

マルチクラス確率的利用者均衡モデルの実ネットワークへの適用

愛媛大学 学生員 林竜太郎
愛媛大学 正会員 朝倉康夫
愛媛大学 フェロー 柏谷増男

1.はじめに

ネットワーク上に異なった属性を持つグループが混在する場合の均衡モデルの代表は, Yang.H によるマルチクラス確率均衡である. 経路選択規範が異なるグループを経路選択パラメータの違いに帰着させている.

2.リンクコスト関数

利用者属性の違いは経路選択規範だけではない. 有料道路が含まれる場合には時間価値や料金が異なるケース(例えば, 小型車と大型車)も考えられる. この場合はリンクコスト関数を工夫する必要がある. 単独グループのリンクコスト関数は以下のように示せる. リンクコストは走行時間と料金の線形和であるとし時間単位で評価するものとする.

$$u_a(x_a) = t_a(x_a) + \frac{R_a}{v} \quad (1)$$

(x_a : リンク交通量, $t_a(x_a)$: リンクの走行時間, v : 時間価値, R_a : 料金)

しかし, 複数のグループが混在する場合にはリンクコスト関数が対称性を満足しなければ最適化問題として, SUE で表すことができない. 対称性とは,

$$\frac{\partial u_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2})}{\partial x_{a,2}} = \frac{\partial u_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2})}{\partial x_{a,1}} \quad (2)$$

$x_{a,1}$: リンク a を通るグループ 1 の交通量

$x_{a,2}$: リンク a を通るグループ 2 の交通量

$u_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2})$: グループ 1 のリンクコスト関数

$u_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2})$: グループ 2 のリンクコスト関数である.

料金を時間価値の異なる 2 つのグループ($I=1,2$)に対して料金項をそれぞれ $R_{a,1}$, $R_{a,2}$ とし, 時間価値を v_1 , v_2 としてリンクコスト関数を以下のようにする.

$$\begin{cases} u_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2}) = t_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2}) + \frac{R_{a,1}}{v_1} \\ u_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2}) = t_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2}) + \frac{R_{a,2}}{v_2} \end{cases} \quad (3)$$

対称性を満足するには上の条件から

$$\frac{\partial t_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2})}{\partial x_{a,2}} = \frac{\partial t_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2})}{\partial x_{a,1}} \quad (4)$$

でなければならない. BPR タイプの関数を用いるなら

$$t_{a,1}(x_{a,1}, x_{a,2}) = t_{a,2}(x_{a,1}, x_{a,2}) = t_{a,0} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x_{a,1} + x_{a,2}}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (5)$$

でなければならない. グループ別の換算係数は $\gamma (\neq 1)$ を用いてリンクフローを $x_a = x_{a,1} + \gamma x_{a,2}$ とすることはできないことに注意しなければならない.

3.マルチクラス SUE モデル

本研究では, 異なる経路選択率パラメータ・料金形態を持つ複数グループが混在する確率的利用者均衡モデルを用いることにする.

$$\begin{aligned} \min . Z = & \sum_{a \in A} \left[\int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{g \in G} \left(\frac{R_{a,g}}{v_g} \right) x_{a,g} \right] \\ & - \sum_{g \in G} \left[\frac{1}{\theta_g} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs,g} H_{rs,g}(f^{rs,g}) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

subject to

$$\sum_{k \in K_{rs}} = q_{rs,g} \quad \forall_r \in R, s \in S, g \in G \quad (4)$$

$$x_{a,g} = \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{k \in G} \delta_{a,k}^{rs,g} f_k^{rs,g} \quad \forall_a \in A, g \in G \quad (5)$$

$$f_k^{rs,g} \geq 0 \quad \forall_k \in K, \forall_r \in R, s \in S, g \in G \quad (6)$$

Keywords: マルチクラス, 確率的均衡配分, リンクコスト関数

連絡先: 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番 愛媛大学工学部, TEL.089(927)9829, FAX.089(927)9843

$t_a(x_a)$: リンク a の旅行時間

$q_{rs,g}$: OD ペア rs 間の交通量(グループ g)

$R_{a,g}$: リンク a の料金(グループ g)

v_g : グループ g の時間価値

$x_{a,g}$: リンク a の交通量(トータル)

$x_{a,g}$: リンク a の交通量(グループ g)

$f_k^{rs,g}$: OD ペア rs 間 k 番目経路の交通量(グループ g)

$\delta_{a,k}^{rs,g} = 1$: OD ペア rs 間 k 番目経路がリンク a を含む
 0 : 含まない

$$H_{rs,g}(f^{rs,g}) = \sum_{k \in K_{rs}} P_k^{rs,g} \ln P_k^{rs,g} = - \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{g \in G} \frac{f_k^{rs,g}}{q_{rs,g}} \ln \frac{f_k^{rs,g}}{q_{rs,g}} \quad (7)$$

最適性条件がマルチクラス確率均衡条件と一致することの証明は省略する。

4.モデルのアルゴリズム

step0 初期実行可能解の設定

収束回数 $n=1$ とする。

料金を含まない距離のみを考慮した自由走行コストを求める。各グループで設定された有料リンクの料金を各グループの時間価値によりそれぞれ時間コストに換算する。換算された時間コストと自由走行コストを各グループで足し合わせグループ毎のリンクコストを算出する。求められたリンクコストに対して各グループで Dial 配分を行ってリンク交通量 $\{x_{a,g}^{(n)}\}$ を求める。

Step1 リンクコストの更新

グループ別に求められたリンク交通量を足し合わせ、グループトータルのリンク a のリンク交通量を求める。求められたリンク交通量と料金を考慮してグループ毎のリンクコストを算出する。

Step2 降下方向の探索

更新されたリンクコストに対して各グループで Dial 配分を行いグループ別の補助交通量 $\{y_{a,g}\}$ を求める。

Step3 一次元探索

収束回数 n 回のグループトータルのリンク交通量を $\{X_a^{(n)}\}$, 補助交通量を $\{Y_a\}$ とし

$$X_a^{(n+1)} = \alpha Y_a + (1-\alpha) X_a^{(n)} \quad (8)$$

とおく。一次元探索によって目的関数式(3)を最小にするパラメータ α とそのリンク交通量 $\{x_{a,g}^{(n+1)}\}$ を求める。

Step4 収束判定

(1) $n > k$ (k は任意に与える)

$$(2) \max_a |x_{a,g}^{(n+1)} - x_{a,g}^{(n)}| \leq \varepsilon_1 \quad (\varepsilon_1 \text{ は設定しておく})$$

この内いずれかを満足する場合は終了, そうでない場合は $n=n+1$ として step2 へ戻る。

5.四国ネットワークへの適用計算

5.1 前提条件

対象ネットワーク: 1994 年次の四国全域ネットワーク (リンク数 1054, ノード数 697) を使用する。

OD 表: 平成 6 年度道路交通センサス(平日)の交通量調査に基づいている。センサスの目的別区分は 12 種類(1. 出勤, 2. 登校, 3. 業務 A, 4. 業務 B, 5. 家事・買物, 6. 送迎, 7. 社交・娯楽, 8. 観光・行楽・レジャー, 9. 帰社, 10. 帰宅, 0.99. 不明)に分類されている。適用計算に用いる OD 表はグループを目的別に区分している。グループ 1 は業務目的(3,4,9), グループ 2 は業務以外(1,2,5,6,7,8,10)のものとしている。不明についてはサンプル数の比で振り分けた。

観測交通量: 平成 6 年度道路交通センサス(平日)の交通量調査より, 24 時間観測の 115 ヶ所を用いている。

固定パラメータ: BPR 関数, 時間価値 45 円/分

変化させるパラメータ: 車種 1 の経路選択率パラメータを 0.05 ~ 5.0, 車種 2 の経路選択率パラメータを 0.01 に固定(目的が業務外より)

5.2 計算結果

(1) 高速道路観測値とモデルの推計値の比較

観測値と推計値の近似直線の相関係数, 傾き, 切片について調べたものを表.1 に示す。モデルでは, 高速道路を全体で平均して, およそ 4000 台の過大評価をしている事がわかる。全体としては大きい変化がないこともわかる。相関係数と傾きに関しては 1 から大きく値がずれていることもないので, 実ネットワークへの適用可能性がうかがえたと思う。

表.1 高速道路観測交通量と推計値の相関

車種1/車種2	相関係数	傾き	切片
0.05/0.01	0.876	0.886	4117.259
0.1/0.01	0.883	0.905	3965.102
0.5/0.01	0.904	0.960	3741.026
1.0/0.01	0.910	0.965	3668.882
5.0/0.01	0.901	0.963	3695.103