

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K01658

研究課題名(和文)非協力ゲームの合成を演算としてもつ代数系の経営問題への応用

研究課題名(英文)Application of an algebraic system equipped with composition of non-cooperative games as operations to management problems

研究代表者

柴 直樹 (SHIBA, Naoki)

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号：50226164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：非協力ゲームをベースとしたモデルをいくつかの経営・経済問題へ応用し、いくつかの知見が得られた。具体的には1)組織におけるイノベーションを取りあげ、組織内のメンバーが持つ既存知識と新知識への指向性のバランスが、イノベーションの出現に影響を与えることを明らかにした。2)個人による希少財の転売行為を非協力展開形ゲームとしてモデル化し、生産者と転売者との間の情報の透明性や不確実性の有無によって、均衡の存在に違いが出ることを明らかにした。3)労働者のもつ労働の価値観の多様性を許容しつつ、しかも適切な運用によりベーシックインカム制度が存続可能であり、社会全体での付加価値も大きく損なわれない可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経営情報学分野での非協力ゲーム理論およびマルチエージェント(MA)シミュレーションに関連する応用について情報を収集し、非協力ゲームとしてのエージェント間の相互作用をベースとしたMAモデルの作成を試みた。MAシミュレーションへの応用は、非協力ゲームがエージェント間で多数プレイされる状況をモデル化するため、本研究テーマである「非協力ゲームの合成」が持つ特性を活かせる応用例と考えられる。その結果、「研究成果の概要」欄で述べた通り、非協力ゲームの合成を演算としてもつ代数系として経営問題を捉えることによるモデル化の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Models based on non-cooperative games were applied to several management and economic problems, and several findings were obtained. Specifically, 1) We focused on innovation in organizations and clarified that the balance between existing knowledge held by members within an organization and orientation towards new knowledge influences the emergence of innovation. 2) We modeled the act of reselling scarce goods by individuals as a non-cooperative expansion game, and clarified that the existence of equilibrium differs depending on the transparency of information and the presence or absence of uncertainty between producers and resellers. 3) It was shown that the basic income system can be sustainable if it is operated appropriately, allowing for the diversity of labor values held by workers, and that the added value of society as a whole will not be significantly impaired.

研究分野：システム理論

キーワード：非協力ゲーム マルチエージェントシミュレーション イノベーション 転売行為 ベーシックインカム制度

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、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

非協力ゲーム理論における戦略形ゲームは、複数の意思決定者が相互に依存しあうゲーム的状况の最も基本的なモデルであり、その性質については深い研究がなされており、さまざまな問題に広く応用されている [1, 2]。混合戦略を考えることで戦略形ゲームの多くが均衡解 (ナッシュ均衡) を持つことは、現在のゲーム理論において、戦略形ゲームに限らず他のゲームのモデル上で解概念を考える際の土台となっている。そこで、さまざまな条件のもとで均衡点の求め方が研究されてきた。

一方、集合上にいくつかの公理を満たす1つあるいは複数の演算をともなったものとして定義される代数系は、四則演算をもつ実数集合や複素数集合のような身近なものから、抽象的な群や体に至るまで、さまざまなものが研究されている [3]。特に、群や体のような抽象代数は、現代数学のみならず、社会科学から文化人類学にいたるさまざまな分野に影響を与えている。例えば、親族の婚姻制度の中に群に相当する代数的構造が見出されることはよく知られている [4]。

理論的側面からはゲーム理論は応用数学の1分野とされ、さまざまなゲームの数学的モデルの研究がなされている。しかし、ゲームを代数的な対象として取り扱う研究はまだない。本研究は、非協力ゲームの中でも最も基本的なモデルである戦略形ゲームのクラス (集合) 上に、ゲームの合成に相当する複数の演算を定めることで代数系とみなした場合、この代数系が有する性質をうまく活用することで、経営上の意思決定問題に応用することができるのではないかと新しい着想に基づいた研究である。

2. 研究の目的

本研究は、非協力ゲームの代数的操作に関する性質と、その経営問題への応用可能性を探求することを目的とする。非協力ゲームは、経営上の戦略的意思決定のモデルとして広く利用される。意思決定者が複数の意思決定問題を同時に扱う状況は多く発生し、これは複数のゲームを同時にプレイする状況と見ることができる。この際、複数のゲームの合成を演算とみなすことにより、この状況を代数的に取り扱うことが可能である。ゲーム間の関係によって、何種類かの合成演算を考えることができる。本研究では、意思決定状況を複数の代数演算が定義された代数系とみなし、その性質を調べることを第一の目的とする。また、明らかになった性質を活用して、現実の意思決定問題へどのように利用すればいいかを探求することを第二の目的とする。複数の意思決定問題からなる状況を代数系としてとらえることができれば、意思決定の操作性が向上し、効果的な意思決定支援につながる。その結果、経営学上の貢献が期待できる。

3. 研究の方法

研究代表者は、戦略形ゲームの集合上に定義された2つの演算 (和 $+$ と積和 \oplus) に関していくつかの性質を明らかにしており、もともとのゲームにおける戦略間の支配 / 非支配関係や均衡点が、これらの演算のもとで保存されることがわかっている [5]。本研究では、さらにこれらの演算が持つ性質を明らかにする。また、これら2つの演算以外にも、現実のゲーム的状况で有意義な解釈が可能ないくつかの演算を考え、それらの演算がどのような性質を持つのか、その結果、これらの演算をともなった代数系がどのような特徴を持つかを明らかにする。

さらに本研究では、このような代数系がもつ性質を活用して、実際の経営上の意思決定支援につなげることができるかどうかを探求する。上述の例に示したような、複数のゲームを並行してプレイする状況は、経営上の意思決定において多く存在する。以下のような状況での経営上の意思決定支援に応用できると考

えられる。

- ミクロレベルにおいて多数の異質な意思決定主体が相互にゲームをプレイすることで、全体としてのマクロな現象が創発されるような状況

このような状況では、複数のゲーム（市場毎、子会社毎の戦略策定）における戦略策定の自由度は、コスト面での制約、支配/非支配関係にある企業間でのガバナンスの形態、市場における制度などによって異なる。よって、全体を1つのゲームに合成する方法は1つではなく、さまざまな合成演算を考えることが可能である。これらの演算の持っている性質を利用することで、いかに効果的な意思決定の支援が可能になるかを検証する。

4. 研究成果

ゲーム理論の経営学分野への応用は従来よりなされているが、近年の研究動向や成果を探るために、経営情報学分野の以下の国際会議に参加し、情報収集を行った。

ICIS (International Conference of Information Systems) 2022, コペンハーゲン (デンマーク)
2022年12月11日~14日

上記会議においては、情報システム研究におけるゲーム理論の応用を含めた研究方法についても情報収集を行い、その一部を経営情報学会誌上にて報告した [6]。

上述の2つの演算をもつ代数系がどのような特徴をもつかについては、顕著な進展は見られなかった。一方、並行して経営情報学分野での非協力ゲーム理論およびマルチエージェント (MA) シミュレーションに関連する応用について国内外の情報収集を行い、非協力ゲームとしてのエージェント間の相互作用をベースとした MA モデルの作成を試みた。MA シミュレーションへの応用は、非協力ゲームがエージェント間で多数プレイされる状況をモデル化するため、本研究テーマである「非協力ゲームの合成」が持つ特性を活かせる応用例と考えられる。

研究期間全体を通じて実施した研究の成果としては、非協力ゲームをベースとしたモデルを、いくつかの経営・経済問題へ応用しそれら応用分野においての知見が得られたことが挙げられる。具体的には、以下の応用について共著による論文発表・学会発表を行った。

- (1) 組織におけるイノベーションを取りあげ、組織メンバー間の意思決定の相互作用をモデル化しシミュレーションによる分析を試みた。その結果、組織内のメンバーが持つ既存知識と新知識への指向性のバランスが、イノベーションの出現に影響を与えることを明らかにした。
- (2) 人による希少財の転売行為を非協力展開形ゲームとしてモデル化し、部分ゲーム完全均衡の存在に関する予備的研究を行い、生産者と転売者との間の情報の透明性や不確実性の有無によって、均衡の存在に違いが出ることを明らかにした。
- (3) 労働への価値観の異なる労働者間の相互作用を2人戦略形ゲームの利得行列として与え、それらの労働者が多数プレイされる状況をモデル化しシミュレーションを行った。その結果、労働者のもつ労働への価値観の多様性を許容しつつ、しかも適切な運用によりベーシックインカム制度が存続可能であり、社会全体での付加価値も大きく損なわれない可能性を示した。

参考文献

- [1] 岡田、「ゲーム理論 新板」、有斐閣、2011
- [2] R.J. Aumann and S. Hart (Ed.), *Handbook of game theory with economic applications*, Amsterdam: Elsevier, 1992
- [3] Thomas W. Hungerford, *Algebra*, Springer, 1974
- [4] レヴィ = ストロース著、福井訳、「親族の基本構造」、青弓社、2000
- [5] N. Shiba, “Game Algebra: Algebraic system of strategic-form games”, *Asian Journal of Management Science and Applications*, **2**, 356-364, 2016
- [6] 柴 直樹、ICIS2022 に見る IS リサーチメソッド研究の動向、*経営情報学会誌*、**31**(4), 205-207, 2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Morihiro Inuma, Naoki Shiba, Miyako Homma, Toshio Saito	4. 巻 7
2. 論文標題 Modeling and simulation of organizational knowledge creation process with consideration of dialogue	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Management Science and Applications	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1504/AJMSA.2022.10051646	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 船山 翔、飯沼 守彦、柴 直樹
2. 発表標題 ベーシック・インカムの効果に関するマルチエージェントモデルの構築
3. 学会等名 日本経営工学会 2023年 秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石塚 璃音、柴 直樹
2. 発表標題 ゲーム理論を用いた買い占めを伴う転売行為の分析と一考察
3. 学会等名 経営情報学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船山 翔、飯沼 守彦、柴 直樹
2. 発表標題 マルチプレイゲームにおけるランドスケープ評価のためのプラットフォーム開発
3. 学会等名 日本経営工学会 2022年 秋季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Naoki Shiba	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 16
3. 書名 Chapter 11 Modelling Complex Systems and Their Validation---General System Theoretical Approach, In K. Kijima et al.(eds.), "Systems Researach I"	

〔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
---------	---------