

経路情報に基づくグループ化を用いた OD 推定問題の自由度の削減

東京大学 *中村 廉 NAKAMURA Ren
05001218 東京大学 阿部 和規 ABE Kazuki
東京大学 藤井 秀樹 FUJII Hideki
東京大学 吉村 忍 YOSHIMURA Shinobu

1. 緒言

微視的交通流シミュレータは、交通に関わる社会問題の解決の手段として有用である。利用の際には現実を反映するシミュレーション結果が求められるが、そのために信頼できる入力データが必要である。特に交通需要は重要度が高い。Origin-Destination (OD) 表は交通需要を記述する形式の一つであり、車両の出発地・目的地 (OD ペア)・その間の通過台数 (OD 交通量) から構成される。OD 表は直接観測することができないため、推定手法が研究されている。

その一つに、シミュレータを推定モデルに組み込んだ手法[1]がある。この手法はシミュレーションモデルと推定モデルとが整合する点で四段階推定法[2]などの既存手法に比べて優れているが、少ないデータから多くの変数を推定する劣決定問題となっている。特に、ネットワークの複雑化に伴って変数の数が急速に増大する問題がある。本研究では、類似する車両経路をグループ化することで、OD 推定における自由度の削減を試みる。

2. 手法

図1に提案手法の流れを示す。

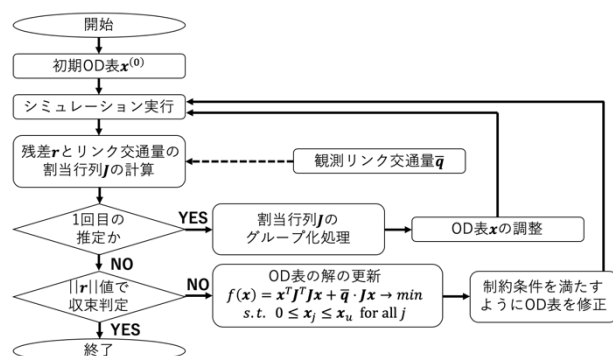


図1 提案手法の流れ

本研究では対象時間範囲内で OD 表が変化しない静的な系を仮定する。まず初期 OD 表 $x^{(0)}$ を与え、それを用いてシミュレーションを実行する。実行結果から、感知器の設置地点の推定リンク交通量 \hat{q} が求まるので、現実の観測リンク交通量 \bar{q} との残差 $r = \hat{q} - \bar{q}$ のノル

ムの 2 乗を最小化するように二次計画法を用いて OD 表の更新を行い、シミュレータ実行を順次繰り返す。

1 回目の推定終了時にグループ化の処理を行う。本研究では各車両が最短距離を優先して経路の探索を行う。試行によって経路が変化しない、すなわち各リンクの OD ペアごとの選択確率を記述する割当行列 J が変化しないと期待されるため、グループ化は 1 度だけ行う。

シミュレータには ADVENTURE_Mates[3]を使用する。これは著者らが開発するマルチエージェント型微視的交通流シミュレータであり、個々の車両の相互作用によって大域的な交通現象が再現される。出発地・目的地にできる点は、道路ネットワーク上の次数が 1 のノードであり、以下これを OD ノードと呼ぶ。OD ペアのグループ化は、割当行列 J の列ベクトルを用いて行う。割当行列 J は以下の式 1 にて定義する。

$$J_{i,j} = \begin{cases} 0 & (x_j < \delta) \\ q_{i,j}/x_j & (x_j \geq \delta) \end{cases} \quad (\text{式 1})$$

J の各要素は経路選択確率を意味しており、特に J の列ベクトルはある OD ペアから定まる経路に関する観測点の経由確率を表している。この列ベクトルが類似する OD ペアの組み合わせをひとまとめに扱う。本研究ではある 2 つの J の列ベクトルの類似性をコサイン類似度で評価している。ここで 2 つのベクトル a, b のコサイン類似度は以下の式 2 にて定義する。

$$\text{コサイン類似度} = \frac{a \cdot b}{|a||b|} \quad (\text{式 2})$$

コサイン類似度が閾値以上であれば 2 つの列ベクトルを同じグループとみなす。

3. 数値実験

数値実験には、格子状のネットワークをベースに、OD ノードを偏在させたものを用いる。図 2 に概形を示す。ノード数は 115、OD ペア数は 1122 である。観測点は OD ノードを結ぶリンク以外の全てのリンクに設置し、その数は 258 である。事前実験を行うことで得られる各リンクの通過交通量を取得して、それを観測リンク交通量として用いる。今回は事前実験を 5 回行うことで 5 通りの異なる観測リンク交通量を用いて実験を行う。また、

グループ化する際のコサイン類似度の閾値は 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 0.95 の 5 パターンで比較する. 図 3 にグループ化をしない場合のリンク交通量の再現性を示す.

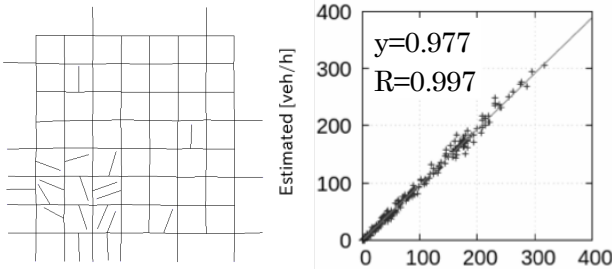


図 2 実験対象のネットワーク 図 3 グループ化なしの再現性

推定された OD 表に対応するリンク交通量の再現性の, グループ化のコサイン類似度の閾値における比較を図 4 に示す. 横軸と縦軸はそれぞれ観測・推定リンク交通量を示し, 点は各観測地点に対応する. また, 斜線は原点を通る近似直線を, R は相関係数を表す. 近似直線の傾きと相関係数が 1 に近いほどリンク交通量が正確に再現されていることを表す. この結果から, 閾値を 0.7 に設定するとグループ化によって再現性が低下することが分かる.

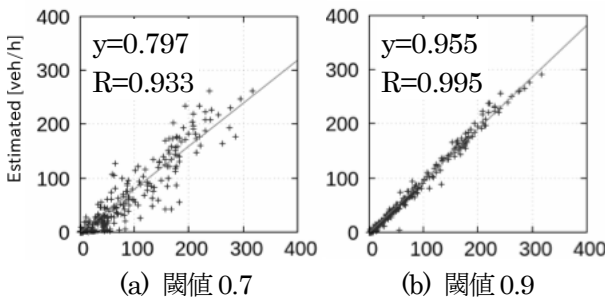


図 4 リンク交通量の再現性

また, グループ化の閾値を変化させた際の近似直線の傾きと OD 表の更新にかかる計算時間を表したグラフを図 5 に示す.

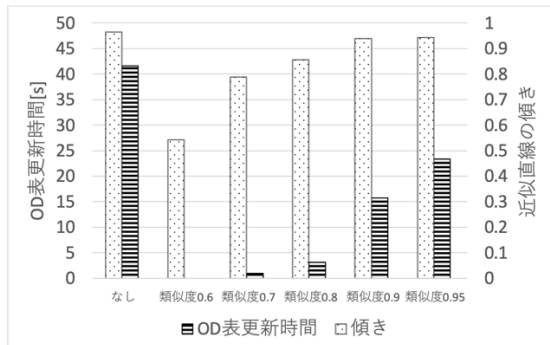


図 5 近似直線の傾きと OD 表更新時間の比較

閾値が高くなるほど傾きが 1 に近づき, 閾値が 0.9 以上ではグループ化を行わない場合と比べてほぼ同程度の再現度を有することが確認できた. 一方で OD 表の更新にかかる計算時間は, 閾値が高くなるにつれて計算時間が長くなることが確認された. これには最終的な OD ペアの数に相関があると考えられる. また, 閾値が低い場合には, 経路に相違がある OD ペアが過剰にグループ化されるため, リンク交通量の再現性は悪化する一方, 推定すべき OD ペアの数が少なくなるため計算時間が短縮されたと考えられる.

本実験ではネットワーク規模が小さいため, グループ化処理時間や OD 表の更新時間よりもシミュレーション実行時間が卓越し, 総シミュレーション時間に対するグループ化の効果は小さかった. OD 表の更新のオーダーやグループ化処理の計算量のオーダーの方がシミュレーション実行の計算量のオーダーに比べて大きい場合, 大規模なネットワークではグループ化により計算時間が短縮されることが期待できる.

4. 結言

OD 推定に対して OD ペアのグループ化を導入し, 問題の自由度削減を行った. グループ化において, 行列 J の列ベクトルに対するコサイン類似度閾値が 0.9 以上であれば, グループ化をしない場合とほぼ同等の再現性を有し, OD 表の更新時間の短縮が示唆された. 今後はより大規模なネットワークを用いるほか, 観測点などの条件を変更し, グループ化の特性を検討していきたい.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H02377 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] 阿部和規, 藤井秀樹, 吉村忍, 実都市における微視的交通流シミュレーションのための OD 表の推定, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2017 年秋季研究発表会アブストラクト集 (2017), pp. 180-181.
- [2] M. G. McNally, The Four Step Model, Handbook of Transport Modelling: 2nd Edition (2007), Emerald Group Publishing Limited, pp. 35-53.
- [3] S. Yoshimura, MATES: Multi-Agent Based Traffic and Environment Simulator - Theory, Implementation and Practical Application, Computer Modeling in Engineering and Sciences, Vol. 11 (2006), No. 1, pp. 17-25