

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K03625

研究課題名（和文）自動観測と非自動観測を伴う繰り返しゲームの分析

研究課題名（英文）Analysis on Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring

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） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は自動観測と非自動観測を伴う繰り返しゲームに関する研究であり、一定の確率で自動的に他のプレイヤーが選択した行動に関する情報が完全にわかる状況を想定し、この確率が大きくなったときに均衡利得集合がどのように変化するかを明らかにすることが本研究の主要な目的である。任意の段階ゲームと任意の繰り返し回数について、2種類の自動観測確率を考えたときに、均衡利得集合が大きくなるのは自動観測確率が小さい場合であることを明らかにした。さらに、段階ゲームのナッシュ均衡が一意的な場合にフォーク定理が成り立つことも明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主要命題は、情報が自動的に伝達される確率が小さい方がある意味、社会にとって好ましいということ。この命題は主張している。一見すると現実の感覚からは逆説的に思われるが、実を言うとゲーム理論的には納得のいく主張になっている。それは自動的に情報が得られなかった場合には観測するオプションがあるため、戦略的自由度が高いことによる。ただし、戦略的自由度が高いことが直ちに均衡利得集合を拡大するということはそれほど自明ではない。この直感が実際に正しいことを明らかにしたことが本研究の大きな貢献である。また、段階ゲームのナッシュ均衡が一意的であったとしても、フォーク定理が成り立つことを示したことも貢献である。

研究成果の概要（英文）：This study is concerned with repeated games with automatic and optional monitoring. The main objective of this study is to identify how the equilibrium payoff set changes as this probability increases, assuming a situation in which we automatically know complete information about the actions chosen by the other players with a certain probability. The main objective of this study is to identify how the equilibrium gain set changes when this probability increases. For any stage game and any number of repetition, we found that the equilibrium payoff set gets large when the automatic observation probability is small, given two types of automatic observation probabilities. We also show that the Folk Theorem holds when the Nash equilibrium of the stage game is unique.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：有限回繰り返しゲーム 私的観測 自動観測 オプション観測

1. 研究開始当初の背景

本研究は自動観測と非自動観測を伴う繰り返しゲームに関する研究であり、Miyahara and Sekiguchi (2013)によって考察されたモデルを発展させるものである。Miyahara and Sekiguchi (2013)では非自動観測のみに着目しており、自動観測の可能性を考慮していなかった。そこで、一定の確率で自動的に他のプレイヤーが選択した行動に関する情報が完全にわかる状況を想定し、この確率が大きくなったときに均衡利得集合がどのように変化するかを明らかにすることが本研究の目的である。Miyahara and Sekiguchi (2013)と同様に有限回繰り返しゲームを考察することを主要な目的としている。

繰り返しゲームの分野において情報構造が変化した場合に均衡利得集合がどのように変化するかについて明らかにした先駆的研究は Kandori (1992)である。Kandori (1992)は不完全公的観測における無限回繰り返しゲームについて分析を行っている。この研究以降も情報構造の変化に対して、均衡利得集合がどのように変化するかについて分析を行っている研究は非常に少ない。

不完全公的観測下における無限回繰り返しゲームにおける均衡分析はあたかも一時点の問題かのように分析できることが Abreu, Pearce, and Stacchetti (1990)によって示されている。多くの無限回繰り返しゲームは一時点の問題に帰着できることが知られているが、有限回繰り返しゲームについては一時点の問題に帰着することができない。そのため、情報構造の変化による均衡利得集合を特徴づけることが難しくなる。本研究は有限回繰り返しゲームにおいて情報構造の変化が均衡利得集合にどのような影響を与えるのかについて明らかにすることになり、挑戦的な研究となっている。

2. 研究の目的

本研究は自動観測と非自動観測を伴う有限回繰り返しゲームの分析を行っている。具体的には次のようなモデルを考察している。プレイヤーは N 人存在しており、ゲームは第 1 期から第 T 期まで繰り返される。期間は離散である。プレイヤーたちは每期、行動を同時に選択する。プレイヤーが選択可能な行動集合は有限である。

各期にプレイヤーが選択した行動はある確率で自動的に他のプレイヤー伝わり、残りの確率で他のプレイヤーには伝わらない。プレイヤーは自分が選択した行動が自動的に他のプレイヤーに伝わったかどうかはわからないものと仮定する。また、他のプレイヤーは相手プレイヤーの行動が自動的に伝わってこなかった場合には相手プレイヤーの行動を無費用で観測できるものとする。プレイヤーは相手プレイヤーが自発的に観測したかどうかは知ることができないものと仮定する。

よって、本研究の繰り返しゲームは私的観測 (private monitoring) と呼ばれるクラスに属する。これに対し、各プレイヤーが共通のシグナルを観測できる繰り返しゲームは公的観測 (public monitoring) と呼ばれるクラスになる。すでに述べたように公的観測の無限回繰り返しゲームは一時点の問題かのように分析可能であり多くの性質が明らかにされてきた。これに対し、本研究は私的観測における有限回繰り返しゲームを分析することになり、相対的に分析の困難な研究を行うことになる。自動観測の確率が変化することによって、均衡利得集合がどのように変化するかを明らかにするのが本研究の目的となる。

3. 研究の方法

本研究はゲーム理論における繰り返しゲームの理論と呼ばれる分野に関するものである。繰り返しゲームの理論は無限回繰り返しゲームと有限回繰り返しゲームの 2 つに分類される。本研究は有限回繰り返しゲームに属する。さらに繰り返しゲームの理論は情報構造の観点から、完全観測、不完全公的観測、私的観測の 3 つに分類される。本研究は私的観測に関するものである。

有限回繰り返しゲームに関する研究は無限回繰り返しゲームと比較すると研究は少ない。すでに述べたように分析を一時点の問題に帰着することができず、分析が困難であることが無限回繰り返しゲームと比べると発展していない理由である。有限回繰り返しゲームには数少ないが鍵となる研究がいくつかある。それらの研究で開発された分析手法は本研究に適用可能であり、これらを活用して分析を行う。

非自動観測を考慮した研究は繰り返しゲームの分野では新しいものであり、研究の蓄積は非常に少ない。Miyahara and Sekiguchi (2013)で初めて分析された情報構造である。本研究は、非自動観測に加え、ある確率で自動的に情報が伝達される可能性を考慮する。よって、Miyahara and Sekiguchi (2013)の分析手法をそのまま適用することはできないため、分析手法を拡張しつつ分析を行う。

4. 研究成果

以下に分析結果・研究成果を列挙しておく。

(1) 本研究のベンチマークとなる情報構造であり、自動観測にせよ、非自動観測にせよ、観測した場合にはエラーなく、確実に他のプレイヤーの行動を観測できる場合について主要命題を示した。主要命題は次の通りである。

主要命題：任意の段階ゲームと任意の繰り返し回数について、2種類の自動観測確率を考えたときに、均衡利得集合が大きくなるのは自動観測確率が小さい場合である。

情報が自動的に伝達される確率が小さい方がある意味、社会にとって好ましいということはこの命題は主張している。一見すると現実の感覚からは逆説的に思われるが、実を言うとゲーム理論的には納得のいく主張になっている。それは、非自動観測が可能である、つまり、自動的に情報が得られなかった場合には観測するオプションがあるため、戦略的自由度が高いことによる。ただし、戦略的自由度が高いことが直ちに均衡利得集合を拡大するということはそれほど自明ではない。この直感が実際に正しいことを明らかにしたことが本研究の大きな貢献である。

(2) ベンチマークの情報構造について、フォーク定理が成り立つための十分条件を示した。フォーク定理とは「すべてのプレイヤーについて最低保証利得ベクトルを上回る利得ベクトルは繰り返し回数が十分に大きければ均衡として実現可能である」という主張である。完全観測の有限回繰り返しゲームにおけるフォーク定理は Benoit and Krishna (1985) によって最初に証明された。フォーク定理が成り立つためには、段階ゲームのナッシュ均衡が複数存在し、あるプレイヤーについて異なるナッシュ均衡利得を持つことが必要であることが明らかとなっている。それに対し、本研究では段階ゲームのナッシュ均衡が一意であったとしても、フォーク定理が成り立つことを示したことが貢献である。これは Miyahara and Sekiguchi (2013) の拡張にもなっている。

(1) と (2) の研究については「Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring」というタイトルで論文にまとめ複数の学会で研究発表を行った。

(3) ベンチマークの観測構造を拡張し、観測した場合に確率的に観測エラーが発生するという状況の分析に取り組んだ。具体的には、観測した場合の情報構造は、観測しなかった場合の情報構造より Blackwell (1951, 1953) の意味で優れているものと想定して分析している。さらに、観測したかどうかにかかわらず、どのシグナルも正の確率で実現するものと仮定した。この情報構造は繰り返しゲームの分野では私的観測と呼ばれる状況であり、分析が非常に困難であることが知られている。そして、情報構造の変化によってどのように均衡利得集合が変化するかを明らかにすることは繰り返しゲームの分野における重要な研究課題である。実際にこの問題は非常に困難な問題であることが明らかとなった。今回の研究期間において分析は完成にまでは至らなかったが、いくつかの知見を得た。この知見を活かしつつ引き続き研究を行う予定である。

(4) この研究の過程で分担者の関口格教授は無限回繰り返しゲームに関する分析も行った。この研究では非自動観測のみ可能である無限回繰り返しゲームに関する研究を行った。完全次元条件が満たされない場合はフォーク定理が成り立たないことがあることはよく知られていることであるが、この研究では完全次元条件が満たされないとしても、非自動観測の状況ではフォーク定理が成り立つことがあることを明らかにした。「A Folk Theorem for Infinitely Repeated Games with Equivalent Payoffs under Optional Monitoring」というタイトルで論文にまとめ複数の学会で研究発表を行った。

< 引用文献 >

- Abreu, D., D. Pearce, and E. Stacchetti (1990) "Toward a Theory of Discounted Repeated Games with Imperfect Monitoring," *Econometrica*, vol. 58, pp. 1041-1063.
- Benoit, J.-P. and V. Krishna (1985) "Finitely Repeated Games," *Econometrica*, vol. 53, pp. 905-922.
- Kandori, M. (1992) "The Use of Information in Repeated Games with Imperfect Monitoring," *Review of Economic Studies*, vol. 59, pp. 581-593.
- Miyahara, Y. and T. Sekiguchi (2013) "Finitely Repeated Games with Monitoring Options," *Journal of Economic Theory*, Volume 148, Issue 5, pp. 1929-1952, 2013.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 宮原泰之	4. 巻 217
2. 論文標題 会議による社会的損失に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 国民経済雑誌	6. 最初と最後の頁 61-77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Tadashi Sekiguchi
2. 発表標題 A Folk Theorem for Repeated Games with Equivalent Payoffs under Optional Monitoring
3. 学会等名 The Lisbon Meetings in Game Theory and Applications（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関口 格
2. 発表標題 A Folk Theorem for Infinitely Repeated Games with Equivalent Payoffs under Optional Monitoring
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関口格
2. 発表標題 Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring
3. 学会等名 Theory Workshop at Department of Economics, University of Rochester（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮原泰之
2. 発表標題 Communication Enhancement through Information Acquisition by Uninformed Player
3. 学会等名 WEAI Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関口格
2. 発表標題 Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring
3. 学会等名 2017 Asian Meeting of the Econometric Society
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮原泰之
2. 発表標題 Communication Enhancement through Information Acquisition by Uninformed Player
3. 学会等名 International Conference on Game Theory
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 関口格
2. 発表標題 Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring
3. 学会等名 日本経済学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 伊藤 秀史、小林 創、宮原 泰之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 有斐閣	5. 総ページ数 414
3. 書名 組織の経済学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	関口 格 (Sekiguchi Tadashi) (20314461)	京都大学・経済研究所・教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------