

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：13903

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2022

課題番号：17KK0008

研究課題名（和文）共有型社会のためのヒューマンセントリックメカニズム設計理論の構築

研究課題名（英文）Human Centric Mechanism Design for Sharing Society

研究代表者

櫻井 祐子（Sakurai, Yuko）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：10396137

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 7,600,000円

渡航期間： 12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、限られた資源を有効活用するための新たな経済システムであるシェアリングサービスにおけるクラウドソーシングとライドシェアリングを主な対象領域として、人間中心型のメカニズム設計理論の構築である。本研究では、クラウドソーシングにおける、ワーカーの作業品質制御に関する研究、ワーカーからの能力に応じた適切なチーム編成のための効率的なアルゴリズム開発に関する研究、ライドシェアリングにおける公平な配車割当てアルゴリズムの開発に関する研究などに取り組んだ。マルチエージェントシステム技術だけでなく、最適化技術、機械学習などを用いることで、シェアリングサービスのための基盤技術の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、シェアリングサービスの発展は目覚ましく、主要な経済システムの一つとして位置づけられるようになった。クラウドソーシングやライドシェアリングの市場規模は今後も拡大することが予想される。本研究で開発した、クラウドソーシングにおける作業品質制御手法やライドシェアリングにおける公平な配車割当てアルゴリズム等は各サービスの基盤技術になりえると考えられ、学術的意義や社会的意義は大きいと考える。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop a human-centric mechanism design theory for a new economic system, namely sharing services, which effectively utilizes limited resources. The main focus areas of this research are crowdsourcing in the context of sharing services and ride-sharing. The study encompasses research on quality control of workers' tasks in crowdsourcing, efficient algorithm development for proper team formation based on workers' abilities, and the development of fair allocation algorithms for ride-sharing. In addition to multi-agent system technology, optimization techniques, machine learning, and other approaches were applied to develop foundational technologies for sharing services.

研究分野：人工知能

キーワード：マルチエージェントシステム ゲーム理論 クラウドソーシング メカニズム設計 ライドシェアリング

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

近年、限られた資源を有効活用するための新たな経済システムとして、シェアリングサービスが拡大している。シェアリングサービスには様々な形態があり、代表的なサービスとして、クラウドソーシングとライドシェアリングがある。クラウドソーシングはオンライン上でタスク発注者（リクエスタ）とタスク作業員（ワーカー）を仲介するサービスであり、新たな労働市場として注目されている。また、クラウドソーシングはヒューマンコンピューテーションを実現するプラットフォームとも位置付けられている。ヒューマンコンピューテーションは、計算機と人間のどちらか一方では現実的な性能を保証することができない問題に対して、計算機と人間の知を組み合わせることで問題解決を図る概念である。また、ライドシェアリングは、欧米におけるUberの利用拡大に伴って認知され、日本でも乗り合いタクシーや乗り合いバスなどの普及が広がっている。

メカニズムデザイン理論はミクロ経済学／ゲーム理論の一分野であり、異なる目的を持つ複数の主体が存在する集団に対して望ましい資源配分を実現するメカニズムを設計することを目的とする。従来、理論的に望ましい性質を満たすメカニズムの存在可能性等の議論が主であったが、近年、人工知能／マルチエージェントシステムをはじめとした計算機科学分野の研究者らによってメカニズムの実現可能性に関する議論が行われている。

シェアリングサービスの代表的事例であるクラウドソーシングとライドシェアリングを対象に、人間中心型という観点に基づくメカニズム設計を行う研究はほとんど行われていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、限られた資源を人々の間で共有し有効活用するためのメカニズム設計技術を確立することである。特に、シェアリングサービスの主な例としてクラウドソーシングとライドシェアリングを対象に人々へ適切なインセンティブを与えるためのメカニズム設計の検討を行う。メカニズム設計理論は社会的に望ましい資源配分に有用であるが、不特定多数の人々がサービスを利用するシェアサービスの状況には不適切な前提をいくつか置いていた。そこで、これらの前提を再検証し、人間中心型（ヒューマンセントリック）という観点でのメカニズム設計理論の再構築を行う。

### 3. 研究の方法

本研究では、クラウドソーシングとライドシェアリングを主な対象領域として、それぞれのサービスにおける課題解決を図る。具体的には、クラウドソーシングにおける、ワーカーの作業品質制御に関する研究、ワーカーからの能力に応じた適切なチーム編成のための効率的なアルゴリズム開発に関する研究、ライドシェアリングにおける公平な配車割当てアルゴリズムの開発に関する研究などに取り組む。マルチエージェントシステム技術だけでなく、最適化技術、機械学習などを用いることで、シェアリングサービスの発展に貢献できる基盤技術の開発を行う。

### 4. 研究成果

本研究では、人間中心型メカニズム設計理論の構築という目的のもと、メカニズム設計における新たなフレームワーク（図1）を提案し、下記の研究項目について研究成果を得た。

(1)クラウドソーシングにおけるワーカーの作業品質制御に関する研究：ワーカーの能力推定は、ワーカーからの作業品質制御に重要である。回答が高い相関を持つ場合、ワーカーの能力を公平に評価することは困難であることが知られている。そこで、協力ゲーム理論で提案されている解概念（利益の配分方法）の一つであるシャプレイ値に基づく、シャプレイ値回帰を用いた、ワーカーの能力推定方法の提案を行った。さらに、ワーカーからの協力関係をグラフで表現し、グラフが疎であることに着目することで、シャプレイ値の算出のための計算コストを削減する手法の提案を行った [Sakurai et al., 2018].

(2)クラウドソーシングにおけるワーカーからのチーム編成のための効率的なアルゴリズムに関する研究：クラウドソーシングでは、ワーカーが単独で実施する作業だけでなく、複数のワーカーが協力して一つの作業を実施する場合が存在する。そのような状況では、ワーカーからのチーム編成が重要な課題となる。これは、協力ゲームにおける提携構造形成問題として定式化することができる。提携構造形成問題は、任意のエージェントの部分集合（提携）に対して提携値が定められてい

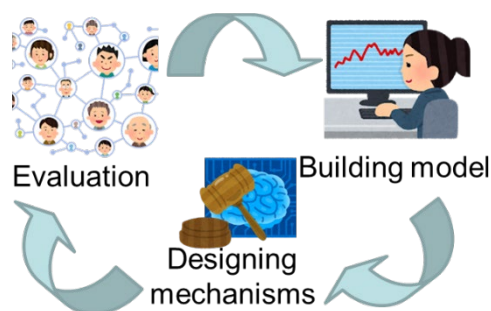


図1 人間中心型メカニズム設計

るとき、各エージェントは一つの提携に参加するという制約条件のもと、提携値の和が最大になるように、提携構造を決定する問題である。この問題はNP困難であることが知られている。本研究では、エージェント間の関係を無向グラフで表現し（図2）、提携構造形成問題を数理計画問題及びMaxSAT符号化を行うことで、効率的なアルゴリズムの提案を行った[Watanabe et al., 2019].

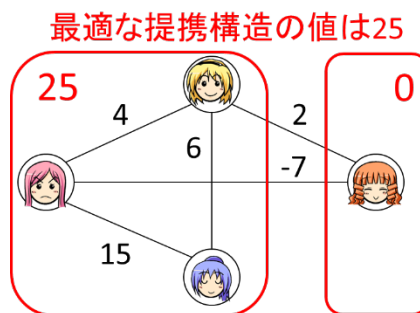


図2 提携構造形成問題の例

(3)ライドシェアリングにおけるコスト配分問題に関する研究：ライドシェアリングではユーザらでどのように費用を分担するかが重要な課題である。本研究では、戦略的操作不可能性と個人合理性といった望ましい性質を満たす費用配分について深層学習を用いて決定する手法の提案を行った。本研究は、様々なコスト配分問題に適用可能な汎用的なメカニズムである。また、従来、手作業で行われてきたメカニズム設計をデータ駆動型へと変革する自動メカニズム設計と呼ばれるフレームワークの研究であり、深層学習の適用領域の拡大に寄与する研究としても位置付けられる[Wang et al., 2021].

(4)ライドシェアリングにおける公平な配車割当てアルゴリズムに関する研究：従来の配車割当てでは、ドライバーの収入の総和、すなわち、効率性が重視されていた。しかしながら、近年、ドライバー間の公平性に関して着目されるようになった。しかしながら、公平性と効率性の間にはトレードオフが存在する。本研究では、ドライバーと利用者を重み付き二部グラフで表現し（図3）、現在の累積収入が最も低いドライバーから優先的に利用客を割り当てるアルゴリズムの開発を行った。提案アルゴリズムでは、割当て効率性を低下させることなく、ドライバー間の公平性を向上させることが可能であることをニューヨークシティにおけるタクシー利用データを用いたシミュレーション実験によって検証を行った[Ota et al. 2022].

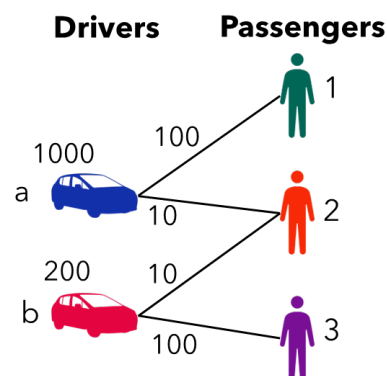


図3 配車割当て問題の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Guo Mingyu, Wang Zhenghui, Sakurai Yuko	4. 巻 36
2. 論文標題 Gini index based initial coin offering mechanism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Autonomous Agents and Multi-Agent Systems	6. 最初と最後の頁 7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10458-021-09536-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 太田 真人, 櫻井 祐子, 岡留 剛, 野田 五十樹	4. 巻 36
2. 論文標題 利用予定時間帯申告の導入による乗合運行台数の適正化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 人工知能学会論文誌	6. 最初と最後の頁 AG21~K_1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1527/tjsai.36-6_AG21-K	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 Yuko Sakurai, Jun Kawahara, Satoshi Oyama	4. 巻 11248
2. 論文標題 Aggregating Crowd Opinions Using Shapley Value Regression	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science: MIWAI 2018: Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 151-160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-03014-8_13	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7件（うち招待講演 0件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Guanhua Wang, Runqi Guo, Yuko Sakurai, Muhammad Ali Babar, Mingyu Guo
2. 発表標題 Mechanism Design for Public Projects via Neural Networks
3. 学会等名 20th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Emi Watanabe, Miyuki Koshimura, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo
2 . 発表標題 Solving Coalition Structure Generation Problems over Weighted Graph
3 . 学会等名 The 22nd International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuko Sakurai, Satoshi Oyama, Mingyu Guo, Makoto Yokoo
2 . 発表標題 Deep False-Name-Proof Auction Mechanisms
3 . 学会等名 The 22nd International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuko Sakurai, Satoshi Oyama
2 . 発表標題 Analysis of Coalition Formation in Cooperative Games Using Crowdsourcing and Machine Learning
3 . 学会等名 Australasian Conference on Artificial Intelligence 2019 (AI 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuko Sakurai, Jun Kawahara, Satoshi Oyama
2 . 発表標題 Aggregating Crowd Opinions Using Shapley Value Regression
3 . 学会等名 MIWAI 2018: Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 渡部 恵海, 越村 三幸, 櫻井 祐子, 横尾 真
2. 発表標題 協力グラフゲームにおける提携構造形成問題
3. 学会等名 2019年度人工知能学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Ota, Yuko Sakurai, Mingyu Guo, Itsuki Noda
2. 発表標題 Mitigating Fairness and Efficiency Tradeoff in Vehicle-Dispatch Problems
3. 学会等名 The 20th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ガオ ミンギウ  (Guo Mingyu)	アデレード大学・School of Computer Science・Lecturer	

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			
オーストラリア	アデレード大学			