

機関番号：17401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760402

研究課題名(和文) 複数日にわたるデポジット・返金制度を考慮した新たな混雑課金政策の分析技術の開発

研究課題名(英文) Modeling Novel Congestion Pricing Policy Considering Multi-day Deposit and Refunding Scheme

研究代表者

圓山 琢也 (MARUYAMA TAKUYA)

熊本大学・政策創造研究教育センター・准教授

研究者番号：20361529

研究成果の概要(和文)：都心部流入時課金の最適設計においては、課金レベルと課金区域の2つの考慮すべき要素がある。既存研究では、所与の課金区域に対して、課金レベルのみを最適化していることが多かった。本研究では、エリア課金の課金レベルと課金区域の同時最適化の計算法を新たに開発し、実都市圏に適用して、その実用性・有用性を明らかにした。このほか、ピーク・ロード・デポジットと呼んでいる複数日でのデポジット・返金制度を考慮した新たな混雑課金政策について、一週間単位での時空間パスを考慮したネットワーク均衡モデルを提案して、その政策の特性の基礎を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Toll level and charging boundary of road pricing policy must be determined carefully to obtain higher performance. However, most of existing studies considered only the optimal setting of toll level. This paper formulates the bi-level optimization model incorporating trip-chain-based user equilibrium model that can design not only optimal toll level but also the charging boundary of road pricing policy and develop its algorithm. We applied proposed model to real-world networks in Utsunomiya and Kumamoto, Japan and explored optimal toll level and boundary of area-based and cordon-based pricing. In addition, we developed weekly space-time-pass based network equilibrium model for analyzing a novel pricing policy which is named peak-load deposit system.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 2010年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 1,900,000 | 570,000 | 2,470,000 |

研究分野：交通政策分析，交通計画

科研費の分科・細目：土木計画学・交通工学

キーワード：ロード・プライシング，ネットワーク均衡モデル，交通需要マネジメント，二段階最適化問題，GA

1. 研究開始当初の背景

シンガポール，ロンドン，ストックホルムなどで導入されている混雑課金政策は，東京

都心部などへの導入も検討されるなど現実性の高い都市交通環境政策の有力な代替案のひとつとなっている。しかし，この政策は，利用者に新たな負担を強いることになるた

め、導入の受容性が低いという問題点があった。

研究代表者は、混雑課金政策の分析技術について、多数の研究成果を挙げてきたが、その実績と、最新の研究レビューを踏まえて、以下のような新たな混雑課金政策を提案している。

ピーク・ロード・デポジット制度:

ピーク時の料金値上げを実施するが、その値上げ分を利用者にデポジットとして付与し、そのデポジット額は、そのまま翌日以降のオフ・ピーク利用時の料金の割引に使用できるとする。

エリア型課金デポジット制度:

課金区域に流入する車両に、流入毎 (or 1 日単位) に課金を行う。ただし、その課金の全額または一部は、その車両 (もしくは個人に) デポジットされ、その額は、翌日以降、対象地域流入時の公共交通機関、P&R 駐車場の料金の一部に充当できる。

第一の制度は、既存の有料道路、ボトルネックを有する一般道路、あるいは混雑の激しい鉄道路線を想定して、提案されたものである。この制度は、利用可能時間を限定しながらも、料金値上げ分を利用者に完全に還元することで、受容性が高い課金施策を目指している。同時に、ピーク時利用者について、1 週間のうち数日のみをオフ・ピーク利用に転換してもらうことで、ピーク時の混雑緩和を目指す施策である。

第二の制度は、既存の駐車デポジット制度の考え方と一部類似するところがあるが、複数日での課金・返金の実行が最大の違いである。利用者の金銭負担増を限定しながら、都心部の混雑緩和を期待する施策である。また、この施策により、平日に都心へ車通勤している人が、週末家族と都心に公共交通機関で買い物に来るなど、都心活性化にもつながりうる。

これらの新たな施策の特徴や、その望ましい設定方向などについては未解明な部分が多く、施策の実用化のためには、それらを明らかにすることが求められる。

2. 研究の目的

研究の背景を踏まえて、主に以下を研究の目的とした。

- (1) 研究代表者が新しく提案した 2 つの課金・デポジット制度について、一週間単位の時空間ネットワーク均衡モデルを基礎とした、その分析手法の確立を行う。

- (2) ボトルネック・モデル、都市解析型/都市経済モデル、Day to Day モデル、ポテンシャル・ゲーム理論など、申請者が得意とするネットワーク・モデル以外の分析手法による、新しい課金・デポジット制度の分析手法の検討を行う。

- (3) これら課金・デポジット制度の分析手法を実都市圏・実都市高速道路へ適用し、モデル分析から明らかにできる範囲での新制度の特徴・課題整理を行う。具体的には、最適課金・返金レベル、デポジットの有効期限の設定、課金領域・リンクの最適設定、公平性への影響などである。

3. 研究の方法

- (1) 関連の最新の研究レビューを行い、分析手法の最近の開発動向を把握する。

- (2) 新たな混雑課金政策を評価するための一週間単位の時空間ネットワーク均衡モデルを構築する。

- (3) 上記で構築したモデルを単純ネットワークに適用し、新たな混雑課金政策の特性を探る。

- (4) 研究代表者が開発済の既存のトリップ・チェーン型ネットワーク均衡モデルを用いて、次善の混雑課金の最適設計 (課金領域と課金)を行うモデルとアルゴリズムの構築を行う。

- (5) モデルを現実都市圏に適用し、さまざまな次善の混雑課金政策の特性を明らかにする。

4. 研究成果

- (1) 本研究の基礎となる混雑課金政策に関する分析技術の最新の研究動向をレビュー論文として取りまとめた (発表雑誌論文②)。次善課金の分類整理・課金収入の返金法に着目した新政策について重点的に紹介し、今後の研究展望も試みている。海外の最新の幅広い研究動向を国内誌に紹介することと、研究代表者が最近取り組んできた研究を含めて一連の混雑課金政策研究の整理・体系化を行ったことに、特に意義があったと考えられる。

- (2) 現実的な次善課金には、流入時コードン、流出時コードン、エリア課金、上限付コードン、到着地別デポジット付課金など、さまざまな種類がありうることを指摘し、それらの特徴の違いを、研究代表者らが既存研究で構築しているモデルを改良して分析した。最適課金レベル、最適課金時の収入などに違い

が生じることを現実都市圏を対象に実証的に明らかにした。国際会議で全文審査付きの論文として発表している (学会発表⑥)。

(3) 複数日でのポジット・返金制度を考慮した新たな混雑課金政策のうち、ピーク・ロード・デポジット(PLD)を評価できる、一週間単位での時空間バスを考慮したネットワーク均衡モデルを提案して、単純なネットワークに適用し、その政策の特性の基礎を明らかにした (学会発表③)。具体的には、利用者の時間価値とスケジュール・ディレイの異質性を考慮したモデルを構築した分析を行ったところ、通常の混雑課金では、特に時間価値の低い利用者の負担が増加するところ、PLDを適切に設計することで、関係者全員の効用を増加させるパレート改善型の結果も生み出せることも確認した。

このパレート改善は、設定した各種パラメータの仮定等に依存した一例に過ぎない。他のパラメータ設定でもパレート改善が実現しうるのか、またパレート改善が実現するという制約下でより効率的な課金スキームの設定はありうるのかなどの研究が今後求められる。

(4) 都心部流入時課金の最適設計においては、課金レベルと課金区域の2つの考慮すべき要素があるが、既存研究では、所与の課金区域に対して、課金レベルのみを最適化していることが多かった。本研究では、エリア課金の課金レベルと課金区域の同時最適化の計算法を新たに開発し、実都市圏(宇都宮・熊本)に適用して、その実用性・有用性を明らかにした。この計算法の開発・適用により、エリア課金とコードン課金の違いについて、新たな知見が得られており、実政策上の有用性も高い。具体的には、最適エリア課金領域と最適コードン課金領域の形状は大幅に異なり、その最適値において、社会的余剰値は、コードン課金のほうが高いこと、領域の形状・大きさの変化に対する安定性はエリア課金のほうが高いことなどである。

この成果は、国際会議雑誌論文①、学会発表①、②、⑤及び学術雑誌に投稿中の論文で詳しく報告しているが、エリア課金の領域の最適化の計算法を行い、現実都市圏において、コードン課金の最適領域との比較を行い、興味深い知見を得ており、世界的にも先端の研究成果といえる。

方法論の細部の紹介は、上記論文にゆずり、ここでは、比較的分かりやすい実都市圏での適用結果を示す。

図1、2には宇都宮都市圏において最適エリア・コードン課金を計算した結果を示す。図の赤色のリンクは無課金時と比較して交

通量が増加していることを表し、青色のリンクはその逆を示している。図-1は、エリア課金の最適化モデルの実行によって得られた結果の一つである。灰色の部分で塗りつぶされた部分が最適エリア課金領域である。課金リンク数は149、最適課金レベルは250円である。課金領域の内側では、ほぼ全てのリンクで交通量の減少が生じている。課金領域に入らない南西部の環状道路においては交通量が増加する部分も見られ、迂回路を残す形で最適領域が決定されたことが確認できる。その他の外周部においては特に目立った傾向は見られない。

最適時の社会的余剰は約 1.3785×10^9 円まで向上した。一方、Maruyama and Sumalee(2007)において、人の手によって設定されたエリア課金領域における社会的余剰は約 1.3780×10^9 円であった。無課金時の値は約 1.3770×10^9 円であるので、課金による社会的余剰の向上値はそれぞれ約150万円と約100万円であり、最適化されたエリア課金により50%程の改善が行われている。

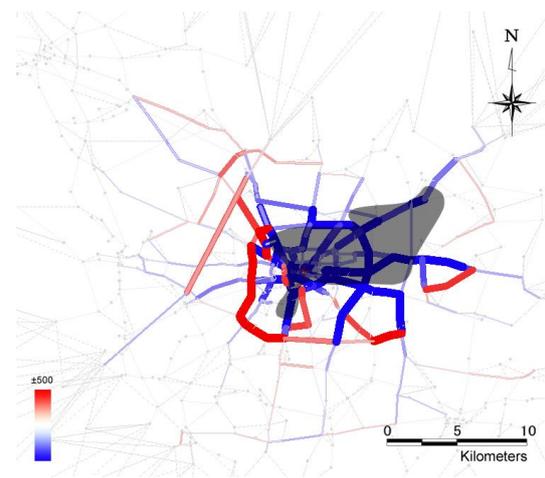


図-1 エリア課金の最適解の1つ(宇都宮)

流入時コードン課金領域とレベルの最適化を行った結果のひとつを図-2に示す。コードン内のリンク数は110、最適課金レベルは100円である。課金後のリンク交通量は、エリア課金とは異なり、コードン内部で増加する部分を確認できる。これは、課金対象外となるコードン内々の移動が混雑緩和によって増加していることを、需要変動型の今回のモデルで表現できているためと考えられる。コードンラインを横切る道路の交通量は、ほとんどの道路において減少している。

最適解の社会的余剰は約 1.3792×10^9 円まで向上し、エリア課金より高い値となった。Maruyama and Sumalee(2007)において、人の手によって設定されたコードン課金領域に

よる余剰の最適値は、約 1.3780×10^9 円であり、最適化によって 120%程の改善がされた。

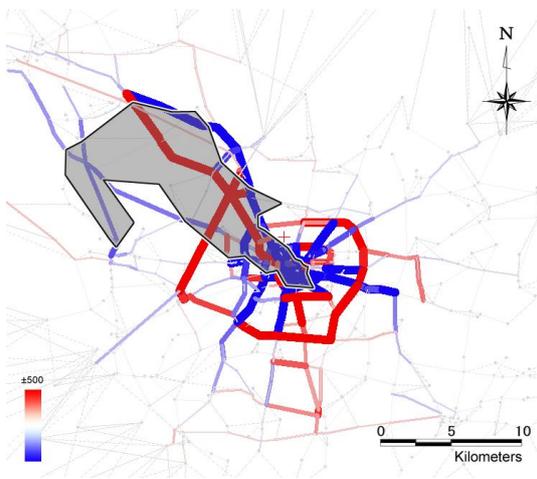


図-2 流入時コードン課金の最適解の1つ (宇都宮)

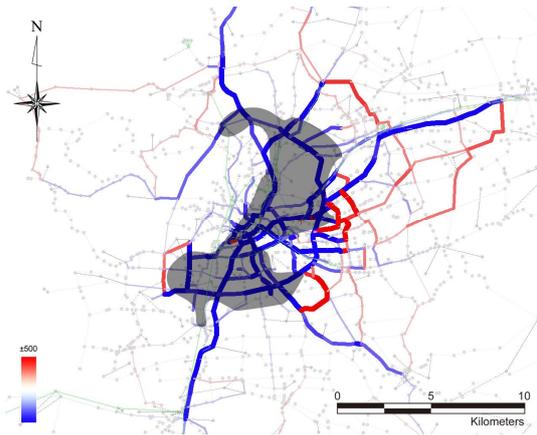


図-3 エリア課金の最適解の1つ (熊本)

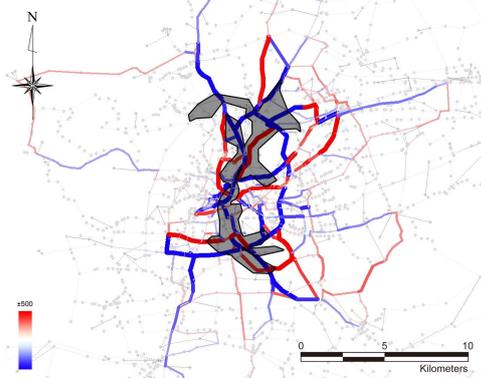


図-4 コードン課金の最適解の1つ (熊本)

熊本都市圏ネットワークでの結果を図-3、図-4 に示す。最適化したエリア課金領域 (図-3) の内側のほぼ全てのリンクで交通量の減少が生じており、宇都宮と同様の傾向が確認できる。一方、その周辺で迂回路として顕著に交通量が増加したリンクは見られない。また、都市中心部を横断する国道3号と、県北東部を結ぶバイパスの交通量が減少しており、全体的に交通量の減少が生じている。最適課金レベルは 100 円となっている。

図-4 は最適化モデルの実行によって得られた最適コードンである。コードンの形状は、中心市街地を横断する国道3号と南方へ延びるバイパスに沿った細長い形状になっており、最適エリア形状とは大きく異なる。最適課金レベルは 25 円となっており、エリア課金のそれよりも低い。

・ 2都市への適用結果からの考察

2都市の適用結果を比較した場合、宇都宮では最適コードン課金が最適エリア課金よりも社会的余剰は高いが、熊本では逆となっている。最適課金領域の大きさについてのエリアとコードンの比較についても宇都宮と熊本では逆の関係であり、これらの点についての一般的/普遍的な関係は導けないと思われる。

一方、最適エリア課金レベルが最適コードン課金レベルよりも高い点や、課金領域の形状や大きさの変化に対して、エリア課金よりもコードン課金が敏感に反応する点は、2都市で共通している。エリア課金は、一日一回のみ課金されるのに対して、コードン課金は、何度も課金されることを考慮すると、これらの結果は納得できるものであり、この点は、比較的一般的に当てはまりうる課金方式別の特性といえよう。

なお、今回得られた最適領域の形状は、特にコードン課金において、多少いびつな形状をしている。人の手では、このような形状を設定することは想定しにくい。したがって、今回構築したモデルにより、人手による設定では得難い高い効果をもたらす課金領域とレベルを、少なくともモデル上では設定できるとみなせる。別の見方では、今回のようないびつな形状の領域設定は、利用者理解されにくく課金の受容性が低まるなどの指摘もできよう。この点について、本モデルの枠組みで対応するのであれば、課金領域の形状を例えば凸領域形状とする制約条件を追加すればよい。いずれにしても、本研究で構築したモデルを発展・活用することで、実務的にも有用な分析が可能といえよう。

また、本稿に掲載した分析以外にも、価格弾力性パラメータを変化させた場合の感度分析、トリップ・チェーン・パターンを現行のものから系統的に変化させた場合の比較

分析なども行っている。しかし、それらの条件変化と最適解との明解な関係は確認できていない。これは今回の問題で、最適解に近い局所解が多く存在していることに起因すると思われ、今後、感度分析の枠組みを変更するなどの工夫をしたうえで、追加の分析・考察を行いたい。

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2件)

① Takuya Maruyama, Ryota Takaki, Agachai Sumalee and Shoshi Mizokami: The optimal area-based network congestion pricing problem: Determining optimal toll level and charging boundary, Selected Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research Society, paper ID - 02101, 2010. 査読有り

② 円山 琢也: 都市域における混雑課金の政策分析: レビューと展望, 土木計画学研究・論文集, Vol.26(1), pp.15-32, 2009, 査読なし招待論文

[学会発表] (計7件)

① Takuya Maruyama, Ryota Takaki and Shoshi Mizokami: Designing Advanced Second-best Pricing Schemes with Genetic Algorithm, Computers in Urban Planning and Urban Management 2011 Conference, 2011.07.05-08, Fairmont Chateau Lake Louise, Lake Louise, カナダ.

② 円山琢也, 高木良太, 溝上章志: 発展的次善課金政策の設計モデル, 第43回土木計画学研究発表会・講演集, 2011.05.29, 筑波大学 (茨城県).

③ 円山琢也: ピーク・ロード・デポジット制度の設計モデル, 第24回応用地域学会・研究発表大会, 2010.10.4, 名古屋大学 (愛知県).

④ Takuya Maruyama, Ryota Takaki, Agachai Sumalee and Shoshi Mizokami: Comparison of Optimal Area and Cordon Road Pricing Scheme: Methodology and Policy Implications, Innovations in Pricing of Transportation Systems Conference & Workshop, 2010.5.13, Royal Plaza, Florida, USA

⑤ 高木良太, 円山琢也, 溝上章志: エリア課金の最適設計問題: 課金領域・レベルの決定アルゴリズムの構築, 第41回土木計画学研究発表会, 2010.6.6, 名古屋工業大学 (愛知県).

⑥ Takuya Maruyama, Agachai Sumalee, Shoshi Mizokami and Ryuji Kakimoto: A modeling framework for evaluating road pricing schemes with daily price-cap and destination credit, TRB 89th Annual Meeting, 2010.01.10~14, Hilton Washington Hotel, Washington D.C., USA 全文査読有り

⑦ 円山琢也: 都市構造と次善混雑課金, 第39回土木計画学研究発表会, 2009.6.13~14, 徳島大学 (徳島県).

[その他]

ホームページ等

<http://www.cps.kumamoto-u.ac.jp/center/maru/maru.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

円山 琢也 (MARUYAMA TAKUYA)

熊本大学・政策創造研究教育センター・准教授

研究者番号: 20361529