

機関番号：13701

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20510133

研究課題名（和文） 混雑と規模の経済が混在する交通ネットワーク料金体系の最適化

研究課題名（英文） Optimization of Transport Network Pricing Policies in the Presence of both Congestion and Scale Economies

研究代表者

應 江黔 (YING JIANG QIAN)

岐阜大学・地域科学部・准教授

研究者番号：30242738

研究成果の概要（和文）：

交通システム全体の最適運用を実現するため、交通施設の規模の経済性の発揮と、交通混雑の抑制に働く料金体制が必要である。しかし、現代の交通システムは複雑なネットワーク構造になっているため、料金体系の最適な設計は容易ではない。本研究は、交通政策評価・交通計画の分野で実用化された交通ネットワーク均衡分析の手法に基づき、混雑と規模の経済が混在する都市交通システムの最適な料金体系を設計する計算手法を開発し、中京圏の交通システムを対象として実証研究を行った。

研究成果の概要（英文）：

In order to achieve the optimal use of a transportation system, it is important to have a pricing policy that can make full use of the economies of scale of the system, and suppress traffic congestion of the system. However, the complex network structure of modern transportation systems makes it difficult to design optimal pricing policies. Based on the traffic equilibrium model which is widely used in transportation policy evaluation and transportation planning, we have developed rigorous mathematical programming method with equilibrium constraints for the optimization of pricing policies for realistic transportation network systems which exhibit both economies of scale and congestion. The Nagoya metropolitan network with 10687 directed road links and 9371 railway links (including access links and copies of physical links corresponding to different speeds) was used as a model for our empirical study.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：社会システム工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学 ・ 社会システム工学・安全システム

キーワード：OR, 交通システム, 交通料金, 交通均衡モデル, 交通政策, 交通混雑, 規模の経済性, 最適化

1. 研究開始当初の背景

(1) 豊かで持続可能な社会システムを実現するには、効率的で環境負荷の少ない交通システムの構築と運用が不可欠である。システム全体の最適運用を実現するため、交通施設の規模の経済性の発揮と、交通混雑の抑制に働く料金体制が必要である。

鉄道は、一般的に固定投資が大きく、規模の経済性が強い。特に混んでいる場合を除き、補助金の交付による利用促進が望ましい。実際、欧米のほとんどの旅客鉄道は多額の補助金を受けて運営されている。日本では、経営の状態に則して、価格規制（上限規制）や、補助金給付などの政策が実施され、部分的には内部補助も行われてきたが、基本的には利用者負担の原則の下で、交通の平均費用が運賃として利用者に課されている。高速道路の通行料についても同様である。

一般道路及び欧米の多くの高速道路は、燃油税などによって、間接的に利用者が負担している。一方、都市中心部の道路に対して、自動車交通を抑制するため、ロンドンやシンガポールなどの都市では混雑課金を実施している。

(2) 規模の経済性の発揮と混雑抑制の極端な料金体系は、限界費用料金であり、理論上最も効率的な料金体系である。欧州では EU の成立に伴い、交通システム再構築の一環として、限界費用料金体系を提唱している（“European transport policy for 2010: time to decide”, *European Communities White Paper*, 2001）。しかし、限界費用料金は公平性と財政制約などを無視しており、実現し難い制度とされている。そのため、各種の交通コストを精密に測定し、限界費用料金を一つの参照

系として料金体系を評価することが提案されている（*Measuring the Marginal Social Cost of Transport*, C. Nash & B. Matthews eds., Elsevier, 2006）。しかし、具体的にどのように料金体系を設計すればよいかの手法は提示されていない。

(3) 交通料金設定の難しさの一つは、交通の複雑なネットワーク構造にある。交通需要と料金・ネットワーク構造が与えられたとき、交通システムの利用状況を表すネットワーク上の配分交通量（均衡解）を計算する交通ネットワーク均衡分析の数理解析手法が交通政策評価・交通計画の分野で開発されてきた。予め設定された料金政策案の評価については、交通均衡分析の手法が適用されている。

2. 研究の目的

本研究は、交通料金体系の設計自体の最適化を目指す。料金を政策変数として、交通システム全体の時間コスト、エネルギー消費などを考慮できる総合指標を最適化する数理計画問題として料金設計の問題を定式化する。

本研究は、交通ネットワーク均衡分析の手法に基づき、混雑と規模の経済が混在する都市交通システムの最適な料金体系を設計する計算手法を開発し、交通ネットワーク均衡の制約及び財政などの制約の下で、料金政策策定のための数理解析手法を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、各種統計データや資料などにより、鉄道交通システムの経済分析を行い、規模の経済性を反映できる鉄道交通のコスト関数を作成し、中京圏の実際

の交通ネットワークモデルを作成する。ネットワーク均衡制約下の数理的最適化手法を開発し、C言語によるプログラムを作成して、中京圏交通システムのような現実的な大規模のモデルに適用する。また、並列計算などの技法を用いて、市販のマルチコア・パーソナルコンピュータでも計算できるようプログラムを開発する。なお、現実の交通政策と制度を考察し、いろいろな制度的制約の下での最適な料金体系のあり方探り、設計手法を開発する。

4. 研究成果

(1) 鉄道統計年報、交通企業の資料などに基づき、鉄道交通システムの規模の経済性を表現できるコスト関数を作成した。このコスト関数と中京圏パーソントリップのデータなどに基づいて、混雑と規模の経済性を反映した一般的な交通ネットワークを作成し、経路選択と交通手段選択の二段階確率的利用者均衡モデルを作成した。作成したネットワークモデルは道路リンク数10687、鉄道リンク数9371（アクセスリンクを含む）からなる。

(2) 大規模交通ネットワーク確率的利用者均衡モデルに対する感度分析の手法を開発し、それに基づく最適化の実用的手法を開発した。その中で、交通ネットワーク均衡分析のorigin-based手法を取り入れ、プログラミングの高速化を図った。さらに、OpenMPによるプログラミングの並列計算手法を開発し、大規模ネットワークでの応用を可能にした。交通均衡モデルの感度分析の手法に基づく最適化は、本研究代表者を含め何人かの研究者によって以前から基礎原理が提示されたが、本研究で初めて大規模交通ネットワークに適用された。本研究のプログラムは8コアのCPUと16Gのメモリーを持つパーソナルコ

ンピュータで実装しており、本研究で開発した手法が現実的に利用可能であることを示した。

(3) 本研究は鉄道交通を対象に、日本及び欧米の現実の交通制度と料金体系について考察し、交通料金最適化との関連性を分析し、制度制約下の料金最適化の定式化を考察した。例えば、日本の都市交通の場合は、現実的には鉄道会社ごとの料金水準設定（補助金によって実現することを想定）が必要で、このような場合について最適化の定式化を行い、計算法を開発した。

(4) 中京圏の交通ネットワークシステムを実証対象とし、現行料金体制、理論的に効率性の最も高い限界費用課金、および最適化計算法によって設計される最適料金体系の比較分析を行った。道路ネットワークのみを対象とし、道路交通需要を固定とする場合、限界費用課金が中京圏全体に対する混雑の改善効果（走行時間の短縮）は限定的である。それに対して、道路と鉄道の交通需要が代替的である場合は、限界費用課金による道路から鉄道への需要シフトが道路の交通時間を改善できることが分かった。限界費用課金は道路に過大な課金を強いることがあり、最適化手法ではそれより低い料金水準を設定しても同程度の効果が得られることを示した。本研究の結果、限界費用課金の代わりに的手法として、交通計画で実用化された数理的最適化手法を発展させて、柔軟な交通料金体系設計の手法が提示できた。

しかし、料金政策による住宅立地などの変化や、鉄道へのアクセスコストの変化などは交通システム利用との相互作用の強い要素であるが、本研究は考慮できていない。これらの要素を考慮できる手法の開発を今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① J. Q. Ying: “Optimal Pricing Policy in Urban Transport Networks”, *運輸経済与物流評論 Vol.2* (北京交通大学経済管理学院、査読無、2011 年掲載確定)

[学会発表] (計 7 件)

① J. Q. Ying: “Optimization for Integrated Urban Housing and Transportation Policy Design”, *The 8th International Conference on Optimization: Techniques and Applications*, Shanghai, December 12, 2010.

② J. Q. Ying and Y. Y. Cai: “Optimal Pricing Policy in a Transport Network with both Scale Economies and Congestion- Case Study of Nagoya Metropolitan Area”, *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research*, CD-ROM No. E5-1087, Lisbon, July 13, 2010.

③ 應江黔: “都市交通ネットワークにおける最適課金”, *The 6th China-Japan Joint Conference of Transportation*, Shanghai, June 12, 2010.

④ J. Q. Ying and Y. Y. Cai: “Passenger Railway Pricing and Institutions”, *Proceedings of the International Conference on Engineering and Business Management*, Chengdu, p.1634-1637, March 27, 2010.

⑤ J. Q. Ying: “The making of Japan's railway

system: with a comparison with Britain”, *Proceedings of 2009 European Transport Conference*, Association for European Transport, Leeuwenhorst, October 5, 2009.

⑥ 宝金剛, 應江黔, 速水悟: “GIS に基づく大域構造と局部構造を結合した交通ネットワーク分析システムの開発”, *第1回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム*, 静岡県掛川市, 2009 年 3 月 9 日

⑦ J. G. Bao and J. Q. Ying: “Integrated Local/Global Traffic Network Analysis in a GIS Based System”, *3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control*, Dalian, June 19, 2008.

6. 研究組織

(1)研究代表者

應江黔 (YING JIANG QIAN)
岐阜大学・地域科学部・准教授
研究者番号 : 30242738

(3)連携研究者

安藤良輔 (ANDO RYOSUKE)
(財)豊田都市交通研究所・研究部・主幹研究員
研究者番号 : 70251121