

# 戦略交通モデルを用いた都市交通政策パッケージの最適化\*1

## Optimization of Urban Transportation Policy Package by Using Strategic Traffic Model\*1

富田安夫\*2・寺嶋大輔\*3・片山哲平\*4・中村誠吾\*4

By Yasuo TOMITA\*2・Daisuke TERASHIMA\*3・Teppei KATAYAMA\*4・Seigo NAKAMURA\*4

### 1. はじめに

日本の交通計画は、これまでは交通需要の大幅な増加が見込まれてきたことから、交通施設整備を中心とした計画が策定されてきた。しかしながら、今後は大きな交通需要の増加が見込めないことや、環境制約や財源制約の厳しさが増していることから、従来の交通施設整備に加えて、交通需要管理および交通システム管理も含めた広範囲の政策代替案（政策パッケージ）についての分析・評価が求められている。

このような背景から、従来のようなネットワーク計画を中心とした分析（すなわち、詳細なネットワークに基づく交通需要予測分析）の段階のみではなく、その上位に位置する戦略的意思決定段階において、多様な政策を組み合わせた政策パッケージの可能性について、広く分析・評価しておくことが必要になっている。

このための分析手法として、分析に用いるネットワークの詳細さは多少犠牲にしても、モデルの操作性を高め、多様な政策パッケージの比較分析を可能とする「戦略交通モデル」が提案されている。この戦略交通モデルは、従来の詳細なネットワークを用いた交通需要予測手法を代替する手法ではなく、補完するものである。すなわち、戦略交通モデルを用いて幅広い範囲の政策パッケージを分析した結果、交通施設整備が必要であることが明らかになれば、その段階において、詳細なネットワークを用いた分析を行うことになる。ただし、そのような場合においても、戦略交通モデルによる分析結果として、交

通施設整備の対象地域が限定されれば、詳細なネットワークによる分析範囲が限定され、データ整備および分析に要する費用の節約が可能となる。

このような戦略交通モデルは、もともとは、1990年前後の英国において初めて提案され、いくつかの適用事例を積み重ねてきており、特に、英国の交通白書(1998)以降、総合的な交通計画が一層求められるようになったことから適用例が増している。我が国においても、近年、戦略交通モデルに関する研究が進められつつある。

戦略交通モデルを用いて多様な政策パッケージについての分析を行う場合、多数の政策変数がモデルに含まれており、これらに関係するすべての政策パッケージについて分析・評価することは困難である。そこで、変数間の相乗効果やトレードオフ効果について配慮しつつ、望ましい政策パッケージを抽出するための効率的な手法が必要とされている。このための手法として、A.S.Fowkes<sup>1)</sup>らによる手法が提案されており、本研究では、名古屋都市圏を対象として、簡便な戦略交通モデルを開発するとともに、A.S.Fowkes<sup>1)</sup>らによる手法を一部改良し、これを用いて政策パッケージの最適化を行い、その有効性について検討している。

### 2. 本研究における戦略交通モデル

主な戦略交通モデル<sup>2)</sup>は、発生頻度、出発時間帯、目的地などの選択を含むとともに、各モデル間のフィードバックによって交通費用変数の整合性を保つなどの工夫がされているが、本研究における戦略交通モデルは、政策パッケージの最適化手法およびその有効性の検討を主な目的としていることから、交通手段選択モデルおよび交通量配分モデルのみからなる簡単な構造の戦略交通モデルを用いている。交通手段選択モデルは、鉄道および自動車トリップを

\*1 キーワーズ：総合交通計画，戦略交通モデル

\*2 正会員 工博 神戸大学工学部建設学科助教授  
(神戸市灘区六甲台町 1-1 E-mail: tomita@kobe-u.ac.jp)

\*3 学生員 修(工) 神戸大学大学院自然科学研究科

\*4 学生員 神戸大学大学院自然科学研究科

対象とする集計ロジットモデルによってモデル化する。また、交通量配分モデルは、自動車交通および鉄道交通からなり、自動車交通については、各ゾーン中心から隣接ゾーンを結ぶ集約ネットワークおよび集約QV関数を用いて確率的利用者均衡配分(Dial配分)によって配分する。鉄道交通については、ネットワークを簡略化せずに最短経路へのall-or-nothing配分とする。

### 3. 都市交通政策パッケージの最適化手法

#### (1) 目的関数

最適化にあたっては、次式に示す目的関数（総費用）を用いる。

$$y = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k c_{ij}^{mk} q_{ij}^{mk} + C + S - T \quad \min$$

$y$ : 総費用（円）,  $c_{ij}^{mk}$ : ゾーン  $ij$  間の手段  $m$  目的  $k$  の交通一般化費用（円, 含む補助金・税金）,  $q_{ij}^{mk}$ : ゾーン  $ij$  間の手段  $m$  目的  $k$  の OD 交通量（人）,  $C$ : インフラ整備コスト（円）,  $S$ : 補助金額（円）,  $T$ : 税収（円）

この目的関数を用いることによって、交通施設整備の有無や、ロードプライシング、ガソリン税の増徴、公共交通利用者や事業者への補助金などの料金政策の影響を評価することができる。

なお、分析可能な政策の範囲は、戦略交通モデルおよび目的関数の詳細さに依存するものであり、これらを詳細化することにより、一層広範囲な政策分析が可能となる。また、目的関数において、補助金（ $S$ ）を加え、税収（ $T$ ）を差し引いているのは、式中における一般化費用（ $c_{ij}^{mk}$ ）には、公共交通への補助金やロードプライシング等の税金分が含まれているが、補助金は、最終的には社会全体にとっての負担であり、税収は社会全体に還元されるものであるからである。

#### (2) 最適化手法の考え方および計算手順

戦略交通モデルの扱うべき政策パッケージは、一般に多数あることから、これらについてモデルを適用して評価・比較することは困難である。したがって、いくつかの政策パッケージを設定し、それらに

ついてモデルを適用し、各政策パッケージによって達成できる目的関数値を算出し、この値と政策変数との関係を、図 - 1 に示すような多変数 2 次回帰式によって近似し、この近似式を用いて、目的関数を最小化する最適政策パッケージの近似解を求める。ここで、多変数 2 次回帰式を用いる点が、A.S.Fowkes<sup>1)</sup>らの方法（1 変数 2 次回帰式による近似）とは異なっている。A.S. Fowkes<sup>1)</sup>らの方法の場合、政策間の相乗効果やトレードオフ効果を、必ずしも効率的に把握できているとは言えないことから、本研究のような多変数 2 次回帰式を用いる方が、近似精度および計算効率ともに優れていると言える。

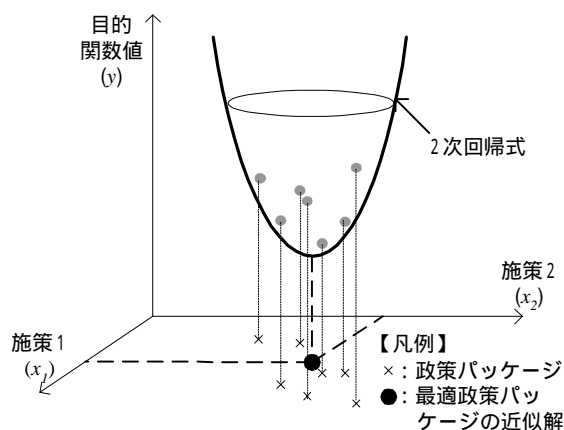


図 - 1 目的関数値と政策変数との 2 次回帰式と最適政策パッケージの近似解

このような手法によって分析できるためには、多変数 2 次回帰式が広義凸関数である必要があるが、この点は以下の理由により成立するものと考えられる。戦略交通モデルに含まれている政策変数には 2 種類ある。ひとつは、交通施設整備プロジェクトのように実施するか否かという二者択一の変数と、ロードプライシング価格などのような連続変数とである。これらの変数と目的関数値との関係は、前者は 2 点を結ぶ 1 次関数によって、後者は、変数が一定値までは目的関数（総費用）は減少し、それを超えると増加し始めるものと考えられ、広義凸関数として仮定（この性質は他の変数値に依存せず成立）できることから、これを 2 次関数によって近似する。また、政策変数間の相乗効果やトレードオフ効果を表すためには、これらの効果が予想される変数を掛け合わせた交互作用項もあらかじめ設定する必要がある。このような交互作用項を用いる場合において

も、上述のように他の変数から独立に当該変数の広義凸性が保証されている場合には、全体としての広義凸性は保証されることになる。

以上のような考え方に基づいて、政策パッケージの最適化の手順を示したものが図 - 2 である。

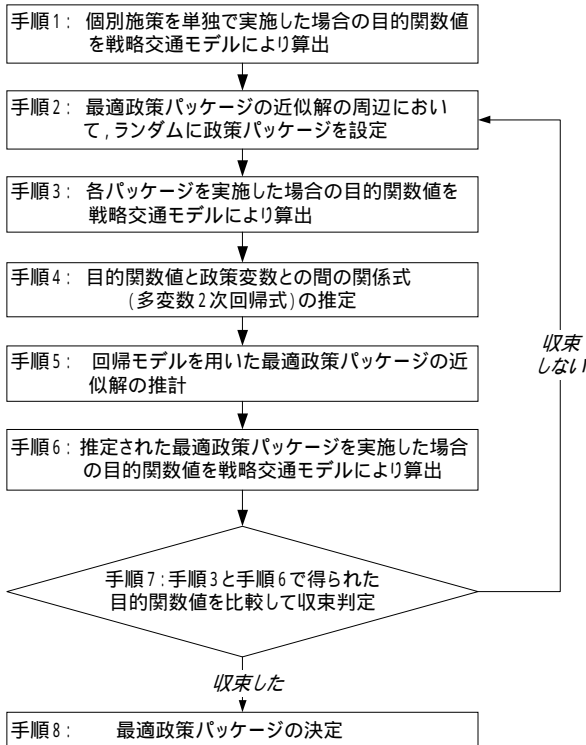


図 - 2 政策パッケージ最適化手順

#### 4. 適用例

##### (1) 対象地域と使用データ

対象地域は、図 - 3 に示す名古屋都市圏（概ね 20km 圏）とし、ゾーン区分は、名古屋市内は 16 ゾーン、市外は 17 ゾーンの合計 33 ゾーンとした。

使用データとしては、主に、第3回中京都市圏パーソントリップ調査（1991）を用いた。

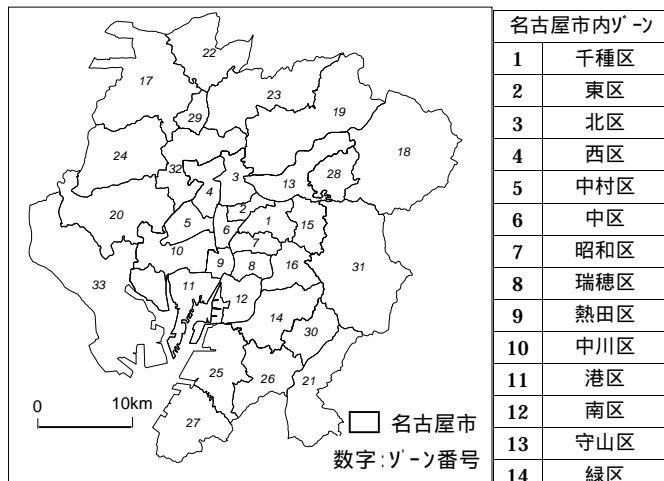


図 - 3 対象地域（名古屋 20km 圏）及びゾーン区分

また、ネットワークデータについては、道路ネットワークは主要地方道以上を対象として、各ゾーン中心と隣接ゾーンとを結ぶ集約リンクおよび集約 QV 関数を用いた。鉄道ネットワークについては、集約化は行っていない。

##### (2) 戦略交通モデルの推計結果および精度

###### 1) 交通手段選択サブモデルの推定結果

交通手段選択サブモデルの交通目的別の推定結果を表 - 1 に示す。なお、自動車および鉄道トリップのみを対象交通としており、モデルには集計ロジットモデルを用いた。

表 - 1 交通手段選択サブモデルのパラメータ

目的	一般化費用(千円) ( )	定数項 (C)
通勤	-1.586 (-16.1)	0.365 (6.11)
業務	-1.430 (-4.49)	1.493 (7.64)
通学	-0.453 (-4.55)	-0.005 (0.08)
私事	-0.413 (-2.65)	0.862 (8.82)
帰宅	-0.885 (-9.89)	0.584 (11.4)

(備考) モデル式  $P=1/\exp(-(t_c - t_r)+C)$  ( )内: t 値  
P: 鉄道分担率  $t_c, t_r$ : 自動車, 鉄道の一般化費用

###### 2) 自動車交通量配分の推計精度

自動車交通量配分モデルの精度を確認するために、PT データによる OD 間平均所要時間とモデルによる推計値を比較したものが図 - 4 である。迂回率が考慮されていないため、やや過大推計となっているが、以下の分析では、これを補正して用いている。

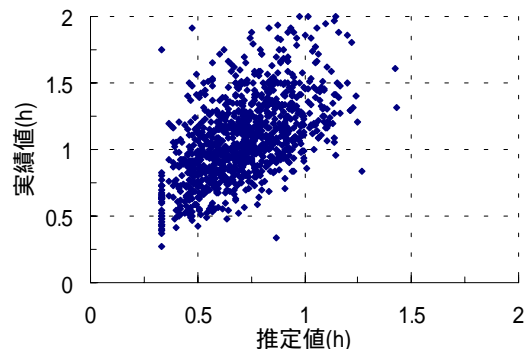


図 - 4 自動車交通量配分モデルの現況再現性

###### (3) 交通政策パッケージの最適化

戦略交通モデルで扱うべき交通政策は、本来、多数存在するが、ここでは、例として、ロードプライシングと、鉄道料金引き下げ（ただし、引き下げ

額は補助金によって補填されるものと仮定)の2つの政策を対象として、最適政策パッケージを求めた。ロードプライシングは、都心部(名古屋市中区、図-3の6ゾーン)への流入交通に対して課金を行い、鉄道料金引き下げについては全域を対象としている。

図-5(a)はロードプライシングを課金した場合の目的関数値の変化を示している。単独政策の場合には課金300円/台が最適であり、このことによって約0.4億円/日(約7.6円/(日・トリップ))の効果が生じることがわかる。図-5(b)は鉄道料金引き下げによる場合であり、単独政策の場合には7%の運賃引き下げが最適であり、約0.25億円/日(約4.7円/(日・トリップ))の効果が生じている。

次に、3節で述べた最適政策パッケージ手法を用いて、2つの政策の最適政策パッケージを求めた。

図-5(c)は、最適化過程における繰り返しによ

て目的関数値が改善される状況を示している。特に、最初に目的関数値は大きく改善され、この以降の改善の程度はそれほど大きくない。表-2及び図-5(d)は、それぞれ各繰り返しにおける2次回帰式と最適政策パッケージの近似解を示している。図-5(d)からも近似解が次第に収束していることがわかる。このように2つの政策を最適化することによって、図-5(c)に示されているように約0.9億円/日(約17.0円/(日・トリップ))の効果が生じている。これは、それぞれ単独で行った効果より大きく、両政策の相乗効果の現われを示している。これは、ロードプライシング、鉄道料金引き下げによって、自動車交通から鉄道交通への非線形的な交通手段の転換が起こり、都心部での道路混雑が緩和されたためと考えられる。

5. おわりに

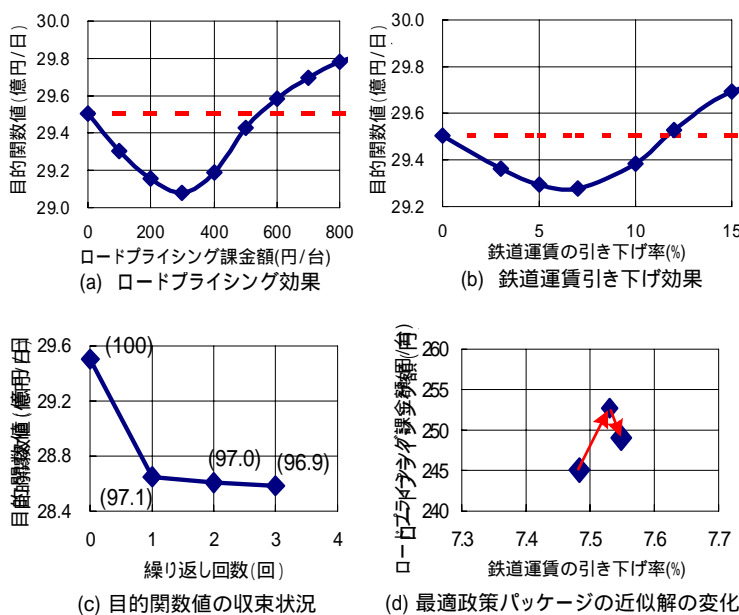


図-5 ロードプライシングと鉄道運賃引き下げ政策の最適化

表-2 最適化過程において推定された2次回帰式と近似解

繰返回数	推定した2次回帰式と最適政策パッケージの近似解
1回目	$y=45900x_1^2+1.93x_2^2-12.3x_1x_2-684000x_1-854x_2+5300000$ $x_1^*=7.48, x_2^*=245$ のとき $y^*=28.65$
2回目	$y=42000x_1^2+1.82x_2^2-10.3x_1x_2-630000x_1-843x_2+5300000$ $x_1^*=7.53, x_2^*=253$ のとき $y^*=28.61$
3回目	$y=40900x_1^2+1.80x_2^2-9.69x_1x_2-615000x_1-825x_2+5210000$ $x_1^*=7.55, x_2^*=249$ のとき $y^*=28.58$

(備考)  $y$ : 社会的総費用(億円/日),  $x_1$ : 鉄道運賃引き下げ率(%),  $x_2$ : ロードプライシング課金額(円/台)

本研究では、A.S.Fowkesらの政策パッケージ最適化手法を一部改良した方法を提案した。また、名古屋都市圏を対象として、簡便な戦略交通モデルを開発し、ロードプライシング、鉄道料金引き下げという2つの政策を取り上げ、最適化手法の有効性を明らかにした。

今後は、より多様な政策パッケージの評価を試みるとともに、土地利用モデルとの統合を行い、土地利用および交通政策を組み合わせた政策パッケージについても分析することが課題である。

#### 参考文献

- 1) A. S. Fowkes, A. L. Bristow, P. W. Bonsall and A. D. May : A short-cut method for strategy optimisation using strategic transport models, Transport Research (A) Vol.32, No.2, pp.149-157, 1998
- 2) 例えば, A. D. May and K. E. Gardner : Transport policy for London in 2001, Transportation, Vol.16, p.p.257-277, 1990