

混雑の時空間移動を扱う準動的配分モデルに適した自由走行時間の設定

金沢大学大学院	学生会員	○小池	光右
金沢大学	正会員	中山	晶一朗
金沢大学大学院	正会員	山口	裕通
金沢大学	フェロー	高山	純一
金沢大学	正会員	藤生	慎

1. はじめに

近年、道路整備事業に対する財政状況が厳しさを増している。道路整備においては、交通量や旅行時間が事業の前後でどれほど変化するかを精度良く予測することが重要である。そのため実務では、誰が計算を行っても解が一意に定まる利用者均衡配分が用いられる場合が多くなっている。しかし現在の実務で用いられる配分モデルの多くは、日交通量を扱うものである。実際の交通状況は動的な現象であるため、日単位の配分では時間帯毎の交通状況を予測できない。そこで交通流の時間変化を考慮するモデルとして準動的配分モデルが研究されており、これまでにいくつか開発されている。準動的配分は、モデルの特徴によってリンク修正法、OD修正法、待ち行列法の3つの種類に区分することができる。実務での利用を視野に入れたモデルとして、リンク修正法の考え方に基づいて構築された準動的配分モデル²⁾がある。本研究ではこれまでに、都市圏道路ネットワークに適用し、交通量の再現性は良好である一方、旅行時間が過小評価となることを確認している。道路ネットワークの時間信頼性や各種便益を算定するうえでは旅行時間を良い精度で予測できるモデルが求められる。本研究では、旅行時間関数に着目し、これを改良することで旅行時間の再現性を向上させることを目的としている。

2. モデルの概要

(1) 交通量・旅行時間の表現

本研究で用いる準動的配分モデルの概要について述べる。まず、ある時間帯 t にリンク ij に流入して目的地ノード n に向かう交通量について考える。ここでは、前述のような交通量を X_{ijnt} と表現する。本モデルでは、リンク ij の旅行時間 H_{ijt} は、BPR関数を用いて次のように表現する。

$$H_{ijt} = t_{ij0}(1 + \alpha X_{ijnt}^\beta / c_{ij}^\beta)$$

ここで、 t_{ij0} はリンク ij の自由旅行時間であり、 c_{ij} はリンク ij の交通容量である。 α, β はBPR関数のパラメータであるが、本研究では $\alpha = 0.15$ 、 $\beta = 4$ として計算を行っている。

(2) 残留交通量の表現

時間帯幅を λ とし、ある時間帯 t におけるリンク ij の旅行時間を H_{ijt} 、流入交通量を X_{ijt} とおくと、単位時間当たりのリンク交通量は X_{ijt}/λ と表現できる。ここで、リンク ij からの流出交通量を Z_{ijt} で表すと、残留交通量は流入交通量と流出交通量の差で表現できるので、以下ようになる。

$$X_{ijt} - Z_{ijt} = H_{ijt} X_{ijt} / \lambda$$

(3) 均衡条件の定式化

均衡状態において、道路利用者がノード i から目的地 n に移動する際にリンク ij を通過する条件は、ノード i からノード n までの最小旅行時間 \bar{T}_{int} が、リンク ij の旅行時間 H_{ijt} とノード j からノード n までの最小旅行時間 \bar{T}_{jnt} との和に等しいことである。また、モデルは準動的であるため、次の時間帯の最小旅行時間の影響も考慮する必要がある。そのため、リンク ij の終端ノード j からノード n までの最小旅行時間 \bar{M}_{ijnt} は、時間帯毎の交通量の比率により内分を行い、以下のように表現する。

$$\bar{M}_{ijnt} = \frac{Z_{ijnt}}{X_{ijnt}} \bar{T}_{jnt} + \frac{X_{ijnt} - Z_{ijnt}}{X_{ijnt}} \bar{T}_{jnt+1}$$

上記を用いて均衡状態を表現すると、以下のようになる。

$$\begin{cases} \bar{T}_{int} = H_{ijnt} + \bar{M}_{ijnt} & \text{if } X_{ijnt} \geq 0 \\ \bar{T}_{int} \leq H_{ijnt} + \bar{M}_{ijnt} & \text{if } X_{ijnt} = 0 \end{cases}$$

3. 金沢都市圏ネットワークへの適用

モデルを金沢都市圏ネットワーク(272 ノード, 964 リンク)に適用した。先述したように、準動的配分モデルを用いた場合は経路旅行時間が過小評価されるため、自由走行時間に変更を加える。今回は試験的に 30 秒加算したものと、2.5 倍するものの 2 パターンで計算を行った。比較のために静的な利用者均衡配分も実施した。表-1, 2 にリンク交通量の、表-3, 4 に経路旅行時間の R 二乗値と回帰係数をそれぞれ示す。いずれの表も、FW が利用者均衡の結果を示し、TUE が準動的モデルの結果を示している。

表-1 R 二乗値(リンク交通量)

時間帯	通常		30秒		2.5倍	
	FW	TUE	FW	TUE	FW	TUE
6	0.682	0.694	0.702	0.253	0.687	0.282
7	0.799	0.764	0.784	0.659	0.797	0.691
8	0.732	0.707	0.726	0.601	0.730	0.695
9	0.640	0.666	0.676	-0.238	0.637	0.174

表-2 回帰係数(リンク交通量)

時間帯	通常		30秒		2.5倍	
	FW	TUE	FW	TUE	FW	TUE
6	1.438	1.070	1.329	0.628	1.433	0.734
7	1.184	0.957	1.117	0.717	1.184	1.065
8	0.678	0.705	0.631	2.056	0.679	0.410
9	0.771	0.859	0.738	1.330	0.776	0.224

表-3 R 二乗値(経路旅行時間)

時間帯	通常		30秒		2.5倍	
	FW	TUE	FW	TUE	FW	TUE
6	0.203	0.178	0.227	0.220	0.203	0.177
7	0.307	0.340	0.343	0.397	0.306	0.366
8	0.288	0.320	0.328	0.322	0.288	0.272
9	0.158	0.175	0.183	0.207	0.158	0.181

表-4 回帰係数(経路旅行時間)

時間帯	通常		30秒		2.5倍	
	FW	TUE	FW	TUE	FW	TUE
6	0.544	0.402	0.760	0.615	1.359	1.003
7	0.559	0.581	0.796	0.745	1.397	1.116
8	0.412	0.357	0.587	0.508	1.031	0.803
9	0.483	0.345	0.678	0.543	1.207	0.866

4. まとめと今後の課題

リンク交通量について、利用者均衡配分と準動的配分の結果を比較すると、通常時(自由走行時間に変更を加えていないもの)では準動的配分の再現性が良好である。また通常時の経路旅行時間は両配分方法ともに過少評価の傾向が見られる。自由旅行時間に変更を加えると、経路旅行時間については、両配分方法で R 二乗値、回帰係数共に通常時よりも改善が図られている。表-4 からは、自由走行時間を数倍した方が、回帰係数が 1 に近づくことが示された。リンク交通量の R 二乗値は、利用者均衡配分では各時間帯で 0.6 以上であるが、準動的配分では時間帯によって値に差が生じることが判明した。回帰係数についても、利用者均衡配分では 0.6~1.4 程度の範囲である一方準動的配分は 0.2~2.0 程度である。自由走行時間に変更を加えると、準動的配分ではリンク交通量の再現性が著しく低下する結果となった。今後はモデルの最適化を行い、感度分析を用いて経路旅行時間を近似的に算出する方法の検討を行いたい。

参考文献

- 1) 例えば、藤田素弘, 山本幸司, 松井寛: 渋滞を考慮した時間帯別交通量配分モデルの開発, 土木学会論文集, No407, pp129-138, 1989
- 2) 中山晶一郎: 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデル, 土木学会論文集 D, Vol. 64, No3, pp340-353, 2008 年
- 3) 土木計画学研究委員会編: 交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解法-, 土木学会, 1999