

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25820236

研究課題名(和文) 交通需要誘出を内生化するメカニズムデザインの理論的・実験的アプローチ

研究課題名(英文) Theoretical and Experimental Approach of Mechanism Design in Transportation Service Auction

研究代表者

原 祐輔 (Hara, Yusuke)

東北大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：50647683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は観測された交通行動や表明された交通需要には表れない交通行動に対する選好を誘出させ、その誘出させた選好を用いて社会的厚生を高めるメカニズムデザインを理論的・実験的アプローチに基づき、構築することを目的としたものである。交通サービスオークションにおける希望出発(到着)時刻に着目した選好誘出メカニズムを提案することで、まず理論解析と数値シミュレーションを用いて、通常よりも利用者の負担が少ない表明数で真の選好を近似可能であること、またその結果として、社会的厚生を高めることを示した。次に、1650名を対象とした実験室実験によって、提案メカニズムが実行動ベースでも同様の結果であることを示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose a new mechanism design for transportation service auction by eliciting individual latent preference.

The needs of these mechanisms caused because the surveys (PT survey, PP survey and SP survey) could not observe the latent preference and the fact can raise the problem of decreasing social welfare. In this study, the proposed mechanism was validated by theoretical and experimental approaches. We proposed a preference elicitation mechanism focusing on the desired arrival time in the transportation service. Next, by using the theoretical analysis, we showed that the mechanism approximated true preference and the burden of the user was smaller than usual representation method. As a result, this mechanism can enhance social welfare in theoretical approach. Finally, we implemented the laboratory experiments for 1650 patients and the results showed that the proposed mechanism could obtain the similar results of theoretical analysis.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：交通計画 メカニズムデザイン

### 1. 研究開始当初の背景

都市計画・交通計画において、都市内での活動の多様化に応じた制度設計・交通システムデザインが求められている。従来のように渋滞や混雑を解消するだけでなく、個人ごとの多様な移動需要にオーダーメイドに対応可能な交通システムの設計が必要であろう。既存の交通需要予測のための調査手法はその目的ゆえに個人の多様性を捨象しており、大規模な母集団における1サンプルとしてしか扱わない。一方、PP調査は詳細な人々の移動活動履歴が取得可能であるが、個人の移動需要と観測された交通行動の間に存在する(金銭的・物理的・認知的)制約条件は観測不可能である。この観測不可能な制約条件は後の需要予測の失敗に繋がる。交通行動の観測に加えて、各個人にリアルタイムに真の移動需要を表明させる交通システムデザインはありえないだろうか？

メカニズムデザインの分野では、VCGメカニズムを用いれば入札者が正直に評価値を入札するインセンティブが与えられることが理論的に示されている。しかし、申請者による既往研究の社会実験とその実証研究の結果から、実際には将来の予定に対する不確実性や取引費用、選択肢に対する認知負荷などの要因より自身の選好を表明しない状況が起こることが示された。これらは戦略的意思決定ではなく、意思決定に対する認知的負荷の影響が大きい。この解決を行わない限り、メカニズムデザインによって現実の都市空間・交通問題の社会的厚生を高めることは難しい。

### 2. 研究の目的

本研究では観測された交通行動やタイプに表明された交通需要には表れない交通行動に対する選好を誘出させ、その誘出させた選好を用いて社会的厚生を高めるメカニズムデザインを理論的・実験的アプローチによって構築する。この研究は既存のPT調査やPP調査、SP調査などでも観測できない交通需要選好の誘出を目指し、新たな交通システム、交通サービス設計に利用可能なメカニズムの設計を行う。また、理論研究のみを行うのではなく、現実への適用可能性を考慮した利用者の実際の意思決定を考慮した実験的アプローチにより、実際のメカニズム挙動の把握と問題点を明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、交通サービスオークションに関する選好誘出問題に対処するために、認知負荷が存在する場合にオークションの効率性がどのように低下するのか、また認知負荷を低減するための選好誘出メカニズムをどのように構築すればよいのかについて、理論的・実験的アプローチの双方から取り組んだ。

理論的アプローチとしては、交通行動に対

する時間帯別評価値の関係性に着目したメカニズムの提案を行い、少ない表明ステップで評価値分布を近似する手法を構築した。また、この手法を用いて、シミュレーション分析を行い、完全表明を行った場合と遜色のないオークションの効率性を達成できることを示した。

これらの理論的検討をもとに、被験者実験を行い、提案メカニズムが実行動においても有効に機能するかを検討した。1650名の被験者に対して、3つのグループにランダムに割り当て、同一条件のオークション表明条件に対して、3つの異なるメカニズム下での行動結果の違いを分析した。詳細は研究成果の項目で記述するが、得られた結果は理論解析やシミュレーション実験の結果と整合する内容であり、理論的に提案した選好誘出メカニズムを被験者実験を通して有効性を確認することができた。

### 4. 研究成果

(1) 観測と顕示選好の関係における選好研究のレビューと整理・考察を行った。近年、交通行動を詳細に観測するセンサや観測手法は増大しているが、必ずしも観測された行動から直接、個人の選好を類推できるわけではないケースとして、1. 部分観測による情報の非対称性、2. 行動の完全観測と制約の非観測、3. 行動の完全観測と信念の非観測、4. 行動の完全観測と情報の非観測、5. 代替選択肢の観測不可能性の5つを示した。

また、顕示選好のためのアプローチとして、1. 調査、2. 選好の正直表明のためのインセンティブデザイン、3. 選択肢提示、4. 予測市場、5. 発言、6. 検索行動の6つがあることを整理した。

(2) 選好誘出メカニズムの提案として、交通オークションの選好表明問題をモデル化した。利用者の表明行動は真の評価値ベクトルに対し、1回1回の表明行動で1つずつの時間帯枠の評価値を表明できるものとする。このとき、通常のstep-by-stepな表明行動であれば、図-1のように評価値の高い時間帯から表明を行うこととなる。

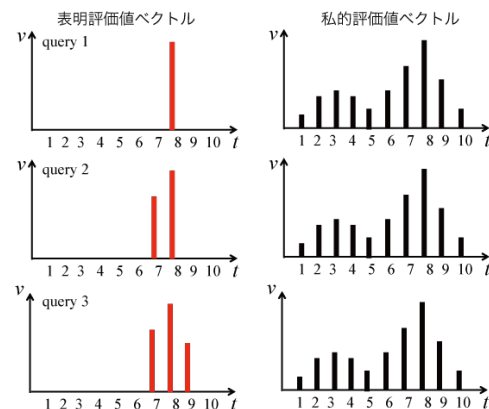


図-1 通常の表明行動による表明評価値の形成

一方、本研究課題で提案した選好表明メカニズムは、表明された時間帯枠の評価値から、その周辺の時間帯枠の評価値を推論し、表明評価値ベクトルそのものの形成を行うメカニズムである。これは図-2に示すように、少ない表明回数で真の評価値ベクトルを近似することができる。

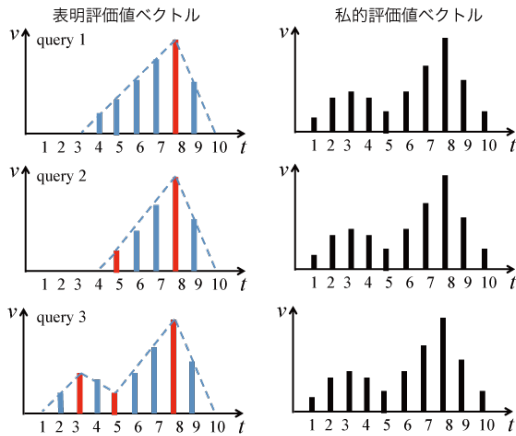


図-2 選好誘出による表明評価値の形成

この2つの表明メカニズム（通常の1つずつ行う表明メカニズムと選好誘出メカニズム）を用いた際に、各個人の最終表明数とオークション割当の効率性と割当安定性（落札者の一致割合）を数値シミュレーションによって、示した結果が図-3、図-4である。選好誘出メカニズムがない場合、表明クエリ数を増加させない限り、オークションの効率性を高めることができず、また、本来の落札者リストとの一致割合も低いのに対し、選好誘出メカニズムは少ない表明クエリ数で効率性指標・割当安定性指標ともに高めることができる。

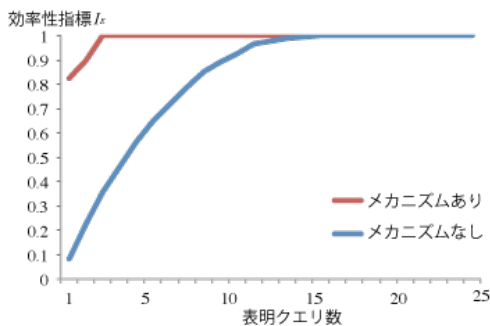


図-3 メカニズムの有無と効率性指標

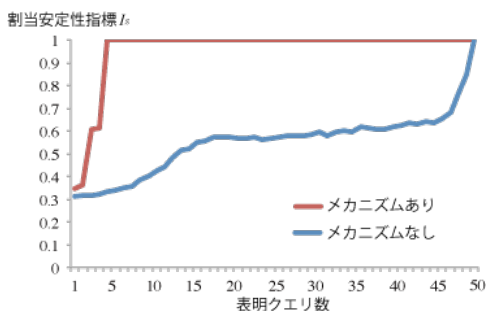


図-4 メカニズムの有無と割当安定性指標

(3) 選好誘出メカニズムの実験室実験による検証を行った。Web調査として、被験者1650人の被験者を集め、3つのグループにランダムに割り当てた。

実験の目的は、個人が交通財・サービスに対して、選好または支払い意思額(WTP)を表明する際に表明の認知コストが存在することを実証的に示すことである。そのため、同一条件下の被験者群に対して、異なる表明メカニズム下での表明行動を観測する。これにより、表明メカニズムの違いが表明行動（表明件数や最大支払い意思額）に与える影響を分析できる。これにより、次の2つの仮説を検証する。

- 表明メカニズムの違いは表明件数に影響を与える(表明には認知コストが存在する)
- 表明メカニズムの違いはオークションの効率性に影響を与える(表明件数の低下が薄い市場を導き、割当の効率性を悪化させる)

実験では3つの状況に関する支払い意思額の回答を求めたが、本報告書ではそのうちの一例として、通勤時の鉄道着席券に対する支払い意思額の回答の結果を示す。

3つのグループは、同じ状況への回答に対して、それぞれ3つのメカニズムで回答を行う。一つ目は図-5に示すようなstep-by-step表明であり、望ましい利用権の選択、その支払い意思額の回答というサイクルを繰り返す。これ以上回答をしたくない場合は回答を終了することができる。二つ目はall-in-one表明であり、すべての利用権に対する支払い意思額を回答可能な表が与えられ、自由に利用権に対する支払い意思額を1つずつ埋めることができる。すべての利用権の支払い意思額はデフォルトでは0円として設定されているため、変更をしなかった利用権の支払い意思額は0円となる(図-6)。

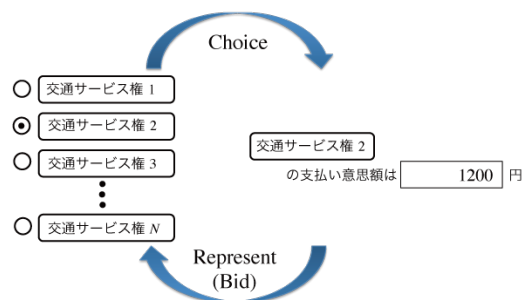


図-5 step-by-step 表明の例



図-6 all-in-one 表明の例

三つ目のグループは選好誘出 (preference elicitation)メカニズムによる表明であり、図-7 に示すように、望ましい利用権の選択とメカニズムによる他の時間帯の補間が繰り返され、全体の評価値ベクトルを更新できるような表明メカニズムである。

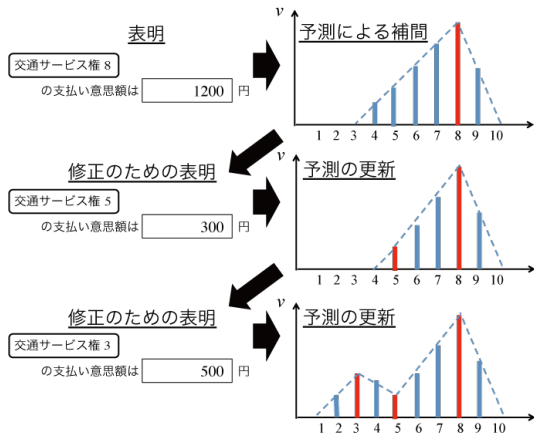


図-7 選好誘出表明の例

実験の結果と示す。9時が始業開始時刻と設定されたシナリオにおいて、どの表明メカニズムのグループも概ね8時30分に到着する鉄道着席券が最も望ましい利用権であるという回答が得られていることが図-8 からわかる。しかしながら、回答者の平均支払い意思額はメカニズムによって大きく異なる。step-by-step表明は8時半周辺の時間帯には真の評価値に近い金額が表明されているのに対し、早朝などは表明数が減少することで、著しく低い価格しか表明されていないことがわかる。また、all-in-one表明はすべての項目を埋める面倒さから回答数が少なくなっていることがわかる。一方で、選好誘出メカニズムでは、利用したい時間帯の傾向は同じでありながら、早着や遅着の時間帯の表明値も評価値が回答されていることが結果から示されている。

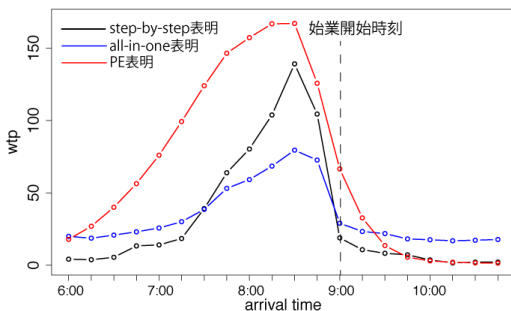


図-8 各グループの鉄道着席券への表明値の平均

この結果を支持する別の結果として、3つのメカニズム下における表明件数がどのように異なるのかを示したのが図-9である。この図からは step-by-step 表明や all-in-one 表明がただか平均3件程度の表明しか行わないのに対し、選好誘出表明では平均7件の

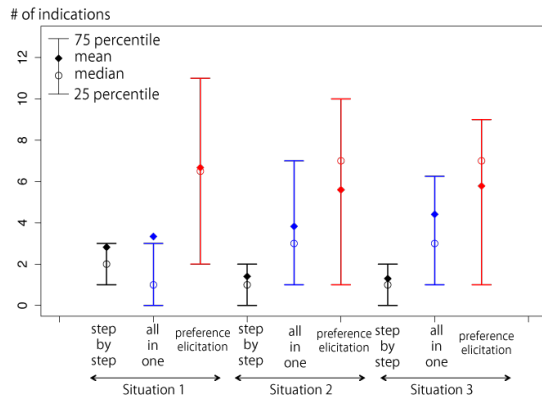


図-9 各グループの表明時間帯数の違い

時間帯枠に対して表明を行っていることが示されている。また、これは別の状況設定下における回答傾向でも同様であり、選好誘出表明が表明件数を増加させていることがわかる。

これまでの結果は、各個人が何件の表明を行うのかという認知負荷に対する問題であったが、その結果として、オークション割当の効率性がどのように変化するかを示しているのが図-10である。この結果、選好誘出メカニズムは他の表明メカニズムと比べて、大幅に効率性を改善することを示している。これは他の表明メカニズムが認知負荷によって表明件数を減少させてしまうため、特定の利用権枠が薄い市場となってしまうことに起因する。それらの薄い市場を選好誘出メカニズム表明が解決するために、効率性の改善を行うことができる。

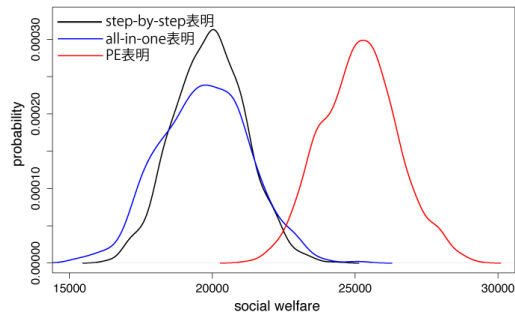


図-10 表明メカニズムとオークション効率の関係

薄い市場となる例の一例として、オークション割当の結果に算出される各利用権価格 (Vickrey payment) を時間帯ごとに示した図が図-11である。この図では step-by-step 表明や all-in-one 表明と選好誘出表明は厚い市場(8時半周辺)ではほぼ同様の価格となっているのに対し、午前7時30分よりも早い時間帯の利用権価格では、前者2つの表明メカニズムではほぼ0円になってしまっていることがわかる。このように利用者の真の評価値をメカニズムが入手できないことによって、オークションそれ自身の効率性が低下することが示されている。このような問題に対

して、選好誘出メカニズムは各個人の表明行動を助けるだけでなく、オークション全体の効率性に寄与することがこれらの実験的アプローチから検証を行うことができた。

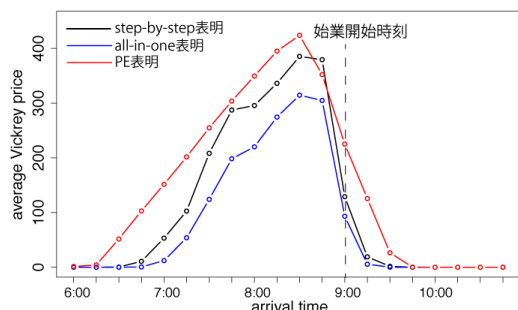


図-11 各メカニズムの割当利用権価格の違い

## 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 5 件)

Yusuke Hara, Behavior Analysis using Tweet Data and Geo-tag Data under Natural Disaster, Transportation Research Procedia, 査読有, Vol.11, pp.399-412, 2015.

doi:10.1016/j.trpro.2015.12.033

原祐輔, 時間帯別交通利用権オークションに対する選好誘出の効率性に関する研究, 土木学会論文集 D3, 査読有, Vol.71, No.5, pp.1\_951-1\_959, 2015.

原祐輔, 羽藤英二, 乗捨て型共同利用交通システムに対する利用権取引制度の設計とその解法の提案, 土木学会論文集 D3, 査読有, Vol.70, No.4, pp.198-210, 2014.

原祐輔, 赤松隆, Network GEV 型経路選択モデルを用いた確率的利用者均衡配分, 土木学会論文集 D3, 査読有, Vol.70 No.5, pp.1\_611-1\_620, 2014.

原祐輔, Twitter を用いた東日本大震災時の首都圏の帰宅意思決定分析, 自然言語処理, 査読有, Vol.20, No.3, pp.315-334, 2013.

[学会発表](計 2 件)

原祐輔, 選好誘出を考慮した通行権取引制度の効率性に関する研究, 第 50 回土木計画学研究発表会, 2014 年 11 月 2 日, 鳥取大学.

原祐輔, 観測と顕示選好に関する一考察, 第 48 回土木計画学研究発表会, 2013 年 11 月 2 日, 大阪市立大学.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

原祐輔 (HARA, Yusuke)

東北大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号: 50647683