

首都高速道路における転換率内生化利用者均衡配分モデルの適用

Application of User Equilibrium Traffic Assignment Model with Diversion Function to Metropolitan Expressway

中村毅一郎**・森田緯之***・井上紳一****・中野敦****・遠藤弘太郎*****

By Kiichiro NAKAMURA**, Hirohisa MORITA***, Shin-ichi INOUE****,

Atsushi NAKANO****, Kotaro ENDO*****

1. はじめに

首都高速道路をはじめとして、高速道路を含んだネットワークにおいて配分交通量を推計する際には、高速道と一般道との分担関係を適切に推計することが重要となる。

通常の利用者均衡配分では、旅行時間に道路料金の時間換算分を加算した一般化費用の最小化という行動原理によって、高速道と一般道の選択をモデル化しているが、高速道を利用するか否かについては、必ずしも一般化費用だけでは説明できないことが多いと考えられる。この点に着目して、松井・藤田¹⁾²⁾は高速転換率を生内化した利用者均衡配分モデルの開発を行なっている。

本稿では、首都高速道路公団において、転換率を生内化した利用者均衡配分モデルのパラメータ推定および適用性分析を行なった成果を紹介する。

2. 転換率を生内化した配分モデルの概要

松井・藤田によるモデルを簡単に紹介する。

このモデルは、需要変動型利用者均衡配分モデルの一種であり、分担・分布統合モデルとして定式化することができる。ここで、一般道のみ利用と高速道利用をそれぞれ別のモードとみなした場合の高速道利用の分担率が、高速転換率に相当する。

高速道利用の場合にもアクセス・イグレス部分において一般道を通過するため、この2つのモードの交通量はそれぞれ他のモードのリンクコストに影響を与えることになる。しかし、両モードとも同じ自動車であるからリンクコストの相互干渉は対称となり、等価な数理最適化問題を構成することが可能である。

* キーワード：利用者均衡配分，転換率

** 正員，首都高速道路公団 計画部調査課
(東京都千代田区霞が関 1-4-1, Tel. 03-3539-9408)

*** 正員，日本大学 総合科学研究所

**** 正員，財団法人 計量計画研究所
(東京都新宿区市谷本村町 2-9, Tel. 03-3268-9911)

***** 正員，株式会社ライテック 社会調査・計画部第二課

OD ペア rs 間のモード m を、 $m=1$ は一般街路のみ利用、 $m=2$ は高速道路利用とする。モード2 (高速道路利用車) の OD ペア rs 間の交通量は、次の二項ロジットモデルで表わされる。

$$q_{rs}^2 = Q_{rs} \cdot \frac{1}{\exp\{-\theta_{rs} \cdot (C_{rs}^1 - C_{rs}^2) + \psi_{rs}\} + 1} \quad (1)$$

ここに、

Q_{rs} : OD ペア rs 間の交通量

C_{rs}^m : OD ペア rs 間のモード m の最小コスト

θ_{rs}, ψ_{rs} : パラメータ

また、モード1、モード2のそれぞれについて、以下の均衡条件が成り立つ。

$$f_{rs,k}^m \cdot \{C_{rs,k}^m(\mathbf{f}) - C_{rs}^m\} = 0 \quad \forall m, rs \in \Omega, k \in K_{rs}^m \quad (2)$$

$$C_{rs,k}^m(\mathbf{f}) - C_{rs}^m \geq 0 \quad \forall m, rs \in \Omega, k \in K_{rs}^m \quad (3)$$

ここに、

$C_{rs,k}^m$: OD ペア rs 間のモード m の経路 k のコスト

$f_{rs,k}^m$: OD ペア rs 間のモード m の経路 k の交通量

K_{rs}^m : OD ペア rs 間のモード m の経路集合

Ω : OD ペアの集合

このモデルと等価な数理最適化問題は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}, \mathbf{q}} Z(\mathbf{x}, \mathbf{q}) = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} \sum_m t_a(\omega^1 + \omega^2) \cdot d\omega^m \\ & - \sum_{rs \in \Omega} \frac{1}{\theta_{rs}} \cdot \int_0^{q_{rs}^2} \left(\ln \frac{Q_{rs} - \omega}{\omega} - \psi_{rs} \right) \cdot d\omega \end{aligned} \quad (4)$$

subject to

$$Q_{rs} = q_{rs}^1 + q_{rs}^2 \quad \forall rs \in \Omega \quad (5)$$

$$\sum_{k \in K_{rs}^m} f_{rs,k}^m = q_{rs}^m \quad \forall rs \in \Omega \quad (6)$$

$$x_a^m = \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K_{rs}^1} \delta_{rs,k}^{a,m} \cdot f_{rs,k}^m \quad \forall m \quad (7)$$

$$q_{rs}^m \geq 0, f_{rs,k}^m \geq 0, x_a^m \geq 0 \quad (8)$$

ここに、

- \mathbf{x}_a : リンク a の両モードの交通量のベクトル $\{x_a^1, x_a^2\}$
- x_a^m : リンク a のモード m の交通量
- $t_a(\cdot)$: リンク a のリンクコスト関数
- $f_{rs,k}^1$: OD ペア rs 間のモード m の経路 k の交通量
- $\delta_{rs,k,a}^m$: モード m のリンク経路接続行列の要素

この問題は、部分線形化法等の既存のアルゴリズムを用いて比較的容易に解くことができる。

3. 転換率式の推定

(1) 実績データに基づくパラメータの推定

首都圏のデータを用いて、上記のモデルの転換率式中のパラメータの推定を行なった。

OD 別に高速道路利用の有無が把握できるデータとして、H11道路交通センサスのオーナーインタビュー調査データを用いた。ただし、このデータではOD間所要時間の精度が高くないと考えられ、また、道路料金に関するデータも得られないため、転換率式の推定に用いる LOS データはネットワーク配分から得られる値を用いることとした。ここで、配分結果と転換率式パラメータは相互に依存することになるため、一度推定された転換率式を用いて再度配分を行ない、そこから算出される LOS を用いてパラメータを再推定するという収束計算を行なった。

転換率式のパラメータ θ, ψ はモデル上は OD ペア別に設定可能であるが、ここでは θ, ψ がそれぞれ OD 間距離の関数として表わされると仮定し、関数型は予備検討を踏まえて以下のようにおいた。

$$\theta(L_{rs}) = a \cdot L_{rs}^b \quad (9)$$

$$\psi(L_{rs}) = c \cdot \ln L_{rs} + d \quad (10)$$

ここに、

- L_{rs} : OD ペア rs 間の距離
- a, b, c, d : パラメータ

すなわち、転換率式を以下のようにおいて、最尤法によりパラメータ a, b, c, d を同時に推定した。

$$P_{rs} = \frac{q_{rs}^2}{Q_{rs}} = \frac{1}{\exp\{-a \cdot L_{rs}^b \cdot (C_{rs}^1 - C_{rs}^2) + c \cdot \ln L_{rs} + d\} + 1} \quad (11)$$

推定結果は下表のとおりである。(ただし、 θ の単位は $[\text{min}^{-1}]$ 、 L_{rs} の単位は $[\text{km}]$ である。)

表1 転換率式のパラメータ推定結果

a	b	c	d	尤度比	的中率
+0.279 (+15.9)	-0.536 (-27.6)	-1.061 (-44.8)	+5.155 (+74.7)	0.591	0.872

(括弧内は t 値)

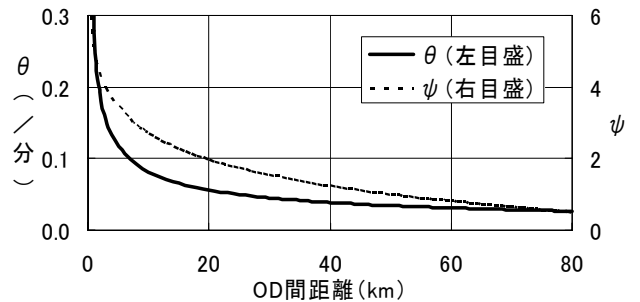


図1 転換率式のパラメータ推定結果

(2) 現況補正

転換率式のパラメータ推定に用いた道路交通センサデータは誤差が大きい可能性が高いため、より高い精度で高速道路の利用実態が得られていると考えられる首都高速道路起終点調査から高速転換率の実績を集計し、転換率式より推計される転換率が実績値と整合するように、パラメータ ψ の補正を OD 間距離帯別に行なった。

4. 適用性の検証

通常の利用者均衡配分モデルと転換率内生利用者均衡配分モデルを首都圏において適用した際の、現況再現性を下表に示す。転換率内生により、現況再現性の向上が見られる。

表2 交通量の現況再現性の比較

		転換率なし	転換率あり
首都高速道路	利用台数(実績比)	1.003	0.967
	走行台キロ(実績比)	1.128	1.001
	リンク交通量の%RMS	20.7%	17.9%
その他自専道	リンク交通量の%RMS	55.4%	36.3%
一般街路(23区内)	リンク交通量の%RMS	49.2%	47.0%

参考文献

- 1) 松井寛・藤田素弘: 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, 1999
- 2) 松井寛・藤田素弘: 高速道路を含む都市圏道路網における利用者均衡配分モデルの実用化に関する研究, 土木学会論文集 No. 653/IV-48, pp. 85-94, 2000