

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*

A Study on Accuracy of O-D Estimation Model by Observed Link Flows using Absorbing Markov Chain

高山純一**・義浦慶子***・杉山智美****

By Junichi TAKAYAMA**, Keiko YOSHIURA*** and Tomomi SUGIYAMA****

1. 本研究の背景と目的

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を行うソフト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、著者らはそのための方法をいくつか提案している。

本研究では、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(これを「GAマルコフOD推計法」と呼ぶ)の適用範囲を明らかにすることを目的としている。具体的には、対象エリアの大きさを変化させて、推計精度の比較検討を行った。使用したデータは、平成7年度・第3回金沢都市圏パーソントリップ調査における経路調査データであり、そのデータより求められた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、その適用範囲の検討を行うものである。なお、ここでは吸収マルコフ連鎖のみの適用可能性を検討するために、経路調査データより求められる

実際の発生交通量を与件とした場合の推計精度の比較検討も行った。

2. 吸収マルコフ連鎖モデルを 適用する場合の課題

一般街路の自動車交通流をマクロな視野で眺めた場合、交通流は交差点で1つの確率にしたがって方向を変え、またつぎの交差点でまた別の確率にしたがって方向を変えて流れている様にみえる。1台の車について考えてみると、車の運転手は、はっきり定まったO.D間を走行するのに経路を選んでいるので、各交差点における右左折直進比率が、どの車についても一定であると考えるのは無理があるが、各車が同一方向で交差点に入る場合、その右左折直進比率は同じであると仮定する。

吸収マルコフ連鎖の問題点は、まず(1)すべてのOD交通を1つのマルコフ連鎖と考えることにあり、これは交通混雑の著しい場合に限られる点である。また(2)各交差点での右左折率によって、何台かの車はぐるぐると回って、なかなか吸収されない事態が生じることであり、実際の発生交通量を与えた場合に、実際の交通量以上に各街路に車が流れることである。

3. GAマルコフOD推計法

(1) OD推計のための前提条件

このOD推計法では、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

*キーワード：観測道路区間交通量、吸収マルコフ連鎖、遺伝的アルゴリズム

**正会員、工博、金沢大学教授 工学部土木建設
工学科 住所 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20、
TEL 076-234-4650、FAX 076-234-4644、
E-mail takayama@t.kanazawa-u.ac.jp.

***学生会員、金沢大学大学院 自然科学研究科環境
基盤工学専攻

****正会員、修(工学)、(株)日本公営、住所 〒102-0083 東
京都千代田区麹町 5-4、TEL 03-3238-8347

収する交通量は、他の交通量に比べて比較的少ない。

なお、本推計法的前提条件は以下の通りである。

前提条件 1(与件)：方向別の道路区間交通量ならびに各交差点での右左折直進比率が観測されている。

前提条件 2(経路選択)：経路選択は吸収マルコフ連鎖に従うものとする。ただし、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するものとする。

(2) 吸収マルコフ連鎖を用いた

OD推計法の推計手順

このOD推計法のための具体的な推計手順を次に示す。

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

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

V ：各ノードから発生する交通量

U ：各ノードに吸収する交通量（この値は発地が与えられているので、OD交通量に対応する）

EX_k ：道路区間交通量の推定値（吸収マルコフ連鎖を用いた配分交通量）

		吸収源		発生源		過渡状態				
		1	...	r	r+1	...	r+r	2r+1	...	2r+s
P =	1	I		O						吸収源
	⋮									
	r									
	r+1	-----								
	⋮	R		Q						発生源
r+r										
2r+1										
⋮										
2r+s										
										過渡状態

		発生源		過渡状態			
		1	...	r	r+1	...	r+s
Q =	1	0		Q ₁			
	⋮						
	r						
Q =	r+1	0		Q ₂			
	⋮						
	r+s						

(STEP.1)

未知の発生交通量(V)をGAにより発生させる。

(STEP.2)

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)を式(1)、(2)に代入することにより集中交通量(U)（この値がOD交通量に相当する）と道路区間交通量(EX_k)を求める。

(STEP.3)

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 WWW とその逆数(f)（評価関数）を式(3)、(4)から計算する。

(STEP.4)

評価関数(f)が最大値を取るまで、GAの各操作を行い、STEP.1 から STEP.3 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。

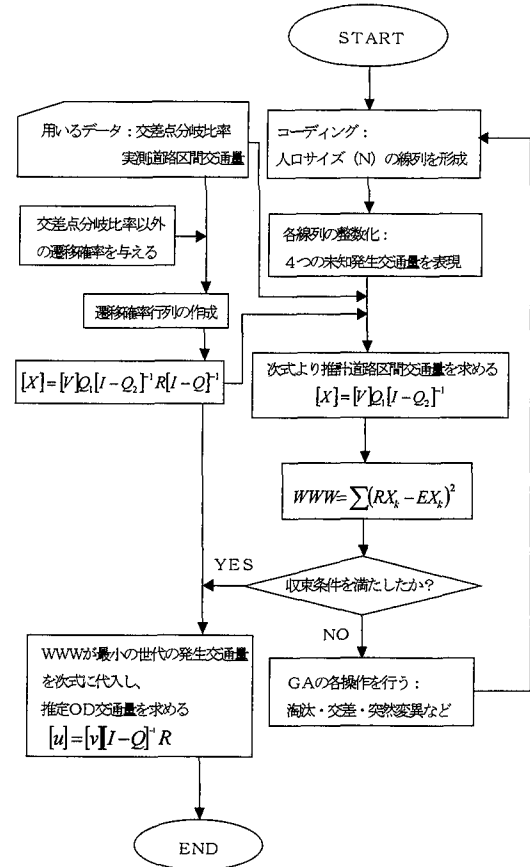


図-1 GAマルコフOD推計法のフローチャート

(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

$$\text{残差平方和 } WWW = \sum_k (RX_k - EX_k)^2 \quad \text{式(3)}$$

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 における実測交通量(観測交通量)

式(3)では、最適な解が最小になるので、逆数を取るにより値の変換を行う。

$$f = Z = 1/WWW \quad \text{式(4)}$$

式(4)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。

$$f' = f \max + \frac{(1-n^{-1})f \max}{f \max - f \min} (f - f \max) \quad \text{式(5)}$$

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最大世代数に達したとき
- ②すべての線列が同じになったとき
- ③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

4. 吸収マルコフ連鎖モデルのみの

適用可能性の検討

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比較検討を行う。

(1)OD推計のための前提条件

3.(1)に示したGAマルコフOD推計法における前提条件と同様である。

(2)マルコフOD推計法(GAを用いない

OD推計法)の具体的な推計手順

(STEP.1)

実際の金沢における経路調査データから、発生交通量(V)を求める。

(STEP.2)

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)を式(1)、(2)に代入することより集中交通量(U :OD交通量)と道路区間交通量(EX_k)を求める。

(STEP.3)

実際の経路調査データより求まる道路区間交通量・OD交通量と推計された道路区間交通量・OD交通量の比較検討を行う。すなわち、ここでは経路調査データより求まる実際(真実)の発生交通量を吸収マルコフ連鎖モデルに代入しているので、結果として得られるOD交通量と道路区間交通量の誤差は吸収マルコフ連鎖モデル本来が持っている誤差(ドライバーの経路選択特性とマルコフモデルの配分特性との誤差)といえる。

5. OD推計法における適用範囲検討の手順

(STEP.1)

実際の金沢における経路調査データから、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)対象地域内の道路区間交通量
- 5)実際のOD交通量

ただし、4),5)はサンプル調査のため拡大して推定する。

(STEP.2)

STEP.1の1)～4)を使って、GAマルコフOD推計法、ならびにマルコフOD推計法(真実値の発生交通量を与える方法)により道路区間交通量、OD交通量を推計する。

(STEP.3)

実際の経路調査データから求めたOD交通量、道路区間交通量と、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。

(STEP.4)

対象地域(エリア)を拡大し、STEP.1 から STEP.3 を繰り返すことにより、モデルの適用範囲の検討を行う。

なお、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。

6.平成7年度・金沢都市圏パーソントリップ調査

(1)概要

第3回金沢都市圏パーソントリップ調査の調査データの内容は、以下の通りである。

- ①調査対象者の属性とトリップについてのデータ(属性レコード・トリップレコード)
- ②マイカー通勤を対象とした経路調査データ(経路レコード)
- ③マイカー通勤者の公共交通機関利用に対する意識調査データ(意識レコード)

②経路レコード、③意識レコードは自動車通勤している人のみを対象として実施した調査である。本研究では、②の経路レコードを用いる。また、パーソントリップ調査はサンプル調査であるため、各個人に対し拡大係数が設定されている。なお、拡大係数の検討方法は、以下の方法である。

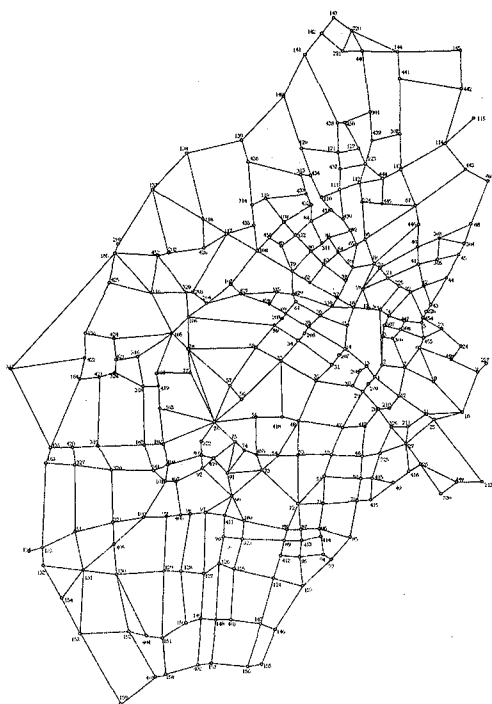


図-2 マイカー通勤経路調査ネットワーク

(2)拡大係数の検討方法

(a)母集団の設定

家庭訪問調査本票の場合、夜間人口を母集団として拡大作業を行っているが、経路データの場合の母集

団には確実な数値は存在しない。しかし、本票の拡大後のトリップデータから自動車による通勤トリップ数を想定することは可能であり、推定値ではあるが本票による通勤自動車トリップ数を母集団とみなした。

(b)層別拡大のカテゴリー

拡大のベースは通勤の発地(居住地)と着地(通勤先)が考えられるが、都市圏全域を調査対象としていないことから、調査票の範囲外で自動車通勤しているものは回答の対象となっていないこと、また本票が居住地ベースで拡大されていることから居住地ベースで拡大した。なお、調査範囲外にある居住地のサンプルについては、調査範囲内にあるサンプルの平均拡大率で拡大して用いている。

(c)拡大対象サンプル

また、経路データは、通常時に動きを設問しているため、本票において実際に自動車通勤していないサンプル(約 900)が存在する。このため、対象サンプルは全サンプルとする方法と実通勤者とする方法が考えられるが、両者について居住地ベースで拡大を行い、本票を用いた通勤地着トリップに対する補足率のばらつきが少ない実通勤トリップを対象とした拡大法を用いて集計することとした。

7. おわりに

本研究では通勤ODを対象とした経路調査データを用いることにより分析対象地域を変化させ、対象地域内の実際の道路区間交通量とOD交通量を求め、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、推計精度の特性分析を行った。また、GAを用いず吸収マルコフ連鎖モデルのみにより道路区間交通量並びにOD交通量を求めることにより、GAの有用性や吸収マルコフ連鎖の適用性を検討した。なお、詳しい結果は講演時に発表する。

[参考文献]

- 1)高山・杉山；吸収マルコフ連鎖を用いた観測交通量からのOD推計法に関する研究、土木学会論文集、No569、pp.75～84、1997年
- 2)佐佐木；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、No121、pp.21～32、1965年
- 3)金沢都市圏パーソントリップ調査 第2回 幹事会 資料-2、平成7年9月5日
- 4)経路実態調査報告書、平成9年3月