

都市高速道路を含む多手段交通網における均衡交通量予測法に関する研究*

A STUDY ON TRAFFIC EQUILIBRIUM MODEL FOR
URBAN MULTIMODE TRANSPORT NETWORK INCLUDING EXPRESSWAY

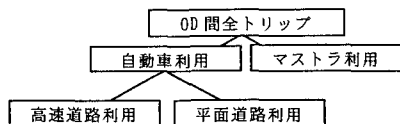
尾関 洋一** 河上 省吾***

By Yoh-ichi OZEKI, Shogo KAWAKAMI

1 はじめに

現在、交通量配分の際の有料道路の交通量の予測には、個人の選択のばらつきが考慮できる高速転換率が多く実用されている。一方、自動車-マストラなど各モードの手段分担段階と配分段階のフィードバックを考慮できる手段分担・配分統合均衡モデルがすでに開発されている。本研究では、高速転換率と自動車-マストラ分担率を同時に考慮した分担・配分統合均衡モデルを開発し、名古屋圏に適用することを目的とする。

また本研究に用いる統合モデルを考慮する場合、以下のようなネステッド構造のモデルを採用することが妥当と考える。



2 本研究で用いるモデル

(1) モデルの基本的考え方

利用者の経路選択に関しては、Wardrop の第1原則に基づく利用者均衡モデルを用い、最短経路は一般化費用最小経路とする。リンク a の所要一般化費用 U_a は以下に示す。 λ は時間価値、 C は料金である。

$$U_a = \lambda_a(v_a) + C_a \quad (1)$$

時間価値は各交通主体別、すなわち自動車運転時、鉄道乗車時、バス乗車時、徒歩(待ち)時間の4種類に対してそれぞれ $\lambda^C, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F$ を設定した。

(2) 選択確率

高速転換率 θ_{ij}^C は OD 間所要一般化費用の比を考慮できる転換率として以下のロジット式を用意した。 U_{ij}^C, U_{ij}^S はそれぞれ高速利用、平面利用の OD 間所要一般化費用である。

$$\theta_{ij}^C = \frac{1}{1 + \exp\left\{\alpha_C(\ln U_{ij}^C - \ln U_{ij}^S) + \beta_C\right\}} \quad (2)$$

自動車-マストラ分担率 ϕ_{ij}^C は、自動車の OD 間代表一般化費用を表わす Log-sum 変数 ϕ_{ij}^C を用いて以下のよう表わす。

$$\phi_{ij}^C = \frac{1}{1 + \exp\left\{\alpha_C(\phi_{ij}^C - U_{ij}^M) + \beta_C\right\}} \quad (3)$$

$$\phi_{ij}^C = \exp\left(-\frac{1}{\alpha_C} \ln \left[\exp(-\alpha_C \ln U_{ij}^C) + \exp(-\alpha_C \ln U_{ij}^S) + \beta_C \right]\right) \quad (4)$$

(3) モデルの定式化

本研究で用いる目的関数は以下のようになる。

$$\min Z = \sum_a \int_0^{v_a} U_a(\omega) d\omega + \sum_s v_s U_s^M + \sum_{ij} T_{ij}^M \frac{1}{\alpha_C} \left\{ \ln \frac{\eta}{T_{ij}^C - \eta} + \beta_C \right\} d\eta + \sum_{ij} T_{ij}^S \frac{1}{\alpha_C} \left\{ \ln \frac{\eta}{T_{ij}^C - \eta} + \beta_C \right\} d\eta \quad (5)$$

Subject to

$$v_a = \sum_s \Delta_{a,s} f_{l(s)} \gamma + \sum_{ij} \sum_k \delta_{akij} h_{kij}^S + \sum_{ij} \sum_m \delta_{amij} h_{mij}^C$$

$$T_{ij}^C = \sum_m h_{mij}^C, \quad T_{ij}^S = \sum_k h_{kij}^S,$$

$$T_{ij}^C = T_{ij}^e + T_{ij}^s, \quad T_{ij}^S = T_{ij}^C + T_{ij}^M$$

$$h_{kij}^S \geq 0, h_{mij}^C \geq 0, T_{ij}^M \geq 0$$

$\alpha_C, \beta_C, \alpha_C, \beta_C$: パラメータ

$T_{ij}^C, T_{ij}^M, T_{ij}^e, T_{ij}^s$: ij 間の自動車、マストラ、

高速道路、平面道路利用トリップ数

v_a : リンク a のトリップ量

$\Delta_{a,s}$: バスリンク s にリンク a が含まれる

場合は1、それ以外は0

$f_{l(s)}$: バス路線 l の運行頻度

*キーワード：配分交通・交通手段選択

**：正会員、工修、愛知県土木部

〒460-8501 名古屋市中区三の丸3丁目1番2号
Phone 052-961-2111(内線2735) Fax 052-961-2271

***：フェロー、工博、名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

〒464-8603 名古屋市中千種区不老町
Phone 052-789-4636 Fax 052-789-3738

- γ : バスの自動車換算係数 (=2)
 h_{kij}^e : ij 間平面道路利用経路 k のトリップ量
 h_{mij}^e : ij 間高速道路利用経路 m のトリップ量
 $\delta_{akj}, \delta_{amij}$: ij 間の経路 k (m) にリンク a が含まれる場合は 1、それ以外は 0

3 名古屋圏へのモデルの適用

(1) データの概要

本研究では1991年の交通実態を基に交通網を設定する。対象地域は名古屋市内とし、ゾーン分割は名古屋市内各区計16ゾーンとし、対象時刻はピーク時とした。OD交通量実績データは、第3回中京都市圏パーソントリップ調査(1991)及び第6回名古屋高速道路自動車起終点調査(1991)の調査結果をゾーン毎に集計することによりデータを得た。

本研究で用いたネットワークを図2.1、図2.2に示す。

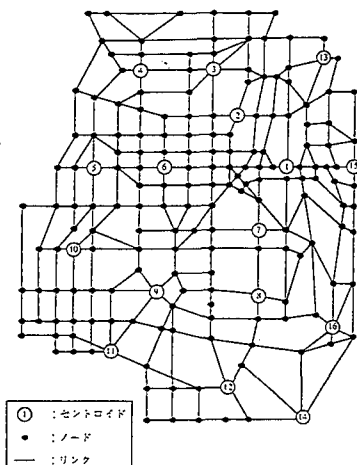


図2.1 本研究で用いた自動車ネットワーク

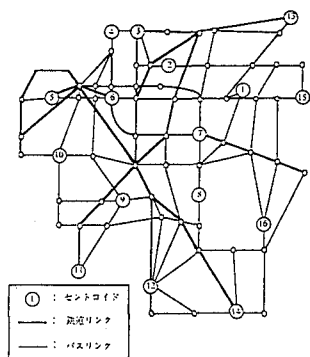


図2.2 本研究で用いたマストラネットワーク

(2) モデルパラメータの同定方法

パラメータ α, β および時間価値 $\lambda^c, \lambda^R, \lambda^B, \lambda^F$ の同定方法は現況が利用者均衡状態にあると仮定して、モデルから得られた各手段別ODトリップ推定値が実測値に近づくようにパラメータを同定する。

すなわち以下の目的関数を最小化するようにパラメータを同定する。

$$\min Z = \sum_{ij} \left(X_{ij} - \bar{X}_{ij} \right)^2, \text{ s.t. } X_{ij} = X_{ij}(\alpha, \beta, \lambda) \quad (6)$$

$X_{ij}, \bar{X}_{ij}$: 手段別トリップの推定値、実績値

また、本研究はまず自動車交通のみを考慮して高速転換率パラメータ α_e, β_e 及び時間価値 λ^c を求めておき、その値を用いて分担率パラメータ α_c, β_c 及び時間価値 $\lambda^R, \lambda^B, \lambda^F$ を求める段階推定法を採用する。

(3) 推定結果

(a) 高速転換率の推定結果

高速転換率パラメータの推定結果について述べる。推定方法は3.(2)で述べた通り自動車交通のみを考慮し、式(6)に設定した目的関数を最小化するようにパラメータを同定した。なおこの際に用いる均衡配分の目的関数は、式(5)よりマストラに関係する第2項および第3項を除いたものとなる。

各パラメータの同定結果について表3.1に示す。また、高速道路利用トリップ数の実績値と推定値の相関係数は0.613であり、その関係図を図3.1に示す。

表3.1 高速転換率パラメータの推定結果

パラメータ		時間価値(円/分)
α_e	β_e	λ^c
6.85	-0.00212	139.97

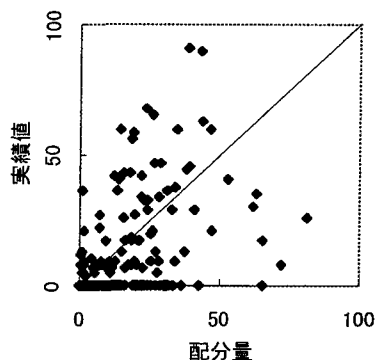


図3.1 自動車交通のみ考慮した場合の高速道路利用トリップの実績値と推定値の相関関係

(b)自動車－マストラ分担率の推定

表3.1の高速転換率パラメータを用い、同様に自動車分担率パラメータの推定を行った。その結果を表3.2に示す。また、自動車利用トリップ数の実績値と推定値の相関係数は0.901であり、高速道路利用トリップ数の実績値と推定値の相関係数は0.507となった。それぞれの関係図を図3.2、図3.3に示す。

表3.2 分担率パラメータの推定結果

パラメータ		時間価値(円/分)		
α_c	β_c	λ^R	λ^B	λ^F
0.000578	1.07	36.99	90.20	95.20

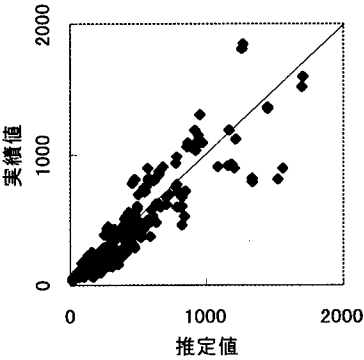


図3.2 全交通量を考慮した場合の自動車利用トリップの実績値と推定値の相関関係

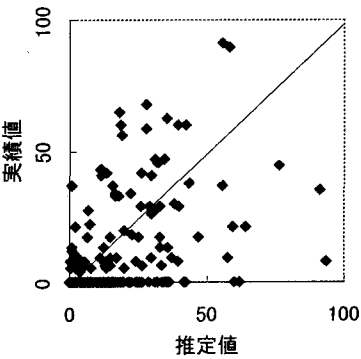


図3.3 全交通量を考慮した場合の高速道路利用トリップの実績値と推定値の相関関係

4 考察

推定された時間価値については、徒歩(待ち)時間の時間価値 λ^F が鉄道乗車時の時間価値 λ^R の約2.6倍と推定された。これは自動車からマストラへのモーダルシフトを促す等の交通計画を考える際、鉄道の所要時間を短縮するよりは乗り継ぎの改善などで徒歩・待ち時間の短縮を行う方が同じ時間であっても効果が大きい事を示している。

また、パラメータ β_c は平面道路選好要因を示す定数項である。一般の実用経験則においてこの値は正とされる。なぜなら平面道路利用経路と高速道路利用経路の所要時間が等しい場合、高速道路利用経路の方は燃料等を多く必要とするため、平面道路利用経路に比べ選択されにくくなるためである。しかし、本研究の推定結果は負になっている。この原因は、まず本研究では高速転換率計算の際に最小所要一般化費用を考慮しているため、燃料費は説明変数に含まれ、定数項として考慮する必要がない事があげられる。そして定数項の値が負になっているということは、平面道路利用経路と高速道路利用経路の所用一般化費用が等しい場合に、高速道路利用経路がより選択されやすくなる傾向を表しており、高速道路の快適性・安全性等の影響要因の結果と考えられる。

自動車利用時の時間価値パラメータ λ^c については139.97円/分と推定された。しかし、本研究では名古屋市内々交通のみを対象としており、名古屋市外からの流入・流出交通量を考慮していない。そのためネットワーク上の交通量が実際の交通量より少ないため、自動車の所要時間が短縮し、時間価値を過大推計している可能性がある。またバスの時間価値 λ^B についても鉄道乗車時に比べ高い値となっているが、その所要時間は自動車リンクに影響されるよう設定したため、過大推計している可能性がある。

また本研究においては、まず自動車利用トリップのみを考慮して自動車利用時の時間価値などのパラメータを同定し、その結果を用いて分担率パラメータを同定する段階推定法を用いたが、その場合、自動車利用時の時間価値を過大推計してしまった際には他機関利用時の時間価値も同じく過大推計してしまう傾向が表われてしまう。したがって今後、流入・流出交通量も考慮する必要があり、かつ同時推定法を用いての推定

が望まれる。

高速道路利用トリップの推定値と実績値との相関係数は相関係数が0.613とよくない結果が出てしまっている。これについては本研究で考慮したODペアのうち高速道路を全く使用していないODペアが63%もあり、配分結果ではこれらについても高速道路が利用され、適合度を落としている原因のひとつとして考えられる。

これについての改善策としては、例えばOD間距離が短いトリップは高速道路を利用しない傾向が見られるので、距離帯別の転換率を採用する事が挙げられる。

また、本研究では高速道路へのアクセス費用について特別の配慮を行っていないが、選択確率に影響を与えている可能性は大きく考えられる。アクセスを考慮した高速転換率のなかで実用化されているものとして競合時間を利用したものがあるが、本モデルはネステッド構造をしている。よって分担率計算の際のログサム変数も競合時間（費用）となってしまうため、本研究では競合時間を使用することはできない。しかし以下のような方法がある。

本研究では高速道路利用時の時間価値と平面道路利用時の時間価値はともに λ^p としたが、これらを分けて推定することにより高速道路利用時の一般化費用とアクセス・イグレス時の一般化費用とを区別して表現でき、その重要性を強調する事ができる。ただし注意すべき点として、高速道路利用時の時間価値は新たに設定してもよいが、アクセス、イグレス時の時間価値は常に平面道路利用時の時間価値と同じとしなければならない。なぜなら、高速道路へのアクセス、イグレスに用いられる自動車リンクにおいて、高速道路利用トリップと平面道路利用トリップはリンクを共有することになるが、アクセス、イグレス時の時間価値を新たに設定した場合、そのリンクの所要一般化費用関数（式(1)）がそれぞれで異なってしまうため、複数モード（この場合は高速道路利用トリップと平面道路利用トリップ）が同一のリンクを共有する場合に必要なヤコビ行列の対称性が保てなくなるからである。

分担率の推定については、OD間自動車利用トリップ数の相関に関しては0.901と良い結果が得られた。また高速利用トリップ数については0.507と良くない結果が出てしまっている。しかし、これは分担率の推定段階でOD間自動車トリップが実績値から外れて

いることが原因であり、高速転換率で推定値と実績値の相関係数を調べてみると0.628であるため、自動車交通のみで高速転換率を推定した場合とさほど変わらぬ結果が得られている。よってより精度の高い高速転換率の開発ができれば実用に耐えるモデルを作ることが可能であろう。

また最後に本研究は1991年の交通実態を基に名古屋市への適用を行ったが、1995年の都心環状線開通など、その後の高速道路整備により現在では高速道路を利用する交通が増加している。本研究ではマストラ交通量も考慮しなければならずパーソントリップ調査結果が必要であったため対象を1991年としたが、こうしたデータを用いた方がより良い高速転換率を推定することができるだろう。

5 まとめ

本研究では高速転換率および自動車—マストラ分担率を考慮した分担・配分統合均衡モデルを名古屋圏に適用し、時間価値等の推定を行った。分担率に関しては適合度の高いモデルとなったが、高速転換率に関しては改善の必要があり、改善案としては流入・流出交通、距離帯別転換率、アクセスの重要視、同時推定法の採用、新しいデータの利用などが挙げられる。

参考文献

- 1) 藤田 仁：統合均衡モデルを用いた都市圏における多手段交通網の評価法に関する研究、名古屋大学修士学位論文、1996
- 2) 松井 寛、上田 聡：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、京大土木100周年記念ワークショップ論文集、pp.17-22、1997
- 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、土木学会論文集、No.512、pp.25-33、1995
- 4) E.Fernandez,Joaquin D.C.,M.Florian,E.Cabrera : Network Equilibrium Models with Combined Modes、Transportation Science、Vol.28、No.3、pp.182-192、1994