

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02751

研究課題名(和文)クラウドソーシング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 Crowdsourcing

研究代表者

櫻井 祐子 (Sakurai, Yuko)

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

研究者番号：10396137

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,400,000円

研究成果の概要(和文)：クラウドソーシングは、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である。クラウドソーシングでは、ワーカの多様性を考慮したメカニズム設計を行うことが、望ましい結果を得るために重要である。本研究では、人間の実行可能性を重視することで、メカニズム設計理論をヒューマンセントリックな観点で再構築を行った。具体的には、(1)ワーカのコミュニケーションの問題、(2)ワーカ的能力推定の問題、(3)ワーカからのチーム編成の問題を主に研究を行い、社会心理学、機械学習、マルチエージェントシステムの技術を融合し、様々なメカニズムやアルゴリズムを開発した。

研究成果の概要(英文)：Crowdsourcing is a platform to realize human computation which aims to find a solution for a complicated problem by combining computation and human knowledge. In crowdsourcing, mechanism design considering a diversity of workers is an important issue to obtain a desirable outcome, since a requester asks an unspecified number of workers to do a task. Therefore, in this research project, we have reconstructed the theory of mechanism design from a human centric point of view by considering human feasibility. More specifically, we mainly have studied (1) the issue of workers' communication, (2) the issue of estimating a worker's ability, and (3) the issue of organizing workers' teams. We have developed several mechanisms and algorithms by integrating the techniques from social psychology, machine learning, and multi-agent systems.

研究分野：人工知能

キーワード：クラウドソーシング メカニズム設計 マルチエージェントシステム ヒューマンコンピューテーション

1. 研究開始当初の背景

近年、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、人間を計算資源の一部とみな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ヒューマンコンピューションの概念が提唱された。クラウドソーシングはヒューマンコンピューションを実現するプラットフォームとして用いられ、タスク発注者（リクエスタ）とタスク作業者（ワーカ）を仲介する。Web上の実サービスは金銭で対価を払う方式が主流で Amazon Mechanical Turk などが存在する。クラウドソーシングは学術領域において重要な研究分野として注目されているだけでなく、新たな労働市場としてビジネス領域でも更なる発展が期待されている。

しかしながら、クラウドソーシングでは不特定多数の人々に作業を委託するため、作業品質制御が重要な課題である。得られる作業品質はワーカ（作業者）への仕事の割当て方法と報酬の与え方に大きく影響を受けるにも関わらず、従来、理論的裏付けのないアドホックな方法が適用されているという課題がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、インターネット上で不特定多数の人々に作業を委託するクラウドソーシングを効果的に行うためのメカニズム設計技術を確認することである。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、従来、理論的な解析を可能にするため、参加者に関して、クラウドソーシングの状況では不適切ないくつかの前提をおいていた。本研究では、これらの前提を再検証し、人間の実行可能性を重視することで、メカニズム設計理論をヒューマンセントリック（人間中心的）な観点で再構築する。

3. 研究の方法

本研究課題では、実サービスから取得した人間行動データに基づき、主に下記の課題を解決することで、費用や時間などの複雑な制約を満たしつつ、ワークフローの最適化のためのメカニズム設計技術を確認する。

- (1) ワーカのコミュニケーションの問題：社会心理学の被験者実験における蓄積と人工知能分野での知識表現技術を応用することで、作業内容を正しく理解させるためのインストラクションの記述技術と人間が処理可能なメカニズムの表現技術の確認を行う。
- (2) ワーカ的能力推定の問題：協力ゲーム理論の解概念と機械学習の技法を用いて、ワーカから能力を適切に推定する手法の確認を行う。
- (3) ワーカからのチーム編成の問題：ソフトウェア開発など、複数のワーカで協力してタスクを実施する場合に、望ましいチ

ーム編成を実現できる手法を確認する。

4. 研究成果

研究方法で述べた3項目の各研究成果は次のとおりである。

(1) メカニズム設計 / コミュニケーションの問題

- クラウドソーシングにおいてリクエスタがワーカに対して、天気予報など確率的に生じる事象集合（選択肢集合）に対して予測を真実申告させるための柔軟な報酬の設定方法の提案を行った。従来手法では、実際に生じた事象（正解）に対する予測の正しさによってエージェントの報酬が決定されていたが、不正解に対する予測に応じてリクエスタは異なる報酬を与えたい場合が存在することが考えられる。例えば、天気予報の例で、晴れが正解の場合、曇りという予測は雨という予測よりも正解に近いと考えると予想される。そこで、既存手法を一般化し、リクエスタが選択肢間の関連性や類似性を考慮して、正解だけでなく、準正解に対しても報酬を与えることが可能な報酬設定方法を提案した。本研究成果は、国内マルチエージェントシステム関連会議である合同エージェントワークショップ & シンポジウム (JAWS2015) にて最優秀論文賞を受賞した。
- ワーカに対して計算リソースを公平に分割するための手法として、計算機科学における古典的な問題の一つであるケーキ分割問題として定式化し、戦略的操作不可能なメカニズムと架空名義操作不可能なメカニズムの提案を行った。この研究成果は国際論文誌に採択された。
- 集合知によるメカニズム設計の可能性を社会心理学で提案されている尺度等を用いて分析した。集合知の国際会議 CI-2017 において日本人で唯一オーラルでの発表や、PRIMA-2017 等での発表等を行った。

(2) ワーカ的能力推定の問題

- 各ワーカ的能力推定を公平に行うために、協力ゲームにおけるシャプレイ値を適用した手法の検討を行った。本研究成果は人工知能学会全国大会での発表、集合知に関する国際会議の CI-2016 にてポスタ発表を行った。

(3) ワーカからのチーム編成の問題

- ワーカからのチーム編成に対して、チームから逸脱して新たなチームを作るといった誘因を持たない、安定なチーム編成に関する研究を行い、

人工知能の難関国際会議
International Joint Conference
on Artificial Intelligence
on Artificial Intelligence
(IJCAI-2017)に採択された。

- ワーカからのパフォーマンスを最大限に活かすために、最適なチーム編成を求めるアルゴリズムの開発を行い、PRIMA-2017 等で発表を行った。

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8件)

Yuko Sakurai, Masato Shinoda, Satoshi Oyama, Makoto Yokoo, Flexible Reward Plans for Crowdsourced Tasks, PRIMA 2015: Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol.9387, pp.400-415, 2015 (査読有)
https://doi.org/10.1007/978-3-319-25524-8_25

Takamasa Ihara, Shunsuke Tsuruta, Taiki Todo, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo, Flexible Reward Plans for Crowdsourced Tasks Strategy-Proof Cake Cutting Mechanisms for All-or-Nothing Utility, PRIMA 2015: Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol.9387, pp.118-133, 2015 (査読有)
https://doi.org/10.1007/978-3-319-25524-8_8

Mingyu Guo, Yuko Sakurai, Taiki Todo, Makoto Yokoo, Individually Rational Strategy-Proof Social Choice with Exogenous Indifference Sets, PRIMA 2016: Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol.9862, pp.181-196, 2015 (査読有)
https://doi.org/10.1007/978-3-319-44832-9_11

伊原 尚正, 東藤 大樹, 櫻井 祐子, 横尾 真, 二値効用下でのケーキ分割問題, 人工知能学会論文誌, 32(5), pp. AG16-E_1-9, 2017 (査読有)
<https://doi.org/10.1527/tjsai.AG16-E>

Aolong Zha, Kazuki Nomoto, Suguru Ueda, Miyuki Koshimura, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo, Coalition Structure Generation for Partition Function Games Utilizing a Concise Graphical Representation, PRIMA 2017: Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in

Computer Science, vol 10621, pp.

43-159, 2017 (査読有)

<https://doi.org/10.1007/978-3-319-69131-2>

Yuko Sakurai, Masafumi Matsuda, Masato Shinoda, Satoshi Oyama, Crowdsourcing Mechanism Design, PRIMA 2017: Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol 10621, pp. 495-503, 2017 (査読有)

<https://doi.org/10.1007/978-3-319-69131-2>

松原 繁夫, 櫻井 祐子, ヒューマンコンピュテーションとクラウドソーシング
オーガナイズドセッションから見る
研究分野の深化, 人工知能学会誌,
32(6), pp. 898-904, 2017 (査読無)

Takamasa Ihara, Shunsuke Tsuruta, Taiki Todo, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo, Flexible Reward Plans for Crowdsourced Tasks Strategy-Proof Cake Cutting Mechanisms for All-or-Nothing Utility, Fundamenta Informaticae, 158(1-3), pp. 41-61, 2018 (査読有)

<https://doi.org/10.3233/FI-2018-1641>

[学会発表](計20件)

Shunsuke Tsuruta, Fairness and False-Name Manipulations in Randomized Cake Cutting, The 14th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2015), 2015

櫻井 祐子, クラウドソーシングのための一般化スコアリングルールの提案, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2015 (JAWS2015), 2015 (最優秀論文賞受賞)

Yuko Sakurai, Flexible Reward Plans for Crowdsourced Tasks, The 18th International Conference on Principles and Practice of Multi-agent Systems (PRIMA2015), 2015

Takamasa Ihara, Flexible Reward Plans for Crowdsourced Tasks Strategy-Proof Cake Cutting Mechanisms for All-or-Nothing Utility, The 18th International Conference on Principles and Practice of Multi-agent Systems (PRIMA2015), 2015

Yuko Sakurai, Flexible Reward Plans to Elicit Truthful Predictions in Crowdsourcing, The 3rd AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2015), 2015

Yuko Sakurai, Aggregating Crowd Opinions Using the Shapley Value

Regression, Collective Intelligence 2016 (CI-2016), 2016
櫻井 祐子, シャプレイ値に基づくクラウドワークの能力推定, 2016 年度人工知能学会全国大会, 2016
Mingyu Guo, Individually Rational Strategy-Proof Social Choice with Exogenous Indifference Sets, The 19th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA2016), 2016
櫻井 祐子, マルチエージェントシステムの研究動向について, 第 33 回日本ソフトウェア科学会大会, 2016
野本 一貴, 分割関数ゲームの提携構造形成アルゴリズム, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2016 (JAWS2016), 2016 (優秀論文賞受賞)
Yuko Sakurai, Ability Grouping of Crowd Workers via Reward Discrimination, NIPS2016 Workshop on Crowdsourcing and Machine Learning, 2016
Yuko Sakurai, Toward Crowdsourced Mechanism Design, Collective Intelligence 2017 (CI2017), 2017
Kazunori Ota, Core Stability in Hedonic Games among Friends and Enemies: Impact of Neutrals, The 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI2017), 2017
櫻井 祐子, デジタルゲリマンダーをメカニズムデザイン (計算機科学的ゲーム理論) の立場から読み解く, 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), 2017
大田 一徳, ヘドニックゲームの新たな選好モデルにおけるコア安定性の一考察, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2017 (JAWS2017), (IEEE JAWS Young Researcher Award 受賞)
Yuko Sakurai, Requesters' Personal Values, Just-world Beliefs, and Their Choice of Incentive Mechanisms, The 5th AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2017), 2017
Aolong Zha, Coalition Structure Generation for Partition Function Games Utilizing a Concise Graphical Representation, The 20th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA2017), 2017
Yuko Sakurai, Crowdsourcing Mechanism Design, The 20th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA2017), 2017

越村 三幸, MC-nets を用いた提携構造形成問題の MaxSAT 符号化の改良と評価, 人工知能学会 第 106 回人工知能基本問題研究会 (SIG-FPAI), 2018
櫻井 祐子, 集合知を用いたメカニズム設計の検討, 第 80 回情報処理学会全国大会, 2018

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等
<https://sites.google.com/view/yukosakurai/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

櫻井 祐子 (SAKURAI, Yuko)
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
研究者番号: 10396137

(2) 研究分担者

横尾 真 (YOKOO, Makoto)
九州大学・システム情報科学研究院・主幹教授
研究者番号: 20380678

篠田 正人 (SHINODA, Masato)
奈良女子大学・自然科学系・教授
研究者番号: 50271044

松田 昌史 (MATSUDA, Masafumi)
日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所・協創情報研究部・研究員
研究者番号: 60396140

(3) 連携研究者

小山 聡 (OYAMA, Satoshi)
北海道大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号: 30346100