

吸収マルコフモデルを用いた観測交通量からのOD推計に関する実証研究^{*}

A Study on Accuracy of O-D Estimation with Absorbing Markov Model using Observed Link Flows^{*}

高山純一^{**}・中山晶一郎^{***}・八木基徳^{****}

By Jun-ichi Takayama^{**}・Shoichiro Nakayama^{***}・Motonari Yagi^{****}

1. はじめに

現在の道路では、自動車の急激な増加に伴い円滑な自動車交通を確保することが非常に困難な状況にある。そこで、現在の道路網の運用を高める解決策として、信号制御の最適化や交通規制の見直しなど、ソフト面での対策が有効と考えられる。しかし、それらを行うためには、現状のOD交通量を詳細に把握することが不可欠であり、これまでにそのための方法がいくつか提案されている。

対象地域内の道路上での実測道路区間交通量と交差点での右左折直進比率を与件(インプットデータ)として、それほど費用をかけずに、しかも手軽に推計が行える簡便なOD推計法である「GAマルコフOD推計法」もその1つである。このモデルについては、平成7年度金沢都市圏のパーソナリティ調査データを用いてその妥当性を検証(Verification)している¹⁾ものの、一般街路における実用性の検証(Validation)は未だ行われていない。よって本研究では、モデル開発者が共有できるデータを用いて実用性の検証をすることを目的としている。使用したデータは、平成8年度10月30日のAM7:50～AM10:00における、東京都の吉祥寺・三鷹の三鷹通り・成蹊通り・五日市街道・井の頭通り周辺のエリアを対象とした実データ^{2),3)}であり、そのデータセットにおける実際の道路区間交通量ならびにOD交通量と、「GAマルコフ

OD推計法」によって推計される道路区間交通量ならびに推計OD交通量とを比較することによって、モデルの推計精度の検証を行う。

2. 基本概念

(1) 推計のための前提条件

GAマルコフOD推計法について、実際のOD交通量は次の1)～3)の条件を満たすものと仮定する。¹⁾

- 1)ある任意のノードから出発した自動車は、同じノードに帰着しない。
- 2)外周上の隣接ノード間の交通はない。
- 3)対象地域の内部ノードで発生する交通量及び吸収する交通量は、他の交通量に比べて比較的少ない。

なお、本推計法の前提条件は以下に示すとおりである。

前提条件1(与件): 観測区間交通量ならびに各交差点での右左折直進比率

前提条件2(経路選択): 交差点右左折直進比率を用いて、吸収マルコフ連鎖の遷移確率行列を作成し、吸収マルコフ連鎖を用いて決定

以上の前提条件より、与件の種類が少なく、未知の値はノード上の発生源からの発生交通量のみとなる。これが当モデルが比較的手軽に推計を行うことができる由縁である。

(2) 吸収マルコフ連鎖を用いたOD推計法の推計手順⁴⁾

このOD推計法について、具体的な手順を次に示す。

^{*} キーワーズ: ネットワーク交通流、発生交通、経路選択

^{**} 正員、工博、金沢大学大学院自然科学研究科

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20

Tel: 076-234-4614、Fax: 076-234-4632

^{***} 正員、博(工)、金沢大学大学院自然科学研究科

^{****} 学生員、学(工)、金沢大学大学院自然科学研究科

(STEP1)

未知の発生交通量 (V) をGAにより発生させる。

(STEP2)

発生交通量 (V) と交差点分岐確率などから推定される遷移確率 (P) を以下に示す式(1)、(2)に代入することにより、OD交通量に相当する値となる集中交通量 (U) と道路区間交通量 (EX_k) を求める。

(STEP3)

推定された道路区間交通量 (EX_k) と観測値 (RX_k) との残差平方和 W とその逆数 (f) (評価関数) を以下の式(5)、(6)から計算する。

(STEP4)

評価関数 (f) が最大値を取るまで、GAの各操作を行い、STEP1からSTEP3を繰り返す。以下にGAの定式化の具体的な方法と収束条件を示す。

$$(U) = (V)(I - Q_2)^{-1} \quad \text{式(1)}$$

$$(EX_k) = (V)Q_1(I - Q_2)^{-1} \quad \text{式(2)}$$

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{吸収源} & \text{発生源} & \text{過渡状態} \\ 1 & \dots & r & r+1 & \dots & r+r & 2r+1 & \dots & 2r+s \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ r \\ r+1 \\ \vdots \\ r+r \\ 2r+1 \\ \vdots \\ 2r+s \end{matrix} & \left(\begin{array}{c|c|c} I & & O \\ \hline & & \\ \hline R & & Q \\ & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) & \begin{matrix} \text{吸収源} \\ \text{発生源} \\ \text{過渡状態} \end{matrix} \end{matrix} \quad \text{式(3)}$$

$$Q = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{発生源} & \text{過渡状態} \\ 1 & \dots & r & r+1 & \dots & r+s \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ r \\ r+1 \\ \vdots \\ r+s \end{matrix} & \left(\begin{array}{c|c} 0 & Q_1 \\ \hline 0 & Q_2 \end{array} \right) & \begin{matrix} \text{発生源} \\ \text{過渡状態} \end{matrix} \end{matrix} \quad \text{式(4)}$$

I : $r \times r$ の単位行列 吸収状態(吸収源)相互の遷移確率

O : $r \times s$ の零行列 吸収状態から非吸収状態(過渡状態)への遷移確率

R : $s \times r$ の行列 非吸収状態から吸収状態への遷移確率

Q : $s \times s$ の正方行列 非吸収状態相互の遷移確率

V : 各ノードにおける発生源から発生する交通量(発生交通量)

U : 各ノードにおける吸収源に吸収される交通量(この値は発地点が与えられているのでOD交通量に対応する)

EX_k : 道路区間交通量(過渡状態交通量)の推定値(吸収マルコフ連鎖を用いた配分交通量)

(3) GA(遺伝的オペレータ)の設定

a) 設計変数のコーディング

2進数表現の線列から変数である発生交通量を生成させる方法を採用する。

b) 適応関数と選択

$$W = \sum (RX_k - EX_k)^2 \quad \text{式(5)}$$

EX_k : 道路区間kにおける推定交通量(配分交通量)

RX_k : 道路区間kにおける実際交通量(観測交通量)

式(3)では、最適な解が最小になるので、逆数を取ることで値の変換を行う。

$$f = Z = W \quad \text{式(6)}$$

式(6)より得られる値 f をそのまま使うと、最適化の初期には適応関数の値がばらつき、また後期には適応関数の値の差が小さくなることが考えられる。よって、以下の方法で変換することにする。

$$f' = f_{\max} + \frac{(1-n^{-1})f_{\max}}{f_{\max} - f_{\min}} (f - f_{\max}) \quad \text{式(7)}$$

式(7)において、 n の値を小さくすることにより評価関数のばらつきを縮小することができる。なお、各線列の選択はルーレット方式を用いる。

c) 交差・突然変異

本研究では一点交差法を用い、上下2線列での交差を行う。また、突然変異については、線列の1つのビットを任意に反転させる方法を用いる。ただし、その確率は交差確率よりも低く抑えられている。

d) 収束条件

以下の1)~3)の条件のいずれかを満足したら計

算を終了させることにする。

- 1) すべての線列が同じになったとき
- 2) 残差平方和の最小値が以降の 20 世代で更新されない場合
- 3) 最大世代数に達したとき

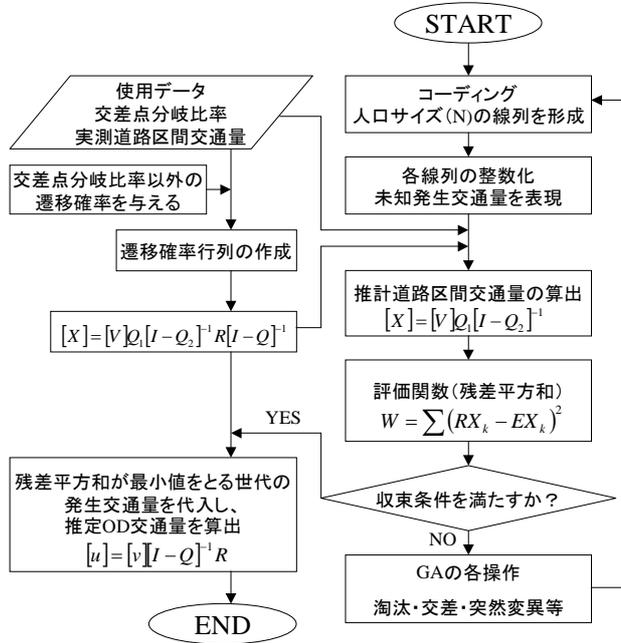


図-1 GAマルコフOD推計法のフローチャート

3. 実測データを用いた推計精度の検証

(1) 使用データ

ここでは、実際の経路調査データから得られる発生交通量を与えた場合のOD交通量並びに道路区間交通量の推計精度の検討を行う。GA マルコフ OD 推計法の精度を検証するにあたって、Validation 用データである「吉祥寺ベンチマークデータ」³⁾を用いた。データ対象地域のネットワーク図を図-2に示す。

また、データセット中で必要とするデータを以下に示す。

- 1) 車両軌跡データ
- 2) 10分単位の検証用断面交通量
- 3) 全時間帯 OD 表

(2) 検証手順

推計のための前提条件等は基本概念に示したとおりである。

(STEP1)

(1)における1)2)3)のデータから、以下のことを求める。

- 1) 各交差点における右左折直進比率
- 2) 対象地域内の内部ノードから発生した交通量が過渡状態(各道路区間)に進む確率
- 3) 内部ノードに吸収される確率
- 4) 対象地域内の全時間帯道路区間交通量

(STEP2)

STEP1の 1)~4)を使って、GAマルコフOD推計法により道路区間交通量、OD交通量を推計する。なお、金沢都市圏のパーソントリップ調査データを用いた Verification の際には4)、サンプルを拡大して推定している。¹⁾

(STEP3)

求めた道路区間交通量及び実際のOD交通量と、推計した道路区間交通量、OD交通量の比較により推計精度の検討を行う。

また、遺伝的オペレータについては、交差 1、交差確率 0.6、突然変異確率 0.2、人口 2000、最大世代 200とし、検討項目は、道路区間交通量の推計精度、OD 交通量の推計精度とした。

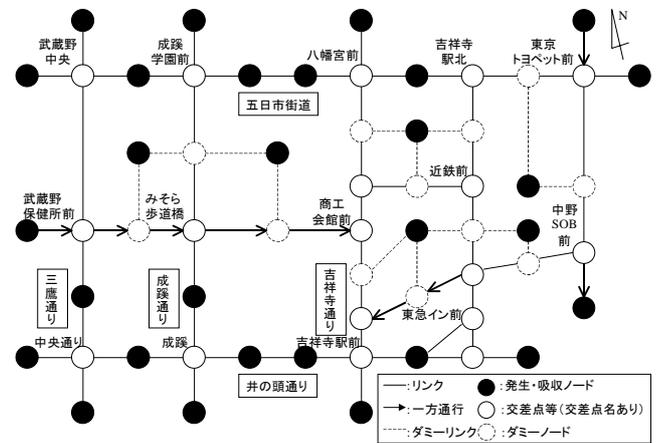


図-2 対象地域のネットワーク図

(3) データに対するの仮定条件

使用したデータセットについて、発生集中量が少ないと考えられる領域において観測を省略した交差点流出部があり、観測地点との関係において唯一の流入出点を設定できない場合があるため、そのような場合には、単一の発生・集中ノード

から複数のダミーノードへのリンクを設けている²⁾と
している。

そこで、仮定条件を与えることによって不明な
道路区間交通量の推定を試みた。

まず、交差点における不明な遷移確率を求め
るにあたって、交通量の観測が行われていないリ
ンクと接続している交差点ではナンバーマッチング
が不可能であるため、遷移先のリンク交通量の比
に応じてフローが遷移先を決定するものと仮定し
た。

また、ダミーノードについては、そのダミーノード
と接続している内部ノードの発生・吸収率を算出
した上で、ダミーノード数に応じて、発生・吸収交
通量を各ダミーノードに隣接するリンクの交通量
比と等配分することにした。よって表面上では内
部ノードは消滅し、ダミーノードはそれぞれが単
独の内部ノードとしての役割を果たすものとする。

4. 結果と考察

GAマルコフOD推計法の検証結果を、図-3、
図-4に示す。検証結果を実測値と推計値の相関
でみると、道路区間交通量が 0.920、OD 交通量
が 0.754 であった。

Verification の推計結果と比較して、道路区間
交通量については特に誤差が大きく見られ、全体
的な推計精度が下回っているように見える。その
中でも、内部からの発生交通量による道路区間
交通量の方が、外部からのそれよりも推計精度が

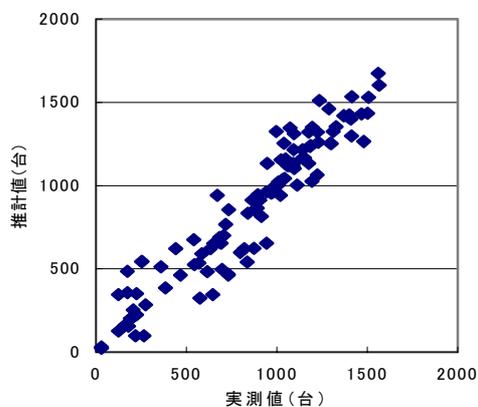


図-3 道路区間交通量の相関図

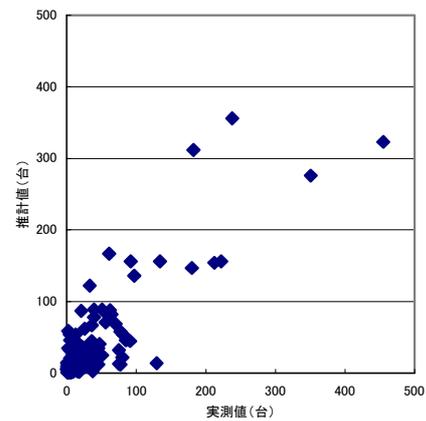


図-4 OD交通量の相関図

若干低い(グラフにおける $y = x$ 上にプロットしな
い)ことから、吸収マルコフ連鎖のデメリットといえる
であろう同じ経路を何度も通ってしまう点を如何に
改善するかが今後の課題になってくるのではない
かと思われる。

5. おわりに

本研究では Validation 用データである「吉祥寺
ベンチマークデータ」を用い、GAマルコフ推計法
により推計した道路区間交通量並びにOD交通
量と比較することによって、モデルの実用性の検証
を行った。しかし、仮想データを用いた際の検証よ
りも誤差が大きく、不具合を与える要因の解明及
び解決が必須となってくるであろう。また、静的モ
デルである等モデルを適用した半動的・動的モデ
ルの開発も進めていく予定である。

参考文献

- 1) 高山純一・義浦慶子・杉山智美: 吸収マルコフ連鎖を用いた観測交通量からのOD推計法の精度に関する研究、土木計画学研究・講演集, Vol.21-2, pp. 321-324, 1998.
- 2) 花房比佐友ほか: 交通シミュレーション再現性検証用データセットの構築、土木学会論文集, No.688, pp. 115-123, 2001.
- 3) 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/>
- 4) 佐佐木綱: 吸収マルコフ過程による交通流配分理論、土木学会論文集, No.121, pp. 28-32, 1965.