慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	個人の混雑予測と実際の混雑現象 : 限定合理的な個人予測
Sub Title	Congestion and prediction: boundedly rational decision maker
Author	増田, 靖(Masuda, Yasushi)
Publisher	
Publication year	2012
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2011.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では, 顧客が混雑状況に対応する状況の下で, 混雑を制御するための管理手法の開発を行った. より具体的には, 顧客の混雑回避行動の均衡モデルを構築し, 課金と優先度の2つの手段が, その顧客行動の均衡にどのような影響を与えるかを分析した. 主たる成果は以下の2つである. 第1は, セカンドベスト課金の経済的な意味を明らかにした. 第2は, 顧客が一様であっても(緊急性のある顧客はいない場合でも), 優先度付与がネットワーク型サービスシステムの混雑制御の方法として有効であることを示した. 本研究は, 混雑制御に新たな視点と手法を与えた.
Notes	研究種目 : 基盤研究(C) 研究期間 : 2009～2011 課題番号 : 21510157 研究分野 : 複合新領域 科研費の分科・細目 : 社会・安全システム科学/社会システム工学・安全システム
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_21510157seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様式Ｃ－１９

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成２４年３月３１日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究（Ｃ）
研究期間：2009～2011
課題番号：２１５１０１５７
研究課題名（和文）　個人の混雑予測と実際の混雑現象－限定合理的な個人予測

研究課題名（英文）　Congestion and prediction: boundedly rational decision maker

研究代表者
増田 靖（MASUDA　YASUSHI）
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：10286643

研究成果の概要（和文）：本研究では，顧客が混雑状況に対応する状況の下で，混雑を制御するための管理手法の開発を行った.より具体的には,顧客の混雑回避行動の均衡モデルを構築し，課金と優先度の 2 つの手段が，その顧客行動の均衡にどのような影響を与えるかを分析した.主たる成果は以下の２つである.第１は,セカンドベスト課金の経済的な意味を明らかにした.第 2 は，顧客が一様であっても（緊急性のある顧客はいない場合でも），優先度付与がネットワーク型サービスシステムの混雑制御の方法として有効であることを示した．本研究は，混雑制御に新たな視点と手法を与えた.

研究成果の概要（英文）：This research develops methods to mitigate a congestion problem when the customer behavior depends dynamically on the congestion level. To be more specific, we first construct an equilibrium model of the behavior of customers trying to avoid the congestion. We then analyze how congestion pricing and priority assignment, two methods of congestion control, influence the customers' equilibrium behavior. There are two main results. First, we provide a clear interpretation of the second-best congestion pricing. Second, we show that, even if customers are homogeneous (i.e., there is no urgent customer), the priority assignment is an effective method of congestion control of network-based service systems. These results provide a new insight into and a means for congestion control.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総　計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：複合新領域
科研費の分科・細目：社会・安全システム科学／社会システム工学・安全システム
キーワード：混雑課金，限定合理性，ネットワーク，経営科学

１．研究開始当初の背景

ラッシュアワー時の大都市道路網からも解るように，混雑によって生じる待ち時間は大きな経済的な損失である．混雑現象の数理的解析では，多くの場合，顧客行動が外生変数として工学的に記述されている．たとえば，顧客行動は，ある決まった到着率，または時間に依存して変化する到着率，または到着間

隔の分布として与えられる．与えられた外生変数のもとでの混雑状況の数理的分析手法は進んでおり，大変有用である．しかし，このような分析では，顧客が状況に応じて混雑を回避することを想定していない．本研究では，顧客が混雑状況に対応する状況の下で，混雑を制御するための管理手法を研究する．

２．研究の目的

本研究の目的は，以下の２点でまとめられる．

(1) 混雑制御のためのセカンドベスト課金：

顧客は混雑状況と課金に反応して，最適経路を選択する．理想的な状況のもとで混雑課金を課すと，社会的に最適な交通流を達成でき，またこの最適課金の経済的意味は良く知られている．現実的な制約のもとでの最適課金方式は，セカンドベスト課金と呼ばれている．セカンドベスト課金の算出方法の研究が進んでいるが，その経済的意味については知られていない．本研究では，セカンドベスト課金を理論的に解析し，その経済的意味を明確に示す．さらに，理論結果からだけでは洞察できない点に関しては，数値的分析により理解を深めることを目的とする．

(2) 混雑制御のための優先権付与

緊急性があるタスクや重要なタスクに対して優先度を付与して，処理を速くすれば，システム全体の効率が上がる．R. Hassin (1985)は，顧客のタスクが一様であったとしても，つまり緊急性のあるタスクがまったくなくても，優先権を付与することによりシステム全体の効率が上がる可能性を示した．本研究は，ネットワーク型サービスシステムにおいても，この考えを適用することにより，サービスシステム全体の効率を上げることができることを理論的に示す．

３．研究の方法

2009 年度は２点の研究目的のうちの(1)に着手し，ネットワーク型サービスシステムの混雑制御のための課金モデルをベースに，セカンドベスト課金のモデルを構築し理論的結果を積み上げた．それとともに数値実験を始めた．

2010 年度は，(1)のモデルをさらに精緻化し，分析結果が意味するところを明らかにするための数値実験をまとめ，(1)の研究結果を国内・国際会議で発表し，国内外の研究者と意見交換を行い，論文としても発表した．(2)の研究のために，混雑均衡のモデルに数理経済学の手法を取り入れたモデルを構築して，モデル分析を行った．

2011 年度は，R. Hassin (1985)とそれに続く理論研究が (2)の研究と関係していることが判明し，新しい視点が得られたので，その方向での分析を行った．さらに，(2)の分析の実務的応用と数値実験を目指して研究を進めた．

４．研究成果

本研究で得られた研究成果は以下の通りである．

(1)混雑制御のためのセカンドベスト課金：

経済学における外部性の考えを取り入れて，混雑を課金により制御しようという考えに基づく研究が混雑課金という名の下で進んでいる．すべての道路セグメントを独立に課金することができれば，均衡交通流を社会的に最適なものに導くことができることが知られている．また，この最適混雑課金には，経済的に解りやすい解釈ができることも解っている．しかし，現実には，課金できる道路は高速道路等に限られており，この理論を適用することはできない．現実の制約のもとでの最適解（セカンドベストな解）の定式化と数値解法は研究されているが，セカンドベストな課金の経済的な解釈が明確に述べられたことはない．

雑誌論文③は，まず，セカンドベスト課金を理論的に分析することにより，セカンドベスト課金が満たすべき簡潔な理論式を導いた．その理論式をもとに，セカンドベスト課金の経済的な意味を明らかにした．ファーストベスト課金の場合には，最適混雑課金は，迷惑税となっている．セカンドベスト課金の場合にも，制約条件の下での迷惑税になっているはずという直観だけは既存の研究で述べられているが，具体的にどうしてそのようになっているかは明らかにされたことはなかった．それは，セカンドベスト課金の定式化が煩雑で，セカンドベスト課金が満たすべき式が簡潔に与えられていなかったからである．本研究ではその点を解決した．セカンドベストの混雑課金を理解するために，特定の経路に対して、以下のような均衡流量の変化を引き起こすための，各料金所での課金の変化を考える．

(a) その経路上のすべての料金所で交通量が 1 単位増える．
(b) その他の料金所では，流量変化が起こらない．
(c) 料金所での課金の変化の影響で，料金所がない道路でさまざまな交通量変化が起こる．

経路のセカンドベストな課金は，(a)と(c)の交通量変化に対応する迷惑税となることを数学的に示した．さらに，この分析を古典的

な例に適用して，数値的に意味を示した．

ここまでの分析は，時間の機会費用が一様という前提に基づいているが，例えば，大型貨物車と小型車では，遅れの機会費用に差がある．そこで，上記の分析を時間の機会費用が一様でない場合に理論的に拡張した．この場合には，車両のタイプに依存して混雑課金を課すことができる．実際に，有料道路では，車両のタイプによって料金が異なるが，これは混雑制御のために異なるわけではない．混雑制御のための方法として，タイプ依存の課金方式とタイプ非依存の課金方式を数値的に比較した．タイプ依存の課金方式の方が，タイプ非依存の課金方式よりも，社会的な意味で高い効率を上げるが，その差は小さいものであることを数値的に示した．

(2) 混雑制御のための優先権付与：

ネットワーク型サービスシステムにおいて，顧客の混雑回避行動をモデル化し，優先度付与を混雑制御のために活用する方法を開発した．ここで，ネットワーク型サービスシステムとは，テーマパークのように，顧客が多数の施設を勝手にまわるサービスシステムをいう．

優先度を使って，システム全体の効率を上げる方法として，$c\mu$ ルールが広く知られている．このルールは，時間の機会費用が一様でなく，また処理にかかる時間も一様でない場合に適用できる．具体的には，システム運用の効率を上げるためには，時間の機会費用が高い（つまり緊急度の高い）顧客と，処理時間が短い顧客を優先すべきであるが，これを，数学的に厳密に述べたのもが $c\mu$ ルールである．

学会発表⑤では，顧客が一様という状況のもとであっても，優先度を付与することにより，ネットワーク型サービスシステムの運用効率を上げることができることを理論的・数値的に示した．本研究は，テーマパークの問題として記述されているが，その他の場合，例えば，複数の施設で公共サービスを提供する際に混雑を緩和する方法として応用ができる．なお，本発表は，優先度付与を混雑制御の方法として開発する研究の初期段階の報告として発表されたものであり，本研究を拡張・精緻化する研究が 2012 年度に継続して行われている．

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 4 件）

① 増田靖，イールドマネジメント，サービスイノベーションへの数理的アプローチ小特集，電子情報通信学会誌，Vol.94, No.9, 773-777 (2011)（査読無）．

② Miki, H., D. Cao and Y. Masuda, Stochastic Comparisons in Revenue Management under a Discrete Choice Model of Consumer Behavior, Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 53 (3), pp.207-219 (2010)（査読有）．

③ Kido, T. and Y. Masuda, Second-best Congestion Pricing and User Heterogeneity in Static Transportation Networks, with T. Kido, Journal of Operations Research Society of Japan, Vol. 53 (2), pp.157-171 (2010)（査読有）．

④ 増田靖，Management Science の近年の動向とモデル化に関する私見，経営システム(Communications of JIMA), 日本経営工学会， Vol.20，No.2，56-61 (2010)（査読無）．

〔学会発表〕（計 8 件）

① Masuda, Y. and T. Kido, Second-Best Congestion Pricing: Interpretation and User Heterogeneity, Conference for the International Federation of Operations Research Societies, 2011/7/15, Melbourne, Australia, p.73 (2011).

② Masuda, Y. and S. Deguchi, Monotonicity of Expected Revenue in Revenue Management: Two Models of Consumers' Choice, Conference for the International Federation of Operations Research Societies (招待講演), 2011/7/14, Melbourne, Australia, p.109 (2011).

③ 辻暁，増田靖，優先度による顧客の混雑制御：テーマパークのサービス向上，オペレーションズ・マネジメント＆ストラテジー学会第 3 回全国研究発表大会要旨集，p.31，2011/7/18，横浜国立大学 (2011).

④ 出口翔，増田靖，収益管理問題における過剰予約：単調性と返金額，待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」報文集，pp.182-190，2011/1/18，京都(2011).

⑤ 辻暁，増田靖，テーマパークにおける優先パスの有効性について，待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」報文集，pp.173-182，2011/1/18，京都(2011).

⑥ Masuda, Y. and T. Kido, Second-Best Congestion Pricing and its

Interpretation in Transportation Networks, INFORMS Annual Meeting, 2010/11/9, Austin, TX, p.317 (2010).

⑦ Masuda, Y., H. Miki and D. Cao, Monotonicity of Expected Revenue in Revenue Management, DP 部会 40 年記念シンポジウム，2010/8/28，千葉大学 (2010)

⑧ Masuda, Y., H. Miki and D, Cao, Stochastic Comparisons in Revenue Management under a Discrete Choice Model of Consumer Behavior, 待ち行列部会セミナー，2009/11/21，東京工業大学 (2009)

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕
○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 1 件）

名称：発電機起動停止計画の作成方法
発明者：所健一，増田靖，西野寿一
権利者：財団法人電力中央研究所
種類：特許
番号：4704205
取得年月日：2011 年 3 月 18 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
http://www.ae.keio.ac.jp/lab/soc/masuda/scholar.html

６．研究組織
(1)研究代表者
増田 靖（MASUDA YASUSHI）
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：10286643

(2)研究分担者
該当なし

(3)連携研究者
該当なし