

# ビッグデータ時代の経済ゲーム実験： クラウドソーシングを用いた大規模公共財ゲーム実験の実施

後藤 晶<sup>1,a)</sup>

受付日 2020年8月17日, 採録日 2021年2月2日

**概要:** 昨今では, 計算社会科学という学問領域が注目されつつある。これは, シミュレーション, ネットワーク分析のほかに大規模なバーチャルラボとしてオンライン実験を1つの方法論として重視して, 社会科学の諸問題にアプローチしようとする学問である。従来, ゲーム理論に基づいたプレイヤー間のインタラクションのある経済ゲーム実験を行う際には, 基本的には実験室によって行われてきた。しかし, 情報技術の発展にともない必ずしも実験室ではなくとも実験が可能な環境が整いつつある。特に, 昨今のコロナ禍においてラボ実験を実行することは非常に難しく, オンライン実験の重要性が改めて注目されている。本研究においては, Web で実行可能な経済ゲーム実験環境を用いて, 経済ゲーム実験をクラウドソーシングによって実施した。その結果, 800人以上の実験参加者を集めて, 本邦最大規模のインタラクションのある経済ゲーム実験を実施した。本報告においてはその概要およびそこから浮かび上がってきた課題を報告する。

**キーワード:** 経済ゲーム実験, オンライン実験, クラウドソーシング実験, 公共財ゲーム, oTree

## Economic Game Experiment in the Big Data Era: The Implementation of Large-scale Public Goods Game Experiments Using Crowdsourcing

AKIRA GOTO<sup>1,a)</sup>

Received: August 17, 2020, Accepted: February 2, 2021

**Abstract:** Recently, the academic field of computational social science has been attracting more attention. In addition to computer simulation and network analysis, this field of study approaches emphasizes online experiments for various social-science problems as a methodology that is taking place in a large-scale virtual laboratory. Traditionally, economic game experiments based on game theory have been conducted in the laboratory. However, with the development of information technology, there is an environment available that allows experiments to be conducted outside of the lab using individual devices. In particular, the recent COVID-19 epidemic has made it extremely difficult to conduct laboratory experiments. Thus, the importance of online experiments is attracting renewed attention. In this study, we crowdsourced economic game experiments using a web-based environment. As a result, we conducted one of the most extensive interactive economic game experiments in Japan, with more than 800 participants. In this paper, we report on the overview and the issues that emerged.

**Keywords:** economic game experiment, online experiment, crowdsourcing experiment, public goods game, oTree

### 1. はじめに

昨今では, 計算社会科学という学問領域が注目を浴びつ

つある。シミュレーション, ネットワーク分析のほかに大規模なバーチャルラボとしてオンライン実験を1つの方法論として重視して, 社会科学の諸問題にアプローチしようとする学際的な学問領域である [29]。従来, 社会科学における実験, 中でもプレイヤー同士のインタラクションがあるゲーム理論に基づいた経済ゲーム実験や, 実験的手法に

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University, Suginami, Tokyo 101-0062, Japan  
<sup>a)</sup> akiragoto@meiji.ac.jp

よって経済行動を解き明かそうとする実験経済学における実験を行う際には、実験室で行うラボ実験やフィールド実験、自然実験などが中心的な手法となっていた。ラボ実験はこの中でも理論モデルの検証やメカニズムの理解に適しており、フィールド実験や自然実験は因果関係の理解や高い外的妥当性を持っているといえる。この中でも、ラボ実験を行う際には、実験参加者にラボに集合してもらい、様々な意思決定課題を実施してもらうことが中心であった。しかし、情報技術の発展にともない、必ずしも実験室ではなくとも実験が可能な環境が整いつつある。

ここでいう経済ゲーム実験とは、主に公共財ゲームや独裁者ゲーム、最終提案ゲームに代表される個人的合理性と社会的合理性が一致しない社会的ジレンマや、オークションなどの複数のプレイヤーのインタラクションが生じる状況を扱う実験を指す。経済ゲーム実験は実験経済学や行動経済学、社会心理学、会計学<sup>\*1</sup>など様々な学問分野において、人間の協力傾向・利他傾向を明らかにしたり、社会的ジレンマの解決可能性を人間行動に基づいて検証するために用いられている。ほかに、オークション理論で説明される状況を現実の人間などに既存の経済学理論に対して、実際の人間行動に基づいた実証データを提供するためのために用いられている。

特に、実験経済学的手法は産業組織論、公共経済学、ファイナンス、オークションなど経済学を始めとする社会科学の様々な分野に応用され、それぞれの研究分野の発展に欠かせない実証的データ提供している [31]。いずれの領域においても厳密な環境で理論を検証することを目的とする場合には、実験室で実施するラボ実験が中心となることが多い。大学で実験を実施することが多いラボ実験の場合、実験参加者の確保のしやすさから学生が実験参加者となることが多いためにサンプリングバイアスが発生し、実験によって得られる知見の頑健性に課題が存在する可能性がある。

本稿においては、クラウドソーシングを用いたオンライン経済ゲーム実験の実践例について紹介し、ラボ実験の課題を克服するような実験の可能性について多面的に検討する。ラボ実験で行われているようなコンピュータを用いた実験の実施には実験参加者および実験刺激などの提示システムが必要となるが、情報通信技術を活用することにより、オンライン上で実験参加者を確保し、実験を提示することも可能である。たとえば、実験参加者の確保にはクラウドソーシングを用いて [30]、実験の提示には oTree という経済実験プログラムを用いることで [6]、オンライン上で実験実施可能な環境を構築し、クラウドソーシングによって幅広い実験参加者を得ることができる。これにより、世代別・収入別・居住地域別の特徴など、様々な社会経済的要因からの人間行動を明らかにすることが可能となる。

\*1 たとえば文献 [57] では、ゲーム理論を用いた実験を用いて、新たな会計制度設計・会計研究のあり方を検討しようとしている。

なお、本稿では、インターネットを用いるかどうかにかかわらず、実験室に実験参加者を集めて行う実験を「ラボ実験」と表記し、ラボ実験の中でもインターネットを用いて実施する実験を「オンライン実験」と呼ぶ。ラボ実験と同様に大学生などの特定の実験の参加者を集めて、オンライン上で実施する実験を「オンラインラボ実験」、クラウドソーシングを通じて一般の実験参加者を集めて実施する実験を「クラウドソーシング実験」と表記する。

### 1.1 クラウドソーシングとは

クラウドソーシングサービスとは、「群衆」を意味する“Crowd”と「委託」を意味する“Sourcing”をあわせた言葉であり、オンライン上で仕事を発注する個人・企業・組織と、仕事を請け負う個人をマッチングするサービスのことである。情報社会における新たな情報獲得手法の1つとして、注目を浴びている [30]。オンライン上で他者に発注することができるために、様々な実施形態が存在する。大きくは、画像判別やアンケートのようなすぐに行える「マイクロタスク型」、専門的な能力が求められ、複数人で実行する「プロジェクト型」、デザインなどの創造的な仕事で用いられる「コンペティション型」に分類される。

実験研究では、クラウドソーシングを用いることでより多くの実験参加者の確保が可能となる。先程の分類に従えば、多くの経済ゲーム実験で実施される内容はマイクロタスク型の課題に分類できる。従来の実験研究では、実験参加者の募集にかかるコストを考慮すると学生や企業の社員、もしくは地域の住人など組織や地理的条件に依拠した実験しか実施できなかった。これではサンプリングバイアスが発生し、データの偏りが生じている可能性もある。

しかしながら、情報社会の発展にともない、情報の獲得コストが低下した現在、クラウドソーシングなどを用いて組織や地理的条件に依拠しない方法による実験参加者の確保が可能である。クラウドソーシングを用いて実験が実施可能になれば、より幅広い社会経済的要因を持つ人々を対象として調査・実験を実施することが可能となり、一般化した議論の展開が期待できる。

### 1.2 経済実験プログラムの動向

他のプレイヤーとのインタラクションがない意思決定課題など、心理学領域で主に取り上げられる課題に関するオンライン実験は、jsPsych [9]、Psychopy [45]、Psytoolkit [48]、lab.js [19] によって開発可能であり、Qualtrics [50] や SurveyMonkey [56] などでも実行可能である<sup>\*2</sup>。

これらを用いれば、経済学の理論に基づいて設計した質問を行うことで、人々に価値を直接尋ねて評価をする表明選好を用いた実験は可能であり、クラウドソーシングを用

\*2 特に、インタラクションのないオンライン実験については文献 [32] に詳しい。

表 1 オンライン経済実験プログラムの比較  
Table 1 Evaluation of online economic experiment programs.

	基本開発言語	GUI	プログラム自由度	実験容易性	拡張可能性	モバイル対応	その他
oTree [6]	Python	-	◎	◎	◎	◎	多くのプログラムが公開
oTree Hub [43]	Python	◎	◎	◎	○	◎	有料サービスも存在
z-TreeUL [11]	C++	◎	◎	◎	△	◎	過去からの蓄積大
MobLab [37]	Unity など	◎	○	◎	△	◎	有料サービスが中心
SoPHIELabs [54]	PHP など	◎	○	◎	△	◎	有料サービスが中心
Breadboard [5]	Groovy, Gremlin	-	◎	◎	◎	◎	複雑なネットワーク型ゲーム可
LIONESS Lab [14]	JavaScript	◎	◎	◎	◎	◎	
nodeGame [4]	JavaScript (node.js)	-	◎	◎	◎	◎	
xee [18]	Elixir	◎	△	◎	△	◎	開発者が細かく対応

いた実験も一定程度は実施可能である。しかし、実際の行動から得られるデータに基づいて価値を評価する顕示選好法による実験、特に、公共財ゲームや独裁者ゲーム、最終提案ゲームのような自身の意思決定のみに本人の利益が決まるのではなく、複数プレイヤーの意思決定に連動して各プレイヤーの利益が決まるようなインタラクションのある経済ゲーム実験は先述のプログラムでは実行が容易ではない。

インタラクションのある経済ゲーム実験の実施には「インタラクションへの対応」が求められ、また、大量の実験参加者が負担なく参加できるオンライン実験を実施するには「ブラウザ上」で実行できることが求められる。さらに、オリジナルな研究を実施するためには「自由に実験を構築可能であること」が必要である。このような実験が実施可能なプログラムとしては、表 1 にあげたものが候補となる。

この表 1 においては、ISO/IEC 9126 を考慮しつつ、実際の実験上の運用をふまえて、ブラウザを用いて、オンラインでインタラクションのある経済ゲーム実験の実行可能な、2018 年度以降にも開発が進められているプログラムについて、基本開発言語、GUI、プログラム開発の自由度、実験容易性、拡張可能性、モバイル対応の観点から整理している。

基本開発言語とは、実験実施者が実験プログラムを構築する際に中心的に用いる言語のことを指す。機能を拡張するために補足する言語で用いられる言語や、実験プログラムの内部・背後で実験実施者には不可知な形で動作している言語のことは考慮していない。

項目 GUI では、実験を作成する画面が GUI であるか否かを示している。多くの言語において GUI 環境が整いつつあり、プログラミングに不慣れた実験実施者であっても、比較的容易に実験プログラムの開発が可能になりつつある。

プログラム自由度とは、プログラム開発者以外の実験者によるオリジナルな実験の実行がどの程度容易であるかを示している。xee を除き開発用ドキュメントも公開されており、比較的容易にオリジナルな実験を作成可能である。ただし、GUI を中心とした実験プログラムでは、実験の作成が容易であるものの、機能が制限されている場合には低

い評価としている。

実験容易性とは、実験の実施が容易か否かである。いずれのプログラムも URL の入力、ないしは URL の入力および ID の入力により実験の実施が可能であるように構築されているため、実験の実施は容易であると評価できる。

拡張可能性とは、様々な Web 技術の導入可能性について評価したものである。たとえば、5.1 節で紹介されるような技術を導入して、より実験参加者にフレンドリーな、ないしはより細かい分析が可能な実験を実施可能であるかどうかを評価している。

モバイル対応とは、スマートフォン・タブレットによる実験への参加が容易であるかどうかである。現在の端末の普及状況を考慮すると、必ずしもパソコンによる実験への参加を前提とせず、スマートフォン・タブレットによる実験の実施が可能であることが求められる。いずれのプログラムも基本的にはモバイルに対応している。

従来、経済ゲーム実験において標準的に広く使われてきた実験プログラムは、チューリッヒ大学で開発された“z-Tree”というプログラムである [12]\*3。このプログラムはインタラクションのある経済ゲーム実験を実施するには、GUI でプログラミング可能であるなど、非常に便利なプログラムであり、世界中の研究者が利用している。その反面、“z-leaf”という専用のクライアントアプリケーションが必要となる。このアプリケーションは基本的に Windows でしか起動しないうえに、通常のリ線では閉鎖されている可能性が高い特殊な通信ポートを用いているために外部との通信では難しいなどの課題が存在している。

しかし、現在は“z-Tree unleashed”と呼ばれるソフトウェアが開発されている [11] (以下 z-TreeUL)。これは z-Tree をブラウザ上で実施できるようにするプログラムである。実験プログラムの構築は z-Tree と同様に GUI で行われる。長い間の研究で積み重ねられてきており、様々な

\*3 ほかに ConG [44] などがある。ConG の開発を行っていたカリフォルニア大学サンタクルーズ校の Leeps Lab (UCSC LEEPS Laboratory) も oTree に移行しており [7]、すでに開発は終了している。

実験プログラムを構築可能であり、実験の実施も容易である。しかしながら、新たな JavaScript などによる外部のウェブツールとの連携は困難である。

Moblab [37], SoPHIELabs [54] は操作しやすいものの GUI で複数のテンプレートを組み合わせてプログラムを開発していくために比較的プログラムの自由度が低い。また、有料での利用が前提となっている。

Breadboard [5] は、単純な経済ゲーム実験にとどまらず、ネットワーク上での人間の相互作用実験を開発・実施するためのソフトウェアプラットフォームであり、柔軟なドメイン特定言語を使用して迅速に実験を設計可能である。ドメイン特定言語であるが、学習コストは大きくなく、プログラムは容易に可能であると考えられる。

LIONESS Lab [14] および nodeGames [4] は比較的新しい実験プログラムである。JavaScript ベースで実験プログラムを開発可能であり、実験の実施も容易である。また、JavaScript で開発されていることから様々な応用も期待できる。

xee は主に教育への活用を中心として日本国内で開発されている [18]。開発者が細かく対応しており、教育での利用について手厚いサポートを行っている。しかしながら、既存のゲーム実験モジュールを複数組み合わせることは可能であっても、新しいプログラムを開発することは難しく、現時点では研究に向けた実験には課題が残されている。

一方、oTree [6] は習得しやすく、広く利用されている応用可能性の高い言語である Python およびその Web フレームワークである Django をベースにしているために実験構築が比較的容易であると同時に、学習コストを小さく抑えることができ自由度が非常に高い。そのために、様々な経済ゲーム実験を自由に設計できるだけでなく、いわゆる Web で導入可能な技術は何でも利用可能であり、応用可能性が非常に高いといえる。

また、oTree のコードを CUI で作成するだけでなく、oTree Hub というプログラムを用いて、GUI により実験を作成することも可能である [43]。しかしながら、柔軟に入力形式を設計することが難しいと同時に、様々なウェブツールを導入する際にはコードを直接書き換える必要があるなど、GUI 上で完結させると自由度の高い実験は難しい。

本研究では、様々なプログラムの優位性を評価しながらも、多くの実験プログラムがオープンソースで公開されていること、無料サービスであり、個人で自由に拡張できること、学習コスト、実験当時の開発状況などを考慮して、oTree を用いた実験を実施した。

### 1.3 oTree とは

oTree (<http://www.otree.org/>) は経済学や市場調査、心理学や関連領域の行動実験を実施するために開発されたものであり、囚人のジレンマ、公共財ゲーム、オークション

などの多人数参加型戦略型ゲームに加えて、アンケートやクイズ、特に従来のアンケートソフトにはないカスタマイズや動的な機能を必要とするものを実施するために開発されたものである [6]。Python の Web アプリケーションである Django をベースに開発されており、これらの実験を実行しやすいように構成されている。

oTree が実験経済学や行動経済学、社会心理学や会計学などの実験を実施する社会科学領域に与えるメリットは、「インタラクションのある経済実験」を「ブラウザ上」で「自由に構築」できる環境を構築したことにある。さらに、一般的に広く使われている言語である Python および Django [10] をベースとしているために、比較的小さな学習コストで済むこともメリットが大きい。

oTree を用いた先行研究は多岐にわたっている。

海外においては、開発者グループだけでなく、様々な研究者により活発に開発・実験が行われている。バブルとバブルがない状況の均衡状態を持つ逐次市場を表すバブルゲームを実装したり [25]、気候変動に対するフレーミング効果とリスク選好および不確実性への態度の分析への応用が行われている [60]。また、メカニズムデザイン [46]、Equality Equivalence Test (平等性同値テスト) [22]、Crosetto と Filippin らによって開発されたリスク傾向を調査する爆弾危険度抽出課題 (Bomb Risk Elicitation Test) [8] を oTree に実装されたり [26]、リスク選好課題 [23] や時間選好課題 [52] の開発や、ファイナンス [1] への応用など多くの技術的發展が進められている。

一方国内では、oTree を用いた実験はほとんど行われていない\*4。しかしながら、インタラクションのある公共財ゲームを応用した協利行動の促進要因について検証するために用いられたい [15]、成果報酬を支払っていないために、実験経済学の方法としての課題が存在するが、会計コンテストが公共財ゲームにおける協利行動に影響を与えるか検証するために用いられているなど [21]、様々な研究が積み重ねられている。

その他、実験参加者にランダムで異なる順番で選択画面を提示したうえで、ある状況での監視をどの程度許容するか検討する実験 [16]、成果報酬の発生する仮想的状況の繰返し状況下において、どの程度情報を提供するか検討する実験 [17]、一部にはデセプションを用いているが、協力された者が協力した者ではない第三者に協力するというアップストリーム行動を説明する実験 [58] などで用いられている。

また、oTree を用いて研究室マッチングへの応用なども行われている [53] など、実験だけでなく調査や社会実装を

\*4 2021年2月13日現在、CiNiiにて“oTree”の検索結果は5件であり、Google Scholarで日本語のページに限定すると31件の検索結果が示されるが、oTreeを用いた実験に関する結果は9件であった。

含めて、国内においてもこれからの研究が積み重ねられることが期待される。

このように oTree を用いれば、ブラウザ上で実施可能な実験環境を構築することが可能である。ブラウザで実験を実施することができるのであれば、必ずしもラボ実験のように実験参加者を空間的に拘束することなく実験の実施が可能となる。そこで、新たな実験参加者のリクルーティング手法の候補となるのがクラウドソーシングである。

## 2. クラウドソーシングで実験をする際のメリットとデメリット

クラウドソーシング実験は Web フレンドリーな実験環境を構築できれば、いつでもどこからでも参加可能となる\*5。このことは実験研究に対して大きなメリットとなる一方でデメリットも存在する。ここでは、ラボ実験との対比を通じて、クラウドソーシング実験のメリットとデメリットを整理する。

### 2.1 メリット

クラウドソーシング実験は低コストで実験環境の構築が可能である、ラボ実験に比べて短時間で大量の実験参加者を集めて、小さな金銭的コストで実験を実施可能であることが圧倒的なメリットとなる。ほかにも、「空間」に縛られない実験が可能になる、幅広い社会経済的要因の影響の検討が可能になるなど、様々な可能性を生み出すことができる。

行動経済学や実験経済学で中心的に行われる複数の実験参加者が集まって、ラボにてコンピュータ上で実験に参加するような集団実験は、必ずしも多くの研究機関で行われているものではない。集団実験が実施可能な実験室が設置されている大学としては、大阪大学、京都大学、早稲田大学、同志社大学、関西大学、高知工科大学、北海道大学や玉川大学、京都産業大学、鹿児島大学、はこだて未来大学、明治学院大学、島根大学などがあげられる。しかし、いずれの実験室も施設整備に非常に大きなコストを費やされており、複雑なネットワーク構築が求められるなど実験環境構築は容易なものではない。

また、ラボ実験の実施には非常に大きなコストが掛かる。通常の大学生を対象とした実験においても金銭的・時間的コストは掛かるが、大学生ではない参加者を集めて実験を実施するにはより大きなコストが掛かることになる。ここでは、例として玉川大学で行われた一般サンプリング研究を取り上げる [61]。2012～2016 年にかけて実施された研究

では、一般家庭に約 18 万部のチラシを配布し、応募の意志を表明した 1,670 名の中から性別・世代のバランスを配慮した 600 名をもとに経済ゲーム実験・調査を実施した。この研究では fMRI などの生物学的情報までパネルデータとして幅広く取得しているが、金銭面・時間面で非常に莫大なコストが掛かっていることは間違いない。

一方、クラウドソーシング実験では、金銭面・時間面においても非常に小さなコストで実施することができる。後述のとおり、本研究の実施には合計で 12 時間程度しかかかっていない。実施中には必ずしも実験用サーバの監視をしていなくても構わないために、時間的なコストは小さく抑えることができる。さらに、実験参加者に支払う実験参加費は、用いるクラウドソーシングサービスに依存するが、1 人あたり数円単位から、多くても数百円前後となる\*6。したがって、ラボ実験よりも時間的・金銭的コストについては非常に効率的であるといえる。

さらに、「空間」に縛られないことにより、多種多様な地域の人とのインタラクションのある実験が可能となる。たとえば、戊辰戦争の地域戦でもある会津戦争以来、長州藩のあった山口県（特に萩市周辺）の住人と会津藩のあった福島県（特に会津若松市周辺）の住人はいまだに複雑な感情が残っているという [27]。果たして、そのような遺恨は現在も残っているのだろうか。そのような問題に対して、クラウドソーシング実験は行動面から明らかにできる可能性がある。たとえば、山口県の住人と福島県の住人をマッチングして公共財ゲームや独裁者ゲーム、最終提案ゲームや信頼ゲームといった経済ゲーム実験を行うことにより、実際に互いの向社会的行動について明らかにできる可能性がある。

また、ランダム化比較実験 (Randomized Control Test) の観点からは、従来のラボ実験よりも実験参加者を高度に無作為に割り当てることが可能になるともいえる。ラボ実験では実験参加者同士が知人同士である可能性もあるが、クラウドソーシング実験では知人同士がマッチングされる可能性は非常に低い。さらに、様々な社会経済的属性を有したプレイヤー同士によるプレイが可能になるために、属性についてもランダム化されたゲーム実験が可能となる。従来のラボ実験よりも高い匿名性を確保でき、より実験環境として適した側面もあるといえる。

あわせて、空間制約が存在しないことにより、必ずしも対面状況、ないしは他の実験参加者と近接した状況で実験をしなくてもよいことは大きなメリットである。経済実験を実施する際には、互いの素性が分からない匿名状況で実施することが多く、ラボ実験においても誰が参加している

\*5 ブラウザ上で経済ゲーム実験を実施可能な環境を構築すればラボ実験も実施可能である。最小構成としてブラウザがインストールされている端末とサーバが最低限必要なものとなる、z-Tree を利用する際のように Windows 端末を用意するよりも容易にラボ環境を構築することが可能である。実際にはスマホでも実験の実施が可能であるため、授業中に教育目的の実験の実施も可能である。

\*6 より多く報酬を支払うことも可能である。一方で、他のタスクが 1 人あたり数円単位の報酬で行われている中で、数千円単位の報酬を支払うとクラウドソーシング市場を崩壊させてしまう危険性もあるため、報酬の設定には課題が存在する。

か分からないように個人ごとに間仕切りがあるような状況での実施が基本となる。しかし、クラウドソーシングで実験を実施する際には日本全国から実験参加者を募集可能であるために参加者同士が対面状況にある蓋然性は低く、匿名状況での実験を容易に実現可能であると考えられる。

また、実験参加者はどこからでも参加できるのであれば、このコロナ禍においてもラボに実験参加者を集めることなく実験を実施することができる。したがって、安定して継続的に実験を実施することが可能となる。このように、オンライン実験によって空間的距離を乗り越えることができるならば、実験研究は新たな可能性を広げることが可能となる。

クラウドソーシング実験は昨今では急激に増加していることも事実である。特にクラウドソーシングの発達が著しい海外では、Amazon Mechanical Turk (<https://www.mturk.com/>、以下 MTurk) を用いた経済ゲーム実験は労働市場 [24] や、独裁者ゲーム [2] など、比較的シンプルなものも多く実施されているものの、公共財ゲームのようなインタラクションが複雑な経済ゲーム実験は後述のデメリットの観点から必ずしも多く実施されているわけではない。

しかしながら、Arechar らは第三者処罰なし/あり公共財ゲーム実験を、大学生を対象としたラボ実験および MTurk を用いたクラウドソーシング実験として実施し [3]、処罰なし条件において大学生を対象としたラボ実験に比べて、クラウドソーシング実験の方が平均貢献額が高いものの、大学生の方が貢献しないという先行研究と一貫した結果であること、処罰あり条件においてラボ実験もクラウドソーシング実験も同様に平均貢献額が増えていることから、クラウドソーシングを用いた実験は十分に信頼に値すると指摘している。

以上のことから、クラウドソーシング実験は十分なメリットを有していると考えられる。

## 2.2 デメリット

オンラインを用いたラボ実験においては、基本的に一般的に行われている実験をブラウザ上で実行可能であるように移植しただけであるために、従来と同じように実験ができる。すなわち、ラボ実験の範疇においては通常の実験研究と変わらずに実験可能であるためにデメリットはほぼ存在していない\*7。

一方、クラウドソーシングを用いて大規模に実験参加者を募って実験するには様々なデメリットも存在する。森

はルールを理解、報酬支払、参加者間の相互作用が課題になることを指摘している [39]。ここでは異なる観点として実験環境の統制困難性、途中離脱、実験参加者の回答行動の不確実性の増大という3点に着目する。

第1に、実験環境の統制困難性とは、実験参加者がどのような状況で実験に参加しているかどうかが分からないということの意味する。たとえば、自宅の自宅で答えている可能性もあれば、電車の移動中などに回答している可能性もある。小数の実験参加者を対象とするのであれば、1人1人の環境をビデオカメラなどで確認することは可能かもしれない。しかしながら、大規模に数百人単位で実験参加者を募るのであれば各個人の実験参加者の環境を確認するには大きなコストがかかる\*8。

同時に、実験参加者の現在置かれている状況を確認することはプライバシーの問題にも関わるために容易な問題ではない。また、大規模に実験を実施するのであれば、現実問題として各自が保有している端末で実験に参加してもらうことになる。したがって、どのような端末を用いて実験に参加しているかをコントロールすることも困難である\*9。ただし、文献 [33]、[34] においては、心理学領域で明らかにされてきた意思決定のバイアスなどに関する研究が、クラウドソーシング条件においても検証されたこと、日本国内のクラウドソーシングを用いても同様の結果が得られることが示されていることから、タスクの性質によっては、端末の影響は小さいと考えられる。

第2に、途中離脱とは実験参加者が途中で実験を中止してしまうことである。実験参加者間でインタラクションのある実験を実施するためには、途中離脱は大きな障壁となる。途中離脱は主に2つの側面が存在する。1つは意図的な途中離脱であり、もう1つは非意図的な途中離脱である。意図的な途中離脱とは、実験結果が気に入らなかつたり実験に飽きてしまい、クラウドソーシングによる課題の実施による報酬を諦めたなどの場合があげられる。一方、非意図的な途中離脱とは急な用事による退出やネットワーク不良によってインターネットに接続できなくなる状況があげられる。

通常の実験・調査においても無回答バイアスを引き出す

\*8 実験環境の統制困難性から、1人のユーザがクラウドソーシングサービスに複数アカウントで登録することによる同一人物による複数回参加が懸念されるかもしれない。しかし、クラウドソーシングサービスでは回答の品質を保証するために、アカウントの不適切な運用を行うユーザを排除したり、外部サービスのアカウントと1対1対応を行っているために、一定程度の対応はなされていると考えられる。たとえば、Yahoo!クラウドソーシングでは現在ではPayPayのアカウントと1対1対応で紐付けられている。また、技術的にはIPアドレスを取得して、同一IPアドレスのデータを削除するといった対応も可能であるが、同一人物による複数回参加の完全な排除をできない点が本手法の限界であるとも考えられる。

\*9 利用するクラウドソーシングサービスによっては、回答端末を限定することも可能である。しかしながら、実験への参加端末を完璧に統制して、同一の機種に限定した参加を認めることは難しい。本研究の射程を超えるが、端末間での行動の差異についても改めて検討する必要があるであろう。

\*7 z-Tree は基本的にはキオスクモードで実行される。キオスクモードとは、PCの機能を制限して特定の機能しか操作できない状態であり、z-Tree では実験にかかわらない他のアプリを実験中に表示できないようにすることができる。これについてはブラウザ依存の機能ではあるが、たとえばGoogle Chromeを用いると同様にキオスクモードを利用可能である。

という意味で途中離脱は問題となるが、経済ゲーム実験のようなプレイヤー同士のインタラクションのある実験においてはまた異なる問題を引き起こすことになる。たとえば、3人グループで公共財ゲーム実験などを行った場合、1人でも途中離脱をしてしまった場合には、他の2人の進行も強制的に止められてしまい、その2人分のデータも分析対象にできないことにもなる。また、強制的に進行を止められたプレイヤーは自身の意図にかかわらずに実験を終了させられたことに不満を抱き、今後の同じ実験実施者や、他の実験実施者が実施する同様の実験への参加モチベーションが低下する恐れがある<sup>\*10</sup>。したがって、1. 極力、途中離脱を抑制すると同時に、2. 同じグループ内の実験参加者が途中離脱をしたとしても、他の実験参加者は実験を継続できるような環境を構築しなければならない。

途中離脱の問題に対する完璧な対応は非常に困難である。しかしながら、一定程度の対応は可能であろう。その方策の1つが時間制約とランダムボットの導入である。

時間制約とは、1つの意思決定画面において一定の時間制約を設けることである。一定時間に意思決定がなされなかった場合には、ランダムボットを機能させることになる。ランダムボットとは一定時間が経つと適当な回答をすることでゲーム実験を進めるためのシステムを指す。これにより、インタラクションのあるゲームにおいて、途中で同じグループであった実験参加者が途中離脱をしたとしても途中で中断することなく、最後まで実験を続けることが可能となる。実際に分析をするときには途中離脱者データを抜いてそのまま分析を行う、途中離脱者データを抜いたうえでグループ単位では離脱者ありグループダミー変数を設定して分析をする、欠損値補完をするなどの対応策が考えられる。

第3に、回答行動の不確実性とは、説明文を読み飛ばすなど、実験参加者が調査の際に応分の注意資源をさこうとしない回答行動である Satisfice 問題（努力の最小化問題）が発生する可能性が存在することである。いわゆるウェブ調査に比べて、クラウドソーシングユーザの方が努力の最小化問題が抑制されている可能性も示唆されているが [35], [36], 内容を正確に理解されなければ、実験の精度が下がってしまうことになるために少しでも対応策を検討しておくことが必要となる。

## 2.3 本研究で構築した実験システム

本節においては、本研究で構築した実験システムの概

<sup>\*10</sup> MTurk などの一部のクラウドソーシングサービスに見られる「タスク発注者（実験実施者）とタスク実施者（実験参加者）」間の相互評価による問題も存在する。他者の途中離脱により、参加者が実験を十分に実施できないことによる不満感および報酬を十分に得られないことから、実験参加者から低い評価を与えられる可能性もある。また、相互評価が可能であることは相互評価がメタゲームとしての役割を果たしてしまい、実験として提示しているゲームとは異なったインセンティブ構造のあるゲーム状況につながる恐れがあるために、十分な配慮が必要となるであろう。

要とフローを示すとともに、oTree を用いた実験に向けたサーバ構築の概要について述べる。

### 2.3.1 実験システムの概要とフロー

本研究の実施にあたり、図 1 に示した枠組みでの実験を実施した。第1フェーズでは、Yahoo!クラウドソーシング<sup>\*11</sup>の登録者に対して、実験実施の告知を行い、実験参加者を募った。続いて、第2フェーズでは、実験の参加を希望する者はクラウドソーシングの該当ページから、各個人によって異なる URL を通じて、実験サーバにアクセスした。第3フェーズとして実験の終了画面には「キーワード」を表示している。そして、第4フェーズではクラウドソーシングの画面上でキーワードの入力を求めた。このキーワードの入力を設けることで、実験に参加せずに不当に参加報酬を得ようとする者を排除できるようにした。そして、第5フェーズとしてキーワードの入力に成功した実験参加者には参加報酬を付与した。さらに、すべての実験参加者の実験が終了した後に、第6フェーズとして各個人の実験結果に応じた成果報酬を支払っている。

なお、第2フェーズおよび第5フェーズの段階で個人の識別が可能な数字列による ID を取得しており<sup>\*12</sup>、任意のユーザにタスクを課すホワイトリスト機能を応用することで、各個人の実験結果に応じた成果報酬を事後的に支払うことが可能となる。

### 2.3.2 実験用サーバの構築

実験環境は oTree を用いて構築しており [6], サー



図 1 実験システムの概要図

Fig. 1 Schematic diagram of experimental system.

<sup>\*11</sup> なお、今回はコスト、個人 ID の管理容易性、操作容易性から Yahoo!クラウドソーシングを用いて実験システムを構築した (<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>)。国内にはほかにもクラウドワークス (<https://crowdworks.jp/>) やランサーズ (<https://www.lancers.jp/>) など様々なクラウドソーシング業者があるが、これらの業者間による差異の評価は今後の課題である。

<sup>\*12</sup> この ID は Yahoo!ID と連結されているが、あくまでも Yahoo! 内部での取扱いとなっている。したがって、タスク発注者は Yahoo!ID と数字列による ID を連結することができず匿名加工情報として獲得しているため、個人情報には該当しないと考えられる。

バには Amazon 社が提供する Amazon EC2 を用いた (<https://aws.amazon.com/jp/ec2/>). これによりスケーラブルな対応が可能であり実験実施時にはスペックの高いプランで運用し, それ以外のときにはスペックの低いプランで運用するといったコスト削減が可能になる, 本実験時には c4.2xlarge プラン (仮想物理コア: 8 コア, メモリ 15 GB, 0.504 USD/時間, 当時) を用いた.

また, サーバには Windows サーバを用いて構築した. oTree をインストールするにあたり, Python [49], PostgreSQL [47], Redis [51], Visual C++ [59] をあわせて導入した.

## 2.4 目的

クラウドソーシング実験は複数のデメリットを抱えつつも, それを超えたメリットも十分にあると考えられる. 特に昨今のコロナ禍においてはラボ実験を実施し難い環境にある. オンライン実験にとどまらず, 一般の実験参加者を大量にかつ安価に確保可能なクラウドソーシング実験はニーズが高まることは間違いなく, 経済ゲーム実験にかかわらず, 社会科学における実験研究を継続するためには重要な手法であることは間違いない.

本稿の目的は, 情報システムの有効な活用事例として 2.3 節に示した実験システムを整備することで, クラウドソーシングを用いて多くの実験参加者を確保し, インタラクションのある経済ゲーム実験が実行可能であることを示すことにある. 本研究においては公共財ゲームに着目し, 実行可能性を検証すると同時に, 課題となる途中離脱の傾向および途中離脱が与える影響についても検討する. 海外では MTurk を用いた実験が様々積み重ねられているが, 基本的に MTurk は英語圏のタスクが中心であり, 日本人の登録者はほとんどおらず, 国内ユーザを対象とした実験を行うことはできない. また, その他のクラウドソーシングサービスであっても, インタラクションのある実験は日本国内においてはそのような事例はほとんど行われていない. そこで, 本研究では国内においても適切な実験システムを整備することで, クラウドソーシングを用いて日本最大級の規模のインタラクションのある経済ゲーム実験を低コストで実行可能であることを示すことを目的とする. 特にスケーラブルな対応が可能である Amazon EC2 を用いているために, 実質的には日本最大級のオンライン実験環境を構築したことにもなる.

そのうえで, 実践などをふまえて, 今後のオンライン上における経済ゲーム実験の実施に向けた技術的課題の解決可能性と研究の応用可能性について検討することとする.

## 3. 方法

### 3.1 実験・調査内容

実施した公共財ゲームは初期保有額が 5 ポイントである 3 期繰返し 3 人プレイヤー条件であり, グループ  $j$  に所属す

るプレイヤー  $i$  の獲得額を  $\pi_{ij}$  として, 貢献額  $C_{ij}$ , グループ全員の貢献額の合計を  $\Sigma C_j$  とすると各期におけるプレイヤーの効用関数は以下のとおりである.

$$\pi_{ij} = 5 - C_{ij} + 2/3 * \Sigma C_j$$

実験参加者には, 参加報酬に加えて, 各回の獲得額の合計ポイントに応じた成果報酬を付与した.

その他, アンケート項目における途中離脱傾向を検討するために複数のアンケートを実施した. ここでは主に数学的な認知能力を検証する認知熟慮テスト [13]. 個人の合理的思考と感情的直感の傾向を調査するための情報処理スタイル尺度短縮版 [41], パーソナリティを表現する際に用いられる 5 つの因子である BIG-5 を TIPI-J [42] を用いて取得した. および社会経済的要因として性別・居住都道府県・個人年収・結婚・子どもの有無を調査し, 反応時間もあわせて取得した<sup>\*13</sup>.

具体的なページ遷移は以下のとおりである. はじめに, 1 ページ目として実験参加の意思を確認するページを用意したうえで, 2 ページ目で実験の説明を行い, 3 ページ目では公共財ゲームにおける貢献額を決定し (A), その結果が次のページに表示されることになる (B). 今回は特に 3 期繰返し条件として実施したため, A と B が 3 回繰返されることになる. なお, 実験の説明画面には 180 秒の時間制限を, A と B はいずれも 30 秒の時間制限を設定している. 続いて認知熟慮テスト [13], 情報処理スタイル尺度 [41], BIG-5 [42] に関するアンケートページ, 性別・年収などの社会経済的要因に関するアンケートページの順で配置した. そして, 最後にキーワード表示の画面としている<sup>\*14</sup>.

### 3.2 実験参加者

実験は Yahoo!クラウドソーシングを用いて, 3 つの Wave に分けて実施した. いずれの Wave においても 3.1 節で記述した一連の実験を異なる実験参加者を対象に実施している. Wave1 は 2018 年 6 月 6 日 14:00~17:55 (回答者 284 人/募集者 300 人, 終了率<sup>\*15</sup> 94.6%), Wave2 は 2018 年 6 月 6 日 23:00~6 月 7 日 03:10 (261 人/300 人, 87.0%), Wave3 は 2018 年 6 月 7 日 17:00~23:40 (294 人/300 人,

<sup>\*13</sup> 本研究と類似した項目を取得している研究として, 文献 [28] がある. この研究では BIG-5 および情報処理スタイル尺度正規版などを取得しており, いずれも影響を与えなかったことが示されている.

<sup>\*14</sup> このキーワードは oTree 上の画面に表示したうえで, Yahoo!クラウドソーシング上の画面に入力するように求めている. そして, このキーワード入力に成功しないと, 実験参加者には成果報酬が付与されないことになる. また, 実験してから約 1 カ月後に, 公共財ゲームにおける意思決定に応じた成果報酬を付与しており, 総額で 65,347 円の費用がかかっている. なお, Yahoo!クラウドソーシングの仕様変更により, 実験実施当時は T ポイントが付与されていたが, 2020 年 3 月からは PayPay ボーナスイトに変更されている.

<sup>\*15</sup> ここでの終了率は回答者÷募集人数により算出したものである.



98.0%)であった。公共財ゲーム実験の実験画面には総勢で839名がアクセスし、最後のキーワード入力までは790名(平均年齢42.9歳, SD = 9.63), 男性473名(平均年齢44.2歳, SD = 41.18), 女性316名(平均年齢41.2歳, SD = 9.64)および性別無回答1名が終了した\*16。

### 3.3 分析方法

はじめに、実験参加者の離脱状況について記述統計量を中心に確認する。さらに、今回の実験の結果についても分析を行う。

今回の実験は保有額に対して、どの程度を貢献するのかを分析するものであるために、一種の比率データ(割合データ)であるといえる。したがって、誤差が正規分布に従わず、分散が均一的ではないと考えられること、さらに応答変数において上下限が存在していることから、ロジスティック回帰分析を用いることとする。さらに、1人の実験参加者から複数期(第1期から第3期)のデータを取得しているものであると考えられることから、一般化線形混合モデルのロジスティック回帰分析モデルによって適宜分析を行うこととする。

## 4. 結果

### 4.1 実験参加者の離脱状況について

認知熟慮テストのページ以前で離脱した実験参加者が60名、情報処理スタイル尺度のアンケートページで離脱した実験参加者が1名、およびBIG-5に関するアンケートページで離脱したプレイヤーが4名で合計65名である\*17。離脱者の9割以上が認知熟慮テストのページ以前で離脱しており、その多くが公共財ゲーム実験で離脱したものと推測される。すなわち、途中離脱が頻発されると予想されていた公共財ゲームを乗り越えることができれば脱落者が非常に少なくなり、多くの実験参加者が最後まで解答すると考えられる。また、全体を通じて実験に参加した人数に対する途中離脱をした人数の割合は(途中離脱をした65人)÷(最初に実験に参加した839人) = 約7.7%であった。さらに同じグループのメンバが離脱したことでグループとして成立せず、データとして利用しないこととした人数は155人であった。なお、今回の実験参加者については同一IPアドレスからの複数アクセスは確認できなかった\*18。

したがって、以下では、(途中離脱をした65人+途中離脱

をした人と同じグループであった90人+性別無回答者1名 = 156名)÷(最初に実験に参加した839人) = 約18.6%を除いた684名(平均年齢42.8歳, SD = 9.59), 男性406名(平均年齢43.9歳, SD = 9.49), 女性278名(平均年齢41.01歳, SD = 9.51)を分析対象とする。

### 4.2 記述統計量

記述統計量は表2に示している。全般的な傾向としては30代~40代が回答のボリューム層として厚いこと、および平均年齢が日本全体の平均年齢に比べて7歳ほど下回っていることが示されている。また、今回の実験では男性の実験参加者が多かったが、女性の回答の方が多かったという結果を得られたこともあり、タスクを掲載した時間や曜日、同時に掲載されるタスクの内容や獲得可能なポイントなど、その場の状況に応じた回答者集団が大きく異なる可能性がある。

### 4.3 実験の結果に基づく分析

続いて、これらの結果に基づいた分析結果を端的に示す。表3には分析結果を示しており、表内の()内には標準誤差を示している。Model 1およびModel 2では第1期目における貢献額を応答変数としている。Model 1では外向性が高い人ほど公共財ゲームにおいて貢献していること、一方で直感性スコアが高い人および勤勉性傾向が高い人ほど公共財ゲームにおいて協力していないことを示している。また、社会経済的要因に着目すると、中国地方の人および子どもがいる人ほど協力していることが示されている。BIG-5における外向性の定義を考慮すると、妥当な結果であると考えられる[42]。一方、Model 2はModel 1に加えて公共財ゲームにおける反応時間を説明変数として追加したものである。この結果は、Model 1に加えて公共財ゲームにおける反応時間が長い人ほど、協力行動を行っていることが示されている。この結果は、直感的ではない人(=直感性スコアの低い人)が協力しているという結果と整合的であるといえる。

続いて、Model 3およびModel 4では全期における貢献額を応答変数としている。Model 3においては期を経るにつれて貢献額が増えていることを示しているものの、勤勉性以外の貢献額への影響がなくなっていることが示されており、Model 4では反応時間の影響は残っているものの、それ以外については影響が消えてしまっていることが示されている。

### 4.4 まとめ

本研究においては、クラウドソーシングを用いてインタラクションのある経済ゲーム実験を実施した。クラウドソーシングを用いることで、2日間で839名の実験参加者を集めることができたが、そのうち、おおよそ7.7%にあ

\*16 なお、実験は多摩大学における研究活動および公的研究費に関する行動規範、ならびに明治大学研究者行動規範に従って実施した。

\*17 oTreeの現行バージョンは3.2であるが(2020.11.22現在)、バージョン2.4よりGDPR(General Data Protection Regulation: 一般データ保護規則)への対応を目的としてIPアドレスの取得ができなくなっている。

\*18 公共財ゲームについては時間制約を設定しており、時間が来ると自動的に3ポイントを貢献するように設定しており、どの段階で途中離脱をしたのか実験者側で判定することが困難であった。そのために、公共財ゲームの次の画面である認知熟慮テストでの離脱状況として一括して評価することとする。

表 2 記述統計量  
Table 2 Descriptive statistics.

	n	mean	sd
3期全体貢献額	2,052	2.79	1.261
第1期貢献額	684	2.58	1.353
第2期貢献額	684	2.90	1.157
第3期貢献額	684	2.91	1.236
3期全体反応時間(秒)	2,052	18.93	14.32
第1期反応時間	684	18.55	11.44
第2期反応時間	684	19.38	15.26
第3期反応時間	684	18.87	15.89
情報処理スタイル尺度			
合理性	684	38.26	8.84
直感性	684	34.37	7.49
Big-5			
外向性	684	6.90	2.66
協調性	684	9.37	2.262
勤勉性	684	7.46	2.586
神経質傾向	684	8.73	2.48
開放性	684	8.06	2.52
認知熟慮テスト正答数	684	1.21	1.10
年齢	684	42.8	9.59
年代	n	%	
10代	5	0.7%	
20代	47	6.9%	
30代	186	27.2%	
40代	298	43.6%	
50代	115	16.8%	
60代以上	33	4.8%	
性別			
男性	406	59.3%	
女性	278	40.6%	
個人年収			
不明	84	12.2%	
無収入	75	11.1%	
1–200万	185	27.0%	
200–400万	124	18.2%	
400–600万	108	15.7%	
600–800万	61	9.0%	
800–1,000万	24	3.4%	
1,000万–	23	3.4%	
地域			
北海道	18	2.6%	
東北	36	5.2%	
関東	281	41.0%	
中部	109	15.9%	
近畿	124	18.2%	
中国	31	4.7%	
四国	19	2.8%	
九州	66	9.6%	
未既婚			
未婚	333	48.8%	
既婚	351	51.2%	
子の有無			
子なし	392	57.4%	
子あり	292	42.6%	

る65名の途中離脱が生じた。

これにより、同じグループのメンバが離脱したために、データとして利用しないこととした人数は156人に上り、その割合は(データとして利用しないこととした156人)/(最初に実験に参加した839人) = 約18.6%、最後まで参加した人数をベースに検討すると(データとして利用しないこととした156人)/(最初に実験に参加した790人) = 約19.7%にも及ぶものとなった。

途中離脱の状況を評価すると、文献[36]では調査会社モニタにおいては7,993件中2,336件(約29.2%)、クラウドソーシングモニタにおいては1,379件中168件(約12.2%)、さらに大学生を対象としたオンライン調査176件中29件においては(約16.5%)の途中離脱が観察されているという。また、同一条件ではないために単純比較は困難であるが、公共財ゲームを用いて協力行動の促進を検討した研究においては[15]おおよそ19.7%の離脱率が、文献[3]では、公共財ゲームの3期目の時点でおおよそ15%ほどの離脱が観察されていた。また、同時期には「平成30年通信利用動向調査」が行われており[55]、郵送によって調査票を配布のうえで、郵送またはオンラインによる回収を行っているが、有効回収率は41.3%に過ぎなかった。

実験条件が異なるため、一概には評価が困難であるが、他のオンラインアンケートと比較すると特段に途中離脱が多いものではなかったと考えて差し支えないだろう。ただし、同じグループのメンバが離脱したために、データとして利用しないこととした人数まで考慮すると、必ずしも優れているわけではない\*19。

もちろん、途中離脱を抑制した方が、無回答バイアスを回避することができる。したがって、途中離脱を抑制するための方策を検討する必要がある。同時に、途中離脱は避けられないものとしたシステム構築も必要であろう。一定程度の途中離脱が生じたとしても、同じグループの実験参加者が最後まで実験をできるように自動的に回答するボットなどの仕組みを整備しておく必要がある。

実験自体の結果に着目すると、第1期目における行動と繰り返し全体を通じた行動に影響を与える要因は必ずしも一致するとは限らないこと、ただし、今回の実験では反応時間が長いほど協力する傾向にあることなどが明らかとなった。また、BIG-5や情報処理スタイル尺度は複数回を通じた実験では影響を与えないが、第1期目に限れば影響を与えることが明らかとなった。

\*19 ただし、ある程度の実験参加者の離脱によりデータとしての偏りを抑制できている可能性もあるであろう。協力しない傾向にある人が途中離脱しているなど、実験から離脱をする実験参加者が一定程度の特徴を有していたとしても、そのような人と同じグループでマッチした人が同じような傾向を有しているとは限らないため、Missing Not At Randomであったデータが、ランダムマッチングが行われた結果としてMissing At Random、ないしはMissing Completely At Randomとして取り扱うことが可能となっている可能性もある。

表 3 貢献額に関する分析結果  
Table 3 Analysis for contribution.

	Dependent variable:			
	第一期目の貢献額		全期における貢献額	
	Logistic		GLMM	
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Constant	2.072* (1.515)	1.823 (1.518)	1.484 (1.545)	1.388 (1.548)
反応時間		1.012*** (1.003)		1.008*** (1.002)
期			1.158*** (1.026)	1.154*** (1.026)
情報処理スタイル尺度				
直感性スコア	0.986*** (1.005)	0.986*** (1.005)	0.993 (1.005)	0.993 (1.005)
合理性スコア	0.998 (1.005)	0.997 (1.005)	0.999 (1.005)	0.999 (1.005)
BIG-5				
外向性	1.033** (1.015)	1.031** (1.015)	1.018 (1.016)	1.017 (1.016)
協調性	1.000 (1.018)	0.998 (1.018)	1.015 (1.018)	1.011 (1.018)
勤勉性	0.958*** (1.016)	0.958*** (1.016)	0.962** (1.017)	0.963** (1.017)
神経質傾向	0.985 (1.017)	0.983 (1.018)	0.991 (1.018)	0.989 (1.018)
開放性	1.020 (1.017)	1.029 (1.018)	1.010 (1.018)	1.016 (1.018)
CRT スコア	1.022 (1.034)	1.030 (1.035)	1.029 (1.036)	1.033 (1.036)
性別変数				
参照点：男性				
女性ダミー	0.919 (1.089)	0.911 (1.089)	0.910 (1.092)	0.905 (1.093)
年齢	0.998 (1.004)	0.996 (1.004)	0.997 (1.004)	0.996 (1.004)
地域変数				
参照点：関東				
北海道ダミー	1.410 (1.253)	1.398 (1.253)	1.282 (1.260)	1.280 (1.260)
東北ダミー	1.040 (1.175)	1.006 (1.176)	1.179 (1.181)	1.144 (1.182)
中部ダミー	1.012 (1.110)	1.010 (1.110)	1.008 (1.114)	1.003 (1.114)
近畿ダミー	0.871 (1.103)	0.855 (1.104)	0.883 (1.107)	0.872 (1.107)
中国ダミー	1.499** (1.191)	1.451** (1.192)	1.232 (1.193)	1.208 (1.194)
四国ダミー	1.305 (1.242)	1.303 (1.243)	1.252 (1.251)	1.225 (1.252)
九州ダミー	1.136 (1.133)	1.114 (1.134)	1.078 (1.137)	1.078 (1.138)
個人年収変数				
参照点：4–6 百万				
無収入ダミー	1.049 (1.160)	1.063 (1.160)	1.089 (1.167)	1.098 (1.167)
1–2 百万ダミー	0.910 (1.126)	0.928 (1.127)	0.944 (1.132)	0.958 (1.133)
2 百–4 百万ダミー	0.951 (1.131)	0.947 (1.131)	0.965 (1.135)	0.959 (1.136)
6 百–8 百万ダミー	1.003 (1.159)	1.004 (1.160)	1.089 (1.165)	1.085 (1.166)
8 百–10 百万ダミー	1.310 (1.235)	1.279 (1.236)	1.384 (1.242)	1.344 (1.243)
10 百万以上ダミー	0.977 (1.237)	1.011 (1.238)	0.895 (1.246)	0.882 (1.247)
個人年収不明ダミー	0.975 (1.144)	0.973 (1.145)	1.091 (1.150)	1.091 (1.150)
結婚変数				
参照点：未婚者				
既婚者ダミー	0.925 (1.111)	0.902 (1.111)	1.027 (1.115)	1.003 (1.115)
子ども変数				
参照点：子どもなし				
子どもありダミー	1.287** (1.112)	1.306** (1.112)	1.135 (1.115)	1.152 (1.116)
Observations	684	684	2,052	2,052
Log Likelihood	–1,179.271	–1,171.944	–3,150.404	–3,143.103
Akaike Inf. Crit.	2,412.543	2,399.889	6,360.808	6,348.206
Bayesian Inf. Crit.			6,529.692	6,522.720

Note:

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

特に、反応時間と貢献額の間には正の相関が認められたことは、熟慮が協力的行動を促している可能性を示唆している。また、Model 1 と Model 3 をあわせて考慮すると、情報処理スタイル尺度における直感性スコアが高い人は利己的である一方で、合理性スコアが高い人は熟慮をするという過程を経ることによって協力的行動を行っているとも考えられる。この点については様々な議論があるために、精査を重ねる必要がある。

しかし、本研究の最も大きな意義の1つは、国内で最大級の経済ゲーム実験のオンライン実験環境かつクラウドソーシング実験環境を構築し、実験を実施できたことにある。国内におけるクラウドソーシングを用いた800名規模のインタラクションのある経済ゲーム実験は試みられていない。したがって、本研究は、本邦における最大規模のインタラクションのあるクラウドソーシング実験の試みとして、一定の価値があると考えられる。本研究で示したクラウドソーシングを用いた経済ゲーム実験研究の可能性は、特にこのコロナ禍で経済ゲーム実験を試みる社会科学者に対して新たな実験方法を示唆するものになると考えられる。

## 5. ディスカッション

本研究で用いた oTree は海外での研究目的の実績も積み重ねられており、十分に実験に耐えられるプログラムとして構築されている。さらに、oTree は先述のとおり、Web アプリケーションとして動作するためにブラウザ上で経済ゲーム実験の実施が可能であるために、ラボ実験や遠隔地間の実験を容易に実施可能とするプログラムであるといえる。さらに、英語圏でのクラウドソーシングの1つである MTurk と API 連携をしているために、クラウドソーシングを志向した経済ゲーム実験プログラムでもある。

このプログラムを利用することによって、ラボ実験を実施するもよし、学生をリクルートしてオンラインラボ実験を行うもよし、さらに本研究のようにクラウドソーシング実験を実施することも可能である。

さらに、様々な Web 技術を用いて多様な側面から実験参加者の行動を明らかにすることが可能となる。ただし、クラウドソーシング実験の実施には本研究でも 2.2 節で検討した「途中離脱」の問題が大きく残っており、特に、抑制できる可能性のある意図的な途中離脱をいかに抑制するかが課題となる<sup>\*20</sup>。

本章においては oTree を用いることで可能となる Web 技術の利用およびラボ実験とオンライン実験のコラボレーション、そして実験研究の「ビッグデータ化」という観点から、今後の課題を明らかにしたい。

<sup>\*20</sup> また、クラウドソーシング実験におけるインセンティブ構造のコントロールにより、途中離脱の抑制を行うことも可能であろう [40]。しかしながら、インセンティブ構造をコントロールすることは実験における意思決定自体にも影響を与える恐れがあるため、より慎重な検討が必要である。

### 5.1 Web 技術の導入可能性

ブラウザで実行可能なプログラムによる実験を行うことで、Web に導入可能なツールを導入できる可能性がある。ツールを適切に用いることで、新たなデータを確保したり、今回の実験で生じた途中離脱の問題を解決できる可能性がある。以下には3つのツールをあげる。

第1に、Web 解析ツールがあげられる。たとえば、mouseflow というツールでは実験参加者がどのように画面を動かしたり、クリックをしていたのか記録することができる (図 2, <https://mouseflow-jp.com/>)。また、あわせて IP アドレスなども取得できるために、誤って同じ URL に違うユーザがアクセスしてしまうなど、想定外な事象が生じたとしてもデータをスクリーニングすることが可能になる。

第2に、可視化ツールがあげられる。可視化によるフィードバックはナッジの観点からも、実験参加者の途中離脱の防止へとつながる可能性がある。実験結果の可視化のためには highcharts などを導入することができる (図 3, <https://www.highcharts.com/>)。ほかにも可視化ツールは存在しており、目的に応じて様々なツールを導入することが可能である。

第3に、インタラクティブチュートリアルシステムがあげられる。インタラクティブチュートリアルシステムとは、Web 上でユーザがクリックなどを行うことにより、チュ-

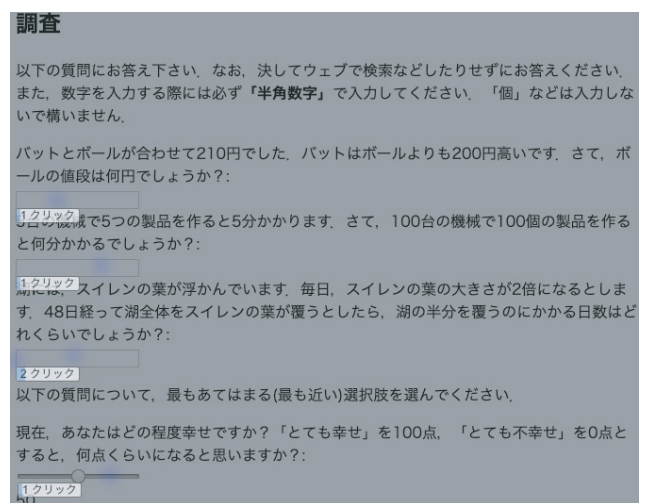


図 2 mouseflow の導入例

Fig. 2 Mouseflow introduction example.

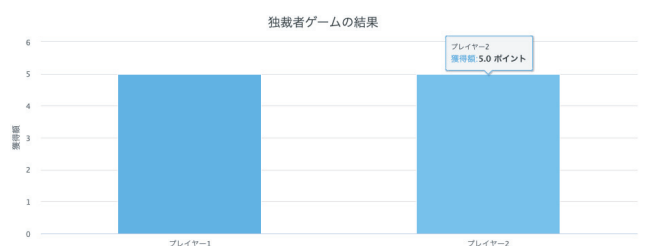


図 3 highcharts の導入例

Fig. 3 Highcharts introduction example.

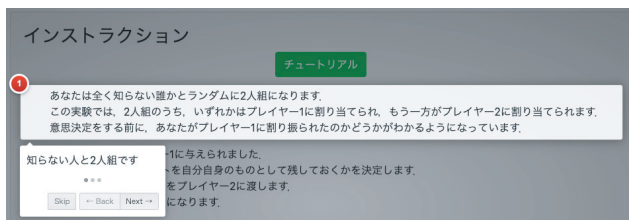


図 4 Intro.js の導入例

Fig. 4 Intro.js introduction example.

トリアルがステップ式に進行していくシステムである。通常のラボ実験では、実験参加者が実験実施者に容易に質問ができるものの、実験実施者と離れた状況で実施するオンライン実験では質問も容易ではないことは先行研究でも指摘されているとおりである [39]。また、不十分な理解は途中離脱につながると考えられる。したがって、少しでも分かりやすいように環境構築をしておくことが必要となり、インタラクティブチュートリアルシステムはその第一候補となる。この中で代表的なものは Intro.js である (図 4, <https://introjs.com/>)。

これらのツールは Web ページ作成の技術として多く用いられている技術である。ブラウザ上で実施可能であり、html を用いることが可能なオンライン実験では、これらの Web 技術を導入できるために様々な実験可能性を広げることにもつながる\*21。

## 5.2 ラボ実験とオンライン実験のコラボレーション

1つの実験研究の展開として、ラボ実験とオンライン実験のコラボレーションの可能性がある。ここでいうコラボレーションとは、クラウドソーシング実験を実施して獲得された知見をラボ実験で精緻に検証する、もしくはラボ実験で獲得できた知見の一般化可能性をクラウドソーシング実験により検証することである。

これは2つの目的が存在する。1つにはラボ実験で獲得した知見の頑健性を検証するためである。ラボ実験における実験参加者は学生などの実験実施者がアクセスしやすい実験参加者が中心となってしまう。しかしながら、クラウドソーシング実験においては幅広い社会経済的属性を持つ実験参加者にアクセス可能になる。したがって、通常の実験の結果が果たしてその実験参加者のみに限られた結果なのか、もしくは幅広いバックグラウンドを持つ実験参加者にも適用できる一般化可能な結果なのか検証が可能となる。

もう1つの目的はクラウドソーシング実験による結果の妥当性をラボ実験で検証するためである。クラウドソーシング実験には先述のとおり、努力の最小化問題や実験参加者の環境を統制できないなどの課題は残っている。しか

\*21 ただし、多くの Web 技術を導入することで、サーバへの負荷が大きくなることも考慮しておかなければならない。

しながら、クラウドソーシングで獲得された知見をラボ実験でも再現できれば、その結果の妥当性・頑健性が検証される。

これらは再現可能性の問題にもアプローチ可能である。オンライン上で実施可能な形式で実験プログラムを開発し、オンライン上で公開すればいつでも誰でも再現実験を容易に実施することが可能となる。様々な研究がクラウドソーシング実験に限らず、広くオンライン上で実験可能となれば、様々な観点から再現可能性が検証されることになり、新たな科学のあり方を切り拓くことにもつながる。

## 5.3 実験研究のビッグデータ化

ここでいうビッグデータ化とは、従来の実験研究では獲得が困難な大量の実験データを取得して実施する研究のことを指している。

クラウドソーシングを用いることで低コストで大量のデータを獲得することが可能となる。そのために、通常の意味決定の結果に関するデータに加えて、様々な社会経済的要因や反応時間データなどを十分に収集することが可能となる。さらには図2で提示したようなカーソルの動き・ポイントタッチの動きなど、より多様な要素に着目して分析することも可能であろう。

また、違う側面に目を向けると、様々な行動データを取得することも可能である。ラボ実験よりも実験参加者も参加しやすく、実験実施者も実験を実施しやすいためにパネル調査も実施可能である。複数のゲーム実験を月1回など継続的に実施することで、災害などのイベント発生による選好の変化などを明らかにできる可能性がある。

これらの手法は従来のラボ実験でも実施は可能であったかもしれない。しかしながら、パネル調査として経時的にラボ実験を行うコストを考慮すると、コストパフォーマンスの高い実験とは言い難いが、データ獲得のコストが低いクラウドソーシングにおいては十分に実施可能な、コストパフォーマンスの高い研究として成立する可能性がある。クラウドソーシングを用いることで、従来のラボ実験とは異なる発想に基づいた実験デザインを遂行できる可能性があるのである。

特に、昨今のコロナ禍においてはラボ実験はほぼ実施が困難な状況にある。このような事態は今後、数年にわたって続く可能性もある。継続的に社会科学における実験研究を行っていくためには、オンラインラボ実験やクラウドソーシング実験などのオンライン実験に関する知見が必要になるものと考えられる。先述のとおり、クラウドソーシングを用いた経済ゲーム実験の実施には様々な課題が存在している。一方で、これらの課題は様々な実験が実施されることで、より精緻化されていくという側面も存在する。クラウドソーシング実験、もしくはオンライン実験の限界を考慮しつつ、これからの社会科学における実験研究のあ

り方、そしてそれらを支える情報システムのあり方を考えていく必要があるであろう。

謝辞 本研究は公益財団法人電気通信普及財団、ならびに JSPS 科研費 19K20634 の助成を受けました。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Aldrich, E.M., Demirci, H.A. and Vargas, K.L.: An oTree-based flexible architecture for financial market experiments, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.25, 100205 (2020).
- [2] Amir, O., Rand, D.G. and Gal, Y.K.: Economic Games on the Internet: The Effect of \$1 Stakes, *PLOS ONE*, Vol.7, No.2, e31461 (2012).
- [3] Arechar, A.A. et al.: Conducting interactive experiments online, *Experimental Economics*, Vol.21, No.1, pp.99–131 (2018).
- [4] Baliotti, S.: nodeGame: Real-time, synchronous, online experiments in the browser, *Behavior Research Methods*, Vol.49, pp.1696–1715 (2017).
- [5] McKnight, M.E. and Christakis, A.N.: Breadboard: Software for Online Social Experiments, Vers. 2, Yale University (2016).
- [6] Chen, D.L., Schonger, M. and Wickens, C.: oTree – An open-source platform for laboratory, online, and field experiments, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.9, pp.88–97 (2016).
- [7] ConG: Continuous-Time Games for Experimental Economics, available from (<https://github.com/Leeps-Lab/ConG/wiki>) (accessed 2020-08-11).
- [8] Crosetto, P. and Filippin, A.: The bomb risk elicitation task, *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol.47, No.1, pp.31–65 (2013).
- [9] de Leeuw, J.R.: jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a web browser, *Behavior Research Methods*, Vol.47, No.1, pp.1–12 (2015).
- [10] Django, available from (<https://www.djangoproject.com/>) (accessed 2020-11-21).
- [11] Duch, M., Grossmann, M.R.P. and Lauer, T.: z-Tree unleashed: A novel client-integrating architecture for conducting z-Tree experiments over the Internet, *Working Paper Series in Economics*, No.99, University of Cologne (2020).
- [12] Fischbacher, U.: z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments, *Experimental Economics*, Vol.10, No.2, pp.171–178 (2007).
- [13] Frederick, S.: Cognitive reflection and decision making, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.19, pp.25–42 (2005).
- [14] Giamattei, M. et al.: LIONESS Lab: A Free Web-Based Platform for Conducting Interactive Experiments Online, *Journal of the Economic Science Association*, Vol.6, pp.95–111 (2020).
- [15] 後藤 晶：損失は利他行動を促進するか：カストロフゲームによる実験的アプローチ, 行動経済学会誌, Vol.11, Special Issue, pp.S35–S38 (2018).
- [16] 後藤 晶：我々は「社会信用システム」を信頼しているのか？：監視と信頼にまつわるオンライン実験, 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 (IS), Vol.2020-IS-151, No.2, pp.1–5 (2020).
- [17] 後藤 晶：監視を支える基盤としての「信頼」, 情報処理学会第 82 回全国大会, No.4, pp.229–230 (2020).
- [18] 林 良平：オンライン経済実験教材の開発, 行動経済学, Vol.9, pp.122–131 (2016).
- [19] Henninger, F., Shevchenko, Y., Mertens, U.K., et al.: lab.js: A free, open, online study builder, DOI: 10.5281/zenodo.597045 (2020).
- [20] Highcharts, available from (<https://www.highcharts.com/>) (accessed 2020-08-11).
- [21] 廣瀬喜貴, 後藤 晶：会計コンテキストの有無が実験結果に及ぼす影響：クラウドソーシング・オンライン実験による検証, 大阪市立大学経営研究, Vol.70, No.3, pp.1–19 (2019).
- [22] Holzmeister, F. and Kerschbamer, R.: oTree: The Equality Equivalence Test, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.22, pp.214–222 (2019).
- [23] Holzmeister, F.: oTree: Ready-made apps for risk preference elicitation methods, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.16, pp.33–38 (2017).
- [24] Horton, J.J., Rand, D.G. and Zeckhauser, R.J.: The online laboratory: Conducting experiments in a real labor market, *Experimental Economics*, Vol.14, pp.399–425 (2011).
- [25] Huber, C.: oTree: The bubble game, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.22, pp.3–6 (2019).
- [26] Holzmeister, F. and Pfurtscheller, A.: oTree: The “bomb” risk elicitation task, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.10, pp.105–198 (2016).
- [27] 時事ドットコムニュース：萩市長が式典出席 戊辰戦争で対立—福島県会津若松市, 入手先 (<https://www.jiji.com/jc/article?k=2019112300420>) (参照 2020-08-11).
- [28] Lang, H., DeAngelo, G. and Bongard, M.: Explaining Public Goods Contributions with Rational Ability, *Games*, Vol.9, No.36, DOI: 10.3390/g9020036 (2018).
- [29] Lazer, D., Pentland, A., Adamic, L., et al.: Computational Social Science, *Science*, Vol.323, No.5915, pp.721–723 (2009).
- [30] 鹿島久嗣, 小山 聡, 馬場雪乃：ヒューマンコンピュータシミュレーションとクラウドソーシング, p.133, 講談社 (2016).
- [31] 川越敏司：実験経済学, p.271, 東京大学出版会 (2007).
- [32] 黒木大一朗：ウェブ実験の長所と短所, およびプログラム作成に必要な知識, 基礎心理学研究, Vol.38, No.2, pp.250–257 (2020).
- [33] 眞島良全：クラウドソーシングを認知科学研究に使うべきだろうか, 認知科学, Vol.26, No.2, pp.272–281 (2019).
- [34] Majima, Y.: The feasibility of a Japanese crowdsourcing service for experimental research in Psychology, *SAGE Open*, DOI: 10.1177/2158244017698731 (2017).
- [35] 三浦麻子, 小林哲郎：オンライン調査モニタの Satisfice に関する実験的研究, 社会心理学研究, Vol.31, No.1, pp.1–12 (2015).
- [36] 三浦麻子, 小林哲郎：オンライン調査における努力の最小化が回答行動に及ぼす影響, 行動計量学, Vol.45, No.1, pp.1–11 (2018).
- [37] MobLab, available from (<https://moblab.com/>) (accessed 2020-08-11).
- [38] Mouseflow, available from (<https://mouseflow.com/>) (accessed 2020-08-11).
- [39] 森 知晴：インターネットを利用した「経済実験」の動向と展望, 日本労働研究雑誌, No.705, pp.2–7 (2019).
- [40] 森嶋厚行：クラウドソーシングが不可能を可能にする：小さな力を集めて大きな力に変える科学と方法, 共立スマートセレクション 32, 共立出版社, 186p (2020).
- [41] 内藤まゆみ, 鈴木佳苗, 坂元 章：情報処理スタイル (合理性-直感性) 尺度の作成, パーソナリティ研究, Vol.13, No.1, pp.67–78 (2004).
- [42] 小塩信司, 阿部晋吾, カトローニ・ピノ：日本語版 Ten

Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み, パーソナリティ研究, Vol.21, No.1, pp.40–52 (2012).

[43] oTree Hub, available from [\(https://www.otreehub.com/\)](https://www.otreehub.com/) (accessed 2020-08-11).

[44] Petit, J., Friedman, D., Kepharts, C., et al.: Software for continuous game experiments, *Experimental Economics*, Vol.17, No.4, pp.631–648 (2020).

[45] Peirce, J.W. et al.: PsychoPy2: Experiments in behavior made easy, *Behavior Research Methods*, Vol.51, pp.195–203 (2019).

[46] Pichl, B.: RAM: A collection of mechanisms for (indivisible) resource allocation in oTree, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.23, pp.133–137 (2019).

[47] PostgreSQL, available from [\(https://www.postgresql.org/\)](https://www.postgresql.org/) (accessed 2020-11-21).

[48] Stoet, G.: PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments, *Teaching of Psychology*, Vol.44, No.1, pp.24–31 (2017).

[49] Python, available from [\(https://www.python.org/\)](https://www.python.org/) (accessed 2020-11-21).

[50] Qualtrics, 入手先 [\(https://www.qualtrics.com/jp/\)](https://www.qualtrics.com/jp/) (参照 2020-11-21).

[51] Redis, available from [\(https://redis.io/\)](https://redis.io/) (accessed 2020-11-21).

[52] Rose, J. and Rose, M.: Ready-made oTree apps for time preference elicitation methods, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.23, pp.23–28 (2019).

[53] 島田夏美, 吉田真聖人, 澤 亮治: oTree を用いた配属システムの設計・構築とその運用, 筑波大学, Department of Policy and Planning Sciences Discussion Paper Series, No.1369, pp.1–14 (2020).

[54] SoPHIE Labs, available from [\(https://www.sophielabs.com/\)](https://www.sophielabs.com/) (accessed 2020-08-11).

[55] 総務省: 平成 30 年通信利用動向調査の結果, 入手先 [\(https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/190531.1.pdf/\)](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/190531.1.pdf/) (参照 2020-11-21).

[56] SurveyMonkey, available from [\(https://jp.surveymonkey.com/\)](https://jp.surveymonkey.com/) (accessed 2020-11-21).

[57] 田口聡志: 実験制度会計論—未来の会計をデザインする, p.266, 中央経済社 (2016).

[58] 梅谷凌平, 後藤 晶, 岡田 勇ほか: 公正世界信念がアップストリーム互恵的協力に与える影響の検討, *社会心理学研究*, Vol.36, No.2, pp.1–8 (2020).

[59] Visual C++, 入手先 [\(https://visualstudio.microsoft.com/ja/vs/features/cplusplus/\)](https://visualstudio.microsoft.com/ja/vs/features/cplusplus/) (参照 2020-11-21).

[60] von Bülow, C.W. and Liu, X.: Ready-made oTree applications for the study of climate change adaptation behavior, *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, Vol.88, 101590 (2020).

[61] Yamagishi, T., Matsumoto, Y., Kiyonari, T., et al.: Response time in economic games reflects different types of decision conflict for prosocial and proself individuals, *Proc. National Academy of Science of the United States of America*, Vol.114, No.24, pp.6394–6399 (2017).

## 付 録

### A.1 今回実施した実験画面の例

#### 支払額の決定

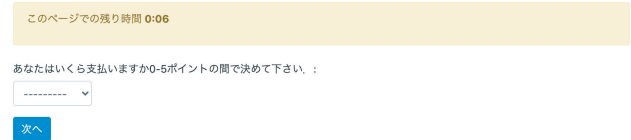


図 A.1 貢献額決定画面

Fig. A.1 Example of contribution screen.

#### 結果

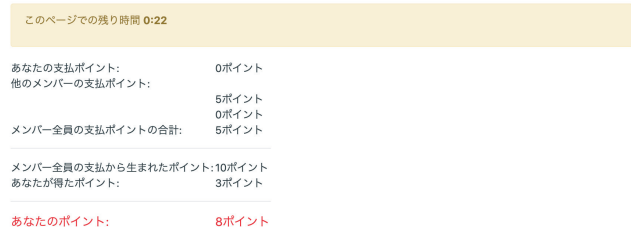


図 A.2 結果の表示画面

Fig. A.2 Example of results screen.

#### 調査2

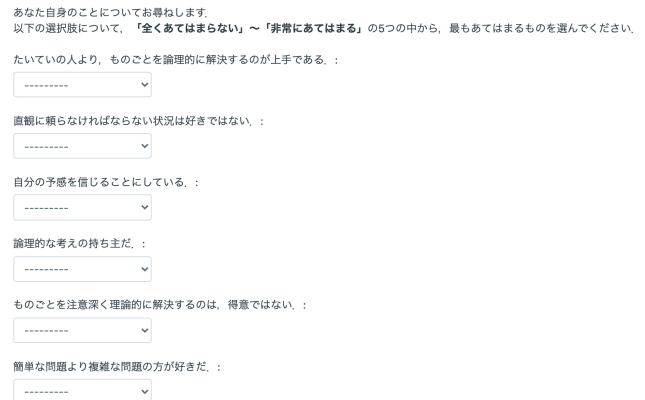


図 A.3 調査画面の例

Fig. A.3 Example of survey screen.



後藤 晶 (正会員)

1984年生。2008年中央大学卒業, 2013年明治大学大学院修了。博士(情報コミュニケーション学)。専門社会調査士。明治大学情報コミュニケーション学部助手, 山梨英和大学人間文化学部助教, 多摩大学経営情報学部専任講師

を経て明治大学情報コミュニケーション学部専任講師。