

事前予約制ロードプライシングにおける キャンセルを考慮した料金決定方法の検討

吉田 茉菜^{†1,a)} 川上 朋也^{†1} 柴田 直樹^{†1} 伊藤 実^{†1}

概要：日本の高速道路において交通渋滞は、多額の社会損失を生む重大な問題である。高速道路における渋滞は、料金を支払って早く目的地にたどり着けるという、高速道路本来の価値を失わせる主な要因である。そのため、交通渋滞を減らすためのさまざまな取り組みが研究されてきた。その中の一つが高速道路のリアルタイムロードプライシングである。特に、日本では高速道路を利用する際に ETC を使用する利用者が多いため、将来的にはリアルタイムでのロードプライシングが可能であるといえる。リアルタイムロードプライシングに使用する効率的な料金決定手法が必要である。そこで本提案では高速道路におけるキャンセルを考慮した事前予約制を用いた料金決定方法を検討する。

キーワード： 道路の予約制 ロードプライシング キャンセル

1. はじめに

現代の日本において、道路の渋滞による経済的損失は深刻な問題である。渋滞による経済的損失は、年間38.1億人時間 [1]、貨幣換算すると約12兆円にのぼる。この問題を解決するためには、道路交通量を道路容量以下にコントロールする必要がある。道路交通量をコントロールする取り組みを交通需要マネジメント (TDM) という。本研究では TDM のひとつであるロードプライシング (RP) を扱う。

RP とは、特定の道路や地域、時間帯における自動車利用者に対して、課金をすることで道路交通量をコントロールし、渋滞の発生を抑制することである。実例として、シンガポールの RP やスウェーデンの混雑税、アメリカの HOT・HOV レーン [2] があげられる。シンガポールの RP は、道路料金自動徴収制度 (ERP) を使用している。料金の徴収には、IC カードを用いる。日本の ETC カードとは異なり、シンガポールの IC カードは、前払い制であらかじめチャージしておく必要がある。シンガポールの RP の場合、カンドリーというゲートが都市部に入る道路に設置しており、カンドリーの下を車が通ると、車載機に差し込まれた IC カードから料金が自動的に引かれる。料金に関しては、車種、時間別に決められており、料金の設定は3

か月ごとに改定され、ニュース等で国民に伝える。このようなシンガポールの RP をはじめ、実用化された RP はリアルタイムな道路状況を料金設定に反映しているわけではなく、料金があらかじめ決められている。

一方、近年ではリアルタイムの道路状況に応じて道路料金を変動させるダイナミックロードプライシング (DRP) に関する研究が多く行われている。DRP はリアルタイムで料金を更新する方法であり、従来の RP よりも効率的に道路交通量をコントロールできるという利点がある。DRP の実用化は情報通信技術を用いることにより可能であると考えられる。特に日本の高速道路の ETC 利用率は、89.7% [3] にのぼることから、本提案の料金の徴収には ETC を用いる。

本研究では、あらかじめ利用者の需要分布に関する情報を得られている場合における、予約制を用いた高速道路料金の最適な決定手法を提案する。

2. 関連研究

本章では様々なサービスにおける予約システムの関連研究についてまとめる。また、本研究の位置づけについてまとめる。

2.1 一般的なサービス市場の予約システム

交通サービスに予約が必要な代表的な例として航空券がある。航空サービス市場をはじめとした様々な予約を伴うサービス市場に関する研究 [4] が行われてきた。予約を伴う交通サービス市場の研究において重要なことは、サービ

^{†1} 現在、奈良先端科学技術大学院大学
Presently with Graduate School of Science and Technology,
Nara Institute of Science and Technology

a) yoshida.mana.yg1 @ is.naist.jp

スの利用予約した利用者に課す料金の設定方法にある。

松島らの研究 [5] では、利用者の行動のみに焦点をあて、利用者がキャンセルすることを考慮した予約行動のモデル化が行われている。この研究では、キャンセルによって需要に不確実性が生じることを示している。

北野らの研究 [6] では、事前割引システムと事後割引システムという二つの異なるシステムを用いた料金決定方法の比較を行っている。事前割引システムとは、家計がサービスを利用する時点よりも前に対価を支払うシステムである。一方、事後割引システムは事前に割引料金メニューが示され、家計はそれを参考にして行動し、その行動に応じて事後に料金支払い額を決定するシステムである。北野らはそれらの二つの割引料金システムが導入された後の経済効果について分析している。しかし、北野らは事前・事後割引料金システムの両方について家計がキャンセルした場合にキャンセル料をとることは想定していない。

菱田らの研究 [7] では、事前割引のみを対象とし、独占的なサービス市場における事前割引料金システムの経済効果を分析している。菱田らの研究で扱う事前割引料金システムは、時間軸上に異なる料金を設定する。よって、サービスの利用権利は利用者に早いもの勝ちルールを用いて割り当てられる。さらに利用者を二つのタイプに分けたモデルを使用することで利用者の異質性も考慮している。しかし、菱田らは北野らと同様に、利用者がサービスの利用をキャンセルした場合にキャンセル料をとることについては想定していない。

2.1.1 道路の予約システム

Praveen らの研究 [8] では、Teodorovic ら [9] が提案した Highway Space Inventory Control System(HSICS) を扱った論文である。Praveen らの研究の中で、予約と割引を伴うシステムが有効であるサービスの特性は以下の8つの特性をもつと述べている。1) 時間で需要が変動する、2) サービスが変化する、3) 限られた資産を伴う、4) 市場セグメンテーション、5) 新たな容量もしくは能力を与えるのが困難である、6) 利用者一人当たりのコストは全体のコストに比べるととても小さい、7) 事前にサービスを売ることができる、8) 価値が下がりやすいサービスである。よって、様々なサービス市場において研究が進められている予約システムを道路の料金決定に用いることは有効である。

道路の予約システムに関する研究は、赤羽らによる研究 [10] がある。この研究では、交通量が道路容量を超えると予測される時間帯にピーク料金を設定し、利用者はピーク時間帯を避けて予約する場合、割引を受けることができる。しかし、この研究ではピーク時の割引増し率や予約による割引率はあらかじめ決めた値を使用しており、現在の道路状況を反映した料金設定にはなっていない。

また、我々の研究グループでは川上らに [11] よってもと

より、ロードプライシングにおける需要分布に基づく料金決定手法の研究を行ってきた。しかし、今までの研究では事前予約制は用いてなく、リアルタイムに料金設定を行うダイナミックロードプライシングである。

2.2 本研究の位置づけ

Praveen らの研究でも明らかのように、道路料金の決定手法に航空券等のサービスで得られた予約と予約に伴う割引を用いたシステムの導入は有効である。よって、本提案では高速道路の利用に予約システムを使用する。その際に、高速道路利用券を事前に予約した利用者に対して菱田らの研究と同様に早い者勝ちのルールで割り当てる。しかし、これまでの研究では様々なサービスの予約をキャンセルすることによる需要変動は考慮されていたが、キャンセル料金を課してはいない。そのため、本提案では利用予約をキャンセルする場合も考慮して、キャンセルする利用者に対してキャンセル料を課す。また、道路を利用する際に利用者は事前に予約し、最終的な料金は利用後に決定され実際の道路状況に応じて決定する方法を検討する。

3. 提案手法

3.1 想定環境

本研究では、あらかじめ道路管理者は各時刻、各地点から出発する利用者の需要分布に関する情報を把握していると仮定する。また、対象高速道路モデル内における各リンクの道路容量はあらかじめ決められているとする。本研究では以上の仮定のもと、各リンクの交通量を交通容量以下にするという制約を用いて道路管理者の収益を最大にするような道路利用料金を設定する。

3.2 アイデア

本研究では、利用者の需要分布に関する情報を入力し道路管理者の収益を最大化するような目的関数を用いて最適な道路料金を決定する。その最適な道路料金は予約する時刻ごとに異なることを想定し、具体的には早く予約した利用者は直前に予約した利用者より安く高速道路を利用できるものとする。さらに利用者が高速道路の利用をキャンセルする場合に関しても考慮する。しかし、キャンセル料金の変動が利用者の行動に影響を与えないようにするため、キャンセル料金時間によらずは一定であるとする。

4. まとめ

本研究では、高速道路の予約制を用い早く予約する利用者に対して割引を行うことで利用者に効率的にサービスを割り当てることを検討する。提案手法は高速道路の渋滞の減少と、高速道路管理者の収益が増加することを可能とする。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 16K01288,16K12421,16K16059 および公益財団法人放送文化基金の助成による成果である。

参考文献

- [1] 国土交通省道路局. 渋滞の現状と施策体系. (2018年8月8日閲覧). <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tadm/top03-01-01.html>.
- [2] 国土交通省. 諸外国における高速道路料金の動向. (2018年8月8日閲覧). <http://www.mlit.go.jp/common/000163956.pdf>.
- [3] 国土交通省. ETCの利用状況(速報). (2018年8月8日閲覧). <http://www.mlit.go.jp/road/yuryo/riyou.pdf>.
- [4] Peter P Belobaba. Survey paper—airline yield management an overview of seat inventory control. *Transportation science*, Vol.21,No.2,pp.63–73, 1987.
- [5] 松島格也, 小林潔司, 小路剛志. 不確実性下における家計のサービス予約行動. *土木計画学研究・論文集*, Vol.17,pp.655–666, 2000.
- [6] 北野喜正, 西田純二, 小林潔司, 松島格也. 事前・事後割引料金システムの経済評価. *土木学会論文集 D*, Vol.62,No.4,pp.638–656, 2006.
- [7] 小林潔司, 菱田憲輔, 松島格也. 事前割引料金システムの経済便益評価. *土木学会論文集 D*, Vol.65,No.3,pp.413–431, 2009.
- [8] Praveen Edara and Dušan Teodorović. Model of an advance-booking system for highway trips. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.16,No.1,pp.36–53, 2008.
- [9] Dusan Teodorovic, Praveen Edara and Charles E Via. Highway space inventory control system. In *Transportation and Traffic Theory. Flow, Dynamics and Human Interaction. 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory* University of Maryland, College Park, 2005.
- [10] Hirokazu Akahane and Masao Kuwahara. A basic study on trip reservation systems for recreational trips on motorways. *Proc. 3rd World Congr. Intelligent Transportation Systems*, pages 1–7, 1996.
- [11] 川上朋也, 増田健一, 柴田直樹, 伊藤実. ロードプライシングにおける需要分布に基づく料金決定手法の提案. *分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集*, Vol.,pp.934–940, 2017.