

時空間メッシュ集計データを用いた 同化手法による人の流れの推定に関する研究

Estimation of Actual People Flow from Spatiotemporal Aggregated Data
Using Data Assimilation

学籍番号 47-126789

氏名 戸井田 亮祐

(Toida, Ryosuke)

指導教員 柴崎 亮介 教授

1. はじめに

近年、交通状況の把握やマーケティング活動の支援、さらには災害発生時の緊急対応といった観点から非集計の位置情報に対するニーズはますます高いものとなっている。特に、東北地方太平洋沖地震の例からもわかるように、発災直後には、帰宅困難や交通渋滞といった問題が二次的に次々と発生することが考えられ、これらに適切に対応するためには、時々刻々と変化する人の流れをリアルタイムで把握することの重要性は非常に高い。

近年の非集計位置情報の利用としては、携帯電話 GPS から得た位置情報をメッシュ集計したゼンリンデータコムの「混雑統計」や ITS Japan が公開した本田技研工業やパイオニアなどの各社によるプローブカー情報をまとめた「通行実績情報マップ」のほか、関本ら¹⁾が行った東京都市圏の震災時行動の分析や生形・関本²⁾が行った観光実態の分析があり、産官学が連携して、その可能性が検討されている。しかし、個々人の移動軌跡である非集計データは、機密性が非常に高いため、多くの人が使えようになるにはまだ時間がかかる可能性がある。

一方、関本らの「人の流れプロジェクト」³⁾では、パーソントリップ調査（以下、PT調査）を基にして、独自処理した人の流れデータの提供を行っている。こうしたデータを用いれば、都市における人の流れのある程度の再現が可能となるであろう。しかし、属性ごとに与えられた拡大係数による単純な全数拡大では、同じ属性をもつ数十人が1日中同じ行動をしたことになり、現実と乖離した状況となる可能性が高い。

こうした背景を踏まえて、本研究の目的を、比較的利用が容易なPT調査データを用いて、疑似的な非集計位置情報データを構築することとする。具体的には、静岡都市圏において、PTデータから人の流れのシミュレーションモデルを構築し、そのモデルに観測値を同化することで、モデルを補正し、より現実に近い人の流れデータの構築を試みる。

2. 使用したデータ

2.1 PT調査

PT調査データとは、無作為に選ばれた調査対象世帯に対して、調査票を配布して行われる最も基本的な交通実態調査であり、

交通行動の起終点、目的、利用手段、行動時間帯等の1日の詳細な交通データを得ることができる。

本研究では、人の流れを推定するに際して、静岡中部都市圏における平成13年の調査結果を使用した。調査対象者は約6.5万人であるが、本稿では、非鉄道利用者のみを対象とした。

2.2 携帯GPSデータ

データ同化に用いる観測値として、ゼンリンデータコムに提供いただいた「流動人口」データを使用した。流動人口データとは、個人の所有する携帯電話から取得したGPSデータをもとにして、メッシュ集計された統計データで、個人が特定されないよう秘匿処理が行われたものである。なお、その集計レベルは250mであり、1時間のタイムステップごとにメッシュ通過人数が記録されたものである。

3. 分析手法

本研究は、「シミュレーションモデルの構築」、「データ同化によるモデルの改善」、「推定結果の評価」の3部により構成される。そのため、それぞれ手法について段階的に述べることにする。

3.1 シミュレーションモデルの構築

まず、PT調査データのサブトリップOD間にそれぞれ5経路ずつの経路候補を生成させた。一般的に、PT調査データを全数拡大する場合には、層別拡大法により、属性ごとに与えられた拡大係数を用いて拡大する。しかし、本研究では、その経路候補により多様性をもたせることで、より現実に近い人の流れを表現できるようにした。経路探索には、Dial法を用いた。Dial法

は、単純な最短経路ではなく、各リンクのコストから、その分岐確率を算出し、確率的に経路を生成させる方法である。なお、経路探索には1回あたり1~2秒程度の時間を要するため、トリップ起終点の緯度経度をGeohash化(WxH≒120m×150m)することで、そのパターン数を187,061件から116,303件に減少させた。さらに、一度探索した経路をデータベースにキャッシュすることで、起終点パターンが同一の経路を何度も探索しないようにした。これにより、数日かかっていた処理を数時間程度にまで短縮することができた。

3.2 データ同化によるモデルの改善

データ同化とは、主に気象科学や海洋学の分野において行われている数値モデルの再現性を高めるための作業のことで、モデルに観測値を入力することで、より現実に近い結果を再現できるようになると言われている⁴⁾。近年では、人の流動推定においても用いられることがあり、店舗を対象とした比較的小規模なものから⁵⁾、都市圏を対象とした大規模なものまで⁶⁾、様々な検討が行われている。

本節では、人の流れの推定モデルに対して、流動人口データを観測値として同化することで、パーティクルの重み付けを行い、最終的にはモデルの改善を図る。具体的には、1時間のタイムステップごとに該当する時間帯の観測値を取得しながら、パーティクルの重みを更新していく。なお、重み更新には以下の式を用いた。ここで、 $w_s(i)$ はメッシュ s で i 番目に観測されたパーティクルの重み、 n_s はメッシュ s で観測されたパーティクルの総数、 $o_s(t)$ は観測値である。

$$\hat{w}_s(i) = \frac{w_s(i) \times o_s(t)}{\sum_{j=1}^{n_s} w_s(j)}$$

最後に、各トリップがもつパーティクルの重み合計値を1.0となるよう標準化する。ここまでがデータ同化の一通りの処理であり、本手法では、全てのパーティクルの重みが収束するまで、この処理を繰り返し行った。

3.3 推定結果の評価

推定結果の評価手法として、メッシュ交通量を採用した。メッシュ交通量とは、推定された人の流れから1時間あたりに各メッシュを通過する人数を集計したもので、真値と比較することにより、結果の精度をある程度評価することができる。ここでは、時間帯ごとのメッシュ交通量の比較、およびRMSEにより評価する。

4. 結果の評価

4.1 推定結果の評価

図-1に、500mメッシュにおける各時間帯の交通量の結果を示す。概ね、良好な結果を得ることができ、特に13~14時の昼間帯で高い相関を得ることができた。しかし、250mメッシュサイズでは、その精度は極めて低かった。図2は、17~18時のメッシュ交通量を可視化したもので、静岡駅周辺の主要道路において、交通量の過大評価がみられた。メッシュサイズが小さいほど、この影響を受けるため、これが精度の低下につながったと考えられる。

次に、1時間のタイムステップによるRMSEを図-3に示す。通勤・通学、および帰宅の時間帯において、他の時間帯よりも誤差が大きくなっていることを確認できる。

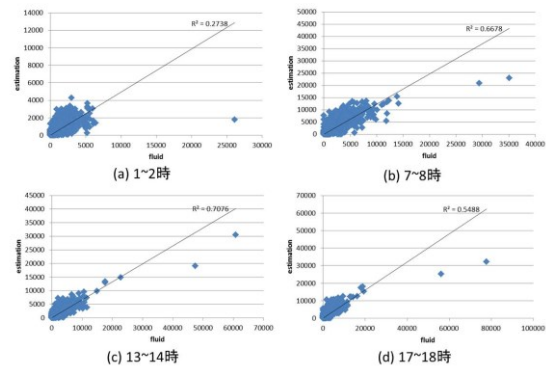


図-1 500mメッシュ交通量の比較

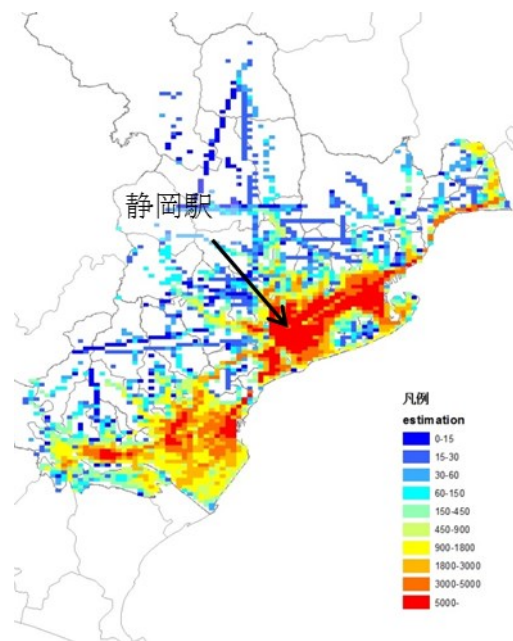


図2 17~18時のメッシュ交通量

これらの時間帯では、絶対的な移動数が多く、その行動も多様であると考えられる。しかし、本手法では、その経路候補が最大で5であったため、これだけでは実際の多様性を完全には表現できず、誤差が大きくなってしまったと考えられる。

4.2 本研究の手法の評価

本節では、クロスバリデーションにより手法の評価を行った。クロスバリデーションとは、解析手法の妥当性を確かめること

ができる統計的手法である。具体的には、データ同化において、評価に使用するメッシュを3分割し、2個のセットをトレーニングデータ、残り1個のセットをテストデータとして、手法の評価を行った。図-4は、RMSEによる手法の評価結果である。クロスバリデーションによる推定精度が、本研究の精度に一致していることから、本研究の手法が頑健性の高いものであることが示された。

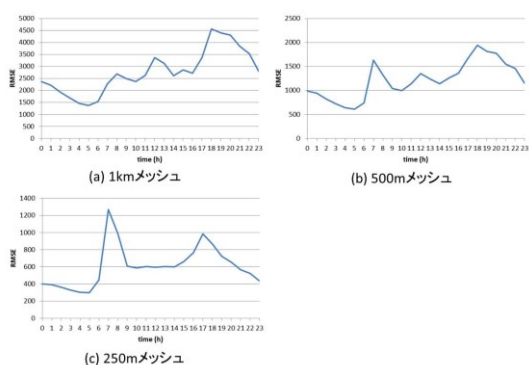


図-3 RMSEによる評価

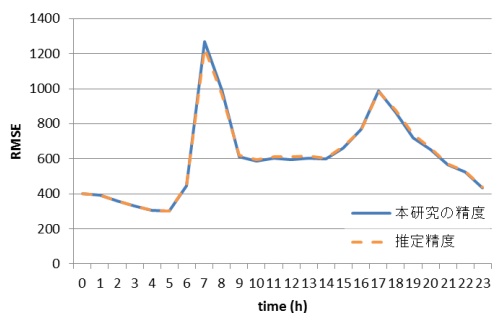


図-4 RMSEの比較による手法の評価

5. おわりに

本研究では、疑似的な非集計位置情報データの構築を目指して、静岡都市圏において、PT調査データから作成したシミュレーションモデルに観測値を同化することで、より現実に近い人の流れの再現を試みた。その結果、ある程度の精度を得ることができたが、主要道路に過剰に人が集中してい

るために、時間帯やメッシュサイズによっては極めて精度の低い結果となることがわかった。クロスバリデーションによる手法の評価では、その推定精度が本手法の精度とほぼ同等であることがわかり、本手法の頑健性を示すことができた。

今後は、以上に挙げた課題を解決し、推定モデルの精度を向上させるために、経路探索手法を含めて、パーティクルの生成手法について再検討する必要がある。

参考文献

- 1) 関本義秀、中村敏和、増田祐介、金杉洋: 大規模なGPS情報をもとにした東京都市圏における震災時の行動分析、土木計画学研究・講演集、Vol. 45、No. 249、2012
- 2) 生形嘉良、関本義秀: GPSデータによる観光実態の分析、土木計画学研究・講演集、Vol. 45、No. 370、2012
- 3) 東京大学空間情報科学研究センター: 人の流れプロジェクト、<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>
- 4) 中村和幸、上野玄太、樋口知之: データ同化: その概念と計算アルゴリズム、統計数理、Vol. 53、No. 2、2005
- 5) 中村敏和、関本義秀、薄井智貴、柴崎亮介: パーティクルフィルターを用いた都市圏レベルの人の流れの推定手法の構築、土木学会論文集D3(土木計画学)、2013(掲載決定)
- 6) 大瀧保明、胡丹、猪岡光、鈴木明宏: 携帯型装置による人間の移動行動の推定、計素行自動制御学会東北支部第222回研究集会、2005