

観測リンク所要時間を用いた動的 OD 交通量推定モデルの構築

岐阜大学 学生会員 ○小野 剛史
 岐阜大学 正 会 員 倉内 文孝
 岐阜大学 正 会 員 杉浦 聡志
 岐阜大学 学生会員 井戸 聖

1. はじめに

OD 交通量は、将来の交通需要予測や交通管制などの重要な基礎データとなり、詳細な施策の検討には時間帯別の OD 交通量のデータが必要となる。既存の OD 調査は道路交通センサスの起終点調査などのアンケート調査によって把握されるが、一日の集計値であることが多く、またプライバシーなどの観点から回収率が低下するなど、正確な OD 交通量の把握が課題となっている¹⁾。一方で、観測されている交通量から OD 交通量を推定する手法が数々提案されている。これらを用いることで、時間帯別で OD 交通量の推定が可能である。近年、情報通信技術の進展により、高精度で大量のデータの入手が可能となってきている。その中の 1 つに、プローブカーデータがあげられる。プローブカーデータは、車両の走行速度情報や位置情報等のデータが入手することができ、そのデータを使用することで OD 交通量の推定精度の向上が期待できる。本研究ではプローブカーデータからリンク所要時間情報が得られることを想定した、時間帯別 OD 経路交通量を推定するモデルの構築を行うことを目的とする。

2. OD 交通量推定モデル

本研究では、計算が比較的容易で、広域なネットワークに適用可能である最小二乗法を用いて OD 交通量の推定を行う。最小二乗法モデルの中でも観測リンク数が多くても少なくとも推定が可能な「統合モデル」(式(1))を適用する。

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{s \in S} \left(\sum_{a \in A_p} (\hat{v}_{as} - v_{as})^2 \right. \\ & \left. + \sum_{(i,j) \in W} \beta_{ij} \left(f_{ijs} \sum_{(i',j') \in W} t_{i'j's} - t_{ijs} \right)^2 \right) \quad (1) \\ \text{s.t.} \quad & t_{ijs} \geq 0 \quad \forall i, j, s \end{aligned}$$

ここで、 β_{ij} ：既存 OD パターンの重み、 t_{ijs} ：時間帯 s における OD(ij)交通量、 f_{ijs} ：時間帯 s における OD(ij)発生比率、 $\hat{v}_{as}$ ：時間帯 s におけるリンク a の観測交通量、 v_{as} ：時間帯 s におけるリンク a の交通量の推定値。

本研究でも用いるモデルに必要なインプットデータとして、観測リンク交通量、目的地選択確率、リンク利用率がある。実ネットワークへの適用を考えたとき、観測リンク交通量は車両感知器、目的地選択確率は道路交通センサスの OD データ、リンク利用率はプローブカーデータの所要時間データから交通量配分を用い

てリンク利用率を求めることとする。

3. 交通量配分

リンク利用率の算定時にはマルコフ SUE 型動的交通量配分²⁾を用いる。この配分手法は、循環経路や遠回りとなる経路を含むが、経路選択の柔軟性を表現できるという特徴を持っている。所要時間の設定方法は、観測できないリンクがあることも想定する。時間遅れは、便宜上リンク上に遅れが残ることとし、その分だけ残留交通量がという形で表現する。リンク容量制約は、リンク容量制約と残留交通量の有無の相補性条件として式(2)、(3)、(4)のように記述できる。

$$Ca_a - v_{as}^* - q_{a(s-1)}^* + q_{as}^* \geq 0 \quad (2)$$

$$q_{as}^* \geq 0 \quad (3)$$

$$q_{as}^* (Ca_a - v_{as}^* - q_{a(s-1)}^* + q_{as}^*) = 0 \quad (4)$$

ここで、 Ca_a ：リンク a の交通容量、 v_{as}^* ：均衡時の時間帯 s のリンク a の交通量、 q_{as}^* ：均衡時の時間帯 s のリンク a での残留交通量。

なお、残留交通量の考え方は厳密には経路フロー条件を満たすわけではないため、簡便的な表現となっている。所要時間が観測されているリンクは観測値も使用し(式(5))、観測されていないリンクは、容量を超える交通量が流れている際に残留交通量の大きさに応じた遅れが生じるものとし、式(6)に示す。

$$c_{as} = \hat{c}_{as} \quad (5)$$

$$c_{as}^* = g_a + q_{as}^*/Ca_a \quad (6)$$

ここで、 c_{as} ：時間帯 s のリンク a の所要時間、 $\hat{c}_{as}$ ：時間帯 s のリンク a の観測所要時間、 c_{as}^* ：均衡時の時間帯 s のリンク a の観測所要時間、 g_a ：リンク a の非渋滞時所要時間。

リンク利用率の算定方法は、循環経路を含むマルコフ型ロジット選択の結果により得られるものとする。設定された所要時間を用いて、式(8)、(9)、(10)の手順で OD 別リンク利用率を求める。リンク交通量は時間帯 s の交通需要を表現するために式(11)の条件が成立している。

$$\psi_{klatas} = \begin{cases} \exp(-\theta t_{as}) & \text{if link } a \text{ connects node } k \text{ to } l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$\Xi_s = (\mathbf{E} - \mathbf{\Psi}_s)^{-1} - \mathbf{E} \quad (9)$$

$$p_{ijas} = \xi_{ika} \exp(-\theta t_{as}) \xi_{laj} / \xi_{ij} \quad (10)$$

$$v_{as} = q_{a(s-1)}^* + \sum_{(i,j) \in W} p_{ijas} t_{ijs} \quad (11)$$

ここで、 $\psi_{kls}(\Psi_s)$: 時間帯 s のリンク $a(k_a, l_a)$ の重み、 $\xi_{kls}(\Xi_s)$: 時間帯 s のリンク利用行列、 $\mathbf{E}$: 単位行列、 p_{ijas} : 時間帯 s に出発した OD ペア (i,j) の交通量がリンク a を利用する比率。

4. 仮想ネットワークでの検証

モデル挙動確認のために、ノード数 15, リンク数 18, OD 数 9 つの簡単なネットワークにて OD 推定を行う。図 1 にネットワーク図とリンクの自由走行時間、容量が示す。インプットデータは、図 1 のネットワークにおいてマルコフ型 SUE が成立しているものとして作成した。リンクコスト関数は BPR 型とし、さらに残留交通量は配分された交通量がリンク交通容量を超える場合に、超えた分だけが次の時間帯に持ち越されるものとする。計算は 5 時間帯、各時間帯の長さは 60 分、既存 OD 交通量への重みは 0.25 とする。配分の結果、リンク 6, 8 が全時間帯で混雑（図中赤）が発生し、リンク 7, 11 が 3, 4 時間帯で混雑する（図中黄色）という結果となり、このデータを用いて推定精度を検証する。

各リンクの交通量、所要時間を 1 本ずつ欠測させた場合の推定結果を図 2, 3 に示す。混雑しているリンクが欠測しているときのみ誤差が生じ、混雑している時間が長いリンクほど欠測させると誤差が大きくなる傾向が見られた。また、所要時間の欠測よりもリンク交通量の欠測の誤差の方が大きい。さらに、リンク交通量・所要時間に正規乱数による誤差を与えた場合の推定結果を図 4 に示す。誤差率は 5%, 10%, 20% とし、各誤差率に対し 10 パターンずつ計算を行った。推定の結果、誤差率が 10% を超えたあたりから推定精度が悪くなる傾向が見られた。また、所要時間の誤差よりもリンク交通量の誤差の与える影響の方が大きい。目的地選択確率に正規乱数誤差を与えた場合の推定結果を図 5 に示す。この結果からは、RMSN 値は誤差率より若干低い値で推移することがわかる。以上より、特にリンク交通量の観測誤差が特に大きな影響を及ぼしていることが確認できた。

5. まとめ

OD 交通量推定モデルを仮想ネットワークに適用し、インプットデータに関する影響分析を行った結果、混雑しているリンクのデータの欠測が推定精度に与える影響が大きいことが確認された。また、所要時間よりリンク交通量の方が、データの欠測、誤差に関して影響を受けやすいことが確認された。今後は、大規模ネットワークにモデルを適用し推定精度の検証を行う。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)「料金コントロールによる都市高速道路の動的交通マネジメントに関する研究（課題番号 15H04057, H27～29. 研究代表者：倉内文孝）」の一部として遂行された。ここに記し謝意を表す。

参考文献

1) 飯田恭敬, 交通計画のための新パラダイム交通ネットワーク

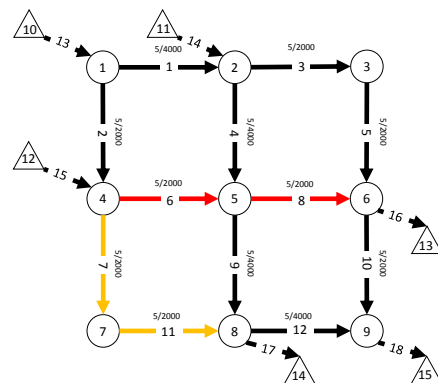


図 1 仮想ネットワーク

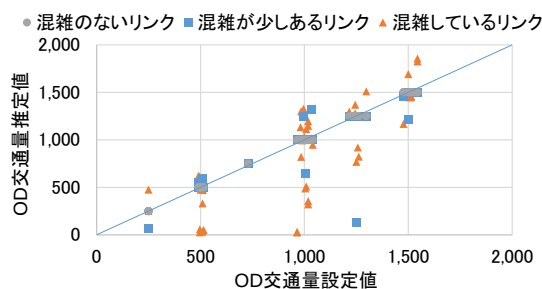


図 2 リンク交通量の欠測

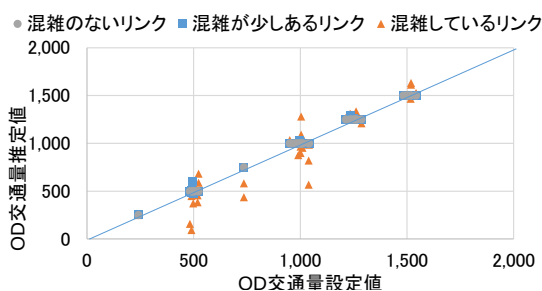


図 3 所要時間の欠測

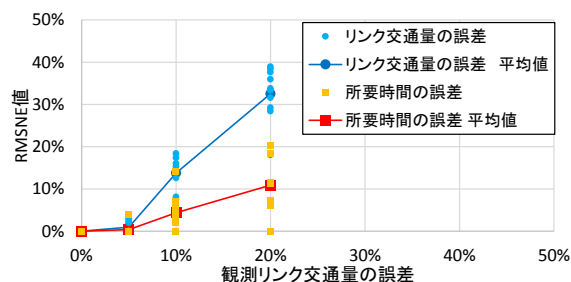


図 4 リンク交通量の誤差

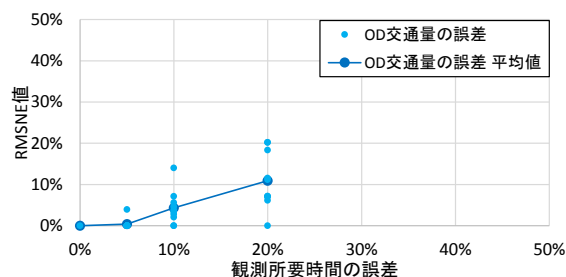


図 5 目的地選択確率の誤差

信頼性と OD 交通量逆推定一, 技術書院

2) Bell, MGH, Alternatives to Dial's logit assignment algorithm, Transpn. Res.,-B, Vol.29B, No.4, pp.287-295, 1995