 都市交通調査・都市計画調査: PT調査とは? - 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt.html>.
- [8] 藤井 聡, 北村隆一, 瀬戸公平, 生活行動に伴う個人の効用を考慮した生活行動—交通行動モデルシステムの開発, 土木学会論文集, No. 562/IV-35, pp. 83-96, 1997.