

GPS携帯電話による大規模パーソンプローブ調査のための トリップ情報抽出手法に関する研究*

堀口 良太**, 長岡 亨***, 畑 成年***

By Ryota HORIGUCHI**, Toru NAGAOKA***, Narutoshi HATA***

1. はじめに

携帯電話へのGPS測位機能が2007年より必須化されることに伴い、これを利用した大規模なパーソンプローブ調査の現実味が増してきた。これまでも、携帯端末を利用した行動調査手法に関する研究事例¹⁾²⁾³⁾が報告されているが、特殊なセンサー情報が前提だったり、被験者にWWWダイアリーを記入してもらったりなど、端末の配布・管理や、被験者へのインストラクションに要する労力を考えると、これら手法を数万人規模の調査に適用するには、なおいくつかの課題が指摘される⁴⁾。

本研究では、一般的なGPS携帯電話を利用し、ダイアリーを併用しない、被験者への負担が小さい調査手法を前提とし、連続測位データの事後処理によってトリップ抽出、および移動モードと目的ラベルを推定するヒューリスティックな手法を検討する。これは、詳細かつ高い信頼性の確保を目指している既往の調査手法を規模の面で補完するものと位置づけられる(図1)。すなわち、既存の詳細な調査結果を使って、ヒューリスティックな処理をキャリブレートし、それを多数の連続測位データに適用しようとするものである。

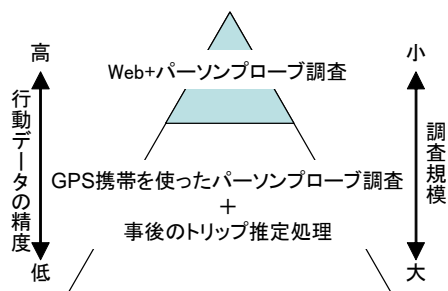


図1 本稿での提案手法と既往の調査手法との関係

* キーワード: パーソンプローブ, GPS 携帯電話, トリップ, 移動モード.

**正員, 工博, (株)アイ・トランスポート・ラボ, 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 3-7-5F-A, TEL: 03-5283-8527, E-mail: horiguchi@i-transportlab.jp

***正員, 工士, 西日本電信電話(株), 〒540-8511 大阪府中央区馬場町 3-15, TEL: 06-4803-3548, E-mail: {t.nagaoka|n.hata}@bch.west.ntt.co.jp

2. 提案手法の概要

(1) 前提とするGPS携帯による連続測位の仕様

近年のGPS携帯では、サーバとの通信を必要とせず端末のみによる自律測位が可能な機種が、主流を占めている。ここでは、以下の仕様に基づいた、一般的なGPS携帯で実行可能な調査用ソフトウェアの利用を想定している。

- ① ソフトウェアの起動中は、定期的に時刻、緯度、経度が記録される。
- ② 記録間隔は10~30秒程度とする(サーバへの送信頻度は任意)。
- ③ 移動中でない場合の端末操作は任意(ソフトが起動していても、いなくてもよい)。

すなわち、端末側での操作をできる限り排し、かつ少なくとも1日は連続稼働できるような電池消費量で、連続測位を実現するものである。

(2) 事後のヒューリスティックなデータ処理

取得された連続測位データは、以下の手順に従って処理される。

- ① GPS測位状態が悪い場合の、基地局測位状態のクレンジング
- ② トリップエンド(TE)とトリップの抽出
- ③ トリップ移動手段の推定
- ④ TEの集積によるアクティビティノード(AN)抽出
- ⑤ ANの滞在形態に基づく行動目的ラベル推定

なお、本稿では紙数の都合により、①については割愛する。

(3) 利用データ

ここでは、2003年に松山市で実施されたパーソンプローブ調査データ⁵⁾(松山PPデータ)に、提案するヒューリスティックな推定手法を適用し、同調査で得られているWWWダイアリーに記入された内容と比較することで、その有効性を実証的に評価する。表1は、本研究で利用したデータの概要である。

表1 利用したパーソンプローブ調査データ

データ取得期間	2003年12月5日～10日
被験者数	32名
利用端末	自律測位機能付きGPS携帯
測位間隔	約30秒
データ項目	時刻, 緯度, 経度
ダイアリー記録項目	トリップ移動手段 トリップエンド施設種別

3. トリップエンドとトリップの抽出

連続測位データから行動分析の基本単位であるトリップを抽出するため、以下のルールを適用して、トリップの端点、すなわちトリップエンド(TE)を推定した。

- ① ハンドオーバー状態のクレンジング後、位置がスムージングされた測位点の差分速度が v_s 未満の区間を停留状態としたとき、それが一定時間 t_s 以上継続し、かつ半径 r の円内に収まっている場合は「滞在TE」とする。
- ② 前後する測位点間の時間が t_m 以上空いており、かつ距離が $2r$ 未満の場合も「滞在TE」とする。
- ③ 前後する測位点間の時間が t_m 以上空いており、かつ距離が $2r$ 以上の場合、前者を「終点TE」とし、後者を「起点TE」とする。

図2に各TEの概念図を示す。起点・終点TEは、被験者がGPS形態の測位機能を起動しないまま移動した場合など、必ずしもその地点で滞在したことが保証されない、トリップの見かけ上の端点である。

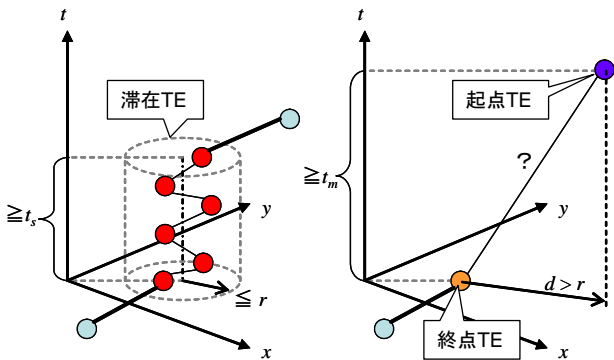


図2 滞在TEと見かけの起点・終点TE

推定に際しては、上記の各パラメータを調整しながら、ダイアリー情報から得られるトリップ長分布と推定結果のそれを比較することで、もっとも良好なパラメータを選んでいる。図3は、滞在判定時間 t_s 、滞在半径 r 、不連続判定時間 t_m をそれぞれ 300

秒, 100m, 600 秒とした場合の、トリップ長分布の比較である。トリップ長が1km以上については、適正に抽出されているといえるが、300m未満のものは過小に、また600m～1kmの範囲では過大に推計されている。これは、滞在半径の大きさによっては、短いトリップを抽出することができず、その分、前後のトリップ長が長くなってしまふことなどが原因と考えられる。

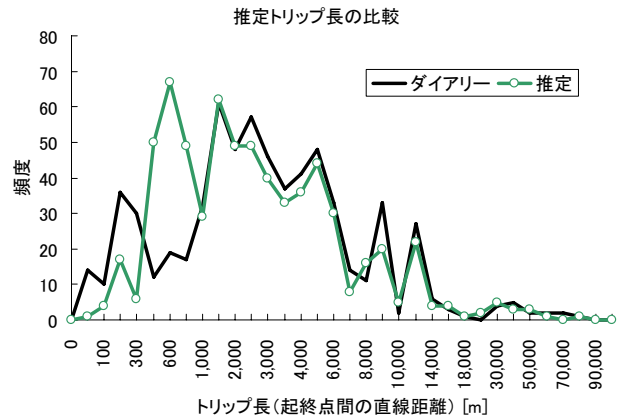


図3 推定トリップとダイアリーとのトリップ長比較

4. トリップ移動手段の推定

トリップ移動手段の推定は、前司ら⁶⁾の手法に基づく。すなわち、測位誤差を含む10～30秒程度の連続測位データで、前後する2点間の「レグ」の見かけの速度と方位角速度を求め、それらの分布、および直前数レグにおける標準偏差の分布などから、各移動手段の特徴量を見だし(図4)、判定ルールを作成するものである。

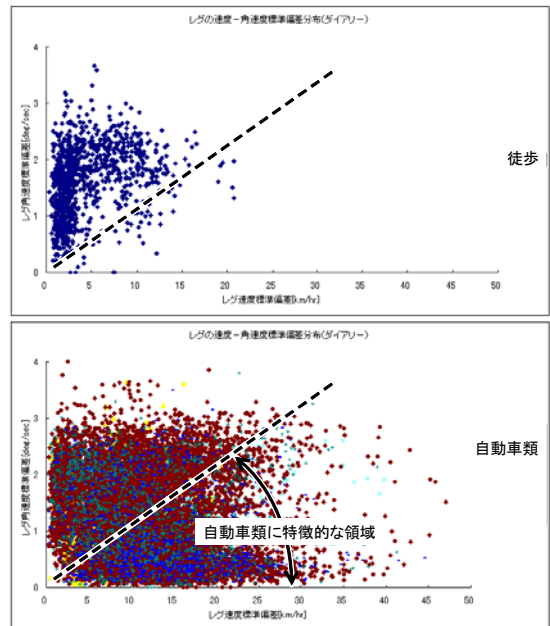


図4 特徴量の例 (レグ速度—角速度標準偏差分布)

上述の手法は、端末でのオンライン処理も可能なよう、逐次処理によって、測位点ごとに移動手段を推定するものだが、ここではオフライン処理が前提なので、トリップを構成する各測位点に対して、同処理を適用し、トリップ中でもっとも数が多い移動手段を一次判定値として採用する。ただし、松山 PP データを使って判定パラメータを調整したところ、「自転車」を判定する閾値を決めるのが困難であったため、二次判定として、トリップの外形情報を使ったルールを追加している。

図5は、トリップ中のレグ速度の60%マイル値を横軸として、トリップ数の累積頻度分布を示したものである。ここで、「徒歩」と「自転車または自動車」の差が最も大きい8km/h付近に閾値を設定すれば、両者を分離する精度の良いルールを作成できることがわかる。同様に、速度の80%マイル値についても調べ、以下のような二次判定ルールを設定した。

- ① 一次判定が徒歩であっても、速度の60%マイル値が8km/h以上、かつ80%マイル値が20km/h未満であれば、自転車とする。
- ② 一次判定が徒歩であっても、速度の80%マイル値が20km/h以上であれば、自動車とする。
- ③ 一次判定が自動車であっても、速度の80%マイル値が10km/h未満であれば、徒歩とする。

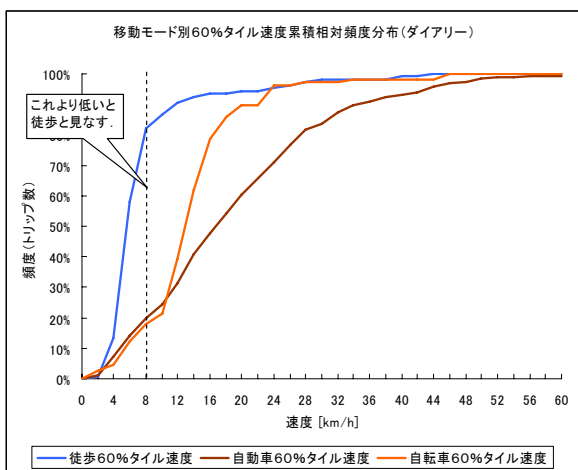


図5 レグ速度60%マイル値のトリップ数累積分布

表2は二次判定ルールを適用後の、移動手段推定値をダイアリーでの移動手段と照合した結果である。自動車については90%の的中率を、また徒歩もデータ数が少ないものの、76%の的中率となっている。なお、1トリップ中の測位点数が10点に満たない

ものは、一次判定が不明となるため省いてある。また、松山 PP データでは、鉄道利用のトリップが654トリップ中8トリップと極端に少なかったため、今回は評価対象外とした。

表2 移動モード推定結果
(1トリップ中の測位点数が10個以上のもののみ)

ダイアリー 移動手段 推定 移動手段	徒歩	自転車	原付・自二	タクシー	乗用車(含軽)	バス	合計	正答率
自動車	5	26	0	2	219	1	304	89%
自転車	1	25	0	0	12	0	39	64%
徒歩	19	5	0	0	13	1	42	45%
合計	25	56	0	2	244	2	385	76%
的中率	76%	45%	90%				69%	

5. アクティビティノードの抽出

ある被験者について、TEが集中しているエリアは、何らかの目的を持って繰り返し滞在する傾向があるとみなし、これをアクティビティノード(AN)として抽出する。3.で述べたように、TEには「滞在TE」だけでなく、滞在かどうか断定できない「起点・終点TE」も抽出されているが、これらも近接して記録されている場合は、ANを起点(終点)としたトリップの開始(終了)点であると考えられるため、抽出処理の対象としている。

抽出処理には、階層的クラスタ分析法の一種であるセントロイド法⁷⁾を適用した。ただし、今回は、閾値半径300mの円内のTEのみを1つのANに集積している。これは、図3のトリップ長分布で、300m未満のトリップの推定精度が高くないことから、これよりも詳細な空間分解能での議論には不向きであるとの考えに基づいたものである。なお、閾値半径の値は、高層の建築物が密集する商業地区や、低層の住居地区など、GPS測位精度に影響をあたえる地区特性の別に、適正な値を考慮すべきであるが、これは、今後の研究課題としている。

6. トリップ移動目的ラベルの推定

抽出したANのうち、関連するTEの数が多いもの、すなわち頻繁に滞在しているものについては、そこでの滞在時間分布の特徴から、ある仮説を立てて、場所に関するラベルを推定するルールを作成できる。

ここでは、各被験者の「自宅」を推定する以下のルールを例示する。すなわち、「夜間は自宅に滞在している」という仮説に基づき、あるANに関連するTEについて、以下の場合にポイントを付与し、合計が1点以上のものを自宅と推定するものである。

- ① 滞在型TEで、5:00の時点で滞在しているものに1点を付与する。
- ② ある1日の起点TEが、7:00～9:30に出発している場合(0.8点÷該当TE数)を付与する。
- ③ ある1日の終点TEが、18:00～24:00に到着している場合(0.2点÷該当TE数)を付与する。

このルールには、図6のような滞在パターンを持つANが適合し、32名中28名の「自宅」が的中する結果を得た。また、滞在パターンを時間帯で条件付けて「勤務先」を推定する同様のルールを作成し、勤務地がダイアリーに記入されている27名中17名について、的中する結果を得た。

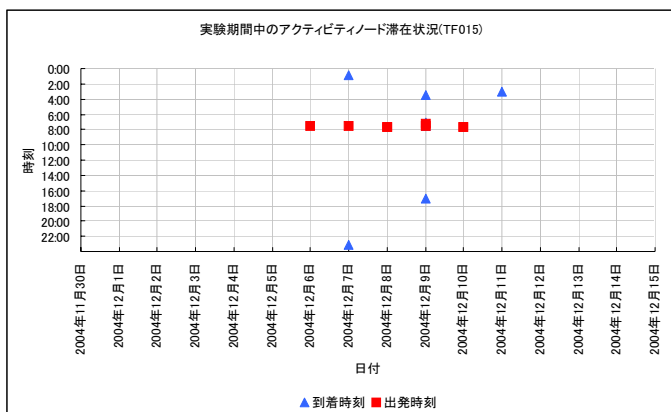


図6 ある被験者の自宅と推定されたANの滞在状況

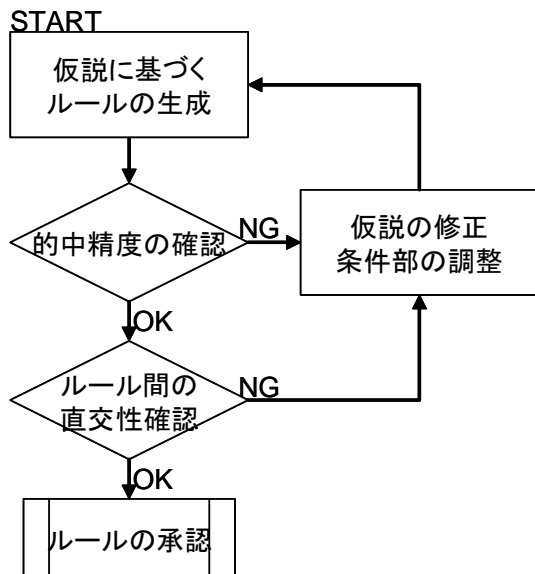


図7 新規ルールを追加する場合のチェック手順

これらのヒューリスティックなルールは、実際には図7に示す手順を経て決定される。すなわち、ある仮説に基づいてルールを生成した場合、その適用結果をダイアリーと比較した場合の的中精度が十分で、かつ同一条件に対して異なる結果を導出しないことを確認しながら、その条件を調整するものである。

このように推定された「自宅」と「勤務先」を直接つなぐトリップ、および間に滞在時間が30分未満の滞在TEを含んでつないでいるトリップチェーン全体に対して、「通勤」「帰宅」というラベルを付与した場合、通勤トリップの92%、帰宅トリップの68%を的中させる結果を得た。

なお、ここで示したトリップの目的ラベル推定ルールは、日常的に繰り返し発生する通勤行動を対象とするものであり、レジャーや買い物といった、それよりも頻度が低いトリップについては、今回の5日間のデータでは評価できなかった。これらは、今後の課題としている。

7. まとめ

以上において、GPS携帯を用いた連続測位データのみを利用し、事後処理でトリップ抽出、移動手段推定、およびトリップ目的推定を行う手法について、松山PPデータへの適用を通して、その適用可能性を検討した。今回のデータでは非常に少数だった鉄道や飛行機などのトリップ移動手段を推定するルールや、買い物・レジャーといった、頻度の低いトリップ目的を推定するルールなど、十分な検討ができなかったものへの対応や、今回は、ダイアリー情報が得られている被験者32名への適用にとどまっているが、これによってキャリブレートされた一連のヒューリスティックな処理を、本来の意図である、より多数のデータに適用した場合、結果の信頼性をどのように評価できるかは、今後の課題といえる。

謝辞

本研究を進めるに当たり、貴重なデータの利用についてご理解をいただき、便宜をいただきました、愛媛大学工学部環境建設工学科・羽藤助教授、国土交通省国土技術政策総合研究所ITS研究部・牧野主任研究官、同道路研究室・井坪研究官の各位に、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 大森宣暁, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: 高度情報機器を用いた交通行動データ収集の可能性, 都市計画学会学術研究論文集, 1999.
- 2) 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, Vol. IV-48, pp. 95-104, 2000.
- 3) 羽藤英二, 小島英史, 横田幸哉: BCALsを用いた行動文脈の推定, 土木計画学研究発表会講演集, Vol. 31, 2005.
- 4) 井坪慎二, 羽藤英二, 中嶋康博: 情報技術の活用による交通行動調査の効率化・高度化に関する研究, 土木計画学研究発表会講演集, Vol. 31, 2005.
- 5) 小島英史, 羽藤英二: プローブパーソンデータによるオンラインマッチングアルゴリズム, 土木計画学研究発表会講演集, Vol. 29, 2004.
- 6) 前司敏昭, 堀口良太, 赤羽弘和, 小宮稔史: GPS携帯端末による交通モード自動判定法の開発, 第4回ITSシンポジウム2005論文集, 2005.
- 7) 宮本定明: クラスタ分析入門—ファジィクラスタリングの理論と応用, 森北出版, 1999.