

ビッグデータと経済実験： クラウドソーシングを用いたオンライン実験の可能性

Big Data and Economic Experiments: Possibility of Online Experiments Using Crowdsourcing Services

後藤 晶†

Akira Goto

† 明治大学

Meiji University

akriagoto@meiji.ac.jp

概要

昨今、認知科学や心理学に限らず、経済学など従来は実験が行われてこなかったような社会科学領域においてもラボ実験が展開されるようになってきた。しかしながら、ラボ実験においては実験参加者の偏りなどの複数の課題が存在している。この問題はクラウドソーシングを用いることにより、様々な社会経済的要因に着目した実験研究により解決できる可能性がある。本研究においては、クラウドソーシングを用いた実験研究の可能性について検討する。

キーワード：クラウドソーシング, オンライン実験, 行動経済学, 実験社会科学, 計算社会科学

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されつつある。これは Mann の議論によれば、シミュレーション、ネットワーク分析の他に大規模なバーチャルラボとしてオンライン実験を一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 [1]。従来、ゲーム理論に基づいた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、情報技術の発展に伴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方法を現実の人間行動にもとづいて検討するために用いられている。しかし、いずれの領域においても実験室実験が中心となっている。実験室実験

では、大学で実験を実施する場合、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。

本稿は、この問題に対して情報通信技術を活用することにより、実験室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。主に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等の提示システムが必要となる。この点について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。例えば、実験参加者の確保にはクラウドソーシングを用いて [2]、実験の提示には oTree という経済ゲーム実験システムを用いることで [3]、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、世代別・収入別・居住地域別の特徴など、様々な側面からの人間行動を明らかにすることが可能となる。

本研究は国内において広く一般を対象として、金銭面・時間面においてコストが小さくて済むクラウドソーシング実験の可能性について検討するものであり、広く国内の行動・実験経済学や認知科学、実験・計算社会科学研究に波及効果があると確信している。

2. oTree とは：

oTree とは経済ゲーム実験プログラムとして開発されたものである。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、様々な経済ゲーム実験を実施するために用いられている (図 1, <https://www.otree.org/>)。

oTree が特に実験経済学領域に与える大きなインパクトは、「インタラクションのある経済ゲーム実験」を



図1 otree の web ページ

「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。

ここでいうインタラクションのある経済ゲーム実験とは、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利得が決定するのではなく、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得が決定するいわゆるゲーム理論に関わる実験を指している。

また、「ブラウザ上」で実施できるということも非常にメリットが大きい。経済ゲーム実験として標準的に広く使われていたのは「z-Tree」というプログラムであった [4]。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非常に有用なプログラムである反面、専用のアプリケーションが必要となる、windows でしか使えない、特殊な通信ポートを用いているため、通常回線では閉鎖されている可能性が高いため外部との通信では難しいなどの課題存在している。一方、oTree はブラウザ上で実験が実施可能である。したがって、インターネットに接続可能であり、ブラウザがインストールされている端末さえあればいつでもどこでも実験を実施することが可能である。

さらに、「自由に構築」できるということも非常に大きなメリットである。oTree は習得しやすく、応用可能性の高い言語である Python 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、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のみに限らず、いわゆる web で導入可能な技術は何でも利用可能である。

3. 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り、情報社会における新たな情報獲得手法の一つである。

クラウドソーシングサービスで利用可能な受発注形式は受注者・発注者の間で交渉した上で契約締結後に作業を開始し、チームで取り組むこともあるプロジェクト形式、複数の受注者がキャッチコピーやロゴなどのクリエイティブな仕事で行い、優れた成果物の提出によって報酬を得られるコンペティション形式やオンライン上で外部に発注することができるために、簡単な調査や機械学習のための画像判別データの作成といった課題を行うことで報酬を得られるマイクロタスク形式など、様々な形態の課題が存在している [2]。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形式の課題に分類される。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募集が可能となる。

以下ではインターネットを用いたオンライン上における実験のことをオンライン実験として表現し、特にクラウドソーシングを用いた場合にはクラウドソーシング実験として表記する。

4. 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することで、いつでもどこからでも参加可能な環境を構築することで実施が可能となる。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。

4.1 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を構築が可能である、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することができることが圧倒的なメリットが存在する。他にも、「空間」に縛られない実験が可能になるなど、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。代表的に行わ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、高知工科大学や北海道大学や玉川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環境構築は容易なものではない。

一方、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。間仕切り等を用意する必要はあるが、それ以外に最低限の必要なものはブラウザがインストールされているタブレット端末とサーバだけであり、従来の windows 端末を用意するよりも容易に実験環境を構築することが可能である¹。

また、実験室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例に取り上げる [5]。2012 年～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 1670 名の中から性別・世代のバランスを配慮した 600 名を元に経済ゲーム実験・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。例えば、855 名を対象に実験を行ったが [6]、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ー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、報酬には成果報酬を含めて合計で 10 万円をかけずに実験を行うことが可能である²。

したがって、実験室実験よりも時間的・金銭的コストについては非常に効率的であると言える。

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。例えば、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）の住人は未だに遺恨が残っているという。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、もしくはオンラインを用いたラボ実験は行動面から明らかにできる可能性がある。例えば、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、実際にお互いの向社会的行動について明らかにすることができる可能性がある。このように、オンライン実験、ないしはクラウドソーシング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拓けることが可能となる。

4.2 デメリット

オンラインを用いたラボ実験においては、一般的に行われている実験をオンライン上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経済ゲーム実験研究と変わらないためにデメリットはほぼ存在していない³。

一方、クラウドソーシングを用いて実験をする際には様々なデメリットも存在する。ここでは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三点に着目する。

第一に、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がわからないということを意味する。例えば、自宅の自室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。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⁴。

したがって、実験環境を完全に統制することが困難である一方で、RCT(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ランダム化することができているとも言える。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。

¹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を実施することも可能である。

²より多くの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、数百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残る。

³z-Tree は基本的にはキオスクモードで実行される。これは実験に関わらないその他のアプリを実験中に表示できないようにする機能である。これについては Google Chrome を用いるとキオスクモードを利用できる。

⁴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。

第二に、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。

このような状況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つがインタラクティブチュートリアルの導入であり、もう1つがbotの導入である。

インタラクティブチュートリアルについては5.1にて後述するため、ここではbotについて説明する。bot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実験参加者が離脱したとしても対応が可能となる。

実際に分析をする時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上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する、欠損値補完をするなどの対応策が考えられる。

第三に、回答行動の不確実性とは、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 問題が発生する可能性がある [7]。これについてはインタラクティブチュートリアルの導入と同時に、チェック問題等の導入によって極力 Satisfice をする実験参加者を減らせるように対応策を打つ必要がある⁵。

5. 今後の可能性について

ここでは、今後の研究展開可能性として3つの方向性について検討したい。1つは様々なweb技術の導入可能性であり、もう1つはオンライン実験とラボ実験のコラボレーションである。さらに、実験研究のビッグデータ化についても検討したい。

5.1 web技術の導入可能性

web技術の導入可能性とは、htmlベースに基づく実験を行うことで、webに対して導入されている様々な技術を導入できる可能性があることにある。

⁵例えば、回答をしなければ報酬を得ることができないようなチェック問題を導入することも1つの策であろう。

第一に、web解析ツールがあげられる。例えば、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アドレス等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となる。

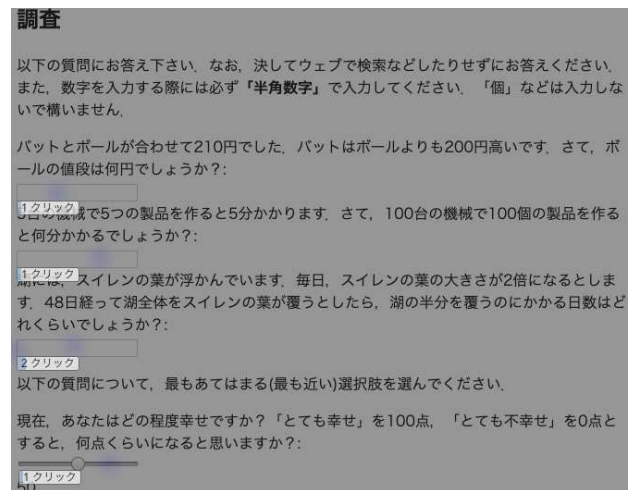


図2 mouseflowの導入例

第二に、可視化ツールがあげられる。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/>)。

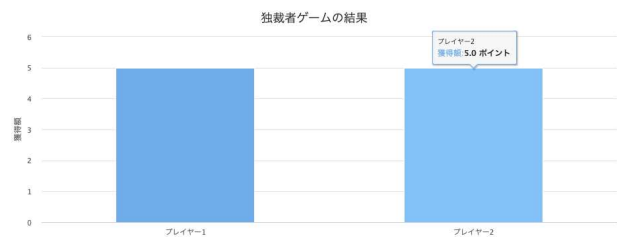


図3 highchartsの導入例

他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となる。

第三に、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等により、チュートリアルがステップ式に進行していくシステムである。この中で代表的なものはintro.jsである(図4, <https://introjs.com/>)。

インタラクティブチュートリアルシステムのメリットは、オンライン上でわかりやすいチュートリアルを提供できる点にある。通常のラボ実験では実験参加者

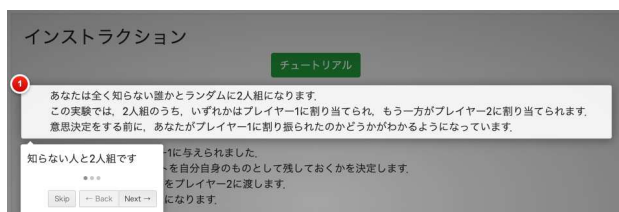


図4 introsjsの導入例

の理解が不十分である場合には、実験実施者がサポート可能であるが、特にクラウドソーシング実験では実験実施者と実験参加者が物理的に離れた距離にいることから実験室のような細かな対応をすることはできない。このようなインタラクティブチュートリアルシステムを導入することにより、実験参加者の理解を促すことができることは間違いない。

これらの技術はwebページ作成の技術として標準的に用いられている手法である。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技術を導入できるように様々な実験可能性を拡げることにもつながる。

5.2 ラボ実験とオンライン実験のコラボレーション

一つの実験研究の展開可能性として、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。ここで言うコラボレーションとは、オンライン実験、もしくはクラウドソーシング実験を実施して獲得できた知見を実験室実験で検証する、もしくは実験室実験で獲得できた知見をオンライン実験、もしくはクラウドソーシング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。ラボ実験はあくまでも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、特にクラウドソーシング実験においては幅広い社会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、通常の実験室実験の結果が果たしてその実験参加者のみに限られたものなのか、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結果なのか検証が可能となる。

また、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ことも可能となる。クラウドソーシング実験には先述の通り、Satisfice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、広くオンライン実験上で実施可能となれば、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

ここで言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ほどの大量なデータに基づいた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安価に大量のデータを獲得することが可能となる。通常の実験行動に加えて、様々な社会的要因や反応時間データなどを確保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、災害等のイベントの発生による社会的選好の変化を明らかにできる可能性がある。

これらの手法は従来の実験室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実験室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ではないであろう。しかしながら、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。

6. 終わりに

クラウドソーシングをはじめとして、オンライン実験などの手法を用いることで、ラボ実験とは全く異なった発想に基づく実験のあり方を切り拓ける可能性がある。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を考えていく必要があるであろう。

謝辞：

本研究にあたり，公益財団法人電気通信普及財団，ならびに JSPS 科研費 19K20634 の助成により実施しました。ここに記して感謝申し上げます。

なお，本稿の一部には後藤らの研究 [6] をもとに大幅に加筆修正を行い挿入した箇所があります。

文献

- [1] Mann, A., (2016) “Core Concept: Computational Social Science”, Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 113 (3) pp.468-470.
- [2] 鹿島久嗣, 小山聡, 馬場雪乃, (2016) ヒューマンコンピューテーションとクラウドソーシング, 講談社.
- [3] Chen, D. L., M.Schonger, C.Wickens, (2016) “oTree An open-source platform for laboratory, online, and field experiments”, Journal of Behavioral and Experimental Finance, Vol.9, pp.88-97
- [4] Fischbacher, U., (2007) “z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments”, Experimental Economics, Vol.10, No.2, pp.171-178.
- [5] Yamagishi, T., Matsumoto, Y., Kiyonari, T., Takagishi, H., Li, Y., Kanai, R., Sakagami, M. (2017): “Response time in economic games reflects different types of decision conflict for prosocial and proself individuals”, Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 114 (24) pp.6394-6399.
- [6] 後藤晶, 友野典男, (2018), “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”, 2018 年度社会情報学会 (SSI) 大会, 於 島根大学松江キャンパス.
- [7] 三浦麻子, 小林哲郎, (2015) “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.