

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

A Study On Evaluation System Of Urban Multimode Transport Network  
Using Combined Equilibrium Model

河上省吾\* 藤田 仁\*\*  
Shogo KAWAKAMI, Hitosi FUJITA

1. はじめに

近年、都市部への人口集中に伴う交通需要の増加速度に交通施設の供給速度が十分追いつかず、交通混雑や騒音、大気汚染、交通事故の増加、また駐車場不足による違法駐車などの都市交通問題が生じている。これらの問題は、社会・経済全体に大きな影響を与え、多大の損失を発生させていることは言うまでもない。本研究は需要変動型交通均衡理論に基づいて、名古屋市の交通ネットワークを対象に輸送計画を考慮した短期の交通需要予測を行い、その政策の是非について評価するものである。従来研究<sup>1)</sup>では名古屋市内の交通量のみを対象として統合均衡モデルを適用しており、しかもその適用はピーク時のみとなっている。そこで、本研究においては流入・流出交通量を考慮した大規模ネットワークで、ピーク時の他にオフピーク時においてもモデルを適用し、輸送計画の評価を行うものである。

2. 手段分担・配分統合モデルの定式化

都市交通計画、特に公共交通機関のあり方を検討するためには、各交通手段の相互間の影響や交通混雑状態等の影響を考えなければならない。つまり手段分担と配分段階間のフィードバックを考慮する必要があり、手段分担・配分統合モデルを用いる必要がある。また、都市での公共交通機関はそれぞれの役割を果たしているが、鉄道かバスだけで公共交通輸送需要を出発地から目的地まで輸送できるとは限らないので、バスと鉄道を同じ公共交通網に組み込

keywords: ネットワーク分析、利用者均衡

\* フェロー 工博 名古屋大学工学部土木工学科教授

\*\* 正会員 工修 愛知県土木部

〒460-01 名古屋市千種区不老町

Tel:(052)789-4636 Fax:(052)789-3738

んで考えるのが実際の利用状況に最も近いと思われる。

道路上の車(バスを含む)交通量の均衡状態を前提条件として、全システム利用者はそれぞれ一般化費用(非効用)を最小化するように行動すると考え、モデルの定式化を行うと目的関数は以下ようになる。目的関数の右辺第一項は道路利用者のリンク毎の非効用の総和、第二項はマストラ利用者による交通抵抗である。ここで利用者はすべて最小一般化費用経路を選択すると考えると、マストラ利用者の利用者最適状態はシステム最適と一致する。第三項は分担変動需要項である。

$$\min Z = \sum_a \int v_a U_a^C(v) dv + \sum_s Y_s^M U_s^M - \sum_{ij} T_{ij} \int_0^{g_{ij}^C} g^{-1}(t) dt$$

subject to

$$v_a = \sum_s A_{a,s} f_{l(s)} \gamma + \sum_{ij} \sum_k \delta_{ak,ij} h_{k,ij}^C$$

$$X_{ij}^C = \sum_k h_{k,ij}^C, X_{ij}^C + X_{ij}^M = T_{ij}$$

$$h_{k,ij}^C \geq 0, X_{ij}^C \geq 0, X_{ij}^M \geq 0$$

$$U_s^R = C_s^R + \lambda^R t_s^R + \lambda^F t^F$$

$$U_s^B = C_s^B + \lambda^B t_s^B + \lambda^F t^F$$

車の分担需要の逆需要関数は、車とマストラとの手段間一般化費用差と定義し、ロジットモデルにより導いたものである。

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{1-t}{t} - \frac{\beta}{\alpha}$$

(記号の説明)

$v_a$ : 車リンクaの交通量

$U_a^C(v)$ : 車リンクaの一般化費用,

$Y_s^M$ : マストラリンクsの交通量

$U_s^M$ : マストラリンクsの一般化費用

$\theta_{ij}^C$ : ODペア(i, j)間の車分担率

$g^{-1}(t)$ : 車の分担需要の逆需要関数式

$f_{l(s)}$  : バス路線lの運行頻度

$\delta_{ak,ij}$  : 最短経路kがリンクaを含むとき1, 含まないとき0

$\Delta_{a,s}$  : バスリンクsの中に道路リンクaを含むとき1, 含まないとき0

$T_{ij}$  : ODペア (i, j) 間の総交通量

$h_{k,ij}^c$  : ODペア (i, j) 間経路k上の車交通量

$X_{ij}^C, X_{ij}^M$  : それぞれODペア (i, j) 間の車とマストラの交通量

$c_s^R, c_s^B$  : それぞれ鉄道とバスの運賃

$t^R, t^B, t^F$  : それぞれマストラ利用者の鉄道・バスの乗車時間と徒歩時間

### 3. 名古屋圏への適用可能性の検証

#### (1) 交通ネットワークの設定とインプットデータの概要

本研究において対象地域とするのは、平成3年の中京都市圏パーソントリップ調査の調査地域とする。名古屋市内については各区を1つのゾーンとして16ゾーンとし、名古屋市外については全体を13のゾーンに分割することによってゾーン数は29となる。このゾーン体系を基に、車とマストラの2種類のネットワークを設定する。道路網は、交通量が一定値以上の道路に代表させて設定し、マストラ網はJR線、名鉄線、近鉄線など12路線、地下鉄東山線・名城線・鶴舞線・桜通線、及び名古屋市営バスを代表する25路線によって構成される。

本研究では、道路は上下方向で分離したリンクを設定しており、かつOD交通需要も四角OD表の形で与えているのでピーク時においては、上下方向の混雑が平均化されることなく、最混雑時を考えていることになる。

バスリンクの所要時間は、バスのゾーン間所要時間のアンケート結果及び平均走行速度調査結果によって、対応する車リンクの1.5倍になるように設定した。一方、車ネットワークのパフォーマンス関数に関するデータは、実測値に基づいて以下のように設定した。車リンクの規格は交通容量を750台/時・車線として、道路規格に基づいて初期速度45、50、55km/時間等を考慮して7種類にまとめ、車の平均乗車人員

は、パーソントリップ調査の平均値である1.3人/台とした。また、一般化費用としてマストラは総所要時間(乗車時間、待ち時間、乗り換え・徒歩時間)と普通運賃を、車は所要時間と走行費用 (33.0円/km・人) を考えた。

また、代表交通手段別OD交通量の実績データは平成3年中京都市圏パーソントリップ調査を基にピーク時とオフピーク時について集計したものをを用いた。ただし、トリップエンドの片側を中京圏外にもつトリップ及び通過交通量は、他の交通量に比べ小さいとみなして無視し、各ゾーン内の内々交通量は各リンクの車線数に比例させて配分している。

#### (2) モデルパラメータの同定

本モデルを実際の都市交通ネットワークに適用し将来予測をするためには、分担率パラメータ $\alpha$ 、 $\beta$ 及び時間価値 $\lambda^C$ 、 $\lambda^R$ 、 $\lambda^B$ 、 $\lambda^F$ の値が必要である。本研究では、現況が利用者均衡状態にあると仮定して、本モデルから得られた手段別OD交通量が実測値に最も近づくようにパラメータを同定する。これにより得られたパラメータ値を表3.1に示し、モデルの適用可能性の検討結果を表3.2に示す。

表3.2から本モデルが、流入・流出交通量を考慮した大規模ネットワークにおいても、ピーク時・オフピーク時共に予測過程において、適合度が高く実用に耐えると言える。車リンク交通量の相関係数が相対的に低い原因は、ネットワークの設定・走行時間関数の設定などに関わり、これらをきめ細かくモデル化すれば、相関係数等は高くなるはずである。また、統合モデルの場合には手段別OD交通量は変動し、推定した手段別OD交通量が実績値とかけ離れ、配分結果の精度が配分単独モデルより低くなる可能性がある。しかし、手段別OD交通量の相関係数が高くなればなるほど、その差が小さくなるものと思われる。

表3.1 モデルパラメータの推定値

	パラメータ		時間価値 (円/分)			
	$\alpha$	$\beta$	$\lambda^C$	$\lambda^R$	$\lambda^B$	$\lambda^F$
ピーク時	0.00152	0.705	22.35	9.61	12.19	14.69
オフピーク時	0.00238	0.366	24.30	6.98	13.10	14.41

表3.2 モデルの適用可能性の検討結果

	推定値と実測値の相関係数			
	車OD	マストラOD	車リンク	地下鉄リンク
ピーク時	0.894	0.962	0.565	0.739
オフピーク時	0.958	0.915	0.683	

表3.1中のパラメータ $\alpha$ は、車とマストラの一般化費用差にかかる係数である。この $\alpha$ の値がピーク時よりオフピーク時の方が高いということは、オフピーク時の方が時間や所要時間の変化などによる一般化費用の変化に対して、利用手段の転換が起こりやすいことを表している。また、 $\beta$ はマストラの定数項と考えることができる。 $\beta$ の値からオフピーク時よりもピーク時の方がマストラを利用する傾向が高いことがわかる。

鉄道の時間価値はピーク時の方がオフピーク時よりも高くなっているが、これは移動目的の違いによるものと考えられる。ピーク時の大部分が通勤・通学トリップであるのに対し、オフピーク時は自由目的トリップが多い。従って、通勤・通学トリップの時間価値は自由目的トリップのそれより高くなる傾向があると考えられる。

車の時間価値に関しても鉄道の場合と同様に、目的の違いによって時間価値が変化していると思われるが、その他にトリップパターンが大きく影響していると考えられる。通勤・通学トリップの場合は、自宅から職場や学校などの目的地まで移動する場合がほとんどであるが、自由目的トリップの場合は、自宅を出た後、目的地を何方所か回るようなケースが多くなる。このような場合、利用者はマストラよりも車を利用する機会が多いため、車の時間価値は自由目的トリップの多いオフピーク時の方が高くなるものと思われる。時間価値はこの他に乗り心地や荷物の多さなどにも影響されると考えられる。

#### 4. 公共交通整備に対する評価

本モデルを用いて平成4年1月に答申された名古屋都市圏に対する運輸政策審議会の交通網計画の内、答申路線Aの路線が整備された時点を対象に評価を行

う。検討される計画答申路線は、地下鉄6号線（今池～新瑞橋）と地下鉄4号線（大曾根～新瑞橋）である。

マストラのサービス水準の改善(運賃体系や輸送計画の変更)の効果を測定し、評価するために、運営者・利用者・沿線住民・地域社会・自治体等の様々な評価主体の立場に立った評価項目を設定しなければならない。そして、評価指標は交通計画の目標に基づいて交通計画案を適切に評価できるように、計画目標のあらゆる側面を説明でき、かつ評価項目間に重複がないように選定する必要がある。ここでは手段毎の利用者数と一般化費用の両時点の変化により利用者便益を定義し、運営者の収入・運営費用・建設費用を含めて、運営者の利潤の差を運営者便益と定義した。それに交通手段の分担率や車の走行人キロ数などを評価指標として分析を行った。

表4.1に得られた評価値を示す。利用者便益は路線整備によるマストラの利便性の向上や道路混雑の緩和などによって一般化費用が減少していることを示している。また、運営者便益は建設費の高騰や運営費用の上昇などが原因となりマイナスとなっている。しかし、車の分担率、走行人キロは現況よりも下がっている。以上の結果を見ると地下鉄の建設は利用者・地域社会に良い影響を与え、大都市での高速・確実な移動には地下鉄等の基幹公共交通網が不可欠であるといえよう。しかし建設費の高騰や運営費用の上昇などにより、運営者便益はマイナスになることを示している。

表4.1 地下鉄6号線と4号線の評価

	ピーク時	オフピーク時
利用者便益(万円/時)	3280.6	258.7
運営者便益(万円/時)	-1630.3	-1059.0
便益和(万円/時)	1650.3	-800.3
車の分担率の変化(%)	-0.67	-2.01
車の走行人キロの変化(万)	-15.2	-3.9

図4.1は本研究での流入・流出交通量を考慮して得られたピーク時の便益と、従来研究<sup>1)</sup>で得られた流入・流出交通量を考慮しない場合のピーク時の便益とを比較したものである。図からわかるように従来

の流入・流出交通量を考慮しない場合の便益がかなり過小評価されていたことがわかる。

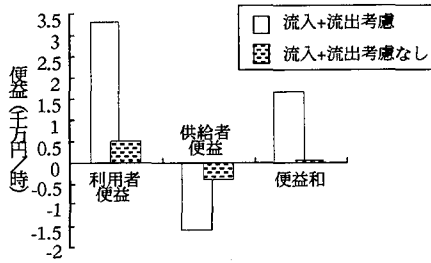


図4.1 流入・流出交通量を考慮する場合としない場合との便益の比較

次に、新規路線が開通した時に運営者が運賃の値上げを行った場合のピーク時の影響を分析する。

まず、地下鉄の運賃のみを値上げした場合の便益の変化を図4.2に示す。運賃の上昇に伴って供給者便益は上昇し、利用者便益は減少しているのがわかる。しかし、利用者便益は減少したが依然正の値であるので、利用者はある程度の値上げを行ってもかなりの便益を得ることがわかる。

また、マストラ全体の運賃を値上げした場合の便益の変化を図4.3に示す。この場合は地下鉄のみの値上げとは異なり、利用者に与える影響がかなり大きいことがわかる。特に15%以上の値上げでは利用者便益が負となってしまふ。従って、マストラ全体の運賃を値上げする場合はかなり慎重に行う必要があり、また大幅な値上げは望ましくないと言えよう。

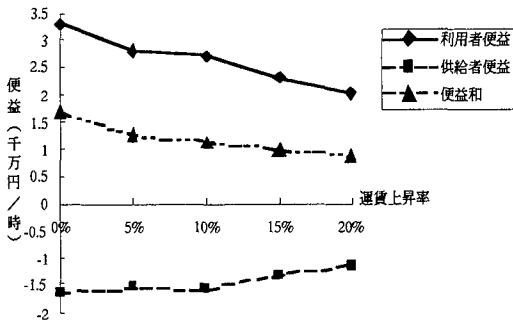


図4.2 地下鉄の運賃を値上げした時の便益の変化

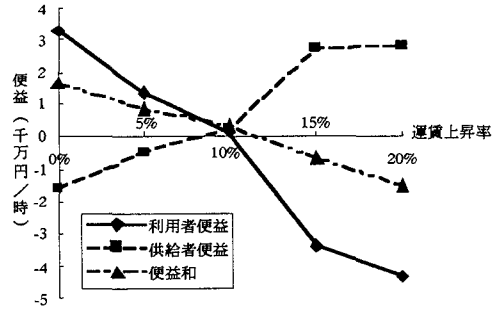


図4.3 マストラ全体の運賃を値上げした時の便益の変化

## 5. おわりに

本研究では流入・流出交通量を考慮するために名古屋圏のネットワークを拡張し統合均衡モデルを適用した結果、流入・流出交通量を考慮した大規模なネットワークにおいても適用可能性が高いことを示し、ピーク時とオフピーク時とでは目的の違いなどにより時間価値が異なることがわかった。本モデルによる交通需要予測の結果に基づいて、様々な評価主体毎に便益を計測し、名古屋都市圏の計画路線に対して評価を行い、従来の流入・流出交通量を考慮しない場合に得られた便益はかなり過小評価されていたことがわかった。また、マストラの運賃の値上げによる効果を計測した結果、大幅なマストラ全体の運賃の値上げは社会的に好ましくないことを示した。今後は、利用者・運営者便益以外の社会的費用を貨幣換算する方法を開発し、それらを含めて総合的に輸送計画を評価する必要があると思われる。

## 参考文献

- 1) 石 京：統合均衡モデルを用いた公共交通網の計画・運営及び管理方法に関する研究、名古屋大学博士学位論文、1995
- 2) Florian, M. and Spiess, H. : On Binary Mode Choice / Assignment Models, Transportation Science, No.17, pp.32~47, 1983