

1. ネットワーク均衡モデルを応用した都市圏レベルの交通政策分析

Transport Policy Analysis in Metropolitan Area with Network Equilibrium Models:
Addressing induced traffic, road pricing and job-housing allocation

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 助手 円山 琢也

This paper develops a multi-class and multi-modal network equilibrium model combining multi-dimensional travel choices; trip-making, destination, mode and route choices. This model is applied and validated in Tokyo Metropolitan Area describing congestion in road and railway network. We address some issues of urban transport policy with making best use of this consistent and theoretically sound model. We estimate user benefit of road investment considering induced traffic and examine biases caused by traditional fixed demand model neglecting induced traffic. Next, we prove that marginal cost pricing is optimal road pricing which gives maximum social surplus that is consistent with our model and compute the pricing level in Tokyo area. We also investigate income regressive effect of road pricing policy and optimal job-housing location pattern considering congestion in network.

1. 序論

1.1 研究の背景

都市における交通問題は、数多くの人々が関わる身近な問題であり、その解決のための計画や政策について、さまざまな意見が存在する。しかしながら、その議論の中には、観念的・情緒的なレベルのものも少なくない。例えば、混雑地域において道路混雑を緩和するために新たな道路を建設するという計画については、道路容量の増加は、新たな交通量の増加を招くだけで、結局混雑は緩和されず、道路投資は無駄である、という主張が存在する。また、道路利用に対する混雑課金政策の導入についても、課金は低所得者に対して相対的に大きな影響を与え、所得間公平性の問題が生じるため望ましくないという反対意見がある。しかしながら、財源制約下で多数の主体が関わる都市・地域の計画や政策においては、科学的、客観的な手法を用いた判断が求められる。

この判断においては、社会経済構造を単純化・抽象化した理論モデルを用いた考察から得られる知見は少なくない。上述の道路建設による誘発交通の問題についての最も単純化した議論は、空間、時間を捨象した、横軸に交通量、縦軸に交通

費用をとったグラフにおける需要曲線とトリップ費用曲線を用いたものである。誘発交通が存在しない場合は、垂直な需要曲線が想定され、誘発交通が存在する場合は、需要曲線が傾いているときに相当する。これらを用いて、誘発交通が存在することによる道路投資の便益のゆがみなどを、定性的に議論することが可能となる。

これらの理論的考察は、経済学を中心に行われてきた。そこでは、さらに、道路混雑に対するファーストベストな対策として、混雑課金が古くから提案され、その課金額の最適設定法や政策の所得間公平性の議論についても同様に単純なグラフを用いた議論がなされてきた。

これら理論的議論は、定性的なものでありながら、一般性・規範性に優れている。しかしながら、現実の政策判断に必要な定量的な評価値を得るためには、グラフで想定されている需要曲線、トリップ費用曲線をどう推定するのか、ネットワークから構成される現実の都市施設をどのように考えればよいのかという問題があり、これらの議論は現実の政策評価に直接利用できるものではなかった。

一方、実際の都市圏において現実の評価を行う

ために、工学的に実用的なモデルが数多く開発され、実務の現場で幅広く用いられてきた。四段階推定法に基づく都市圏レベルの交通需要予測、交通政策分析はその典型といえよう。しかし、四段階推定法は、工学的な実用性の一方で、理論との整合性、モデル内部の整合性に問題があることが古くから指摘され、この欠点により、前述した誘発交通などの扱いが不十分となっており、それらの分析に有益な情報を提供しうるものではなかった。

工学的な実用性を重視したモデルを用いた予測、分析が一般的となったのは、現実都市の複雑なネットワークや、利用者の多種多様な行動を想定した場合、理論の厳密性、一般性を維持した展開は困難と考えられていたためと思われる。

1.2 研究の目的

本研究では、現実都市の複雑なネットワークや、利用者の多種多様な行動を想定しながらも、

- ・ モデル内部の整合性(特に、混雑現象によって変化しうるサービスレベル変数の整合性)
- ・ ミクロ経済理論に基づく行動理論との整合性

以上2つの整合性を堅持した、論理性に優れた政策分析フレームの構築が、ネットワーク均衡モデルを応用することで可能となることを明らかにし、その特徴を生かした、現実の都市圏レベルの交通政策分析を行うことを目的とする。

研究の背景で述べたように、以上のような整合性と論理性に優れた政策分析フレームの実都市圏での構築は、従来非常に困難と思われていたものである。

なお、ネットワーク均衡モデルの概念自体は、目新しいものではなく、最近では、実都市圏への適用事例も少なからず存在する。しかしながら、残念なことに、既存研究では、これらのモデルは四段階推定法の代替案としての工学的需要予測ツールとしてしか利用されていなかった。すなわち、モデルの内部整合性に優れた政策評価モデルとしてしか利用されてこなかった。モデルが行動理論と整合性があることを利用した分析例は意外なほど少なかった。本研究では、この点に着目

し、単純なグラフを用いて展開されていた理論考察のいくつかを、複数交通手段を考慮した現実の大規模なネットワーク上で、利用者の異質性を考慮しながら利用者の多次元選択行動を明示した場合にも展開可能であることを示し、その知見を生かした現実都市圏での分析を行う。

また、ネットワーク均衡モデルの既存研究の多くは理論の構築、モデルの数理解特性の把握、解法の構築にとどまっており、それを交通計画の実務で利用していくために検討が必要な事項の整理が十分とはいえなかった。しかし、モデルは、実際の評価に適用されて初めて土木計画、交通計画に有用なツールと言えるだろう。この問題意識のもと、本研究では、最新の研究を含む広範なレビューをもとに、ネットワーク均衡モデルの実都市圏への適用時に有用となるモデル拡張の考え方、検討が必要な事項を整理する。また、それらを踏まえ、開発するモデルを現実の都市圏の交通需要予測・受益評価にも適用可能な、従来の四段階推定法に代替しうる実用性を兼ね備えたものとする。

また、本研究全体を通して、解の一意性が確保されるようにモデルを定式化し、アドホックな設定やヒューリスティックな解法の利用を一切排

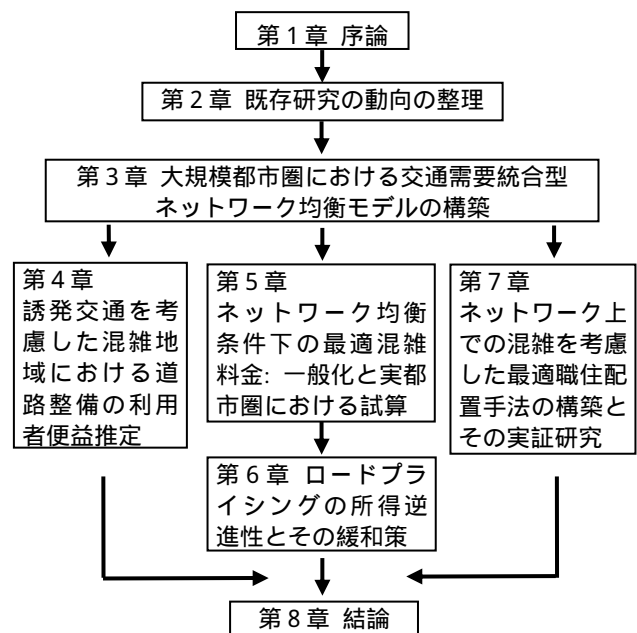


図1 論文の構成

除することとする。解の一意性の確保により、各種政策代替案の比較の客観性・論理性が保たれ、またモデルの透明性、再製可能性が高まる。これらは現実の交通計画に用いる需要予測手法として大きな利点となるものである。

論文の全体構成を図1に示す。

2. 既存研究の動向の整理

本章では、広範なレビューをもとに、既存研究では十分な整理がされていない、実都市圏への適用時に有用となるネットワーク均衡モデルの拡張の考え方・検討すべき課題、誘発交通問題、およびロードプライシングの分析手法について整理した。

具体的には固定需要型確定的利用者均衡モデルの発展形としてのマルチクラスモデル、多基準モデル、非加算型経路費用モデル、確率的利用者均衡モデルの最近の研究動向を紹介した。そして、それらが利用者均衡モデルにおけるどの行動仮説の緩和に対応するのかという相互関係を整理した。また、確率的利用者均衡モデルは、理論的には古くから完成し、良く知られたモデルであるが、いくつかの問題点があり、それらは、a) 経路選択肢集合の決定法、b) 経路選択肢間の類似性の表現法、c) 均衡解への収束が保証されたアルゴリズムの開発、d) 目的関数における経路エントロピー項の効率的計算法、e) 需要モデルと整合的な利用者便益指標の効率的計算法、f) 経路選択モデルのパラメータ推定法、と分類されることを明らかにした。

3. 大規模都市圏における交通需要統合型ネットワーク均衡モデルの構築¹⁾

本章では、現実の東京都市圏を対象に、マルチクラス Nested Logit 型ネットワーク均衡モデル(図2)の定式化、解法の構築を行った。トリップ目的別の利用者のセグメントを行いつつ、発生レベルまでの統合を行うために、片側制約型の分布モデルを採用し、目的地選択肢集合の確率的形成を考慮したパラメータ推定を行った。これらの改良に

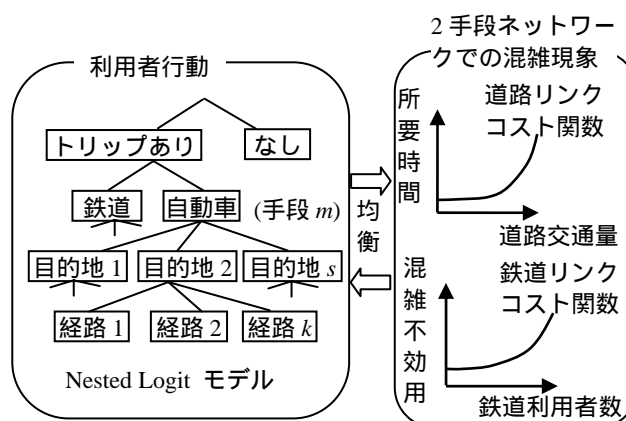


図2 基本モデルの構造

よりモデルの現状再現性は既存の固定需要モデルと同等なレベルが確認され、論理性を保持しながらも実用性の高いモデルが構築された。また、このモデルは、大規模な多手段の交通ネットワークを対象に、鉄道の混雑現象を考慮しつつ、発生レベルまでを統合した点で、先進的なモデルといえる。

4. 誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定²⁾

混雑した地域における道路投資の有効性と関連して、「誘発交通問題」として知られる問題点が古くから指摘され、議論がなされてきた。すなわち、混雑緩和を目的として道路などの交通施設整備を行うと、新たな交通需要を誘発し、結局混雑緩和にはつながらないという議論である。これらの議論の土台となるべき論理性をもった科学的分析手法、すなわち誘発交通を考慮した交通需要予測・便益評価手法の開発は、急務の課題といえる。

道路整備により自動車利用のアクセシビリティが増加すると、利用者は、鉄道から自動車利用へ手段の変更、目的地の変更、トリップ頻度の増加といった行動変化をとる可能性がある。道路交通における誘発交通の分析手法には、以上のような利用者の行動変化を記述しつつ、道路混雑も的確に表現するモデルが必要とされる。

我が国の実務においては、四段階推定法が需要予測手法として広く用いられてきた。この手法は

道路整備によるサービスレベル向上の影響が、発生・分布・分担段階に及ばない形式となっており、実務における誘発交通の取り扱いが極めて不十分なものである。

一方、学術研究分野では、非集計モデルを代表とした個人の交通行動に関する研究が盛んに行われ、誘発交通の具体的な中身となる利用者の個々の行動変化については、詳細なモデルが数多く構築され、交通行動に関する知見の蓄積がなされている。しかしながら、これらのモデルは、道路交通における誘発交通の議論では必須となる道路混雑現象との整合性への配慮が不十分である。

以上の背景を踏まえた本章の分析から次のような成果を得た。

- (1) 混雑地域における誘発交通を考慮した需要予測モデルの要件を整理し、その観点から既存のモデルをレビューした。
- (2) 経済理論に基づいたマルチクラス Nested Logit 型ネットワーク統合均衡モデルの定式化を行い、モデルと統合的な便益評価指標を示した。
- (3) モデルに供給者の行動を含めた枠組みにおける議論から、求めた便益計測指標がセカンド・ベスト下の便益評価における留意点を踏まえた経済学的にも問題のない指標であることを確認した。また、最適料金制度の下での便益計測に関して、本モデルから、既存の知見を一般化した結果が得られることを示した。
- (4) 混雑の激しい大規模な都市圏にネットワーク統合モデルを適用し、現実に計画されている新規道路整備による誘発交通を試算し、誘発交通の量は、都市圏全体ではわずかであるが、対象道路の交通状況に大きな影響を与えうることを示した。具体的に誘発交通を無視した既存の固定需要モデルと本研究による統合需要モデルの結果の比較の一部を表1、表2、図3に示す。
- (5) 誘発交通を考慮するモデルとしないモデルの比較から、誘発交通を無視することによる便益評価のバイアスを実証的に示した。また、この数値を時間帯別に示し、このバイアスが需要のレベ

ルに大きく影響を受けるという既存の知見を実証的に確認した。今回の適用地域では、ピーク時間帯において誘発交通を無視すると便益を過大に推定する傾向があることを、試算の域ではあるが、具体的に示した。

(6) 理論と統合的な厳密な指標を用いた便益評価値と、その近似として知られる台形公式を用いた便益評価値の差は、極めて小さいことを実証的に確認した。

(7) フィードバック型の推定法と、厳密な均衡解を求めるモデルとで便益推定値の違いを示し、厳密な均衡解の求解は妥当な政策感度という観点から要求されることを示した。

表1 交通環境状況の変化率 (日合計値)

集計地域	23区内		全域	
	固定需要	統合	固定需要	統合
総走行台時	-7.6%	-4.4%	-2.3%	-0.7%
総走行台* ₀	-4.1%	-2.6%	-1.1%	-0.3%
平均走行速度	3.8%	1.9%	1.3%	0.4%
NO _x 総排出量	-5.6%	-3.3%	-1.7%	-0.5%
CO ₂ 総排出量	-6.0%	-3.6%	-1.8%	-0.5%

表2 交通状況の変化(都市圏全域, 日合計値)

モデル 指標	固定需要モデル		統合モデル	
	変化量	変化率	変化量	変化率
総トリップ数	0	0	+11,145	+0.03%
自動車トリップ数	0	0	+40,132	+0.3%
自動車平均トリップ長	0	0	+120 (m)	+0.50%
総走行台* ₀	-2,791,700	-1.1%	-835,603	-0.31%

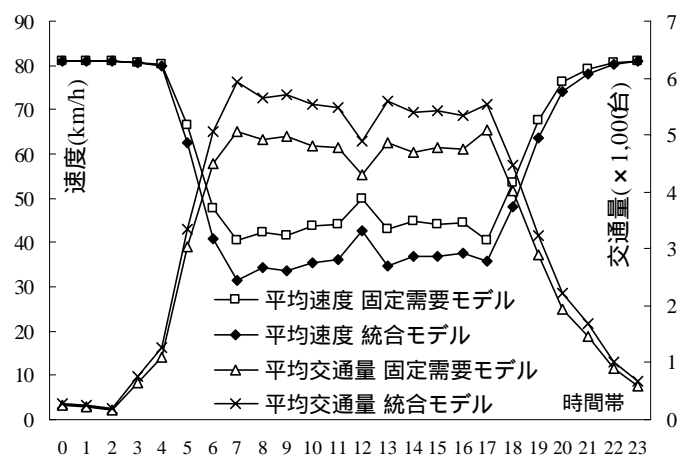


図3 新規建設道路の時間帯別交通量・平均速度
注) 片方向交通量・速度の平均値

5. ネットワーク均衡条件下での最適混雑料金：一般化と実都市圏における試算³⁾

5.1 最適混雑料金理論の限界と拡張

交通渋滞の緩和と大気汚染問題等への対応を目的としたロードプライシングは、2003年2月よりロンドン都心部での実施が始まり、東京都心部への導入も検討されるなど、現実味のある都市交通政策の代替案の一つになりつつある。本章の目的は、このロードプライシングの最適な料金設定に関して、利用者の行動を明示的に扱いつつ現実都市圏の道路網にも適用可能な形式を提示することにある。

道路利用の私的限界費用と社会的限界費用の乖離に等しい額を混雑料金として課せば社会的に最適な状態が実現するという限界費用原理は、経済学における単純な1本のリンクを対象とした議論から導き出されたものである。この理論は、

- [1] 空間表現が過度に単純化されている。
- [2] 渋滞現象の表現の不備すなわち時間軸の欠如。
- [3] 利用者の交通行動の表現が不十分。

という問題があり、現実都市圏の混雑料金の設定問題に直接適用できるものではない。

これら3つの問題点のうち、[1]の空間表現の問題に関しては、交通ネットワーク均衡分析のモデルの枠組みにおいて、各リンクにおいて限界費用原理を適用すればよいという拡張がされている。しかし、従来モデルの利用者の経路選択行動の記述、需要関数の設定法などは、いまだ現実を簡略化したものであり、[3]の問題は依然残される。一方、[2]の時間軸の欠如の問題に対しては、主に単一ボトルネックを対象とした議論が進められ、成果が挙げられているが、一般ネットワークへの理論の拡張は困難と思われる。

本章では以上の背景を踏まえ、既存の混雑料金理論の上述した[1]、[3]の問題点を同時に解決する分析フレームを提示する。すなわち、利用者の交通行動が複数の交通手段を含むネットワーク上でランダム効用理論に基づくNested Logit型の多次元選択行動として記述される場合における最適混雑料金について議論する。提示するフレーム

は、静的モデルであるという限界は依然残されるものの、現実の大規模なネットワーク上においても最適混雑料金の算出が可能である点が大きな利点となる。

Nested Logitモデルと統合的なネットワーク均衡配分モデルは等価な最適化問題として表現されることが知られている。この最適化問題の目的関数は、一般に経済学的意味づけを全く持たないものであるが、各リンクに限界費用原理に従う料金が課せられている場合、この値は経済学的意味を持つことを明らかにした。具体的には利用者の行動モデルと統合的な利用者余剰と料金収入すなわち供給者余剰の和である社会的余剰の最大化であることを簡易に証明した。すなわち、限界費用原理は、Nested Logitネットワーク均衡条件下の社会的余剰の最大化をもたらす最適課金であることを示した。

5.2 現実都市圏での試算例

前節の知見を生かした政策評価の例として、東京都心部におけるロードプライシングの導入評価を、効率性という最も単純な一つの軸上のみで評価した例を以下に示す。

この政策の既存の評価事例としては、課金システム、課金額を仮に設定した場合の評価が行われているのみで、最適な課金額の設定法、さらには、設定した政策の最適解との乖離という観点からの評価は、行われていない。以下では、3.で東京都心部を対象に構築したNested Logit型確率的利用者均衡モデルの一部を用いて、現状の料金制度(高速道路、鉄道)の下での社会的余剰と、最適ロードプライシングが実行できた場合の社会的余剰を計算する。その後、現実に構想されている課金政策を実施した場合の社会的余剰を計算し、それらの値を比較する。朝のピーク時の3時間帯(7~10時)を対象に、自動車と鉄道の混雑を明示した分担配分統合モデルを用いる。

限界費用課金を賦課した場合、都市圏全体の社会的余剰が最大になるという意味で最適な手段分担が達成され、その際の最適な手段分担率は、一意に定まることが分かっている。そこで、まず

表 3 自動車分担率の現状と最適値

	現状	最適値	差
全体	38.2%	33.0%	5.2%
23 区外 23 区内 OD	10.6%	8.1%	2.5%
23 区内 23 区内 OD	22.5%	20.0%	2.5%
23 区内 23 区外 OD	50.0%	41.8%	8.3%
23 区外 23 区外 OD	59.3%	51.7%	7.6%

モデルから算出された自動車分担率の現状値と最適分担率を表 3 に示す。この表から、都心 23 区方向に向かう OD ペアでは、現状と最適分担率の差は大きくはないが、都心外を目的地とする OD ペアでは、現状よりも自動車分担率を下げ、鉄道への転換を図るべきことが分かる。この結果は、東京のピーク時においても、都心と逆方向に向かう鉄道の車内は空いており、それを効率的に利用すべきという観点から直感的にも理解されよう。

最適混雑料金の試算結果によると、現実に計画されている東京都心部へのロードプライシング政策によって得られる社会的余剰の増加は、最適混雑課金のそれと比較すると、ごくわずかなものである。しかしながら、この最適課金政策と現実政策の差は、燃料税、車両税、駐車料金などの関連政策の組み合わせで縮めうることを示唆される分析結果も示した。

6. ロードプライシングの所得逆進性とその緩和策⁴⁾

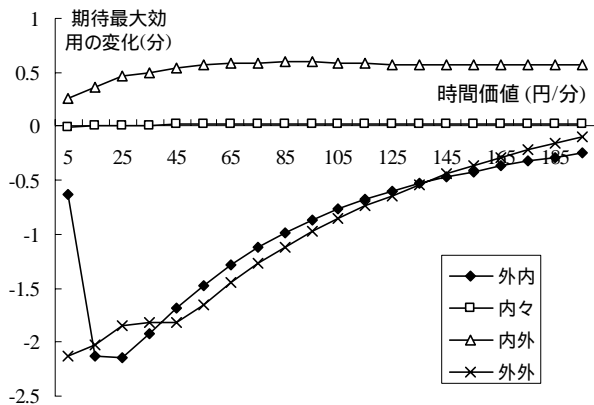


図 4a) 課金による効用水準の変化(時間価値・OD 別)

本章では、ロードプライシング政策が、低所得者に対して相対的に大きな影響を与えること、すなわち所得逆進的な問題をもつとされていることに着目し、その緩和策を探ることを目的とする。

まず、この所得間公平性を定量的に評価できる分析手法として、利用者的手段と経路の選択行動とネットワークでの混雑を統合的に考慮しつつ、個人の所得格差を時間価値の分布に反映させたモデルを構築した。このモデルを用いて、単純なネットワークにおいて、ロードプライシング政策が所得逆進性を持つことを確認し、その問題の解決策について議論した。この議論からは、課金収入を鉄道料金、駐車料金値下げに利用することで政策の所得逆進性が緩和されることが示された。また、課金収入による道路容量の拡大施策については、課金対象道路そのものを改良した場合、政策の所得逆進性は進行するが、課金対象道路の代替道路を改良した場合、逆進性を若干緩和する可能性が示唆された。

さらに、現実に課金が計画されている東京都心部にもモデルを適用した(図 4)。現実都市では OD パターンごとに課金の影響が大きく異なり、課金収入の分配により逆進性の緩和を目指す場合にも、地域間の影響差に配慮した分配策が必要となることを示唆された。本章は現実の政策判断において公平性の視点を組み込む際に、有用な情報を提供しうる、実都市圏にも適用可能な一貫性を保った分析フレームを提示しえたといえる。

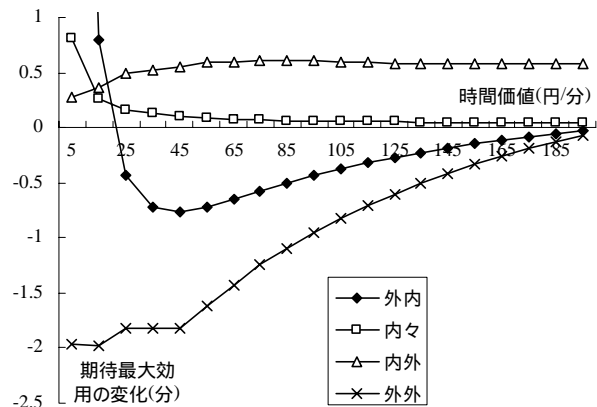


図 4 b) 課金収入で鉄道料金を値下げした場合

7. ネットワーク上での混雑を考慮した最適職住配置手法の構築とその実証研究⁵⁾

交通部門のエネルギー消費の削減および混雑現象を代表とする大都市圏の交通・環境問題の根本的な解決策として、都市構造を中長期的に交通・環境負荷の小さいものへと改変する必要性が議論されている。長期的施策としての土地利用コントロールは、交通計画における広義のTDM(交通需要マネジメント)施策の一部とも位置付けられる。

これに関連して、都市のコンパクト化や高密度化の影響について、実都市における居住人口分布、従業人口分布を変化させた場合のシナリオ分析、事業所誘導政策の効果分析など既存研究は数多い。しかしながら、単に都市構造を高密度化すれば、必ず交通エネルギー消費や交通・環境負荷を削減できるというわけでないことも知られている。例えば、通勤交通のみに着目しても、職場の立地を政策的に誘導しても、住居が近接していなければ、通勤距離、通勤時間が増加するということが大いに起こりうる。同一の職住分布に対応して、職場と住宅の組み合わせ、すなわちODパターンは複数考えられるためである。これは、逆に考えれば、職住分布を全く変化させなくともODパターンを入れ替えることのみで、交通・環境負荷を低減させることができるという発想につなげることができる。

この点に関して、都市解析の分野では、職住最適配置の議論がなされている。これは、都市構造を変えずとも職住配置の入れ替えのみで、通勤時間の削減がどの程度可能であるかを示す分析手法である。各地域の都市活動量が現状のままという制約の元で、派生需要である交通の削減可能な限界値を示すものともいえる。しかし、既存の職住最適配置の研究においては、自動車の混雑現象、現実の交通ネットワークの情報が十分に考慮されているとは言いがたい。また、既存研究では、最適割当と現実の割当による通勤距離(時間)の乖離で定義される「過剰通勤」の計測が主眼の場合が多く、職住再配置を現実の政策代替案と捉えて

評価を行った研究は少ない。

本章では、混雑現象を整合的に表現する交通分析手法の一つであるネットワーク均衡モデルを利用して、職住最適配置の議論を、モデル内部の整合性を厳密に保ちつつ、ネットワーク上の各リンクでの混雑現象を考慮した形で展開することを目的としている。そして、ネットワーク上での混雑を考えた場合の職住最適配置に対応した分析フレームをいくつか提示し、東京都市圏を対象にその実証研究を行った。

ネットワーク上の混雑を考えた職住最適配置には、OD表と経路交通量の両方の最適制御[最適割当SO]とOD表のみの最適制御[最適割当UE]の2種類があることを示した。これらと、利用者均衡状態を仮定した現状[現状UE]と、経路選択のみを最適化した[OD固定SO]の4つのモデルについて、東京都市圏の自動車交通について計算した結果を図5に示す。

最適職住割当を行った場合、総走行台キロ、台時、CO₂排出量共に、30~40%の削減がされる。都市構造を変化させずとも、職住配置を変化させるだけで、このレベルまでの削減が可能であることが明らかになっている。OD表固定の場合と同様に、最適割当と経路選択の最適化を併用した場合は、総走行台時の削減量はより大きい。総走行台キロの削減量は、経路選択の最適化を併用しない場合よりもわずかに小さくなることも明らかにされた。また、総走行台時を総OD交通量で除

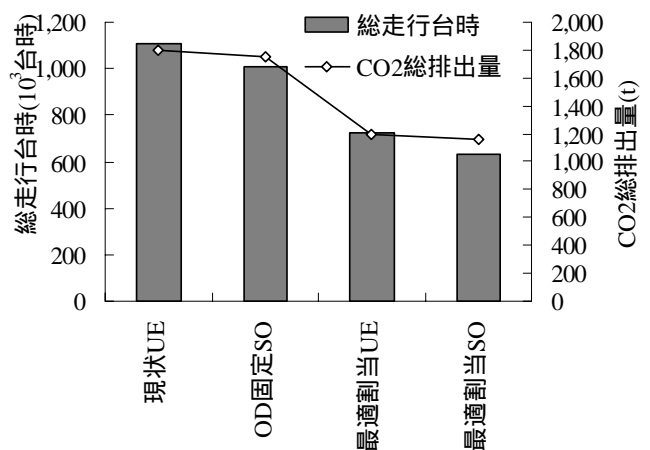


図5 自動車交通の最適割当結果

して計算した平均所要時間の指標で見ても、最適割当により約 10 分程度の短縮がなされている。

また、一部の通勤者のみの割当変更しか行えない場合についても、自動車交通の場合、

- ・ 10~30%の変更率のもとでは、割当によって生じた総走行台時の削減便益の約 3 割程度は、割当の対象となっていない固定利用者にも波及していること、
 - ・ 20%弱の自動車通勤者の割当変更でも最適混雑課金と同等程度の効果が得られること、
- などを実証的に明らかにした。

8．結論

8．1．本研究の成果

本研究では、従来から都市圏レベルの交通需要予測、交通政策分析に広く用いられてきた工学的実用性を重視した四段階推定法がもつ、行動理論との不整合性、モデル内部の不整合性による問題を解消可能なネットワーク均衡モデルを応用した交通政策分析フレームを構築した。この分析フレームは、現実の大規模ネットワーク、利用者の多次元選択行動を対象にしながら、実用性と同時に行動理論との整合性、モデル内部の整合性を厳密に保持したもので、この点を生かした政策分析を提示した。

また、既存の学術研究では、非集計ロジットモデルを代表とする交通行動分析系の研究成果が実務で用いられている状況に比較して、交通ネットワーク分析系については、高度な研究成果の実務への反映が極めて不十分である、言い換えると理論的展開の実用化への努力が軽視されている、との問題意識に立ち、現実の都市圏への適用を精力的に行った。この際に、既存のネットワーク均衡分析の研究が、注意を最大限に払ってきたモデルの解の一意性を担保しつつ、実務で要求される現状再現性の向上を意図した拡張をおこない、モデルの特徴が生かした政策分析を行っている。大規模なネットワーク、複雑な利用者行動を対象としながら、論文を通じてアドホックな設定やヒューリスティックな解法の使用を一切排除してい

る。これらの分析の過程で開発したモデルは、現実の都市圏の交通需要予測・便益評価にも十分適用可能な、従来の四段階推定法に代替しうる有用性、実用性を兼ね備えたものであることを明らかにした。具体的に誘発交通を考慮した道路整備効果の推定、ロードプライシングの政策評価など、緊急な回答が必要とされている政策課題について、試算の域ではあるが、具体的な数値結果を示せた社会的意義は少なくないものとする。

8．2．今後の課題と展望

今後の課題のひとつは、4．で算出した誘発交通の値の妥当性の検証である。多時点のデータの利用、既存の交通需要弾力性の推定値との比較などのアプローチがある。計算アルゴリズム・パラメータ推定法にも改良の余地が残されている。

今後の研究展望としては、利用者の行動モデルの選択次元の一般化、GEV 型モデルへの展開、空間経済システム・モデルへの拡張、MPEC アプローチへの展開、モデルの動学化など、多方面に渡るであろう。

参考文献・関連文献

- 1) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏: 大規模都市圏への交通需要統合型ネットワーク均衡モデルの適用, 土木計画学研究・論文集, Vol. 19, no. 3, pp. 551-560, 2002. 9.
- 2) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏: 誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定, 土木学会論文集, No. 744/IV-61, pp. 123-137, 2003.10.
- 3) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏: Nested Logit型確率的利用者均衡条件下での最適混雑料金, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, no. 3, pp. 555-562, 2003.9.
- 4) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏: ロードプライシングの所得逆進性とその緩和策に関する研究, 都市計画論文集, No. 37, pp. 253-258, 2002.10.
- 5) 円山琢也, 原田昇: ネットワーク上での混雑を考慮した最適職住配置手法の構築とその実証研究, 都市計画論文集, No. 38-3, pp. 517-522, 2003.10.