

## 「ゲーム理論と経済学」

岡田章 一橋大学大学院経済学研究科教授

### 1. はじめに

2005年のノーベル経済学賞は、ゲーム理論の分野で長年にわたって顕著な業績をあげてきたオーマン（ヘブライ大学、イスラエル）とシェリング（メリーランド大学、米国）が受賞した。受賞の理由は、「ゲーム理論の分析を通じて対立と協力に関する人類の知識を高めた」ことである。ゲーム理論の分野にノーベル経済学賞が授与されるのは、1994年のハーサニ、ナッシュ、ゼルテンに続いて2回目である。また、94年以後、ほぼ1年おきに授与されている分野はインセンティブの経済学（1996年）、厚生経済学（1998年）、非対称情報の経済学（2001年）、行動経済学と実験経済学（2002年）であり、ゲーム理論がその分析に大きな貢献をしている。過去10年間のノーベル経済学賞の受賞分野が端的に示すように、現在、ゲーム理論は経済学のほとんどあらゆる分野に応用されていて一般均衡理論とともに経済分析の基本ツールとなっている。

このような事情は大学の経済学部のカリキュラムにも反映されていて、海外はもちろんわが国でもほとんどの大学の経済学部でゲーム理論を講義する授業が開講されている。読者の中には、最近なぜこんなにゲーム理論が経済学の中に浸透してきたのだろうかと思っている方も多いと思われる。また、ゲーム理論の名前はよく耳にするし書店でゲーム理論の専門書や啓蒙書を多く見かけるが、いま一つその内容についてよくわからないと思っている方も多いのではなかろうか。この特集は、ゲーム理論がノーベル経済学賞を再び受賞した機会にこのような疑問をもつ方を対象としてゲーム理論の基本的な考え方や見方をさまざまな視点から解説することを目的に企画された。論文の執筆者はいずれも長年わが国のゲーム理論の研究教育をリードしてきた研究者である。本特集が読者の方々のゲーム理論の理解の助けとなりさらに多くの方々がゲーム理論に関心をもたれるようになれば、特集の企画者として大きな喜びである。ゲーム理論の専門的な内容や最近の研究の進展と応用については、文献 [1, 2, 3] を参照して戴きたい。

### 2. ゲーム理論とは何か

ゲーム理論(game theory)とは、簡潔に言えば、「経済や社会におけるさまざまな行動と意思決定の相互依存関係を研究する学問」である。社会や経済は、個人や企業、組織、政府など多くの行動主体（プレイヤー）が一定のルール（法、慣習、文化、道徳、マナーなど）を守りながら、それぞれの目的を實現しようと、ときには競い合い、ときには協力し合う一つの「ゲーム」のようなものである。このような人間社会とゲームの類似に着目して、社会や経済における行動主体の意思決定の相互作用を研究する学問がゲーム理論である。社会において人々は他とは無関係に行動するのではない。われわれの行動は他の人々の行動に影響を与え、また、他の人々の行動はわれわれの行動に影響を及ぼす。社会経済の本

質は、互いに影響を及ぼしあう複数の行動主体が存在することであり、ゲーム理論は数理的な方法論を用いて人間、企業、組織などの行動主体の意思決定を研究する。そして、このような意思決定や行動の分析を通じて、より根本的な問いとして人間のあり方や社会や経済の働き、成り立ちを探究することを目指している。

このようなゲーム理論がなぜ経済学の基本的な分析の枠組みとして採用されるようになったかを理解するには、いま一度、経済学とは何であるか、に立ち戻る必要がある。サムエルソン経済学[4]に慣れ親しんだ方なら、「経済学とは、ひとびとないし社会が、貨幣の媒介による場合、よらない場合いずれを含めて、乏しい生産資源を使い、時間をかけてさまざまな商品を生産し、それらを現在および将来の消費のために社会のいろいろなひとびとや集団のあいだに配分するうえで、どのような選択的行動をするか、ということについての研究である」という定義を思い出すであろう。これに対して、現代の経済学の研究者はもっと広い問題に関心をもっている。研究者の関心は、市場における資源配分の効率性から経済社会のさまざまな資源配分メカニズムの働きに移行していて、完全競争市場ばかりでなく、情報、インセンティブ、契約、組織、社会慣習、制度、文化などの広範囲の事柄が経済学の主要な研究対象になっている。そして、ゲーム理論はこのような広範囲な領域での経済分析を可能にしている共通言語となっている。マーシャル [5] が目指した「日常生活における人間の研究であり、人間科学の一分科である」経済学の研究が今やゲーム理論によって厳密な基礎科学として可能になった。

ゲーム理論は、20世紀を代表する大数学者のフォン・ノイマンとオーストリア学派の経済学者であるオスカー・モルゲンシュテルンによる共著『ゲームの理論と経済行動』 [6] によって1944年に誕生した。しかしながら、ゲームと人間社会の類似性に注目する視点は、すでに近代経済学の始祖であるアダム・スミスの『道徳情操論』 [7] の中に見出すことができる。

「人間社会という偉大なるチェス盤の上では、個々の駒は立法府が押しつけようとする行動原理とは異なるそれ自身の行動原理を有する。もし二つの行動原理が一致するならば、人間社会のゲーム(the game of human society) は困難なく調和的に進み、幸福で成功である可能性が非常に高い。しかし、もし異なるならば、ゲームは悲惨であり社会は大きな混乱に陥る。」(『道徳情操論』第6部「有徳の性格について」)。

このアダム・スミスの考察を、現代のゲーム理論の言葉で言い直せば、次のようになる。人間社会では二つの合理性が対立する。一つの合理性は、社会を構成する個人が自分の価値や目的を可能な限り追求するという個人合理性であり、もう一つの合理性は、社会全体として望ましい状態を実現しようとする社会(もしくは全体)合理性である。価格をシグナルとして個々の経済主体が最適な消費と生産を行うとき、見えざる手によって財の需要と供給は一致し効率的な資源配分が実現される完全競争市場は、個人合理性と社会合理性が一致する(ある意味で)稀な状態であり、市場の見えざる手が働かない状況では個人合理性の追求は社会的に望ましくない結果を導く可能性がある。

ゲーム理論の研究課題をこのような視点から言えば、個人合理性と社会合理性のもつ性質を深く研究し、どのようにして「幸福で成功的な社会」を作っていけばよいかについて探求することである。そのためには、複数の行動主体がいかに利害の対立を克服して協力関係を実現するかについて基礎的な研究を続けていく必要がある。この意味から、今回ノーベル経済学賞を受賞したオーマンとシェリングの研究はまさしくゲーム理論を通じて対立と協力に関するわれわれの知識を高めることに貢献したものであり、経済学はもとより政治学や社会学など社会科学の発展に貢献するものとして高く評価される。

### 3 . 対立と協力のゲームモデル：囚人のジレンマとチキンゲーム

対立と協力の可能性を記述する有名なゲームのモデルとして、囚人のジレンマ (prisoner's dilemma) がある。いま、二人の個人1と2が協力するかしないか、の選択に直面している。個人の行動と利得の関係は、図1で表される。図の各成分の利得の組は、左が個人1の利得、右が個人2の利得を表す。もし二人が協力すれば、利得はともに5である。もし二人が協力しなければ、利得はともに-3となる。もし一方だけが協力して他方がしなければ、協力を選択した個人の利得は-4となり、協力を選択しない個人の利得は6となる。このような状況で個人にとって合理的な行動とは何かを考えてみる。各個人の利得は自分の行動ばかりでなく相手の行動にも依存することに注意する。個人1の立場になって考えると、もし相手が協力するならば、協力しない方が高い利得6を得る。この

		個人2	
		協力する	協力しない
個人1	協力する	5, 5	- 4, 6
	協力しない	6, - 4	- 3, - 3

図1 . 囚人のジレンマ

とき、「協力しない」行動は相手の「協力する」行動に対して個人1の最適応答(best response)であるという。同様にして、もし相手が協力しないならば、個人1は協力しない方が協力するよりも高い利得-3を得るから、「協力しない」行動は相手の「協力しない」行動に対して個人1の最適応答である。すなわち、個人1にとっては相手の行動の如何に関わらず

「協力しない」行動が最適である。この意味で、個人1にとっての合理的な行動は協力しないことである。同じように、個人2にとっての合理的な行動は協力しないことである。二人の個人がこのような推論に従って行動するとき、二人の間で協力は成立せず利得はともに - 3 になってしまう。

もし二人がともに協力すれば、二人とも利得を - 3 から 5 に増やすことができる。この理由から、二人全体にとっての合理的な行動は協力することである。すなわち、二人から構成される社会にとって合理的な行動は、協力することである。ここでいう社会合理性は、経済学でのパレート最適性と同義語である。パレート最適な行動の組とは、二人とも利得がそれ以上増加することがない行動の組のことである。

このように、図1で表される囚人のジレンマの例では、個人合理的な行動（協力しない）と社会合理的な行動（協力する）が一致しない。このとき、二人の個人は協力するべきかどうか、ジレンマに直面する。

囚人のジレンマによって定式化される対立と協力の可能性は、個人間の人間関係、ボランティア活動、環境保護、集合行為、カルテルなどの企業間協力、組織内の協調行動、自由貿易協定や軍縮などの国際協力など、現実の社会に数多く見出せる。囚人のジレンマの名前は、二人の囚人が共犯を自白するか黙秘するかジレンマに直面するというオリジナルな物語から由来している。

囚人のジレンマにおいて個人合理的な行動の組（協力しない、協力しない）では、相手の行動に対して各個人は最適に応答している。このような行動の組を、ナッシュ均衡 (Nash equilibrium) という。言いかえると、ゲームのナッシュ均衡とは、自分以外のすべての行動主体が均衡行動を選択する限りどの行動主体も一人だけ均衡行動から離脱するインセンティブをもたない行動の組み合わせのことである。このような性質を、ナッシュ均衡の自己拘束性 (self-enforcement) という。ナッシュ均衡は、1994年のノーベル経済学賞を受賞したジョン・ナッシュによって提唱された均衡概念で、ゲームの最も基本的な解である。囚人のジレンマのナッシュ均衡は社会合理性（パレート最適性）を満たさない。

図1で二人がともに協力をしないときの利得を - 3 から - 7 に変えると、図2のモデルが作られる。このゲームは囚人のジレンマとは異なる利害構造をもち、チキン（弱虫）ゲームとよばれている。

囚人のジレンマと異なり、チキンゲームではプレイヤーの最適行動は相手の行動に依存する。ナッシュ均衡は二つ存在し、どちらか一方だけが協力する行動の組である。ナッシュ均衡はいずれもパレート最適性を満たす。二人がともに協力する行動の組もパレート最適性を満たすが、ナッシュ均衡ではない。二人のプレイヤーは誰も協力をしない最悪の結果を避けることでは利害は一致するが、どちらが協力者（弱虫）になるかについて利害が対立する。

		個人 2	
		協力する	協力しない
個人 1	協力する	5, 5	- 4, 6
	協力しない	6, - 4	- 7, - 7

図 2 . チキンゲーム

#### 4 . 対立から協力へ

経済社会の本質は、個人や組織である経済主体の間で対立と協力の可能性が混在することである。スポーツや囲碁、将棋などの室内ゲームのように勝つか負けるかを競うゲームや二つの企業がマーケットシェアを奪い合うゼロ和二人ゲームではプレイヤーの利害が完全に異なり協力の可能性はない。しかし、これらは特殊な状況でありほとんどの経済問題では対立と協力の可能性がともに存在する。まだ記憶に新しいライブドアとフジテレビによるニッポン放送の株式取得競争でも表面的には両者が激しく対立しても、それと並行して協力や和解の可能性を探る努力がされていた。製品のマーケットシェアを奪い合う企業でもマーケットの規模を拡大することについては利害が一致し協力することが可能な場合も多い。グローバル化する経済では、企業は国境を越えてさまざまな形の協力・提携関係を築いていて、「競争しながら協力する」ことが現代の企業行動を理解する上でますます重要になっている。

対立と協力の問題は経済問題だけにとどまらない。国際政治の世界では米ソの冷戦時代が終わった後、国際関係は同盟国か敵国かといった単純な図式では理解できなくなり、国家間ではさまざまなレベルで対立と協力の可能性が生じている。また、地球温暖化問題のような新しいグローバルな問題に対してどのようにして利害の対立を克服して国際協力を実現するかが人類の大きな課題となっている。

現代社会のさまざまな政治経済問題においてその利害対立の構造を明らかにし、厳密な科学的方法論に基づいていかに協力関係を実現するかについて知識を深め、問題解決の現実的な処方箋を構築する基礎的な学問としてゲーム理論が果たす役割はますます大きくなっている。そして、対立と協力のゲーム理論的分析の先駆的研究を行いこれまでの研究をリードしてきたのがオーマンとシェリングである。

チキンゲームと囚人のジレンマの例を用いて、対立を超えて協力を実現するさまざまな方法について試みる。最初に、図2のチキンゲームを考える。チキンゲームでは、二つのナッシュ均衡のうちどれをプレイするかについて二人の間で利害の対立が存在する。このような利害の対立の解決策として、オーマンが定式化した相関均衡 (correlated equilibrium)とシェリングがその戦略的重要性を指摘したコミットメントがある。相関均衡の考えは、プレイヤーが共通に観察可能な確率的シグナル(公開情報)に従ってそれぞれの行動を選択するというものである。例えば、確率 1/2 で出現する二つのシグナル a と b を用いて、「シグナル a を観察すればプレイヤー 1 が協力し、シグナル b を観察すればプレイヤー 2 が協力する」という取り決めをする。具体的には、公平なくじを使ってどちらが協力するかを決めればよい。このとき、二人のプレイヤーの期待利得はともに 1 となる。プレイヤーはこの合意を守ることを強制されないが、相手が守る限り自ら合意を破る動機はない。このことは、シグナルを観察したときに選択する行動がナッシュ均衡であることから容易にわかる。確率的シグナルを利用する上の行動ルールはナッシュ均衡と同じ自己拘束性をもつ。共通に観察できるシグナルを利用することによって行動の調整が可能となる。さらに、部分的に観察可能なシグナルを利用することによって、二人がともに協力することも相関均衡によって正の確率で実現できることがわかる。相関均衡の詳しい説明は、文献[1] を参照されたい。

シェリングは、チキンゲームにおいて自分に有利な結果を実現する手段としてコミットメントの戦略的重要性を指摘した。一般に、プレイヤーが事前にとるべき行動を公表し将来確実にその行動を実行するという意思表示を、コミットメントという。チキンゲームでプレイヤー 1 が最初に協力しないことを意思表示できるとしよう。このとき、プレイヤー 2 にとって最適な行動は協力することであり、プレイヤー 1 に有利なナッシュ均衡(協力しない、協力する)が実現する。コミットメントは、プレイヤー 1 の利得を増加させる。コミットメントのもつこのような戦略的特性は多くの経済行動に適用できる。政府が事前に経済政策を公表することによって市場の動きを政府の望む方向にコントロールできることを示す「政策のアナウンス効果」は、コミットメントの一例である。コミットメントが戦略的重要性をもつためには、他のプレイヤーにコミットメントの内容を信じさせる力をもつ必要がある。政府や日本銀行などの公的機関はそのような力をもつことは十分考えられるが、現実の経済や交渉ではコミットメントできる能力を獲得することが重要である。詳しくは、シェリングの著作 [8, 9]を参照。

囚人のジレンマでは対立と協力の問題はさらに困難であり、相関均衡やコミットメントの手段は有効でない。囚人のジレンマは、「個人的価値を追求する自由な行動主体の間でいかにして協力関係が成立するか」という社会科学の基本問題を明瞭にかつ簡潔に表現するため、これまで経済学を始め、政治学、社会学、経営学、法学、哲学、倫理学、社会心理学などの人文社会科学のさまざまな分野で研究されてきた。さらに、近年は、生物学、物理学、情報科学、認知科学、工学などの学問分野でも精力的に研究されている。

社会科学の文献では、これまで囚人のジレンマ（社会的ジレンマとも呼ばれる）の状況で社会にとって望ましい結果を実現する方法として「国家と市場」が主に議論されてきた。また、現在の政策論争においても、個人の自由より国家や伝統に重きをおいて社会秩序を保とうとする保守主義や市場メカニズムを導入して非効率性を解決しようとする市場原理主義などの主張にこのことが反映されている。国家と市場が囚人のジレンマを解決する万能薬でもないことは明らかである。国家権力によって人々の協力を強制する解決の問題点は、2節で引用したようにアダム・スミスが「ゲームは悲惨であり社会は大きな混乱に陥る」と指摘した。実際に、ソビエト型社会主義体制の崩壊という歴史的事実が教えるところである。一方、市場による解決も元来、囚人のジレンマは市場制度を作る（例えば、所有権制度を導入する）ことが非常に困難な社会的状況を示しているその有効性は限定的である。さらに、市場メカニズムが理想的に働いたとしても、囚人のジレンマで二人が協力する効率的で公平な社会状態が実現する保証はない。

囚人のジレンマを解決する方法は国家か市場かという二者択一ではなく、人々が話し合い交渉し、必要があれば、協力を可能にする新しい社会の制度（ルール）を自発的に構築するという方法の可能性を探ることが重要である。現実には、囚人のジレンマに直面する人々が自ら協力を実現するために解決を模索することは、地域コミュニティから国際協力に至るまでさまざまなレベルで行われている。

囚人のジレンマを解決し人々の協力を実現するどのような方法も機会主義的行動やただ乗りを何らかの形で罰するメカニズムを備えている必要がある。オーマンによって始められた繰り返しゲームの理論は、長期的関係をもつ人々の相互処罰行動（相手が裏切れば次回自分も裏切る）が協力関係を実現できることを明らかにした。人々による相互処罰は分権化されたソフトな社会制度であり社会規範はこの一例である。一方、経済社会が発展するにつれて人々が相互に非協力者を罰するシステムを維持することが物理的に困難になり、協力を可能にする組織や制度（ルール）を人々が自発的にデザインし構築するという方法の重要性が高まる。ゲーム理論によって、このような人間行動と社会制度の相互連関が多くの研究者によって精力的に研究されている。

## 5．終わりに

本稿では、ノーベル経済学賞を受賞したオーマンとシェリングの研究を簡単に紹介しながら、ゲーム理論の基本的な考え方と経済学との関わりについて述べてきた。現在、ゲーム理論は人文社会科学の範囲にとどまらず、生物学、認知科学、情報科学などの広範囲な学問分野を横断する学際的な基礎科学としてその重要性が認識され活発な研究が行われている。今後、現実の政策問題の理解と解決にゲーム理論がさらに貢献することが期待されている。

（参考文献）

- [1] 岡田章 『ゲーム理論』、有斐閣、1996年
- [2] 今井晴雄・岡田章（編）『ゲーム理論の新展開』、勁草書房、2002年.
- [3] 今井晴雄・岡田章（編）『ゲーム理論の応用』、勁草書房、2005年.
- [4] ポール・サミュエルソン 『経済学』 都留重人訳、岩波書店、1966年.
- [5] Alfred Marshall, *Principles of Economics*, Macmillan Press, 1890.
- [6] John von Neumann and Oskar Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1944.
- [7] Adam Smith, *The Theory of Moral Sentiments*, (ed.) D.D.Raphael and A.L.Macfie, Liberty Fund, Indianapolis 1984.
- [8] Thomas C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, Harvard University, 1960.
- [9] Thomas C. Schelling, *Micromotives and Macrobehavior*, W.W. Norton&Company, 1978.