

経路重複を考慮した改良型ロジットモデルのパラメータ推定

金沢大学 工学部土木建設工学科

学生会員 ○道下 健二

金沢大学 理工研究域環境デザイン学系

正会員 中山 晶一郎

金沢大学 理工研究域環境デザイン学系

フェロー 高山 純一

1. はじめに

確率的利用者均衡に用いられる多項ロジットモデル (Multinomial Logit 以下 MNL) は各選択肢の誤差項が互いに独立であることを仮定しているが、一般的なネットワークでは経路間に多くの共有リンクが存在するため、各々のリンクの属性間の相関パターンは複雑となる。MNL をこのようなネットワークに適用するなら、リンクを共有している経路に対して非現実的なほど大きな交通量が負荷される。これがいわゆる IIA 特性である。IIA 特性を緩和させるモデルとして、MNL を改良したモデルが先人たちににより考案されている。

本研究の目的は確率的利用者均衡において経路の重複を考慮し、IIA 特性を緩和させるモデルとしての改良型のロジットモデルを用いた交通量配分計算の性質を解明し、金沢道路ネットワークに適用することにある。また、そのためには改良型ロジットモデルに用いられるパラメータの推定を行う必要がある。そこで、本研究では山側環状道路開通後の経路選択行動を分析するために、交通量配分を行う。交通量配分を行うことで各リンク交通量を予測することが可能となり、それによりネットワークのサービス水準を知ることができる。そして、その配分結果を利用することにより、交通ネットワークの計画や評価を行うことが可能となる。

2. 研究で用いる計算理論

(1) Dial のアルゴリズム

通常の定式化された確率配分モデルは経路変数を用いて表現されているため、経路を列挙しなければならない。しかし、大きな交通ネットワークでは経路数が膨大であるため、それらを列挙することは不可能である。そこで、確率的利用者均衡配分の解法として、Dial は経路の列挙プロセスを用いないロジット関数を用いた有効な方法を示した。このアル

ゴリズムでは経路を明示的に扱うことなく交通量配分することができるのが大きな特徴である。ロジットモデルとの等価性が確認されたことにより、広く交通量配分で用いられることとなった。

(2) 経路重複を考慮した改良型ロジットモデル

経路重複を考慮したロジットモデルとは、効用最大化理論に基づく通常のロジットモデルが有する問題点である IIA 特性を緩和させるために効用の確定項などに改良を加えたものであり、Path-size-logit モデル (以下 PSL) , C-logit モデル等が提案されている。

これらのモデルは経路間の重複の表現を行っているので、リンクごとの交通量を推計する Dial のアルゴリズムでは、その適用は困難である。そこで、兵藤¹⁾や Russo and Vietta は Dial のアルゴリズムに適用可能で、リンク単位で重複経路数に応じた補正を行うことができるモデルとして、それぞれ PSL と C-logit を改良したモデル (以下、DPSL, DC-logit) を作成している。

(3) 最尤推定法

ネットワーク均衡分析の際のパラメータ推定では、均衡モデルで算出される計算交通量と、実交通量の二乗誤差が最小になるようにパラメータ推定されることが多かった。このような最小二乗法では、各リンクの交通量が独立であることが前提とされている。しかし、実際の交通量はリンク間で独立ではなく、近接するリンクではその相関はかなり高い。そこで、本研究では、最尤推定法を用いてリンク交通量間の相関を考慮したパラメータ推定を行う。

経路選択確率を P_k , 経路交通量を f_k とすると、ロジットパラメータ θ は (1) 式によって推定される。

$$\max_{\theta} = (P_1)^{f_1} (P_2)^{f_2} (P_3)^{f_3} \dots (P_n)^{f_n} \quad (1)$$

$$P_k = \frac{W[Z \rightarrow s]}{\sum_m W[m \rightarrow s]} \frac{W[Y \rightarrow Z]}{\sum_m W[m \rightarrow Z]} \cdots \frac{W[r \rightarrow A]}{\sum_m W[m \rightarrow A]} \quad (2)$$

ここで、(2)式を用いることで、経路選択肢集合を作ることなくパラメータ推定を行うことが可能である。

3. 仮想ネットワークへの適用

式 (3) は PSL モデルの経路選択確率であるが、この式に含まれるロジットパラメータ θ と未知パラメータ β を推定する必要がある。パラメータ推定の練習として図-1 に示す 2×2 格子状ネットワークを考え、DPSL モデルでの推定を行った。

$$P_k = \frac{\exp[-\theta c_k + \beta_{PS} PS_k]}{\sum_{k'} \exp[-\theta c_{k'} + \beta_{PS} PS_{k'}]} \quad (3)$$

$$PS_k = \sum_{a \in A_k} \frac{L_{ij}}{L^{\min}} \times \ln \left[\frac{1}{M \cdot q_a} \right] \quad (4)$$

P_k : k 番目経路の選択確率, c_k : k 番目経路の旅行時間, θ : ロジットパラメータ, β_{PS} : 未知パラメータ, PS_k : PS 補正項, L_{ij} : リンク ij のリンク長, $L^{\min}$: 最短認識経路長, M : 着ノードへのリンクウェイト関数値, q_a : 有効リンク選択確率

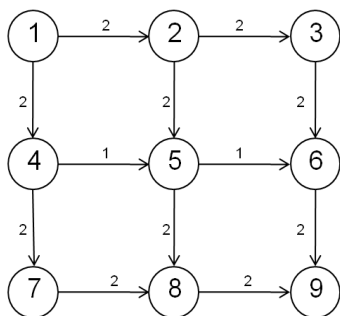


図-1 2×2 格子状ネットワーク

図-1 は戻りを仮定しないモデルであり、起点を Node1, 終点を Node 9 とし、Node1 から Node 9 に対して 10000 台の交通量を流すと仮定する。また、リンク上の数字は自由走行時間を表している。旅行時間は式 (5) に示す BPR 関数を用いて表され、交通量は収束計算を行って与えられる。交通容量はすべてのリンクで 5000 台/h としている。ここで、仮想ネットワークでは実測値が得られないため、 $\theta=0.5$, $\beta=3$ での Dial のアルゴリズムによる計算結果を実測

値の代用とし、乱数によって発生させた 10 セットの交通量データから θ を推定する。

$$t_a(x_a) = t_a^0 \left\{ 1 + 0.15 \left(\frac{x_a}{c_a} \right)^4 \right\} \quad (5)$$

t_a^0 = リンク a の自由走行時間, x_a = リンク a の交通量, c_a = リンク a の交通容量

推定結果は表-1 に示す通りとなった。 θ は真値 0.5 に対して平均は 0.502, β 真値 3 に対して平均は 3.01 と真値に近い値を得ることができた。

表-1 パラメータ推定結果

	θ	β
1回目	0.492	2.98
2回目	0.548	3.15
3回目	0.473	2.93
4回目	0.496	3.03
5回目	0.524	2.94
6回目	0.484	2.97
7回目	0.518	3.04
8回目	0.473	2.93
9回目	0.532	3.10
10回目	0.484	3.07
平均	0.502	3.01
真値	0.500	3.00

4. おわりに

本研究では、2×2 格子状仮想ネットワークにおいて最尤推定法を用いたロジットパラメータ推定を行い、有意な結果が得られた。今後、このプログラムを金沢市道路ネットワークに適用し、パラメータ推定を行う。その推定結果に関しては講演時に発表する。

参考文献

- 1) 兵藤哲郎：大型貨物車走行経路のモデル分析，テクニカルレポート，
http://www2.kaiyodai.ac.jp/press/h1805_shiryo.html , 2006.
- 2) 社団法人土木学会：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，1998.