

学位論文題名

ゲーム理論による地球環境問題の分析

学位論文内容の要旨

環境は、無限の容量を持つ有害物の捨て場ではない。人類は大気中の二酸化炭素に対し、およそ1%に当たる量を毎年大気中に排出しているが、環境はその半分しか処理できないため、二酸化炭素濃度は毎年0.5%ずつ高まっている。仮に経済成長がなくても、人類の経済活動の影響はこれから先も累積していく。さらに、地球上には安定的生活レベルに達していない国々が多数存在しているから、これらの国々が人々の生活を改善しようとするとき、経済活動の拡大は避けられない。今後、なんらかの対策がなければ、地球環境の劣悪化は破壊的な状況になるであろう。

被害が地球的規模で生ずることは一国の責任の範囲を超え、国家単位での交渉が必要となり、国家主権との関わりが重大な問題となる。すなわち、地球規模で環境破壊が生ずる場合には、その対策に関して必然的に国家間の対話、交渉、ないしは協力の必要性が生ずる。地球環境問題も、その物理的な発生原理については、一国の国内の環境問題と変わるところはない。しかし、地球環境問題は、単に規模においてこれまでの環境問題と異なるだけではない。この問題は各国の政策、制度、利己的な動機、いろいろな原因を含んでおり、とりわけ、各種の環境問題の中で、解決が困難な性質、性格を持っているからである。地球環境問題の特徴的な性格は、関係国間の合意形成が困難なことである。主権国家は自国の国民の利益を追求することが基本である。このため、多くの国々は、他国に原因がある公害による自国領内に生じる不利益には敏感であっても、自国の利益の追求に伴って自国領外に不利益が生じることに鈍感である。世界は、基本的にこうした性格を持つ国民国家によって分割、統治されている。地球環境問題の解決が困難な理由は、国益だけを追求することと地球環境を守ることが、両立し難いことにある。

地球環境問題を解決するために、各国の自主的な解決策をとることがゲームの均衡でないならば、すなわち、各国が自主的解決策をとることができないならば、地球環境問題を解決するための国際協力が必要である。ここには、いくつかの問題点がある。協力がすべての国にとって有利でないならば、または、一国にとって協力の行動が自国の損失をもたらすのであれば、この合意（条約）は達成できない。さらに、すべての国にとって有利であっても、どんな協力の方法をとるか、また、協力によって得られた利益をどう分配するか、という問題を解決しなければならない。これらの問題を解決するのは容易ではない。しかし、もしも、自主的解決策をとることがゲームのパーフェクト均衡（信頼できる均衡）であれば、問題解決は容易になる。もし、このような均衡がゲームの中の唯一の均衡であれば、この均衡の結果（自主解決策をとること）は「当然な自明の結果」として受け入れられる。もし均衡が唯一でなければ、関係国の対話のみによって解決できる。つまり、多数の均衡の中で、環境問題が解決されるという結果と同じ均衡を選択することができる。この場合は、フリーライダーの問題も避けられる。あるいは一部の国の事前の宣言によって、合意がなくても、あたかも協力した時と同じ結果が得られる。この場合を自主的協力と呼ぶ。

この考えは一見不可能に見えるが、古くからある囚人のジレンマというゲームを想起するとよい。共同犯罪の二人の犯人が検事に容疑者として捕まえられ、別々に事情徴収され

る時、検事が自供を誘うため「あめ」を与えても、必ずしも犯人は検事的意思に沿って自供するわけではない。勿論、自供のケースもあるし、自供しないケースもある。ここでは自供するのを非協力（犯人の間で非協力）、自供しないのを自主的協力と考えて、このゲームのプレーを見る時、二人の犯人の間での行動は、非協力ゲームの場合でも、自主的協力の行動をとったケースがしばしば起こり得る。なぜならば、犯人は将来のことを考えて、もし自分が自供すれば、互いの信頼関係が崩れ、将来は相手も協力してくれないという心配があるからである。この事例で地球環境問題を考えてみると、もし、各国の将来を考えて、互いに自主的協力姿勢をとるのは自分にとってベストではないかという考えがある。短期的（静学的）ゲームの中の非均衡の結果は、長期的（動学的）ゲームの中の均衡になることはあり得ることである。地球環境問題を解決するために国際合意が必要であるという考え方が支配的である中で、異議を唱える議論の根拠はここに由来している。

国際間の合意をなぜ必要とするかという分析は、これまでの静学的なゲーム（繰り返しのないゲーム）で研究されてきたが、長期的なゲームでこの国際合意の必要性を分析する研究は少ない。何れにしろ、人類が完全に将来の世代を無視して、現在の短期的な利益を追求するだけならば、静学的なゲームによって国際合意の必要性を分析することは十分である。しかし、これは非現実的である。もし、人類が完全に将来の世代を無視すれば、地球温暖化のような地球環境問題は提起されないかも知れない。国際合意の必要性を論証するには、説明力のあるモデルが必要となる。

本論文では、地球環境問題に関する国際合意（条約）がない限り、各国の政府が自国の長期の利益を追求しても（長期的なゲーム）、自主的協力の結果が得られないし、その結果、地球環境問題は解決できないと論じる。本論文は複雑な現実からシンプルな分析モデルを抽象化する。このシンプルなモデルは現実の世界より自主的協力結果が得られやすくなる。もし、自主的協力結果はこの抽象化されたモデルの中から得られないならば、現実世界の中では、自主的協力結果は一層得られないことになる。これによって、地球環境問題を解決するために、国際条約が不可欠と論ずる。

本論文はゲーム理論で地球環境問題を分析する。本論文は五つの章によって構成されている。第一章は地球環境問題の定義及び本論文で扱っている地球環境問題の限定を明示する。さらに、本論の目的、研究方法などが第一章（序章）に含まれる。第二章は一国の国内の場合に政府がどうやって環境問題を解決するかを説明する。各国の政府が自国の行動基準を設定することができるから、各国の政府は自国の代表として国際のゲームの中でプレーができるとする。第三章は世界が各国によって分割された国際現状で、なぜ地球環境問題が生じるかを分析する。静学的なゲームで世界にとっての望ましい環境基準に活動を規制することは国際条約に依存しなければならないとするとともに、地球環境問題を解決するための国際条約（合意）の形成は非常に困難であることを論証する。第四章は本論文のメインである。長期の動学ゲームにおいても、自主的協力をとることではパーフェクト均衡が達成できず、したがって、国際条約が不可欠であると論じる。第五章は本論文のまとめである。

われわれのモデルでは、パレート非効率の問題は自主的な行動によっても解消できない。国家間の対話のみによっても国際環境問題を解決できない。国際条約は地球環境問題の解決にとっても不可欠な条件である。もちろん、本論文は国家間の対話の役割に対して否定的な立場をとるものではない。国家間の対話は国家間の信頼を増やし、これに基づいた国際間の協定を締結させる役割がある。しかし、協定につながらない対話は国際環境問題を解決できない。

本論文は自主規制（フリーライダーの解消）の可能性に関する研究である。つまり、国際環境問題を解消するため、国際条約が不可欠であることを論証する。国際条約をどのようにして締結するかは、本論文のテーマではないが、国際環境問題の解決に向けて国際条約を締結することはそれほど簡単な問題ではない。しかし、この困難な問題はどうしても避けることができないものである。難しいから、避けるという考え方は基本的に間違っているものであり、これが、本論文の分析結果のインプリケーションでもある。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 出 村 克 彦

副 査 教 授 小 島 豊

副 査 教 授 上 井 時 久（北海道大学大学院農学研究科）

副 査 教 授 儀 我 美 一（北海道大学大学院理学研究科）

副 査 助 教 授 加 賀 屋 誠 一

学 位 論 文 題 名

ゲーム理論による地球環境問題の分析

－地球温暖化問題を中心に－

本論文は、地球的規模における環境問題において、各国の利害が対立する環境問題解決のための合意形成の必要性を、動学的長期戦略ゲームによる均衡過程をゲーム理論によって解析した数理経済学的理論分析である。本論文は、5章構成の総ページ数192の和文論文で、図35、表14を含み、引用文献83であり、参考論文2編が添えられている。

第一章は目的、研究方法、地球環境問題の定義および本論文で扱っている地球環境問題の限定を明示する。第二章は一国の場合、政府がどのように環境問題を解決するか分析する。各国政府は自国の行動基準を設定できるので、政府は自国の環境問題だけを対象に、国際ゲームの中でプレーできることを分析する。第三章は世界が複数国家によって分割された国際社会における、地球架橋問題の発生と解決の課題を分析する。静学的ゲームでは、世界にとっての望ましい環境基準に活動を規制するために、国際合意に依存しなければならないが、地球環境問題を解決するための国際合意形成は困難であることを論証する。第四章は本論文のメインである。長期的動学ゲームにおいて、自主的協力をとることはパーフェクト均衡ではないこと、つまり、国際合意が不可欠であることを論じる。第五章は本論文の総合的考察である。

本論文の主要な成果、独創性は以下のように要約される。第一に、従来の経済学の分析視角は、地球規模での環境問題解決を図るために、各国が環境防止対策へ協力参加するために、どのような経済的インセンティブが有効であるかを分析してきた。例えば「炭素税」の導入によって、公害を発生させることの損益の経済評価をすることが、結果として割高になる公害発生を抑制させる効果を持つという分析であった。この分析には、関係各国が炭素税導入の合意に達成していることを前提としている。しかしながら、経済開発を目指す途上国と既に経済発展を遂げた日本、欧米先進国とでは利害が大きく対立し、公害防止のための国際合意に到達できないのが現実である。この分野の理論研究では、たとえ公害防止の国際合意がなくても、経済発展の利益と公害発生の損失により、合意を基に国際協調したと同じ均衡に達成する結果をもたらすという理論的帰結が主張されてきた。これに対して本論文は、理論的に国際合意がなければ均衡を達成出来ないこと、特に経済行為の繰り返しのある長期的動学ゲームでも、短期的ゲームのパレート非効率性の結果を解消でき

ないことを明らかにし、地球規模の環境問題解決には、国際合意が不可欠であることを論証し、地球環境問題の合意形成分析に理論的根拠を与えた。

第二の成果は、合意形成に到るゲーム理論を用いた長期動態分析の厳密性である。現代経済学のミクロ理論はゲーム理論の枠組みの中に包摂された発展をしている。ゲーム理論においては、協力ゲームと非協力ゲームを識別し、これに静学的（短期的）ゲームと動学的（長期的）ゲームを適用し、市場均衡であるパレート最適の成立可能性を厳密に論証した。静学ゲームの結果は、「囚人のジレンマ」により、協力ゲーム、非協力ゲーム共にパレート非効率性を発生させることが証明されてきた。さらに、これが繰り返しのある動学ゲームでもパレート非効率性の問題は解消できることが証明されたのは最近の動学的ゲーム理論の成果である。この論理の地球環境問題への含意は、国際間の環境問題解決には、国際間の制裁措置や合意協定がなくても、国際的な対話のみで自主的にパレート最適均衡に到達することが出来、またこの均衡状態において、各国がプレーに違反して、均衡を破るインセンティブは存在せず、均衡が維持されることを保証することを意味している。即ち、国際合意が無くても地球環境問題は解決可能であると主張する。

この理論的帰結に対して、本論文では、地球環境問題を考える際に、無視できない現実的仮定があり、従来考慮されなかった条件を付け加えることで、ゲーム理論の適用と含意を豊かなものにした。即ち、第1に、現在の経済発展水準では、いかなる技術を用いても、汚染量をゼロに抑えることは不可能であること、第2に、経済発展のためにはエネルギー利用が不可欠であり、長期的には、エネルギー代替可能性があるが、短期的には代替は出来ず、化石燃料の使用制限は生産を減少させるため、この対応は不可能であることである。本論文は、この2つの条件を入れた動学的ゲーム理論を構築し、厳密な論証により、パレート最適効率は非協力ゲームの均衡からは達成されないこと、またパレート効率の均衡結果を維持するためには、各国の合意が必要であり、対話による自主的交渉では、地球環境問題の解決は保証されないことを論証した。これまでのゲーム理論の問題を更に拡張し、新たな結果と知見を得た点にオリジナリティがある。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。