

複数の高速道路経路を考慮した確率的均衡配分モデルに関する研究

片平エンジニアリング 正会員 三輪 富生
名古屋大学大学院 正会員 森川 高行

1. はじめに

これまで、名古屋高速道路における交通量配分手法には高速転換率併用容量制限付分割配分法が用いられてきた。しかしこの手法は均衡配分法の近似計算であり論理的な説明が困難である他、都市高速道路網の拡充に伴う複数の高速道路経路を再現しにくいという欠点をもつ。近年の交通量配分研究の進展により均衡配分計算は実用に用いられるレベルに達しており、筆者らはすでに複数の高速道路利用経路を考慮した確率的均衡配分法を提案している。しかしこの手法も確率的な高速転換率・ランプ選択モデルと同時に確定的な利用者行動原則を用いた一貫性を欠いたモデルであった。そこで本研究では利用者が都市高速道路網において利用するランプを選択し、かつ平面高速道路上と高速道路上における経路選択を考慮したモデルを定式化し、それを名古屋都市圏ネットワークに適用する。また、提案するモデルを高速道路経路選択モデルと呼び、高速道路の処理方法として仮想リンクに料金分の抵抗を負荷した確率的均衡配分モデルを料金抵抗モデルとしてそれぞれ比較を行う。

2. 本研究のフレームワーク

2.1 リンクパフォーマンス関数

本研究では用いるべきリンクパフォーマンス関数をあらかじめ推定した。この推定に用いたデータは入手が容易で汎用性の高い平成9年度道路交通センサスデータを用いた。自由走行時間は都市間高速道路を100km/h、都市内高速道路については80km/h、一般道路については道路の設計速度を基準に40～60km/hの間で設定を行った。推定する関数の分類は高速道路については都市間高速道路と都市内高速道路に、一般道路については車線数が最も走行時間に影響を与えると考え5種類に分類した。推定結果を表-1に示す。

表-1 リンクパフォーマンス関数のパラメータ

道路の区分	α	β	修正 R^2	サンプル数
都市間高速道路	0.262	2.309	0.459	77
都市内高速道路	0.486	2.675	0.355	40
2車線道路	0.849	1.390	0.626	1400
4車線道路	1.235	1.301	0.327	444
6車線以上道路	1.604	1.507	0.237	148

2.2 モデル構造

利用者行動に伴う効用には観測不可能な誤差が存在すると考え、さらに高速道路利用経路についてはその観測不可能な誤差に相関が存在し、また同一のランプを利用する経路についても誤差項に相関があると考えるとき、図-1のよう

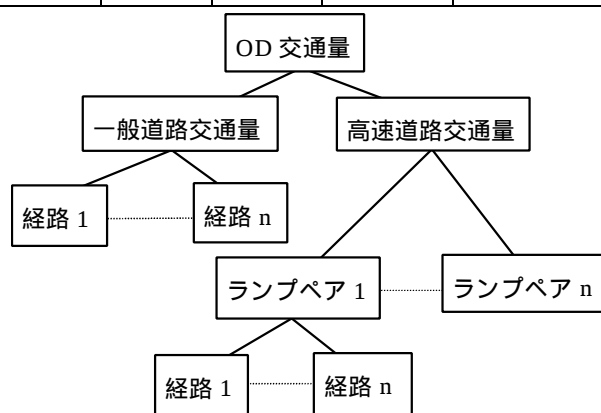


図-1 モデル構造

うに利用者行動を仮定できる。高速道路を利用するかどうかを高速転換確率、どのランプペアを利用するかをランプペア選択確率とする。ランプペアとはオンランプとオフランプの組み合わせのこととし、高速道路利用者は選択可能なランプペア集合の中から最も高い効用を与えるランプペアを選択するものとする。このとき、経路選択・ランプペア選択・高速転換率モデルを組み込んだ高速道路経路選択モデルの等価数理最適化問題は次のようになる。

$$\min Z = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw - \frac{1}{m_g} \sum_{rs} q_{rs} \{HL(x_{ij}^{r,g}) - HN(x_{ij}^{r,g})\} \\ - \frac{1}{q} \sum_{rs} \int_0^{\hat{q}_{rs}} \left(\ln \frac{w}{q_{rs} - w} - a \right) dw - \frac{1}{b_1} \sum_{rs} \hat{q}_{rs} (\ln \hat{q}_{rs} - 1) + \sum_{rs} \sum_{tp \in R_{rs}} \hat{q}_{rs, tp} \left\{ \frac{1}{b_1} (\ln \hat{q}_{rs, tp} - 1) + g_{tp} \right\}$$

キーワード：確率的均衡配分、経路選択、ネスティッドロジットモデル

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 Phone 052-789-3564 Fax 052-789-3738

$$-\frac{1}{m_e} \left[\sum_r \{HL(\hat{x}_{ij}^{r,t_1}) - HN(\hat{x}_{ij}^{r,t_1})\} + \sum_{t_1} \{HL(\hat{x}_{ij}^{r,t_1,t_2}) - HN(\hat{x}_{ij}^{r,t_1,t_2})\} + \sum_{t_2} \{HL(\hat{x}_{ij}^{r,t_2,s}) - HN(\hat{x}_{ij}^{r,t_2,s})\} \right]$$

$$\text{Subject to } \bar{q}_{rs} = q_{rs} + \hat{q}_{rs}, \sum_{t_2} \sum_s \hat{q}_{rs,tp} = \hat{q}_{rt_1}, \sum_r \sum_s \hat{q}_{rs,tp} = \hat{q}_{t_1 t_2}, \sum_r \sum_{t_1} \hat{q}_{rs,tp} = \hat{q}_{t_2 s}$$

$$\sum_i x_{ik}^r - \sum_j x_{kj}^r + \sum_s q_{rs} d_{rk} - q_{rs} d_{sk} = 0, \sum_i \hat{x}_{ik}^{r,t_1} - \sum_j \hat{x}_{kj}^{r,t_1} + \sum_s \hat{q}_{rt_1} \hat{d}_{rk} - \hat{q}_{rt_1} \hat{d}_{t_1 k} = 0, \sum_i \hat{x}_{ik}^{t_1} - \sum_j \hat{x}_{kj}^{t_1} + \sum_s \hat{q}_{t_1 t_2} \hat{d}_{t_1 k} - \hat{q}_{t_1 t_2} \hat{d}_{t_2 k} = 0$$

$$\sum_i \hat{x}_{ik}^{t_2} - \sum_j \hat{x}_{kj}^{t_2} + \sum_s \hat{q}_{t_2 s} \hat{d}_{t_2 k} - \hat{q}_{t_2 s} \hat{d}_{sk} = 0, x_a = \sum_r x_{ij}^r + \sum_{rs} \hat{x}_{ij}^r + \sum_{rs} \hat{x}_{ij}^{t_1} + \sum_{rs} \hat{x}_{ij}^{t_2}$$

$$\bar{q}_{rs} \geq 0, q_{rs} \geq 0, \hat{q}_{rs} \geq 0, \hat{q}_{rt_1} \geq 0, \hat{q}_{t_1 t_2} \geq 0, \hat{q}_{t_2 s} \geq 0, x_{ij}^r \geq 0, \hat{x}_{ij}^r \geq 0, \hat{x}_{ij}^{t_1} \geq 0, \hat{x}_{ij}^{t_2} \geq 0, x_a \geq 0$$

$$\text{ただし } HN(x^r) = -\sum_j \left(\sum_i x_{ij}^r \right) \ln \left(\sum_i x_{ij}^r \right), HL(x^r) = -\sum_{ij} x_{ij}^r \ln x_{ij}^r, tp = (t_1, t_2) = (\text{ON ランプ}, \text{OFF ランプ})$$

$$\hat{q}, \hat{f} : \text{高速道路交通量}, q, f : \text{一般道路交通量}, g_{tp} : \text{ランプペア } tp \text{ を利用した時の料金} = (b_2/b_1) \times \hat{c}_{tp}$$

この問題が唯一の解を持つためには未知パラメータが全て正であり、かつ $\frac{1}{q} - \frac{1}{b_1} > 0$ となることである。

3. 結果と考察

高速道路経路選択モデルにおけるパラメータは対象とするネットワークに一般道路利用交通量と、高速道路利用交通量をそれぞれ仮配分することによりリンク交通量を求め必要なデータを算出した後に回帰分析により推定した。この推定結果から算出される時間価値は 66.0 円/(分・人)と妥当な値であるが、ログサム変数の値が小さいことから用いた説明変数のみでは利用者行動を説明しきれないと言える。

表 - 2 ランプペア選択モデルのパラメータ

β_1 : ログサム変数	4.09×10^{-2} (6.7)
β_2 : 高速道路利用料金	5.68×10^{-4} (2.5)

表 - 3 転換率モデルのパラメータ

θ : ログサム変数	3.75×10^{-3} (20.9)
α : 定数項	1.14 (18.6)

() 内は t 値

次に配分には Dial 法を用いた。配分に用いたネットワークはノード数 4303、リンク数 1304 であり名古屋都市圏に対応している。OD データは朝ピーク時間帯 (7 時 ~ 9 時) とした。高速道路リンク交通量について、高速道路経路選択モデルを用いた場合と料金抵抗モデルを用いた場合の散布図を示す。経路選択行動のばらつきを表すパラメータ μ_g, μ_e は 1 とした。高速道路経路選択モデルの相関係数は一般道路で 0.708、高速道路で 0.556、料金抵抗モデルでは一般道路で 0.687、高速道路で 0.632 となり、高速道路については料金抵抗モデルの方が精度良く推定された。この結果から精度の良いパラメータを得られない時は料金抵抗モデルの方が精度良い結果が得られた。

4. 今後の課題

本研究で提案した高速道路経路選択モデルは料金抵抗モデルより精度良く推定できなかった。これは推定されたパラメータの精度のみならず、モデル構造や説明変数の決定により改善すべきであるといえる。所要時間や高速道路利用料金以外にも説明変数を取り入れる必要があり検討しなければならない。

参考文献

松井寛・山田周治: 道路交通センサスデータに基づく BPR 関数の設定, 交通工学, Vol.33, No.6, pp9-16, 1998
長澤英春・松井寛・藤田素弘: 大都市圏道路ネットワークにおける確率的利用者均衡配分の研究, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp195-198, 1999
三輪富生・森川高行: 複数の高速道路経路選択を考慮した均衡配分モデルに関する研究, 名古屋大学卒業論文, 1998

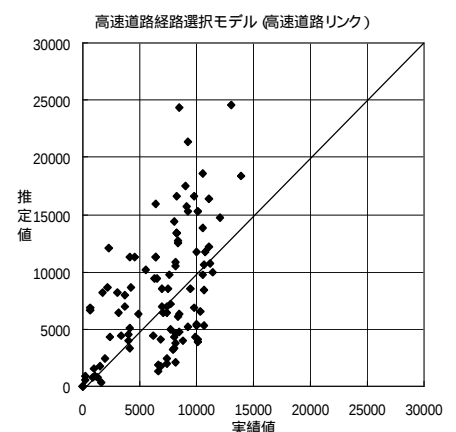
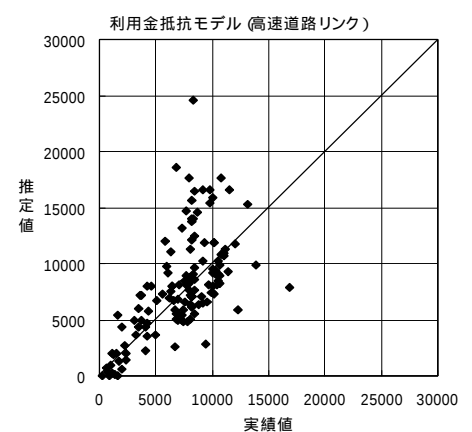


図 - 2 配分結果の比較