

複合交通手段を考慮したネットワーク需要推計法

岐阜大学 正 員 宮城俊彦

岐阜大学 学生員 ○水口晴男

岐阜大学 中島康博

1. はじめに

近年、都市圏の拡大に伴う公共交通網の整備や、都市内における自動車の増加による道路混雑のため、通勤時におけるパークアンドライドが増加傾向にあり、利用交通形態が多様化してきている。従来の機関分担・配分統合モデルは、自動車や鉄道などの代表交通手段が選択されることを仮定した需要予測モデルで、バスから鉄道へという乗り換えの生ずる異種交通手段（本研究では、複合モードと呼ぶ）を利用するトリップに対し、利用者の選択行動を反映した需要予測モデルとは言い難い。

本研究では、端末交通手段を含む2つ以上の交通手段を利用するトリップが分析できる需要予測モデルを構築している。また、仮想ネットワークへの適用を通して、提案する計算手法の有用性を検討する。

2. 端末手段選択を含む機関分担・配分統合モデル

(1) モデル化のアプローチ

複合モードを含む手段選択において、どのアクセス交通を利用し、どのターミナルで乗り換えを行なうかという選択過程を、どの様にトリップ行為者の選択構造が反映できるように表現するかが重要となる。手段選択のみを論じたネスティッドロジットを用いた駅・アクセス同時選択¹⁾や、複合モード選択とネットワーク均衡問題を統合した同時選択モデル²⁾についての研究は成されている。

本モデルは、機関選択モデルにおいて、端末交通手段選択、ターミナル選択、複合モード選択という3段階の選択行動をネスティッド構造として捉え、複合モードと自動車が競合するように交通ネットワーク均衡モデルのフレーム中で、機関分担・配分統合モデル³⁾を構築している。

(2) 機関分担と交通配分に関する均衡条件

統合モデルで達成される均衡状態において、機関分担や交通配分は以下の関係となる。機関分担においては、各モードの相対的な交通サービス水準に応じたロジットモデルとなっている。

① 端末交通手段選択

$$\hat{q}_{rs,t}^b = \hat{q}_{rs,t} \frac{\exp(-\theta_2 \hat{u}_{rs,t}^b)}{\exp[-\theta_2 (\hat{u}_{rs,t}^a + \pi_t)] + \exp(-\theta_2 \hat{u}_{rs,t}^b)} \quad (1)$$

$\hat{q}_{rs,t}^b$: ターミナルtを選択する場合のバスアクセストリップ数

$\hat{u}_{rs,t}^a, \hat{u}_{rs,t}^b$ は各々、アクセス手段として自動車及びバスを利用してターミナル t を経由する場合のODペア rs 間の所要時間で式(2)となる。

$$\hat{u}_{rs,t}^i = \hat{u}_{rs,t}^i + \hat{u}_{rs,t}^m \quad (i = a, b) \quad (2)$$

② ターミナル選択

$$\hat{q}_{rs,t} = \hat{q}_{rs} \frac{\exp(-\beta \hat{u}_{rs,t})}{\sum_{i \in T_{rs}} \exp(-\beta \hat{u}_{rs,i})} \quad (3)$$

$\hat{q}_{rs,t}$: ターミナルtを利用する複合モードトリップ数

$\hat{u}_{rs,t}$: ターミナルtを経由するODペア rs の複合モード所要時間

$\hat{u}_{rs,t}$ はアクセス手段ごとに異なり、次の log-sum 関数で与えられる。

$$\hat{u}_{rs,t} = \pi_t - \frac{1}{\theta_2} \ln [\exp \{-\theta_2 (\hat{u}_{rs,t}^a + \pi_t)\} + \exp \{-\theta_2 \hat{u}_{rs,t}^b\}] \quad (4)$$

③ 複合交通手段選択

$$\hat{q}_{rs} = \bar{q}_{rs} \frac{\exp(-\theta_1 \hat{\phi}_{rs})}{\exp[-\theta_1 (u_{rs} - \alpha_{rs})] + \exp(-\theta_1 \hat{\phi}_{rs})} \quad (5)$$

$\hat{q}_{rs}$: 複合モードトリップ数

u_{rs} : 自動車によるODペア rs 間所要時間

$\hat{\phi}_{rs}$: ODペア rs 間の複合モード所要時間

u_{rs} は、Wardrop均衡を満足するように定められる値で、 $\hat{\phi}_{rs}$ は、ターミナルtを経由する複合モード所要時間 $\hat{u}_{rs,t}$ の合成を含む、次の log-sum 関数で表される。

$$\hat{\phi}_{rs} = \frac{1}{\beta} \ln \hat{q}_{rs} - \frac{1}{\beta} \ln \sum_{i \in T_{rs}} \exp(-\beta \hat{u}_{rs,i}) \quad (6)$$

④ ネットワーク均衡

自動車ネットワーク上の交通流はWardrop均衡を満足し、ターミナル t までの自動車アクセスについてもWardrop均衡が成立している。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{if } f_k^{rs} > 0, \text{ then } u_k^{rs} &= u^{rs}, k \in P_{rs}^a \\ \text{if } f_k^{rs} > 0, \text{ then } \hat{u}_{r,t}^{rs} &= \hat{u}_{r,t}^{a,rs}, k \in P_{r,t}^a \end{aligned}$$

が成立する。

(3) 計算方法

上述の均衡条件は等価な数理最適化問題として定式化でき、代表的な解法であるFrank-Wolfe法を適用し均衡状態を求めることができる。本モデルの均衡体系では、すべての変数を陽表的に表現できないため最初に複合モードトリップを仮定した、図1のアルゴリズムに基づいて計算を行う。

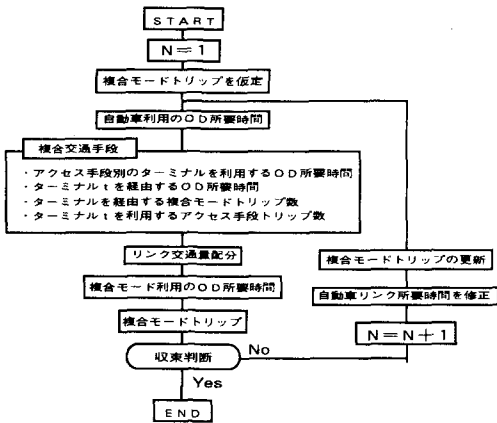


図1 計算のアルゴリズム

ここでの収束基準には、複合モードトリップを用いて以下のように設定した。

$$\sum_{rs} |\hat{q}_{rs}^{(n-1)} - \hat{q}_{rs}^{(n)}| \leq \varepsilon \quad \varepsilon: \text{微小な正の定数} \quad (7)$$

3. 仮想ネットワークへの適用

仮想ネットワークは単一のODで結ばれ、道路ネットワークと複合モード、ターミナル選択が考慮できるようなバス路線と鉄道から構成されている。また、計算手法の有用性を検証するために、複合交通手段を考慮した場合（ケース1）と通常の代表交通手段のみを扱った場合（ケース2）について、初期設定の複合モードトリップやパラメータの値を変えて、様々な計算を行なった。図2、図3に適用結果を示す。

図2、図3は、ケース1で複合モードの初期設定を変化させた時の複合モード推定誤差と目的関数の収束状況である。いずれの場合においても反復回数が3～4回で収束に向い、目的関数の値も等しくなっている。この結果から、本研究で提案した計算手法を用いることで、最適化問題の均衡状態が達成され、計算手法の有効性が確かめられた。

配分状況においては、ケース2での予測ではマストラの分担量が過小に推定されがちで、実際の分析と類似した傾向が生じている。これは、代表交通手段のみの予測では、ターミナルやアクセス手段は与件とされ、複合モードの分担率は自動車とのサービス水準に準じ変化するが、マストラ内の分担率は常に一定となるからである。一方、ターミナル選択、アクセス手段選択を考慮することで、複合モードのサービス水準は、自動車アクセスの交通サービス水準の影響を受け需要分担は変動するので、より現実の利用者の選択行動に沿う結果が得られると思われる。

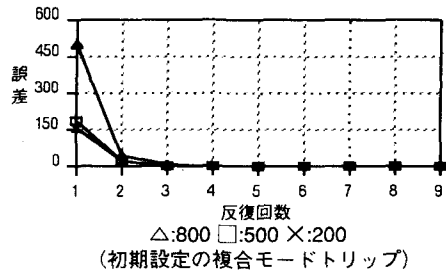


図2 複合モードの推定誤差（ケース1）

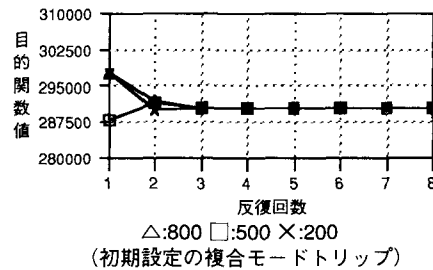


図3 目的関数の収束状況（ケース1）

4. おわりに

端末交通手段を含む2つ以上の交通手段を利用するトリップの需要予測が可能となり、提案した計算手法の適用性も高いことが得られた。実証分析により、モデル自体の有用性を検討する必要があるが、物流におけるミックス・モード分析や駅勢力圏分析などへの適用が可能である。

参考文献

- 1) 原田 昇, 太田勝敏: Nested Logit モデルの多次元選択への適用可能性, 交通工学, Vol.18, No.6, pp.3-11, 1983
- 2) E. Fernandez, D. C. Joaquin, C. Enrique: Characteristics of Composite Mode Modelling in the Context of Network Equilibrium, Paper Presented at WCTR in Ryon. 1991
- 3) 宮城 俊彦, 水口 晴男: 複合交通手段を考慮した交通ネットワーク均衡モデルに関する研究, 土木計画学研究・講演集, No16(1)-1, pp. 159-164, 1993