

有料道路を含む道路ネットワークにおける利用者均衡配分問題の実用化

名古屋工業大学大学院 学生員 ○長棟 一秀

名古屋工業大学 正会員 藤田 素弘

名古屋工業大学 フェロー 松井 寛

1. はじめに

道路網を対象とした交通量配分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ことはできない。それは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。

従来都市圏を対象とした、有料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。しかしこの配分モデルでは、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。著者らは既に高速転換率を内性化した利用者均衡配分モデル¹⁾を構築しているが、本研究はこの均衡モデルを実際に名古屋圏の大規模ネットワークに適用し、実証面からの検討を行うものである。本研究で使用するデータは平成7年度の名高速データである。ネットワークはノード数1241、セントロイド数279、往復別リンク数4209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

経路選択が確定的選択な場合、以下のような数理最適化問題として定式化できる。

$$\min F = \sum_a \int_0^{y_a} t_a(y) dy + \sum_i \int_0^{G_i} \left(\frac{1}{\theta(L)} \ln \frac{w}{G_i - w} + \psi(L) \right) dw$$

Subject to

$$\sum_k x_{ik} - g_i = 0, \quad \sum_l x_{il}^e - g_i^e = 0 \quad \forall_i$$

$$g_i + g_i^e = G_i \quad \forall_i$$

$$y_a = \sum_i \sum_k \delta_{ika} x_{ik} + \sum_i \sum_l \delta_{ila} x_{il}^e \quad \forall_a$$

$$x_{ik} \geq 0, x_{il}^e \geq 0, g_i \geq 0, g_i^e \geq 0 \quad \forall_{i,k,l}$$

y_a : リンク a のリンク交通量、 $t_a(y)$: リンク a のリンクパフォーマンス関数、 g_i : ODペア i の一般道路利用の交通量、 g_i^e : ODペア i の有料道路利用の交通量、 G_i : ODペア i の全交通量、 x_{ik} : 一般道路利用経路 k の経路交通量、 x_{il}^e : 有料道路利用経路 l の経路交通量、 $\delta_{ika}, \delta_{ila}$: リンク a が ODペア i 間の経路 k (または l) に含まれるとき1、そうでないとき0、 $\theta(L), \psi(L)$: OD間距離 L で定式化されたパラメータ

3. リンクパフォーマンス関数と転換率式

リンクパフォーマンス関数は平成6年度道路交通センサスのデータを用いて道路種別ごとに設定された関数を使用した。ただし、本研究での配分対象区域が尾張地域であることを考慮して混雑度以外の説明変数(信号交差点密度、DID率、指定最高速度)には愛知県(名古屋市を含む)のみのデータを代入しその平均値を自由走行時間とした。また、転換率式は平成7年度の名高速データを用いて設定された回帰式を使用している。

$$\text{リンクパフォーマンス関数: } t_a = t_0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{Q_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad \text{転換率式: } g_i^e = \frac{1}{e^{-\theta(L)(x_i^e - x_i)} + \psi(L)} G_i \quad \forall_i$$

t_a :リンク a の日平均所要時間、 t_0 :自由走行時間、 Q_a :リンク a の日交通量、 C_a :リンク a の日交通容量、 λ_i :一般道路利用経路の最短経路所要時間、 λ_i' :時間換算した料金抵抗を付加した有料道路利用経路の最短経路所要時間、 α, β :パラメータ

4. 高速利用最短経路探索の効率的方法

有料道路を含むネットワークにおける均衡配分のアルゴリズムでは転換率モデルを利用するために、各 OD 間で一般道路のみの最短経路と、有料道路を含む最短経路の2本のルートが必要となる。前者の一般道路のみの最短経路は高速オンランプにコスト ∞ を入力しておくことで容易に達成できる。後者の有料道路を含む最短経路はいくつかの方法が考えられる。本研究のモデルでは必ず有料道路最短経路を列挙することが必要となるため、必ず列挙でき、効率よく計算できる方法として以下の方法を提案する。なお、ここで扱う最短経路探索には基本的に Dijkstra 法を用いている。

Step1 各 OD 間でまず一般道路のみのネットの最短経路を求める。同時に、発セントロイド O からすべての高速オンランプ一般道路側ノード J までの最小所要コスト $V1(J,O)$ と各ノード K の先行ポインタ $IP1(K,O)$ を記憶する。

Step2 高速オンランプ高速道路側ノードを発セントロイド J' として最短経路探索を行い(ここで、高速オフランプのリンクコストに ∞ を入れておく)すべての着セントロイド D までの最小所要コスト $V2(D,J')$ と各ノード K の先行ポインタ $IP2(K,J')$ を記憶する。ここで発セントロイドとなった J' の先行ポインタを高速オンランプ一般道路側ノード J とする。 $V2(D,J')$ に高速オンランプのリンクコストを加えておく。

Step3 各 OD 間の有料道路を利用した経路の所要コストを以下のように定義する。

$$V(D,J,O) = V1(J,O) + V2(D,J')$$

高速オンランプの個数分だけ列挙された $V(D,J,O)$ のなかで、最小値をとる経路を各 OD 間の有料道路を利用した最短経路とする。先行ポインタは O から J までの経路は **Step1** で求められたものを用い、J' から D までの経路は **Step2** で求められたものを用いる。

上記のようにすれば、一般道路のみの経路探索時の情報を利用できること、高速オンランプの数だけの最短経路探索をすればよいことなどから全ネットワークで有料道路利用経路を探索するよりも効率的であるといえる。

5. 配分結果

	均衡モデル	均衡モデル(割合)	実績値	実績(割合)
全名高速利用	135065台/日	1.00	144854台/日	1.00
名高速のみの利用	107618台/日	0.797	115034台/日	0.794
名高速+2環	27447台/日	0.203	29820台/日	0.206

6. 考察と今後の課題

均衡モデルの配分結果と実績値を比較すると、名高速と2環を乗り継いで利用する「名高速+2環」の配分結果は実績値より約2000台少なく、「名高速のみの利用」は実績値より約7000台少ない結果となり、この減少分が「全名高速利用台数」の配分結果と実績値の差ともなっている。また、「名高速+2環」、「名高速のみの利用」それぞれの「全名高速利用台数」に占める割合は均衡モデルの場合と実績値の場合ともほぼ等しいものとなっている。

課題として、経験的に設定した高速料金の時間価値の合理的な設定、本研究では簡易的に名高速公社の分割配分法で利用する Q-V 表で与えられた日交通容量を使用した、各リンクの時間交通容量に換算係数を乗じて日交通容量を設定する(各リンクの時間交通容量がデータ中に与えられていなかったため設定できなかった)が必要であると思われる。

本研究の適用計算において、名古屋高速道路公社、名古屋高速道路協会、日建設計よりデータ等で多大な協力を得た。ここに感謝の意を表します。

参考文献1) 松井・上田, 有料道路を含む道路ネットワークにおける利用者均衡配分問題, 京大記念シンポジウム講演集