

被験者実験とゲーム理論

秋山 英三*

1 導入

昨年（2002年）、ゲーム・経済モデルの被験者実験を研究テーマに選んだ学生たちが研究室にいた関係で、ゲーム理論と被験者実験の関係について考察する機会があった。そして、過去の経済実験の文献を見たり、ゲームのデザインや実験手順の構成について具体的に考えていくうちに、ゲームの実験の背景とは何かということを見失いがちになることに気がついた。たとえば、全く自由な視点で被験者実験を捕らえている間はそれほど問題がないのだが、既存の経済理論やゲーム理論との関係について考えはじめるとすぐに根本的な疑問にぶつかる。『そもそも現状のゲームの理論は、被験者実験で考察・検証する対象にならないのでは…?』

被験者を呼んできてゲームを設定し実験を行う、ということは、とりもなおさず「ゲームにおける人間（被験者）の認知・行動を検証する」ということである。つまり実験をすることによって、相互作用するプレイヤーの内的認知構造の振る舞いを知り、その背景となる理論を考えたいわけである。一方、被験者実験を行って何らかの結果が出たとき、ゲーム理論の側で我々が参照することができるのは、たとえば「ナッシュ均衡」である。しかしよく考えてみると、ナッシュ均衡やゲーム理論そのものには被験者実験で本来知りたかったことが含まれていない。理由を簡単に言うと、これらにはプレイヤーの内的認知構造に関する記述がほとんど存在しないからである。そして、このままの状態であまり深く掘り下げずに実験に突入してしまうと、たとえば実験の結果がナッシュ均衡に収束したら「収束したね」で終わってしまいかねないし、収束しなかったら「人間は収束しないことがあるね」で終わってしまいかねない。

*筑波大学社会工学系，〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1. Email: eizo@sk.tsukuba.ac.jp

このことは実験側の意識の問題だと言う人もいるだろうが、どちらかというと理論の側の問題だと個人的には思う。つまり、現状のゲーム理論は、被験者実験による考察ができるようには作られていない¹。本稿では、「被験者実験をデザインする・具体的に実行する」という視点から、今後、理論の側で何を考えていくべきかについて考察する。

2 経済・ゲームの被験者実験

現状の経済・ゲームの被験者実験の方向としては、大きく分けて次の3つがある。

- (1) 現実経済のゲームのデザインを考えるための被験者実験。
- (2) 人間の認知構造の理論を考えるための被験者実験。
- (3) 強化学習・進化ゲームのモデルの振る舞いとの対比。

この節と次の節では(1)(2)について議論する。

2002年度のノーベル経済学賞は「実験経済学」に関する研究を行った二人に贈られており、そのうちの一人のヴァーノン・スミスはどちらかというと(1)に近いの仕事をしており、もう一人のダニエルカーネマンは(2)についての仕事をしている。彼らの仕事の紹介を兼ねつつ(1)(2)の具体例について述べよう。

まずスミス（経済学者）は、経済学における実験の手法を開発・確立した実験経済学の創始者である。歴史的に、経済学では「実験は不可能」とか「実験と理論が相互作用しつつ発展する」というのは経済学ではありえないなどと考えられていた。スミスは、理論上の効用構造と被験者の効用構造を結合するための具体的な手法を開発し、実験のための具体的な手続きを設定することで、経済学者の伝統的な認識を改めさせることに成功した。現在では、実験経済学は一つの重要な分野（方法論）として認知されるに至っている。

スミスは、もちろん彼自身が実験経済についての業績を数多く持っており[5]、マーケットの特質と人間行動の関係の分析なども彼の大きな功績の一つである。たとえば、売り手と買い手が個別に取引をするような市場では、実勢価格は理論均衡よりも多少小さくなる。一方、スミスは、プレーヤーを

¹現在私が所属する筑波大のゲーム理論家、金子守氏はこの問題について（インフォーマルな会話の中で）以前、次のような趣旨のことを言っていた。「現在の経済学の理論・ゲーム理論は、実験や経験との接続をほとんど考慮せずに作られている。研究者たちも、こういった社会科学における一番根本的な問題に目をつぶったまま、今までの枠組みの中、学問のための学問としての業績を上げることに熱を上げてしまっている状態だ。」

売り手グループと買い手グループにわけて、さらに取引希望者が自分の希望価格の情報を公開するようにデザインしたマーケットについて被験者実験を行い、このマーケットでは価格が理論均衡に収束して社会全体の総利得が最大になるということ、つまり、マーケットが効率的になることを示した。なお、この取引方法は「ダブルオークション」と呼ばれ、現実の株式市場などの取引で実際に用いられている。

もう一人のカーネマンは心理学者である。彼はトベルスキーとともに、不確実な状況下（つまり、通常の人間にとってほとんど日常そのもの）での現実の人間の認知・行動を実験により検証し、伝統的な経済学が仮定する人間のモデルについて警鐘を鳴らし続けている。

彼らの一つの仕事はヒューリスティックスに関する理論である [4]。人間が、複雑な状況下で、効率を落とさずにいかに意思決定のプロセスを簡略化しているのか、という問題について彼らは実験による検証を繰り返し行ってきた。その結果、人間の思考には、(1) 問題の「代表性」の認知、(2) 経験の「利用可能性」の重視、(3) 問題の文脈に「係留」されることによる意思決定のバイアスが、認知的意思決定メカニズムとして備わっており、これが不確実状況下で我々が日常的経済生活を可能にしている、ということを示した。

彼らのもう一つの仕事は、「プロスペクト理論 [3]」と呼ばれる効用関数についての理論である。標準的な経済学では、(1) 人間の効用関数は所得総額などに対して凹関数（危険回避型：一変数の場合）であり、(2) 複数の事象がある確率で起こりうる場合は、効用はそれぞれの確率に関する加重平均（線形結合）である、という仮定（期待効用仮説）が理論のベースとなっている。一方、カーネマンらのプロスペクト理論では、効用関数の凹関数仮説と期待効用仮説の両方について批判を行い、さらに、効用関数に関する以下に述べる新しい仮説を提出している。まず第一に、効用関数の変数となるべきなのは所得などの絶対量ではなく、現状（参照点）からの「変化」である、ということを実験により示し、その上で (1) 効用関数は現状からの変異に対して下が大きい S 字型のカーブになる、という仮説と、(2) 効用の算出は線形結合ではなく結合の重み係数自体が変数に対して緩やかな逆 S 字を描く、という仮説を提出した。

期待効用理論は、現実の人間の認知的傾向を観測することに重点を置いて作られた訳ではない、ということもあるが、彼らのプロスペクト理論は期待効用理論よりも実際の人間の行動を非常に良く説明できる。そのため、プロスペクト理論は、たとえば行動ファイナンスの分野など実際的な場面に多く適用され、各社会科学の分野に大きな影響を与え続けている。

以上、スミスとカーネマンの仕事を例として、経済実験でどのようなことが行われているかということを紹介してきた。ところで、経済・ゲーム実験の研究が彼らの実験に代表されるような（この節の最初に書いた）2つの

方向に進んでいるのはなぜなのだろうか？被験者実験が他の方向へと展開を行うためには何が必要なのだろうか？次節では、ゲーム理論の現状とあるべき姿を考えることで以上の問題を考察する。

3 ゲーム理論のあるべき姿と被験者実験

ゲームの理論は、それが社会におけるプレーヤー意思決定の理論である以上、本来次の二つの側面を理論として含んでいるべきである。

1. プレーヤーの外部世界の構造、プレーヤーの相互関係の部分に関する理論。
2. プレーヤーの内部構造、特に、相互作用の中での個人の認知・意思決定に関する理論。

当然のことだが、被験者実験を行って「社会科学の理論としてここがおかしい／よくできている／ここをこうすべきだ」といった議論を行うためには、理論の側にそれらに該当する記述が存在する必要がある。ところが、現状のゲーム理論が装備しているのは、そのほとんどが前者（外部世界）に関する記述のみである。後者に関してゲーム論が装備しているのは（期待）効用理論のみといって良い [2]。

「経済学はプレーヤーの内部構造に関して“無限の合理性”を仮定している」といったことはよく言われる。また、「経済学・ゲーム論では“合理的”プレーヤーが仮定されていて、限定合理的な現実のプレーヤーを取り扱うことができない」といった批判もよく聞かれる [6]。しかし、実は“合理的”とは何かについてきちんとした定義がなされているわけでもない。また、現在のゲーム論の中心となる解概念の「ナッシュ均衡」は重要であることは間違いないが、これもプレーヤーの内部構造とは別のところに存在し、数学的には、全プレーヤーの戦略空間における効用最大化（最適反応）の不動点に過ぎない。

さて、以上を踏まえて、現状で（意味のある）被験者実験を行おうとすると、やはり次の二通りの方向になるだろう。

- (1) 「外部世界の構造についての実験」：プレーヤーの内部構造についてはブラックボックスという立場のまま、「均衡」を一つの指標として、ゲーム（外部世界の構造）のデザインに集中する。
- (2) 「プレーヤーの内部構造についての実験」：期待効用理論の妥当性、あるいは、新しい効用理論の可能性に関して議論を行う。

プレイヤーの内部構造に関して現状の理論が装備している部分をまじめに考えると、やはり (2) のように効用理論に関する議論ということになる。他に実験の対象になるような理論がないからである。繰り返しになるが、前節のスミスの仕事は主に (1) に関するものであり、カーネマンの仕事は (2) に関する仕事と言って良いだろう。

では、ゲームの理論が現実の社会科学の理論として今後取り入れていくべきものは何だろうか？この問いについては、逆に『実験を行う（シミュレーションを行う）』という状況を具体的に想像する作業によってヒントが得られると思う。複数のプレイヤーが相互作用している状況を思い浮かべ、それに関する理論を作ろうとすると、我々は、たとえば、次の6つのことを自然に考えざるを得ない。

1. 内部・外部から情報獲得、シグナル発信・交換（コミュニケーション）
2. 経験・記憶
3. 世界観、信念・知識の形成
4. 意思決定基準の形成、判断・行動
5. 計算
6. 以上に関する「リアルタイム性」

まず、プレイヤーが獲得する情報をおおまかに分けると、自分自身に関する情報、他のプレイヤーの情報、それ以外の環境に関する情報の3つがある。プレイヤーはこれらの情報と過去の経験（記憶）から (1) 自分自身に関する認識 (2) 他のプレイヤーに関する認識 (3) 社会に関する認識 (4) 未来のあるべき姿、といった自分なりの世界観を作っていく。

現実のプレイヤーの意思決定のプロセスにおいてこれらの世界観が大きな役割を果たしている、ということは、実際に、被験者実験を行ったときの被験者のコメントを見るとよくわかる。被験者実験に参加した被験者のコメントを読むと、次のようなことばが良く出てくる。たとえば、「他の人は多分**と考えているだろうから、**しようと思います」とか「みんなが**な傾向にある気がするから**しよう」などなど。また、たとえば、グループ間競争の実験では、自分の選択肢だけでなく、社会の階層性・グループ単位の意思決定を考慮したコメントが時々見られ、コミュニティに関するプレイヤーの認識の様式が個人の意思決定に大きな影響を与えることがわかる。この類の思考がプレイヤーの行動にもたらす影響は、利得行列（プレイヤーの外部の部分）の理論だけでは考察不可能である。

また、これらの「世界観」を他者に伝えるための手段として、コミュニケーション、シグナル発信・交換がある。（このための前提として、まず共通の言語の確立という問題があり、そのメッセージ認識の食い違いをいかに最小にしていくかという問題もある。）有名な例としては、囚人ジレンマゲームが生まれるきっかけとなったランド研究所でのフラッドとドレッシェーの実験 [1] がある（2人の被験者が非対称囚人ジレンマゲームを行っていた）。この実験では、片方の被験者が「気づいてくれ!」といった類のコメントを書きながら「協力」行動を続けたり「裏切りで」懲罰したり、といったことが行われていた。つまりこのプレイヤーは、「協力」という行動を繰り返すことをシグナルとして相手に送りつづけ、自分の中で形成した「あるべき未来の社会像（富をもたらす協力的な社会）」を相手のプレイヤーに伝えようとしているわけである²。実は囚人のジレンマの場合は、観察される行動（協力・裏切り）だけを見ると、結果自体にはそれほど大きな影響はないのだが、たとえばコーディネーションゲームの類では、コミュニケーションの様相は、実験の結果に対しても本質的になる。ただし、ゲームにおけるコミュニケーションに関する枠組みが、現在、理論に存在するわけではない。

次に、意思決定基準の形成についてだが、このことは、実験経済学のように謝金を使う実験の場合はそれほど問題にならないかもしれない（特に金額が大きくなると）。つまり、意思決定基準は「もらえる謝金の最大化」ということになるだろう。ただし、経済学がマネタリーな状況に集中していて良いのだろうか、という根本的な疑問は残る。たとえば、ごみの問題に直面したとき、我々の中で「個人レベル」と「コミュニティレベル」の間で意思決定基準が揺れ動くことがある。しかしこの問題を単純な謝金つき対称囚人ジレンマにしてしまうと、みな個人レベルの利得最大化を意思決定基準にしまい、大事な部分が消え去ってしまう。

最後に、計算そしてリアルタイム性だが、現実世界で我々は、限られた時間と認知能力の中で情報を獲得し意思決定していかなければならない。数多くの実験によりカーネマンが経済学へ問題提起したことの一つがこの視点である。つまり、実際の人間が複雑な状況下でどのように意思決定を行っているかということ、決して、膨大な推論を行うわけではない。むしろたとえば、問題の類似性を重視し（代表性）、経験に蓄積されよくなじんでいるものを重視し（利用可能性）、対象となる問題のプレイヤーへの見え方・文脈によって意思決定にバイアスをかける（係留）など、簡略化された効率の良い思考

²このランド研究所の実験はナッシュがナッシュ均衡の論文を出版した数年後に行われている。フラッドらは、実験結果がナッシュ均衡に収束しなかったので、ノイマン、ナッシュといった天才たちがすぐに理論を修正して問題を解決してくれるだろう、といった軽い気持ちでいたらしいのだが、結局そうはならず、このゲームに囚人ジレンマという名前がつけられ、その後現在に至るまで多くの研究者を巻き込むことになる。

形式を人間は生得的に持ちあわせ、常時活用している。それにより、膨大な時間的・計算量的コストを削減することに成功している。このような、リアルタイム性を持つ計算過程を理解するためには力学系の視点によるアプローチが有力であると思われる。ただ、現時点ではまだ理論と現実との乖離がかなり大きい。

以上6つのことを理論として取り扱おうとしている試みとして、たとえば、認識論理学とゲーム理論を結合しようとする試みや、Artificial Lifeの分野の中にある一連の研究のようにのように、相互作用する進化・学習オートマトン、力学系ゲームの計算機シミュレーションによるアプローチがある。これらが「実験の対象になりうる理論」となるためには、やはり一つには、理論構築の際に、「経験世界や実験との接続」を具体的／抽象的なレベルできちんと意識することが肝要であろう。また逆に、実験のデザインを行う際も、自分が理論に対してどういった世界観を提供するか、という問題意識を持つことが、理論と実験が真の意味で相互作用／発展するためにも肝要である。

References

- [1] Flood, Merrill M., Some Experimental Games., Research Memorandum RM-789. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation (1952)
- [2] 金子 守, 「第五曲: 個人と社会」, Discussion Paper Series — Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba, July 2002.
- [3] Kahneman, D. and Tversky, A. (1979), "Prospect theory: An analysis of decision under risk," *Econometrica*, **47**, 263-91.
- [4] Tversky, A. and Kahneman, D. (1974), "Judgment under uncertainty: Heuristics and biases," *Science*, **185**, 1124-1131.
- [5] Smith, V. L., "Papers in Experimental Economics," Cambridge University Press, 1991.
- [6] Simon, H. 1957, "Models of Man", John Wiley and Sons, New York