

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 15 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22530185

研究課題名（和文）環境問題における費用分担法と提携形成についてのゲーム論的研究

研究課題名（英文）Game Theoretic Approach to Cost Allocation Method and Coalition Formation in Environmental Cooperation Problem

研究代表者

末松 俊明 (TOSHIAKI SUEMATSU)

静岡県立大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：80216275

研究成果の概要（和文）：研究成果の第一は環境問題への応用に関しての成果で、コア指標を用いることによって Shapley-Shubik の環境汚染モデルにおけるコアの存在問題の本質部分を明らかにした。このことによって、この環境汚染モデルをより現実的なものに修正する点に関しての糸口が得られた。研究成果の第二は提携形成についての成果で、最大コア指標最小化法を特徴づけ問題に関して、コア指標の性質が明らかになった。研究成果の第三はコア指標を求めるプログラムにおける最小平衡集合族を求めるプログラムの効率化に成功した点である。

研究成果の概要（英文）：We clarify the essence of core existence problem by applying the core index to the environmental pollution model of Shapley-Shubik. We obtain properties of the core index which is useful to characterize a procedure of forming a coalition structure in environmental cooperation problem. We improve a program of calculating minimal balanced collections in cooperative game model.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・理論経済学

キーワード：協力ゲーム理論、費用分担、環境問題

### 1. 研究開始当初の背景

ゲーム理論は、現在、内外ともに経済学の中でもっとも活発に研究が行われている領域であるが、近年の研究の中心は非協力ゲームに関する理論的な分析におかれてきた。最近では、非協力ゲームの理論面の最新の成果を現実の様々な問題に適用する研究が活発になってきている。

最近では協力ゲームにおいても現実問題への応用研究が盛んになっていて、*Economic Theories of International Environmental Cooperation* などの刊行に見られるように、環境問題に協力ゲームの理論を応用しようという研究が注目を浴び、国際河川の利用および汚染防止費用の分担問題などに大きな成果をおさめている。

一方、我が国では1970年代はじめに行われた水資源開発に関する研究以降、協力ゲームの現実問題への応用はあまり行われていない。

地球温暖化に協力ゲームを適用した例として、いくつかのモデルがある。これらのモデルではプレイヤーを国として分析をおこない、この地球温暖化の協力ゲームモデルにおいてコアが存在するかどうか等を検証しているが、これらの研究は理論面の研究にとどまっている。

近年では、環境対策が特に重要になってきている。たとえば利根川のような長大な河川では、河川沿いの各県が家庭や工場から排出される汚水を流す一方で、取水した水を浄化して飲料水として利用している。このような状況において下水道を整備して汚水処理施設を建設する際に、その費用を各県がどのように分担すればよいかという問題は、これまでの費用分担問題のフレームワークでは取り扱うことが難しい。それは、上流の県が汚水処理を進めると、下流の県では水の浄化費用が減少するという「外部効果」が発生するからである。全く同様な問題が、ヨーロッパにおけるライン河やドナウ河のような国際河川で起きていて、貴重な水資源の利用とその費用分担の問題が重要になってきている。

本研究はこれらの環境問題に 대응べく、新たな研究の流れを踏まえた上で、ゲーム理論を現実の政策課題、特に費用分担問題に応用するものである。

## 2. 研究の目的

協力ゲームの理論は近年大きな発展を続けているが、その研究の多くは理論的研究、あるいは数学的な研究にとどまっており、費用分担問題への適用など限られた分野を除いてその理論が現実の諸問題に適用されることは少ない。

本研究のねらいは、協力ゲームの理論を環境問題に適用して、この問題に関する具体的な解をあたえるような方向に拡張するとともに、その有効性を検証することにある。具体的には、第1の研究目的は、協力ゲームの理論を環境問題に適用可能にするように理論を整備することである。研究目的の第2は、環境問題に適用する際における、数値計算およびデータ処理をおこなって、協力ゲームの

理論の有効性を示すことである。

本研究の課題のひとつは、このような具体的な問題に適用できるように協力ゲーム理論による費用分担問題を拡張することであり、そして新たな定式化を現実の問題に適用して、費用分担に関して具体的な費用配分方式を提案することである。

このような問題に適用できるように協力ゲーム理論による費用分担問題を拡張するために、まず、費用面にのみ着目していた従来の定式化を改め、便益と費用の両面を考慮に入れた「便益つき費用分担問題」を定式化する必要がある。次に、外部性を明示的に考慮にいれた「外部性のある場合の便益つき費用分担問題」へと定式化を拡張することによって、その応用範囲は格段に広がることになる。このように定式化の拡張は、これまで取り扱うことができなかった費用分担の問題に対して明確な解を与えることを可能にする。

協力ゲームを用いて環境問題を分析する場合、どのように提携値を定義するかが重要な問題となる。この提携値の定義はさまざまなものが考えられていて、本研究においてこの提携値の定義の問題を考察し、その中で重要なものを選びあげて検討する計画である。

本研究は、この費用分担問題を提携型ゲームに還元することによって費用分担問題の解決を目指すものである。この場合、環境問題の本質である外部性をモデルに組み込むために、従来の費用分担問題の枠組みに便益を導入する。そのことによって外部性が存在する場合の拡張された費用分担問題、すなわち環境問題の分析が可能になる。

本研究の課題のひとつは、提携形成決定法のプログラム作成である。このプログラムなしには、実証分析を行うことは困難である。現在最も有力な最大コア指標最小法を遂行するためには、与えられたプレイヤーの集合に対して最小平衡な集合族をすべて求めることが不可欠である。

すでに本研究グループが完成させている最小平衡集合族を求めるプログラムを基に提携形成決定法のプログラム作成をめざす。

次の作業は、理論的な検討によって得られた定式化に従って、実証分析に取り組むことである。対象地域を特定して、収集したデータベースに従い、具体的施設を整備する場合をとりあげ、提携形成とそのもとの費用の

分担について推計を行う。その際には提携形成決定法のプログラムを活用する。

本研究の特色は、協力ゲームを用いた費用分担問題というこれまでの研究を、さらに一歩進めることによって、環境問題という現実の政策課題に答えうる具体的な分析手法を提示する点にある。

ゲーム理論は、現在、内外ともに経済学の中でもっとも活発に研究が行われている領域であるが、これまでのところ協力ゲームの研究は理論面に集中している。

近年は協力ゲームを環境問題などの現実の問題へ応用することが試みられてきているが、これらの応用はモデルを分析することによる「定性的な分析」がほとんどであった。これに対して本研究計画では「定量的な分析」を行うことを目指していて、この点はこれまでなかったものである。

本研究は最近の研究の流れを踏まえた上で、ゲーム理論を現実の問題、特に環境問題に適用して具体的な結論を得ることを目指している。

### 3. 研究の方法

協力ゲーム理論の理論的研究を基に、環境問題に応用できるようにする。特に環境問題のモデルに協力ゲームの理論を適用して、環境問題の本質を明らかにする。

また、提携構造決定法のプログラム作成し、環境問題における実証研究の基礎を与える。

### 4. 研究成果

これまでの研究成果は以下の通り。

#### (1) 環境問題への応用：

協力ゲームを環境問題に適用した例として工場排水による湖の汚染モデル(Shapley-Shubik)がある。このモデルにおいて、工場は自分の利益の大きさよりも自分自身が被る被害の大きさがかなり小さいために結果として環境悪化をもたらす行動をとってしまうという、環境問題においてよく発生する事例が分析されていて、全工場が協力的な行動をとることがコアに属するという結論が導かれる。

今回の研究成果の一つは、このShapley-Shubikの環境汚染モデルにコア指標を適用することによって、この環境汚染モデルにおけるコアの存在問題の本質部分を

明らかにしたことである。このコアの存在問題の解明はShapley-Shubikの環境汚染モデルをより現実的なものに修正する点に関しての重要な糸口を与えている。

この成果によって、より現実に即した環境汚染モデルを構築する道が拓かれ、環境汚染の状況において協力してこの問題に対処することの意味が明らかになることが期待される。

#### (2) 提携形成の研究：

研究成果の第二は提携構造の決定プロセスについての成果で、最大コア指標最小化法を特徴づける問題で重要な役割を果たすコア指標の性質が明らかになった。

与えられた協力ゲームに対して解を適用して配分を決定することが従来の考え方であったが、与えられた協力ゲームに対して最適な提携構造を構築して、その最適提携構造から定まる部分ゲームに対して解を適用することがより合理的であり、この最適提携構造をどのように決定するかが問題であった。

これまでにさまざまな最適提携構造決定法が考えられているが、その中で特に重要な決定法が最大コア指標最小化法である。今回、最大コア指標最小化法において重要な役割を果たすコア指標について、特徴づける性質を求めることができたことは、かなり意義あるものと思われる。

今回の研究成果においては、協力ゲームの解を特徴づける際に有力な手法となっている縮小型ゲームを用いることによって、コア指標が縮小型ゲームに関する整合性をみだすことが示されただけでなく、この縮小型ゲームに関する整合性を含むいくつかの性質によってコア指標が特徴づけられることが明らかになった。

しかし、この縮小型ゲームに関する整合性の定義が協力ゲームの解を用いていることが問題と言えなくもなく、今後はこの成果を踏まえ協力ゲームの解を用いずに整合性を定義して、この新たな整合性を用いてコア指標を特徴付けることが期待される。

#### (3) コア指標を求めるプログラムの完成：

研究成果の第三はコア指標を求めるプログラムの完成についてのもので、最小平衡集合族を求めるプログラムの効率化に成功したことである。

提携構造の決定法の中で現在最も有力な最大コア指標最小法を遂行するためには、与えられたプレイヤーの集合に対して最小平衡な集合族をすべて求めることが不可欠であるが、膨大な計算が必要になるのでコンピューターによる計算が必須である。

今回、これまでに完成している最小平衡集合族を求めるプログラムをもとに、より効率的に最小平衡集合族を求めるプログラムの改良に成功した。これによって実際の費用分担問題において各提携の費用を計算することが可能になり最大コア指標最小法のプログラム完成に大きく近づいた。

現在最も説得的な最適提携構造決定法である最大コア指標最小法を遂行するために不可欠な最小平衡集合族を求めるプログラムの効率化に成功したことは、実証分析の道を拓くことができたという点で意義深いものである。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Manabu Toda、Withdraw-proofness in matching markets Working Paper, School of Social Sciences, Waseda University、査読無、2010、pp. 1-8
- ② 末松俊明、大平純彦、環境ゲームへのコア指標の応用、経営と情報、査読無、23 巻 2 号、2011、pp. 23-31
- ③ Manabu Toda、On the Fair Allocations in the Two-sided Matching Problems、東京経大会誌、査読無、271 号、pp. 21-42
- ④ 末松俊明、大平純彦、コア指標と縮小型ゲーム、経営と情報、査読無、24 巻 2 号、2012、pp. 65-73

[学会発表] (計 1 件)

- ① Manabu Toda、Characterization of Stable Solutions in Matching Markets、兼松セミナー (六甲台セオリーセミナー共催)、2013 年 2 月 1 日、神戸大学経済経営研究所

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

末松 俊明 (TOSHIAKI SUEMATSU)  
静岡県立大学・経営情報学部・准教授  
研究者番号：80216275

### (2) 研究分担者

大平 純彦 (OHIRA SUMIHIKO)  
静岡県立大学・経営情報学部・准教授  
研究者番号：20194285

戸田 学 (TODA MANABU)  
早稲田大学・社会科学部・教授  
研究者番号：30217509