

Title	協力ゲーム理論と経済学
Sub Title	Cooperative game theory and economics
Author	中山, 幹夫(Nakayama, Mikio)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2009
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.102, No.3 (2009. 10) ,p.435(1)- 456(22)
JaLC DOI	10.14991/001.20091001-0001
Abstract	協力ゲーム理論と経済学との関わりについての歴史的概観を通して、協力ゲーム理論の問題点と利点、および思考実験としての分析的意義とその範例について述べる。 Through a historical overview of the links between cooperative game theory and economics, this study discusses the problems and advantages of cooperative game theory, and the paradigm and analytic meaning of cooperative game theory as a thought experiment.
Notes	会長講演
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20091001-0001">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20091001-0001</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

協力ゲーム理論と経済学

Cooperative Game Theory and Economics

中山 幹夫(Mikio Nakayama)

協力ゲーム理論と経済学との関わりについての歴史的概観を通して、協力ゲーム理論の問題点と利点、および思考実験としての分析的意義とその範例について述べる。

Abstract

Through a historical overview of the links between cooperative game theory and economics, this study discusses the problems and advantages of cooperative game theory, and the paradigm and analytic meaning of cooperative game theory as a thought experiment.

## 協力ゲーム理論と経済学\*

中 山 幹 夫

### 要 旨

協力ゲーム理論と経済学との関わりについての歴史的概観を通して、協力ゲーム理論の問題点と利点、および思考実験としての分析的意義とその範例について述べる。

### キーワード

協力ゲームと非協力ゲーム, 戦略的均衡, コア, 純粋交換ゲーム, 拘束的協定, 思考実験

### 1 はじめに

ゲーム理論は、今日、経済学とくにミクロ経済分析において不可欠な役割を果たしていることはあらためて指摘するまでもない。産業組織や情報、インセンティブの経済分析を始めとして、オークションやマッチングなどのマーケットや制度の設計、さらには経済主体の利他的行動や群集的行動などの実験的研究を通して、経済学の根幹にも影響を及ぼしつつある。

このような状況は、筆者がゲーム理論を勉強し始めた 70 年代初頭には想像もできなかったことである。当時はゲーム理論の専門誌 *International Journal of Game Theory* も発刊されたばかりで、ゲーム理論の重要な論文はいわゆるプリンストンの赤本と呼ばれる *Annals of Mathematics Studies* の数冊の特集号を除けば、経済学のいくつかの伝統的専門誌や数学の専門誌に分散していたものである。身近な解説書の類も数冊を数えるのみで、経済学部で教えていた大学もほとんど皆無であったと思われる。

当時、ゲーム理論といえば、それは主としてミニマックス定理で知られるフォン・ノイマンのゼロ和 2 人ゲームと、フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンが創始したゲーム理論を土台とする『協力

\* 本稿は 2008 年 12 月 18 日に行った経済学会会長講演での配布資料をベースに書き下ろしたものである。なお、編集委員会から非協力ゲーム分析についてのコメントが寄せられたが、本論文では協力ゲームと経済学の関わりを主眼としているので、寄せられたコメントを取り入れた論考は別の機会に譲ることとした。

ゲーム理論』を意味していた。これに対して、冒頭で述べた今日の経済学でいうゲーム理論は、主としてジョン・F・ナッシュが22歳で書いた博士論文をルーツとする『非協力ゲーム理論』である。形式的には、協力ゲームとはプレイヤーたちの提携を許すゲーム理論であり、非協力ゲームとは提携を仮定しない理論である。この違いは単に形式的であるだけでなく、各々の理論は人間の社会的行動に対する思想的な相違の上に成り立っているのである。フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンにとって人間の社会的行動の本質とは、より有利な立場を確保するための結託行動であったのに対し、ナッシュは結託行動ではなく、自分の利得は自分の行動だけでは決まらないというゲームの本質—ゼロ和2人ゲームの拡張—を基礎に置いた。

個人の私的動機から出発する新古典派経済学では結託行動は周縁的な役割を果たすにすぎず、この意味において経済学との親和性は非協力ゲームの方が強いといえるだろう。しかし、自分の利得は自分の行動だけでは決まらないというゲームの本質は、経済学でいう外部性にほかならず、これはそのままではたとえば市場における効率性の達成を阻害する要因である。それゆえこのような分析が意味をもつのは、完全競争が成立しない領域における経済活動を対象とする場合であり、研究プログラムとしては市場経済の分析が一段落するのを待たなければならないであろう。実際、非協力ゲーム分析に関心が向けられるのは競争均衡の存在を始めとする市場均衡理論が整備された60～70年代より後であり、それ以前のゲーム理論の経済学的貢献のほとんどは協力ゲームによるものであった。

本稿では、まず、交換や取引という基本的な経済行動も自然な非協力ゲームの均衡としては実現しないことを示すことから始めて、協力ゲーム理論も経済学と深く関わっていることを指摘する。また、ゲーム理論の「巨匠」たちが、協力ゲームをどのように捉えていたかについて概観し、とくにロバート・オーマンの「協力ゲームは実験装置」であるという見解に基づき、「思考実験」としての分析上の意義を範例を通して検証してみたい。

## 2 取引は協力ゲーム

### 2.1 協力ゲームと価格メカニズム

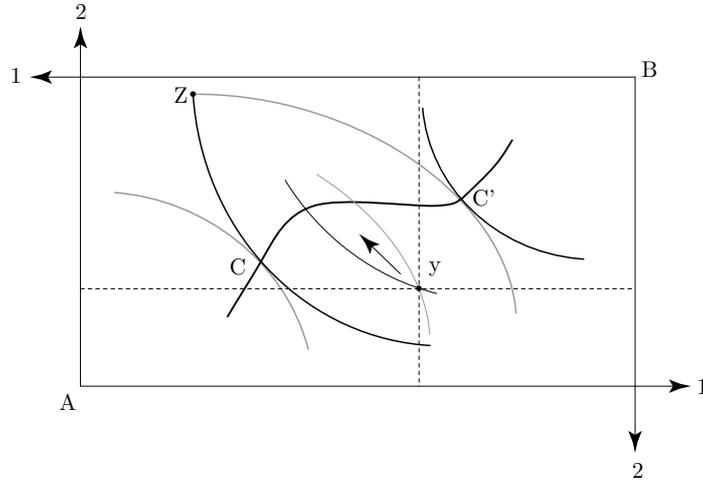
経済学の教科書に必ずといっていいほど解説されているエッジワースのボックス図で表現されるような財の純粋交換<sup>(1)</sup>は、取引という経済行動の原型であると考えることができる。

図1において、契約曲線上で両者にとって初期状態Zより悪くない部分CC'は、ゲーム理論ではコアと呼ばれる協力ゲームの解である。エッジワースの分析の重要性は、A、B各タイプの主体が同じ割合で増加する複製経済を考えると、極限においてはこのCC'が競争均衡で達成される1点

---

(1) たとえば、福岡正夫、1986年、『ゼミナール経済学入門』日本経済新聞社。

図1 エッジワースのボックス図



に収縮することである。言い換えれば、主体数の大きい複製経済では、コアは近似的に競争均衡配分の集合に一致する。この事実は後にドブリューとスカーフによってより精緻化されたモデルで証明されることになる。<sup>(2)</sup>

こうして、交換という基本的な経済行動を協力ゲームとして考えることにより、価格メカニズム成立の説明が可能となる。では、この交換をあえてそのまま非協力ゲームで考えるとどのような結果が得られるだろうか。<sup>(3)</sup>

## 2.2 非協力ゲームと取引の失敗

まず、図中の点  $y$  は、交換の結果実現しうる財配分であり、「自分の行動だけで決まる結果」ではないことに注意しよう。これは互いのオファーを集計して決まる配分であるとするのが自然な非協力ゲーム的行動であろう。それゆえ、次のような戦略的純粋交換ゲームを考える。

- $N = \{1, \dots, n\}$  : 主体の集合
- $w^i = (w_1^i, \dots, w_m^i) \in \mathbb{R}_+^m \setminus \{\emptyset\}$  : 主体  $i$  の初期保有財ベクトル
- $x^{ij} = (x_1^{ij}, \dots, x_m^{ij}), \sum_{j \in N} x^{ij} = w^i, x^{ij} \in \mathbb{R}_+^m$  :  $i$  から  $j$  へのオファー
- $x^i = (x^{i1}, \dots, x^{in})$  :  $i$  の戦略

(2) Debreu, G. and H. Scarf, 1963, "A limit theorem on the core of an economy," *International Economic Review* 4, 235–246.

(3) このようなことを考える直接の動機は、1988年、ノースウエスタン大学滞在中、情報の取引について Nancy Stokey や Larry Jones と交わした会話、および Bielefeld でのコンファレンスにおける Reinhard Seten からのコメントである。彼らは異口同音に「取引をなぜ協力ゲームで考えるのか?」、「非協力ゲームで考えよ」と述べており、取引は協力ゲームであると考えていた筆者は意外な印象を受けたものである。

- $y^i = \sum_{j \in N} x^{ji} = (y_1^i, \dots, y_m^i) \quad : i \text{ への財配分}$

各プレイヤー  $i \in N$  の利得は、戦略プロファイル  $x = (x^1, \dots, x^n)$  に対して

$$u_i(x) = v_i\left(\sum_{j \in N} x^{ji}\right)$$

で与えられ、 $v_i(\cdot)$  は連続な狭義単調増加関数であるとする。また、

$$x^\circ = (x^{\circ 1}, \dots, x^{\circ n}), \quad x^{\circ ii} = w^i \quad \forall i \in N$$

は、交換が一切行なわれないことを示す戦略プロファイルである。

すると、

命題 1. <sup>(4)</sup> 純粋交換ゲームにおいて、

1.  $x^\circ$  は唯一のナッシュ均衡であり、しかも支配戦略均衡かつ結託耐性ナッシュ均衡である。
2.  $x^\circ$  は強ナッシュ均衡  $\iff (u_1(x^\circ), \dots, u_n(x^\circ))$  は弱パレート最適。

ここに述べた均衡概念はナッシュ均衡の精緻化という意味では、すべて非協力均衡であり、取引を一切行なわれないことがこの非協力ゲームの唯一の結果である。戦略プロファイル  $x^\circ$  以外のいかなる戦略プロファイル  $x$  もナッシュ均衡ではあり得ないことは、 $x^{ii} \neq w^i$  なるプレイヤー  $i$  は、 $i$  だけがたとえば  $x^{\circ i}$  に切り替えれば利得が増加することからわかる。とくに、 $x^\circ$  が結託耐性ナッシュ均衡であることは、取引が成立しないことを如実に物語る。というのは、 $x^\circ$  からのいかなる deviation (離脱) = 「結託」 = 「取引の合意」も上に述べたような 1 人の違反によって破られてしまい、信憑性をもたないからである。こうして、図 1 においては、初期状態 Z 以外のどのような点も非協力均衡によっては達成されない。

### 2.3 戦略的協力ゲームのコア

これに対して、この戦略的純粋交換ゲームを協力ゲームとして考えると、各プレイヤー  $i$  の効用関数  $v_i$  が準凹関数であるという標準的な仮定のもとでは、戦略的コアが存在する。<sup>(5)</sup> すなわち、ある戦略プロファイルがパレート最適な配分を実現しており、しかもその戦略プロファイルに対しては、いかなる提携 (= 結託) も提携外のプレイヤー達の戦略の如何にかかわらずメンバーの利得を

- 
- (4) Hirai, T., T. Masuzawa and M. Nakayama, 2006, "Coalition-proof Nash equilibria and cores in a strategic pure exchange game of bads," *Mathematical Social Sciences* **51**, 162–170. なお、中山幹夫, 2007 年, 「離反と報復」『三田学会雑誌』**100** 卷 **3** 号では、ゲームの解概念についての詳細な記述と結果の解説がある。
  - (5) Scarf, H., 1971, "On the existence of a cooperative solution for a general class of n-person games," *Journal of Economic Theory* **3**, 169–181.

一斉に改善することはできない。2主体の場合は、図1の曲線CC'が戦略的コアによって実現される配分の全体である。

このように、純粋交換は協力ゲームであるということが出来る。後で触れるように、協力ゲームには拘束的協定 (binding agreement) が可能であるという大前提があり、これが合意した取引を保証しているのである。他方、非協力ゲームでは、合意や協定は内生的に自己強制的 (self-enforcing) なものとして均衡で成立するのであって、通常は理論の前提ではない。そのため、均衡でない合意に拘束力はなく、取引は成立しないのである。

### 3 協力ゲームの思想と経済学への貢献

#### 3.1 ノイマン—モルゲンシュテルン理論

##### 3.1.1 社会科学の形式化

協力ゲームは、フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンによる記念碑的な大著

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

で誕生した、学問の歴史上前例のない理論である。フォン・ノイマンは1928年のミニマックス定理を証明する論文の中で、<sup>(6)</sup> ゲームとして人間の社会的行動を捉えるための基礎的概念や用語を準備しており、社会科学の形式化という研究プログラムを示唆しているが、この大著では、さらに進んで経済学に照準を合わせて、モルゲンシュテルンとともにこのプログラムに沿った研究の土台を築くという試みを展開している。<sup>(7)</sup>

フォン・ノイマンの、この社会科学の形式化という方法論は、ミニマックス定理の論文執筆と同じ頃に携わっていた、混迷する物理学—量子力学—を形式化するという仕事と無関係ではあり得ない。<sup>(8)</sup> 技術的にも重要な役割を果たす確率的意思決定である『混合戦略』の概念などはその一例であり、ヒルベルトの形式主義を身に付けたフォン・ノイマンにとっては研究対象の形式化はむしろ当然の方法であったものと思われる。

---

(6) von Neumann, J., 1928, "Zur theorie der gesellschaftsspiele," *Mathematische Annalen* **100**, 295–320.

(7) 内容の解説については、たとえば、J.フォン・ノイマン、O.モルゲンシュテルン、2009年、『ゲームの理論と経済行動 III』銀林浩他監訳、ちくま学芸文庫、筑摩書房所収の中山による文庫版解説など参照。

(8) この研究は後になって、von Neumann, J., 1932, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer-Verlag として発表された。

また、モルゲンシュテルンは奇しくもミニマックス定理と同じ年、1928年に『経済予測、推測と可能性』<sup>(9)</sup>という本の中で、混合戦略と同じ意味の確率的意思決定の必要性をシャーロック・ホームズ物語として説いており、人は社会においてはロビンソン・クルーソーが直面する単純な最大化行動ではなく、「生きた」変数としての他者の行動に影響されながら行動しなくてはならないというゲーム的状况の重要性を認識していた。

フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンによる協力ゲームはこのような認識と方法論に基づくものである。社会的ゲームにおいては、人々は孤立ではなく連携、結託を求めて行動する。形成された結託＝提携に対しては、残りの人々は必ずそれに対抗する提携を形成する。こうして社会は2人ゼロ和ゲームをプレイすることになる、というのが彼らの基本的発想である。

### 3.1.2 提携値

プレイヤーの全体を有限集合  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  とすると、提携  $S$  とその補集合である提携  $N \setminus S$  が2人ゼロ和ゲームをプレイすれば、ミニマックス定理は  $S$  に値  $v(S)$  を与え、 $N \setminus S$  には  $v(N \setminus S) = -v(S)$  を与える。すべての提携  $S$  に対して値  $v(S)$  を対応させる関数

$$v : 2^N \rightarrow \mathfrak{R}, \quad \text{with} \quad v(\emptyset) = 0$$

は特性関数 (characteristic function)、値  $v(S)$  は提携値と呼ばれる。協力ゲームはこの意味で提携形ゲーム (games in coalitional form) と呼ばれることもある。このように、ノイマン－モルゲンシュテルン理論は

1. プレイヤー達は提携を形成して行動する
2. 提携  $S$  と  $N \setminus S$  は2人ゼロ和ゲームをプレイする
3. 各提携  $S$  は、形成されれば提携値  $v(S)$  を獲得する

という特徴をもっている。2によれば、つねに  $v(S) + v(N \setminus S) = 0$  となるので、 $v$  はゼロ和ゲームまたは定和ゲームと呼ばれる。大著の後半では、これは非定和ゲームに拡張されており、今日では提携形ゲームを定和ゲームに限定することはない。また、3は利得(効用)がプレイヤー間で受け渡しが可能である譲渡可能効用 (transferable utility, TU と略記) であることを前提としている。

この効用の譲渡可能性は理論にとって本質的な前提ではなく、一義的には分析を容易にするための便宜的な仮定である。これに対して、もともとの効用は、今日、ノイマン－モルゲンシュテルン効用と呼ばれているもので、確率的意思決定を伴う理論には不可欠な効用概念である。当初、フォン・ノイマンは効用を単に数値として扱えば十分と考えていたが、無差別曲線分析を当然知ってい

---

(9) Morgenstern, O., 1928, *Wirtschaftsprognose, eine Untersuchung ihrer Voraussetzungen und Möglichkeiten*, Julius Springer.

たモルゲンシュテルンは、これでは経済学者を納得させられないことを説いた。<sup>(10)</sup> その結果、正のアーフィン変換に関して同等な基数的効用が公理的方法によって基礎付けられたのである。この効用の公理的取り扱いが1947年の第2版以降に含まれている。

### 3.1.3 協力ゲームのノイマン-モルゲンシュテルン解

ゲーム  $v$  において、プレイヤー達はどのような利得を獲得することになるだろうかという問いに答えるのが、ゲームの解である。フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンは安定集合 (stable set) と呼ばれる解を定義している。まず、

$$\begin{array}{ll} \text{全体合理性} & \sum_{i \in N} x_i = v(N) \\ \text{個人合理性} & x_i \geq v(\{i\}) \quad \forall i \in N \end{array}$$

をみたく利得ベクトル  $x = (x_1, \dots, x_n)$  を配分 (imputation) という。全体合理性は全員が一致して行動することにより生じる値を全員で分割することを述べており、個人合理性は分配される値は単独で行動した場合に獲得できる値以上でなければならないことを述べるものである。次に、任意の配分  $x$  と  $y$  に対して、ある提携  $S$  が

$$x_i > y_i \quad \forall i \in S, \quad \text{and} \quad v(S) \geq \sum_{i \in S} x_i$$

をみたくとき、配分  $x$  は配分  $y$  を支配 (dominate) するという。前半の条件は、提携のメンバーの選好を述べており、後半の条件はその選好は  $S$  自身で実現可能であることを保証している。このような場合、提携  $S$  は決して配分  $y$  に同意することはないであろう。すると、安定集合とは、ある配分の集合  $K$  で

$$\begin{array}{ll} \text{内部安定性} & \text{任意の配分 } x, y \in K \text{ について、} x \text{ は } y \text{ を支配しない} \\ \text{外部安定性} & \text{任意の配分 } z \notin K \text{ は、ある配分 } x \in K \text{ に支配される} \end{array}$$

をみたくものをいう。<sup>(11)</sup> 内部安定性は、仲間である配分同士に支配関係はあってはならないという当然の条件を述べており、外部安定性は配分  $x \notin K$  が仲間でない以上、これも当然の条件である。

以上のように定義される安定集合であるが、これはたとえば自然科学においてそれまで「解」と定義されてきたいかなるものとも様相を異にしていることがわかる。フォン・ノイマンとモルゲン

(10) Morgenstern, O., 1976, "The collaboration between Oskar Morgenstern and John von Neumann on the theory of games," *Journal of Economic Literature* 14, 805–816.

(11)  $K$  が安定集合であることは、 $K$  は  $K$  の配分に支配されない配分の全体であることと同値である。シャープレイは50年代に入って、どの配分にも支配されない配分の集合  $C$  をコアと呼んだ。これがTUゲームのコアの定義の原型である。 $C, K \neq \emptyset$  ならばつねに  $C \subseteq K$  である。

シュテルンによれば、安定集合は社会の行動基準 (standards of behavior) を表すものである。実際、大著では安定集合が人間の社会的行動としての差別や優遇などを記述できること、また、1人の売り手と2人の買い手による非分割財の取引では、競争の結果だけでなく結託による価格操作が支配関係に関して矛盾のない社会的行動として生じることを記述できることが例示されている。このような可能性をもつ安定集合をフォン・ノイマンは特別に好んでおり、ナッシュの理論が発表された後でも、安定集合は社会的意味をもつ唯一のゲームの解であると断言していたことを、現役の指導的ゲーム理論家の1人であるマーティン・シュービックは回想している<sup>(12)</sup>。

ただ、数学者としてのフォン・ノイマンは、証明できなかった安定集合の存在が当然気がかりであつたらしく、「安定集合の存在しないゲームが発見されれば、理論は書き直されなければならないだろう」と大著の中で述べている。しかし、1969年、ウィリアム・ルーカスが安定集合の存在しないゲームを構成した後でも<sup>(13)</sup>、現在に至るまで理論の根本的な改編はなされていない。これは、コアを始めとするいくつかの新しい解概念が後になって提案され、理論がさらに豊かになったことがその理由である。

### 3.2 学会の反応

1944年に出版された大著はハーヴィッツ<sup>(14)</sup>、マルシャック<sup>(15)</sup>、あるいはワルド<sup>(16)</sup>などにより好意的に迎えられた。また、よく理解された長い解説が1946年3月のニューヨークタイムズの日曜版の第一面に掲載されたことも手伝って、初版はすぐに売り切れたことをモルゲンシュテルンは記憶している<sup>(17)</sup>。

しかし、生誕の地であるプリンストンの経済学者たちの間では、評判は芳しいものではなかったようである。シュービックによると、ヴァイナーは、チェスさえ解けない理論に経済の問題が解けるはずはない、と好んで批判しており、また、ポーモルは譲渡可能効用を認めてはいなかった。さらに、このような譲渡可能効用に対する批判はほとんど通例であり、ゲーム理論は経済学には応用できないというのが1950年代を通じての経済学者の反応であつた<sup>(18)</sup>。

---

(12) Shubik, M., 1992, "Game theory at Princeton, 1949–1955: A personal reminiscence," In Weintraub, E.R.(ed.), *Toward a History of Game Theory*, Duke University Press.

(13) Lucas, W.F., 1969, "The proof that a game may not have a solution," *Transaction of the American Mathematical Society* **137**, 219–229.

(14) Hurwicz, L., 1945, "The theory of economic behavior," *American Economic Review* **35**, 909–925.

(15) Marschak, J., 1946, "Neumann's and Morgenstern's new approach to static economics," *Journal of Political Economy* **54**, 97–115.

(16) Wald, A., 1947, "Theory of games and economic behavior by John von Neumann and Oskar Moegenstern," *Review of Economic Statistics* **29**, 47–52.

(17) Morgenstern, *op. cit.*

日本においても、学会の反応は同様であったらしい。1960年代に解説書を出版してゲーム理論を紹介した鈴木光男によると「ゲーム理論の内外における批判は、さながら異端撲滅の運動」のようであり、また、「遊戯の理論は理論の遊戯」と言い放った高名な経済学者もいたそうである。<sup>(19)</sup>

以上のように、ゲーム理論の門出は苦難に満ちたものであった。しかし、興味深いことに、同じプリンストンでも数学科では反応は異っていた。大学院生や訪問研究者の中にはナッシュ、シャープレイ、クーン、ゲールなどを始めとして、スカーフ、ルーカス、さらにオーマンなど後年、ゲーム理論において重要な貢献をする若い研究者、さらには著名な数学者となるミルナー、夭折した物理学者のエヴェレット、コンピュータ・サイエンスのミンスキーなどがいて、それぞれ多かれ少なかれゲーム理論とのかかわりをもつ研究活動を行っていた。<sup>(20)</sup> 新しいアイデアを捜し求める数学者のメンタリティが、当時の経済学部とは逆の反応を喚起していたものと思われる。

また、1950年代にはゲーム理論の解説書も内外で出版されるようになるが、その中でも、ルースとレイファによるものは特筆に値する。<sup>(21)</sup> 彼らは当時のゲーム理論を正面から取り扱い、細部にわたって網羅的に点検し建設的な批判を展開している。彼らが提案した  $k$ -安定とその一般形の  $\psi$ -安定の理論などは現在ではほとんど忘れられているが、コアの欠点を補うものとして検討に値する解であると思われる。同様なことは、ミルナーが提唱した協力学や自己治安集合という、経済学者としては珍しく協力ゲームをも研究したウィリアム・ヴィックレイの協力学<sup>(22)</sup>についてもあてはまるといえるであろう。

### 3.3 経済学への貢献

#### 3.3.1 協力学と市場均衡

1950年代のゲーム理論は、上に述べたように主としてプリンストンを中心とする数学者たちによって展開されていく。*Contributions to the Theory of Games I~IV* という赤本に掲載されている論文はいずれも数学者たちの創造意欲を表しており、ゲーム理論の基礎を形成することになる重要なものが多い。経済学者の貢献はシュービクとヴィックレイを含めて数編を数えるのみで、今日の *Econometrica* や *Journal of Economic Theory* からすればまさに隔世の感がある。

しかし、このような中でも、経済学に対する重要な貢献が少しずつ現われるようになる。これらは主として市場均衡の理論的性質の分析に集中しており、協力学がいかに資源配分問題との関連性

---

(18) Shubik, *op. cit.*

(19) 鈴木光男, 1969年, 『競争社会のゲーム理論』勁草書房。

(20) Shubik, *op. cit.*

(21) Luce, R.D. and H.Raiffa, 1957, *Games and Decisions*, J. Wiley.

(22) Vickrey, W., 1959, "Self-policing properties of certain imputation sets," *Contributions to the Theory of Games, IV, Annals of Mathematics Studies* 40, 213-246, Princeton University Press.

をもつものであるかを示している。以下、代表的なものをあげておこう。

Shubik, M., 1959, “Edgeworth market games,” In R.D.Luce and A.W.Tucker (eds.), *Contributions to the Theory of Games, IV, Annals of Mathematics Studies* 40, 268–278, Princeton University Press.

Debreu, D. and H.Scarf, 1963, “A limit theorem on the core of an economy,” *International Economic Review* 4, 235–246.

これらはいずれも、エッジワースによる契約曲線の競争均衡配分への収縮というアイデアをゲーム理論の土俵で扱ったものである。シュービクのモデルは TU（譲渡可能効用）ゲームであるが、最初の証明である。ドブリューとスカーフは TU を仮定しておらず、数学的取り扱いもはるかに洗練されている。これらの研究が示すコア配分と競争均衡配分との一致は、増加する主体数の極限において成り立つものであるが、次のオーマンによる結果は、ある意味でこの極限における状態を一般的に述べるものである。

Aumann, R.J., 1964, “Markets with a continuum of traders,” *Econometrica* 32, 39–50.

主体の連続体においては 1 人の重み（測度）はゼロであり、これは完全競争の成立のための必要条件を厳密にみたしている。このような状況では、コア配分には必ず均衡価格が付随し、コアという協力解と競争均衡が完全に同等なものとなる。この結果についての鈴木のコメントは興味深い：

最も正統的な市場の完全競争の理論が、異端の思想であるゲームの理論によって初めて明確にされた。<sup>(23)</sup>

これよりほぼ 10 年後になるが、代表的協力解の一つであるシャープレイ値と競争均衡の関係も明らかにされた。

Aumann, R.J., 1975, “Values of markets with a continuum of traders,” *Econometrica* 43, 611–646.

ここでは、シャープレイ値に対応する財配分の集合と競争均衡配分の集合が一致することが証明されている。これによって、完全競争は提携による取引行動（コア）だけでなく、代表的分配方式（シャープレイ値）とも同等であることが明らかとなった。

次の研究は、TU ゲームと経済の本質的関わりを明らかにしているという点で重要である。

---

(23) 鈴木, *op. cit.*

Shapley, L.S. and M.Shubik, 1969, “On market games,” *Journal of Economic Theory* **1**, 9–25.

純粋交換経済を TU ゲームとして定式化した市場ゲーム (TU market game) のクラスは、すべてのサブゲームが非空なコアをもつゲーム、すなわち全平衡ゲーム (totally balanced game) のクラスと一致するという審美的な結果が証明されている。純粋交換経済とは TU ゲームのサブクラスであるという、TU ゲームと経済との本質的な関わりを示す重要な結果である。ちなみに、平衡ゲームとそれが非空なコアの存在のための必要十分条件を与えることはシャープレイ自身によって証明されている。<sup>(24)</sup>

また、

Shapley, L.S. and M.Shubik, 1969, “On the core of an economic system with externalities,” *American Economic Review* **59**, 678–684.

は、外部効果を分析した最初の TU ゲームである。本稿では後でこのゲームの一般化を紹介する。

これらのほかにもフォレイは、公共財をとまなう市場における資源配分を分析し、<sup>(25)</sup> リンダール均衡がコアに含まれることを初めて明らかにしている。また、オーマンとクルツは、課税—所得再分配政策が、所得を放棄するという脅しをもつ主体間でどのような所得分配を実現するかについて、<sup>(26)</sup> シャープレイ値を用いた分析を行なっている。

### 3.3.2 協力ゲームの時代

以上のように、70年代までの経済学への代表的貢献は協力ゲームによるものがほとんどであり、ゲーム理論とは一義的には協力ゲーム理論を意味するものであったといえる。

たとえば、この時代のスタンフォードにおけるオーマンの講義ノートでは、全9章のうち、展開形ゲームと繰り返しゲームを除けば「非協力ゲーム」と題しているのは第2章だけである。<sup>(27)</sup> セミナーなどでは、サブゲーム完全均衡とは何か、という質問が出たりする時代であった。

日本においても、当時、筆者たちが勉強したゲーム理論をまとめて出版した本では、コア、シャー

---

(24) Shapley, L.S., 1967, “On balanced sets and cores,” *Naval Research Logistics Quarterly* **14**, 453–460. また、鉄のカーテンの向こうでは、Bondareva, O.N., 1963, “Some applications of linear programming methods to the theory of cooperative games,” (in Russian), *Problemy Kibernetiki* **10**, 119–139 に同じ定理が証明されていた。

(25) Foley, D., 1970, “Lindahl’s solution and the core of an economy with public goods,” *Econometrica* **38**, 66–72.

(26) Aumann, R.J. and M.Kurz, 1977, “Power and taxes,” *Econometrica* **45**, 1137–1161.

(27) 出版は10年ほど後である。Aumann, R.J., 1989, *Lectures on Game Theory*, Westview Press Inc. 邦訳は丸山徹・立石寛訳, 1991年, 『ゲーム論の基礎』勁草書房。

プレイ値を始めとして、交渉集合、カーネル、さらに仁というその頃までに世に現われた協力解の解説を主としており、非協力ゲームの記述はわずか3ページ、ナッシュ均衡に至っては定義さえ書かなかつたものである。<sup>(28)</sup>

非協力ゲームでは、しかし、今日ベイジアン・ゲームと呼ばれている、完備情報を欠いたゲームの取り扱いをすでにハルサニーが展開しており<sup>(29)</sup>、また、ゼルテンによる摂動均衡 (trembling-hand equilibrium) が世に出る直前であった<sup>(30)</sup>。これらの理論は、80年代になってクレプスとウイelsonによる逐次均衡という、より扱いやすい均衡概念と合体して多くの経済学的应用を生み出すことになる。<sup>(31)</sup>

オーマンとシャープレイが繰り返しゲームの古典的論文を書いたのもこの頃であり<sup>(32)</sup>、これも80年代のアブルーたちの仕事の出発点となった。<sup>(33)</sup>

### 3.3.3 経済学への歩み寄り

シュービックが指摘していたように、経済学者の無関心の源泉はひとつには譲渡可能効用の仮定によるものであった。便宜上の仮定とはいえ、経済の問題に应用する場合には所得効果がないという特殊な状況を前提とすることになる。オーマンとペレグは、早い時期にこの仮定を取り除いたゲーム理論を提案している：

Aumann, R.J. and B. Peleg, 1960, "von Neumann-Morgenstern solutions to cooperative games without sidepayments," *Bulletin of the American Mathematical Society* **66**, 173-179.

ここでは、実数である提携値  $v(S)$  は提携  $S$  の各メンバーが獲得する利得を記述する利得ベクトルの集合に拡張されている。シャープレイとシュービックも共同で同じような拡張を試みているが、通常はこのオーマンとペレグによるものを NTU ゲームと呼んでいる。オーマンによるコアと競争均

---

(28) 鈴木光男編著、1973年、『ゲーム理論の展開』東京図書。

(29) Harsanyi, J.C., 1967-8, "Games with incomplete information played by Bayesian players," Parts I, II and III, *Management Science* **14**, 1804-1817.

(30) Selten, R., 1975, "Reexamination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games," *International Journal of Game Theory* **4**, 22-55.

(31) Kreps, D.M. and R.B. Wilson, 1982, "Sequential equilibria," *Econometrica* **50**, 863-894 また、同じ著者たちによる重要な応用は、Kreps, D.M. and R.B. Wilson, 1982, "Reputation and imperfect information," *Journal of Economic Theory* **27**, 253-279.

(32) Aumann, R.J. and L.S. Shapley, 1976, "Longterm competition : A game theoretical analysis," *mimeo*, Hebrew University

(33) Abreu, D., 1988, "On the theory of infinitely repeated games with discounting," *Econometrica* **56**, 383-396.

衡の一致定理は NTU ゲームのコアであることはいうまでもない。

市場ゲームの NTU ゲームへの変換は容易であるが、NTU コアの存在には次のスカーフによる深い定理が必要である：

Scarf, H., 1967, “The core of an n-person game,” *Econometrica* **35**, 50–69.

TU ゲームでは必要十分条件であったゲームの平衡性は、NTU ゲームでは十分条件であることがこの論文の主張である。さらに、斬新な構成的方法によって証明がなされており、『不動点アルゴリズム』という分野を切り開いた論文でもある。

コアとともに協力ゲームの代表的な解であるシャープレイ値もまたシャープレイ自身によって、NTU ゲームに拡張された：

Shapley, L.S., 1969, “Utility comparison and the theory of games,” In Guilbaud (ed.), *La décision*, Editions du CNRS.

オーマンのシャープレイ値と競争均衡の一致定理も、この NTU シャープレイ値に対応するものである。

### 3.4 ゲーム理論と拘束的協定

協力ゲーム理論の貢献は、以上のように、市場均衡理論に関する本質的なものである。とくに、コアは均衡価格の成立を説明しており、資源配分メカニズムとしては市場が根源的なものであることを理論的に確立している。

しかし、前にも述べたように、協力ゲームはプレイヤー間で拘束的協定が可能であることを仮定する理論である。たとえば、コアがパレート最適性をみたしているのは全員が一致して行動するという合意が仮定によって可能だからである。これに対して、非協力ゲームでは合意は均衡として内生的に達成されるので、確かに合意の拘束性を仮定することは一義的には不要であろう。新古典派経済学からすれば、このような仮定はオッカムの剃刀によって切り捨てるべきものであり、80年代以降の応用非協力ゲームの隆盛はこれも一因となっている。

ゲーム理論では、後で述べるように、協力行動を適当な非協力ゲームの均衡として記述するという方法がナッシュによって早くから提唱されており、80年代の、プレイの繰り返しによる共謀や協力行動の説明を試みる研究はこのナッシュ・プログラムの実践であるとみることができる。<sup>(34)</sup>しかし、

---

(34) たとえば、Kreps, D., P. Milgrom, J. Roberts and R. Wilson, 1982, “Rational cooperation in the finitely repeated Prisoners’ Dilemma,” *Journal of Economic Theory* **27**, 245–252. また、いわゆるフォーク定理は、繰り返しゲームのナッシュ均衡が協力的結果をも実現することを示している。

たとえば、純粋交換が教科書的にも協力ゲームとみなされているように、このような方法ですべての協力行動を説明できるわけではないだろう。自立した個人がつねに私的利益のみに導かれて行動するか否かは、今日の実験的ゲーム理論の研究テーマでもある。<sup>(35)</sup>むしろ、協力解は与えられた状況でどのような行動を記述するかという「思考実験的方法」によって、経済理論はより豊かになるのではないだろうか。

オーマンによる、このTU協力ゲームの「実験室的分析」の推奨について述べる前に、ノイマン・モルゲンシュテルンを始めとしてナッシュ、ハルサニー・ゼルテン、さらにオーマンなどのゲーム理論の巨匠たちが協力ゲームをどのように捉えているかについて概観してみよう。

### 3.4.1 巨匠たちの協力ゲーム

フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンは、すでに大著の中で以下のように、拘束的協定の仮定の必要性について述べている。

Two players who wish to collaborate must get together on this subject before the play, i.e., outside the game. The player who lives up to his agreement must possess the conviction that the partner too will do likewise. As long as we are concerned only with the rules of the game, we are in no position to judge what the basis for such a conviction may be. In other words **what, if anything, enforces the “sanctity” of such agreements?** ... On a later occasion we propose to investigate what theoretical structures are required in order to eliminate these concepts. (I.e., **auxiliary concepts such as “agreements”, “understandings”, etc.**) We shall ... make use of the possibility of the establishment of coalitions outside the game; this will include the hypothesis that they are respected by the contracting parties.

von Neumann and Morgenstern, *op. cit.*, 223–224.

目下の理論は「合意の尊厳」が具現化されるという根拠を欠いており、これらの「合意」や「理解」という補助的概念を使わない理論の展開は後回しにして、ここではこれを仮定すると述べている。しかし、残念なことにその理論は大著にも他の論文としても発表されていないようである。

---

(35) 囚人のジレンマにおいてナッシュ均衡がプレイされるか否かを1950年にテストしたMelvin DresherとMerrill Floodの古典的実験は、被験者は相手と自分の利得の差を小さくするように行動する傾向にあると報告している。これについては、Roth, A., 1993, “The early history of experimental economics,” *Journal of the History of Economic Thought* **15**, 184–209.

非協力ゲーム理論の創始者であるジョン・ナッシュは、協力ゲームについてはノイマン・モルゲンシュテルンと同じように述べているが、適当な非協力ゲームに還元して分析するという方法論を提唱している。

By a cooperative game we mean a situation . . . with the assumption that the players can and will collaborate as they do in the von-Neumann and Morgenstern theory. This means the players may communicate and **form coalitions which will be enforced by an umpire.**

. . . The problem of analyzing a cooperative game becomes the problem of obtaining a suitable, and convincing, non-cooperative model for the negotiation.

Nash, John F., 1951, "Non-cooperative games," *Annals of Mathematics* **54**,  
286-295.

この方法論は、後年ナッシュ・プログラムと呼ばれるようになる。ナッシュは次の論文で、この方法の実例として、有名な効用積の最大化として与えられる交渉問題の解を「脅し」ステージと「要求」ステージからなる2段階の非協力ゲームの均衡点として実現しうることを示した。その中で以下のように記述している。

A game is non-cooperative if it is impossible for the players to communicate or collaborate in any way. Supposing *A* and *B* to be rational beings, it is essential for the success of the threat that *A* be compelled to carry out his threat if *B* fails to comply . . . The point of discussion is that we must assume there is an adequate mechanism for forcing the players to stick to their threats and demands once made; and one to enforce the bargain, once agreed. Thus **we need a sort of umpire, who will enforce contracts or commitments.**

Nash, John F., 1953, "Two-person cooperative games," *Econometrica* **21**,  
128-140.

要求や脅しの実行という行動、さらには契約や公約などを裏書するための「審判」の存在の必要性を説いているが、これは非協力ゲームについてであることは注目すべきである。確かに、現実には、合法的ないかなる経済活動にも合意や契約を拘束的とする外部メカニズム＝裁判所など、が存在している。これらはゲームがプレイされる場のルールであり、普通は均衡で内生的に記述されるものではない。ナッシュ・プログラムもこの意味では理論から拘束的協定の仮定をすべて不要なもの

して放逐するための方法論ではない。

次のオーマンによる協力ゲームと非協力ゲームの区別は簡潔で、わかりやすい。

...both the non-cooperative and the cooperative theory involve agreement among the players, the difference being only in that in one case the agreement is self-enforcing, **whereas in the other case it must be externally enforced.**

Aumann, R. J., 1973, "Subjectivity and correlation in randomized strategies,"

*Journal of Mathematical Economics* **1**, 67-96.

合意が自己強制的 (self-enforcing) であるか外部から強制されるかの違いだけという簡明さのゆえに、広く受け入れられているようである。しかし、これによってナッシュの「審判の必要性」という暗黙の仮定を忘れるべきではない。

ハルサニーとゼルテンは、ナッシュ・プログラムの強力な推進者に相応しく、拘束的協定の可能性がゲームの詳細な表現形式である展開形に記述されているか否かに注目する：

A non-cooperative game is a game modeled by making the assumption that the players are unable to make enforceable agreements except insofar as the extensive form of the game explicitly gives them an ability to do so. In contrast, a cooperative game is **a game modeled by making the assumption that the players are able to make enforceable agreements** even if their ability to do so is not shown explicitly by the extensive form of the game. ... (By our solution theory), the problem of defining a solution for a cooperative game  $G$  can always be reduced to the problem of defining a solution for a non-cooperative bargaining game  $B(G)$ .

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

ここでは、非協力ゲームでもその展開形が合意の違反に対する罰則などを取り込んで、合意を拘束的 (自己強制的) にする可能性に言及しているが、これはゲームのプレイを可能な限り細部にわたって展開形に記述するというナッシュ・プログラムの精神に則ったものである。

ハルサニーは、また、ノイマン-モルゲンシュテルン解 (安定集合) をナッシュ均衡によって達成する<sup>(36)</sup>という試みも以前に発表している。

---

(36) Harsanyi, J.C., 1974, "An equilibrium-point interpretation of stable sets and a proposed alternative definition," *Management Science (Theory Series)* **20**, 1472-1495.

## 4 協力ゲームと思考実験

協力ゲームとは、このように、拘束的協定を前提とする理論である。これを協力ゲームの枠組みとみることなく研究プログラムに取り込むことは不可能ではない。次のオーマンによる指摘は傾聴に値するものである。<sup>(37)</sup>

... The TU theory is an excellent laboratory or model for working out ideas that are later applied to the more general NTU case. ... Even if it had no direct economic interest at all, the study of TU coalitional games would be justified solely by their role as an outstandingly suggestive research tool.

経済学者からの TU ゲームへの批判を意識した文章であるが、今日ではかつてのような強い批判は鳴りを潜めている。これは、経済学者が準線形効用関数と呼ぶ譲渡可能効用を自らメカニズム・デザインなどの研究領域で用いるようになったことがひとつの要因であろう。しかし、ゲームのモデルが「実験室」の役割を果たし、きわめて示唆に富む研究手段となることは事実である。フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンは、新たに定義したばかりの安定集合を 3 人多数決ゲームについて求めたところ、差別という行動が社会的にはつねに存続する安定な行動様式であることを「発見」した。これは思考実験的分析の古典的な一例にすぎない。<sup>(38)</sup>

以下では、TU ゲームではないが、伝統的経済学の問題として必ずしも定着しているわけではない身近な社会的問題に対する「思考実験」として「ゴミ投げゲーム」を定義し、人々の非協利行動や協利行動がいかなる結果を導くかについて考察してみよう。

### 4.1 ゴミ投げゲーム

ここでいう「ゴミ投げゲーム」とは、2 で述べた「戦略的純粋交換ゲーム」において、各プレイヤー  $i \in N$  の効用関数  $v_i(\cdot)$  を狭義単調減少関数に置き換えて、バツの純粋交換として与えられるゲームである。<sup>(39)</sup> 形式的には 3.3.1 で紹介した、シャーププレイとシュービックの TU ゲームによる外部効果の分析の中に現われた「ゴミ投げゲーム」を提携を許す戦略形のゲームに変換したものである。

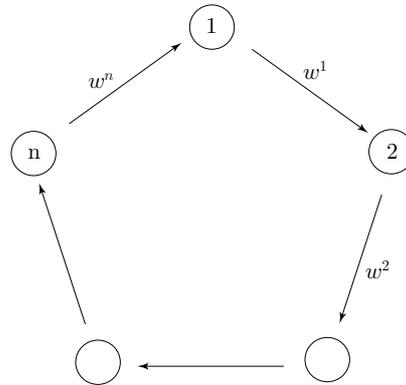
---

(37) Aumann, R.J., 1987, "Game Theory," In Eatwell, J., M.Milgate and P.Newman (eds.), *The New PALGRAVE Game Theory*, The MacMillan Press Limited.

(38) von Neumann and Morgenstern, *op. cit.*

(39) Hirai et al., *op. cit.* また、より詳細な解説については中山幹夫、2007 年、「離反と報復」『三田学会雑誌』100 巻 3 号参照。

図2 ゴミ投げの結託耐性ナッシュ均衡



#### 4.1.1 非協力均衡

財の純粹交換で定義した、交換を一切行なわない戦略プロファイル  $x^\circ$  と両極端をなす戦略プロファイル  $x^+$  を

$$x^+_{ii} = 0 \in \mathfrak{R}_+^m \quad \forall i \in N$$

と定義する。これはどのプレイヤーも自分のゴミを自分で処理せず、他人の庭に投げ棄てているという状況を表している。すると、効用関数の単調性から明らかに

- $x^+$  は支配戦略均衡である。

また、いかなる提携  $S$  についても  $S \neq N$  である限り、 $S$  のメンバーが一斉に  $N \setminus S$  に自分のゴミをすべて投げ棄てることは、提携としての最適戦略—提携支配戦略—であることも明らかである。

では、結託耐性ナッシュ均衡はどのような行動を記述するだろうか。結論から言えば、これは図2のように、 $N$  の順列において各人が初期にもっているすべてのバズを一斉に右隣りに投げ棄てているという注目すべき状況を生み出す。互いに投げ合うのではなく、秩序ある(?) ゴミ投棄とでもいうべきか。

より正確には、 $\pi$  を  $N$  の任意の順列とし、戦略プロファイル  $x(\pi)$  を

$$x(\pi)_{\pi^{(i)} \pi^{(i+1)}} = w^{\pi^{(i)}} \quad \forall i \in N, \quad \text{where} \quad n+1 \equiv 1$$

と定義すると、次の命題が成立する

命題2.  $N$  の順列  $\pi^*$  は

$$u_i(x(\pi)) > u_i(x(\pi^*)) \quad \forall i \in N$$

をみたす  $N$  の他の順列  $\pi \neq \pi^*$  が存在しないとすると

- $x(\pi^*)$  は結託耐性ナッシュ均衡である。
- $(u_1(x(\pi^*)), \dots, u_n(x(\pi^*)))$  が弱パレート最適ならば,  $x(\pi^*)$  は強ナッシュ均衡である。

戦略プロファイル  $x(\pi^*)$  のもとでは, いかなる真部分提携  $S$  にも  $S$  外のプレイヤーからゴミを投げ棄てられているプレイヤーが存在し, このプレイヤーの利得は提携  $S$  の行動によって増加させることはできない。また,  $x(\pi^*)$  を弱パレート支配する任意の戦略プロファイル  $x$  においては, 提携支配戦略をもつ提携が存在する。こうして  $x(\pi^*)$  に対するいかなる提携の離反も信憑性をもたず,  $x(\pi^*)$  は結託耐性をもつことになる。

この結託耐性ナッシュ均衡は必ず存在し, またバズが 1 種類 ( $m=1$ ) の場合は,  $x(\pi^*)$  は自動的に強ナッシュ均衡となって, いかなる結託行動も事態を改善することはできない。

このように, 非協力均衡はいずれもゴミの投げ棄てを記述している。これは, 財の交換の場合には非協力均衡は交換を一切実現しなかったことに対応する結果である。しかし, 協力解では財の交換が実現したことに対応して, バズの場合は各人がゴミの投げ棄てを自制するという行動が含意されるのである。

#### 4.1.2 戦略的コア

財の純粋交換ゲームにおいて定義した, 交換を一切行なわない戦略プロファイル  $x^\circ$  は, ゴミ投げゲームではゴミを外へ一切棄てないという行動を記述する。

命題 3.  $m = 1$  とし,

$$w^1 \leq w^2 \leq \dots \leq w^n$$

と仮定すると

$$x^\circ \in \alpha\text{-core} \iff \sum_{j=1}^k w^j \geq w^{k+1} \quad k = 1, \dots, n-1.$$

ここで,  $\alpha\text{-core}$  とは 2.3 で述べた戦略的コアのことで,

いかなる提携もある戦略をとって提携外のプレイヤー達の戦略の如何にかかわらずメンバーの利得を一斉に改善することが不可能であるような戦略プロファイルの全体

である。このように, ゴミ投げゲームの戦略的コアはゴミ投げを自制するインセンティブを与える。そのための必要十分条件は, 極端に大量のゴミを保有(排出)するプレイヤーがないというだけである。

自分のゴミを保持することは, それによる効用の減少という費用をかけてゴミを処理する行動として解釈できる。こうして協力解は自分のゴミは自分で処理するという可能性を記述しており, た

たとえば1970年前後における東京都の「ゴミ戦争」に対しての解決策として、当時の美濃部都知事が提唱した「各区のゴミは各区で処理する」というドクトリンを含んでいるのである。<sup>(40)</sup>

もっとも、美濃部ドクトリンが今日においても実現していないこともあり、現実の人間行動からすれば、ゴミ投げの自制という協力的行動よりゴミ戦争という非協力的行動の方が記述的であるかのようである。しかし、財の純粋交換では取引の成立を記述しているのは協力的解であり、非協力的解が新古典派的経済行動の記述のための万能薬であるわけではないことはすでにみたとおりである。

いずれにせよ、非協力的解は財の交換に失敗し、協力的解はゴミ投げの抑止に成功するという思考実験の結果自体は興味深いものである。とくに、コアがゴミ投げの自制という規範的な行動を意味することは「純粋」ゴミ戦争の結果として自明なものとはいえないだろう。<sup>(41)</sup>

このほかにも、ノイマン-モルゲンシュテルンによる1人の売り手と2人の買い手による家の取引において、競争的取引とともに買い手が共謀して価格を下げる行動が一つの安定集合になるという3人協力的ゲームは、自治体が公共事業を2個の事業者のいずれかに入札によって発注すると、競争的行動とともに事業者の共謀が入札価格を吊り上げるという行動が一つの安定集合になるというゲームとして容易に再解釈することができる。<sup>(42)</sup> また、最近実施されるようになった排出量取引が、有名なロールズの差別原理に類似した規範的な意味をもつというゲームに変換できるTUゲームもある。<sup>(43)</sup> さらに、シャープレイ-シュービックの「ゴミ投げゲーム」の論文における湖の汚染と廃水処理のインセンティブを扱ったTUゲーム、オーマン-マシュラーによるタルムードの遺産分割を記述するTUゲーム、<sup>(44)</sup> また、中山の権力と贈収賄を分析したTUゲームなど、<sup>(45)</sup> 枚挙にいとまがない。

以上のように、思考実験的ゲーム分析によれば、社会経済的文脈において自由な発想のもとに問題を定式化することができ、とくに、協力的解の分析をとおして人々がどのような行動をとるのだろうかについて興味深い知見を得ることが可能となるのである。

---

(40) 中山幹夫, 2005年, 『社会的ゲームの理論入門』勁草書房にはTUゲームによるより詳細な解説がある。

(41) シャープレイとシュービックのTUゴミ投げゲームでは3人以上の場合, コアは空となりゴミ投げの自制は生じない。

(42) 中山幹夫, *op. cit.*

(43) Nakayama, M., 1976, "A note on the core of an income redistribution game," *Journal of Economic Theory* **12**, 347-349.

(44) Aumann, R.J. and M.Maschler, 1985, "Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud," *Journal of Economic Theory* **36**, 195-213.

(45) Nakayama, M., 1982, "Note on the core and compensation in collective choice," *Mathematical Social Sciences* **2**, 323-327.

## 5 おわりに

黒体輻射の公式を発表して量子力学の展開のきっかけをつくった物理学者マックス・プランクが、「経済学は自分にとって難しすぎたので経済学をあきらめた」と語ったことに触れてケインズは、

……最高の形態における経済学的解釈にとって必要な、論理と直観の混合ならびにその大部分が正確でない事実の広範な知識は、まったくたしかに、きわめて正確に認知しうるような比較的単純な事実の意味内容や先行条件を想像しかつその究極点にまで追求する力、という点に主な天分をもつ人々にとっては、非常に困難なことである。(都留重人, 1973年, 『近代経済学の群像——人とその学説』日経新書, p.155)

と述べている。さらに、

経済学の巨匠は、いろいろな天賦の才能のまれにみる結合をもたなければならない…(中略)…かれは、ある程度において、数学者であり、歴史家であり、経世家であり、哲学者でなければならない…(中略)…かれは、気分的には好き嫌いがありながら、しかも同時に公平でなければならず、芸術家のごとく超然として高潔に、しかも時には政治家のごとくに地上に近くあらねばならない。(都留重人, *op. cit.*, p.16)

要するに、凡人はもちろんのこと、公理から出発して定理を証明するようなことにだけ才能があるような人間も決して経済学の巨匠にはなれないのであり、マックス・プランクのような偉大な物理学者も例外ではないと断定しているのである。同じようなことを、より簡潔に述べると

単なる物理学者でしかないような物理学者でも、一流の物理学者でありうる。しかし、単なる経済学者でしかないような人は、偉大な経済学者ではありえない。

これはハイエクの言葉だそうであるが、いずれも経済学の巨匠としてのすさまじい自信を物語る言葉ではある。たしかに、マックス・プランクに象徴されるような天賦の才の持ち主というだけではケインズの時代には偉大な経済学者ではありえなかったであろうということは想像できる。

しかし、最近の経済学研究のフロンティアで活躍している経済学者の多くは、むしろそのような「単なる」経済学者である。数年前、*Games and Economic Behavior* 誌のエディターであるエフド・カライが学会の全メンバーに「投稿論文がTSUNAMIのように押し寄せている」というメールを書いたことからわかるように、近年のゲーム分析を主とする経済学の専門誌と発表論文の増加には目を見張るものがある。

もちろんこのような研究だけで経済学のすべてを覆い尽くせるものではないが、「いろいろな天賦の才のまれにみる結合」をもたなくても「正確に認知しうるような比較的単純な事実の意味内容や先行条件を想像しかつその究極点にまで追求する力、という点に主な天分をもつ人々」でも貢献できるような学問に今日の経済学は変貌しており、それゆえ、マックス・プランクも現代経済学の巨匠となりえたことであろう。いずれにせよ、「単なる経済学者でしかないような経済学者でも、偉大な経済学者でありうる」ような普遍的な学問に、経済学は近づきつつあるといえるのではないだろうか。

(経済学部教授)