

高速道路への転換率を内性化した利用者均衡配分

○名古屋工業大学 学生員 上田 聡
 名古屋工業大学 フェロー 松井 寛
 名古屋工業大学 正 員 藤田素弘

1. はじめに

道路網を対象とした交通量モデルとして近年利用者均衡配分モデルが注目され、その効率的な解法の開発とあいまってその実用化が進められている段階であるが、道路網の一部に都市高速道路のような有料道路が含まれているような場合には、単純に利用者均衡配分モデルを適用するわけにはいかない。なぜならば高速道路を利用する場合の料金抵抗を考慮するとき、時間価値の評価に個人差があり、その影響を無視できないからである。一方、経路評価値の個人による差異や情報の不完全性に対応すべく確率的利用者均衡配分モデルが提案されているが、これも高速道路と一般道路利用の選択率を表現するには無理がある。

ところで、従来都市圏を対象とした、都市高速道路を含む道路網に適用されている実用的な交通量配分モデルとして高速転換率併用制限付分割配分モデルが知られている。この方法は、一般道路のみの道路網による最短経路と高速道路を含めた道路網による最短経路を、それぞれ一般道路利用経路と高速道路利用経路と定義して、それぞれの最短経路を探索し、一般道路利用最短経路と高速道路利用最短経路の所要時間を用いて高速道路への転換率を計算し、それぞれの利用経路にOD間交通量の一部を配分する分割配分法である。しかしながらこのようなシミュレーション的な配分方法では、最終的に得られた高速道路利用交通量と一般道路利用交通量の割合が最初に仮定した転換率モデルとは必ずしも整合性がとれないという問題が生じている。

そこで、本研究ではこの高速転換率を内性化された利用者均衡配分モデルを構築を試みるものである。

2. 高速転換率を内性化した利用者均衡配分モデル

転換率を内性化した利用者均衡配分モデルは、以下のような数理最適化問題として定式化できる。

$$\min F = \sum_a \int_0^{x_a} C_a(y) dy + \sum_i \int_0^{g_i} \left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{w}{G_i - w} + \psi_i \right) dw \quad \dots (1.1)$$

$$\text{s.t. } \sum_k f_{ik} - g_i = 0, \quad \sum_l f'_{il} - g'_i = 0 \quad \dots (1.2)$$

$$g_i + g'_i = G_i \quad \dots (1.3)$$

$$x_a = \sum_i \sum_k \delta_{ika} f_{ik} + \sum_i \sum_l \delta'_{ila} f'_{il} \quad \dots (1.4)$$

$$f_{ik} \geq 0, \quad f'_{il} \geq 0, \quad g_i \geq 0, \quad g'_i \geq 0, \quad x_a \geq 0 \quad \dots (1.5)$$

ここで、

x_a : リンクaのリンク交通量, $C_a(\cdot)$: リンクaのリンクパフォーマンス関数,

g_i : iODペアの一般道路利用の交通量, g'_i : iODペアの高速道路利用の交通量,

G_i : iODペアの全交通量, f_{ik} : OD交通量 g_i に対する一般道路利用経路kの経路交通量,

f'_{il} : OD交通量 g'_i に対する高速道路利用経路 l の経路交通量

$$\delta_{ika}, \delta'_{ila} = \begin{cases} 1 : \text{リンクaがiODペア間経路k (またはl) に含まれるとき} \\ 0 : \text{そうでないとき} \end{cases}$$

式(1.1)は機関分担・配分同時決定型の利用者均衡配分モデル¹⁾と同型となっており、第二項は高速道路への転換率に関する項である。

目的関数と制約条件から、作成できるラグランジュ関数を経路交通量 f_{ik} , f'_{ij} で微分すると、利用者均衡の解を表現する最適性条件

$$\begin{aligned} f_{ik}(c_{ik} - \lambda_i) &= 0 \\ c_{ik} - \lambda_i &\geq 0 \quad (c_{ik} = \sum_a t_a \delta_{ika}) \\ f'_{ij}(c'_{ij} - \lambda'_i) &= 0 \\ c'_{ij} - \lambda'_i &\geq 0 \quad (c'_{ij} = \sum_a t'_a \delta'_{ija}) \end{aligned}$$

が得られ、一般道路利用経路、高速道路利用経路それぞれについて利用者均衡が成立している。

また、高速道路利用の交通量 g'_i で偏微分すると、(1.1)式の第2項から高速道路への転換率を表すロジットモデル

$$g'_i = \frac{1}{e^{-\theta(\lambda_i - \lambda'_i)} + \psi_i + 1} G_i \quad \dots (2)$$

を得ることができる。

ここで λ_i , λ'_i はそれぞれ、一般道利用と高速道利用の最短経路所要時間であり、 θ , ψ_i は時間価値や料金抵抗を表現するパラメータである。

3. 配分計算

配分計算は以下のアルゴリズムによって行う。

- step1 交通量0での経路所要時間を計算する。
- step2 一般道路利用と高速道路利用に対してそれぞれ最短経路探索をおこない、各最短経路所要時間を求める。
- step3 一般道路利用と高速道路利用の最短経路所要時間の差によって、式(2)から高速転換率を計算し交通量を配分する。
- step4 配分結果に基づいて経路所要時間を修正する。
- step5 修正後の経路所要時間より転換率を求め、交通量を再配分する。
- step6 step5で求められた交通量が収束するまでstep2~5の反復計算を行う。

以上のように、一般道路利用と高速道路利用に対してそれぞれの場合の最短経路を同時に求めることで所要時間を算出し、それに伴い高速転換率も変化させてゆくことでその整合性がとれ、その結果、道路利用者的高速転換率の決定と経路交通量配分を同時に行うことが可能となる。

4. おわりに

本研究において、最短経路所要時間の差による高速転換率を内性化した利用者均衡配分モデルを構築した。

このモデルの開発により、高速道路を利用する場合の時間価値の評価を転換率により表現し、かつ、利用者均衡の同時成立の可能性が示されたが、その適用までには至らなかった。

今後、仮想ネットワークを用いて実際に適用し、配分計算を行いその再現性を確認してゆく必要がある。また、高速転換率モデルに用いられているパラメータの検討や道路網への適用等の点で改良すべきであると思われる。

【参考文献】

- 1) Y. Sheffi, *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*, Prentice-Hall, 1985