

スケジュールデータによる移動情報の精度検証

金森 亮¹

¹正会員 名古屋大学特任准教授 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail:kanamori.ryo@nagoya-u.jp

社会システムの改変にはシミュレーションによる事前評価が有効であり、都市交通に関するシミュレーションは、人々の活動・交通行動に基づいたモデル化がなされることが多い。従来はパーソントリップ調査、最近では携帯電話やスマートフォンの位置情報データを連続的に収集する手法によって活動・交通行動のデータ収集の効率化が図られてきた。一方、更なる長期間（数ヶ月や季節単位）のデータ収集を考えた場合、被験者の調査負担をできる限り軽減することが必要であり、継続的なデータ収集を可能とするシステム構築が望まれる。本研究では、特定被験者に限定されるものの、毎日利用するスケジュールシステムに着目し、活動・交通行動データの収集可能性を検証した。具体的には、スケジュール（イベント）の時間管理する際、同一サイト上で移動経路推薦を行い、移動情報を記録可能なシステムを構築し、利用者の事後的な確認がない場合に収集可能なデータ特性を分析した。

Key Words : スケジュールシステム, 活動・交通行動データ

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) 調査やアクティビティ・ダイアリー (AD) 調査があり、最近では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。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地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、今回開発したスケジュールは、従来のスケジュールに移動情報を同時に提供することが可能であり、利用者の利便性は向上している。

2. スケジュールシステムの実装¹⁾

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。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。スケジュール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。

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下図に示す。



図-2 経路の再検索結果の例



図-1 予定入力画面

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、システムの知らない経路をユーザが知っているとして判断して、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。

ユーザの望む交通機関が自動登録されなかった場合は、図-2のように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、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。例えば、自宅

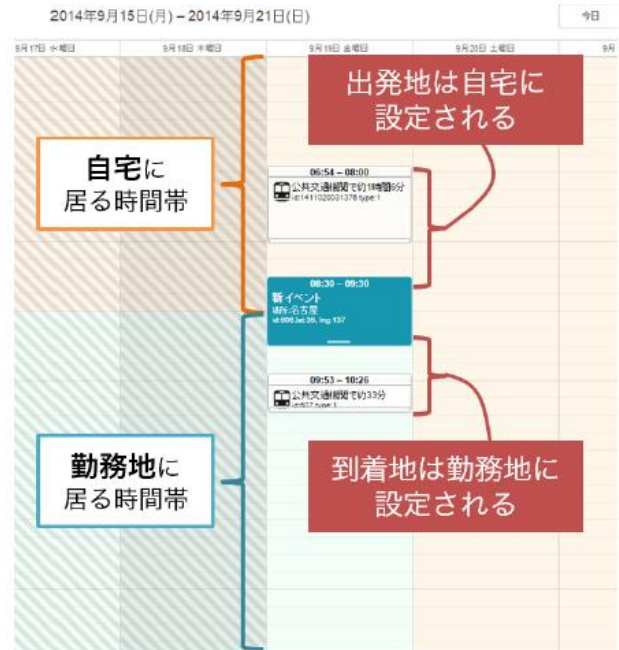


図-3 勤務設定による出発・到着地自動設定

にいる時間帯に新しくスケジュールを挿入すると、スケジュールに出発する地点とスケジュール後に帰る地点が自動的に自宅に設定される。また、勤務時間帯に新しくスケジュールを入れると、スケジュールに出発する地点とスケジュール後に帰る地点が自動的に勤務地に設定される。さらに、自宅にいる時間帯と勤務時間帯にまたがるように予定を入れると、出発地は自宅に、スケジュール後の目的地は勤務地に設定され、家を出て用事を済ませた後そのまま会社に行く状態となる(図-3)。より正確に勤務時間帯を設定しておくことで、自動的に設定される出発地点と到着地点が正確になる。

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。

3. スケジュールシステムの評価実験

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13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。

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%のユーザが「とてもわかりやすい」または「わかりやすい」と答えた。「どちらでもない」と答えたユーザを含めると90%を越えるが、ユーザの中でも高齢の方が、WEBスケジュール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、若年層のユーザはWEBスケジュール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、「経路探索時間は適切であったか」という問いに対して、約92%のユーザが「適切・短い」と回答した。表示方法や検索順序を何度も変更して試行し、ユーザへの検索結果表示時間を調整したため、多くのユーザ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。

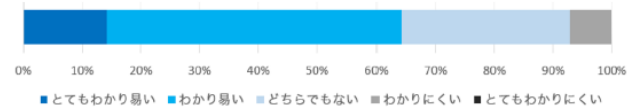
最後に、「本システムはスケジュールリングに有用か」という問いに対して、約72%のユーザが「とても有用である」または「有用である」と回答した。スケジュールをパーソントリップ調査に活用するという目的の下で開発した本システムだが、スケジュールとしてもユーザにとって有用であったことがわかった。

アンケートには自由記述欄も設置した。「開始時間が決まっているスケジュールへの出発時間がわかり便利だった」という事前に移動経路がわかる利点への意見や、「調査用紙を利用した記入では、訪問施設の住所や番地まで調べて書き込まなければならないが、本システムでは地図をクリックするだけで済ませることができる」といった既存手法と比較した感想も得ることができた。また、「以前の予定の中で移動時間も含めた自由時間が把握できるため、無駄にってしまった行動や時間帯を見直せた」という、時空間プリズムに基づく自由時間把握に関する感想を得られた。

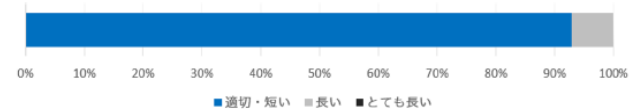
一方、「自転車移動にも対応してほしい」、「スケジュールのコピー機能がほしい」、「よく行く場所について登録したい」などのようなシステムの完成度に関する

意見も多かった。完成度に対する意見や要望を一つひとつ解決していくことによって、本システムの有用性も向上するが、今後の課題とする。

【システムの操作は分かりやすいか】



【経路探索時間は適切か】



【システムはスケジュールリングに有用か】

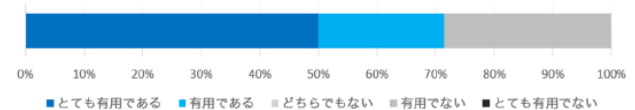


図4 システム利用に関する評価

4. 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、アプリの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GISの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。

表-1 総トリップ数の比較

データ名	トリップ数
正解データ	695 trips
スケジュールへの事後入力	522 trips
スケジュールへの事前入力	317 trips

次に、評価実験全期間平均トリップ数とを評価実験外出日平均トリップ数を示す。全期間平均トリップ数とは、被験者が期間中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。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-2、表-3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-2 全期間平均トリップ数

データ名	トリップ数
正解データ	3.29 trips
スケジュールへの事後入力	2.47 trips
スケジュールへの事前入力	1.50 trips

表-3 外出日平均トリップ数

データ名	トリップ数
正解データ	3.64 trips
スケジュールへの事後入力	2.73 trips
スケジュールへの事前入力	1.66 trips

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によって移動目的が特定可能となった確率を比較する。結果は表-4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、位置情報のみからで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-4 移動目的特定率

データ名	目的特定率 (%)
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

次に、トリップ中の出社・帰宅率を示す。トリップ中の出社・帰宅率とは、各種法で収集したトリップデータのうち、移動目的が出社、帰社、出校、帰校、および帰宅の中のいずれかである確率を表す。結果は表-5のようになった。事前入力では、日々のルーチンワークである出社や帰宅などを入力する傾向が強く、出社・帰宅率が高いことがわかる。また、事後入力と正解データの出社・帰宅率の差が少ないことから、事後入力で入力されるトリップには偏りが少ないことがわかる。

表-5 トリップの通勤・帰宅割合

データ名	該当率 (%)
正解データ中出社・帰宅率	52.95
事後入力中出社・帰宅率	53.92
事前入力中出社・帰宅率	69.09

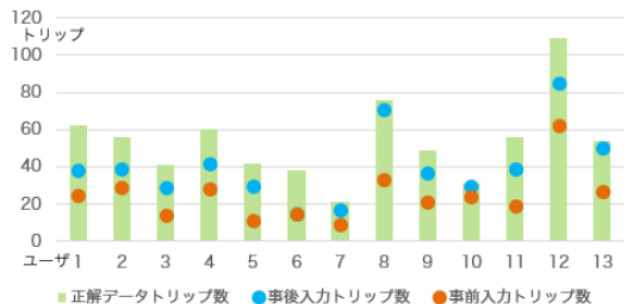


図-5 ユーザー毎のトリップ数の比較

次に、ユーザごとの特性をグラフにする。図-5はユーザごとの正解トリップ数と、同じユーザのスケジュール入力から得られた事前および事後入力のトリップ数を示している。ユーザごとのスケジュールの利用の仕方によって、得られるトリップ数に大きな違いがあることがわかる。ユーザ6のように事後入力が一切ない場合はスケ

ジューラから得られるトリップ数が極端に落ちた例や、ユーザ7, 8, および13のように事後入力によってほぼすべてのトリップをカバーできた例もあった。また、ユーザ10では事前入力のみでもトリップの高い取得率があることがわかり、ユーザによっては事後入力がなくてもスケジューラのみでトリップ収集が可能であることがわかる。

図-6はユーザごとの目的捕捉率について示したものである。GPS情報のみから得られたデータに加えスケジューラへの事前入力、事後入力によって追加で取得可能であった移動目的の比率を、ユーザごとに表している。事前入力と事後入力の比率はユーザによって大きく異なることから、スケジューラの利用の仕方によって、取得可能な目的情報が変化することがわかる。また、ユーザ6, 7以外は事前入力のみでも何らかの追加目的情報を得ることが出来ており、通常の利用方法のスケジューラから得られるトリップのみでも、目的情報の推定に役立つことがわかる。特にユーザ10は、地図情報からは移動目的が推定しにくいトリップが多かったため、スケジューラの目的情報が役立つ好例となった。

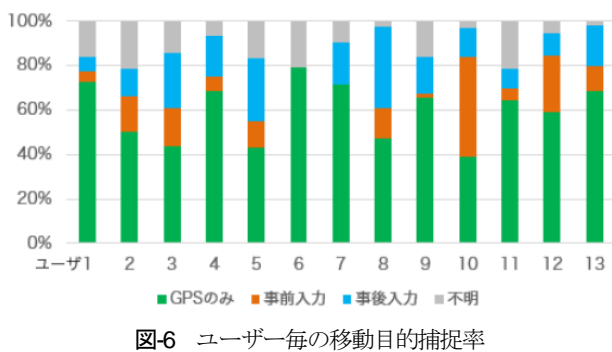


図-6 ユーザー毎の移動目的捕捉率

5. 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ラ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。

また、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-4の通り、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、スケジューラ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-4から、位置情報とスケジューラの手前入力情報とを合わせることで13ポイント、事後入力情報と合わせることで20ポイントの移動目的特定率の向上があったことがわかる。スケジューラの「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。ユーザに調査負担が掛かる事後入力に比べ、通常のスケジューラの利用方法と同じように未来のことをスケジューラに登録する使い方でも、移動目的の特定に役立つことが可能であると言える。

最後に、位置情報から目的情報が推定不可能であったトリップの中で、本システムから目的が特定できた事例を紹介する。例えば、あるトリップの位置情報から病院に数時間滞在していたことが確認できたが、位置情報だけでは移動目的が通勤であるのか、送迎であるのか、通院であるのかを判別することは難しい。しかしスケジューラに「介護訪問」というスケジュール名で同地点に登録があったため、当該の移動目的は「見舞い」であったことがわかる。同様の例が本評価実験で多数確認され、結果として表-4のように目的情報特定率の向上につながった。

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。

6. まとめと今後の課題

本研究では、スケジューラ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。スケジューラ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。時空間プリズムに即した移動制約条件を設定することで、移動時間を含めた活動可能時間を算出し、スケジュールへの移動時間を判断するとともに、移動開始時間や帰宅予定時間などもスケジュールアプリ上に把握できるシステムを実装した。

本システムの評価実験では、7割を越すシステムユーザから本システムはスケジューリングに有用であると評価された。また、ユーザからはシステムの今後に対する意見を収集した。本システムを利用して取得された事前

入力データと事後入力データについて、従来調査やGPSを用いた調査などと比較した場合の、データの特徴を調査した。評価実験の結果から、本システムの事前入力のみではパーソントリップ調査と同等の精度を出すことは難しいが、本システムとGPS情報を結合することによって、GPS情報のみの目的特定率59%から、事前入力データを用いた場合は72%、事後入力データを用いた場合は89%まで移動目的情報の特定率を向上させることが可能であることがわかった。

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、普段自転車を主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。

また、スケジュールのコピー機能や繰り返し予定への対応も指摘された。本システムは、移動経路検索をスケジュール登録の際に毎回おこなわれる仕様になっており、期日を指定しない繰り返し予定の入力を許可すると、際限なく経路検索を続けてしまうため、対応不可能であった。今後は、経路検索のタイミングを見直し、移動経路についても繰り返し登録が可能な仕様に改めることによって対応する。他にも、よく行く場所について地点登録したいという要望があった。現在のスケジュールは、自

宅と勤務地の2箇所しか登録することができないが、登録可能数を増やすことによって対応可能である。また、将来的には過去の行動履歴からよく行く場所を抽出し、選択肢として提供するといった対応も構想している。

データ収集面での課題は、スケジュールの移動目的捕捉率をさらに向上させる手法である。ユーザがスケジュールの場所を登録した際に自動的に地図情報から施設情報を取得し、目的を推定してスケジュールに入力し、必要があればユーザに修正させる方法や、スケジュールとGPS情報をシステムレベルで連携させ、スケジュールに登録された予定の実施や時間変更についてユーザにリアルタイムに確認する方法などが挙げられる。

謝辞：本研究は名古屋工業大学高比良諭君（当時）と伊藤孝行先生との共同研究の一部である。また被験者の皆様の調査協力に感謝いたします。

参考文献

- 1) 高比良諭，金森亮，伊藤孝行：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，第29回人工知能学会全国大会，2015年5月。