

「ゲーム理論と実験経済学」

京都大学経済研究所 岡田章

1. はじめに

1994年にゲーム理論研究者、ナッシュ(John Nash)、ハルサニ(John Harsanyi)、ゼルテン(Reinhard Selten)がそれぞれの非協力ゲーム理論への画期的な貢献に対してノーベル経済学賞を受賞したことは、今なお私たちの記憶に新しい。大学や大学院で経済学や経営学を学んでいる読者の方は、ミクロ経済学や企業理論など多くの講義科目でナッシュ均衡点、ベイジアン均衡点、完全均衡点の理論に接していることと思います。

ゲーム理論的な考え方やその分析手法はミクロ経済学とマクロ経済学を含む経済学のほとんどの分野で用いられていて、現在、ゲーム理論は経済分析のための基本道具の一つとなっている。このような状況の一方で、ゲーム理論研究のフロンティアではこれまでの分析方法の反省や再検討が絶えず行われ、ゲーム理論のより一層の発展を目指して新しい研究が活発に行なわれている。

非協力ゲーム理論における合理的行動の研究が、ハルサニとゼルテン(1988)による共著「ゲームにおける均衡選択の一般理論」の出版によって一つの到達点を実現した以後、現在までの約10年間、経済行動の限定合理性(bounded rationality)の探求がゲーム理論や経済理論の最重要課題の一つとなり、生物学、認知科学、社会心理学などの他の学問分野の成果をとりいれながらその研究が精力的に行われている。限定合理性に関して研究者の共通理解は得られていないが、その分析方法の中で進化と学習の理論とともに有望と期待されているアプローチが実験経済学である。

限定合理性を現実の経済主体がもつ合理性と理解するならば、限定合理的な行動の解明には抽象的なモデルや数学原理だけでは不十分であり現実の経済行動の観察が必要不可欠である。このような理由から、過去20年の間に、研究室レベルでの実験において被験者の行動の規則性を探ろうとする実験経済学の研究は急速に行われていて、囚人のジレンマ、交渉、協力行動、オークション、市場、個人の選択行動などの数多くの実験結果が報告されている(Hagel/Roth, 1995)。

本稿では、限定合理性の視点からゲーム理論における実験研究の意義を述べるとともに、ケインズによって提示された平均値推測ゲーム(または美人投票ゲーム)の最近の実験結果を紹介しながら、実験研究がゲーム理論の発展にどのように寄与するかを考えてみたい。

ゲーム理論の標準的な内容については、拙書「ゲーム理論」(1996)を参照されたい。

2. 経済行動の分析視点：合理性と限定合理性

ゲーム理論はフォン・ノイマンとモルゲンシュテルン(1944)の名著「ゲームの理論と経済行動」の出版以来、経済主体の合理的行動の解明を主要な分析対象としてきた。フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンが採用した分析方法は、経済主体の合理的行動(rational behavior)を定義する数学的に完備な原理を発見し数学原理から合理的行動の一般的特性を導出するというものであり、合理性アプローチと呼ばれている。

過去50年の間、合理性アプローチに基づくゲーム理論の研究はさまざまな戦略的相互依存状況における経済行動の解明に大きく貢献してきた。しかしながら、その一方で、合理性アプローチに内在する二つの基本前提：

(1) プレイヤーは、(1a) 自分の効用を可能な限り最大化し、(1b) 相手の行動を可能な限り推論する、という意味で完全合理性をもつ、

(2) (1)の事実はゲームに参加するすべてのプレイヤーの共有知識である

は、一つの理想状態の記述であるが非現実的であるという批判がなされてきた。現実の経済主体がもつ合理性はさまざまな意味で限定的であり、経済主体の完全合理性を前提とする合理性アプローチが現実の経済行動を記述し説明するのに有効であるのかという問いのもつ重要性は高まっている。

これまでのゲーム理論の発展の歴史が示すように、合理性アプローチは理想的な完全合理性に基づく行動の解明を目的とする規範的理論(normative theory)の構築に非常に大きな役割を果たしてきた。一方、実証科学としての経済学やゲーム理論は、現実の経済主体の観察された行動を説明するという記述的理論(descriptive theory)であり、合理性アプローチが記述的理論のための分析方法としてどれだけ有効であるかは必ずしも明らかではない。理論の妥当性を実際に観察される行動からテストするという科学的方法は、自然科学と同様に経済学やゲーム理論でも重要である。

規範的理論と記述的理論との関係についての標準的な考えは、合理性アプローチによる分析が前提とする「合理的な経済人」というモデルが「現実の経済人」の十分な近似としてみなせる限りにおいて、その規範理論は現実の経済行動を説明するのに有効であるというものである。フリードマン(1953)やオーマン(1985)が指摘しているように、経済主体の完全合理性の仮定が「非現実的」であるという理由だけによって、合理性アプローチに基づ

く理論が現実の経済行動を説明するのに役に立たないと断ずるのは正しい科学的態度とは言えない。テストされるべきは理論の「仮定」ではなく理論が導く「命題や予測」である。例えば、屋根の上から落下する物体の運動を分析するために自由落下の運動方程式を適用するとき、私たちは物体が真空の中を落下するという明らかに「非現実的な」仮定を採用している。それにもかかわらず、多くの場合自由落下の運動方程式の予測は屋根の上から落下する物体の運動を説明するのに十分に有効であり、その限りにおいて自由落下の運動法則を適切な理論として受け入れるのである。

経済学における合理性の仮定について上に述べた標準的な視点に立つ主流派の研究者にとって実験研究の重要な目的は、合理性に基づく伝統的な経済理論がいかに現実の経済行動を説明することに有効であるか、その範囲を明らかにすることである。理論予測と観察された行動の不一致を一種の変則(anomalies)と見なす傾向があり、その原因について研究を深めることはあまり行われてこなかった。

しかしながら、これまでにさまざまなタイプの経済行動の実験において数多くの理論と観察行動の不一致が報告されており、ノーベル経済学受賞者の一人であるゼルテン(1991,1998)はこれらの事実を経済学者やゲーム理論研究者は無視できないと主張する。ゼルテンはハルサニとの約20年にわたる共同研究を通じて合理的行動の研究を深化させるとともに、60年代初めから一貫して限定合理性アプローチの重要性を主張し研究を続けてきたパイオニアの一人である。ゲーム理論の研究において、理想的な完全合理性に基づく行動の解明を目的とする規範的理論と現実の経済主体の観察された行動の説明を目的とする記述的理論は明確に区別すべきである。ゲームの記述的理論は現実の経済主体の限定合理性に基づく意思決定のメカニズムを解明し、その研究は観察された行動に基づくべきものである。そして、経済行動のよりよい理解のためには合理性と限定合理性の両方のアプローチが等しく重要である。ゼルテンによって代表されるこの立場は「方法論的二元主義」(methodological dualism)と呼ばれ、現在、ゲーム理論や実験経済学の研究方向に大きな影響を与えている。

3. 平均値推測ゲームの実験

ケインズ(1973)は「雇用・利子および貨幣の一般理論」の中で、投機的な玄人筋の行なう株式投資の特徴はいかに他の投資家を出し抜き、一般の投資家の裏をかくかということ

あって、彼らは投資に対する収益の長期的な予測にはあまり関心がないと述べた。そして、このような投機家の株式投資の比喻として、有名な「美人投票」の物語を示した：「玄人筋の行う投資は、投票者が一〇〇枚の写真の中から最も容貌の美しい六人を選び、その選択が投票者全体の平均的な好みに最も近かった者に商品が与えられるという新聞投票に見立てることができよう。この場合、各投票者は彼自身が最も美しいと思う容貌を選ぶのではなく、他の投票者の好みに最もよく合うと思う容貌を選択しなければならず、しかも投票者のすべてが問題を同じ観点から眺めているのである。」投機的な投資家たちが演ずるゲームは音楽が止まったときに一早く椅子を確保したプレイヤーが勝ついす取りゲーム (musical chair) に似ていて、美人投票の物語から次のようなゲームを考案することができる。

平均値推測ゲーム

n 人のプレイヤーが、それぞれ独立に0から100までの数字を一つ選ぶ。選ばれた n 個の数字 x_1, \dots, x_n の平均値 $(x_1 + \dots + x_n)/n$ を p ($0 < p < 1$)倍した数字に最も近い数字を選んだプレイヤーがゲームの勝者で賞金を獲得する。勝者が二人以上の場合は、賞金は勝者の間で均等に分配される。

ケインズの美人投票では $p=1$ である。ゲーム理論の代表的な解であるナッシュ均衡点が平均値推測ゲームでの実際の行動を適切に予測できるどうかをみってみる。

いま、すべてのプレイヤーの選ぶ数字は100以下であるからその平均値も100以下である。したがって推測の目標値は区間 $[0, 100p]$ に属する。この事実に注意すると、各プレイヤーにとって半開区間 $(100p, 100]$ にある数字を選ぶことは意味がない。なぜならば、他のプレイヤーがどんな数字を選ぼうとも、数字100pを選ぶことによって区間 $(100p, 100]$ 内のどの数字を選ぶことより決して悪くなることはなく、さらに他のプレイヤー全員がもし数字100pを選ぶならば、区間内の数字を選ぶより数字100pを選ぶ方がよいからである。このとき、プレイヤーにとって数字100pは区間 $(100p, 100]$ 内のすべての数字を弱支配しているという。この論理は、各プレイヤーにとって合理的な選択は区間 $[0, 100p]$ から数字を選ぶことを示している。

プレイヤーが他のプレイヤーの意思決定状況も自分と同じであると合理的に推測するならば、平均値推測ゲームの各プレイヤーの戦略集合は区間 $[0, 100p]$ に縮小される。以下、同じ論理を n 回繰り返すと、プレイヤーの戦略集合は区間 $[0, 100p^n]$ に縮小し合理的推測の回数 n が無限に大きくなると戦略集合は数字0に収束する。このとき、すべてのプレイヤーが0

を選ぶ状態がゲームの唯一のナッシュ均衡点であることが証明できる。

Nagel(1995)はボン大学の学生を被験者として上の平均値推測ゲームの実験を行なった。実験の一つのセッションでは15人から18人の被験者が同じゲームを4回プレイした。一回のゲームが終わる毎にすべての選ばれた数字、平均値、目標値が黒板に書かれ、ゲームの勝者とその利得が公表された。実験での賞金は20ドイツマルクであった。表1は $p=2/3$ の場合の実験結果を示している。初回のゲームでは4つのグループとも選ばれた数字の平均値は30から40の間であり、ナッシュ均衡点が予測する0ではない(四つのグループ全体の平均値は36.73である)。初回のゲームに対するナッシュ均衡点の予測は実験結果によって明らかに棄却されている。

Camerer(1998)はNagelの実験結果を検証するために、ポートフォリオ・マネジャー、経済学Ph.D、カリフォルニア工科大学の評議員や学部生、高校生までの幅広いタイプの被験者ごとに平均値推測ゲームの実験を行なった。Camererの実験ではゲームは一回しかプレイされず、 $p=0.7$ で賞金は20ドルであった。選択された数字の平均値は20から45の間であり、被験者の行動がナッシュ均衡点から乖離するという結果は共通に観察されている。

筆者はこれらの実験結果を確認するために勤務する京都大学で経済学部生13人を対象に $p=0.7$ の設定で平均値推測ゲームの実験を行なった(賞金は授業の評価点10点)。実験結果はNagelやCamererの場合と似ていて、選択された数字の平均値は37.15であり、メディアンは35であった。

以上の実験結果は、平均値推測ゲームの1回プレイではナッシュ均衡点(あるいは弱支配される戦略の連続除去)は実際の行動を記述し予測することに有効でないことを示している。これに対して、Nagelが提示する行動仮説「区間 $[0, 100]$ の中間値50から始めて1,2回の深さの推論で弱支配される数字を除去し、 $50p$ から $50p^2$ の近くの数字を選択する」の方が被験者の行動の予測能力は優れている。

また、もし上の実験で一人の被験者がナッシュ均衡点に従って数字0を選択するならば、つねにゲームに負ける結果となり、ナッシュ均衡点は実際の意思決定状況でプレイヤーのとるべき行動指針を与える理論としてもその有効性は限界がある。

しかし、この事実からナッシュ均衡点は平均値推測ゲームという特定の状況での行動の理解にとって無意味である(あるいは役に立たない)と結論するのは早計である。確かに、ナッシュ均衡点は被験者の行動を適切に予測できないが、その一方で、次のような重要な点を私たちに教えてくれる。もし被験者全員がNagelによる行動仮説を知り、各被験者が

他の被験者が仮説に従うものと予想するならば、当の被験者は行動仮説と異なる行動をとる動機をもつ（小さい数字を選べばゲームに勝てる）。すなわち、Nagel による行動仮説は自己破滅的 (self-destroying) である。実際、Nagel による実験結果（表 1）では、プレイの回数が増え前回のプレイの結果を知るとつれて被験者の行動はナッシュ均衡点に近づいている。ナッシュ均衡点以外の行動指針はすべて自己破滅的である。

被験者の行動を理解する上で重要な点は、被験者は「全員が数字 0 を選ぶ」というナッシュ均衡点のみが自己破滅的でない合理的な解であることを発見したとしても（実際、数人の被験者は実験終了後このような感想を述べた）他の被験者も同じ結論に達する確証はなく、何らかの他の理由によって行動を選択することになる。ここで、被験者のもつ限定合理性が意思決定に重要な役割を果たすことになる。平均値推測ゲームの実験結果は、単純なルールのゲームでもプレイヤーの意思決定の構造は高度に複雑であり、その行動の理解には合理性と限定合理性の両方の分析視点が重要であることを示している。

4 . おわりに

本稿では、平均値推測ゲームの例を用いて限定合理的な経済行動の理解のためにゲーム理論における実験研究の重要性を述べた。限定合理性の特徴として、平均値推測ゲームで観察された互いの行動を読み合う推論のステップ数などの認知の限界のほかに、交渉ゲームの実験では、被験者の行動は金銭的利得の最大化ばかりでなく「相手の親切な行為には親切な行為でお返しする」という互惠主義にも大きく影響されるなどの動機の限界も数多く報告されている。実験によって観察された行動に基づく限定合理的な行動の一般理論が確立されるまでには長く困難な道であるが、その研究は着実に前進している - 「私は、科学の歴史において新しい知識への道を開くものはつねに理論であって実験でなく、つねにアイデアであって観察でないと信じるけれども、私はまた、不毛な道をたどるのを防ぎ、きまりきった道から抜け出すのを助け、新しい道を発見するように促すものはつねに実験であると信じる」(ポパー, 1959)。

参考文献

- Aumann, R., "What is Game Theory Trying to Accomplish?" In: Arrow, K.J. and Honkapohja, S. (eds.), *Frontiers of Economics*, Basil Blackwell, 1985, 28-99.
- Camerer, C.F., "Progress in Behavioral Game Theory," *Journal of Economic*

Perspective Vol.11, No. 4, 1997, 167-188.

Friedman, M., *Essays in Positive Economics*, The University of Chicago Press,
Chicago, 1953.

Hagel, J.H. and A.E. Roth (eds.), *The Handbook of Experimental Economics*,
Princeton University Press, Princeton, 1995.

Harsanyi, J. C. and R. Selten, *A General Theory of Equilibrium Selection in Games*,
MIT Press, Cambridge, 1988.

Keynes, J. M., *The General Theory of Employment, Interest and Money*, The
Macmillan Press, 1973. 塩野谷祐一（訳）「雇用・利子および貨幣の一般理論」, 東洋
経済新報社、1995年.

Nagel, R., "Unraveling in Guessing Games: An Experimental Study," *American
Economic Review* Vol. 85, No.5, 1995, 1313-1326.

岡田 章、「ゲーム理論」, 有斐閣、1996年.

Popper, K.R., *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson/London, 1959. 大内義一・森
博（訳）「科学的発見の論理」, 恒星社厚生閣、1972年.

Selten, R., "Evolution, Learning, and Economic Behavior," *Games and Economic
Behavior* 3, 1991, 3-24.

Selten, R., "Presidential Address: Features of Experimentally Observed Bounded
Rationality," *European Economic Review* 42, 1998, 413-436.

Selten, R., "Game Theory," 京都大学学術講演会講演資料、1998年.

von Neumann, J. and O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*,
Princeton University Press, Princeton, 1944.