

外生的資源制約を課した環境ジレンマゲームの普遍モデルに関する研究

脇山, 宗也

<https://doi.org/10.15017/1441289>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



氏 名：脇山 宗也

論文題名： 外生的資源制約を課した環境ジレンマゲームの普遍モデルに関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

環境問題は持続可能社会構築の実現を阻む要因の1つであるが、現在も確固たる解決方法は確立されていない。そのためにも、環境システムの動的な特性や制御法の解明こそが科学、そして工学に求められていると言える。しかし、従前、個々の構成要素における省エネ技術を開発することで総体としての環境問題の解決をはかるとのアプローチは多くが提示されてきたが、最終的な社会提案にまで至っていないのは、要素を操作する人、その集積である社会システムを俯瞰する視点が欠けていたからだと思われる。システムとしての環境問題を解明するためには、環境システム単体ではなく、人間、及びその集合体である社会システムを総体的俯瞰的かつ相互浸透的に観る視座、すなわち人間-環境-社会システムの発想が強く要請される。本論文〔ワッキーへ；誤字がある、文章の校正レトリック（アチコチを既往文章のつぎはぎで構成していながら繋ぎ部分をきちんと編集してないので、随所に同じことを書いてあったり、不要な文章が残っていたり、冗長で底だけ読む読者には意味不明の箇所があったり、妙に詳しく書かれている場所があったり（如何にもコピペ）等々の問題がある）が粗い→校正が足りない；例えば、「,」「,」等が混在しているが、点は「,」文末には「.」で統一せよ〕は、時空間スケールが大きく異なる3つのセクターからなる人間-環境-社会システムを相互に架橋してモデル化する上で強力な道具立てになる進化ゲーム理論とマルチエージェントシミュレーションに焦点を当て、環境問題を社会システムにおける互恵の自己組織化プロセスとしてモデル化することを最終目的としている。本論では、人間の意志決定プロセスをデフォルメした数学的枠組みに時間発展の概念を取り入れた進化ゲーム理論の枠組みを用いて環境ジレンマを数理モデルで表現し、その特性に関して得られた興味深い知見について論究している。

本論文は、6章から構成される。

第1章では、序論として、研究の背景及び本研究の目的、概要、論文構成について

述べている。

第2章では、社会的ジレンマのモデル化に関する既往研究のレビューと整理を行い、本研究の位置付けを明らかにしている。環境ジレンマゲームの元祖であるいわゆる共有地の悲劇 (Tragedy of Commons) を軸に、抽象化・汎用化された環境ジレンマゲームの数理モデルの特徴と要件を検討している。

第3章では、環境ジレンマゲームの解法に用いるマルチエージェントシミュレーションの具体的な現実社会の事例への適用事例を報告している。本論では避難時のボトルネック問題を情報科学で云う資源割り当て問題と見立て、社会ジレンマゲームの枠組みを適用して、その特性を検討している。避難路狭窄において、人間が一度に殺到すると衝突が発生し、狭窄における流量は平常時よりも大幅に低下してしまう。これに対し、避難口前の空間に障害物を設置することにより人の流れを整流することで、避難口の流動効率を改善できることを示唆した。これは、障害物を設置することで、避難口へ進む流動人数を抑制し、強制的ではあるが避難口を譲り合う状況が発生するためであり、ゲーム論でいう ST 互惠がすることによって公平な Pareto となる最適状態が達成される。

第4章では、進化ゲーム理論とマルチエージェントを組み合わせた解法の実践として、協調創発プロトコルとしての”ローカリティ”の影響分析を行った。ゲームの基本構造としては進化ゲーム理論で一般的に適用される2人2戦略 (2×2) ゲームを用いる [以下, 2x2 を全て 2×2 に修正せよ; 本文も]。ローカリティとは、多くはエージェント間の空間構造で表記される well-mixed でない、ある種の社会的粘性を意味し、これをゲーム対戦時と戦略適応時独立に変化させたとき、協調創発のダイナミクスに如何なる影響を及ぼすかを検討した。エージェントは2記憶長戦略を有し、前記ローカリティの制約下で様々なジレンマクラスに属する 2×2 ゲームを行う。数値実験の結果、ローカリティを導入した際に互惠関係が創発するゲーム構造とジレンマ強度の関係性を明らかにしている。また、ローカリティを2段階に分けて導入した結果、両ローカリティに相関がある場合により広範な領域で互惠関係が構築されるようになる。

第5章では、第2章での検討結果を元に、まず、一般化した環境ジレンマゲームの提案を行っている。また、提示モデル化を行い、数値実験を行うことで環境ジレンマゲームの特性を解析している。ゲーム構造を連続的に変化させて実験を行った結果、一部のゲーム構造の領域では、環境擁護的な戦略が創発することで持続可能な社会が形成される。しかし、その他の多くのゲーム構造領域では、環境を無視した資源収奪を繰り返して資源を貪る戦略が進化することにより、環境は崩壊するに至る。これは、

殆どのゲーム構造において短期的な社会ジレンマ（資源獲得のために社会パートナーたちと協調すべきこと）は克服されるが、その先にある中長期的ジレンマ（資源制約に抵触しないように資源獲得と環境護持を両立すべきこと）が克服されないことを意味する。また、環境の回復能力を変化させて実験を行った結果、環境の回復能力の増大と共に持続可能な社会が創発する領域も拡大することが示された。更に、環境ジレンマの緩和・解消プロトコルとしてローカリティに着目し、戦略適応とゲーム対戦双方に社会構造がある場合では、サステナブル行動が創発するゲーム構造範囲が広がる可能性があることが示唆された。

第6章では以上で得られた結論を包括的に論じている。