

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K12740

研究課題名(和文)社会選択問題への進化ゲーム理論的アプローチ

研究課題名(英文)An evolutionary game approach to social choice problems

研究代表者

澤 亮治 (Sawa, Ryoji)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：70644566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：本プロジェクトの目標の一つは、完全合理性の仮定を緩和した限定合理的な人々により構成される社会で実現される長期的な均衡を明らかにすることである。この成果については、岡田章氏との共著論文をSocial Science Research Network (SSRN)にて社会へ発信することができた。また、社会を適切な均衡へ導くメカニズムの研究については、途中成果となる論文をGames and Economic BehaviorおよびJournal of Economic Behavior and Organizationの国際ジャーナルに公刊した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

主要な成果である進化ゲーム手法を用いた社会選択問題の長期均衡については分析結果をDiscussion Paperとして社会へ発信を行った。また、社会を適切な均衡へ導くメカニズムについて、解明の途中成果をGames and Economic Behavior、およびJournal of Economic Behavior and Organizationなどの国際ジャーナルにて公刊した。これら成果は、人々が完全に合理的ではない場合に長期的に到達する均衡を様々な状況において理論的に示している。今後の継続研究や進化ゲームの社会応用への可能性を広げることが出来た。

研究成果の概要(英文)：The goal of this project is to relax the assumption of perfect rationality and explore the social outcomes that are reached in the long run by such boundedly rational people. The main outcome of this project is the analysis of the long-run equilibrium of social choice problems via evolutionary game theory. It is summarized in the paper "The Evolution of Collective Choice under Majority Rule" (with Akira Okada), which is made available publicly on the Social Science Research Network (SSRN) website. We have been also working on exploring mechanisms that may lead society to achieve a socially desirable equilibrium. The intermediate results are summarized and published as "A Stochastic Stability Analysis with Observation Errors in Normal Form Games," Games and Economic Behavior 129, pp.570-589, 2021, and "A prospect theory Nash bargaining solution and its stochastic stability," Journal of Economic Behavior and Organization 184, pp.692-711, 2021.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：確率安定性分析 長期的な均衡の導出 限定合理性 社会選択理論 協力ゲーム

## 1. 研究開始当初の背景

近年は、社会の役に立つ制度を設計・構築するという工学的な「ものづくり」の側面を重視した経済学研究への機運が高まっている。特に、市場のルールや仕組みなどの社会制度を経済学の理論に基づいて設計する「マーケットデザイン」の分野が注目を集めている。この分野における進化ゲーム理論の応用の意義は大きい。例えば、制度の変更直後から人々が新制度の下での均衡行動をとり始めるとは考えづらい。人々が徐々に均衡行動へ向かう状況が起こりえる場合には、人々の行動遷移の分析ツールとして進化ゲーム理論は有用である。また、社会制度自体の時間的な変遷についても、進化ゲーム理論の応用が可能であると考えられる。社会制度に着目した進化ゲーム理論の応用研究は、Aoki (*Journal of the Japanese and International Economies* 9, 330-353, 1993)など比較制度分析に関連した研究が知られている。これらは制度間の進化的競争を主な研究対象としている。一方、投票制度など一部の社会的な状況では、一つの制度の下での人々の意思決定および長期均衡の分析も重要となる。そのような研究については、市場制度における企業行動に適用した Vega-Redondo (*Econometrica* 65, 375-384, 1997)や分権的マッチングマーケットへ応用した Jackson and Watts (*Journal of Economic Theory* 106, 265-295, 2002)や Newton and Sawa (*Games and Economic Behavior* 157, 1-27, 2015)などがあるが、応用研究はまだそれほど多くはなく、研究の余地は大きい。

## 2. 研究の目的

本研究では、社会システムを人間が設計するメカニズムとして捉え、経済学および工学的な手法を利用して、均衡への収束性や均衡の安定性といった性質の解明および改善を目指す。具体的には、所与の制度の下で社会状態が長期的に安定な状態へ収束するか、理論的な解明、安定状態への収束を促す制度・政策の検証、検証の結果を基にした改善モデルの構築の3点を目標とする。本研究の貢献の一つは、市場などの社会制度・システムに対して進化ゲーム理論による動学分析を確立することにある。投票制度など協力ゲームと呼ばれる状況への進化ゲーム理論の応用は、まだ萌芽期にある。このような協力ゲームの状況などに進化ゲームを利用した動学分析を適用し、既存研究の結果を補完する成果を提供する。

## 3. 研究の方法

当初は理論研究と実験研究の併用を予定していたが、理論研究が想定以上の成果を挙げると予想されたこと、および新型コロナの影響で対面の実験は困難となったことから、理論研究とそれを検証するシミュレーション研究の併用へと研究手法の修正を行った。研究目的の については、理論研究の手法により、所与の制度の下での長期的な安定状態の一般的性質の特徴づけ、初期の研究結果により修正・改善されたモデルについて長期安定状態の性質の特徴づけなどを行う。研究目的の については、理論での解析が難しく一般的な理論結果が得られないと予想されるケースなどについて、シミュレーション研究により検証を補完する。

理論研究の分析手法は Sawa (*Games and Economic Behavior* 88, 90-111, 2014)および Newton and Sawa (2015)で用いた小グループの人々による集団的意思決定の動学分析モデルを応用する。シミュレーション研究の分析手法は、主にエージェントベースドシミュレーションおよび微分方程式の数値解析を動学的遷移の分析に用いる。

## 4. 研究成果

主要な成果については、「The Evolution of Collective Choice under Majority Rule」(岡田章氏との共著)として Discussion Paper の形で Social Science Research Network (SSRN)にて社会へ発信することができた。

この論文では、社会的な選択を決定する制度を単純多数決や超多数決などに固定し、その制度の下での人々の投票行動による政策の遷移について確率的進化ゲーム理論による分析を行っている。確率的進化ゲーム理論を用いることで、一定の条件の下で、長期的に安定となる政策をかなり特定できることが判明した。また、人々の限定合理性を投票行動のエラーにより表現したが、コンドルセ勝者やボルダ勝者と呼ばれる社会選択の理論研究でよく知られた政策の長期的安定性はそのような投票行動のエラーの傾向に依存することが判明した。

論文の主要な成果の一つは以下のとおりである。多くの社会で、過半数の得票を得た政策が採用されるという単純多数決ルールが用いられている。しかし、単純多数決ルールの下では政策の

循環が高い確率で起こってしまうことが理論的に示されている (Plott, American Economic Review 57, 787-806, 1967 など)。一方、政策変更に過半数以上の賛成が必要な超多数決ルールを用いると循環が避けられるが、現行政策が有利になるバイアスが発生する。しかし、上記論文にて、超多数決ルールの下での長期均衡では現行政策が有利となるバイアスは弱まり、min-max 政策と呼ばれる他の政策に最も票を奪われない(いわば防御力の高い)政策が長期的に安定となることを示した。

また、社会の長期的安定状態の解明および社会を適切な均衡へ導くメカニズムの研究について、途中成果となる論文を以下のように国際ジャーナルにて公刊した。例えば、Sawa (2021) では、二人のプレイヤーが利益の配分を交渉する状況をモデル化したナッシュ交渉ゲームを扱った。このゲームは多くの均衡を持つが、確率安定性分析により特定の均衡を選択できることが知られている。論文では、プレイヤーが(人間の限定合理性をモデル化した)プロスペクト理論に従うとの仮定の下でナッシュ交渉ゲームの確率安定性分析を行い、期待利得理論における均衡選択の結果との差異を明らかにした。これら成果により、プレイヤーの行動理論の制度設計への活用・エラーの傾向に対して頑健な制度設計など、今後の研究につながる示唆が得られている。

Sawa, Ryoji, "A prospect theory Nash bargaining solution and its stochastic stability", Journal of Economic Behavior & Organization 148, pp.692-711, 2021.

Sawa, Ryoji, and Dai Zusai, "Evolutionary dynamics in multitasking environments", Journal of Economic Behavior & Organization 166, pp.288-308, 2019.

Sawa, Ryoji, "Stochastic stability under logit choice in coalitional bargaining problems", Games and Economic Behavior 113, pp.633-650, 2019.

Sawa, Ryoji, and Jiabin Wu, "Prospect dynamics and loss dominance", Games and Economic Behavior 112, pp.98-124, 2018.

Sawa, R., and Jiabin Wu, "Reference-dependent preferences, super-dominance and stochastic stability", Journal of Mathematical Economics 78, pp.96-104, 2018.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Sawa Ryoji	4. 巻 129
2. 論文標題 A stochastic stability analysis with observation errors in normal form games	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 570 ~ 589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geb.2021.07.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sawa Ryoji	4. 巻 184
2. 論文標題 A prospect theory Nash bargaining solution and its stochastic stability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Economic Behavior & Organization	6. 最初と最後の頁 692 ~ 711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jebo.2020.11.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 小池 淳平、澤 亮治	4. 巻 63
2. 論文標題 有限オートマトンを用いた私的観測繰り返しゲームにおける進化的安定戦略分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 773 ~ 786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00217474	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 島田 夏美, 吉田 真聖人, 澤 亮治	4. 巻 62
2. 論文標題 oTreeを用いた配属システムの設計・構築とその運用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 849 ~ 859
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 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 畠山 卓、澤 亮治	4. 巻 60
2. 論文標題 複利型強化学習を用いたポートフォリオ選択手法についての研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1631 ~ 1640
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 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sawa Ryoji, Wu Jiabin	4. 巻 78
2. 論文標題 Reference-dependent preferences, super-dominance and stochastic stability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Economics	6. 最初と最後の頁 96 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmateco.2018.08.002	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Sawa Ryoji, Wu Jiabin	4. 巻 112
2. 論文標題 Prospect dynamics and loss dominance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 98 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geb.2018.07.006	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Sawa Ryoji	4. 巻 113
2. 論文標題 Stochastic stability under logit choice in coalitional bargaining problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 633 ~ 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geb.2018.11.009	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Sawa Ryoji, Zusai Dai	4. 巻 166
2. 論文標題 Evolutionary dynamics in multitasking environments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Economic Behavior & Organization	6. 最初と最後の頁 288 ~ 308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jebo.2019.06.021	査読の有無 有
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 該当する

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Ryoji Sawa
2. 発表標題 A Stochastic Stability Analysis with Observation Errors in Normal Form Games
3. 学会等名 Econometric Society World Congress 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤亮治
2. 発表標題 A Stochastic Stability Analysis with Observation Errors in Normal Form Games
3. 学会等名 日本経済学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sawa, Ryoji
2. 発表標題 A Stochastic Stability Analysis with Observation Errors in Normal Form Games
3. 学会等名 2019 Econometric Society European Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoji Sawa
2. 発表標題 An evolutionary approach to social choice problems with q-quota rules
3. 学会等名 Learning , Evolution & Games (LEG) Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Statistical Inference in Evolutionary Dynamics <a href="https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3767635">https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3767635</a> The Evolution of Collective Choice Under Majority Rule <a href="https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3517906">https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3517906</a>
--

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		
米国	University of Oregon		
米国	Temple University		