

IV - 175

吸収マルコフモデルを用いた観測交通量からのOD推計法の解の収束性

金沢大学工学部 正会員 高山純一
 金沢大学大学院 学生会員 〇杉山智美

1. はじめに

都市内の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、対象とする地域の現状OD交通量を詳細に把握する必要がある。最近では、道路上の実測交通量と推計される道路区間交通量ができるだけ一致するようなOD交通量を推計する方法が研究されている。

本研究では、限定された都市地域を対象とし、道路区間交通量と交差点での右左折直進交通量(あるいは、右左折直進交通量の分岐確率)が観測値として与えられた場合に、手軽にOD推計が行えるモデルとして、吸収マルコフ連鎖モデルを応用したOD推計モデルを提案する。特に、ここではその解の収束性についての検討を行う。

2. 吸収マルコフ連鎖モデルのOD推計への適用と街路のモデル化

佐佐木の吸収マルコフ連鎖モデル¹⁾では、発生交通量 [v] が与えられれば、式(2.1)と式(2.2)より、道路区間交通量 (x : 過渡状態としての配分交通量) と各ノードへの吸収交通量 (u : OD交通量) が推計できる。そこで、遷移確率行列(P)を、観測値である各交差点における右左折直進交通量などを用いて、分岐比率を推定することにより、各ノードの発生交通量を未知変量、式(2.3)を目的関数とする最適化問題として定式化することができる。

$$P = \begin{matrix} \begin{matrix} \text{吸収源} & \text{発生源} & \text{過渡状態} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \dots & r+1-2 & \dots & 2r+1-2 & \dots & 2r+1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{吸収源} \\ \vdots \\ \text{発生源} \\ \vdots \\ \text{過渡状態} \end{matrix} \end{matrix} \begin{matrix} I & O \\ \vdots & \vdots \\ R & Q \end{matrix}$$

$$[u] = [v] R [I - Q]^{-1} \quad (2.1)$$

$$[x] = [v] Q_1 [I - Q_2]^{-1} \quad (2.2)$$

- v : 各ノードの発生源から発生する発生交通量
- u : 各ノードの吸収源へ吸収する集中交通量
- x : 道路区間交通量の推計値 (配分交通量)

$$Z = \sum_i (RX_i - EX_i)^2 \rightarrow \min \quad (2.3)$$

RX_i : 道路区間 i の交通量の実測値
 EX_i : 道路区間 i の交通量の推計値

ここでは、道路区間上に発生源・吸収源を設定する図-1のような街路モデルを作成した。また、対象地域外からの交通に対して、対象道路網の周辺部道路(対象地域の境界線上の道路)にその背後地を代表とする発生源・吸収源を図-1のように設定する。

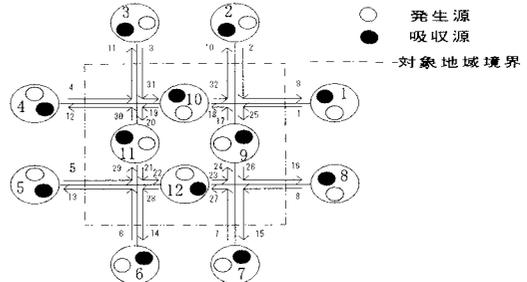


図-1 対象地域のゾーニングと街路のモデル化

3. OD推計モデルの解法

上述のように、吸収マルコフ連鎖を利用したモデルでは、発生交通量を何らかの方法によって与えることでODが推計できる。そこで、その方法として、(1)GAによる方法と(2)飯田の発生交通量のみを未知変量とした実測交通量による交通需要推計法²⁾において用いられている式(3.1)を利用する方法(以下、「逐次修正法」)を考える。

3.1 GAによる方法 (GA法)

発生交通量として、最初に人口サイズ分(Nパターン)を生成させ、繁殖・淘汰、交差、突然変異の操作を行う。交差、突然変異はあらかじめ与えた確率以下で行われることとする。なお、最大世代数に達したとき、全ての線列が同じになったときに計算を終了する。本研究では、N=200、交差法は2種類、交差確率は3種類、突然変異確率は2種類設定する。

3.2 逐次修正法

発生交通量をNパターン発生させ、道路交通量の残差平方和が最小の1パターンについて式(3.1)により逐次修正する。ただし、(q)は計算回数を表し、式(3.1)の右辺第1項が0に十分近づくまで計算を行う。

$$Ai^{(q)} = \left(\sum_k RX_{ik} - \sum_k EX_{ik}^{(q-1)} \right) \frac{Ai^{(q-1)}}{\sum_k RX_{ik}} + Ai^{(q-1)} \quad (3.1)$$

A_i : ノード i の発生交通量

RX_{ik} : ノード i から k への実測道路区間交通量

EX_{ki} : ノード i から k への推定道路区間交通量

4. 解の収束性の検討

4.1 収束性の検討方法

収束性の検討のため、図-1で示した小規模な道路網を対象としてモデルシミュレーションを行う。

本研究では、道路区間交通量と交差点での右左折直進交通量が観測値として与えられるため、OD交通量の推計には、観測誤差、吸収マルコフ連鎖における経路選択に関する誤差が含まれると考えられる。しかし、ここでは解の収束性の検討を目的としているため、あらかじめ設定した発生交通量と分岐比率を用い、吸収マルコフ連鎖により算出した道路区間交通量を真実値（実測交通量）として取り扱う。解の収束性の検討には、道路区間交通量の残差平方和(式(2.3))、重み付き標準比率誤差(式(4.1))を用いる。

$$\sqrt{\frac{1}{R_T} \sum_i^m \sum_j^n RT_{ij} \left(\frac{T_{ij} - RT_{ij}}{RT_{ij}} \right)^2} \quad (4.1)$$

RT_{ij} : OD交通量の真実値

T_{ij} : OD交通量の推計値

R_T : 真実OD交通量の合計

4.2 結果と考察

世代(回数)と道路区間交通量の重み付き標準比率誤差の関係を図-2に示す。ここで示したGAの操作条件は {交差1, 交差確率0.6以下, 突然変異確率0.1以下} である。また、収束時の発生交通量の推計値と道路区間交通量の残差平方和Zを、表-1に示す。

シミュレーションにおいて設定した各ノードの発生交通量の真実値は、{ノード9=10, ノード10=50, ノード11=100, ノード12=500} である。

図-2よりGAを用いた場合、収束は非常に早く、収束時の道路区間交通量の重み付き標準比率誤差も小さいため、収束状態はよいといえる。GAと比較すると、逐次修正法の収束時の重み付き標準比率誤差は大きい、GAの突然変異の考え方を導入することで、これを小さくすることが可能であると思われる。具体的には、式(3.1)の右辺第1項が0に十分近づいた時の各ノードの発生交通量に、適当な数(乱数を発生)を加減し、再び式(3.1)の右辺第1項が0に十分近づくまで計算をする(逐次修正2)。そして、式(3.1)の右辺第1項が再び0に十分近づいたときの残差平方和が、突然変異の前の値より大きくなった場合に、

計算を終了する。

表-1から、どちらの方法を用いた場合にも、発生交通量として真実値にかなり近い値が与えられることがわかる。

GA法のうち、道路区間交通量の残差平方和Zが最小であるのは、操作条件 {交差1, 交差確率0.6以下, 突然変異確率0.1以下} で、逐次修正法と比較しても小さいが、条件によっては、逐次修正法よりも大きい値で収束している場合もある。

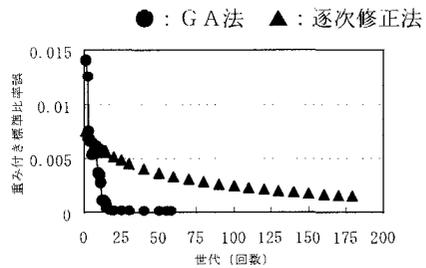


図-2 道路区間交通量の重み付き標準比率誤差

表-1 GA及び逐次修正法の結果

交差	交差確率	突然変異	世代(回数)	ノード				Z
				9	10	11	12	
1	0.6	0.1	58/100	10	50	98	501	2.5
		0.05	21/100	11	51	95	496	40.5
	0.7	0.1	38/100	7	54	78	505	352.9
		0.05	31/100	7	51	97	499	18.4
	0.8	0.1	56/100	8	48	127	497	625.6
		0.05	40/100	16	27	127	480	1095.4
2	0.6	0.1	28/100	11	49	97	498	15.4
		0.05	84/100	12	48	96	497	30.7
	0.7	0.1	59/100	12	48	97	497	24.9
		0.05	88/100	12	50	100	493	51.5
	0.8	0.1	81/100	8	48	99	505	17.6
		0.05	96/100	12	49	101	489	111.7
逐次修正1			179	24	57	98	497	228.5
逐次修正2			216/220	10	49	100	500	2.3

ここでは、非常に小さな道路網を用いたため、計算時間は、GA、逐次修正2ともに約5秒であり差がみられなかった。推計精度、計算時間の比較のためにも、対象地域を拡大した場合の推計を行いたい。

最後に、本研究は文部省科学研究費・一般研究C(代表 高山純一)により行った研究成果の一部である。ここに記して感謝したい。

〈参考文献〉

- 1) 佐佐木綱; 吸収マルコフ過程による交通流配分理論、土木学会論文報告集、第121号、pp. 21~31、1965年
- 2) 飯田恭敬; 発生交通量のみを変量とした実測交通量による交通需要量推計法、土木学会論文報告集、第283号、pp95~104、1979年