

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01563

研究課題名（和文）調整型タイミングゲームの理論に関する研究と経済学への応用

研究課題名（英文）Theory of Coordination Timing Games and Application to Economics

研究代表者

渡辺 隆裕（WATANABE, TAKAHIRO）

東京都立大学・経営学研究科・教授

研究者番号：70220895

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：研究成果として、グローバルゲームを用いた2企業2時点の市場参入タイミングのモデルを構築して分析することができ、研究の目的は部分的には達成することができた。本来は2時点ではなく、多時点のタイミングを明らかにすることが目標であったが、これに関しては達成することができなかった。今後の研究課題としたい。

しかし、2時点のタイミングモデルの分析であっても、グローバルゲームという理論を援用することによって、私的情報とタイミングの関係について、予想以上の知見を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で扱われる調整型ゲームは、産業組織論や経営学の企業戦略論において、重要な研究として位置づけられており、リアル・オプションゲームにおいても、新技術の適合問題として扱われている。また、公共経済学でも「公共財供給に対してどのタイミングで自発的参加を表明するか」という問題として現れている。

このような問題に対して、本研究は均衡選択や私的情報が与える影響について、貢献できたことに意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The results of this study partially achieved the objective of this study by constructing and analyzing a market entry timing game for two firms and two periods using a global game. The initial objective of this study was to identify market entry timing for more than two periods, but this was not achieved. This is an issue for future research.

However, even in the analysis of the two-period model, the use of global game theory provided some insight into the relationship between private information and timing.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：ゲーム理論 調整ゲーム(coordination game) タイミングゲーム グローバルゲーム

1. 研究開始当初の背景

相手と同じ行動を選ぶと利得が高くなるゲームを調整ゲーム(コーディネーションゲーム)と呼び、自分と相手が行動するタイミングを選ぶゲームをタイミングゲームと呼ぶ。

調整型タイミングゲームは、多くの経済・社会問題に現れる。代表的な例は、Farrell and Saloner (1985)などのネットワーク外部性を伴う旧技術から新技術への切り替え(新製品の投入、新規市場への参入)時期の決定、すなわち「各企業は新製品を投入したいが、製品にネットワーク外部性があり、自企業だけ先では消費が伸びないため、他企業より後か同時に投入したい。このような場合に投入タイミングはどうなるか」といった問題である。このような問題は産業組織論や経営学の企業戦略論において、重要な研究として位置づけられており、リアル・オプションゲームにおいても、新技術の適合問題として扱われている。また、調整型タイミングゲームは、公共経済学でも「公共財供給に対してどのタイミングで自発的参加を表明するか」という問題として現れている。

このように調整型タイミングゲームは多くの応用例があるにも関わらず、その多くの応用モデルでは1期間や2期間のモデルに単純化して分析しており、多期間の動学モデルとしては扱われ、均衡におけるタイミングを詳しく考察した例は少ない。特に(1)どのような条件で均衡が存在し、どのような条件で複数均衡となるのか、(2)均衡が複数ある場合に、解として選ばれるべき均衡はどれか、(3)これらを代表的な経済モデルに応用したときに、従来と比較してどのような結論が得られるのか、という問いについては、明らかな答は得られていない。その理由は、タイミングゲームの分析の困難さと、複数均衡の存在によるものと言える。

2. 研究の目的

本研究は、これらを合わせたゲームである調整型タイミングゲーム、すなわち相手と行動を起こすタイミングが同じになると利得が高くなるゲームについて(1)純粋戦略均衡の存在条件を明らかにし、(2)複数均衡がある場合に、その均衡選択を行う理論を構築し、(3)その成果を「ネットワーク外部性がある財市場への参入タイミング」や「投資に正のスピルオーバーがある場合の投資タイミング」の問題などに応用すること、を目的とする。

3. 研究の方法

(1)に関しては、先行文献の仮定を見直すことで、条件が明らかになった。そこで、本研究で中心となった部分は、(2)の「複数均衡がある場合の均衡選択理論」の構築であった。これまでの研究では、均衡が複数ある場合に「複数の結果が起こりうる」とするだけで、どの均衡がもっとも結果としてふさわしいかについては、あまり言及されてこなかった。均衡選択(equilibrium selection)理論とは、複数均衡からどの均衡を解として選択すべきか考える理論である。ここで2人のプレイヤーがAかBのどちらかを選ぶゲーム(2×2ゲーム)を考えよう。このとき2人が同じものを選ぶ方が違うものを選ぶより利得が高くなるような調整ゲーム(coordination game)を考えると、このゲームの純粋戦略均衡は「2人でAを選ぶ」「2人でBを選ぶ」の2つである(他に混合戦略均衡が存在する)。

このとき2つの純粋戦略均衡のどちらが解として良いかを選択するためにいくつかの理論が存在する。代表的なものとしては(1)Carlsson and van Damme (1993)のグローバルゲーム(global game)、(2)McKelvey and Palfrey (1995)による質的応答均衡(quantal response equilibrium)、(3)Kandori, Mailath and Rob(1993)の進化ゲーム(確率的安定)アプローチ、(4)Harsanyi and Selten (1988)によるtracing procedureである。

本研究では、初年度の研究のサーベイと昨今の研究潮流を考慮し、(1)のグローバルゲームによって、均衡選択理論を構築しようと考えた。

(3)に関しては、「ネットワーク外部性がある財市場への参入タイミング」と「投資に正のスピルオーバーがある場合の投資タイミング」を同時に扱えるような、一般的で、なおかつ簡便なモデルを考察することとした。

4. 研究成果

(1)成果の概要

研究成果として、グローバルゲームを用いた2企業2時点の市場参入タイミングのモデルを構築し、分析することができ、研究の目的は部分的には達成することができた。本来は2時点ではなく、多時点のタイミングを明らかにすることが目標であったが、これに関しては達成することができなかった。今後の研究課題としたい。

しかし、2時点のタイミングモデルの分析であっても、グローバルゲームという理論を援用す

ることによって、私的情報とタイミングの関係について、予想以上の知見を明らかにすることができた。

(2) 具体的な分析結果

以下、研究成果について具体的に述べていきたい。

対称な2企業の2時点における市場参入のタイミングを考える。第2期の需要は確実に市場が大きくなることが分かっており、第2期においては企業が1社で参入しても利益を得られる。

第1期に市場に参入した時の収入は不確実で、各企業ともその収入額を正確に知ることはできず、各企業が独立したノイズを持ってそれを観測する（シグナルと呼ばれる）。市場で売られる財にはネットワーク外部性があり、2企業が同時に市場に参入すると、各企業の収入は大きくなる。需要が非常に大きいときは、1社で参入しても黒字になるが、非常に小さいときは2社で参入しても赤字になる。需要が中間的な場合は、1社で参入すると赤字になるが、2社で同時に参入すれば黒字になる。需要が中間的な場合は、同時に両者が参入することが、両企業にとってパレート最適であるが、相手が参入しなければ第2期まで待ったほうが良く、企業はコーディネーションの問題に直面している。

なお市場に参入する費用は両時点とも同じであるとし、割引率は一定であるとする。また、需要とノイズの確率分布は一様分布を仮定した。

この参入タイミングの問題は、ノイズがない場合は完備情報となる。その場合には均衡が2つ現れて、どちらの結果が起こるかが決定できない。したがって、本研究では、ノイズがある場合を分析し、そのノイズを0に近づけたときの均衡の収束先によって、完備情報の均衡を選択することができる。

このモデルを分析することで、以下の結果を得た。

- (1) いくつかの緩やかな仮定の下で、ノイズがある程度小さいときは、均衡は唯一になることが示された。したがって、ノイズを小さくすることで均衡を選択することができる。
- (2) 均衡では、企業が観察した収入額（シグナル）に閾値が存在して、その閾値よりシグナルが大きい場合には企業は1期に参入し、小さい場合には企業は2期に参入する。端的に言えば、実現している収入額が大きいと第1期に参入し、小さいときには第2期まで待つ。
- (3) その閾値は、ノイズが小さくなると、完備情報における2時点のゲームを1期に縮約したゲームにおける、2つの均衡のリスク支配関係が入れ替わる値に収束する。
- (4) ノイズが少し大きい状態では、閾値から十分に離れた部分では、両企業が同じ行動を選ぶためコーディネーションが成功するが、閾値に近いところだと、各企業がノイズを含んで観測したシグナルによって選ばれる行動が異なることがあり、ミスコーディネーションが起きる可能性が高まる。
- (5) 一様分布の場合は、ミスコーディネーションが起きる確率が利得に依存せず、ノイズの大きさのみによって決まる。
- (6) 興味深いことは、ノイズが小さくなり不確実性が少なくなることが、必ずしも企業の利得を高めるとは限らない。不確実性が小さくなることで、企業はリスクを回避して、2期目に参入を延長するという可能性が大きくなる場合もある。

これらの研究成果については、残念ながら研究実施期間内にまとめて発表することができなかった。現在、論文にまとめており、秋の学会までには発表する予定である。

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 渡辺隆裕	4. 巻 4
2. 論文標題 ゲーム理論のトリセツ	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 181-197
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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡辺隆裕
2. 発表標題 エンジニアのためのゲーム理論
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2023年～2024年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------