

経路重複を考慮した経路選択パラメータのリンクベース最尤推定法 及びその金沢市道路ネットワークへの適用

金沢大学大学院 自然科学研究科

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

交通ネットワーク上の経路選択は交通行動を考える上で重要な問題の一つである。しかし、大規模ネットワークでの経路選択を考える際には、経路選択枝数が膨大であることや、経路の重複といった問題があり、経路選択枝集合の設定が非常に困難である。さらに、適切な経路選択枝集合を生成しなければ推定結果にバイアスが生じることとなる。

経路選択枝集合の生成に関しては、代表的な選択枝のみを抽出する方法や、ランダムに選択枝集合を生成する方法がこれまで行われてきた。しかし、このような本来よりも小さい選択枝集合を設定すると、実際に選択された経路が選択枝集合に含まれないという問題が発生する。このように、実際に選択された経路が選択枝集合に含まれていないと計算することができない。

ネットワーク均衡分析の際のパラメータ推定では、最尤推定法の他に、最小二乗法による推定や重複率が最大となるように推定する方法が用いられてきた。しかし、最小二乗法や重複率最大化といった方法では、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が、実際の交通ネットワーク上の交通量はリンク間で独立とは限らないため、バイアスなく推定できる保証はない。

経路選択パラメータの推定の他の問題として経路選択枝間の重複がある。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) は各選択枝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と、通過リンクの重複部分が多い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考案されている。

本研究では最尤推定法を用いることでリンク交通量間の相関を考慮し、Dial のアルゴリズムを用いることで経路選択枝集合を作らなくてもよいパラメータ推定を行う。また、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モデルにおいてもパラメータ推定を行う。

2. 経路重複を考慮したDial配分法

(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り、ロジットモデルとの等価性が確認されている。

(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、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、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⁾らは 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 Path-size-logit と C-logit を改良したモデルを作成している。

以下に本研究で用いる計算の手順を示す。

Step0 : (準備)

(a) 起点 r から他の全てのノードへの最小交通費用 $c(i)$ を計算 :

$$c(i) \leftarrow C \min[r \rightarrow i] \quad (1)$$

(b) 全リンクに対してリンク尤度 $L[i \rightarrow j]$ を計算。リンク尤度の計算に以下の PS 補正項を加える :

$$PS_{ij} = \frac{L_{ij}}{L^{\min}} \ln \left[\frac{1}{N_{ij}} \right] \quad (2)$$

$$L[i \rightarrow j] = \begin{cases} \exp[\theta\{c(j) - c(i) - t_{ij}\} + \beta PS_{ij}] & c(i) < c(j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Step1 : (前進処理)

起点 r から最小交通費用 $c(i)$ の値の昇順 (r から近い順) にノードを考える. 各ノード i から流出するリンクのリンク・ウェイト $W[i \rightarrow j]$ を計算:

$$W[i \rightarrow j] = \begin{cases} L[i \rightarrow j] & \text{for } i = r \\ L[i \rightarrow j] \sum_{m \in I_i} W[m \rightarrow i] & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

I_i はノード i に流入するリンクの始点集合.

Step2 : (後退処理)

$c(i)$ の降順 (r から遠い順) にノードを考える. 各ノード j に流入するリンクの交通量を計算する.

$$x_{ij} = \left(Q_{rj} + \sum_{m \in O_j} x_{jm} \right) \frac{W[i \rightarrow j]}{\sum_{m \in I_j} W[m \rightarrow j]} \quad (5)$$

O_j はノード j に流出するリンクの終点集合.

3. リンクベース最尤推定法

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, パラメータは (6) 式によって推定される.

$$\max_{\theta} = (P_1)^{f_1} (P_2)^{f_2} (P_3)^{f_3} \dots (P_n)^{f_n} \quad (6)$$

$$P_k = \frac{W[r \rightarrow A]}{\sum_m W[m \rightarrow A]} \frac{W[A \rightarrow B]}{\sum_m W[m \rightarrow B]} \dots \frac{W[Z \rightarrow s]}{\sum_m W[m \rightarrow s]} \quad (7)$$

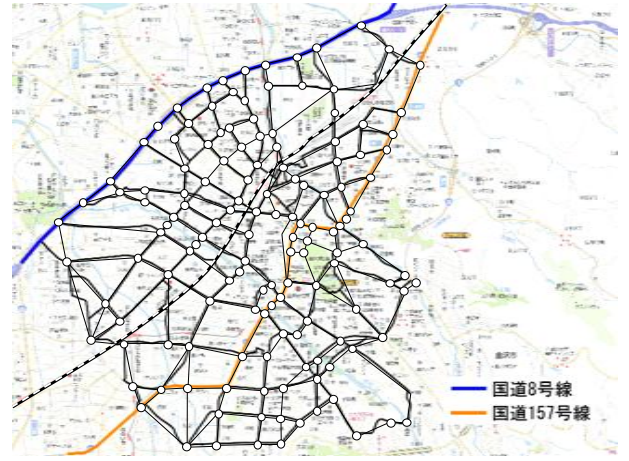


図-1 金沢市道路ネットワーク

$$\max_{\theta} \left(\frac{W[r \rightarrow A]}{\sum_m W[m \rightarrow A]} \right)^{x_{r \rightarrow A}} \left(\frac{W[A \rightarrow B]}{\sum_m W[m \rightarrow B]} \right)^{x_{A \rightarrow B}} \dots \left(\frac{W[Z \rightarrow s]}{\sum_m W[m \rightarrow s]} \right)^{x_{Z \rightarrow s}} \quad (8)$$

ここで, (7) 式を (6) 式に代入し整理すると, (8) 式のようにリンク交通量からパラメータ推定が可能となり, 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.

問題点として, OD が複数存在する場合, 同一のリンクの選択確率も異なるものが複数算出されてしまう. これは, Dial が経路を限定しているために生じる問題であるため, 経路を限定しない計算法であるマルコフ連鎖配分を用いることで同一リンクの選択確率はすべて同じとなる.

4. おわりに

本研究では Dial のアルゴリズムに経路重複を考慮した改良モデルを組み込んだモデルのパラメータを, リンクベースの最尤推定法で推定するプログラムを構築した. 構築した計算プログラムを金沢市道路ネットワーク (図-1, ノード数 140, リンク数 472) へ適用し, 推定した結果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.