

氏 名	堀 江 真 由 美
学位(専攻分野)	博 士 (経 済 学)
学 位 記 番 号	経 博 第 222 号
学位授与の日付	平 成 17 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	経 済 学 研 究 科 経 済 シ ス テ ム 分 析 専 攻
学 位 論 文 題 目	Uncertainty, Convex Capacity, and Games in Economics (経済学における不確実性, 凸容量, ゲームについての考察)

論文調査委員	(主 査) 教 授 今 井 晴 雄	教 授 梶 井 厚 志	助教授 関 口 格
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、凸容量 (convex capacity) と呼ばれる数学的概念を基礎にして、不確実性回避的行動にかかわる意思決定理論や、集団的意思決定問題としての非対称情報ゲーム、さらには協力ゲームモデルに基づく戦略的交渉ゲームの解の分析を行ったものである。

本論文で主要な分析ツールとなる凸容量とは、集合のファミリーを定義域とする実関数 (集合関数) のうち、ある種の規模の優位性に対応する性質を抱くものを指す。経済学の文脈では、集合関数は協力ゲームや社会選択理論の領域で価値の表現方法として多用されてきたが、近年では不確実性回避行動の分析において、確率測度のファミリーを表現する方法として注目されてきた。その中でも特に、凸容量が重要な役割を担うものとなっており、これを用いたショケ積分 (Choquet Integral) による演算などが、分析手法として用いられている。そして逆に、このショケ積分の手法が逆輸入され、協力ゲームの解の特徴づけに用いられるなど、集団意思決定理論としてのゲーム理論においても、注目されるツールとなっている。

第1章は、要旨と導入部である。

第2章は“Conditioning Rules for Multiple Priors”と題され、Knight 的不確実性下での複数事前予想確率分布 (multiple Priors) モデルを取り上げ、multiple priors の「一般化されたベイズ更新ルール」(generalized Bayes' updating rule) について条件付選好 (conditional preferences) の観点からの特徴づけを行っている。このルールは Dempster (1967) や Fagin and Halpern (1991) で紹介され、ベイズルール的一般形としての特徴を有していることが知られている。しかし、先行研究においては、意思決定主体の選好関係からの特徴づけは行われていない。意思決定理論の基礎をなすのは個人の選好関係であるという観点からすれば、これは不十分である。よって、「一般化されたベイズ更新ルール」を選好関係から特徴づけるのが、この研究の主眼となっている。

ここで用いているアプローチは、確率等価と分離可能性の対であるが、同じアプローチを用いて、ナীব・ベイズ・ルールや、現在の経済学文献において最もよく用いられている Dempster-Shafer rule (1976) の特徴づけも併せて提示し、再検討している。また、belief-by-belief で更新するフル・ベイズ・ルールも含めて、4つのルールの違いがこの研究によって明確となり、互いに比較することが可能となっている。

第3章の“Strategic Uncertainty in Signalling Games with Multiple Priors”では、前章で取り上げた、一般化されたベイズ更新ルールを用いた2人プレイヤーのシグナリング・ゲームを考察している。

互いに相手の行動選択の予想が multiple priors で表されるような場合、シグナルの受け手であるプレイヤーがどのような更新ルールを用いると考えるかによって、均衡行動が大きく左右される可能性がある。特に、一般化ベイズ更新ルールを用いた場合、他のルールと比較して、更新後の予想確率分布の集合が1点集合 (つまり、ベイズ的な先験確率分布を持つ状態) にはなりにくい。したがって、完全ベイズ均衡や Dempster-Shafer ルールを用いた均衡では現れない、混合戦略均衡やハイブリッド均衡が出現し、戦略的不確実性 (strategic uncertainty) が観察されることを著者は示している。特に

Dempster-Shafer ルールを用いた場合、Ryan (2002) に指摘されるような、均衡パス上であたかも尤もらしい予想を排除するような行動は、一般化ベイズ更新ルールを用いた場合には現れないことを、具体例を用いて示している。

第4章の“Efficiency in Finite Coalitional Bargaining Procedures”では、有限の提携形成ゲームにおける効率性と配分の平等性について考察を行っている。

提携利得が優加法的（大きい提携がより大きな利得を生む）である場合、無限の逐次交渉による提携形成ゲームでは、一般に、全体提携が形成されるとは限らない。これは、交渉のルール自体が、ローカルな合意によって提携が形成される、提案権が無限に可能である、という性質をもつためであると考えられる。純粋交渉の場合では、無限の逐次交渉ルールを用いると、割引因子が1に近づくとき、各プレイヤーの（極限）利得は均等分となるように、無限の提案権は平等性を加速する一方で、ローカルな合意の可能性は、手番の早いプレイヤーが、提携内の平均利得が最も大きい提携を先に形成してしまうという性質をもつ。その一方、（提案権が）有限の提携形成ゲームにおいては、効率的な提携（全体提携）が形成されやすくなるが、利得配分は不平等になることが推測される。

この点を明らかにするために、著者は有限の提携形成ゲームを提案し、そのサブゲーム完全均衡において、各プレイヤーの利得配分が、（あらかじめ与えられたプレイの順番で決まる）そのプレイヤーの限界貢献分に等しくなることを示している。この配分について、協力ゲームの解概念との関連性を用いて、いくつかの解釈を与えることが出来る。配分の不平等性については、ショケ (Choquet) 交渉解の枠組みを用いて、平等性回避 (equality averse) の解になっていることが明らかとなる。また、任意のプレイヤー順列が等確率で生起するようなゲームにおいては、事前期待利得がシャプレイ値に等しくなることを示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、凸容量と呼ばれる数学的概念をツールとして用いた、意思決定理論に関する研究をまとめたものである。2章以下の各章の内容は、今後の改訂によって、国際的な査読付き雑誌への掲載が可能になるものと考えられる水準の高い研究であるといえる。

第2章（ならびに第3章）で取り上げたのは、不確実性回避と呼ばれる行動である。伝統的な期待効用理論の枠組みではとらえられない不確実性回避的現象を説明する理論の構築と分析は、近年盛んに行われており、現在の経済理論において、もっとも生産性の高い分野の一つといってよいであろう。このような分析では、意思決定者は、複数の予想確率分布をもって、いずれが正しいか決定できない状況にあるとされ、行動選択においては、もっとも悲観的な予想に即して行動を決めるものと想定される。このような複数の分布が一定の性質を満たすとき、各事象の最低確率は、凸容量となり、それによって分布のファミリーを表すことができ、かつ、行動を、この容量によるショケ積分で表現できる。

筆者が取り組んだ問題は、そこに新たな情報が加わった場合の事後の不確実性回避行動と事前のそれとの対応関係を明らかにすることである。このような、情報による予想更新とそれがもたらす行動への影響は、情報のミクロ経済分析において、もっとも重要な課題であるといえ、これまでも、いくつもの予想ファミリーの更新方法が提案されている。これらのうち、本論文では、代表的な4つの更新ルールをとりあげ、それらが、事前と事後の選好関係に関する非常に単純な公準群のいずれかを満たすことによって導かれることを示した。これまでの知見と比較して、これは、比較が非常に容易であるとともに、多くの代表的なルールが同時に比較できるようになっている点で、今後の分析の見通しを非常に明快なものにする結果であるといえ、筆者の鋭い洞察力と卓抜な着想力を示すものといえる。

第3章では、上記の枠組みの中で、筆者が注力している、一般化ベイズ更新ルールの特質を示すために、非対称情報下の集団意思決定問題としてよく知られているシグナリング・ゲームを取り上げて、例を構築している。先行研究で示された別のルールでの均衡が、必ずしも直観的に妥当でないケースにおいて、一般化ベイズ更新ルールが、このような問題を回避することを示す例である。例となったシグナリング・ゲームの均衡とそのもとの予想の構造は複雑を極め、統一的な視点の下で、細心の注意を要する作業を、膨大なケースわけごとに丹念にこなしてゆく、多大な労力を要する研究の成果であるといえよう。

第4章では、協力ゲームに立脚した交渉ゲームをとりあげて、一つの交渉ルールを提案し、他のルールでの解や、協力ゲ

ームにおいて知られている解との比較検討を行っている。ここでは、凸容量はベースとなる協力ゲームとして、さらには、結果として得られる解の特徴づけとしてのショケ積分という形で用いられている。得られた結果は、順序を所与とする場合には、提携への限界貢献度を与える解となり、一種の制約付不平等度最大化解となるというものである。さらに、周知のように、この解は、提案順序が等確率でランダムに決まるという想定の下では、事前の期待値がシャプレイ値という協力ゲームの解と一致する。シャプレイ値を実行するゲームは多数あるが、本論文で示されたルールは新しいものであり、また、その結果を提携による非効率性発生という問題との対比でモティベートし、かつ、不平等度に即して解を評価した研究は他に例を見ない。

本論文の問題点を挙げるとすると以下のような点がある。

不確実性回避行動のもとでの更新ルールに関しては、基準の比較に関する言葉での議論が不十分である。

シグナリング・ゲームへの応用においては、作成された例では、均衡のパターンは、減るのではなく増えている。これは、もともと均衡の多数性が問題とされているシグナリング・ゲームでは、必ずしも評価されるものではなく、一般化ベイズ更新ルールを提唱するには、このような問題の克服が課題となる。

交渉ゲームの分析においては、ルールが自然なものかどうか、自然でなければ、目的を明確にし、目的に照らして、このルールを他のルールと比較してどう評価するかの吟味が必要になる。

このような問題点はあるものの、これらは将来にむかって取り組むべき課題であり、本論文の価値は依然として高いものである。

よって本論文は、博士（経済学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成17年4月20日、論文内容に関する試問を行った結果、合格と認めた。