

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24530200

研究課題名(和文) 外生的な動的な不確実性と情報の非対称性が存在する動学ゲームの解析

研究課題名(英文) Dynamic games with exogenous uncertainty and information asymmetry between players

研究代表者

渡辺 隆裕 (Watanabe, Takahiro)

首都大学東京・社会(科)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) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、外生的で動的に変化する不確実な環境を持ち、かつプレイヤー間の情報の非対称性が存在するようなゲームを分析し、大きく以下の2つの結果を得た。1つは、需要が不確実に成長するような新規市場に、既存企業と新規企業の2つの非対称な企業が参入する問題を考察し、新規企業が情報を顕示するかどうかというシグナリングの条件を考察してその結果を得た。もう1つは、従来のゲーム理論における成果を援用するために、離散時間で戦略集合が有限であるようなゲームを考察した。そして、戦略集合が有限であるようなゲームの純粋戦略の均衡が存在する条件について考察し、その十分条件を得た。

研究成果の概要(英文)：We investigated games with information asymmetry between the players, in which the payoffs of players are changed dynamically and exogenously. We obtained the following two results. First, we examined market entrance games with two players, an incumbent and an entrant, under which the demand of the market are dynamically growing with the uncertainty. We show sufficient conditions that the incumbent enters to the market at the optimal timing, which becomes a signal to the entrant by revealing the incumbent's information. Second, we considered dynamic games on discrete time and with the finite sets of strategies for the players to use existing results of game theory. We obtained sufficient conditions for the existence of equilibria in pure strategies for games with the finite sets of strategies for the players.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：ゲーム理論 リアル・オプション 情報の非対称性 純粋戦略均衡

1. 研究開始当初の背景

近年、ゲーム理論の研究において外生的な不確実性を伴う動学ゲームの研究は重要性を増している。例えば、リアルオプション(市場や資産価格の外生的な動的な不確実性のもとで、企業の投資に対して金融オプションの理論を援用し、投資価値の評価や投資タイミングを最適化する理論)の研究においては、他者との「競争」や「協調」を考慮しながら意思決定のタイミングや投資の評価を考える「リアルオプション・ゲーム」の研究が盛んに行われている。

これらの研究において注目されているのは、プレイヤー間に情報の非対称性がある場合の研究である。リアルオプション・ゲームの分野においては、Grenadier and Wang (2005)や Shibata(2009)などが情報の非対称性を考慮したリアルオプションの研究を、また Lambrecht and Perraudin (2003)や Hsu and Lambrecht (2007)は2企業の投資競争において、相手の投資コストが不確実な場合のリアルオプションの研究を行なっている。

また動的市場の研究では、情報の非対称性を持つ動的オークションの研究へ発展しており、例えば Said (2011)は売り手と買い手の到着時刻が不確実な動的オークションの研究を行なっている。

2. 研究の目的

このように「外生的な動的な不確実性とプレイヤー間の情報の非対称性が存在する動学ゲーム」はその応用可能性が高いにもかかわらず、包括的なモデルを定義し、分析しようとする試みは行われていない。本研究は、このようなゲームを分析し、その性質(均衡点の存在や、パラメータの変化に対する均衡の変化)を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

- (1) 従来のリアルオプション・ゲームの研究においては、ファイナンス理論で定型化されているリアルオプションの手法(連続時間における確率微分方程式の応用)を直接当てはめることが多い。このため不完備ゲーム理論や情報の経済学における成果を適用するために困難が生じている。そこで本研究では、最初に連続時間のリアルオプション・ゲームの成果を離散時間の理論として組み直すことを目標とする。渡辺は過去の研究(渡辺・今井(2007)など)で、既にこの研究に取り組んできており、今回はそれを発展させることになる。

- (2) 先行して行動する1人のプレイヤー(オークションでは売り手、リアルオプションでは企業の所有者)と後から行動する1人または複数の同質的なプレイヤー(オークションでは参加者、リアルオプションでは企業の経営者)がいて、これらに情報の非対称性が存在する場合のモデルを解析する。

- (3) 上記の結果をリアルオプション・ゲームと動的オークションの文脈に戻して、経済的な問題に対して含意を与えるような成果を出す。

4. 研究成果

各研究目標の達成度と概要

研究方法で示した(1)について、連続時間のモデルを離散時間の理論に組み直すために、戦略集合が有限である戦略形ゲームの純粋戦略均衡の存在条件について研究を行い、対称ゲームや一般ゲームにおける存在条件を得た。結果をリアルオプション・ゲームの離散時間の理論として活かすまでには行かず、当初の目的からはやや外れてしまったが、成果自体は、雑誌論文、学会発表、などで発表され、評価を得ている。

研究方法で示した(2)については、一定の成果を得た。その結果は学会発表などで発表され、評価を得ている。成果については後述する。

研究方法で示した(3)については、明確な成果は得られなかった。

なお(1)と(2)の研究で得られた知見は、一般の読者に向けてゲーム理論を紹介する論文、などで活かされている。

研究成果の具体的内容

以下、(2)の具体的な成果について述べる。

ここでは既存企業と新規企業の2つの非対称な企業が新規市場に参入する問題を考察する。この新規市場に参入した場合の各企業の利益は、その市場の利益を決定する基本的要因と、市場固有の個別要因である。

例えば、ノンアルコールビールにおける「糖質0ビール」への参入を例とすると、ノンアルコールビール市場全体の大きさが「基本的要因」であり、その中で「糖質0」というビールにどのくらいのニーズがあるかどうか「個別要因」と考えられる。ここで市場に参入した時の単位時間あたりの利益は、基本的要因の利益水準に、個別要因の利益率を賭けたものを表すことにする。

ここで、市場の基本的要因の水準は、平均的には時間と共に成長するが、ノイズを伴った不確実性をもって成長しており、その水準は対数ブラウン運動で表されるとする。この水準は、2つの企業は共に観察できるものと

する。これに対し、既存企業はこれまでのノウハウや情報収集力を用いての個別要因を観察することができるが、新規企業は観察できないものとする。この個別要因は、初期時点で決定しており、時間によって変化しないものとする。

ここで参入費用に対する利益の参入後の利益の割引総和の比は、新規企業の方が参入企業よりも低く、このためどのような状況でも既存企業が先に参入し、新規企業は後から参入すると仮定する。ここで既存企業の市場への参入タイミングを分析する。

もし既存企業が新規企業の参入を考慮しないならば、市場の個別要因による利益率が高い場合には、基本的要因の利益水準が低くとも市場に参入し、逆に市場の個別要因による利益率が低い場合には、基本的要因の利益水準が十分に高くなければ市場に参入しない。一方、新規企業は、既存企業の参入を考慮しなければ、個別要因の期待値によって参入のタイミングを推測する。

しかし、このように既存企業が新規企業の参入を考慮しないならば、既存企業が低い利益水準にも関わらず市場に参入することは、その個別要因の利益率が高いとする情報を新規企業に対して素直に顕示していることになる。新規企業は、この既存企業の行動から個別要因の利益率は期待値よりは高いと考え、参入を早めるであろう。このことによって、既存企業の市場を独占できる期間が短くなり、既存企業の利益の割引総和は減少する。

したがって、既存企業は市場の個別要因による利益率が高いという情報がある場合には、その情報を顕示して新規企業の参入を早めても早期に参入して利益を享受する期間を長くするか、利益を享受する期間を短くしても参入を最適なタイミングから遅らせることで新規企業の参入を遅らせるか、という戦略的な行動を取るようになる。これは動的なシグナリングゲームという新しい問題として定式化することができる。

以上の問題に対し、いくつかの要因ごとに均衡の比較分析を行い、以下の結果を得た。

i) 個別要因の利益率が低いときの新規企業参入後の複占時の利益率が、シグナリングが働くかどうかの1つの要因となる。

個別要因の利益率が低いときの新規企業参入後の複占時の利益率が、ある閾値より高ければ、既存企業は最適なタイミングで市場に参入する。また、それよりも低いある閾値より低ければ、既存企業は情報を顕示せずに新規企業の参入タイミングを遅らせようとし、個別要因の利益率が高くても、低い時と同じタイミングで参入する。両閾値の間では混合戦略を用いる。

ii) 新規企業の参入費用の既存企業の参入費用に対する比率が、シグナリングが働くかど

うかの2つ目の要因となる。

その比率が高ければ、既存企業は最適なタイミングで市場に参入し、それより低いある比率より低ければ、個別要因の利益率が高くても低い時と同じタイミングで参入し、情報を顕示せずに新規企業の参入タイミングを遅らようとする。2つの閾値の間であれば、混合戦略を用いる。

上記の結果は、解析的に得られた。これに対し、市場全体の基本的要因のボラティリティの影響について、数値計算により以下の結果が観察された。

iii) 基本的要因のボラティリティが、ある閾値より低ければ、既存企業は最適なタイミングで市場に参入し、それより低いある閾値より値より低ければ、個別要因の利益率が高くても低い時と同じタイミングで参入し、情報を顕示せずに新規企業の参入タイミングを遅らせようとする。2つの閾値の間であれば、混合戦略を用いる。

上記の結果は、新規企業と既存企業の参入タイミングだけではなく、多くの問題に応用できると考えられるため、今後はその応用を考えていきたい。

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10件)

渡辺隆裕, 「はじめようゲーム理論」, オペレーションズリサーチ, 査読無, vol. 60, No. 6, 309-315, 2015.

渡辺隆裕, 「戦略形ゲームにおける純粋戦略均衡の存在-離散不動点定理によるアプローチ」, オペレーションズリサーチ, 査読無, vol. 60, No. 6, 281-287, 2015.

渡辺隆裕, 「企業経営に活かすゲーム理論(後編)」, 調査月報, 査読無, 11月号, 38-43, 2014.

渡辺隆裕, 「企業経営に活かすゲーム理論(前編)」, 調査月報, 査読無, 10月号, 38-43, 2014.

渡辺隆裕, 「ゲーム理論入門/「ゲーム理論」は数学か?」, 数学セミナー, 査読無, vol. 683, 10月号, 8-14, 2014.

Takahiro Watanabe, "Existence of a pure strategy equilibrium in finite symmetric games where payoff functions are integrally concave," Takuya Iimura and Takahiro Watanabe, Discrete Applied Mathematics, 査読有, Vol. 166, No. 31, 26-33, 2014.

渡辺隆裕, 「戦略的行動と耐戦略性のあるシステム-工学部と文系学部の議論から」, 経営システム, 査読無, vol. 23, 51-55, 2013.

渡辺隆裕, 「囚人のジレンマから見る価格競争」(もし経済学で日本の公共工事を論じたら第2回), 建設マネジメント技術, 査読無, 32-37, 2013.

渡辺隆裕, 「経済学では公共工事をどうみるか」(もし経済学で日本の公共工事を論じたら第1回), 建設マネジメント技術, 査読無, 3-6, 2013.

〔学会発表〕(計 12 件)

Takahiro Watanabe, "Pure strategy Nash equilibrium in finite symmetric concave games," 慶應大学数理経済学セミナー, 2014年10月27日, 慶應大学(東京都・港区).

渡辺隆裕, 「利得関数に自己凹性を持つ n 人有限ゲームにおける純粋戦略均衡の存在」, 日本オペレーションズリサーチ学会関西支部講演会, 2014年10月25日, 関西学院大学梅田キャンパス(大阪府・大阪市).

Takahiro Watanabe, "Pure strategy Nash equilibrium in finite symmetric concave games," IFORS2014(2014年OR学会国際大会), 2014年7月15日, バルセロナ(スペイン).

Takahiro Watanabe, Existence of Pure Strategy Equilibrium in Finite Games and Direction Preservingness of Best Reply Functions, SING10(第10回スペイン・イタリア・オランダゲーム理論学会), 2014年7月7日, クラカフ(ポーランド).

Takahiro Watanabe, Pure strategy Nash equilibrium in finite symmetric concave games, EURO2013(2013年ヨーロッパOR学会), 2013年7月1日, ローマ(イタリア).

渡辺隆裕, 利得関数が整凹関数である有限 n 人対称ゲームにおける純粋戦略均衡の存在, 日本OR学会, 研究部会「確率最適化モデルとその応用 2012年度第11回研究会, 2012年12月22日, 芝浦工業大学豊洲キャンパス(東京都・江東区).

渡辺隆裕, Existence of a pure strategy equilibrium in finite symmetric games where payoff functions are integrally concave, 第18回DCコンファレンス, 2012年9月16日, 関西大学(大阪府・豊中市).

渡辺隆裕, 利得関数が整凹関数である有限 n 人対称ゲームにおける純粋戦略均衡の存在, 日本OR学会 2012年度秋季研究発表会, 2012年9月13日, ウィンク愛知(愛知県・名古屋市).

Takahiro Watanabe, Real Options and Signaling in Strategic Investment Games, GAMES2012(第4回ゲーム理論国際学会), 2012年7月26日, イスタンブール(トルコ).

Takahiro Watanabe, Existence of a pure strategy equilibrium in finite

symmetric games where payoff functions are integrally concave, SING8(第8回スペイン・イタリア・オランダゲーム理論学会), 2012年7月16日, ブダペスト(ハンガリー).

Takahiro Watanabe, Existence of a pure strategy equilibrium in finite symmetric games where payoff functions are integrally concave, EURO2012(2012年ヨーロッパOR学会), 2012年7月9日, ヴィリニウス(リトアニア).

Takahiro Watanabe, Existence of a pure strategy equilibrium in finite symmetric games where payoff functions are integrally concave, Game Theory seminar of Tilburg University, 2012年6月1日, ティルバーグ(オランダ).

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nabenavi.net/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 隆裕 (WATANABE, Takahiro)

首都大学東京・社会科学部研究科・教授

研究者番号: 77220895