

都市圏における公共輸送機関の料金システム および輸送計画の評価に関する研究

河上省吾*・高田 篤**

本研究では、都市交通体系を鉄道、バス、乗用車ネットワークで構成される多手段・多経路ネットワークと考え、その上の交通現象を変動需要型交通均衡モデルとして表している。この交通体系において、公共輸送機関の料金システムや輸送網整備計画が利用者行動に与える影響を分析し、公共交通計画の評価主体ごとの評価について検討した後、名古屋市における料金システムや輸送網整備のあり方について検討している。

Keywords : transport planning system, multi-mode network, transit fare, user equilibrium with variable demand, value of time, system evaluation

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、大気汚染などの都市交通問題が生じている。したがって、地価の高騰などによって都市交通施設を早急に整備するための多額の事業費の獲得が困難な場合でも、建設費、用地費のかからないマストラ（マストランジットの略で公共輸送機関のうち鉄道、バスをさす）の輸送計画変更等の交通政策を積極的に活用していく必要がある。そのために、従来から交通需要予測と交通網評価に関して、交通網改変の効果予測を中心に研究が進められてきた。しかしながら、理論的な交通量配分手法と評価主体ごとの実用的な評価手法を結び付け、かつ、マストラの料金政策等の運営計画にかかわる事項を扱ったものはきわめて少ない。そこで、本研究では、名古屋市を対象に、マストラの料金システムおよび輸送計画に対して、利用者均衡理論に基づいた交通需要予測、実用的な便益計測に基づく評価を同時に行うことによって、それらの政策の是非について検討する。特に、近年、欧米等で採用されている運輸連合における共通運賃制度を扱い、それらがわが国の名古屋市でも有効かどうかを検討してみる。それらの結果は、大都市圏におけるマストラの輸送計画、運賃決定の際はもちろん、道路網計画の際の資料とも成り得るものである。

本研究の目的を具体的に掲げると次のようになる。

① マストラの運賃や運行回数が考慮できるように車、マストラ利用者の時間価値を区別した一般化費用の概念を用い、かつ、バス所要時間が道路網の混雑の影響を受けるように利用者均衡モデルを改良する。

② 混雑の解消の資料とするために、ピーク時の実際の多手段・多経路の大規模ネットワークに適用し、モデルの適用性の検討を行う。

③ マストラの料金システムや輸送計画が利用者行動に与える影響を分析する。

④ マストラの料金システムおよび輸送計画をさまざまな視点から総合的に評価するためのシステムを開発し、評価主体ごとの評価を総括する。

⑤ 総合評価に基づく交通計画策定法を提案し、実際に計画策定を試みることによって、マストラの料金システムおよび輸送計画策定システムを構築する。

2. 従来の研究と本研究の概要

マストラの輸送計画等の交通計画の策定は一般的に次の手順で行われる。まず交通需要の実態調査によって交通需要の発生機構を解明し、これをモデル化したものによって交通計画変更時の交通需要を予測する。次に、これらの交通需要に対処するための各種交通計画の代替案を策定し、交通需要を交通網に流し、各種評価基準を用いてその交通計画を評価し、代替案の改良などを行い最良案を決定する。以上の段階をすべて扱った従来の研究として、河上ら¹⁾は、大都市圏における多手段交通網の実用的評価法を開発し愛知県を中心とする中京圏に適用して、環境影響費用、交通事故費用等を考慮して社会的な観点から交通網の新設や改良について評価してきた。また、実用的なパッケージとして、近年、MEPモデル、CALUTASモデル²⁾等の実用的なシミュレーションモデルが開発され、政策決定を支援する有力な判断資料になっている。しかしながら、それらのモデルは、実用化を重視しているあまり、交通需要予測の配分過程で、理論的根拠が明確な配分手法を用いていない、あるいは、交通網の改変に対する評価が主で、マストラの輸送計画等の小規模な交通政策の評価を組み込んだものは少な

* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市中種区不老町)

** 正会員 工修 住宅・都市整備公団関西支社

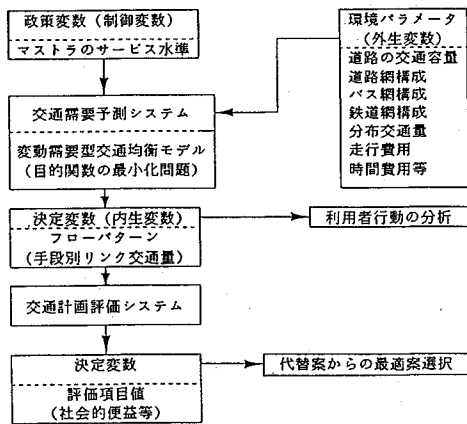


図1 マストラの料金システムおよび輸送計画策定システム

い。そこで、本研究では、それらで用いられた実用的な評価手法と、理論的な交通需要予測モデルを、マストラの輸送計画も組み込んで統合化する。つまり、解析的に推定した車とマストラ利用者の時間価値を組み込んだ利用者均衡理論に基づく交通需要予測と、実用的な便益計測に基づく評価を同時に行ってみる。具体的には、図1に示すように、交通需要予測、交通計画の評価の2つの過程を統合した交通計画策定システムを構築することによって、都市交通体系におけるマストラの料金システムおよび輸送計画の効果分析および評価を行うことを最終目標としている。交通需要予測システムは、マストラの料金システムおよび輸送計画の変更による利用者行動の変化という現象が工学的にモデル化された過程であり、マストラの料金システムおよび輸送計画等のマストラのサービス水準を表す政策変数が入力されると、利用者行動の結果としてのフロー（交通量）パターンが出力される。一方、交通計画評価システムは、フロー（交通量）パターンを評価主体ごとの評価項目の値に変換する過程であり、評価項目を総括した総合評価過程を経て、マストラの料金システムおよび輸送計画が決定されることになる。

3. 手段分担・配分統合モデルの定式化

多経路選択にも適用可能な変動需要型利用者均衡モデルにおいて、マストラの運営計画の変更時の交通需要は、マストラのサービス水準や道路網の交通容量等によって決まる交通パフォーマンス曲線と、そのサービス水準ならばトリップを行ってもよいと考える利用者数を与える需要曲線との均衡点によって決定される。特に、本研究は、交通政策実施時の交通需要予測やその効果の測定を扱う。すなわち、マストラサービス水準の増加が発生・集中交通需要や分布交通需要の変化に与える影響は小さいと考えられる場合を対象とし、このような状況を表現

できる次式(1)の手段分担・配分統合モデルを用いる。このモデルは、交通手段選択・経路選択の両方に車、マストラ利用者の時間価値を区別した一般化費用の概念をとり入れ、かつ、バスの所要時間が道路網の混雑の影響を受ける機能を組み込んだものである。なお、交通手段選択に関しては費用だけで表現できない要因が多いので個人の行動のばらつきを確率的に表現したロジットモデルを用い、経路選択に関しては、ピーク時すなわち混雑時を考えるため、個人の知覚費用のばらつきを考慮する場合としない場合での配分結果に差が小さい⁴⁾と考えられるから、ここでは各ODペア・各交通手段別の利用者の知覚費用のランダム性を考慮しない従来の利用者均衡モデルを用いた。

$$\min Z = \sum_a \int_a^{\theta_{ij}} TC_a^c(X) dX + \sum_{ij} (T_{ij} - X_{ij}^c) TC_{ij}^m(C, F, X) - \sum_{ij} T_{ij} \int_0^{X_{ij}^c} g^{-1}(t) dt \quad (1)$$

$$\text{s. t. } X_a^c = \sum_{ij} \sum_k \delta_{aij}^k h_{kij}^c, \quad h_{kij}^c \geq 0, \quad 0 \leq \theta_{ij} \leq 1$$

ただし、

$$TC_a^c(X) = C_a^c + \lambda_c t_a^c(X)$$

$$TC_{ij}^m(C, F, X) = C_{ij}^m + \lambda_m t_{ij}^m(F, \sum_a \delta_{aij}^k t_a^c(X_a^c))$$

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{a} \ln \frac{1 - \theta_{ij} - b}{\theta_{ij} - a}$$

$$X_{ij}^c = \sum_k h_{kij}^c, \quad X_{ij}^c = \theta_{ij} T_{ij}$$

(式中の各記号の説明)

$g^{-1}(t)$, a , b : 手段分担率関数の逆関数, パラメーター

θ_{ij} , X_{ij}^c : OD ペア ij 間の車の分担率, 交通量

T_{ij} : OD ペア ij 間の全交通量 (車とマストラの計)

λ_c , λ_m : 車, マストラ利用者の時間価値

C_a^c : 車のリンク a の走行費用

$t_a^c(X)$: 車のリンク a の所要時間 (修正 BPR 関数)

C_{ij}^m : OD ペア ij 間のマストラ運賃

t_{ij}^m : OD ペア ij 間のマストラの総所要時間 (最短経路)

h_{kij}^c : OD ペア ij 間の車の経路 k の交通量

δ_{aij}^k : リンク a が OD ペア ij 間の車の経路 k に含まれるとき 1, その他 0

δ_{aij} : リンク a が OD ペア ij 間のマストラの最短経路に含まれるとき 1, その他 0

X : 車のリンク a の交通量のベクトル

$X = \{X_a^c\}$

F : マストラ経路 k の運行回数のベクトル

$F = \{F_k\}$

上式(1)の第1項は、車による交通抵抗、第2項は、マストラによる交通抵抗、第3項は、分担需要変動項を表している。そして、パラメーター λ_c 、 λ_m 、 a 、 b が所与のとき、Frank-Wolfe法を用いて、上式を解くことができる³⁾。

4. 名古屋市への適用可能性の検証

(1) 交通ネットワーク設定とインプットデータの概要

名古屋市の交通ネットワークの概要は以下に示すもので、マストラ部分については、運賃・運行回数等を考慮できるように路線別となっている。

道路ネットワーク	ノード126 リンク454(両方向計)
マストラネットワーク	ノード183 リンク1389 (鉄道846, バス186, 乗り換え・徒歩357, 両方向計)
ゾーン分類	ゾーン分割は行政区を採用し、各ゾーンごとに1個のセントロイドを、ゾーン内交通施設、ゾーン形状を考慮して設定した。

代表交通手段別OD交通量の実績データは、昭和56年中京都市圏パーソントリップ調査をもとに名古屋市16区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および通過交通量は、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車リンクに均等配分した。ピーク時OD交通量は、各交通手段各ODペアごとに時間的にも空間的にも均一と仮定して、日OD交通量に交通網全体でのピーク率(車10.9%, マストラ19.4%)を乗じて求め、それを配分した結果をピーク時リンク交通量とみなした。

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に基づいて、対応する車リンクの1.5倍になるように設定した。一方、車リンクの所要時間は、日本の道路規格に近いオランダの修正BPR関数⁴⁾を用い、バスの割合が全交通量に対して十分小さいと仮定することによって、バスの通過本数による影響は無視した。なお、車リンクの規格は、交通容量750台/時・1車線、初期速度45, 50, 55kmの3種類に基づいて、7種類にまとめ、車の平均乗車人員は、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、運行間隔の半分に相当する待ち時間、乗り換え・端末徒歩時間)と普通運賃を、車は所要時間と走行費用(31.1円/km・人)を考えた。

(2) 検証結果

実際の交通網に本モデルを適用する際、分担率パラ

表-1 実績値と推定値の相関関係

モデル	パラメータ値				車分担交通量		車リンク交通量	
	a	b	λ_m	λ_c	相関係数	RMS値	相関係数	RMS値
A	0.0034	0.53	5.65	17.0	0.951	30.2	0.589	39.9
B	0.0030	0.53	5.03	23.3	0.941	34.8	0.561	40.8
C	0.0226	0.70	—	—	0.892	41.3	0.552	42.4

メーター a 、 b および時間価値 λ_m 、 λ_c の値が必要である。ここでは短期予測であるから、利用者の社会経済特性の変動は小さいとみなし政策変更前後の時間価値は等しいと仮定する。そのとき、本モデルから得られる手段別各OD交通量とパーソントリップ調査に基づく実績値の差の二乗和が最小になるように、パラメーターを推定することができる。この方法によって、昭和56年の名古屋市ネットワークに対してパラメーターを求め、昭和55年の実績値(車リンクの抽出率30%)に対して適用可能性を検証した結果を表-1に示す。本モデル(モデルA)以外にバスの時速を名古屋市における実測値13.0kmで一定とし道路混雑の影響を受けない場合(モデルB)、手段選択、経路選択の両方に交通所要時間のみを考慮する従来のモデルの場合(モデルC)も示した。表から本モデルAが手段分担・配分過程ともに適合度が高く最も実用的であると考えられる。

(3) 交通手段分担・配分統合モデルの交通手段転換現象への適用可能性

将来、さまざまな交通政策を採用した際の交通状態を予測するためには、本モデルが実際に交通サービスの変化時に適用可能かどうかが問題となる。ここでは、名古屋市全域におけるマストラのサービス水準に対する交通手段選択を説明するモデルを作成しており、これを交通手段ごとのサービス水準が安定している状況での手段選択結果を表すものと考えている。すなわち、本モデルを用いれば、交通手段ごとのサービス水準に変化があった場合も、それが極端に大きくなければ、その影響が収束する数年後の状況を表すことが可能であろう。したがって、本モデルを用いて、交通サービス水準の変化に対する交通状況の変化を予測できると考える。

5. 効果分析

(1) 運輸連合における共通運賃制度⁵⁾

運輸連合は、西ドイツ等にみられ、各交通企業から独立した運賃上と運行上の協力体制である。その設立目的は、運賃障壁の排除と通しの扱いによる自由な乗り換えを実現することによって最も迅速かつ便利な経路の選択を可能にして、公共交通機関に自家用車を凌ぐような魅力をもたせ、年々減少していく利用者呼び戻すことによって、道路渋滞による都市機能のまひ、大気汚染などの都市交通問題の解決を図ることである。その際、マストラの料金システムおよび輸送計画の策定と調整は、運

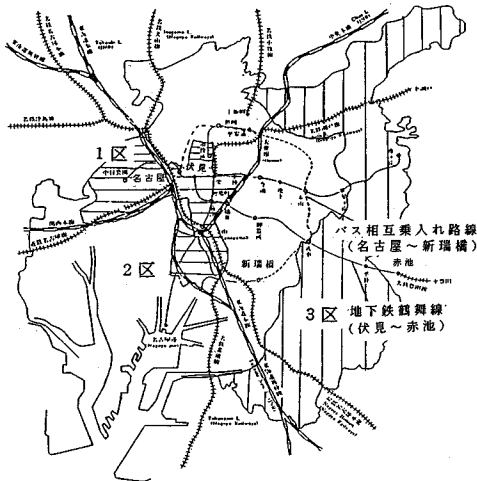


図-2 ゾーン分けと輸送計画検討の対象路線

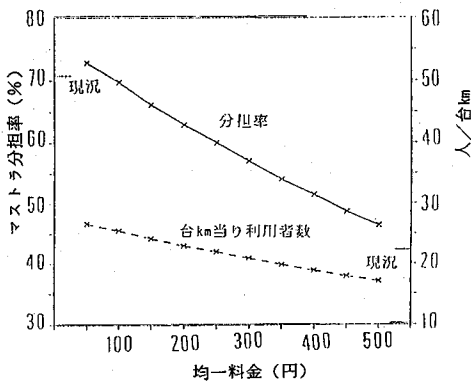


図-3 均一料金とマストラの分担率およびマストラ台 km 当たり利用者数の関係

輸連合システムを支える大きな柱といえる。たとえば、共通運賃制度（全交通企業を含むゾーン料金制、均一料金制、距離料金制等）は、利用者に交通機関の能率的な選択というメリットがあるほか、供給者である交通企業にも合理化によるコスト節約というメリットが生じる。また、運賃制度の簡素化によって出札サービスの自動化、改集札の無人化が可能になりかなりの人件費が節約できることになる。そこで、本研究では、名古屋市において、共通運賃制度を採用した場合を検討することにした。なお、ゾーン料金制は、目的地が出発地と同一区内ならどこまで行っても同一料金となる制度で、区分けは通常 CBD（都心）からの距離に応じて設定されるもので、ここでは、図-2 のように設定した。

(2) 分析結果

a) 料金システム

名古屋市において、マストラの輸送計画は現状のまま、料金システムとして前述した共通運賃制度を採用した場合の利用者行動の変化を分析した。まず、図-3、4、

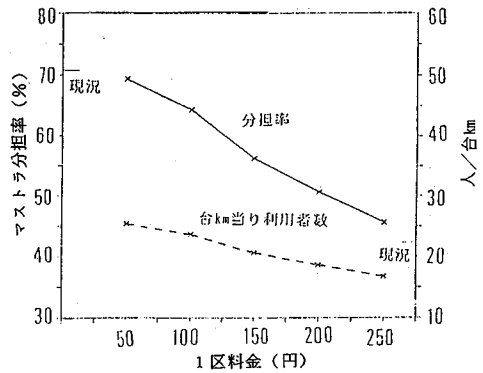


図-4 ゾーン料金とマストラの分担率およびマストラ台 km 当たり利用者数の関係

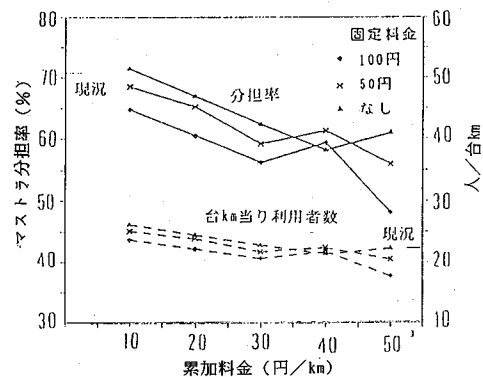


図-5 距離料金とマストラの分担率およびマストラ台 km 当たり利用者数の関係

5 に料金とマストラ分担率およびマストラの台 km 当たり利用者数の関係を示した。図から、マストラ分担率の料金に対する弾力性は、均一料金制の場合 3%/50 円、ゾーン料金制（1 区料金：2 区料金：3 区料金＝1：2：3）の場合、5～8 %/(1 区料金 50 円の変化)、固定料金 50 円の距離料金制の場合、3～6 %/(累加料金 10 円の変化)であり、運賃認可制度により値上げ率が低く抑えられる一般的な料金値上げでは、マストラ分担率の減少はきわめて少ないといえよう。

一方、図-6、7、8 に、共通運賃制度を採用した場合の車リンク交通量の現況に対する変動を示した。均一料金の場合、長距離トリップの車の利用者がマストラに対する割高感のため減少した結果、セントロイド 4、5、9、10、12、16 等の周辺部の車のリンク交通量が減少しているのがわかる。図-7 のゾーン料金制の場合は、マストラ利用の場合に割高な 3 区料金を払わなければならない OD 間に存在する車リンク（セントロイド 13、16 付近は混雑率の高い太線のリンクが多くボトルネックとなっている）を除けば、西部、南部を中心に交通量の減少したリンクがみられ、かなり道路混雑が解消されている。距

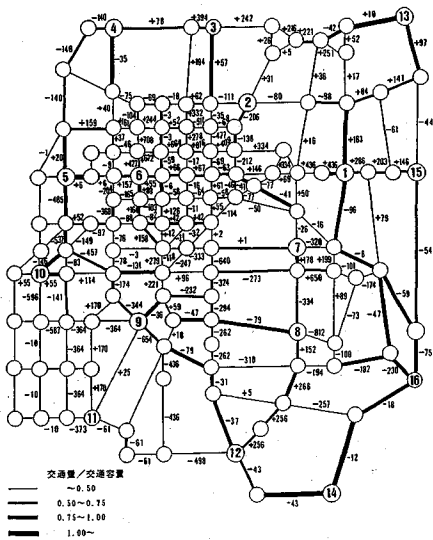


図-6 均一料金 250 円の場合の車のリンク交通量 (台) の現況に対する変動

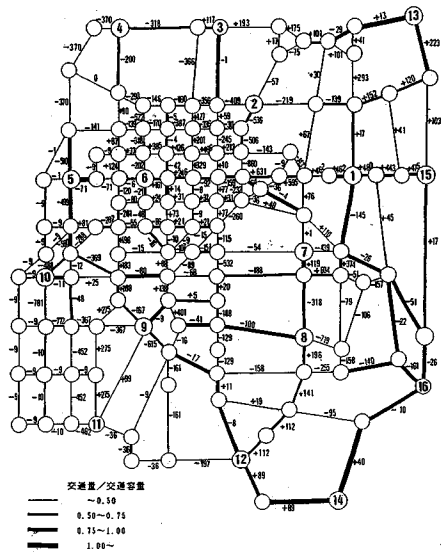


図-8 距離料金制 (固定料金 50 円, 距離料金 23 円) の場合の車のリンク交通量 (台) の現況に対する変動

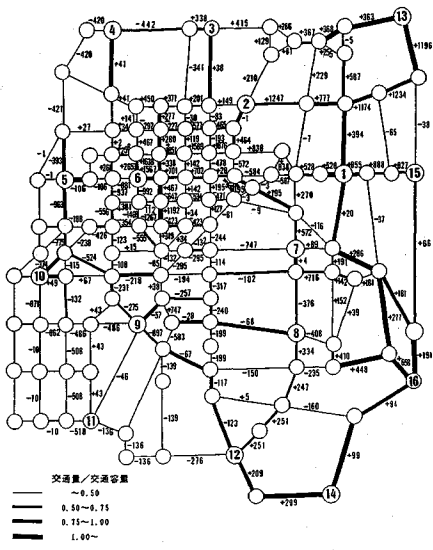


図-7 ゾーン料金制 (1 区 100 円, 2 区 200 円, 3 区 300 円) の場合の車のリンク交通量 (台) の現況に対する変動

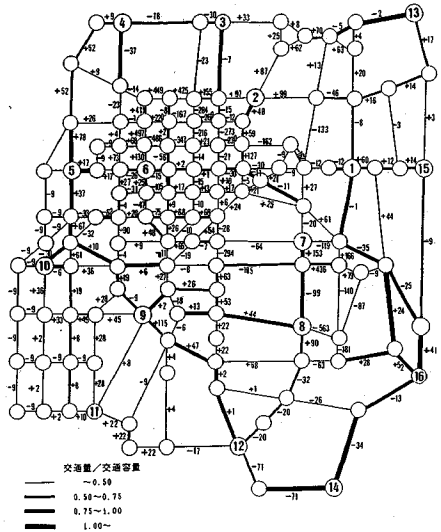


図-9 トランジット路線 (地下鉄鶴舞線) の運行回数が 15 本/時から 6 本/時に減少した場合の車のリンク交通量 (台) の現況に対する変動

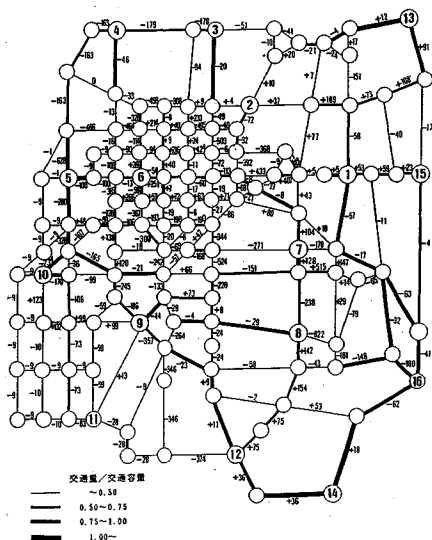
離料金の場合は, 周辺部同士にある OD 間の短距離トリップのマストラ利用者が割安感より増加した結果, 現況で渋滞の多かったゾーン 16 付近の車利用者が減少している。

以上より, マストラの料金システムは, 利用者の交通手段選択行動の結果として, 道路混雑に影響を及ぼすことがわかる。その結果, 名古屋市ネットワークの場合は, 均一料金制と距離料金制が, 道路混雑解消 (ボトルネックの数を減らすこと) の観点から望ましいと考えられる。また, 本モデルが現実に近い利用者行動を表しているこ

とを確認することができた。

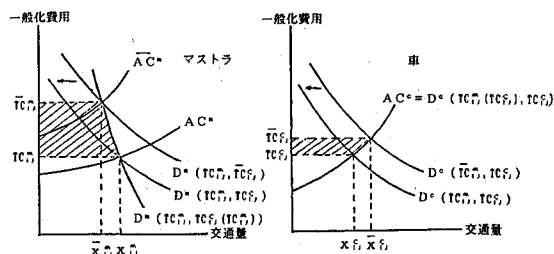
b) 輸送計画

マストラ計画主体が操作可能な重要な政策変数として, 運行回数がある。そこで, 本節では, 料金システムは現況のままで, マストラの相互乗入れ (ここでは, バスシステムの再編をいう), 運行回数等の輸送計画が利用者行動に与える影響を路線ごとに分析した。その結果, マストラの各路線の運行回数の変化に対して, 全体のマストラ分担率およびマストラの利用者の現況に対する変動



図一10 バスの相互乗入れ路線の運行回数が10本/時の場合の車のリンク交通量(台)の現況に対する変動

は、きわめて小さかった。これは、本モデルの場合、ある路線の運行回数の増加が運行間隔の減少によるその路線の利用者の待ち時間の減少にのみ影響し、全体のマストラ利用者に与える影響がそれほど大きくないためであろう。したがって、局所的な利用者行動の変化をみることにした。すなわち、マストラの輸送計画を変更した場合の車リンク交通量の現況に対する変動を、効果の大きいトランジット路線（地下鉄鶴舞線・伏見一赤池間）とバスの相互乗入れ路線の一例（図一2参照）について、図一9、10に示した。鶴舞線の運行回数を15本/時から6本/時に減少させた場合（図一9）、鶴舞線利用者の一部が車に転換したため、その周辺の道路混雑が少し悪化しているのがわかる。しかしながら、セントロイド16付近は、現況でも混雑率の高い太線リンクが多いため、わずかな車利用者の増加で大幅に所要時間が増加するので、通過交通量が減少する結果として、隣りのゾーン14付近の道路混雑は逆に緩和している。相互乗入れ路線を運行回数10本/時として再編した場合（図一10）は、乗り換え回数の減少による運賃の減少および待ち時間の減少の結果、その路線を利用するマストラ利用者が増加したので、その路線周辺の道路交通量が減少している。そして、それが複雑に波及して、市全体として混雑率の高い太線リンクの交通量が減少し、道路混雑の緩和に結びついているのが読み取れる。以上のように、料金システムと同様に、マストラの輸送計画の変更、特に、相互乗入れの促進、トランジットの運行回数の増加は、道路混雑の緩和に結びつく傾向があると考えられる。しかしながら、政策変更にはほとんど費用がかからない小規模のマストラ輸送計画の変更は、道路混雑に対して、局所的



図一11 マストラの料金を下げた場合の利用者便益(記号の説明)

- D^m : マストラの需要曲線
- D^c : 車の需要曲線
- AC^m : マストラの平均費用供給曲線
- AC^c : 車の平均費用供給曲線

にしか影響を及ぼさないことが多いといえよう。

6. 主体別評価と計画策定例

さまざまな視点から評価項目を設定し、前述した手段分担・配分統合モデルを用いて、マストラの料金システムおよび輸送計画に対する各評価値の変動を把握することによって、それらの政策に対する評価主体ごとの評価を行った後、代替案選択アプローチによる計画策定例を示す。

(1) 評価項目の設定

評価項目は、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。すなわち、社会的便益として計上される利用者便益・供給者便益・社会的費用のすべてを、直接計測するか、関連する評価項目を設定して間接的に計測する必要がある。そこで、本研究では、そのうち、時間・費用節約等の利用者便益、事業主体にとっての経費節約、利潤増大等の供給者便益を以下に示す方法で測定する。

a) 利用者の立場からの評価項目(利用者便益)

一般に2地点間の交通は、利用者にとって交通による効用、便益が、交通に要する費用や時間その他の犠牲量(一般化費用)を上回る量(交通余剰)が正の場合発生すると考えられる。したがって、交通政策による交通余剰の増加を利用者便益と定義し、その値が正の場合、交通政策が利用者にとって意味のあるものといえる。本研究のように各ODペアごとにモード別需要が互いに依存する代替モード(交通機関)や代替経路が利用可能な場合、伝統的なマーシャルの消費者余剰の変化をホテリングが拡張した次の半分方式を用いるのが最も一般的であると考えられる⁹⁾。したがって、本研究では、図一11に示すように各ODペアごとに車、マストラの需要関数がシフトした場合の式(2)で表される台形の面積の和(斜線部)を利用者便益と定義することにする。

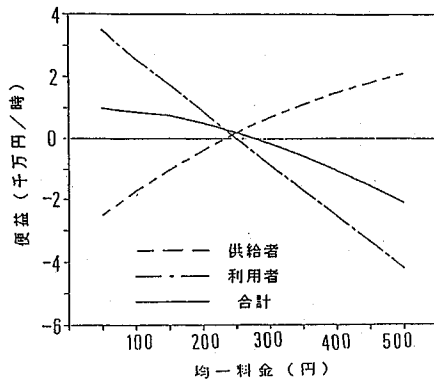


図-12 均一料金と利用者便益, 供給者便益の関係

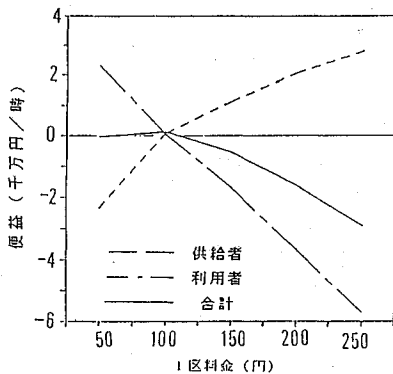


図-13 ゾーン料金と利用者便益, 供給者便益の関係

$$Z_1 = \frac{1}{2} \sum_{ij} \{ (x_{ij}^0 + \bar{x}_{ij}^0) (\overline{TC}_{ij}^0 - TC_{ij}^0) + (x_{ij}^m + \bar{x}_{ij}^m) (\overline{TC}_{ij}^m - TC_{ij}^m) \} \dots\dots\dots (2)$$

($\bar{}$ は昭和 56 年現況の値)

b) 運営者の立場からの評価項目 (供給者便益)

運営者の評価項目のうち最も重要視されるのは収益性であるので、次式で表される政策前後の総利潤 (収入 - 運営費) の差を供給者便益と定義した。特に、本研究は短期の政策分析なので、収入と支出に時間的なずれがきわめて少なく割引率による調整は必要がないといえる。また、新設の場合に建設費・用地費がかかるのと異なり、政策変更そのものにかかる費用はきわめて小さいとみなし、無視した。なお、運営費用として、JR 4 030 円/1 列車・1 km, 名鉄 2 700 円/1 列車・1 km, 地下鉄 9 610 円/1 列車・1 km, バス 538 円/1 列車・1 km とした (昭和 56 年)。

$$Z_2 = \left(\sum_{ij} X_{ij}^m \bar{C}_{ij}^m - \sum_k D_k F_k L_k \right) - \left(\sum_{ij} \bar{X}_{ij}^0 \bar{C}_{ij}^0 - \sum_k D_k \bar{F}_k \bar{L}_k \right) \dots\dots\dots (3)$$

($\bar{}$ は昭和 56 年現況の値を示す)

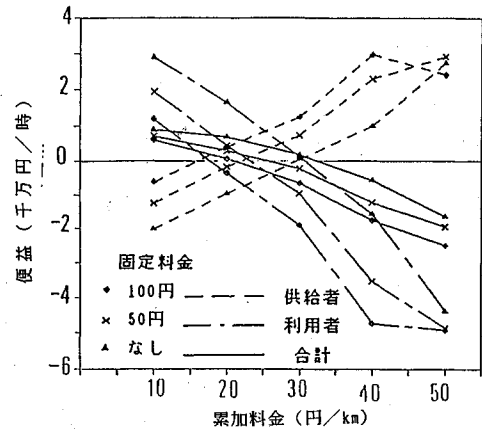


図-14 均一料金と利用者便益, 供給者便益の関係

ここに、 D_k : 路線 k の距離

F_k : 路線 k の運行回数

L_k : 路線 k の 1 列車・1 km 当たりの運営費用

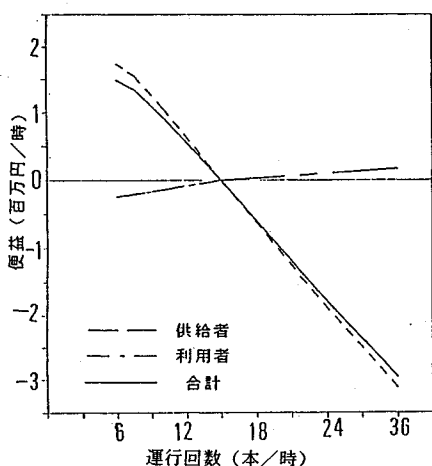
(2) 評価主体ごとの評価

a) 料金システム

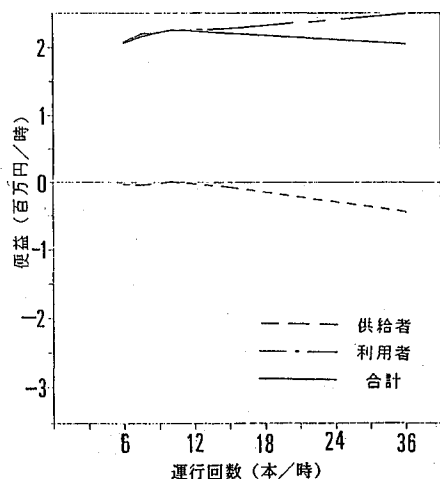
マストラの料金システムを評価した結果を図-12, 13, 14 に示した。図から、全体的に、料金の増加に従って、利用者便益が減少し、供給者便益が増加しているのがわかる。特に、均一料金 250 円付近をはじめとして各料金制度すべてについて、両便益が正となっている料金が存在するのがわかる。これは、交通企業別運賃制度の現況に対して、共通運賃制度が、政策として意義深いことを裏付けているといえよう。また、固定料金 100 円、累加料金 50 円/km の距離料金にみられるように、料金が高くなるにつれて、供給者便益の増加幅が鈍り、その後両便益がともに減少しているのがわかる。すなわち、供給者にとって利潤が最大となり、それより料金が高くなると、マストラ利用をやめる人の増加による収入減少が、料金値上げによる収入を上回る点が存在するといえる。しかしながら、その料金のもとでは、利用者便益が大幅に負であるため、両便益の和も負となるので、その料金は、あまりにも高すぎるといえる。したがって、本評価結果は、現実的な料金値上げにおいて、利用者の減少は少なく供給者は利潤を増やすことができるというマストラ運賃の弾力性が小さいという一般論⁷⁾と一致している。すなわち、現況に近い均一料金 250 円の共通運賃制度を採用した後、50 円の料金値上げを行うと、供給者便益は、約 500 万円/時の増加になり、供給者は着実に利潤を増やすことが可能である。

b) 輸送計画

マストラの輸送計画を評価した結果を図-15, 16 に示した (対象路線は図-2 参照)。なお、市全体のマストラの運行回数をすべて 2 倍にする等の大胆な輸送計画



図一15 トランジット路線の運行回数と利用者便益、供給者便益の関係



図一16 バスの相互乗入れ路線の運行回数と利用者便益、供給者便益の関係

の変更は、マストラ車両の購入費や軌道強化の費用等がかかるため、交通政策として波及効果が大きいうえに、供給者便益の計測法にも影響するため、ここでは扱わなかった。図から、運行回数の増加に従ってマストラの供給者便益が減少し、利用者便益が増加しているのがわかる。なお、ある1系統のバス路線の運行回数のみを変化させた場合を取り上げなかったのは、道路渋滞の多い朝のピーク時を扱っていること、ピーク時の十分多いバスの運行回数の増加は、わずかな待ち時間の減少にしかつながらないため、便益の変化がほとんどなかったためである。しかしながら、図一16のようにバス路線を相互乗入れした場合は、供給者便益はほとんど変わらないけれども、乗り換えがなくなることによる待ち時間の減少、料金の減少によって、利用者便益が増加するので、政策

表一2 各交通企業ごとの収入配分結果

料金システム	均一料金250円(A)	均一料金250円(B)	現況	均一料金250円(C)
交通企業	収入	収入	収入	収入
JR	273	222	101	171
名鉄	202	342	273	582
名古屋市	3073	2984	2989	2792
マストラ全体	3548	3548	3363	3548
	比率(%)	比率(%)	比率(%)	比率(%)
	7.7	9.6	8.0	10.0

注：収入の単位は万円/時である。

意義があるといえる。

(3) マストラの収入配分と交通企業ごとの評価

これまで、マストラの料金システムおよび輸送計画に対する供給者便益を、都市交通体系全体の合計として表現してきた。しかしながら、実際のマストラネットワークは複数の交通企業によって運営・維持されているため、各交通企業ごとの利益も評価した方がよいであろう。すなわち、共通運賃制度によって得られた収入を、各交通企業に配分する必要が生じてくる。そこで、本節ではこのマストラの収入配分法について検討してみる。配分の基準としては、運行実績(車両 km 等)、輸送実績(人 km 等)、各企業の実際のコスト、標準コスト、連合開始前の収入額、協定によって定める一定割合が考えられる。しかしながら、輸送実績では、公共交通機関同士が競争し、車に対抗できる最適な路線網、輸送計画、運賃が設定されにくい、実際のコストでは、各交通企業が合理化努力をすればするほど、それに比例して配分収入が減少するので、経営努力が反映されない、開始前の収入額では、連合開始後のコストの増加が考慮されないため、路線網の変更を否定する企業が出て合理化が進まない、協定の定める一定割合は、根拠がない等問題が多い。したがって、西ドイツの運輸連合では、路線網と輸送計画によって定まる座席キロ、運行キロなどの運行実績をコスト算定の基準とし、単位コストは交通機関別に算定した標準コストを用いている。そこで、各企業の運営維持費の比率に応じて収入配分を行い、マストラの料金システムおよび輸送計画に対する各企業ごとの評価について考察した結果を表一2に示した。表は、利用者便益、供給者便益がともに正であった共通運賃制度のうち均一料金 250 円の場合と昭和 56 年現況の場合の交通企業ごとの収入を比較したものである。現況は、交通企業ごとに料金システムが独立しているので、本ネットワークで需要予測した結果としての実収入を示している。一方、均一料金 250 円 (A) は、本ネットワーク配分で用いた集約したマストラ路線(鉄道および幹線的バス路線)における各交通企業ごとの運営維持費に応じて収入配分した結果であり、均一料金 250 円 (B) (ピーク 1 時間の実際のバスの運行 km は、運転車両数×平均時速により、また鉄道の運行列車 km は運転列車数×走行 km の和によりそれぞれ推定した) は、実際の各企業の運営維持費に応じて収入配分した結果で、後者と現状を比較した方がより現実的であると考えられる。なお、輸送実績であ

表—3 代替案の評価結果

代替案番号	1	2	3	4	5	6
対応する料金システム案	A 1	A 1	A 1	A 1	A 2	A 2
対応する輸送計画案	B 1	B 2	B 3	B 4	B 1	B 2
供給者便益(万円)	142	105	220	190	54.8	54.2
利用者便益(万円)	47.9	26.3	202	213	73.4	-23.9
車の分担率(%)	39.8	40.6	39.6	39.6	35.6	35.8

代替案番号	7	8	9	10	11	12
対応する料金システム案	A 2	A 2	A 3	A 3	A 3	A 3
対応する輸送計画案	B 3	B 4	B 1	B 2	B 3	B 4
供給者便益(万円)	157	126	-48.6	8.87	-23.1	-59.6
利用者便益(万円)	214	223	324	134	556	562
車の分担率(%)	34.9	34.9	37.2	38.0	36.7	36.7

注 A 1 : 250円の均一料金制

A 2 : 1区100円、2区200円、3区300円のゾーン料金制

A 3 : 基本料金50円、附加料金23円/kmの距離料金制

B 1 : バスの幹線を幾何強化、近接する運行本数の多い並行路線の減便

B 2 : 中心部へ乗り入れている運行本数の多いバス路線の減便、バスの端末路線の強化

B 3 : 臨状部のバス路線の相互乗り入れ

B 4 : B 1、B 2、B 3の統合案

る人kmの比に応じて収入配分した結果も均一料金250円(C)として示した。表から、均一料金250円の共通運賃制度を採用して、各交通企業の運営維持費に応じて収入配分を行えば、どの交通企業も収入が少し増加するので、運輸連合で採用されているこの配分法は望ましいといえる。

(4) 計画策定例

実際に交通計画を策定するためには、料金システムと輸送計画のさまざまな組合せから、望ましい計画案を決定しなければならない。なぜなら、運輸連合等の交通計画主体は、各評価項目値に関係するマストラの運賃と運行回数の両方の政策を操作することが可能であるからである。したがって、対象地域の計画課題に適合するマストラの料金システムと輸送計画の組合せのうちから、妥当と考えられるものを交通計画代替案としてとりあげ、それらの代替案を総合的に評価し、最良と考えられる案を交通計画として採用するのが一般的である。そこで、名古屋市のマストラ全交通企業が共通運賃制度を採用する前提のもとで、マストラの料金システムおよび輸送計画の代替案を策定し、最良な案を選択する試みを行う。共通運賃制度を採用している西ドイツの運輸連合の輸送計画策定上の方針は、既存路線における接続の便をできるだけよくすること、不必要な平行路線は避けること、バスは鉄道交通への接続路線として、なるべく市中心部に入れないことを基本としている。したがって、それらの事項と名古屋市の地域特性や計画課題を考慮に入れて、マストラの料金システムと輸送計画の組合せによって策定した代替案を、前章で設定した評価項目を用いて評価した。その結果を表—3に示す。表から、8つの案が供給者便益、利用者便益ともに正となっており、その政策が交通企業、利用者両方にとって望ましい案といえる。なお、現況の場合の利用者の総費用は約8492万円/時、供給者の総利益は約895万円/時であった。中でも

第3案は両便益の和が402万円/時となっているうえに、両便益がともに200万円/時とほぼ等しいので、両者の立場を尊重した均整のとれた案であり、かつ、社会的便益を4%程度増加させているのがわかる。また、全体としてA1、A2とB3、B4を組み合わせた案が両便益が大きくなっているのがわかる。すなわち、均一料金制、ゾーン料金制、相互乗り入れが交通政策としてインパクトが大きく、市全体にとって意味があるものといえる。このことは、ヨーロッパの運輸連合の都市交通体系において、距離料金でなく均一料金、ゾーン料金が広く用いられていて、それが望ましいことを裏づけているといえよう。一方、輸送計画としては、11本/時程度の運行間隔で、名古屋、大曽根、本山、八事、新瑞橋をつなぐバスの相互乗り入れ路線(図—2参照)を設定した場合(B3を含む案)、各便益を増加させる傾向があるのがわかる。しかしながら、ゾーン料金の場合は効果が少ないのがわかる。

7. ま と め

本研究では、理論的根拠が明確な利用者均衡理論に基づいた従来の変動需要型交通均衡モデルに、マストラの運賃や運行回数を考慮できるように、車、マストラ利用者の時間価値を区別した一般化費用の概念を取り入れ、かつ、バスの所要時間が道路混雑の影響を受けるようなモデルを提案し、そのモデルの名古屋市への適用可能性を検討した。そして、そのモデルを用いて、名古屋市のマストラの料金システムおよび輸送計画が利用者行動に与える影響を分析した後、それらの政策をさまざまな視点から評価し、計画策定例を示した。その結果、得られた成果を要約すると以下ようになる。

(1) 交通手段選択・経路選択の両過程において、利用者が車、マストラの時間価値を区別して認識し、かつ、バスの所要時間が道路混雑の影響を受けるという実際に近い現象を表現できる本モデルを開発し、そのモデルが従来のモデルよりも適用可能性が高いことを、名古屋市ネットワークで実証できた。

(2) 本モデルを用いて、マストラの料金システムおよび輸送計画が利用者行動に与える影響を分析した結果、名古屋市ネットワークの場合、料金システムとしては、共通運賃制度、特に、均一料金制、距離料金制を採用すること、輸送計画としては、相互乗り入れの促進、トランジットの運行回数の増加を図ることが、道路混雑の緩和につながる事が示された。

(3) 本モデルによる交通需要予測の結果に基づいて、評価主体ごとに便益を計測した結果、次のことが明らかになった。

a) 料金システムとして共通運賃制度を採用し、適切な料金を設定すれば、利用者、供給者両方にとって、現

況より望ましくなる。

b) 輸送計画として政策意義が高いのは、バスの相互乗入れ路線の充実と道路混雑の影響を受けないトランジットの運行回数の変更である。

c) 名古屋市のマストラに共通運賃制度を採用した場合、各交通企業ごとの運営維持費に応じて収入配分を行えば、現況の交通企業別運賃制度より、どの交通企業も収入が大きく減少することがないうえ、マストラ全体の収入が少し増加する。これは、名古屋市での、共通運賃制度をとり入れやすい運輸連合システムの設立に対する有用な示唆と考えられる。

6. (2), (3) で用いた評価法を用いて、代替案選択アプローチによって交通計画を策定した結果、均一料金制、ゾーン料金制、相互乗入れを含む案が、政策意義の高い案であることが明らかになった。

最後に、本研究を実施するにあたり、貴重なデータを提供してくださった名古屋市、JR 東海(株)、名古屋鉄道(株)の方々に改めて深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 河上省吾・広島康裕・徐 廣錫：都市圏における多手段交通網の実用的な評価方法，地域学研究，第18巻，pp.125～144，1988.
- 2) 土木学会：土地利用と交通—モデルと政策シミュレーション，国際セミナー，1986.
- 3) 河上省吾・溝上章志：手段分担・配合結合モデルを用いた手段選択関数と均衡交通量の同時推定法，土木学会論文集，No.371，pp.79～87，1986.
- 4) 桑原雅夫：交通量配分手法の実証的検討，交通工学，Vol.23，No.2，pp.17～25，1988.
- 5) 青木真美：西ドイツの運輸連合，運輸と経済，第46～47巻，1986.7.
- 6) Jara-Diaz, S.R. and Friesz, T.L. : Measuring the Benefits Derived from a Transportation Investment, Transportation Research, Vol.16B, No.1, pp.57～77, 1982.
- 7) Daskin, M.S., Schofer, J.L. and Haghani, A.E. : A Quadratic Programming Model For Designing And Evaluating Distance-Based And Zone Fares For Urban Transit, Transpn. Res. -B, Vol.22B, No.1, pp.25～44, 1988.

(1990.11.5 受付)

EVALUATION OF MASS TRANSIT FREQUENCIES AND PRICING POLICIES IN URBAN TRANSPORTATION SYSTEM

Shogo KAWAKAMI and Atsushi TAKADA

This paper aims at developing an evaluation system for mass transit frequencies and pricing policies for an urban transportation system. This system consists of transportation demand forecasting process based on the user equilibrium theory and evaluation process by each interest group. Consequently, it is shown that common fares, such as flat fares and zone fares, and operating through train between different lines in the Nagoya metropolitan area are more effective than the existing system.