

発展途上国の諸都市における交通統計を用いた人の流れデータセット 構築手法の開発

Development of Method of People Flow Data Set Using Transportation Statistics On
Cities in Developing Countries

学籍番号 47106774
氏 名 渡邊 淳人 (Watanabe, Atsuto)
指導教員 柴崎 亮介 教授

1. はじめに

近年，防災・環境・マーケティング・交通計画等の観点から，都市空間における日々の人々の流れを把握することが重要になってきている．そこで，東京大学空間情報科学研究センターでは，「人の流れプロジェクト」を立ち上げ，パーソントリップ調査（以下，PT 調査）等の時空間データから人の流れの再現に取り組んでいる．特に，近年では，独立行政法人国際協力機構（以下，JICA）が行った PT 調査（以下，JICA-PT）を用いた時空間内挿をすることにより，アジア・アフリカなどの発展途上国での人の流れの再現にも取り組んでいる．（Sekimoto, Y. et al. 2011）しかし，国内で確立された手法を発展途上国の諸都市に適用すると，「人の流れデータセット」の精度が低下することがある．それは，これらの都市では，日本国内のように，時空間内挿時に必要なネットワークデータ等が充実していないことが多く，時空間内挿が困難であるからだ．そこで，本研究では，グローバルで利用可能なデータと汎用的な統計的手法を用いて，高精度な「人の流れデータセット」を構築する手法を開発することを目的としている．

2. 課題

前述した通り，国内での手法を JICA-PT に適用すると「人の流れデータセット」の精度が低下するという問題がある．この問題は，以下の 3 点に大分できる．

- i : 時刻の回答が丸められてしまう傾向がある．
- ii : 調査エリア ID でのみ場所を表現．
- iii : ネットワークデータの品質が不均一．

本研究では，以上の 3 点の課題をそれぞれ解決する．

3. 手法

上にあげた 3 つの課題を解決するために，本研究では，以下の手順でデータセットを構築した．時間的平滑化，空間的平滑化，

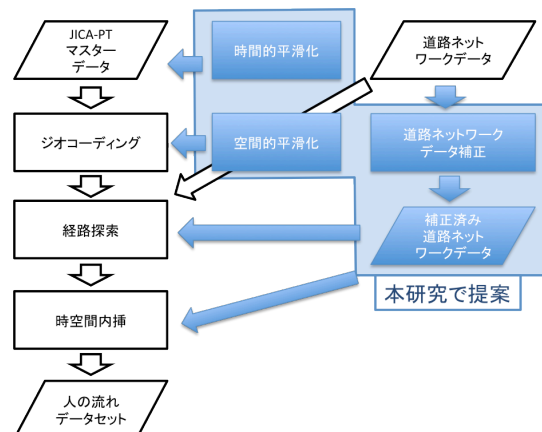


図 1 データセット構築のための処理の流れ

道路ネットワークデータ補正をすることによって、課題 i, ii, iii を解消した。これらの手法を以下に詳細に記す。

3-1. 時間的平滑化

JICA-PT 調査はアンケート調査であるため、出発・到着時刻が〇〇:00 や〇〇:30 などのきりの良い時刻（以下、ラウンドナンバー）に偏っている。これが時間的偏りであり、これを解消するために、カーネル密度推定を用いた平滑化を行った。カーネル密度推定は、確率密度関数を推定する手法であり、時空間データの平滑化に有効であることが知られている。カーネル密度推定は(1)式で算出される。

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (1)$$

x_i : 観測値

n : サンプル数

h : バンド幅

$K(\cdot)$: カーネル関数

カーネル関数は Gaussian 関数を採用した。また、カーネル密度推定のバンド幅を選定する際、既存の研究では恣意的に求めていることが多い。そこで、本研究では、自動的にバンド幅を選定できる手法を採用した。(H. Shimazaki, et al. 2010) 以下の(2)の C_n が最小となるようなバンド幅を選定する手法である。

$$C_n(h) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} \psi_h(t_i, t_j) - \frac{2}{n^2} \sum_{i \neq j} k_h(t_i - t_j) \quad (2)$$

$$\psi_h(t_i, t_j) = \int_a^b k_h(t - t_i) k_h(t - t_j) dt$$

3-2. 空間的平滑化

PT データでは、位置の情報を全て調査エリアの ID で表現しており、調査エリアの重心の緯度・経度を位置情報としている。そ

のため、調査エリアが大きい場所では、図 2 の赤点線のように、調査エリアの重心に偏りが出ることがある。この空間的な偏りを解消するために、空間的平滑化を行う。補間を行う際には、人口分布で重み付けされた補間を行うべきである。しかし、発展途上国の諸都市では、細かい人口分布のデータが入手困難なので、衛星画像から得られる土地被覆分類データ・全球で整備されている人口グリッドデータを用いて重み付けをし、空間的平滑化を行う。

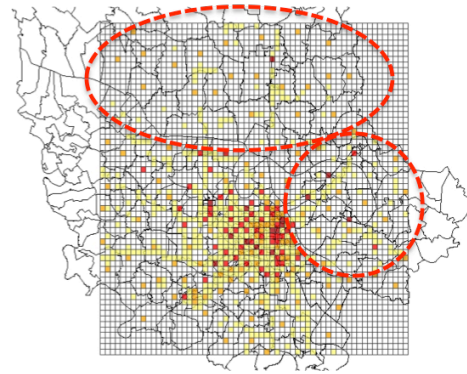


図 2 調査エリアの重心への空間的な偏り

3-3. ネットワークデータの補正

グローバルに利用可能なネットワークデータとして、ボランティアによって整備され、フリーで入手のできる OpenStreetMap のネットワークデータ（以下、OSM データ）を使用した。OSM データを用いて経路探索を行ったところ、接続されているべきリンクが接続されておらず、数%のトリップでしか経路探索を行うことができなかった。この問題を解消するためにノードマッチング処理を行った。ノードマッチング処理とは、(a)リンクの交差点にノードが存在しない場合には、その交差点にノードを、(b)リンクの端点から 5m 以内に他のリンクが存在する場合に、それらのリンクを結合する処理のことである。このノードマッチン

グ処理を行った前後での経路探索結果の評価を以下の2点について行った。

- i : 経路探索ができるかどうか.
 - ii : 得られた経路が最短経路かどうか.
- ii の評価には, (3)で求められる迂回率をもとに評価を行った.

$$\text{迂回率} = \text{経路長} / \text{OD 間の直線距離} \quad (3)$$

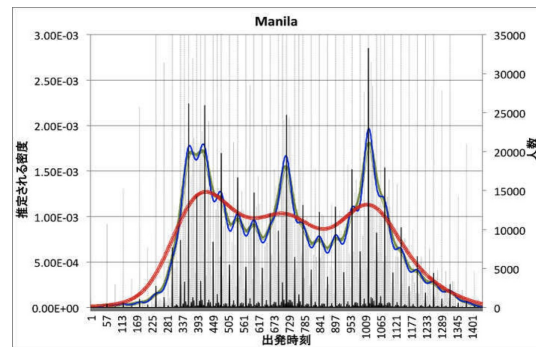


図 3 時間的平滑化の結果 (マニラ)

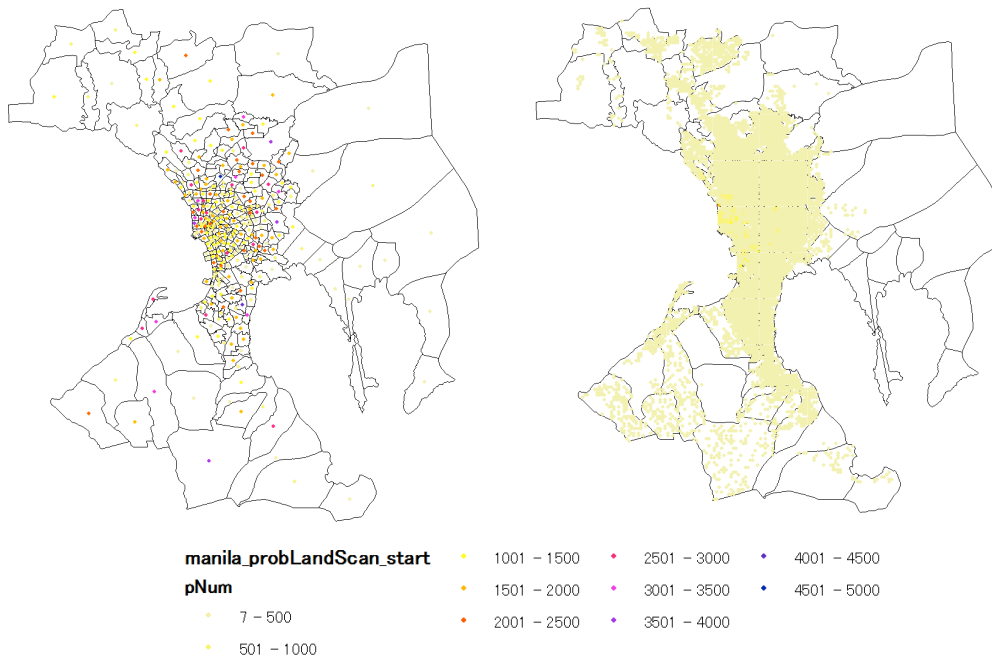


図 4 空間的平滑化前後でのトリップ発生場所の比較 (左図: 平滑化前, 右図: 平滑化後)

4. 考察

4-1. 時刻の平滑化

手法で述べたように, 既存の統計手法 4 種類を用いて, バンド幅選定を行い比較・検討を行い, 手法 iv を採用した. 図 3 のように出発・到着時刻のラウンドナンバーへの偏りが解消された.

4-2. 空間的平滑化

空間的平滑化を行ったところ, 図 4 のように, トリップデータに含まれる出発地点の空間的偏りが解消された. 出発・到着地点

に空間的平滑化を行った.

4-3. 道路ネットワークデータの補正

ノードマッチング処理によって, 道路ネットワークデータが補正され, 補正前に切れていたリンクが接続された. その結果, 経路探索成功率は, 全ての都市で約 90% 以上になり, また探索された経路のうち 90% 以上の経路の迂回率が 2 未満であった. このことから, 道路ネットワークデータ補正処理によって, 経路探索に十分な品質を持つまでに, OSM データを改善することができたことがわかる.

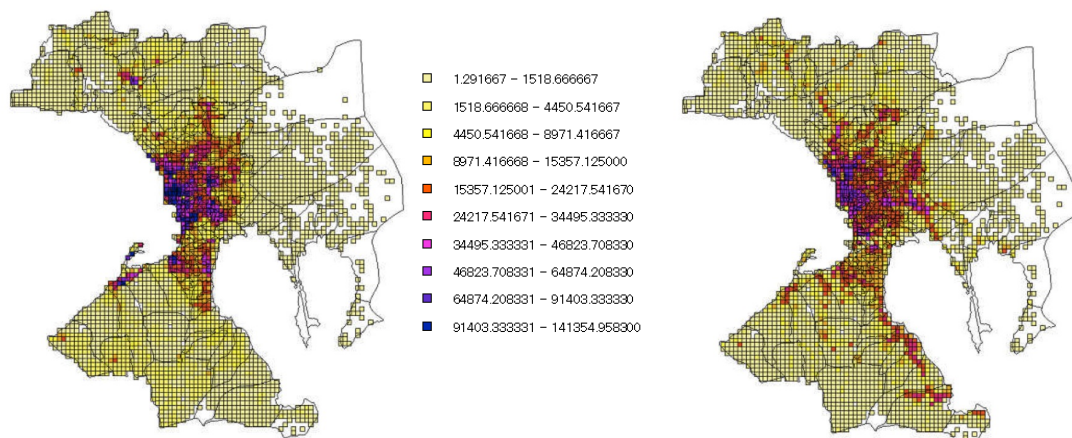


図5 グリッド集計人口の比較（左図：人の流れデータセット，右図：LandScan）

このようにして，3つの問題点を解消する手法を既存の人の流れデータセットに組み合わせてデータセット構築を行った．図5は，全球で整備されている人口グリッドデータ LandScan との比較の結果である．

5. 本研究の成果

本研究では，既存の人の流れデータセット構築手法を発展途上国の諸都市における交通統計に適用した際に生じる時間的偏り，空間的偏り，道路ネットワークデータの品質の3つの問題点を解決するために，時間的平滑化，空間的平滑化，道路ネットワークデータ補正を行った．これらの問題点が解消され，より現実に近い人の流れデータセットの構築が可能になったことで，発展途上国の諸都市の人の流れを様々な側面から把握することができるようになった．

6. 今後の課題と展望

今後の課題としては，各手法の改善があげられる．時刻を丸めるという人間の行動の傾向の知見を考慮した時刻平滑化や，より詳細な人口データを入手した場合はそれを考慮した空間的平滑化をする必要がある．また，道路ネットワークデータの品質評価をより正確に評価するための基準を設ける

必要がある．また，その評価基準を用いた道路ネットワークデータの補正も行われるべきである．

今後の展望としては，本手法を用いた他都市への展開が期待される．また，ライフログなどのデータとの統合も考えられる．交通統計とリアルタイム性の高いログデータ等を統合することで，より高精度な人の流れデータセットの開発が期待される．

6. 参考文献

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>

H. Shimazaki and S. Shinomoto(2010), “Kernel bandwidth optimization in spike rate estimation”, J ComputNeurosci(2010)29:171-182

OpenStreetMap : <http://openstreetmap.org/>

pgRouting: <http://www.pgRouting.org/>

Sekimoto, Y., Watanabe, A., Nakamura, T., Usui, T. and Kanasugi, H. : Digital archiving of people flow using person trip data of developing cities, The First Workshop on pervasive Urban Applications (PURBA) in conjunction with the Ninth International Conference on Pervasive Computing, San Francisco, 2011.