

1 はじめに

交通ネットワーク均衡分析の分野では、従来様々な統合型モデルが提案されてきたが、これらのモデルに対しては、個々の交通利用者の選択行動が反映されておらず、各過程間の整合性の問題も指摘されている。本研究では、Nested Logit モデルと整合的で、確率的利用者均衡条件を満足する分布・分担・配分統合型確率的利用者均衡モデルを定式化し、モデルを実際の都市圏に適用することによりその実用性を検証する。

2 本研究で用いるモデル

2.1 モデルの基本的考え方

交通利用者は、確率的利用者均衡の概念に基づいて交通選択行動を行うものとする。交通選択においては、目的地選択段階が最上位、次に手段選択段階、そして経路選択段階が最下位となるような階層的選択構造を仮定する。手段選択に関して、対象モードは道路網と公共交通網の2種類とする。利用経路のコストは一般化費用により表現する。リンク ij の所要一般化費用 U_{ij} を以下に示す。 λ は時間価値、 C は料金である。

$$U_{ij} = \lambda t_{ij}(x_{ij}) + C_{ij} \quad t_{ij}(\cdot) : \text{リンク } ij \text{ の所要時間} \quad (1)$$

時間価値は各交通主体別、即ち自動車利用時、鉄道利用時、バス利用時、徒歩（待ち）時間の4種類に対してそれぞれ $\lambda^C, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F$ と仮定した。

2.2 モデルの定式化

本研究で用いる分布・分担・配分統合型確率的利用者均衡モデルは、以下のように定式化される。

【NLSUE/MODE/DEST】

$$\begin{aligned} \min . Z(\mathbf{x}, \mathbf{q}^C, \mathbf{q}^M, \bar{\mathbf{q}}) = & \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}^C} U_{ij}^C(w) dw + \sum_{ij} U_{ij}^M x_{ij}^M \\ & - \frac{1}{q_1^C} \sum_r \{HL(\mathbf{x}^{r,C}) - HN(\mathbf{x}^{r,C})\} - \frac{1}{q_1^M} \sum_r \{HL(\mathbf{x}^{r,M}) - HN(\mathbf{x}^{r,M})\} \\ & - \frac{1}{q_2} \sum_r \sum_s \bar{q}_{rs} H_{rs}(\bar{\mathbf{q}}^{rs}) + \frac{1}{q_3} \sum_r \sum_s \bar{q}_{rs} \left[\ln \left(\frac{\bar{q}_{rs}}{k K_{rs} \sqrt{O_r} \sqrt{D_s}} \right) - 1 \right] \end{aligned} \quad (2)$$

s.t.

$$\bar{q}_{rs} = q_{rs}^C + q_{rs}^M, \quad O_r = \sum_s \bar{q}_{rs}, \quad D_s = \sum_r \bar{q}_{rs}$$

$$\sum_i x_{ik}^{r,C} - \sum_j x_{kj}^{r,C} + \sum_s q_{rs}^C \delta_{r,k}^C - q_{rs}^C \delta_{s,k}^C = 0, \quad \sum_i x_{ik}^{r,M} - \sum_j x_{kj}^{r,M} + \sum_s q_{rs}^M \delta_{r,k}^M - q_{rs}^M \delta_{s,k}^M = 0$$

$$x_{ij}^C = \sum_r x_{ij}^{r,C}, \quad x_{ij}^M = \sum_r x_{ij}^{r,M}, \quad x_{ij}^{r,C} \geq 0, \quad x_{ij}^{r,M} \geq 0$$

3 モデルの中京都市圏への適用とその結果

3.1 入力データの概要

本モデルの実際の都市圏への適用可能性の検証は、名古屋市を中心とする半径およそ 30km 圏に適用することにより行う。対象地域を名古屋市内 108、名古屋市外 113、合計 221 ゾーンに分割し、ピーク時を対象とした。OD 交通量実績データは、第 3 回中京都市圏パーソントリップ調査（1991）の調査結果をゾーンごと

キーワード：確率的利用者均衡、分布・分担・配分統合モデル

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻
TEL 052-789-4636 FAX 052-789-3738

に集計したものを実績データとした。自動車の所要時間については、名古屋市を含む愛知県内の実測交通量に基づいて松井ら（1999）によって推定されたリンクパフォーマンス関数を用いた。

3.2 モデルパラメータの推定

はじめに地区間調整係数 K_{rs} 及び公共交通経路選択パラメータ θ_1^M を推定した。これらを基準として残りのパラメータを推定する。パラメータ $\theta_1^C, \theta_2, \theta_3$ および時間価値 $\lambda^C, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F$ の推定は現況が確率的利用者均衡状態にあると仮定して、交通需要予測モデルから得られた OD 交通量、各手段別 OD 交通量及び高速道路リンク交通量が実績値に最も近づくように、パラメータを推定する。本研究では、非線型問題に有効な準ニュートン法による非線型最小二乗法を用いた。

$$\min. Z = \sum_r \sum_s (Q_{rs} - \bar{Q}_{rs})^2 + \sum_r \sum_s (Q_{rs}^C - \bar{Q}_{rs}^C)^2 + \sum_{ij} (X_{ij}^e - \bar{X}_{ij}^e)^2 \quad (3)$$

s.t.

$$Q_{rs} = Q_{rs}(\theta_1^C, \theta_2, \theta_3, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F, \lambda^C)$$

$$Q_{rs}^C = Q_{rs}^C(\theta_1^C, \theta_2, \theta_3, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F, \lambda^C), \quad X_{ij}^e = X_{ij}^e(\theta_1^C, \theta_2, \theta_3, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F, \lambda^C)$$

ここに、

$$Q_{rs}, \bar{Q}_{rs} : \text{OD 交通量の推定値、実績値}$$

$$Q_{rs}^C, \bar{Q}_{rs}^C : \text{自動車 OD 交通量の推定値、実績値}$$

$$X_{ij}^e, \bar{X}_{ij}^e : \text{高速道路リンク交通量の推定値、実績値}$$

3.3 推定結果

推定されたパラメータ値は、 $\theta_1^M = 4.20$ 、 $\theta_1^C = 0.317$ 、 $\theta_2 = 0.0901$ 、 $\theta_3 = 0.0281$ となった。時間価値については、鉄道利用時が 59.71、バス利用時が 59.74、徒歩（待ち）時が 149.88、自動車利用時が 95.95 となった（単位はいずれも（円/分・人）である）。

OD 交通量の実績値と推定値の相関係数は 0.999、自動車 OD 交通量の実績値と推定値の相関係数は 0.996 となっており、各推定値は実績値にほぼ一致している。また、高速道路リンク交通量の実績値と推定値の相関係数については良好な結果が得られたが、地下鉄リンク交通量の実績値と推定値の相関係数については、過小推定の結果となっている。相関係数はそれぞれ、0.700、0.723 である。

3.4 考察

θ_1^C と θ_1^M とを比較してみると、 θ_1^M が θ_1^C の約 13.3 倍になっている。このことから、公共交通利用者は自動車利用者に比べて、よりコストの小さい経路を選択する傾向にあることがわかった。逆に、自動車利用者は公共交通利用者に比べて選択する経路も多くあり、自動車利用者は公共交通利用者に比べてより確率的に経路選択を行っているものと考えられる。推定された時間価値については、徒歩（待ち）時における時間価値が最も大きな値として推定された。これは、徒歩時間、待ち時間の時間短縮効果が最も大きいことを意味している。公共交通利用促進策を考える際に大いに参考にするべきである。

4 まとめ

本研究では、公共交通利用者は自動車利用者に比べてよりコストの小さい経路を選択する傾向にあることが示された。また、徒歩時における時間短縮効果が最も大きいことがわかった。モデル全体を通して比較的よい精度で現況を再現できたが、経路選択段階については改良の余地がある。自動車利用者についてはコスト以外の他の要因（たとえば、交通目的やネットワークの認知状況など）についても考慮することにより、より良いモデルへと改良されるものと思われる。

参考文献

- 赤松 隆・土屋雄二・川上喜博（1991）：確率的均衡配分の効率的計算法の開発，交通工学，Vol.26，No.1，pp.51-58
- 河上省吾（1978）：修正重力モデルの確率論的意義とエントロピーモデル，土木学会論文報告集，No.272，pp.135-138
- 松井 寛・藤田素弘（1999）：大都市圏道路網を対象とした拡張型利用者均衡配分モデルの開発とその実用化，土木計画学研究・講演集，No.22(2)，pp.1-14