

オンライン経済実験教材の開発

林 良平^a

要約

本稿では「設定 1 分ですぐに始められる経済実験」をコンセプトに開発されているオンライン経済実験教材(XEE.JP)について、設計方針とシステムの特徴、インターフェースの特徴を述べた後、実装済み実験を紹介する。本システムを用いることで教育目的実験が手軽で確実に実施できるようになる。また、本システムの特徴を活かした研究目的実験への応用可能性も指摘する。

JEL 分類番号： A20

キーワード：経済学教育, 教育工学, オンライン・システム, XEE.JP

^a 鹿児島工業高等専門学校一般教育科 pey@ryohei.info

1. イントロダクション

1.1. オンライン経済実験教材の必要性

経済学を教える授業では、実験を取り入れると学生の理解が格段に深まる。チョークと黒板で経済理論を説明した後は、経済実験で確かめることで、学生は経済主体間の相互作用を具体的にイメージできるようになるし、その場で経済理論を検証することもできる。さらに、理論を検証するための科学的方法についても学べる。こうした経済学教育を目的とした経済実験は教育目的実験と呼ばれる(Friedman and Sunder, 1994)¹。

教育目的実験の方法は主に紙やトランプ、カードなどを用いた紙実験と、パソコンやスマートフォン、タブレット PC などを用いたコンピュータ実験がある。紙実験は多数の学生が同時にでき、実験準備が比較的簡単である利点がある一方で、実験ルールの徹底が難しいことや参加者同士の匿名性が確保されにくいこと、報酬や得点の計算が煩雑であることなどが欠点として挙げられる。特に計算の煩雑さは、参加者が実験を途中であきらめることにつながり、しばしば実験失敗の原因となる。コンピュータ実験は実験ルールを強制的に守らせることができる点、計算をコンピュータが瞬時に終わらせられる点、参加者同士の匿名性を確保しやすい点などが利点である。一方で多数のコンピュータを設置した専用の実験室を確保する必要があるったり、専用のサーバーを立ち上げる必要性、専用のソフトウェアをインストールする必要があるなど、事前の費用がかかるのが欠点である。

そこで、より手軽に教育目的実験を実施するために、大多数の学生が持っているスマートフォンや、設置場所を固定しないタブレット PCなどで利用できるオンライン経済実験教材が必要とされてきた。このニーズに応えるため、Chen et al. (2016)はオンライン野外実験用ソフトウェアとして oTree を公開している。oTree は相互作用実験を行うためのオンライン・ソフトウェアである。被験者のデバイスに特別なソフトウェアをインストールする必要はなく、web サイトにアクセスするだけで簡単に経済実験やアンケート調査が行える優れたシステムである。また、ソースコードが公開されているため、研究目的の独自実験も作成できる。しかし、実際に実験を行うためには独自にサーバーを立ち上げる必要がある²。国内では栗山・馬奈木(2012)が環境経済学を学ぶ読者向けに web サイト上で行うシミュレーション・プログラムを公開している。このプログラムは独自にサーバーを準備する必要はないものの、個人で行う実験を扱っており、被験者間で相互作用を伴う実験

¹ Smith (1982)は経済実験の目的を発見的実験、境界策定的実験、法則樹立的実験にあると分類している。Friedman and Sunder (1994)は上記に加えて、理論検証的実験、たたき台実験、教育目的実験を挙げている。

² デモ実験はサーバー設置なしに体験できるが、授業等で利用されることを想定していない設計である。

やアンケート実験を行うことはできない。

そこで本研究では、「設定 1 分ですぐに始められる経済実験」をコンセプトに、パソコンやスマートフォン、タブレット PC から参加でき、独自サーバーの設置や独自ソフトウェアのインストールが不要なオンライン経済実験教材を開発した³。本稿ではこの教材の特徴を簡潔に述べる。

1.2. 教育目的実験と研究目的実験の違い

実験実施の手軽さと実験方法・結果の科学的厳密さとがトレードオフする場面において、教育目的実験では前者を、研究目的実験では後者をより重要視する。経済実験を実施するにあたって、実験準備は欠かせない。入念な準備と訓練された実験実施者を用いれば経済理論の再現性は高まるが、教育現場には必ずしもそのような金銭的・時間的・人的資源が豊富にあるわけではない。そのため、多少の厳密さは損なわれたとしても、簡便で参加者に理解されやすい実験が好まれる。

研究目的実験では、実験結果の外部的妥当性を高めるために、統制された実験を実施している。例えば価値誘発理論に基づき、単調性、感応性、優越性を満たす厳密な実験計画を立てている。また、実験結果を発表する際にも、学術誌は実験手順を説明する節を含めるように求めている。しかし教育目的実験では金銭的報酬による価値誘発が困難である場合や、厳密な実験手順を守る時間的余裕がない場合もある。そこで、参加者が実験上のポイントや他の参加者との競争に価値を見出すように誘導する必要があるのと同時に、システム不具合や操作のしにくさ、表現の不適切さなどで参加意欲が阻害されない工夫が必要である。

実験実施の手軽さは被験者である学生にとっても重要である。学生は実験用ソフトウェアの操作に習熟しているわけではない。教育目的実験は実験説明や練習実験に十分な時間を割けない可能性もあるので、直感的に理解し操作できるユーザインタフェースを用いることと、ユーザーの操作毎にシステム側からのリアクションを返すことなどによって、実験継続意欲を高める必要がある。

そこで、本研究ではシステムが保持するデータが変更された場合でも、ユーザーの入力動作などを中断させない動的な描画が可能な React⁴と、さまざまな web サイトで利用さ

³ この教材は <https://xee.jp/> で公開されており、だれでも登録して授業等で利用することができる。

⁴ 各参加者の保持している情報が変更された時に、表示しているページを再描画することなしに、変更箇所だけ書き換えることで、参加者の入力動作を中断させない React(<https://facebook.github.io/react/>)を利用している。

れて多くのユーザーがなじみのあるインターフェースである Google Material Design⁵を用いることで、手軽で操作性の高い表現を可能にした。

2. オンライン経済実験教材の特徴

2.1. システムの特徴

コンピュータが経済実験を扱うときには、相互作用を伴うか否かが設計上重要である。相互作用の伴わない実験(たとえば美人投票ゲームのようなアンケート実験など)は、多数の回答を漏れなく受け付けなければならないが、受付順序は問題にならない。一方で相互作用を伴う実験(たとえば四人のジレンマ実験のようなグループ同時進行実験、ダブルオークションのような全体同時進行実験、最後通牒ゲームのようなグループ交互進行実験など)は、回答を漏れなく受け付けるだけではなく、回答受付順序も重要な問題になる。ダブルオークション実験では、売り手と買い手が価格を表明している最中に、成立し得る価格を提示した参加者が登場するとそのタイミングで取引を成立させなければならない。この受付順序が混乱してしまうと、誤った実験結果が導かれるだけでなく、実験が進行しなくなることもある。

そこで本システムでは、プログラム言語の構造的にデータ処理が混乱しない Erlang をもとに発展させた Elixir を用いた。Erlang は巨大電話交換システム等の処理の混乱が許されない環境で使用されることを前提に開発されたプログラミング言語で、1987年から利用されている。Erlang の特徴はタスクを逐次的に処理していくことと、プロセスが停止した場合に直ちに代替プロセスを起動して冗長性を確保する点である。タスクを逐次的に処理することで、多数の参加者が本システムにアクセスし、データを送信してきたとしても、軽快に処理することができる。

本システムのもう一つの特徴は、参加者のデバイスがサーバーに情報を取りに行かなくても、サーバー側から参加者のデバイスに情報を送ることができる点である。この特徴は WebSocket 通信という技術により実現している。

oTree や他の旧来の web サイトでは、HTTP 通信が用いられており、ユーザー側がサーバーに対して問い合わせを行い、サーバー側がユーザーに返事を返すことで通信していた。ユーザーの明示的な操作なしに問い合わせを行う AJAX も同様である。この HTTP 通信では、サーバー上の情報が変更されたときに、サーバー側からユーザーに対して情報を送ることができない。たとえばダブルオークション実験では、自分以外の参加者が売値や買

⁵ ボタンや表などの静的なコンテンツについては Materialize(<http://materializecss.com/>)を利用し、動きを伴う動的なコンテンツについては Material-UI(<http://www.material-ui.com/>)を利用している。

値を入力したとしても、その情報は自分がサーバーに情報を取りに行かなければ更新されなかった。

本システムでは、WebSocket 通信により、サーバー側の情報の変更が直ちにユーザー側に伝えられ、React により画面を再描画することなく変更箇所だけ修正されるため、少ない通信量とリアルタイムでの情報同期が可能になった。

2.2. インターフェースの特徴

本システムでは、教師用画面と参加者用画面の 2 つの機能を 1 セットとしている。

教師用画面は、有名な実験の原典に基づき初期条件を設定してあり、教師が準備なしに実験が始められるように工夫した。教師は「次へ」ボタンを押すだけで、待機画面、説明画面、実験画面、結果画面へと遷移させることができる。結果画面では、理論を説明するためのグラフが表示される。実験終了後はデータを csv 形式でダウンロードすることもできる。さらに、異なった条件で実験したい場合や、参加者の背景に応じて説明文等を変更したい場合に備えて、変数や説明文の編集画面を用意している。

参加者用画面へは、ログインの手間を減らし混乱を防ぐために、トップページに実験記号を入力すると直ちにそれぞれの実験に遷移するように設計した。実験画面に遷移すると、管理者が実験モードを変更する度に自動的に待機画面、説明画面、実験画面、結果画面へと遷移する。また、参加者がデータを送信した際には SnackBar(画面下部からメッセージが飛び出る表現)を表示することで、リアクションする表現を取り入れた。

それぞれの実験は複数回連続して実施できるように設計されている。そのため、1 回限りの実験だけでなく、複数回繰り返すことで混合戦略の最適均衡を検証することもできる。

2.3. 実装済みの実験テーマ

本システムに実装する実験テーマは、入門経済学シリーズ、ゲーム理論シリーズ、行動経済学シリーズ、オークション理論シリーズ、授業支援シリーズの 5 種類に大別される。入門経済学シリーズではリカードの比較生産費説、ダブルオークションが実装されている。ゲーム理論シリーズでは標準的囚人のジレンマ実験、公共財実験、共有地の悲劇実験などが実装されている。行動経済学シリーズでは、時間割引率の推定、確率比重関数の推定、アレのパラドックス、リンダ問題などが実装されている⁶。オークション理論シリーズでは、ダブルオークション(完全競争市場、独占市場、課税・補助金、価格規制の各オプション付き)が実装されている。授業支援シリーズでは、推移性を満たす授業評価アンケート、

⁶ 行動経済学シリーズは大垣・田中(2014)に掲載されている実験を中心に実装している。

出席確認システムが実装されている。

3. 今後の課題と展望

本システムと個々の実験は Travis CI⁷を用いて機械的にテストされており, Apache JMeter⁸による負荷テスト(1秒間に100人同時アクセス)も行っている。100人を超える学生を対象にした講義でも活用され, 軽快に動作している。しかし, システムやプログラム, ネットワークの潜在的な問題は, 今後より多くの状況で利用されていく中で明らかになる。そこで, 本システムを多くの異なる環境で利用してもらうことを通じて, 実用テストを行っていききたい。

また, 本システムは教育目的実験のために開発されているが, 研究目的実験として利用することもできる。たとえば, 実験場所を選ばない特徴を利用した多国間での同時実験や, 家庭や職場における行動を測定する野外実験などにも利用できる。システムの特徴を活かした研究目的実験を行っていききたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K16268 の助成を受けたものです。また, 経済実験システムの開発費用の一部は近畿大学受託研究費により支出されたものです。

引用文献

Chena, D. L., Schonger, M., Wickensa, C., 2016. oTree—An open-source platform for laboratory, online, and field experiments. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 9, 88-97.

Friedman, D., and Sunder, S., 1994. *Experimental Methods: A primer for Economists*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

栗山浩一, 馬奈木俊介, 2012. 環境経済学をつかむ, 第2版, 有斐閣。

大垣昌夫, 田中沙織, 2014. 行動経済学--伝統的経済学との統合による新しい経済学を目指して, 有斐閣。

Smith, V. L., 1982. Microeconomic Systems as an Experimental Science. *American Economic Review*, 72, 923-955.

⁷ <https://travis-ci.org/>

⁸ <http://jmeter.apache.org/>