

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24530199

研究課題名(和文) 観測費用のある長期的関係に関する実験研究

研究課題名(英文) An experimental study on repeated games with observation costs

研究代表者

宮原 泰之 (Miyahara, Yasuyuki)

神戸大学・経営学研究科・教授

研究者番号：80335413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はゲーム理論を用いて、長期的関係における評判効果に関する研究を行う。2人の主体からなる関係を考え、各期、主体は囚人のジレンマ・ゲームをプレーする。主体は各期に自分以外の主体が選択した行動(協力、または、裏切り)は費用を支払わなければ知ることはできないものとする。そして、繰り返しゲームが始まる前に主体はある確率で特定の戦略にコミットするものとする。このような状況で主体はどのような行動を選択するのかを理論と実験で明らかにすることが、この研究の目的である。

研究成果の概要(英文)：In this research, we study reputation effect in long-run relationship by using game theory. There are two decision makers (players), and they play prisoner's dilemma game every period. Each player can decide whether to cooperate or defect in each period. If a player pays a cost, he knows the action chosen by the opponent in that period. Otherwise, he cannot know the action. At the beginning of the repeated game, there is a possibility that a player commits to a certain strategy. That is, a player's strategy is fixed with an exogenously given probability. Such player is called commitment type. If a player is not a commitment type, he can choose any strategy. The objective of the research is to analyze how players play the repeated game in this situation.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：繰り返しゲーム 観測費用 囚人のジレンマ

1. 研究開始当初の背景

本研究はゲーム理論の一分野である繰り返しゲームに関する研究であり、評判効果と呼ばれている現象に関する研究を行う。

繰り返しゲーム (repeated game) とは第1期、第2期、... と、每期ある同じゲームがプレーされる状況のことを言う。每期プレーされるゲームのことをステージ・ゲームといい、繰り返されることによって得られるゲーム全体のことを繰り返しゲームという。

繰り返しゲームには繰り返し回数が有限である有限回繰り返しゲームと繰り返し回数が無限である無限回繰り返しゲームの2種類がある。本研究は無限回繰り返しゲームに関するものである。以下で、「繰り返しゲーム」という場合、断りがなければ無限回繰り返しゲームを指すものとする。

繰り返しゲームに登場する意思決定主体のことをゲーム理論ではプレーヤーと呼ぶ。通常、複数のプレーヤーが存在するものと想定される。各プレーヤーは每期ステージ・ゲームにおける選択可能な行動をひとつ選択する。

繰り返しゲームにおける実現可能なすべての局面について、プレーヤーが選択する予定の行動を列挙した行動計画のことを戦略 (strategy) という。各プレーヤーは繰り返しゲームが始まる前に戦略を同時に選択するものとする。

各プレーヤーの戦略を列挙したものを戦略の組 (strategy profile) という。戦略が一つ固定されると繰り返しゲームの結果が定まる。結果が定まると各プレーヤーの繰り返しゲームの利得が定まる。繰り返しゲームの利得は各期に実現する利得の割引き和として表される。

繰り返しゲームにおける戦略の組が均衡であるとは、他のプレーヤーの戦略を所与としたときに、各プレーヤーは当該の戦略を選択することが最適となっていることである。均衡における各プレーヤーの利得を列挙したものを均衡利得ベクトルという。

多くの場合、均衡は複数存在することが知られている。つまり、均衡利得ベクトルの集合は多数の均衡利得ベクトルを含むことになる。

評判効果 (reputation effect) とは、元となる繰り返しゲームに不完備情報 (incomplete information) を導入すると、新しい繰り返しゲームの均衡利得ベクトルの集合が変化することを言う。

不完備情報とは、あるプレーヤーは知っているが他のプレーヤーは知らないような情報のことを言う。

不完備情報のない繰り返しゲームにおいては、広いクラスのステージ・ゲームについて、その繰り返しゲームの均衡として達成可能な利得ベクトルは多様であることが知られている。特に、将来の利得に対する割引き

が小さくなるにつれて、均衡利得ベクトルの集合は個人合理的な利得ベクトルの集合に収束する。これはフォーク定理 (Folk Theorem) と呼ばれている繰り返しゲームにおける最も重要な定理である。

不完備情報を導入すると均衡利得ベクトル集合が大きく変化することが知られている (評判効果)。有限回繰り返しゲームについては不完備情報がなければ均衡として実現可能ではない利得ベクトルが不完備情報を導入すると均衡利得として実現可能となることがあることが先行研究において示されている。

また、無限回繰り返しゲームについては、不完備情報を導入することによって、均衡利得ベクトルの集合が激的に小さくなることが示されている (Fudenberg and Levine, 1992)。

従来の評判効果に関する多くの研究では、不完備情報として、プレーヤーがある特定の戦略にコミットする可能性があるものと想定する。他のプレーヤーはそのプレーヤーがコミットメント・タイプかそうでないかを直接的に知ることはできない。

プレーヤーの将来に対する割引が十分に小さければ、特定のプレーヤーにとって最も都合の良い結果 (シュタッケルベルグ解) が均衡において、近似されることを示している。

例えば、Fudenberg and Levine (1992) はひとりの長期的プレーヤーと近視眼的プレーヤーの関係について、上記の主張を証明している。評判効果に関するほとんどの研究は、プレーヤーがある「特定の戦略」にコミットする可能性がどんなに小さいとしても、その可能性がゼロでない限り、プレーヤーの将来に対する割引が十分に小さければ、任意の均衡において、シュタッケルベルグ解を近似するような結果が達成されることを示している。

多くの場合、この「特定の戦略」というのは、ステージ・ゲームの均衡にはならないような行動を選択し続けるというものである。

一方で、それとは逆の結果を導出している研究もある。つまり、プレーヤーがある特定の戦略にコミットする可能性がある場合、効率的な結果が達成されないことを明らかにしている研究がある。Ely and Välimäki (2003) は長期的プレーヤーと短期的プレーヤーの関係を分析し、参加ゲーム (participation game) と呼ばれるゲームにおいて、プレーヤーがある戦略にコミットする可能性がある場合、効率的な結果が達成されないことを示している。

また、私が行なった予備的研究である Miyahara (2011) では、繰り返し囚人のジレンマ・ゲームについて、プレーヤーがある戦略にコミットする可能性がある場合、効率的な結果が達成されないことを示している。

Miyahara (2011) では従来の評判効果に関する研究で扱われていた情報構造とは異なる

るものを仮定している。各期に相手が選択した行動を知るためには観測費用を支払わなければならない。観測費用を支払わなければ、全く情報を得ることはできない。ただし、観測費用を支払ったかどうかはプレイヤーの私的情報となるというものである。

これは Miyagawa, et al. (2008) と同様の想定であるが、観測費用を支払わなかった場合に、無料の不完全な情報を得るという点で異なっている。

Miyahara (2011) では、まず、特定の戦略にコミットする可能性がない場合、マルコフ戦略に着目すると、協力は近似的にも達成することはできないことを明らかにしている。

一方、上とは異なり、ステージ・ゲームの均衡に対応する行動（裏切り）を選択し続けるという戦略にコミットする可能性があるとき、近似的に効率的な結果が達成されることを示している。さらに、協力を選択し続けるような戦略にコミットする可能性がある場合には近似的にも協力を達せすることはできないことを明らかにしている。

囚人のジレンマ繰り返しゲームに関する代表的な実験研究として Bo (2005) がある。この研究では過去に選択された行動は観測費用を支払うことなく完全に観測できるものと想定し、囚人のジレンマ無限繰り返しゲームと有限繰り返しゲームについて実験を行なっている。長期的な関係に関する実験研究は他にも多数あるが、評判効果に関する実験は非常に少ないと言える。

2. 研究の目的

本研究は観測に費用を伴う場合の評判効果に関する理論的研究を行うとともに実験でそれが正しいかどうかを明らかにすることを目的とする。特に、ステージ・ゲームを囚人のジレンマ・ゲームとする無限繰り返しゲームについて分析する。

理論研究については、予備的研究である Miyahara (2011) の分析を拡張することになる。

Miyahara (2011) では、次の結果を得ていた。プレイヤーが協力的行動にコミットする可能性がある場合、協力的結果は近似的にも均衡として達成可能ではないことを示した。プレイヤーが協力的行動にコミットする可能性はなく、非協力的行動にコミットする可能性がある場合には、協力的結果を近似的に均衡として達成可能であることを示した。

本研究では協力的結果を近似できる他のコミットメント・タイプが存在するかどうかを明らかにすることが目的のひとつである。さらに、どこまで単純な均衡戦略で協力的結果が近似可能であるかを明らかにすることも目的である。

実験研究については、上記の理論研究を踏まえ、実験で協力的結果が実現可能かどうか

を明らかにすることが目的である。

3. 研究の方法

まず、関連研究（理論研究、実験研究）のレビューを行いつつ、実験研究の元となる理論研究の精緻化を行う。

理論研究については予備的研究である Miyahara (2011) を精緻化、一般化を行う。この研究をもとに経済実験を行うことになる。

4. 研究成果

理論研究については、いくつかの進展があった。

(1) Miyahara (2011) の拡張分析を行った。この予備研究では、常に協力的行動にコミットするタイプと常に裏切りの行動にコミットするタイプの2つのコミットメント・タイプについて分析した。

予備的研究では、 β については、いかなる均衡においても協力的結果は達成不可能であることが示されていた。 β については、協力的結果を均衡として近似的に達成可能であることが示されていた。

今回はコミットメント・タイプとして、トリガー戦略にコミットするものを考えた。これは協力的コミットメント・タイプのひとつに対応する。このとき、協力的結果を均衡として近似的に達成可能であることを明らかにした。

予備的研究では協力的コミットメント・タイプが存在する場合には協力的結果を近似的にも均衡として達成することはできないと予想されていたが、そうではないことを明らかにしたことになる。

トリガー戦略にコミットするタイプが存在する場合、 β の場合と比較し、均衡戦略は複雑なものになった。

最初の一定期間はランダムに協力的行動と非協力的行動をランダムに選択する。そして、協力した場合には観測をランダムに行う。観測する確率は時間に応じて変わる。一定期間経った後は、均衡経路上においては、過去に協力的行動を選択し続けた場合には、それ以降、確実に協力的行動を選択し、観測しない。

複雑な均衡戦略ではあるが、協力的コミットメント・タイプが存在する場合にも協力的結果が近似的に達成可能であることを示すことができたことは興味深く、学術的貢献がある。

(2) コミットメント・タイプが存在しない場合についても分析を行った。当初は、コミットメント・タイプが存在しない場合、単純な戦略の範囲では協力的な結果は近似的にも達成することはできないと予想していた。しかし、(1) の分析で使ったテクニックを応用することによって、単純な戦略で協

力的結果を均衡として近似可能であることを示すことができた。

そのテクニックはプレーヤー達が共通に観測可能な行動とは独立に実現するシグナル(サンスポット)を利用することである。

サンスポットを利用することは繰り返しゲームの分野においてはよく知られたテクニックである。サンスポットを使って実効割引因子(effective discount factor)を小さくするというものである。

本研究も同様にサンスポットを使って実効割引因子を小さくするのであるが、局面に応じて実効割引因子の小ささをコントロールしている点が新しい点である。既存研究では使われていない新しいテクニックである。

このテクニックを利用することによって、単純な戦略で協力的な結果を近似的に達成可能となる。

観測費用モデルにおいては、プレーヤーに観測インセンティブを与えることと協力的行動を選択するインセンティブを同時に考える必要があるために複雑な戦略にならざるを得ない。本研究で構築した均衡戦略は3状態オートマトンで表現できるという意味で非常に単純である。本研究は学会発表(学会発表)を行ったところ高い評価を得た。近日中に査読付き国際専門雑誌に投稿できる段階にある。

(3) 観測費用のある繰り返しゲームについて実験研究を行った。囚人のジレンマ・ゲームに関する実験研究は多数ある。様々な結果が得られている。多くは実験の最初の方では協力的な行動が選択され、時間とともに協力が崩壊するというものである。

本研究においては、被験者行動選択の決定と伴に観測の決定も行う。観測をするためには費用を支払わなければならない。観測しない場合は相手が選択した行動を知ることができない。

無限回繰り返しゲームを擬似的に行うために、毎回、ゲームを続けるかどうかはサイコロを振って決めることにした。(1)と(2)の理論分析では割引因子は小さくもなく大きくもなく中程度の値場合に協力的結果が近似的に達成可能で明らかにされていた。それに従い、理論値に対応するゲームの継続確率を設定した。

実験の最初の方では協力的な行動を選択する被験者はいたが、非常に少なかった。また、観測費用を支払って観測する被験者も少なかった。

しかしながら、実験の最初の方で協力が実現しやすいと結論付けることはできなかった。ほとんどは非協力的な行動を選択していた。観測については費用を支払ってまで観測する被験者は非常に少数であった。

観測費用を伴う囚人のジレンマ繰り返しゲームについては、協力的な結果は得られなかったと結論付けた。被験者に行ったアンケートからその理由を推測すると以下のこと

による。

被験者は学部生であったが、ほとんどは高校生のときに囚人のジレンマについて学んでおり、非協力的な行動を選択することが合理的であることを知っていた。また、大学でも頻繁に囚人のジレンマ的状况に関連するトピックが登場し、非協力的な行動を選択することの合理性を確認している。

実験では囚人のジレンマ・ゲームという用語は一切使わず、投資に関する決定問題として説明したが、利得表を示すと囚人のジレンマ・ゲームに関する実験であることを認識したようである。

先に述べた理由により、非協力的な行動を選択することが賢い選択であると認識していることが推測できる。

直面している問題を繰り返しゲームとして考えていない可能性がある。選択する行動が相手の将来の行動に与える影響について考慮していないと推測される。

囚人のジレンマ・ゲームは非常に有名な問題になっており、被験者はこの実験について先入観を持っていると考えられる。今後の実験については、このような先入観を想定した工夫が必要である。

(4) 観測費用モデルの研究から派生し、チープトーク・ゲームにおける情報収集とコミュニケーションの関係について応用研究を行った。チープトーク・ゲームとは意思決定者と情報保有者の間のコミュニケーションに関する理論モデルである。

意思決定者はある意思決定を行わなければならないが、意思決定に必要な情報は知らない。一方、情報保有者はその情報を知っている。ただし、意思決定者と情報保有者の間の利害の不一致のため、情報保有者は正直に保有している情報を伝達するインセンティブがない状況を分析した。

意思決定者は費用を払って情報収集することによって、情報保有者が保有する情報に関する不完全なシグナルを得ることができる。情報保有者は、意思決定者が情報収集を行ったかどうか、そして、情報収集を行って得たシグナルを知ることができない。この設定は本研究が着目する観測費用モデルのクラスに属する。

この研究において新しい点は、意思決定者はどの情報について情報収集を行うかを決定できることである。既存研究においては、情報収集活動は次元であり、特定の情報についてのみ情報収集するという想定はされていない。

この設定において、意思決定者の情報収集とコミュニケーションは補完関係にあることを明らかにした。

意思決定者が情報収集をすることができない状況(ベンチマーク・ケース)においてはコミュニケーションによって情報伝達は全く行われなことを明らかにした。

一方、情報収集が可能な場合には、コミュ

ニケーションによって部分的な情報伝達が可能となることを明らかにした。意思決定者の情報収集活動は直接的に意思決定を改善するためというより、コミュニケーションによる情報伝達を高めるために行われるという結論を得た。

この結果は既存研究では考察されていない新しいものである。

この研究は「雑誌論文」にまとめられている。さらに、より一般的な情報収集技術に拡張した分析を継続中である。

<引用文献>

Dal Bo, P. Cooperation under the Shadow of the Future: Experimental Evidence from Infinitely Repeated Games, *American Economic Review*, vol. 95, 2005, 1591-1604

Ely, J., J. Välimäki, Bad Reputation, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, 2003, 785-814

Fudenberg, D., D. Levine, Maintaining a Reputation when Strategies are Imperfectly Monitored, *Review of Economic Studies*, vol. 59, 1989, 561-579

Hino, Y., Y. Miyahara, An Efficiency in Repeated Prisoner's Dilemma with Observation Costs, mimeo, 2016

Miyagawa, E., Y. Miyahara, T. Sekiguchi, The Folk Theorem for Repeated Games with Observation Costs, *Journal of Economic Theory*, vol. 139, 2008, 192-221

Miyahara, Y., Reputation in Repeated Prisoner's Dilemma with Observation Costs, mimeo, 2011

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

日野喜文、宮原泰之、評判におけるステルス・マーケティングの影響に関するゲーム理論分析、*国民経済雑誌*、査読無、第209巻、2014、pp. 73-87、<http://www.rieb.kobe-u.ac.jp/kkg/magazine/>

定兼仁、宮原泰之、情報獲得と情報伝達に関する分析、*国民経済雑誌*、査読無、第213、2016、pp. 43-59、http://www.lib.kobe-u.ac.jp/infolib/meta_pub/G0000003kernel_E0040837

[学会発表](計2件)

宮原泰之、Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring、第20回DCコンファレンス、2014年10月13日、福岡大学(福岡県・

福岡市)

日野喜文、An Efficiency in Repeated Prisoner's Dilemma with Observation Costs, 2016 Asian Meeting of the Econometric Society, 2016年8月12日、同志社大学(京都府・京都市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮原 泰之 (MIYAHARA, Yasuyuki)

神戸大学・大学院経営学研究科・教授

研究者番号：80335413