

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03301

研究課題名(和文) 協調型シェアリングサービスにおける社会的受容性・持続性に基づく価格設定手法

研究課題名(英文) Price Setting Mechanism for Cooperative Sharing Service based-on Social Acceptability and Sustainability

研究代表者

野田 五十樹 (Noda, Itsuki)

北海道大学・情報科学研究院・教授

研究者番号：40357744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：今後重要となるシェアリングサービスでの利用価格決定について、本研究では、「協調型シェアリングにおいて社会的な受容性と持続性を保ちつつ、協調的な利用で生じる各利用者の不経済をどのように価格に反映させるべきか？」という問題として捉え、(A)メカニズム設計アプローチ、(B)交通計画アプローチ、(C)マルチエージェント学習アプローチにより価格設定方法の分析・検討・構築を試みた。結果、利用予定情報申告導入の有効性、運転手間の公平性改善のための配車アルゴリズムの提案、サービス設計として複数の選択肢の重要性の確認、進化と淘汰による料金体系設計の可能性などを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SGDsのための社会設計としてのシェアリングサービス設計は今後重要となり、その中でも利益配分やコスト負担のバランスは社会制度の持続性に大きく関わる。本研究は、まだ基礎的な知見ではあるものの、工学的視点でバランスの取れる方法を提案することができたといえる。また、ゲーム理論あるいは計算社会科学的な視点でも、効率性と公平性のバランス問題や進化的な価格設定と利用者選択モデルの関係など、新規性のある手法や知見が得られたと思われる。

研究成果の概要(英文)：Pricing in sharing services is believed to become a significant issue in the future. In this study, we assumed this pricing problem as "How should we reflect the inefficiencies experienced by each user due to collaborative usage in the pricing while maintaining social acceptability and sustainability in cooperative sharing?" We attempted to analyze, examine, and construct pricing methods through (A) a mechanism design approach, (B) a transportation planning approach, and (C) a multi-agent learning approach. As a result, we were able to demonstrate the effectiveness of introducing declaration of willingness of use by passengers, propose dispatch allocation algorithms for improving fairness among drivers, confirm the importance of multiple options in the transport service design of subscriptions, and indicate the potential for designing a pricing system through evolution and elimination process by GA in social simulation.

研究分野：人工知能

キーワード：マルチエージェント社会シミュレーション ゲーム理論 公共交通設計 機械学習 進化的アルゴリズム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

シェアリングサービスにおける利用価格の決定は、今後、重要な問題になると考えられる。

複数の、あるいは不特定多数の人々である資源を共有し、各々が必要に応じて利用するシェアリングサービスは、様々なモノやサービスに広がりを見せている。それに伴い、今後、シェアリングの形態も様々なバリエーションが生まれてきている。これらの中で、複数サービス間で調整機能を持つ形態を協調型シェアリングを本研究では扱っていく。

協調型シェアリングでは価格設定を工夫する必要がある。従来の排他型シェアリングにおける、利用量に応じて課金する単純な方法に対し、協調型の場合は、例えばタクシーの相乗りにおいて、乗り合わせた別の利用者の乗降のために寄り道が発生するなど、協調に起因する不経済が発生し、その不経済の発生仕方とも様々となる。このため、相乗りにおいては、その不経済をいかに利用料金のディスカウントに反映させるかという価格設定問題が生じる。

2. 研究の目的

本研究では、この価格設定問題を次のような研究課題として取り上げた。

協調型シェアリングにおいて社会的な受容性と持続性を保ちつつ、協調的な利用で生じる各利用者の不経済をどのように価格に反映させるべきか？

価格設定問題では、社会的受容性・持続性の観点が必要となる。シェアリングサービスは広く普及してこそその効率性・利便性が保たれるため、その価格設定は社会的に広く受容できるものでないとならない。また、サービスを長期にわたって継続的に維持しシェアリング「エコノミー」の一角となるためには、サービスを持続的に発展させる価格設定の考え方も必要になる。

そこで、受容性と持続性を中心視点として、この価格設定問題に取り組んできた。

3. 研究の方法

本研究では、上記の技術課題に対して、「社会的な受容性と持続性」について、以下の3つのアプローチを用いて協調型シェアリングサービスにおける価格設定方法を分析・検討・構築してきた。

(A) メカニズム設計アプローチ

メカニズム設計理論に基づいて、利用者の誘因両立性（戦略的操作不可能性）と公平性（非羨望性）を保証する価格設定方法を検討した。

(B) 交通計画アプローチ

利用意向と公共交通システムとしてのシビルミニマムの観点で価格設定法の構築を試み、社会的受容性・持続性に配慮した現実的な需要予測・費用対効果など社会的な評価指標を検討した。

(C) マルチエージェント学習アプローチ

協調型シェアリングの普及と維持を2種類のマルチエージェントの同時学習と相互評価の問題と捉えその学習過程で、シェアリングの利用がどのように変化していくかをシミュレーション評価し、価格設定法の社会的受容性・持続性やその条件などを洗い出した。

4. 研究成果

(A) メカニズム設計アプローチ

乗合運行サービスに関する課題解決に対して、ゲーム理論的・メカニズム設計的観点を導入した研究成果は次の通りである。

まず、乗合運行サービスにおける運行計画の最適化のために、利用予定情報申告の導入を提案し、交通シミュレーションによってその有効性を示した。交通シミュレーションでは膨大な計算時間が必要となることが通例である。そこで、本研究では、ベイズ最適化を適用することにより、効率的に交通シミュレーションを実行する手法の提案を行った。具体的には、平均ピックアップ時間が閾値周辺の値を取る運行台数を探索する獲得関数を導入することで、閾値条件を満たす運行台数予測を効率的に行った。我々が提案した交通シミュレーションの手法によって、利用者による利用予定情報申告が運行台数の削減を可能にすることを示した。本研究成果は国内論文誌（人工知能学会論文誌）に採択された。

次に、乗合運行サービスにおける、運転手の収入に関する公平性について改善を行う配車割当てアルゴリズムの提案を行った。

運転手の収入格差の減少と乗客の利便性にはトレードオフが存在する。そこで、本研究では、乗客の効率性を維持しつつ、運転手の公平性を考慮した配車割当てアルゴリズムの提案を行った。基本的なアイデアは、運転手と利用者を重み付き2部グラフで表現し（図1）、累積収入の少ない運転手から優先的に配車割当てを行うものである。この優先的に割り当てる運転手数の決定を状況に応じて動的に決定する手法の提案を行うことで、過度な効率性の低下を防ぐこと

を可能にした (図 2) . 本研究成果は人工知能関連の国際会議 (WIIAT-2022) に採録された .

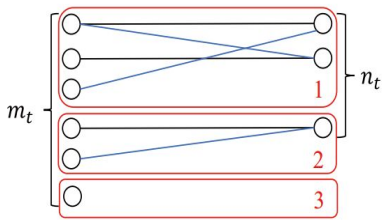


図 1 2部グラフによる運転者・利用者の割り当て表示と、効率性・公平性 max-min 最適化

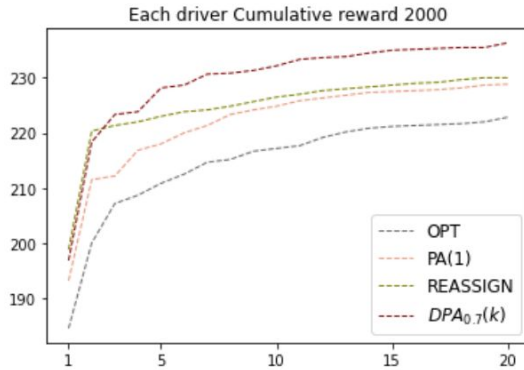


図 2 下位 20 運転者の収入 (公平度指標) の変化 (提案手法 (PA, DPA) と既存手法の比較)

(B) 交通計画アプローチ

タクシーのシェアリングサービスの実証実験を通じた、静岡市後援で、静岡鉄道株式会社など地元交通事業者と共同で静岡市内の居住者を対象とした MaaS 実証実験を 2018 年 2 月に実施した。本実験ではある出発地から目的地まで移動する際の鉄道、路線バス、乗合いタクシーを組み合わせた最適な経路推薦をし、利用者が選択できるようにし、かつドライバー不足や運賃分担を可能とする動的な乗合いタクシー配車サービスを連動させた。モニターに対しては、タクシー運賃自体は無料で提供したが、事後アンケート調査にて支払い意思額等を把握した。

2018 年の結果に基づき、静岡市の居住者を対象とした MaaS 実証実験 (国交省補助実験) の企画・実施に関与し、MaaS の利用者に加えて、非利用者の利用意向を把握することでセレクションバイアスに対処できるアンケート調査を実施した。予想通り、利用者は非利用者と比べて、普段の公共交通利用頻度が高く、自動車保有意識が低く、MaaS 導入によって利便性がより高くなる可能性が高い集団であることが確認された。一方、定額制に対する利用意向としては、3 割が都度払いが良い、と回答しており、サブスクリプションのサービス設計として複数の選択肢を用意することが重要であり、対応策の検討することの必要性が確認された。

(C) マルチエージェント学習アプローチ

協調型シェアリングの普及と維持を、複数のサースから選択を行う利用者群とサービス形態を改善していく事業者群の 2 つの学習エージェント群の同時学習と相互評価の問題と捉える立場をとった上で、利用者・事業者の 2 つのエージェント群をシミュレータ上に実装した。そして、まず第一段階として、利用者エージェントによる選択の変化を分析し、同時に、多様なサービス形態条件における業者の淘汰によるサービス形態を適応させる実験を進め、普及・維持可能なサービス形態の洗い出しを行えることを確認できた。

さらにこのエージェントシミュレーションのメカニズムを拡張し、競合事業者のサービス体系を進化的方法により変化・探索を行えるようにした。これを用い、公共交通サービスの料金設定を、利用者の利用選択学習と、運行事業者の進化論的世代交代により、持続可能で競争力のある設定を探索する方法について提案し、実験によりその挙動を確認した (図 3 図 4) . その結果、かなり狭い領域が有効なパラメータ設定となりうることが示された。また、この進化結果と、先の研究で求めたサービス指標での評価を比較し、その相関性と相違点について、考察を行った。これにより、前年度の指標は近似評価として利用可能であることが示された。

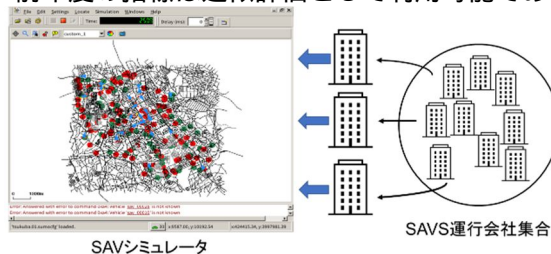


図 3 競合事業者の GA による進化

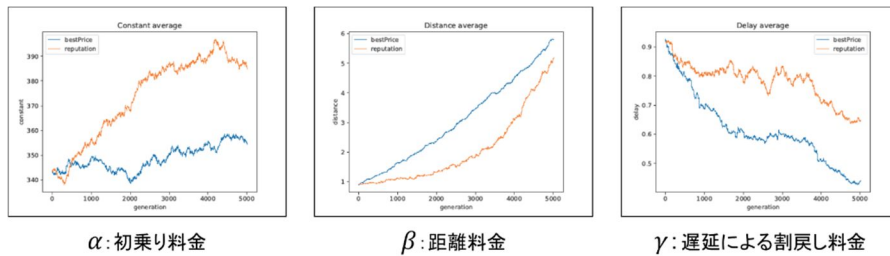


図4 進化による料金パラメータの変化（青：価格優先、橙：評判優先）

(D) 各アプローチの融合

本研究ではさらに、上記3つのアプローチの統合を試みた。

まず(A)と(C)については、公平性の視点での配車アルゴリズムや金額設定について、適応的なエージェントを含むシミュレーションで評価分析した。まず利用者の情報開示を活用することで、運行のコスト削減が可能価値を示し、それを利用者にフィードバックすることで、情報開示による効率化のインセンティブを与えることが可能であることを示した。また、配車アルゴリズムについては、単純な最適化ではなく、運行者の収益格差に配慮した配車により、効率化をある程度維持しつつ、公平性を高めることが可能であることを示した。これらの枠組みにより、利用者・運行者双方にインセンティブを与えつつ、公共交通としての利便性と効率を向上させる枠組みの方向を示すことができた。

また、(B)と(C)については、ドアツードアサービスとミーティングポイント方式の効率の比較を行うことで、利用者の多少の融通により全体の効率を上げることが可能なこと、さらに、それによるコスト削減で融通のインセンティブを与えられることがわかった。これも上記の結果とあわせ、持続可能なオンデマンド型公共交通の維持手法の可能性を広げることができた。

(A)と(B)については、各種サービスにおける価格等の受容性や、サブスクリプション精度の効果などを分析してきた。特に、アンケート調査など実際に人々の感覚を調べた上で、ゲーム理論的なアプローチとの関係性の分析を進めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sakurai Yuko, Oyama Satoshi	4. 巻 11919
2. 論文標題 Analysis of Coalition Formation in Cooperative Games Using Crowdsourcing and Machine Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AI 2019: Advances in Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 78 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-35288-2_7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 査 澳龍、越村 三幸、櫻井 祐子、横尾 真	4. 巻 J102-D
2. 論文標題 分割決定木を用いた分割関数ゲームの提携構造形成アルゴリズム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 313 ~ 323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2018JDP7037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 野田五十樹
2. 発表標題 学習する利用者と進化する運行者による共進化型相乗りタクシー配車料金体系設計の試み
3. 学会等名 情報処理学会「知能システム」研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金森亮、岩本武範、大前明生、石神孝裕、鈴木恵二、野田五十樹
2. 発表標題 静岡MaaS実証実験参加者の交通行動と利用意向に関する分析
3. 学会等名 17回 ITS シンポジウム 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuko Sakurai
2. 発表標題 Analysis of Coalition Formation in Cooperative Games Using Crowdsourcing and Machine Learning
3. 学会等名 The 32nd Australasian Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野田五十樹
2. 発表標題 学習と競合を用いた相乗りタクシー配車の価格設定分析の試み
3. 学会等名 人工知能学会第17回SIG-DOCMAS研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuya Okano, Itsuki Noda
2. 発表標題 A Parameter Investigation of the epsilon-greedy Exploration Ratio Adaptation Method in Multi-agent Reinforcement Learning
3. 学会等名 The 14th European Workshop on Reinforcement Learning (EWRL 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野本 一貴、櫻井 祐子、岡本 吉央、横尾 真
2. 発表標題 エージェントの参加が不確実な場合のk分割問題
3. 学会等名 2018年度 第32回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	櫻井 祐子 (Sakurai Yuko) (10396137)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員 (82626)	
研究 分担者	金森 亮 (Kanamori Ryo) (40509171)	名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------