

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26380238

研究課題名(和文) 繰り返しゲームモデルにおける観測構造の内生的決定と協調的均衡の行動面からの分析

研究課題名(英文) Endogenous Determinations of Monitoring Structure and Behavioral Analysis of Cooperative Equilibria in Repeated Game Models

研究代表者

関口 格 (Sekiguchi, Tadashi)

京都大学・経済研究所・教授

研究者番号：20314461

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：長期的関係の経済学的モデルとしての繰り返しゲーム理論について、数学的純度の高い定理の証明にやや過度に集中する既存研究の流れとは一線を画し、経済主体の情報収集行動の理解や現実の経済現象の説明に直結する研究を行った。特に、多市場接触すなわち寡占企業が複数市場で同時に操業する事実それ自体がカルテル促進的かという問題について、確率的な需要ショックがあるケースやライバル他社の行動が直接観測できないケース等で、多市場接触の強いカルテル促進効果を明らかにした。更に、長期的関係にあるチーム生産モデルにおいて、努力インセンティブを最も効果的に与える成果分配ルールを特徴付けた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の研究成果は、数学的に高度な定理の導出にやや過度に集中してきた繰り返しゲームの理論を独自の視点から新しく発展させるもので、その学術的意義は大きい。また、多市場接触のカルテル促進効果に関する研究成果は、一見無関係に思える複数の市場で寡占企業が同時に操業する事実がカルテル達成の推進力であることを示唆し、規制当局に対して極めて重要な視座を提供している。更に、長期的関係にあるチーム生産モデルで努力インセンティブを最も効果的に与える成果分配ルールを特徴付ける研究成果は、メンバー間の能力面での違いを明示的に考慮しているため、現実の職場での動機づけ・規律づけへの応用可能性が見込める。

研究成果の概要(英文)：In the theory of repeated games as economic models of long-run relationships, I distinguished myself by departing from recent trends which somewhat excessively focused on purely mathematical theorems, and I conducted research which led to understanding of economic agents' information acquisition activities and explaining economic phenomena in reality. Especially, I examined whether multimarket contact, where oligopolistic firms operated in multiple markets at the same time, facilitated collusion in itself. I showed that multimarket contact strongly facilitated collusion in cases of demand fluctuations and imperfect observability of rival firms' actions. Further, in repeated partnership models, I characterized the sharing rule which most effectively provided incentives to make an effort.

研究分野：ゲーム理論・ミクロ経済学

キーワード：繰り返しゲーム 不完全観測 多市場接触 カルテル 再帰的効用 チーム生産 観測オプション 不
完備情報

1. 研究開始当初の背景

当時から繰り返しゲームの理論は世界的に活発に研究されており、また経済学全般への応用が広く期待されてきた。最先端の理論的研究は、一般的な不完全観測モデルにおけるフォーク定理の導出のような、数学的にも高度な問題を解明するなどの目覚ましい成果を挙げていた。しかし既存の結果が示す均衡戦略は極めて複雑で、現実の経済主体の行動様式の表現とはみなし難く、応用研究との距離が大きかった。

研究代表者はその頃、このような潮流への一つの批判的試論として、フォーク定理の前提条件を満たさない不完全観測モデルの分析を集中的に行い、比較的単純な構造の戦略で高いレベルの協調が実現する場合があるなど、応用上興味深い結果がこのモデルから得られることを理解した。また、費用を払えば完全な情報が手に入る繰り返しゲームのモデルを考察し、既存文献ではベンチマークの役割しか果たさない完全観測モデルに対して、情報獲得という行為の結果として実現する状況という解釈を与える分析をしてきた (Miyagawa, Miyahara, and Sekiguchi, 2008, *Journal of Economic Theory*)。

これらのアプローチから一定の成果を得る中で、フォーク定理の成否にとらわれない分析態度を推し進め、加えて観測という行為の更なる理解に資するモデルを提示することが、長期的関係の経済理論を更に発展させる上で重要だと信じるようになった。またこの分析態度からは、均衡利得の特徴付けに終始した感のある伝統的なアプローチを超えて、均衡の行動面での含意を明らかにするという新たな論点が生まれることも理解した。そこで、これらの諸論点を包括的に分析する本研究課題を着想するに至った。

2. 研究の目的

申請時における本研究課題の研究目的は、フォーク定理の成否や均衡利得の分析にやや過度に集中してきた繰り返しゲームの理論の流れとは一線を画した研究プログラムを提示し、繰り返しゲームの理論研究を更に発展させることにあった。特に次の2点は、本研究課題の大きな特色に挙げられる。

(1) プレーヤーによる情報獲得活動を明示的に導入したモデルの分析

不完全観測モデルにおけるそれまでの重要な知見として、観測から得られる情報の質が極めて低くても、プレーヤーが将来利得を十分考慮に入れる (割引因子が1に近い) ならば協調が維持可能である、という命題がある。情報の質が低くても構わないので、この命題はかなり一般性が高いと判断したくなるが、プレーヤー自身がよりよい情報を求めて行動する可能性を軽視しているという意味では、実は強い仮定に依拠しているといえる。そこで、多くの既存文献が所与とするプレーヤーの観測行為を意思決定の一部とみなし、費用をかけて質の高い情報を得るなど、観測についての多様な選択肢を含んだモデルの分析を提唱した。このモデルで協調的均衡の存在条件を調べ、また均衡上でどのように観測活動が行われるのかを理解することで、長期的関係における情報構造の内生的決定という新しい論点を確立しようとするものである。

(2) 協調的均衡の行動面での含意の分析

フォーク定理の前提条件を満たす繰り返しゲームモデルの場合、例えばプレーヤーの利得和を最大にするという意味で最も協調的な均衡の構造は一般に複雑であり、その導出すら困難である。これに対し、フォーク定理の前提条件を満たさないモデルは当時それほど研究されていなかったが、このクラスは経済学的に重要なモデルを多く含み (例えば Radner, Myerson, and Maskin, 1986, *Review of Economic Studies*)、また最も協調的な均衡の構造の把握も比較的容易であることが示唆されていた。このようなモデルにおける協調的均衡の行動面の特徴を明らかにし、繰り返しゲームの理論の応用に役立つ研究成果を提供することをテーマに掲げた。

これらの研究を通じて、長期的関係を形成する経済主体の行動様式の理解を深めることを企図した。

3. 研究の方法

上述の研究目的に沿い、以下のような諸問題を設定して理論的に分析した。

(1) 観測オプションのある繰り返しゲームモデルの一般的分析

研究代表者の過去の研究 (Miyahara and Sekiguchi, 2013, *Journal of Economic Theory*) では、観測が意思決定の一部となる繰り返しゲームモデルのクラスとして、費用ゼロで相手の行動を正確に観測できる、すなわち観測が無料のオプションとなるモデルを提示・分析した。この研究では、観測しないという選択肢が新たな均衡行動を生み出す場合があることを示している。この新たな戦略的可能性を、観測オプションがいつでも行使可能とは限らないケースでも検討する。

(2) フォーク定理の前提条件を満たさないチーム生産モデルの分析

上述の Radner-Myerson-Maskin 型チーム生産モデルの拡張に相当する不完全公的観測の繰り返しゲームモデルを定式化・分析する。まず、メンバーが能力面で均質ではないケースにお

いて、予め成果分配ルールにコミットできると仮定するとき、総利得最大化の意味で努力インセンティブを最も効果的に与える成果分配ルールの特徴付けを行う。また、期待総収入が努力するメンバー数について強い収穫逨減構造を持つ場合に、メンバーの総利得を最大にする均衡を具体的に導出し、その行動面での特徴を明らかにする。

(3) 繰り返し寡占競争モデルにおけるカルテル行動の分析の非定番的環境への拡張

寡占市場における価格吊り上げ行動(カルテル)は、古くから繰り返しゲームのモデルによって説明されてきたが、カルテル的均衡の行動面での含意を深く知るためには、定番的な定式化とは異なる様々な環境を分析して頑健な特徴を探ることが重要である。最重要の拡張として、多市場接触すなわち寡占企業が複数の市場で同時に操業することそれ自体がカルテル促進的かという、産業組織論でも広く議論されている問題に対応する繰り返しゲームモデルを分析する。その他の拡張として、結託の当事者が定番的な割引効用モデルに従わず、将来のゲインを将来のロスよりも大きく割り引く傾向を持つ(ゲインロス非対称性)と想定したときのカルテル的均衡を特徴付ける。またこれとは異なる拡張の方向として、各企業の技術についての不完備情報と各社の参入行動を明示的に導入した寡占モデルを定式化して分析する。

4. 研究成果

主な研究成果は、以下の通りである。

(1) 観測オプションのある繰り返しゲームモデルの拡張として、外生的に与えられた確率で観測が自動的に行われるという、自動観測・観測オプション並存型のモデルを提示した。自動観測確率の減少はプレイヤーの戦略的可能性をむしろ高め、均衡によって達成可能な経路の範囲を広げると期待されるが、その想定を十全に表現する理論的命題を導出した。また、教科書的な自動観測モデルとの本質的な違いをフォーク定理の成立条件の観点から示すという、独創的な視点からの分析に成功した。

(2) 不完全公的観測の繰り返しチーム生産モデルで、成果分配ルールを選べると仮定して、総利得最大化を達成する均衡とそれをサポートする成果分配ルールを導出した。総利得最大化を達成する割引因子の範囲が最大になるという意味で最適な成果分配ルールを特徴付け、対称な環境下では平等分配ルールが一意的に最適になることを示し、平等分配をインセンティブ面から正当化した。

(3) 収穫逨減構造を持つ繰り返しチーム生産モデルについて、ベンチマークであるRadner-Myerson-Maskinモデルの結論は拡張せず、協調可能命題が一般に成り立つことを示した。

(4) 不完全私的観測モデルの均衡解析に、計算科学的手法を導入する研究を行った。囚人のジレンマ構造をした2プレイヤーによるチーム生産モデルに始まり、これを3プレイヤーによる三角貿易構造をしたモデルおよびその一般的プレイヤー数への拡張を含む環境に一般化した。

(5) 多市場接触のカルテル促進効果を、確率的な需要変動がある環境で分析した。景気ショックについての様々な定式化の下で、同時に操業する市場数の増加は最も結託的な均衡における1市場あたり利潤を増加させるという、カルテル促進効果を認める結論を得た。

(6) 多市場接触のカルテル促進効果を、ライバル企業の戦略変数を直接観測できない不完全観測の環境で分析した。各企業の行動についてのノイズを含んだ情報が、公的情報となるケース(公的観測)と私的情報になるケース(私的観測)のそれぞれについて、カルテル促進効果を認める結論を得た。

公的観測の場合は、最も結託的な均衡における1市場あたり利得と市場数の関係について包括的な結果を得ると同時に、1市場追加しただけでそれまで全く結託できない産業が突如高レベルの結託を維持できるようになる(クリティカルマス現象)可能性を、理論的に明らかにした。

私的観測の場合は、多市場接触のカルテル促進効果を示す均衡の構築を、世界に先駆けて行った。また、解析的に取り扱いやすく計算科学的分析でも有望な均衡概念(一部市場間無差別信念不問均衡)を定義して、今回のモデルに援用した。

(7) ゲインロス非対称的な再帰的効用を持つ当事者による繰り返しクールノー寡占モデルを分析し、利潤が最大となる対称均衡を特徴付けた。再帰的効用関数のパラメータと最大均衡利潤の関係について、定番的な割引効用下での結果の理解を補強する一連の成果を得た。

(8) 操業に必要な固定費用を払うかどうかを各期選択し、また費用関数が自社の私的情報となる不完備情報の動学的価格競争モデルで、総利潤最大化を達成するカルテル的均衡の構築およびその存在条件を示した。

総じて、繰り返しゲームの理論に新しい分析視点を与える研究成果を幅広く導出することに成功した。これらの研究は、経済理論における一流の査読付き国際ジャーナルに採択されただけでなく、計算科学界のトップ国際会議でも採択されるなど、国際的なインパクトを持つ学際的な貢献になっている。

なお、現状で未だ学術誌に出版できていない研究成果が残っており、また一部の成果は具体例の分析に留まっているため採択の可能性に不確定性がある。これら研究成果を、なるべく早急に評価の高い査読付きジャーナルで出版することが急務である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Kota Shigedomi, Tadashi Sekiguchi, Atsushi Iwasaki, and Makoto Yokoo, “Repeated Triangular Trade: Sustaining Circular Cooperation with Observation Errors”, in *PRIMA 2018: Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, ed. by T. Miller, N. Oren, Y. Sakurai, I. Noda, B.T.R. Savarimuthu, and T.C. Son, 242-257 (2018 年、査読有).

DOI: 10.1007/978-3-030-03098-8_15

Fuuki Shigenaka, Tadashi Sekiguchi, Atsushi Iwasaki, and Makoto Yokoo, “Achieving Sustainable Cooperation in Generalized Prisoner’s Dilemma with Observation Errors”, in *Proceedings of the 31st AAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2017)*, 677-683 (2017 年、査読有).

<https://aaai.org/ocs/index.php/AAAI/AAAI17/paper/view/14575/13829>

Atsushi Iwasaki, Tadashi Sekiguchi, Shun Yamamoto, and Makoto Yokoo, “Repeated Multimarket Contact with Observation Errors,” in *Algorithmic Game Theory* (Proceedings of the 9th International Symposium on Algorithmic Game Theory (SAGT 2016)), ed. by M. Gairing and R. Savani, Springer, 344-345 (2016 年、査読有).

DOI: 10.1007/978-3-662-53354-3

Hajime Kobayashi, Katsunori Ohta, and Tadashi Sekiguchi, “Optimal Sharing Rules in Repeated Partnerships,” *Journal of Economic Theory*, 166, 311-323 (2016 年、査読有).

<https://doi.org/10.1016/j.jet.2016.09.004>

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Demand Fluctuations,” *International Journal of Game Theory*, 44, 1033-1048 (2015 年、査読有).

<https://doi.org/10.1007/s00182-015-0464-z>

〔学会発表〕(計 18 件)

Tadashi Sekiguchi, “Efficient Collusion with Entry and Cost Uncertainty,” 2018 Asian Meeting of the Econometric Society, 2018 年

Tadashi Sekiguchi, “Efficient Collusion with Entry and Cost Uncertainty,” The 18th Annual SAET Conference, 2018 年

関口 格, “Efficient Collusion with Entry and Cost Uncertainty,” 日本経済学会 2018 年度春季大会、2018 年

関口 格, “Multimarket Contact under Imperfect Observability and Impatience,” 日本経済学会 2017 年度秋季大会、2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Imperfect Observability and Impatience,” 10th Pan Pacific Game Theory Conference, 2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Imperfect Observability and Impatience,” 70th European Meeting of the Econometric Society, 2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Imperfect Observability and Impatience,” International Conference on Game Theory, 2017 年

関口 格, “Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring,” 日本経済学会 2017 年度春季大会、2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Repeated Partnerships with Decreasing Returns,” 8th Shanghai Microeconomics Workshop, 2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring,” 2017 Asian Meeting of the Econometric Society, 2017 年

Tadashi Sekiguchi, “Repeated Games with Recursive Utility: Cournot Duopoly under Gain/Loss Asymmetry,” UECE Lisbon Meeting 2016, 2016 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Imperfect Observability and Impatience,” Annual Meeting of the Canadian Economics Association, 2016 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contact under Imperfect Observability,” Workshop on Stochastic Games, 2015 年

Tadashi Sekiguchi, “Repeated Games with Recursive Utility: Cournot Duopoly under Gain/Loss Asymmetry,” The 11th World Congress of the Econometric Society, 2015 年

Tadashi Sekiguchi, “Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring,” SING11-GTM2015, 2015 年

Tadashi Sekiguchi, “Multimarket Contacts under Imperfect Observability and Impatience,” Midwest Economics Association Annual Meeting, 2015 年

Tadashi Sekiguchi, “Finitely Repeated Games with Automatic and Optional Monitoring,” UECE Lisbon Meetings in Game Theory and Applications, 2014 年

Tadashi Sekiguchi, “Repeated Games with Recursive Utility: Cournot Duopoly under Gain/Loss Asymmetry,” International Conference on Game Theory, 2014 年

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。