

複素数空間を用いてサイクル経路を除去した 吸収マルコフモデルによる OD 交通量推計に関する研究

金沢大学工学部

○ 鈴木 哲矢

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

高山 純一

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

中山晶一郎

東北大学大学院情報科学研究科 正会員

赤松 隆

1. 本研究の背景

近年、わが国では自動車交通が急激に増加したことにより、現在の道路では自動車の機動性を十分発揮させるという道路の目的を果たすことがとても困難な状態にある。その解決策として費用や時間を抑えるためにソフト的な対策法（各種の交通規制、または交通規制の見直しや信号制御の最適化等）が有効になってくる。

ある特定地域において交通規制の見直しや信号制御の最適化を行うためには、対象とする地域内での現状OD交通量を詳細に把握することが重要である。しかし、従来のパーソントリップ調査を基本としたマクロなOD推計モデルでは、都市圏全体を対象とする場合には詳細な地域にまで調査が行き届かず、推計精度上限界のある場合が多い。このような場合には、実測道路区間交通量から対象地域内のOD交通量を推計する方法が有効である。

2. 本研究の目的

本研究では、それほど費用をかけずに、しかも手軽に推計が行えるGAマルコフOD推計法について、実用性の検証を行うことを目標としている。しかし、GAマルコフOD推計法では配分対象を全経路としているため、同じリンクを複数回通過するようなサイクル経路を選択する可能性がある。そこでサイクル経路を選択する確率を減ずるようなモデルを構築し、推計精度の向上を図る。本研究では、サイクル経路の選択確率を減ずるために、“回転角度”の概念を複素数空間を用いて導入する。

3. 研究の方法

(1) GAマルコフOD推計法について

本研究では、対象地域は井型モデルにモデル化し、対象地域外ノードの発生交通量は、対象地域境界線上で観測される交通量、つまり対象地域外から対象地域

内への道路区間交通量と等しいとする。また、この推計法で前提条件、つまり既知として用いるインプットデータは観測区間交通量・交差点右左折直進交通量であり、経路選択は交差点右左折直進交通量を用いて遷移確率行列を作成し、吸収マルコフ連鎖を用いて決定する。手順¹⁾は講演時に発表する。モデルによって推計した値の良否を判別するために、実際の交通データを用いて比較・検討を行う。用いるデータとしては、Validation（実データによるモデルの検証）用データである東京都・吉祥寺エリア（総リンク数 110、外部ノード数 13、交差点数 17、内部ノード数 21）の平成 8 年度 10 月 30 日 AM7:50~AM10:00 における各リンク交通量・各車両通過時刻・実ODデータを用いている。詳しいネットワーク図を以下の図 1 に示す。

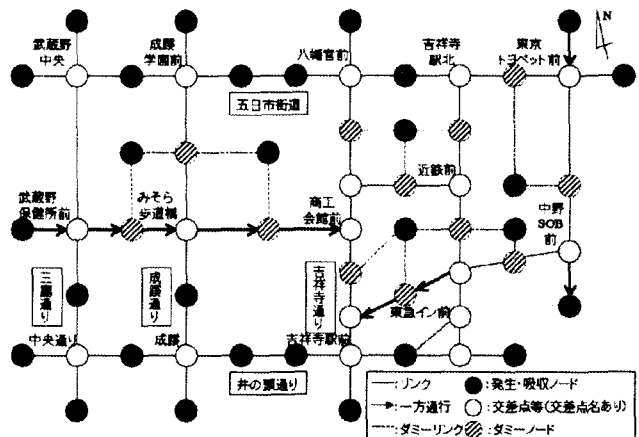


図 1. 東京都吉祥寺エリアネットワーク図

(3) サイクル経路の除去について

同じリンクを複数回通過する経路をサイクル経路というが、OD推計上そのような経路が存在すると、対象地域に過剰な交通量が流出することになる。よって、サイクルな経路を除去するため一度通過したリンクを再度通過する確率を算出し、その確率分の交通量を減ずるようにモデルの修正を行うことがモデルの精度向上の鍵となる。

サイクル経路の除去については回転角度（遷移回数）の概念を複素数空間を用いてモデルに導入する。具体的

には、適当な複素抵抗行列 W を設定することによりサイクル経路を選択する確率を減ずるようにする。隣接するリンク (a, b) の“回転角度” ω_{ab} 経路の“回転角度” E_r^{od} を用いる。 ω_{ab} E_r^{od} の定義についてはそれぞれ以下のである。

$$\omega_{ab} = \sin(\vec{a}, \vec{b}) \cdot \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right), -\pi \leq \omega_{ab} \leq \pi \quad (1)$$

ここで、 $\vec{a}$: リンク a の地理的位置 (方向・長さ) に対応するベクトル, $\sin(\vec{a}, \vec{b})$: リンク a から b への回転が右折向きであれば1, 左折向きであれば-1となる

$$E_r^{od} \equiv \sum_{(a,b) \in \Lambda} \omega_{ab} \delta_{r,ab}^{od} \quad (2)$$

$\delta_{r,ab}^{od}$: 隣接するリンク a と b が OD ペア (o, d) の r 番目経路上にあれば1, なければ0 となる, Λ : 互いに隣接するリンクペアの集合

この2つの回転角度を用いると、リンク (a, b) 間の経路集合は以下の式③のような特性を持つ。本研究で用いたネットワークでは対象地域が井型モデルにモデル化されているため、右折・左折共に全て 90° の角度変化で表現できる。

$$E_r^{od} + \omega_{ba} = \begin{cases} 0 & r \in R^{ab}(0) \\ 2m\pi \ (m = \pm 1, \pm 2, \dots) & r \in R^{ab}(1) \\ 0 & r \in R^{ab}(2) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $R^{ab}(0)$: サイクルを含まない経路の集合、

$R^{ab}(1)$: 右回りと左回りのサイクルの回数が等しくな

い経路の集合、 $R^{ab}(2)$: 右回りと左回りのサイクル

の回数が (非零で) 等しい経路の集合

既存の研究で、経路集合 $\{R(1)\}$ については除去されていたが、経路集合 $\{R(2)\}$ については除去が行われていないので、これらを除去することを考える。

その方法としては、サイクルを含まない k -walks 経路の集合を考え、それらの経路に1個だけリンクを付加してできる $k+1$ -walks 経路を考える。 $k+1$ -walks 経路の集合は、サイクルを含んでいても高々1個であるので、 $k=1$ から順に考え、逐次的にサイクルを除去し、計算を行っていく。

4. 期待される結果

$R(1)$ のサイクルの除去を行ったGAマルコフOD推計法の検証結果を、実測値と推計値の相関で見ると道路区間交通量が0.932、OD交通量が0.745であった。サイクルの除去を一切考慮していないモデルではそれぞれ0.927、0.738であったので、サイクルを除去することはモデルの精度の向上において重要な意味を持つことがわかる。よって、 $R(2)$ のサイクルを除去できれば、既存のモデルよりも現実的な経路選択を行う確率が大きくなる。よって、推計値がさらに実測値に近くなることが期待できる。これより、既存のモデルより現実的で有効的なOD推計を行うことが可能となる。

5. おわりに

サイクル経路を除去するという事は、遠回りとなるような経路を選択する確率を減ずるということと等価であるので、現実的な経路選択に近づくことになる。推計値が実際の交通量にほぼ等しくなれば、時間や費用をあまりかけずに交通状態を把握できるようになり、ソフト的対策を考える場合や交通整備などを行う場合に非常に有効となる。

参考文献

- 1) 八木基徳・高山純一・中山晶一郎：サイクリック経路を除去した吸収マルコフモデルによるOD交通量推計に関する研究，土木学会中部支部講演概要集，pp. 429-430, 2004
- 2) 佐佐木綱：吸収マルコフによる交通量配分理論，佐佐木綱先生 退官記念論文集，水の巻，pp. 212-216,
- 3) Takashi Akamatsu, Stochastic Traffic Assignment Geometric Attributes of Paths, 1996
- 4) 赤松隆・牧野幸雄：経路を限定しない確率的利用者均衡配分，土木計画学研究・講演集，No.18(2)，pp. 717-720, 1995
- 5) 赤松隆・牧野幸雄：複素数空間で経路の幾何学要因を考慮した確率的交通配分，土木計画学研究・講演集，No.19(1)，pp. 553-556, 1996
- 6) 交通シミュレーションクリアリングハウス，H8 吉祥寺・三鷹ベンチマークデータセット，<http://www.jste.or.jp/sim/>