

論文審査の結果の要旨

論題：The Coordination Problem and the Social Information（協調問題と社会的情報）

著者：清水崇

審査委員：神取道宏（主査） 神谷和也 松島斉 松井彰彦 柳川範之

1. 本論文は、戦略的状況における協調達成のために、社会的な情報が果たす役割を理論的に研究した3本の研究論文と、全体の展望を示す序章（第1章）からなっている。第一の研究論文（第2章）では、安定な社会の形成において、一定の複雑さを持った社会的情報が重要な役割を果たすことが、計算可能性の理論を使った最近の「手続き合理性」の理論の枠組みで示される。同時にこれは、T・シェリングによって提唱され、その重要性が認められながら理論モデルに取り込むことが困難とみられてきた focal point という概念の、一つの定式化としての意味も持つ。続く第3章は、「評判」の確立を通じて社会に協調が達成される経緯を、わずかな確率で特定の行動を取るプレイヤーが存在するくりかえしゲームを使って明らかにする、一連の研究に関連するものである。特に、計算可能な戦略のみを考慮することで、くり返し囚人のジレンマゲームにおいて、協調が必ず達成できるという新しい結果が導かれている。最後の第4章は、二人の対立するプレイヤーが第三者からの「評判」獲得の競争をするモデルを提示している。これは、従来まとまった研究の無かったテーマであり、見通しのよい分析を可能にするモデルの作り方を提示するとともに、「消耗戦」ゲームと共通の性質を均衡が持つことなどが示される。以下では、序章をのぞいた中核部分、第2章から4章のそれぞれの概要を論じ、最後に全体に関する審査結果を記すことにする。

2. 第2章は、安定な社会の形成において、一定の複雑さを持った社会的情報が重要な役割を果たすことを、計算可能性の理論を使った最近の「手続き合理性」の理論の枠組みで示すものである。議論の出発点になるのは、Binmoreらによる、戦略的意思決定を計算可能なものに限定する一連の研究である。人工知能・計算機理論では、計算可能性をある種の汎用計算機モデル（チューリングマシン）で実行できるものと定式化する。Binmoreら

は、戦略的意思決定がこうした意味で計算可能であるとする、「すべての状況で合理的に振る舞う」ことが困難であることを明らかにした。具体的には、すべてのゲームと、すべての「計算可能な手続きにしたがってゲームをプレーする相手」に対して、相手の出方を正しく読んでそれに最適に反応する計算可能な手続きはないことを彼らは示した。これに対し、著者の着目点は、計算可能なすべてのものを考えるのではなく、その一部からなる社会を考えると、おたがいが常に上手く最適反応をすることが可能になり、上記の不可能性命題を覆すことが出来るのではないかとということである。例えば、任意にゲームがあたえられたとき、その特定のナッシュ均衡を常にプレーする人のみからなる社会を考えれば、この事は自明に成り立つようにも見える。しかし著者は、こうした社会にはある種の不安定性があることをまず指摘する。すなわち、「現存する社会のメンバーと当たったときには現存のメンバーのように振る舞うが、新参加者と対戦するときは変わったことをする」という新参加者の参加が起こり、こうした新参加者がすべて入った状態では「お互いが常に最適反応する」ことが、Binmore らの研究と同様の理由で不可能になることが示される（定理 2. 1）。つまり、お互いに常に最適に反応することの困難は、ある種の「閉じた」社会を形成しない限り回避できないということである。そこで著者は、この章の中核をなす「社会的情報」の概念を導入する。計算理論では、任意の元がその集合に入っているか否かが前述の意味で計算不可能なものがあることが知られており、こうした計算不可能な情報を *oracle* と呼んでいるが、著者の定義する社会的情報とは、「社会の成員のみが利用できる計算不可能な情報」のことである。すると、内部者のみがこれを使って複数均衡のあるさまざまなゲームで特定の均衡を歩調を合わせてプレーすることが可能になる一方、外部者はどの均衡戦略を選ぶのが最適反応か計算することが出来ないことになる。したがって、前述のような外部者の侵入による不安定性を回避することが出来るのである（定理 2. 2）。これは、シェリングのいう *focal point* の一つの定式化であるとともに、その新たな機能をしめす理論であると見ることも出来る。

3. 第 3 章は、「評判」が協調を達成するメカニズムに関する研究であり、理論的には無限回繰り返しゲームにおいて協調が必ず達成できることを、わずかな情報の不完備性を導入することによって説明しようとする一連の研究に対する貢献である。無限回繰り返しゲ

ームで協調が達成可能なことはよく知られているが、同時に非効率なさまざまな結果も均衡になってしまうという問題点がある（フォーク定理）。そこで、協調のみが均衡になるような状況の検索が大きな研究課題となってきたが、一つの方法は各人がわずかの確率で必ずしも合理的でない行動をとることを許すというものである。こうした行動を上手く選べば、協調を唯一の均衡として導くことは比較的容易であるが、先行研究は、わずかな確率で取られる行動（「行動タイプ」と呼ぶことにする）をかなり一般的な範囲で取っても、なおかつ協調が唯一の解として導かれることを、特定のゲームについて示してきた。具体的には、Aumann-Sorin がパレート効率点が一点からなる「純粹協調ゲーム」と行動タイプが有限記憶を持つものすべての場合について分析し、Anderlini-Sabourian が同じゲームについて行動タイプが計算可能な広い範囲である場合を扱った。さらに、Watson は Aumann らとおなじ行動タイプをつかって囚人のジレンマで協調のみが達成されることを示した。本章では、残されたケース、すなわち囚人のジレンマで行動タイプが計算可能な広い範囲である場合に同様な結果を導いている。基本的な証明の道筋は、Anderlini-Sabourian に近く、協調しないタイプと異なる行動をとることにより協調する意図を相手に伝えて行くというものである。このとき、計算可能な行動タイプが可算個であるという計算理論の結果が重要な役割をはたしている（協調しないタイプを一つ一つ消して行くことによって、協調するタイプの確率を任意の水準まで上げることができる）。ただし、証明の構成は純粹協調ゲームを扱った彼らのものをかなり修正する必要がある。したがって、著者の証明はこの基本アイデアをより広いゲームに適用する可能性を開くものとして評価できる。

4. 第 4 章は、二人の対立するプレーヤーが、第三者からの「評判」を獲得するために競争をするモデルを提示している。具体的には、一人のナイーブな学習ルールに従うプレーヤー L が、各期ランダムに、A, B どちらかのプレーヤーと対戦する状況を考える。プレーヤー A は均衡 a を b より好み、プレーヤー B は逆である。これに対し、L についてはどちらの均衡の利得も同じである。さらに、プレーヤー L は過去にどちらの戦略が取られたかを見て、現在の戦略を（対戦相手に依存せずに）決めるような、学習ルールに従うとする。このとき、A と B

は、なるべく自らの好む均衡を L が学習するように誘導する誘因を持つ。これは、二つの異なった業界標準を提唱する 2 企業が、消費者を自社の標準に誘導しようとする状況を単純化したものと見ることも出来る。本章では、こうした状況での A 、 B の均衡行動を見通し良く分析するための工夫をこらしたモデルが提唱され、均衡条件が大幅に単純化されることが示される。こうして得られた均衡は、いわゆる「消耗戦」と共通した性質を持つことが明らかにされる。既存の研究では、ナイーブな学習ルールにしたがう者のみを扱ったものや、単一のプレーヤーや利害が一致したプレーヤーが評判を獲得するものが主体であり、本章で扱ったような、学習するプレーヤーに対して利害の対立した合理的プレーヤーが評判の獲得競争をするというケースは体系的に扱われてこなかった。その意味で、われわれの新しい知見を開くものであると評価できよう。

5. 全体として、著者は経済理論の分析手法と最新の研究動向に対する十分な知識を持ち、またここに収められた各論文は最終的に審査付きの学術雑誌に掲載可能な水準に達しているという評価に審査委員全員が達した。また、第 2 章・3 章は滝澤氏との共著になっているが、前者については数学的証明全般に関して、後者では特に論文の中核をなす補題 3.2 の証明について、著者が十分な貢献をしたことと認められた。各研究に関する審査の概要は以下の通りである。第 2 章に関しては、計算可能性に関する最新の研究を十分に踏まえた上で、oracle という概念を経済学ではじめて導入し、併せてシェリングの古典的な概念に再解釈を与えた点で、著者の独創性が強く出ているとの評価がなされた。一方で、計算可能でない社会的知識とは何に対応するのか、またこれがどのような過程で利用可能になるのかという解釈面でやや不明確さがあるという指摘も出された。第 3 章に関しては、先行研究の結果を一步前進させる意味のある貢献をなすものと評価された。これに対しては、より広い範囲のゲームに関しても同様な結果を導くような拡張が可能ではないかとの示唆が出された。第 4 章に関しては、評判の獲得競争という新しいアイデアを定式化したことが評価された。これに関しては、評判の獲得を争うプレーヤーに強弱の差があるケースへの拡張が示唆された。以上のようにいくつかの要望・示唆が出されたが、全体として学位申請論文としての要件を十分に満たしており、博士（経済学）の学位授与に値するものとの結論に、審査委員全員が一致して到達した。