

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K18165

研究課題名（和文）利用者の異質性を考慮した動的混雑料金施策の構築と評価

研究課題名（英文）Construction and Evaluation of Dynamic Congestion Charge Policy Considering Heterogeneity of Users

研究代表者

坂井 勝哉（Sakai, Katsuya）

神戸大学・工学研究科・工学研究科研究員

研究者番号：80774778

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：混雑課金による渋滞制御は、社会的費用を最小化できるが、貧困層から富裕層への所得移転が頻繁に発生する問題がある。したがって、本研究では、パレート改善を達成する動的混雑料金制度についてシンプルネットワークを用いた検討を行った。その結果、容量の小さい経路または自由流旅行時間の長い経路へ課金することにより、総社会費用の下げ幅は小さい一方、公平性が担保される傾向にあることがわかった。また、経路間で自由流旅行時間が一定の場合には、時間価値の高い群の人数割合と同じだけのボトルネック容量割合を課金することが、パレート改善を達成する条件下において、社会的費用を最小化できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、既存の出発時刻選択均衡と経路選択均衡モデルを基にして、パレート改善を達成できる混雑料金制度について分析を行った。パレート改善とは、制度導入前後を比較した時に、一人も損をせず、少なくとも一人が得をする状態の遷移を指す。パレート改善を達成できる混雑課金政策であれば、利得が減少して反対する人がいないため、スムーズに導入できるという利点がある。混雑税を道路ネットワークに課することにより、渋滞が緩和され、よりよい道路交通の実現に一歩前進する。

研究成果の概要（英文）：Congestion tax can minimize the total social costs, but it has the problem that income transfers from the poor to the rich often occur. Therefore, this research examined the dynamic congestion pricing which achieves Pareto improvement. Formulating the departure time choice and route choice equilibrium problem and solving it, we showed that charging a tax in a route with small capacity or with a long free-flow travel time does not reduce the total social cost much, but the equity tended to be secured. In the case the free-flow travel time between routes is constant, charging tax for a bottleneck capacity ratio equal to the ratio of the number of the rich people, who are with higher value of time, will minimize the total social cost under the constraint that Pareto improvement is achieved.

研究分野：交通経済学

キーワード：動的混雑料金 効率性と公平性 パレート改善 出発時刻選択均衡 経路選択均衡

1. 研究開始当初の背景

道路交通の混雑マネジメントとして、主に 3 つの手法、情報提供・数量規制・価格規制がある。予測精度の高い旅行時間が情報提供されれば、各々が旅行時間を短縮できるが、社会全体での総旅行時間は必ずしも最小化されるとは限らない。ランプメタリングなどの数量規制を適切に行えば総旅行時間を最小化できるものの、道路利用者の選択の自由を拘束し、便益の高い利用者が通行できるとは限らない。本研究で対象とする価格規制による混雑マネジメントは、適切な混雑料金を課金することにより、社会的費用最小化の観点から最も効率的な状態を達成できる。しかし、価格規制によるマネジメントは、料金抵抗の大きい貧困層に負担がかかる手法であり、制度設計次第では、貧困層から富裕層への所得移転が発生し得るという危険性がある。したがって、貧困層に負担のかからない、すなわち、パレート改善を達成する混雑料金制度を構築することは重要である。

2. 研究の目的

本研究は、動的混雑料金による道路混雑マネジメントに着目し、料金抵抗に異質性を持つ利用者を想定し、混雑料金制度導入の影響をより一般的に分析し、パレート改善の観点から混雑料金制度を構築することを目的とする。具体的には以下の 3 点である。

- (1) 利用者の異質性が出発時刻選択問題の均衡状態に与える数理的性質を整理：利用者の異質性を考慮した出発時刻選択問題を、異質性の種類毎に整理し、それが均衡状態に与える数理的特性を体系化する。その関係性に基づき、均衡状態の制約式と、その均衡条件と等価な最適化問題の記述方法について整理を行う
- (2) 経路間で異なる混雑料金が課金される問題にも対応できる解法を構築：ボトルネック容量に対して部分的に混雑料金を導入する場合の均衡状態を求めるために、経路間で料金が異なる状況下での出発時刻選択問題の均衡状態を定式化し、それと等価な最適化問題を作成し、均衡状態を記述する手法を構築する。経路別に問題を分割し、既存の手法を用いて最適化問題を定式化する。
- (3) 動的料金施策下での均衡状態を記述：(2)で得られた手法を用いて、混雑料金制度導入前後での均衡状態の比較を行い、各属性を持つ利用者の効用・費用の変化を調べ、混雑料金制度の影響について定性的に明らかにする。パレート改善が達成されることを条件として社会的総費用が最小化されるセカンドベストな混雑料金制度を提案する。

3. 研究の方法

- (1) 利用者の異質性がある場合の既存研究を体系的に整理し、出発時刻選択問題の基礎理論を研究した上で、出発時刻選択と経路選択の両方を含む均衡モデルを定式化し、等価な最適化問題を構築する。
- (2) (1)で構築された最適化問題を解き、混雑料金が均衡状態へ与える影響について分析する。特に、道路利用者の時間価値とスケジュールコストの異質性に着目し、定性的な分析を行う。
- (3) (2)の分析結果に基づき、パレート改善が達成できる制度を構築する。

4. 研究成果

(1) 均衡状態の定式化と定性的分析

利用者の異質性に着目し、混雑課金の影響を分析するために、1 起点 1 終点単一ボトルネックのネットワークにおける、出発時刻選択均衡問題を考えた。Arnott らの研究(引用文献)によると、最適な混雑料金は、時間価値の高い利用者(富裕層)の厚生を上げる一方、時間価値の低い利用者(貧困層)の厚生を下げる事が明らかとなっている。本研究では、この影響を緩和するために、ボトルネック容量の一部に marginal price 課金することを出発時刻選択と経路選択の両者を含む均衡問題を対象として、均衡条件および制約条件の定式化を行った。

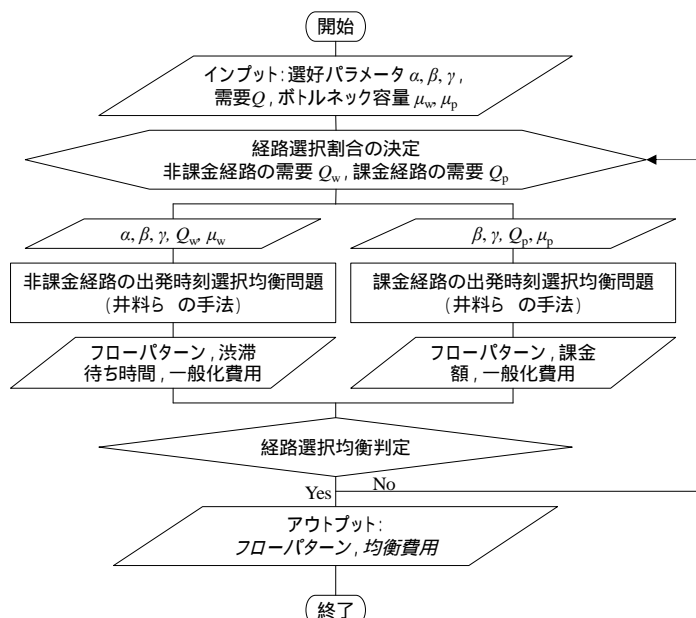


図 1 Marginal price 課金の経路を含むネットワークにおける出発時刻・経路選択均衡問題を解くアルゴリズム

(2) 解法の開発

出発時刻選択均衡問題を解くために有用な知見として、井料ら(引用文献)によって提案されたものがある。この解法は、時刻を離散化して出発時刻選択均衡問題を等価な最適化問題に置き換えることにより、数値解を求めることができるものである。ただし、この解法が適用できる範囲は、混雑料金パターンが所与である場合に限られる。

本研究では、課金対象の経路に marginal price を適用しているため、この解法を直接適用することはできない。したがって、出発時刻選択と経路選択の両方を含む問題を、各経路での出発時刻選択問題に分解し、事後的に経路選択均衡を確認する手順で解を求めるアルゴリズムを作成した(図1)。

(3) パレート改善を達成する課金制度の提案

開発したアルゴリズムを用いて、起終点間に1つのボトルネックが存在するネットワークにおいて、経路間で、自由流旅行時間が異なるケースへ拡張したモデルを構築し、以下のことが数値実験により示された。容量の大きい経路または自由流旅行時間の短い経路へ課金することにより、総社会費用を効率的に下げることができる一方、公平性が担保されない傾向にある。反対に、容量の小さい経路または自由流旅行時間の長い経路に課金することで、公平性を保つことができる傾向にあるが、総社会費用を効率的に下げることができない。

数値的な計算とは別に、解析的な分析も行った。1起点1終点単一ボトルネックのネットワークにおいて、時間価値とスケジュールコストの異質性について $2 \times 2 = 4$ 種類の利用者群の固定需要を想定し、ボトルネック容量のうち部分的に marginal pricing 課金を適用することを検討した。その結果、時間価値の高い群の人数割合と同じだけのボトルネック容量割合を課金することが、パレート改善を達成する条件下において、社会的費用を最小化できることが示された。

<引用文献>

Richard Arnott, Andre de Palma and Robin Lindsey, The Welfare Effects of Congestion Tolls with Heterogeneous Commuters, Journal of Transport Economics and Policy, 28(2), 139-161, 1994.

井料隆雅, 吉井稔雄, 朝倉康夫, 出発時刻選択問題の均衡状態に関する数理的分析, 土木学会論文集, 779(5), 105-118, 2005.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Katsuya Sakai, Ronghui Liu, Takahiko Kusakabe, Yasuo Asakura	4. 巻 11
2. 論文標題 Pareto-improving social optimal pricing schemes based on bottleneck permits for managing congestion at a merging section	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Sustainable Transportation	6. 最初と最後の頁 737 ~ 748
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/15568318.2017.1312646	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 坂井勝哉, 日下部貴彦, 朝倉康夫	4. 巻 72
2. 論文標題 ボトルネック通行権取引制度が利用者の効用に及ぼす影響とパレート改善 スケジュール制約と料金抵抗の異質性に着目して	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3(土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_607-I_616
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejipm.72.I_607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 坂井勝哉, 日下部貴彦
2. 発表標題 出発時刻選択均衡モデルを用いた観光施設周辺の交通混雑分析モデル
3. 学会等名 応用地域学会研究発表大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂井勝哉, 朝倉康夫
2. 発表標題 段階型課金の適用される車線割合が時間帯とともに変化する混雑課金制度 出発時刻選択均衡モデルによる分析
3. 学会等名 第55回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Katsuya SAKAI, Takahiko KUSAKABE, Yasuo ASAKURA
2. 発表標題 Effects of Partial Implementation of Tradable Bottleneck Permits Scheme on Departure Time Choice Equilibrium
3. 学会等名 6th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment (DTA) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考