

論 説

Easy Economic Experiment System を用いた 経済実験の教育効果：囚人のジレンマと協調ゲーム*

鈴木 明宏

(山形大学 人文学部)

高橋 広雅

(広島市立大学 国際学部)

竹本 亨

(帝塚山大学 経済学部)

西平 直史

(山形大学 人文学部)

小川 一仁

(関西大学 社会学部)

概 要

本稿では携帯電話を用いた簡易経済実験システム「Easy Economic Experiment System (E3)」を紹介する。また、E3を用いた教育実験を講義に取り入れたときの教育効果の検証、及びE3を利用した経済実験と伝統的に行われてきた紙実験との実験結果の比較を囚人のジレンマと協調ゲームについて行う。分析の結果、以下のことが示された。教育効果については、通常形式の講義のみ受講した学生よりも講義受講後に教育実験に参加あるいは見学した学生の方が小テストの成績が有意に高かった。また、教室実験における意思決定では、実験参加者の意思決定と実験見学者による意思決定シートへの記載に違いは見られなかった。このことはE3を用いても紙を用いた経済実験と同様の実験結果が得られることを示唆している。

キーワード：経済実験、教育実験、携帯電話、教育効果、囚人のジレンマ、協調ゲーム

* 本研究はJSPS 科研費23530213 の助成を受けたものである。

1 はじめに

本稿の目的は二つある。一つは我々が開発した、携帯電話を用いた簡易経済実験システム「Easy Economic Experiment System (E3)」の紹介と伝統的に行われてきた紙実験との比較である。もう一つはこの実験システムを経済学教育に利用したときの教育効果を検証することである。

1.1 日米における経済学教育の現状

経済学に限った話ではないが、現在では多くの大学でFD活動が行われている。FD活動は大学教員にとどまらず、大学重点化以降の就職難・採用人事で模擬講義が課されることが多くなったことを背景に、東京大学などで大学院生に対する授業力向上のFDプログラム（「東京大学フューチャーファカルティプログラム」が2013年より、京都大学では「大学院生のための教育実践講座」）が開講されている。

アメリカにおける経済学教育改善の取組みとしてはまず、1955年にAmerican Economic Associationの下にCommittee on Economic Education (CEE) が設立された。さらに、経済学教育の専門誌としてThe Journal of Economic Educationが1969年より発行されている。一方、日本では1985年に経済教育学会が設立され、2007年には日本経済学会においても「経済学教育と社会—中高・大学・大学院—」という題目のパネル討論が行われるようになった。

近年の教育改革ではactive learningと総称される、通常の講義形式とは異なる教育手法の導入が求められている¹が、アメリカの経済学教育でも様々な手法を導入する教員が以前から多くいる²。経済学教育に関する最近のサーベイといくつかのactive learningの教育効果を検証したものとしてはMalek, Hall and Hodges (2014) がある。

Malek et al. (2014) が検証したactive learningにはシミュレーションやグループ学習、視聴覚教材に加え、経済実験も含まれている。これからもわかるように、現在では経済実験を取り入れた教育もactive learningの一つとして位置づけられており、経済実験は有効な経済教育の手法として注目されつつある³。実際、経済実験を教室で行うための教科書も英語ではBergstrom and Miller (2000) などが存在しており、最近になって日本語で書かれた教科書も

¹ active learningという言葉は1990年代に広まった言葉のようである (Bonwell and Eison (1991) のタイトルはそのままの「Active Learning」である。) が、その意味は次第に拡大しているようである。実際、文部科学省中央教育審議会の平成24年度総会の答申では「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」と定義されている（「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）」の「用語集」より）。本稿での関心は経済実験にあるので、我々はこれについてこれ以上深く立ち入ることはしない。

² 1979年には既にSiegfried and Fels (1979) が大学における経済学教育についてサーベイを行っている。

³ 研究方法として脚光を浴びている経済実験が、最近になって教育手法の一つとして注目され始めたようにみえるが、最初期の経済実験研究であるChamberlin (1948) が行った教室実験は、そもそも教育目的でもあった。

発刊されている（小川・川越・佐々木（2012）と小川・川越・佐々木（2014））。

本稿では一般的な経済実験と区別するため、教室において教育目的で行う経済実験を今後「教室実験」と呼ぶ。また、本稿では教室実験の教育効果を検証するが、そのために我々が計画した（教室実験を計画の一部として含む）実験を単に「実験」と呼んで区別する。

1. 2 教室実験実施における問題点

初期の教室実験はChamberlin（1948）のように紙を用いて行われた。例えば、囚人のジレンマの実験を紙を用いて行う場合には以下のような手順になる。参加者である学生は紙に自分の意思決定を記入し、それを実験者である教員に提出する。教員は学生二人の組み合わせをつくり、利得表に従って各学生の利得を確定させる。さらに教員はその利得を学生に伝える。また、教員は意思決定の分布を集計し黒板に書き出して説明する。

現在でも教室実験の多くは紙を用いて行われているようである。しかしながら、紙で行う教室実験には参加者の利得の決定やそのフィードバック、および結果の集計に時間がかかる場合が多く、講義が中断してしまうという問題が存在する。

一方、近年ではデータを取る場合にはPCをネットワークで接続して経済実験を実施することが多い。経済実験実施用の代表的なソフトウェアがFischbacher（2007）によるz-treeである⁴。

上記のように教室実験は学生の理解を深めるための手法として注目されているにもかかわらず、このような教室実験と論文用の経済実験における環境の違いが発生するのにはいくつかの理由がある。一つには、大学内の環境としてIT化が進んだものの学生1人に1台までIT機器が多いというほどではないことがある。設備の整った大学においてさえも、教室の机には各学生用にコンセントはあってもPCが備え付けられているわけではない。例外としては、日本大学工学部などでは1人1台購入させているという記述が見つかるが、経済学教育においてそのような状況とはなっていない。多くの大学では現状、情報処理教室がいくつかあり、学生はそこに行ってIT関係の講義を受講する。このような状況では各講義でPCを使うことは現実に不可能である。

もう一つには、経済学の教員自身が通常の形式の講義（Chalk and Talk）を好むということが挙げられる。このことはBecker and Watts（1996）で指摘されているが少し考えれば当然のことで、我々自身が通常の講義を受講して学んできており他の形式の講義を受講することはほとんどなかった。そのため、関心はあったとしてもやり方に不慣れであるから、多くの経済学教員は実験等新しい教育手法の導入には二の足を踏む。実験を行って論文を執筆する経済学者

⁴ z-tree 以前にもPC ネットワークを利用した経済実験環境は存在している。詳細はFriedman（1994）を参照。

だけが講義に実験を導入してもなかなか普及はしない。

上記の理由はいずれも経済学教育に実験を導入することは高コストであることを示している。また他にも、PC環境での実験実施にはプログラミングが必須であること、z-treeの導入には多少のネットワークに関する知識が必要である⁵ことなどのコストが存在する。経済学教育を変えようとするなら、これらのコストを引き下げる取組みが必要である。また、これらのコストは実験経済学の普及を妨げる要因としても作用する。

1. 3 Easy Economic Experiment System

そのような問題を解決するため、我々は携帯電話を利用した簡易経済実験システム「Easy Economic Experiment System (E3)」を構築した。本システムの特徴は次の通りである⁶。

- (1) クライアント端末に携帯電話⁷を使用する。
- (2) サーバプログラムをPCにインストールするのではなく、実験の実施者と参加者が我々の用意する専用サーバーにアクセスする。実施者はプログラムを選択し設定を行うことで実験を実施できる。
- (3) 実験結果はcsv形式で出力される。

(1)によって、情報処理教室に行かなくても教員と受講生がサーバーにアクセスすることで講義中に実験を行うことが可能である。(2)はいわゆるクラウド型のサービスということである。これによって、z-treeと比較して実験実施の自由度は失われるものの、教員によるプログラミングやメンテナンスのコストはかからない。専用サーバーへのアクセスはブラウザが動作すれば良いので、特別な設定は不要である。(3)は紙を用いた実験と比較して、実験結果の集計と学生への結果の提示を手早く行えるということになる。

本システムは既存の経済実験実施手法と比較して、上記のように様々なメリットがある。しかしながら、既存の手法と異なる要因（携帯電話）が存在するため、既存の手法と同様の結果が得られるかどうか検証する必要がある。この検証を行うことで、紙による実験と同等の教育効果を期待できる（結果が異なるなら実験結果を学生に伝えることにあまり意味がないかもしれない）だけでなく、論文を執筆するための経済実験にも利用の可能性が広がることを示せる。

⁵ 大学のネットワークには通常Firewallやルーターの設定で通信制限がかかっていることが多く、設定によってはPC同士の接続に失敗する。このような場合、z-treeのようなソフトは使用できない。

⁶ 同様のシステムにMobLab (<http://www.moblab.com/>)がある。主な違いは使用言語が英語であること、有料であること、スマートフォンでのアクセスにアプリを使用することである。

⁷ スマートフォンだけでなく多くのフィーチャーフォン（いわゆる「ガラケー」）も対応するはずであるが、2015年3月現在では検証が不十分な状況である。

1. 4 経済実験導入における教育効果

E3は経済学教育に経済実験を導入することを目的の一つとしているが、そもそも経済学教育に経済実験を導入することで通常の講義と比較して教育効果が上昇するのでなければ導入の意味はない。そのためには教育効果を分析可能な形で定義して、教育効果を計測する必要がある。

おそらく、大学教員の多くが合意する大学教育における教育効果の定義は、どの程度専門的知識を習得したかであろう。アメリカではTUCE (Test of Understanding in College Economics) やTEL (Test of Economic Literacy) といった経済学についての客観試験があり⁸ 期末試験等の教員作成の試験だけでなく客観試験の試験の得点が多く⁹の教育実験研究において分析に利用されている。例えば、Dickie (2006) は講義の初回と最終回にTUCEを実施し、15週の講義中に7回の実験を行った講義では行っていない講義と比較して試験結果の改善が有意に大きいとの結果を得ている。

また、active learning導入の背景に大学生の学習意欲の低下があり、意欲も教育効果の一つととらえる向きもある。もちろん、このような評価についても何らかの計測や分析が可能となる定義が必要である。例えば、森・曾山 (2002) では試験の成績以外に実験実施にかかる時間や理論的に得られる結果と実験での実際の意思決定の差異を評価の指標として用いている。また、Emerson and Taylor (2004) は学生の講義への出席状況を計測しており、これらは客観的に計測できる数値である。一方、金子 (2013) では教育効果⁹の指標として「専門知識」「職業知識」という変数を学生に講義が知識を身につけるのに役に立ったかどうかをアンケートで聞くことで作成している。金子 (2013) はその分析結果から試験の成績を教育効果の指標とすることを疑問視している。しかし、これらの指標は知識が身についたかの自己評価であり客観的なものではないため、教育効果を測る指標としては疑問が残る。

本稿では議論の余地が大きくなる概念を採用せず、試験 (小テスト) の成績を教育効果の定義として採用する。試験の成績を使用して経済実験の教育効果を計測した文献¹⁰はいくつかあるが、効果があったとするものもあれば、効果が見られなかったものもある。その理由についても議論がなされているが、既存研究の多くは実験前の講義のコントロールが不十分であったことに原因の一端があると我々は考える。同じ人間が同じ内容で講義をしても、その日の調子や学生の様子によって話す内容は変化する可能性がある。また、効果を計測する研究者が講義を行えば、無意識のうちに効果を出したい講義の方をより上手く講義する可能性がある。そこで、本稿では同じ講義を受講させた後に学生を分割して1グループに実験を行わせることで実

⁸ 日本でも経済学検定試験 (ERE) が存在するが、2014年12月の試験で受験者数は1444名である。

⁹ 金子 (2013) P.107では「授業の評価」と呼んでいる。

¹⁰ 例えば、Eisenkopf and Sulser (2013) はスイスの高校で教室実験によって実験内容に関するテストの得点が講義のみの場合よりも上昇するとの結果を得ている。

験の教育効果を計測する。

1. 5 構成

本稿の構成は以下の通りである。2節では我々の構築したシステムの概要と簡単な使い方を紹介する。3節では本稿で行う実験計画の概要について述べる。4節と5節では実施した実験の結果を紹介する。6節では結論と今後の課題について述べる。



図1：囚人のジレンマ設定画面

Easy Economic Experiment System を用いた経済実験の教育効果: 囚人のジレンマと協調ゲーム
 — 鈴木・高橋・竹本・西平・小川



図 2 : ダブルオークション設定画面



図 3 : ユーザー一括登録画面

Easy Economic Experiment System を用いた経済実験の教育効果: 囚人のジレンマと協調ゲーム
 — 鈴木・高橋・竹本・西平・小川

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	exp_date	type	experiment_period	subject_id	group_id	entry_fee	profit	total_profit	participate	game	decision	dm_time	created_at	
2	2015/1/20 17:07	2	33	1	279	2			1		1	1	2015/1/20 17:08	
3	2015/1/20 17:07	1	33	1	281	2		30	30	1	2	6.27	2015/1/20 17:08	
4	2015/1/20 17:07	2	33	1	279	2				1	1	1	2015/1/20 17:08	
5	2015/1/20 17:07	1	33	1	282	5		10	10	1	2	42.44	2015/1/20 17:08	
6	2015/1/20 17:07	2	33	1	275	5		10	10	1	2	21.16	2015/1/20 17:08	
7	2015/1/20 17:07	1	33	1	277	7				1	1	1	2015/1/20 17:08	
8	2015/1/20 17:07	2	33	1	278	7		30	30	1	2	8.34	2015/1/20 17:08	
9	2015/1/20 17:07	1	33	1	277	7				1	1	1	2015/1/20 17:08	
10	2015/1/20 17:07	1	33	1	280	8		10	10	1	2	1	2015/1/20 17:08	
11	2015/1/20 17:07	2	33	1	273	8		10	10	1	2	11.84	2015/1/20 17:08	
12	2015/1/20 17:07	1	33	1	284	3		10	10	1	2	3.84	2015/1/20 17:08	
13	2015/1/20 17:07	2	33	1	283	3		10	10	1	2	8.6	2015/1/20 17:08	
14	2015/1/20 17:07	2	33	1	287	4				1	1	10.57	2015/1/20 17:08	
15	2015/1/20 17:07	1	33	1	274	4		30	30	1	2	1	2015/1/20 17:08	
16	2015/1/20 17:07	2	33	1	287	4				1	1	10.57	2015/1/20 17:08	
17	2015/1/20 17:07	2	33	1	285	6				1	1	8.1	2015/1/20 17:08	
18	2015/1/20 17:07	1	33	1	276	6		30	30	1	2	17.14	2015/1/20 17:08	
19	2015/1/20 17:07	2	33	1	285	6				1	1	8.1	2015/1/20 17:08	
20	2015/1/20 17:07	2	33	1	286	1		10	10	1	2	66.62	2015/1/20 17:08	
21	2015/1/20 17:07	1	33	1	288	1		10	10	1	2	6.57	2015/1/20 17:08	
22														
23														
24														

図6：経済実験結果データCSVファイル

1	A	B	C	D	E	F	G
1	group_id	user_id	type	name	profit	total_profit	
2	8	273	2	1	10	10	
3	4	274	1	2	30	30	
4	5	275	2	3	10	10	
5	6	276	1	4	30	30	
6	7	277	1	5	0	0	
7	7	278	2	6	30	30	
8	2	279	2	7	0	0	
9	8	280	1	8	10	10	
10	2	281	1	9	0	0	
11	5	282	1	10	10	10	
12	3	283	2	11	10	10	
13	3	284	1	12	10	10	
14	6	285	2	13	0	0	
15	1	286	2	14	10	10	
16	4	287	2	15	0	0	
17	1	288	1	16	10	10	
18							
19							

図7：グループデータCSVファイル

実験ページ

または2を入力して結果を待ってください。

A \ B	選択 1	選択 2
選択 1	(10, 10)	(0, 0)
選択 2	(0, 0)	(20, 20)

送信

ログアウト

リロード

ログイン名:108
1回目 / 1回

図 8 : 参加者用の入力画面 (囚人のジレンマ)

実験ページ

あなたの入力

2

相手の入力

2

あなたの獲得ポイントは

20

次へ

ログアウト

リロード

ログイン名:108
1回目 / 1回

図 9 : 参加者用の結果表示画面 (囚人のジレンマ)

2 システムの概要

本節では、開発したシステムの概要について説明する。コンピューターシステムを利用している経済実験システムとしては既にz-Tree (Fischbacher (2007) 参照) が存在し広く用いられているが、z-Treeは“z-Tree”と呼ばれるサーバー用プログラムがインストールされたPCと“z-Leaf”と呼ばれるクライアント用プログラムがインストールされたPCが基本的には同じネットワーク内に存在しなければならない。また、サーバーとクライアント間の通信は特定のポートを使用するためファイアウォールが構築されている環境では動作しないことがある¹¹。何より、MicrosoftのWindowsがインストールされたPCでしか経済実験に参加できない。

そこで、我々はクライアント側に特別な設定が不要なweb-basedの経済実験システムE3を開発した。E3では、クライアント側の仕様要件としてwebブラウザが使えることのみを要求しているので、参加者が大学のコンピューター室といった特定の環境にいなくても経済実験に参加することができる。また、使用するポートもブラウザが使用する通常のポートのためファイアウォールの設定が問題になることはほとんどないと考えられる。さらに、ブラウザが利用できれば良いため、Windows PC以外にもMac OSやLinuxがインストールされたPC、さらには個人所有のスマートフォンやタブレット機器などで経済実験に参加することができるといった特長がある。

サーバーの概要は以下の通りである。E3ではOSとしてUbuntu 14.04 LTSをインストールしたサーバーマシンにwebサーバー¹²がインストールしてある。また、コンテンツ管理システム(Content Management System、以下CMS)としてWordPress 3.8.1 (以下WordPress)を導入してある。また、WordPressを動作させるために必要となるPHP 5.5.9とMySQL 5.6.19もインストール済みである。CMSを利用することによって、動的なコンテンツを容易に作成できる、経済実験参加者のID管理が容易になる、といった利点がある。サーバーとクライアント間はhttpでの通信が行われ、参加者のID管理はWordPress標準の機能を利用し、経済実験の進行および結果の処理はWordPressに本研究で作成したプラグインが行う¹³。

経済実験実施の大まかな流れは以下のようになる。

● 経済実験の準備

1. 実験者は実施したい経済実験タブ¹⁴を選択し経済実験の設定を行う。

¹¹ z-TreeはTCP/7000番台のポートを使用する。

¹² Apache 2.4.7とnginx 1.4.6での動作確認済みである。

¹³ プラグインとは、WordPressのカスタマイズや機能追加を行うことができるプログラムのことである。公開されているプラグインを追加することもできるし、プラグインを新しく開発することもできる。

¹⁴ E3では、現時点では(囚人のジレンマというタブ名の) $m \times n$ 双行列ゲームとダブルオークションのみが実装されている。

2. 実験者は「ユーザー登録」ページで参加者のIDとパスワードを登録する¹⁵。

●経済実験の実施

1. 実験者は「実験実施」ページで行う経済実験を選択する。また、ログイン状況を確認しながらグループ分けを実行する。
2. 実験者は「実験実施」ページで「実験開始」ボタンをクリックして経済実験を開始する。
3. 各参加者が意思決定を入力する。
4. 実験者は「実験実施」ページで入力状況を確認し、経済実験参加者全員の入力終了した時点で「実験終了」ボタンをクリックして経済実験を終了する。
5. 「実験結果出力」ページに実験結果のcsvファイル（「実験結果データ」「グループデータ」と呼ばれる）が出力される。

以下では経済実験の各段階について、 $m \times n$ 双行列ゲームの実験用画面を用いて詳細を説明する。

2. 1 経済実験の準備

2. 1. 1 シミュレーションの設定

$m \times n$ 双行列ゲームの実験を行うときには「囚人のジレンマ設定」ページ（図1参照）で、ダブルオークションの実験を行うときには「ダブルオークション」ページ（図2参照）で、それぞれ実験者が必要な設定を行う。例えば、「囚人のジレンマ設定」ページの場合には、「グループ人数」ではゲームのプレイヤー数¹⁶の変更が、「参加料」では謝金を支払う場合の謝金計算に参加料を一律に加えることが、「繰り返し回数」では有限回繰り返しゲームを行う場合の繰り返し回数が、「利得行列のサイズ」と「利得行列」では実際にプレイされるゲームの詳細が、「入力ページの説明文字列」と「結果文字列」では各参加者画面に表示される説明文が、それぞれ変更可能である。「ダブルオークション」ページではそれ以外に取引時間や売り手の仕入れ値、買い手の予算等が変更可能である。いずれも設定完了後には、「保存する」ボタンをクリックすることで設定が保存される。

2. 1. 2 参加者の登録

参加者を登録するためには、「ユーザー登録」ページで実験者が登録を行う（図3参照）。1行ごとに、ログイン名（必須）、パスワード（必須）、表示名（省略可）を記入し、登録したい

¹⁵ WordPressで標準で準備されているユーザー登録を使って登録することも可能であるが、1名ずつの登録になる。本ページを使って登録すれば複数名を一括登録することが可能である。

¹⁶ 人数は3人に増やすことも可能だが利得行列が表示されないため、現状では実施は不可能である。

人数分の行を入力し「一括登録」ボタンをクリックすることでユーザーの登録が行われる。なお、この登録ではWordPressの「購読者」という権限グループに所属するメンバーとして登録される。「購読者」は参加者としてのみWordPressのコンテンツにアクセス可能であり、実験者画面を閲覧することはできない。権限グループが「管理者」のメンバー¹⁷のみ実験者画面にアクセスすることが可能である¹⁸。既に登録済みのユーザー IDで経済実験を行う時にはこの作業は行わなくても良い。

2. 2 経済実験の実施

2. 2. 1 グループ分け

経済実験を行うためにはまず実験者が「実験実施」ページにアクセスし、行なう経済実験の種類を「実験の選択」プルダウンボックスで選択する必要がある（図4参照）。以下では、「囚人のジレンマ」を選択したとして説明を行う。画面右下には「ユーザーログイン状態」を表示する部分がある。ユーザーがログインすると、印が赤色から緑色に変化すると共に、loginとの文字列が表示される。参加者全員がログイン状態になっていることを確認した後、「グループ分け」の「上記実験のグループ人数でグループ分けを実行」ボタンをクリックする。すると、「グループ分けと、現在実施中の実験内容」にグループ分けの結果が表示される。その後、「実験開始」ボタンをクリックすると参加者画面に実験内容が表示される。実験者は随時「グループ分けと、現在実施中の経済実験内容」の「リロード」ボタンをクリックし経済実験の進捗状況を確認することができる。「入力」の列には参加者の意思決定の入力状況が、「Period」にはそれぞれのグループが何度目の経済実験を行っているかが表示される（繰り返しゲームの場合2, 3, …と続く）。全員が最終回に達し入力もすべて表示された後に、「実験実施」の「実験終了」ボタンをクリックすることで経済実験が終了する。

経済実験終了後、「実験結果出力」ページから実験結果データおよびグループデータをcsv形式のファイルでダウンロードすることができる（図5- 図7参照）。

2. 3 参加者側の流れ

ブラウザを用いてトップページにアクセスすると、各参加者はユーザー IDとパスワードの入力を求められる。実験者から事前に配布されたユーザー IDとパスワードを各参加者が入力すると、経済実験の画面にアクセスできる。実験者が「実験開始」ボタンをクリックすると、各参加者のブラウザには図8のような画面が表示される。各参加者は表示された利得行列を見ながら自分の意思決定を行い、テキストボックスに「1」または「2」を入力（2×2双行列

¹⁷ 2015年3月現在、システムの管理者と実験者は権限グループが区別されていない。

¹⁸ 実験者を追加したい場合にはWordPressの「ユーザー」タブを用いて1名ずつ登録を行う必要がある。

ゲームの場合)し「送信」ボタンをクリックする。同じグループの他の参加者の意思決定も行われると画面が切り替わり(手動で「リロード」ボタンをクリックしてもよい)、図9のように「あなたの入力」・「相手の入力」(2人の意思決定内容)と「あなたの獲得ポイント」(自分の利得)が表示される¹⁹。「次へ」ボタンをクリックすると次回の経済実験に進む、または実験者が設定した繰り返し回数分の経済実験が終わると経済実験終了画面が表示され経済実験は終了する。

3 実験計画

教室実験の効果を検証するために本稿で行う実験について説明する。実験は「講義のみ条件」、「実験参加条件」、「実験見学条件」の三つのトリートメントからなる。

講義のみ条件では、参加者はゲーム理論の入門の講義(戦略形ゲームの定義、利得表の見方、最適反応を講義した。付録1参照)を30分間受講し、1週間後に講義内容に関する制限時間5分のテストを受ける(付録2参照)。

実験参加条件では、参加者は講義のみ条件と同じ講義を受講した後、戦略形ゲームの教室実験に参加する。そして1週間後に講義のみ条件と同じテストを受ける。

実験見学条件では、参加者は講義のみ条件と同じ講義を受講した後、実験参加条件で行われる教室実験を見学する。このとき、この条件の参加者は、実験参加条件の参加者と同じ意思決定を行う。そして1週間後に講義のみ条件と同じテストを受ける。

いずれの条件でも、1週間後にテストを受けなければならないことは伝えなかった。また、テストの後にアンケートに回答してもらった(付録3参照)。

3.1 実験の概要

実験は、2014年1月20日と2014年1月27日に広島市立大学国際学部の経済学入門科目で行われた。1月20日にゲーム理論の講義と教室実験を実施し、1月27日にテストとアンケートを実施した。実験参加者は当該科目を受講する学生の中の60名²⁰で、全員が国際学部の1年生で日本人だった。この内、ランダムに選ばれた16名²¹が実験参加条件に、ランダムに選ばれた別の16名が実験見学条件に、残りの28名が講義のみ条件に参加した。ゲーム理論の講義は三つの条件の参加者が同時に受講した。講義終了後、講義のみ条件の参加者は退室し、その後、経済実験が実施された。その際、実験参加条件と実験見学条件の参加者達は条件ごとに固まって席に着

¹⁹ 実験者が参加者画面の表示内容を変更することは可能である。ここでの説明は標準的な設定の場合である。

²⁰ 全受講者78名の内、1月20日の授業開始時間に遅刻しなかった学生である。

²¹ 実験システムの制約のため16名とした。

いた。

3. 2 教室実験

教室実験では、実験参加条件の参加者各自のスマートフォンとE3を用いて、2つの利得表、利得表 a (表 1) と利得表 b (表 2) についてゲームを実施した。

A\B	1	2
1	20, 20	0, 30
2	30, 0	10, 10

表 1 : 利得表 a

A\B	1	2
1	10, 10	0, 0
2	0, 0	20, 20

表 2 : 利得表 b

はじめに、実験参加条件の参加者は獲得点数の $1/10$ が、実験見学条件の参加者は 2 点が経済学入門科目の評価点に加算されると告げられた。次に実験参加条件の参加者は利得表 a を用いて簡易経済実験システムの使い方の練習を行った²²。

練習終了後、利得表 a を用いて実験が実施された。その際、実験見学条件の参加者には利得表 a が印刷された紙が配布され、もし実験に参加していたとしたらどちらの戦略をとるか決めるよう指示された²³。実験参加条件の参加者のスマートフォンの画面に結果が表示された後、講師が全体の結果と最適反応について解説した。

次に利得表 b を用いて実験が実施された。利得表 a の実験と同様に、全体の結果と最適反応について解説が行われた。教室実験に要した時間は解説時間を含めて30分間であった。

4 実験結果

3つのトリートメントの参加者数およびテストの平均値と中央値は、表3のとおりである。分散分析によると、3つのトリートメント間のテストの点数に有意な差があることが示された ($p < 0.001$)²⁴。そこで、2つのトリートメント間でテストの点数に違いがあるか t 検定を行ったところ、講義のみ条件と実験参加条件および講義のみ条件と実験見学条件のそれぞれのトリートメント間に有意な差があった(ともに $p < 0.001$)。しかし、実験参加条件と実験見学条件のトリートメント間には有意な差があるとは言えなかった。

²² 練習での得点は評価点に加算されない。参加者もこのことを理解していた。

²³ 実験参加条件の参加者は意思決定の後、相手の意思決定と自分の利得がフィードバックされる。それに対して、実験見学条件の参加者は、意思決定をするだけでフィードバックはない。

²⁴ 本稿の分析は、Stata13を使用した。

トリートメント	参加者数	テスト		アンケート (Q1-6)	
		平均	中央値	平均	中央値
講義のみ条件	28	3.21	2	2.71	3
実験参加条件	16	7.38	8	3.50	4
実験見学条件	16	7.00	7	3.56	3.5

表3：参加者数、およびテストとアンケート (Q1-6) の平均値と中央値

次に、参加者の性別や能力を変数に加えて、テストの得点を従属変数とするOLSを行った²⁵。その結果が表4である。Experimentは実験参加条件のときに1、それ以外のトリートメントのときに0をとるダミー変数である。Observeは実験見学条件のときに1、それ以外のトリートメントのときに0をとるダミー変数である。そして、Sexは参加者の性別が男性の場合に1、女性の場合に0をとるダミー変数である。Finalexamは経済学入門科目の期末試験²⁶の成績で、Mathematicsは参加者が広島市立大学または他大学の入学試験において数学を受験科目に選択した経験があるとアンケートで回答した場合に1、まったく経験がないと回答した場合に0をとるダミー変数で²⁷、ともに参加者の能力を表す変数である。

Variable	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Experiment	4.161 *** (0.829)	4.199 *** (0.855)	3.697 *** (0.804)	3.598 *** (0.905)
Observe	3.786 *** (0.799)	3.824 *** (0.861)	2.742 *** (0.882)	2.647 *** (0.988)
Sex		-0.095 (0.883)		0.233 (0.806)
Finalexam			0.096 *** (0.030)	0.098 *** (0.031)
Mathematics			1.196 * (0.697)	1.212 * (0.714)
Constant	3.214 *** (0.578)	3.218 *** (0.583)	-4.095 * (2.087)	-4.184 * (2.148)
N	60	60	57	57
adj. R ²	0.345	0.333	0.462	0.452

表の () 内の数字はRobust standard errorsを表す。
***と**、*はそれぞれ1%と5%、10%の有意水準を表す。

表4：回帰結果

²⁵ 順序ロジットも行ったが、係数の有意性については変わらなかった。

²⁶ 期末試験の問題には、ゲーム理論に関するものは含まれていない。

²⁷ アンケートの一部に未回答の参加者が3名(実験見学条件の学生1名、講義のみ条件の学生2名)おり、Mathematicsも3つの標本で欠損値ができた。これらの標本を除いて分析を行ったため、Model3とModel4の標本数が57となった。

全てのモデルにおいて、*Experiment*の係数は正で有意となり、実験参加条件の参加者は講義のみ条件の参加者と比べてテストの点数が高いことが示された。*Observe*の係数も正で有意となり、実験見学条件の参加者も講義のみ条件の参加者と比べてテストの点数が高いことがわかった。また、*Experiment*と*Observe*の係数が等しいという帰無仮説は棄却されなかった。*Sex*の係数は有意ではなく、性別による差は認められなかった (Model 2とModel 4)。それに対して、*Finalexam*は正で有意となり、この科目の期末試験の成績が良い参加者ほどテストの点数も高いことがわかった (Model 3とModel 4)。さらに、*Mathematics*も正で有意となり²⁸、大学入試のために数学を勉強した学生の方が勉強しなかった学生よりもテストの点数が高い結果となった (Model 3とModel 4)。これらによって、性別や学生の能力をコントロールした上でも、実験参加者や実験見学者の方が講義のみ受講した学生よりもテストの点数が高いことが示された。一方で、実験参加者と実験見学者ではテストの点数に違いがあるとは言えなかった。

最後に、教室実験が教科に対する興味に影響を与えたかを分析する。回答結果の平均値と中央値は表3に示したとおりである。アンケートの(Q1-6)「ゲーム理論に興味を持ちましたか。(5. とても興味を持った4. 3. 2. 1. まったく興味を持てなかった)」について、トリートメント間に違いがあるかKruskal-Wallis検定を行った。その結果、3つのトリートメント間の回答に有意な差があることが示された ($p < 0.05$)。そこで、2つのトリートメント間での回答に違いがあるかをWilcoxon-Mann-Whitney U検定を行ったところ、講義のみ条件と実験参加条件および講義のみ条件と実験見学条件のそれぞれのトリートメント間には回答に有意な差があった ($p < 0.05$)。しかし、実験参加条件と実験見学条件のトリートメント間には有意な差があるとは言えなかった。このことから、実験参加者や実験見学者の方が講義のみ受講した学生よりも教科に対する興味を持ったことが示された。

5 E3と紙を用いた経済実験における意思決定の比較

本節では、経済実験をE3を用いた場合と従来のような紙によって行った場合とで、参加者の意思決定に違いがないのか分析を行う。具体的には、実験参加条件と実験見学条件とで意思決定の分布の差を見ることで、実験ツールによって意思決定に違いがないことを確認する。

実験参加条件と実験見学条件における利得表 a と b の意思決定 (1 または 2) の分布は、表5のとおりである。2つのトリートメント間での回答に違いがあるかについて χ^2 検定を行ったところ、利得表 a と b ともに有意な差があるとは言えなかった。このことから、携帯電話を

²⁸ *Finalexam*を従属変数とした回帰分析を行ったところ、*Mathematics*の係数は有意とならなかった。この違いは、経済学入門科目が数学をできるだけ使用しないで行われることが影響していると思われる。

用いた経済実験と紙を用いた経済実験では異なる意思決定を導き出すということはないと思われる²⁹。

トリートメント	利得表 a		利得表 b	
	1	2	1	2
実験参加条件	4 (25%)	12 (75%)	1 (6%)	15 (94%)
実験見学条件	7 (44%)	9 (56%)	1 (6%)	15 (94%)

表 5：意思決定（1 または 2）の分布

6 結 論

本稿は、我々が開発した、Easy Economic Experiment System (E3) を紹介すると共に、それを用いた場合の経済学教育における教育効果を検証した。その結果、E3によって経済実験を体験した学生グループおよびその様子を見学した学生グループは、講義のみの学生グループと比べて確認のためのペーパーテストの点数が有意に高かった。この事は、教室実験を利用した経済学教育には教育効果があることを示していると言える。

ただし、この分析ではゲーム理論の初歩（戦略形ゲームの定義、利得表の見方、最適反応）を対象にした教育実験の効果を検証しただけであって、どのような内容でも効果があると結論づけるのは早計である。また、本稿の教育効果は小テストの成績であって、講義全体の成績ではない。15回～30回の講義全体に教室実験を複数回導入した場合に講義全体の成績が改善するとは結論づけられないことにも注意すべきである³⁰。これらの問題については教育効果を何で計測すべきかも含め、今後の課題としたい。

さらに、経済実験に参加した学生や見学した学生は、講義に加えて教室実験でも学習内容に触れており、コントロールトリートメントである講義のみの学生と比べて学習内容に接する時間が長いために教育効果に差が生まれた可能性もある。さらに、宿題等の課題と比べて、教室実験を利用した教育の方が効果が高いのかどうか分析する必要もある。これらについても今後の課題としたい。

経済実験においてE3と従来のような紙による経済実験で、参加者の意思決定の分布に違いがないのか分析を行ったところ、実験ツールによって意思決定に違いが発生するという事は示

²⁹ ただし、本稿の紙を用いた経済実験（実験見学条件）と携帯電話を用いた経済実験（実験参加条件）ではインセンティブの与え方に違いがあることに留意が必要である（3. 2節参照）。

³⁰ 実際、Yandell (1999) の結果は経済実験の限界生産性が逡減する可能性を示唆している。

されなかった。このため、本システムを用いても紙によるものと同様の教室実験が可能であると思われる。今後、市場取引など他の経済実験についても同様の検証を行っていく必要がある。

参考文献

- Becker, William E. and Michael Watts (1996) "Chalk and talk: A national survey on teaching undergraduate economics," *The American Economic Review*, pp. 448-453.
- Bergstrom, Theodore C. and John Howard Miller (2000) *Experiments with economic principles: Microeconomics*: McGraw-Hill New York.
- Bonwell, Charles C. and James A. Eison (1991) *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports.*: ERIC.
- Chamberlin, Edward H. (1948) "An experimental imperfect market," *The Journal of Political Economy*, pp. 95-108.
- Dickie, Mark (2006) "Do classroom experiments increase learning in introductory microeconomics?" *The Journal of Economic Education*, Vol. 37, No. 3, pp. 267-288.
- Eisenkopf, Gerald and Pascal Sulser (2013) "How to Improve Economic Understanding? Testing Classroom Experiments in High Schools," Technical report, Department of Economics, University of Konstanz.
- Emerson, Tisha L.N. and Beck A. Taylor (2004) "Comparing student achievement across experimental and lecture-oriented sections of a principles of microeconomics course," *Southern Economic Journal*, pp. 672-693.
- Fischbacher, Urs (2007) "z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments," *Experimental economics*, Vol. 10, No. 2, pp. 171-178.
- Friedman, Daniel (1994) *Experimental methods: A primer for economists*: Cambridge University Press.
- Malek, Ninos P., Joshua C. Hall, and Collin Hodges (2014) "A Review and Analysis of the Effectiveness of Alternative Teaching Methods on Student Learning in Economics," Technical report.
- Siegfried, John J. and Rendigs Fels (1979) "Research on teaching college economics: A survey," *Journal of Economic Literature*, pp. 923-969.
- Yandell, Dirk (1999) "Effects of Integration and Classroom Experiments on Student Learning and Satisfaction," in *Proceedings. Economics and the Classroom Conference, Idaho State*

University and Prentice-Hall Publishing, pp. 4-11.

小川一仁・川越敏司・佐々木俊一郎（2012）『実験ミクロ経済学』，東洋経済新報社.

——（2014）『実験マクロ経済学』，東洋経済新報社.

金子元久（2013）『大学教育の再構築』，玉川大学出版部.

森徹・曾山典子（2002）「経済学教育における実験手法の効果：手作業実験とコンピュータ実験の教育効果の比較検討」，『オイコノミカ』，第39巻，第2号，31-52頁.

付録 1 : 講義のスライド

ゲーム理論入門

ゲーム理論とは

- ゲーム的状况
 - 複数の意思決定主体(個人・企業・政府など)
 - 主体間の相互依存
- ゲーム的状况の例
 - 将棋・囲碁・オセロなど
 - 1個のケーキを2人で分ける状況
 - 選挙

ゲーム理論とは

- ゲーム: ゲーム的状况をモデル化したもの

ゲームにおいて各主体がどのように振る舞うか、またその結果何が起こるのかを分析するのがゲーム理論

独占(主体数が1)と完全競争(主体数が多いが相互依存なし)の間にある状況を扱える

戦略形ゲーム

各主体が「同時」に行動する状況(例:じゃんけん、サッカーのPK(蹴るのを見てから飛ぶ方向を決めるのでは止められない)など)を扱う。

- 戦略形ゲームの3要素
 - プレイヤー: 意思決定主体のこと。
 - (プレイヤーの)戦略: 行動の選択肢。
 - (プレイヤーの)利得: 全てのプレイヤーの戦略を決めた結果、何が起こるか。効用や利潤に相当。

戦略形ゲームの例

- AとBの2人でじゃんけん(勝:1、あいこ:0、負:-1)

A \ B	G	C	P
G	0, 0	1, -1	-1, 1
C	-1, 1	0, 0	1, -1
P	1, -1	-1, 1	0, 0

戦略形ゲームの例

- 囚人のジレンマ

1 \ 2	黙秘	自白
黙秘	4, 4	1, 5
自白	5, 1	2, 2

最適反応

- プレイヤー2がある戦略sをとっているとき、それに対してプレイヤー1の利得を最大にするプレイヤー1の戦略を「(プレイヤー1の戦略sに対する)最適反応」という。

最適反応

- プレイヤー1がある戦略sをとっているとき、それに対してプレイヤー2の利得を最大にするプレイヤー1の戦略を「(プレイヤー1の戦略sに対する)最適反応」という。

最適反応

じゃんけんの場合、最適反応は

- 相手がG ⇒ P
- 相手がC ⇒ G
- 相手がP ⇒ C

最適反応

囚人のジレンマにおける1の最適反応

1 \ 2	黙秘	自白
黙秘	4, 4	1, 5
自白	5, 1	2, 2

- 2が黙秘のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得4
 - 自白を選ぶと、利得5 ⇒ 「自白」が最適反応
- 2が自白のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得1
 - 自白を選ぶと、利得2 ⇒ 「自白」が最適反応

最適反応

囚人のジレンマにおける1の最適反応

1 \ 2	黙秘	自白
黙秘	4, 4	1, 5
自白	5, 1	2, 2

- 2が黙秘のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得4
 - 自白を選ぶと、利得5 ⇒ 「自白」が最適反応
- 2が自白のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得1
 - 自白を選ぶと、利得2 ⇒ 「自白」が最適反応

最適反応

囚人のジレンマにおける1の最適反応

1 \ 2	黙秘	自白
黙秘	4, 4	1, 5
自白	5, 1	2, 2

- 2が黙秘のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得4
 - 自白を選ぶと、利得5 ⇒ 「自白」が最適反応
- 2が自白のとき
 - 黙秘を選ぶと、利得1
 - 自白を選ぶと、利得2 ⇒ 「自白」が最適反応

最適反応

協調ゲームにおける1の最適反応

1 \ 2	バスケット	ショッピング
バスケット	1, 1	0, 0
ショッピング	0, 0	2, 2

- 2がバスケットボール(B)のとき
 - Bを選ぶと、利得1
 - ショッピング(S)を選ぶと、利得0 ⇒ Bが最適反応
- 2がSのとき
 - Bを選ぶと、利得0
 - Sを選ぶと、利得1 ⇒ Sが最適反応

最適反応

協調ゲームにおける1の最適反応

1 \ 2	バスケット	ショッピング
バスケット	① 1	0, 0
ショッピング	0, 0	② 2

- 2がバスケットボール(B)のとき
 - Bを選ぶと、利得1
 - ショッピング(S)を選ぶと、利得0 ⇒ Bが最適反応
- 2がSのとき
 - Bを選ぶと、利得0
 - Sを選ぶと、利得1 ⇒ Sが最適反応

付録2：テストの問題

ゲーム理論入門テスト
(制限時間 5 分)

平成 27 年 1 月 27 日

注意

- ・開始の合図があるまで開かないで下さい。(学籍番号と氏名は記入して構いません。)
- ・問題は I の(1)から III の(3)まで 10 問あります。

学籍番号

氏名

I. 次の利得表を見て以下の間に答えよ。(各1点)

プレイヤー1\プレイヤー2	a	b
A	-10, 10	30, -20
B	10, 20	-10, -10

(1) プレイヤー1の戦略は何があるか答えよ。

答え _____

(2) プレイヤー1がA、プレイヤー2がbを選択するときのプレイヤー1の利得を答えよ。

答え _____

(3) プレイヤー2の戦略bに対するプレイヤー1の最適反応を全て答えよ。

答え _____

(4) プレイヤー1の戦略Bに対するプレイヤー2の最適反応を全て答えよ。

答え _____

裏につづく

II. 次の利得表を見て以下の間に答えよ。（各1点）

プレイヤー1\プレイヤー2	X	Y	Z
A	-100, 0	300, -200	200, -300
B	200, 200	-100, 100	300, 0

(1) プレイヤー2の戦略は何があるか答えよ。

答え _____

(2) プレイヤー2の戦略Yに対するプレイヤー1の最適反応を全て答えよ。

答え _____

(3) プレイヤー1の戦略Aに対するプレイヤー2の最適反応を全て答えよ。

答え _____

III. 次の利得表を見て以下の間に答えよ。（各1点）

プレイヤー1\プレイヤー2	L	C	R
T	50, 50	40, 80	90, 70
M	70, 60	60, 30	70, 40
B	60, 60	50, 70	70, 70

(1) プレイヤー1の戦略Tに対するプレイヤー2の最適反応を全て答えよ。

答え _____

(2) プレイヤー2の戦略Lに対するプレイヤー1の最適反応を全て答えよ。

答え _____

(3) プレイヤー1の戦略Bに対するプレイヤー2の最適反応を全て答えよ。

答え _____

2) スマートホンを使った1月20日の経済実験に参加した人にお尋ねします。選択肢に○をしてください。
ただし、設問⑥以外は5段階で評価してください。

① 当日、実験のルールは理解していましたか。

(5. 良く理解していた 4. 3. 2. 1. まったく理解していなかった)

② 経済実験は楽しかったですか。

(5. とても楽しかった 4. 3. 2. 1. まったく楽しくなかった)

③ これからも経済実験を他の授業でも取り入れて欲しいと思いますか。

(5. とてもそう思う 4. 3. 2. 1. まったくそう思わない)

④ ゲーム理論の講義を理解するのに役だったと思いますか。

(5. とてもそう思う 4. 3. 2. 1. まったくそう思わない)

⑤ 使用したプログラムの操作のしやすさはどうでしたか。

(5. とても操作しやすかった 4. 3. 2. 1. とても操作しにくかった)

⑥ 経済実験についての感想を自由に書いてください（自由記述）

3) あなたご自身についてお尋ねします。

① 本学の入試で、センター試験の数学を利用しましたか。

(1. はい 2. いいえ)

② 他大学も含め、入学試験で数学を受験したことはありますか。

(1. はい 2. いいえ)

③ あなたの性別は何ですか。

(1. 女 2. 男)

④ 携帯電話またはスマートホンを持っていますか。

(1. スマートホンを持っている 2. 携帯電話（いわゆるガラケー）をもっている 3. 持っていない)

Educational Effectiveness of Classroom Experiments using Easy Economic Experiment System: Cases of Prisoner's Dilemma and Coordination Game

Akihiro SUZUKI

(Yamagata University)

Hiromasa TAKAHASHI

(Hiroshima City University)

Toru TAKEMOTO

(Tezukayama University)

Naofumi NISHIHIRA

(Yamagata University)

Kazuhito OGAWA

(Kansai University)

"Easy Economic Experiment System (E3)" has been constructed, which is a web-based system for easily conducting economic experiments by using mobile phones. The overview of E3 is described in this paper. This paper compared the average score of the post-quiz among three treatments; the experimental treatment in which students participated in the economic experiment for strategic form games after the short lecture for the introductory game theory, the observing treatment in which students looked on the experiment, and the lecture-only treatment in which students left the class after the lecture. This paper showed that the score of the experimental treatment and that of the observing treatment are significantly higher than that of the lecture-only treatment. Moreover, students' decisions in the experimental treatment were compared with students' decisions in the observing treatment in this paper, but the difference of two distributions was not significant. This fact suggests the validity of experiments using E3.