

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K01510

研究課題名（和文）戦略的情報伝達ネットワークの進化と制度設計

研究課題名（英文）Evolution of strategic information transmission in networks and mechanism design

研究代表者

天谷 研一（Amaya, Kenichi）

香川大学・経済学部・教授

研究者番号：80379461

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では多数の人々の中の戦略的相互依存関係を集団ゲームの理論モデルにより表現し、進化ゲーム動学によって慣習の形成過程を考察した。プレイヤーが行動だけでなく誰と関係を持つかを決定できる状況を考え、進化動学の中でネットワークの形成がいかに行われるかについて考察した。複数のナッシュ均衡が存在するゲームにおける均衡選択の問題を考察することにより、ネットワークの形成が情報伝達と慣習の形成に及ぼす効果を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究においてパレート効率的な均衡が選択される原理の基本的な構造は、先行研究におけるチーブトークによる事前コミュニケーションの効果におけるそれと類似している。チーブトークを伴う進化ゲームモデルにおいては事前のメッセージがプレイヤーの行動選択の意図に関する情報を伝達する効果を持っていた。本研究のモデルにおいては立地の選択が同様の効果を持っている。どのプレイヤーがマッチするかというネットワーク構造が情報伝達に及ぼす効果を明らかにすることができた。

研究成果の概要（英文）：We studied strategic interdependence among a large number of people and examined habit formation in the framework of evolutionary game theory. We considered the situation in which the players can choose not only which action to take but who to be matched with, and studied how networks are formed in evolutionary processes. We studied the issue of equilibrium selection in games with multiple equilibria and showed the effect of network formation on information transmission and habit formation.

研究分野：理論経済学

キーワード：ゲーム理論 コーディネーション 進化ゲーム理論 ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

戦略的情報伝達(Strategic information transmission)の理論は、近年発展の著しい研究分野である。標準的な戦略的情報伝達のゲームモデルでは、一方のプレイヤーが持つ情報が、メッセージを通じて間接的に他のプレイヤーに伝達される。この枠組みの分析は、メッセージに費用がかかるシグナリングのモデルと、費用がかからないチープトークのモデルに大別される。

チープトークのモデルは Crawford and Sobel (1982)に由来するが、近年進展が著しい。代表的なものに、均衡選択(Chen, Kartik and Sobel (2008)), 複数次元モデル(Chakraborty and Harbaugh (2000)), 立証可能な情報が存在するモデル(Giovannoni and Seidmann (2000))などがある。また、これらの理論研究の進展を受けて、専門的助言(Professional advise)や政治経済学(Political economy)といった、応用分野の研究も進んでいる。

ネットワークのモデル分析では、「誰と誰がどのように繋がっているか」を考察する。この分野は従来社会学からの研究が盛んであったが、近年ゲーム理論の手法を取り入れた経済学的なアプローチが盛んになっている(Jackson (2008))。先行研究でも、ネットワーク内の情報伝達の分析はあるが、そこでは情報の伝わり方がかなり単純に仮定されている。ネットワーク内の情報伝達に関して戦略的情報伝達の研究成果を取り入れて精緻な分析を行うことにより、ネットワークのあり方と情報の伝わり方の関係への理解が深まることが期待される。

制度設計(メカニズムデザイン)の理論では、与えられた制度(ルール)のもとではどのように行動するかをゲーム理論の均衡概念を用いて予想することにより、望ましい制度を考察する。しかし、社会の参加者が多い場合には、すぐにゲームの均衡はプレーされず、調整過程を経た上である行動パターンに収束すると考えることが妥当である。このような調整は、人口ゲーム(Population game)、または進化ゲーム(Evolutionary game)の理論を用いて解明できる。Sandholm (2002), Sandholm (2007)は、このようなアプローチで、道路の通行料金と混雑の問題等、外部性を含む市場における制度設計を考察した。情報伝達ネットワークの形成も、大勢からなる社会の中で自然発生的に生成されるものなので、同様のアプローチが有効と考えられる。

研究代表者はこれまで、戦略的なコミュニケーション・情報伝達の問題を進化ゲーム理論のアプローチにより分析してきた。

2. 研究の目的

企業組織や社会制度を設計する上で、「人々が持っている情報をいかにして収集するか」「誰が誰にどのような情報を伝えるか」というのは重要な問題である。しかし、情報の流れは、制度設計者がすべてコントロールできるものではない。組織の設計においても、構成メンバーによる自然発生的な情報の流れを勘案しながら、設計者の手の届く範囲においてコントロールすることが不可欠である。自然発生的な情報の流れでは、ハブの役割を果たすプレイヤーが生まれることがある。すなわちネットワークの形状が重要になる。本研究の目的は、ネットワークの進化を織り込んだ上での、情報伝達メカニズムの設計について考察することである。

3. 研究の方法

社会や組織のメンバー間の自発的な情報の流れがどのように生成されるかを、情報伝達ネットワークの進化という点に焦点をあてて解明する。分析手法としては、Crawford and Sobel による戦略的情報伝達の理論と、Jackson らによる戦略的なネットワーク形成の理論を統合する。与えられたネットワークでどのような情報伝達が行なわれるかを戦略的情報伝達の理論を用いて精密に解明した上で、そこで得られるプレイヤーの利得から、ネットワーク形成の理論を用いてネットワークの進化を考察する。

この考察の基礎となるのは、戦略的なネットワーク形成の既存理論である。Watts (2001)は、単純な利得構造のもとでは星形ネットワークが効率的であり、かつ均衡で実現することを示した。Watts の単純な構造における分析に修正を加えてより具体的な問題に適用する様々な研究がある。例えば Jackson and Wolinsky (1996)は、一人のプレイヤーが持つリンク数が増えると一つ一つのリンクに投入する資源が減るため負の外部性が働く状況を考えている。本研究では、情報伝達の問題に特有と考えられる諸要素を、ネットワーク形成の理論に組み入れて分析する。

さらに、その成果をもとに、制度設計(メカニズムデザイン)の理論および進化ゲーム理論の手法を用いて、組織や社会にとって最適な制度がいかなるものであるかを理論的に解明する。

4. 研究成果

本研究では多数の人々の間の戦略的相互依存関係を集団ゲーム (Population Game) の理論モデルにより表現し、進化ゲーム動学によって慣習の形成過程を考察する。その中で、プレイヤーが行動だけでなく誰と関係を持つかを決定できる状況を考え、進化動学の中でネットワークの形成がいかに行われるかについて考察した。

本研究の理論モデルでは、慣習の形成をゲーム理論モデルで簡潔に表現することが可能なコーディネーションゲームのモデルを考察する。

標準的な進化ゲーム理論のモデルでは、多数のプレイヤーから成る集団があり、プレイヤー相互が会って特定のゲームをプレーする。あるプレイヤーが誰と関係を持ってゲームをプレーするかは、既存研究の多くのモデルでは外生的に与えられている。本研究ではプレイヤーが誰と関係を持つかについてコントロール可能な状況を考察する。理論モデルではゲームが行われる立地 (場所) が複数ある状況を想定する。各プレイヤーはまず立地を選択し、同じ立地を選択したプレイヤーとマッチングが行われてコーディネーションゲームをプレーする。

プレイヤーの選択は2つの要素から成る。立地の選択とゲームにおける行動である。進化動学モデルではプレイヤーは時間を通じて意思決定を変化させる。このような調整過程のスピードは2つの要素の間で異なる可能性がある。本研究では特に立地選択の調整スピードが速い状況を考察する。

モデルでは2人プレイヤー、戦略の数が2の対称的なコーディネーションゲームで、パレート効率的な均衡とパレート非効率的な均衡が存在する状況を考える。パレート効率的な均衡戦略をA、非効率的な均衡戦略をBと呼ぶ。

本研究で重要となるのは、ゲームが自己シグナリング (Self-signaling) 条件を満たすか否かという点である。あるプレイヤーが戦略Bを取っているとき、相手が戦略Aを取るよりも戦略Bを取るほうが高い利得を得られる場合、ゲームは自己シグナリング条件を満たすと言う。ゲームが自己シグナリング条件を満たさず場合、プレイヤーは自分が取ろうとしている戦略を正しく相手に信じさせようとするインセンティブを持つ。一方、ゲームが自己シグナリング条件を満たさない場合、プレイヤーは自分の意図を相手に誤って信じさせようとするインセンティブを持つ。

本研究では、進化動学によりいかなる均衡選択が実現するかはゲームが自己シグナリング条件を満たすか否かによって決まることを示した。ゲームが自己シグナリング条件を満たす場合にはパレート効率的なナッシュ均衡のみが安定的となる。一方、自己シグナリング条件が満たされない場合にはパレート効率的なナッシュ均衡と非効率的な均衡がともに安定的となる。

以下ではこのような結果が生じる原理を示す。初めに全てのプレイヤーが非効率的な均衡戦略Bを選んでいる状況を考えよう。ここに突然変異が生じて少数のプレイヤーがAをプレーするようになったとする。立地選択の調整スピードが行動選択の調整スピードよりも速い状況を想定しているため、短期的には各プレイヤーは自分の行動は固定されたものとして立地を選択することとなる。ゲームが自己シグナリング条件を満たすならば戦略Aを選んでいるプレイヤーは同じく戦略Aを選んでいるプレイヤーとマッチすることを望み、戦略Bを選んでいるプレイヤーは同じく戦略Bを選んでいるプレイヤーとマッチすることを望む。従って立地選択の調整後には戦略Aを選ぶプレイヤーと戦略Bを選ぶプレイヤーは異なる立地に分離することになる。この結果戦略Aを選ぶプレイヤーのほうが高い均衡利得を獲得することになるので長期的に戦略Bを選ぶプレイヤーは消滅することになる。

一方、ゲームが自己シグナリング条件を満たさない場合にはこのような均衡選択は実現できない。先ほどと同様に全てのプレイヤーが非効率的な均衡戦略Bを選んでいるところに少数の突然変異プレイヤーが侵入しAをプレーしているとしよう。このとき自己シグナリング条件が満たされないために戦略A、Bのどちらを選んでいるプレイヤーもともに、戦略Aを選んでいるプレイヤーとマッチすることを望む。このため立地選択の調整過程において、戦略Aを選択するプレイヤーが多い立地が存在する場合には戦略Bを選択するプレイヤーもそこを選択しようとするため、異なる戦略を選ぶプレイヤーは分離されない。その結果戦略Aをプレーする突然変異プレイヤーは戦略Bをプレーする既存プレイヤーよりも低い平均利得を得るため進化動学的に生き残ることができない。

本研究において自己シグナリング条件が満たされている場合にパレート効率的な均衡が選択される理由の基本的な構造は、先行研究におけるチーブトークによる事前コミュニケーションの効果におけるそれと類似している。チーブトークを伴う進化ゲームモデルにおいては事前のメッセージがプレイヤーの行動選択の意図に関する情報を伝達する効果を持っていた。本研究のモデルにおいては立地の選択が同様の効果を持っている。どのプレイヤーがマッチするかというネットワーク構造が情報伝達に及ぼす効果を明らかにした点が本研究の貢献であると言える。

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 天谷研一	4. 巻 第91巻第3・4号
2. 論文標題 Evolutionary Equilibrium Selection with Location Choices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 香川大学経済論叢	6. 最初と最後の頁 259-277
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 天谷研一
2. 発表標題 Evolution of credible pre-play communication
3. 学会等名 Contract Theory Workshop
4. 発表年 2019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
---------	---------