

審査の結果の要旨

氏名 原 祐 輔

本博士論文は、「移動時の意思決定主体の動学的特性に着目した利用権取引制度の設計とその実証」に関する研究を行ったものである。論文は1) 研究のフレームワークの提示、2) 既往研究のレビューと研究の位置づけの整理、3) モビリティシェアリングの利用権取引制度の成立性に関する理論的証明と挙動解析、4) モビリティシェアリングに対する動的予約システムのアルゴリズム提案とその評価、5) 利用権取引制度の実証実験の結果と意思決定の動学的特性の分析から構成される。

利用権取引制度に関する本研究はオークション研究のひとつとして考えられる。本研究ではオークション研究の端緒を切り拓いた Vickely(1961)の収入同値定理を下敷き展開される VCG メカニズムに着目し、これを援用しつつモビリティシェアリングの基本的な特徴である時空間接続に着目して、その基本的な性質について解析的な検証を加えた。その結果、設定したモビリティオークションの取引メカニズム下で、オークション参加者に利用権の選好顕示を正直に行うインセンティブが存在すること(strategy-proof)、メカニズム適用後の利用権の割り当てによって社会的余剰が最大化されること (efficient)であることを証明している。さらに具体的な利用権の割り当て組み合わせを求めるための解法の提案を行い、厳密解アルゴリズムが組み合わせ数に対して指数時間を要するのに対して、枝刈りを行う近似アルゴリズムでは多項式時間で解を求めることが可能であることを数値計算により示した。提案したオークションメカニズムそのものは単純なものの移動の本質的な現象 (OD の時空間接続) を十分に記述している。ラウンドトリップを認めるレンタカーなどとの関係性の整理は今後の課題といえるものの、提案しているアルゴリズムを援用することで、一般的なモビリティサービスのメカニズムデザインへ展開できる可能性も十分に有すると判断する。

次に本論文では、利用権取引制度に予約という概念を持ち込んだ上で、そこで生じる早い者勝ちのシステムが資源配分上非効率を生じさせることに着目し、浮動型動的予約システムの提案を行っている。展開ゲーム形式で仮予約と再予約の行動組み合わせの分析を行い、システムの社会的厚生と順序確定性指標について比較評価を行った。従前の VCG メカニズムにおける価格決定の不確実性が持つ問題に対して、利用確定性に選択性を持たせた本システムでは、単純な

予約サービスと比較してシステムがパレート改善すること、オークションサービスと比べると順序確定性指標が高いことなどが示された。価格を事前に設定しなければいけないのが提案システムの大きな特徴であり、価格設計が必要な点はオークションの特徴を犠牲にしているといえようが、その反面予約順序の確定性を高めていることでシステムの許容性が高いと判断できる。したがって、現実に展開可能なシステムのアルゴリズム提案とその特徴が十分評価できているといえるだろう。

最後に、利用権取引制度を導入したシステムを横浜市において実際に適用した際の意思決定主体の時系列の行動変化データを収集し、モデル推定によって定量的な分析を行っている。動学的な意思決定の分析では、そのマルコフ性を考慮し DP として記述される必要がある。こうした問題に対して Bellman 最適性原理を適用し再帰方程式として定式化することを考え、時間で変化しない変数と変化する変数を識別した上でパラメータ推定を行う方法を用いている。従前の同分野の研究でこうした構造方程式を用いた例は少なく、実証的なデータを自らフィールドで収集し、モデル推定まで行っていることの意義は少なくない。パラメータ推定の結果、スケジュールの確定性が高まる情報価値と、意思決定を先延ばしにするオプション価値が、先延ばしの意思決定に影響を与えること、時間割引率が社会経済属性によって異なることなどを示している。こうした結果は、ここまで提案してきたシステムの成立性に対して、反応の異質性や時間安定性の問題提起をしているもので、システム改良の方向性について示唆に富んだ結果が高度な行動分析によって初めて明らかになったと判断できる。本研究の大きな成果のひとつといえよう。

現実のカーシェアリングにおけるトリップチェーンの記述などに関して課題を残すものの、移動利用権のオークションに固有のメカニズムデザインについて、その基本的な考え方を示し、現実的な解法アルゴリズムを提案するとともに、実証的にシステムの挙動を確認できたことは、大きな成果といえる。車の私有という利用形態が、IT によってシェアされる時代へと大きく変わろうとする中、意思決定者の動的なメカニズムが相互に作用するその市場をどのように設計すべきか、理論的かつ実証的に取り組んだ本研究は野心的でかつ新規性のきわめて高い将来有望な研究と判断する。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。