

平成 21 年 5 月 17 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19730143

研究課題名（和文） グループ間の移動とグループ外部性が協力的行動に及ぼす影響

研究課題名（英文） Effects of migration and group externalities on cooperative behavior

研究代表者

上須 道徳（UWASU MICHINORI）

大阪大学・サステナビリティ・サイエンス研究機構・特任助教

研究者番号：50448099

研究成果の概要：本研究ではグループ間の移動と外部性が囚人のジレンマにおける協力的行動に与える影響について理論分析と経済実験による実証分析を行った。理論モデルの分析ではグループ間の移動と外部性が協力的行動を壊すメカニズムを進化ゲームの枠組みを用いて示した。この理論モデルを基に行った被験者を用いた実験では、移動とグループ外部性が潜在的な協力的行動を消してしまうことが間接的に観察された。本研究で得られた結果は、排出権取引や環境税など現在の制度設計の基礎となっている経済理論に新たな洞察を与えるものである。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	400,000	0	400,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,000,000	180,000	1,180,000

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：ゲーム理論、実験経済学、環境経済学

1. 研究開始当初の背景

公共財の供給や囚人のジレンマによって描かれる現実の問題はモデルや実験で想定される状況よりも様々な要素を含み複雑である。例えば環境問題では、汚染物質がある境界内の集団や行政区域などの境界を飛び越えて問題となることが多い。地球温暖化、国際河川・湖、大気汚染、土壌汚染などはその例である。個々の集団はその境界内で規制などを通じてある種の対策を行っても他のグループからの汚染スピルオーバーがそのグループ内のプレイヤーの厚生に影響を与え

ることは上に挙げた例で現実に起こっている。さらに、現実ではプレイヤーはグループ間を移動することができる。企業は生産過程における汚染物質の排出規制があまりにも厳しくなりそれが利益にも影響するようであれば規制のゆるやかな場所へ生産拠点を移すであろう。一方、住民は環境の劣化をきらい環境が良い自治体へ住居を移す可能性が考えられる。こういったプレイヤーの移動やグループの外部性の存在が集団としての公共財の供給量、もしくは協力的行動に影響について経済学的な考察を行ったケースは少

なく、そのための理論的基礎とそれを実証する枠組みを提供することは重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、グループ間の移動とグループ外部性という要素がどのように個人の行動や、集団行動に影響を与えるのかについて、1) 理論的枠組みを提供すること、2) 実験経済学的手法を用いて実証を行うこと、3) 実験データの解析から理論モデル自体の検証を行うこと、である。

3. 研究の方法

(1) 理論枠組みの提供

理論モデルを構築、分析することでプレイヤーの移動やグループ外部性がどのように協力的行動に影響するかをシステムティックに示すことが可能となる。本研究では進化ゲームの手法によってこれらの影響を分析し、実証研究の枠組みを提供する。

(2) 実験経済学手法を用いた移動と外部性の影響の検証

本研究では被験者を用いた経済実験の手法を使い移動とグループ外部性の影響を実証する。ここでの主仮説はグループ外部性と移動の効果を示すことであるが、検証に当たっては協力的行動に影響する諸々の要因を制御した上で、これらの影響を検証することが必要である。実験経済学的手法を用いることで、これらの効果を区別し、移動や外部性の純粋な影響を見ることが可能となる。

(3) 学習モデルの推計：理論モデルの検証

理論モデルの枠組みである進化ゲームの前提について実験データを用いて検証する。具体的には、統計解析手法を用いて推計を行いゲームの選択にどのような情報を用いたかについて明らかにし学習パターンを判別する。

4. 研究成果

(1) グループ外部性と移動の協力的行動に与える影響の理論的考察

非協力ゲーム理論の枠組みではグループ外部性と移動の協力的行動に与える影響を考察することが困難であり、別の枠組みでの分析が必要である。たとえば無限繰り返しゲームにおける「フォークの定理」では協力解が均衡(部分ゲーム完全均衡)として得られるが、一般にこのアプローチでは非協力解を含む無数の解が得られ、ある要素が均衡にどのような影響を与えるかという比較静学分析は行うことができない。したがって本研究では図1のような排出ゲームを進化ゲーム

の枠組みで定式化し、アプローチからグループ間の移動とグループ外部性の効果について分析を行った。進化ゲームではある戦略を選択するプレイヤーの割合がゲームを繰り返す中でどのように推移するかを分析する。各プレイヤータイプがどのように変化するのはレプリケーター・ダイナミクスと呼ばれる過去の利得の増加関数によって構成される微分方程式系で表される。ここではゲームに複数の均衡が存在していても、パラメタの値や割合の初期値によってどの均衡が達成されるかを理論的に分析することができる。

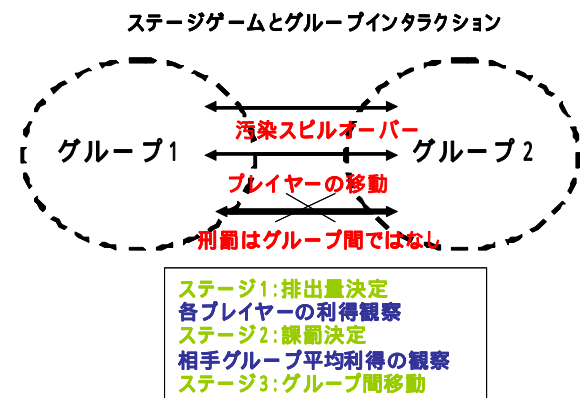


図1：移動とグループ外部性の排出ゲーム

進化ゲームモデルでは囚人のジレンマゲームの一種である排出ゲームを想定しているが、排出ゲームが汚染など講義の環境問題を具体的にあらわすことが出来るためである。また第2ステージに協力者の中で非協力者に罰則を与えることができる「罰則ステージ」を設定している。これは罰則が協力的行動を促すという実験研究での結果(例えば、Ferh and Gachter, 2000 American Economic Review)や、共有資源管理に関するフィールド調査で罰則の役割が大きいという結果(例えば、Ostro, 1990)を反映させたものである。

分析に当たってはまずグループのインタラクションがない場合のモデルからパラメタに関する基本的な理論結果を命題として得た。例えば利得関数におけるパラメタと均衡の安定性の関係やプレイヤーのタイプに関する初期条件(協力者と非協力者の比率など)と均衡の関係などについて明らかにした。そして、この基本モデルにおける理論結果を基にグループのインタラクションを考慮したモデルを構築し、シミュレーションを行うことで移動やグループ外部性の影響を分析した。その結果は次のようにまとめられる。

1) 移動がない場合、グループにおける長期

的な協力的行動は罰を科すプレイヤーの割合によって決まる、2) グループ間の移動は(もしそれがなければ達成したであろう)協力的集団行動を崩すことが多い、3) 汚染スピロオーバー(グループ外部性)のパラメタが集団行動に影響する。

(2) 経済実験：移動とグループ外部性の実証

今回の研究では表1にあるように日本国内において3セッション、米国ミネソタ大にて4セッションの合計7セッションの実験を実施した。(科学研究費補助金による実験は大阪大学で行った3セッションである。)大阪大学では被験者として大学の学生(主に工学を専攻する学生)をインターネットで募集し、3セッションに延べ24名(各セッション8名の被験者)が参加した。実験セッションに参加した被験者には参加費用と選択に応じた謝金が支払われた。これらの手続きは実験経済学の文献で採用されている一般的なルールに従っている。

実験ゲーム

本研究における実験ゲームは(1)の理論モデルで描かれている「排出」、「罰則」、「移動」の選択を行う3ステージから構成されるステージゲーム(図1参照)を繰り返すことによって行われる。それぞれのセッションには8人のプレイヤーが参加したが、はじめのラウンドで2つのグループにランダムに分けられた。また、2つのグループで罰則の基準を異なるものにした。具体的にはグループ1では緩やかな罰則を、グループ2では厳しい罰則が科せられるようパラメタを調節した。具体的には理論モデルにおいて、移動がない場合にグループ2において協力的な行動が長期的な均衡として発生しやすいように罰則のパラメタ値を設定した。

表1. トリートメントセッション

	セッション数
移動トリートメント	5(2)
移動制限トリートメント	2(1)

括弧内の数字は阪大で行った実験セッションの数

移動とグループ外部性の検証を行うにあたっては、1) グローバル汚染、グループ間移動なし、と2) グローバル汚染、グループ間移動あり、というトリートメント条件のセッションを実施した。また、グループ間の移動の有無は移動コストやゲームのステージ設定を変えることによって区別を行った。これによって、グループ外部性や移動の効果を

区別することが可能となることが考えられる。利得関数や罰則・移動のコストについては表2にまとめられている。最後にゲームのラウンド数であるが、(非協力ゲームの枠組みにおいて)協力解と非協力解が均衡となるように無限繰り返しゲームを想定している。このため実験セッションにおいては8ラウンド以降、1/3の確率で終了するという形をとった。

表2. 利得関数とパラメタ値

利得関数	$u_i = 800 + e_i - 0.3 * e_j, e_i \in \{0, 200\}$
初期のグループサイズ	$N_g = 4$ (総人数8人)
罰則コスト	$c = 10$
罰則ダメージ(一人当たり)	グループ1 $d_1 = 30$ 、グループ2 $d_2 = 110$
移動コスト	移動セッション 30 移動制限セッション 1200

実験結果

はじめに排出に関する選択であるが、実験ゲームの中では被験者は排出について、「高」と「低」の2つから排出水準を選択した(表2)。各セッションとも一般的な囚人のジレンマや公共財ゲームの実験に見られるように、ラウンドはじめに協力的行動が見られるが、ラウンドが進むにしたがって非協力的行動が増加することが観察された。図2は2つのグループにおける排出の選択を表したもので、この結果を典型的に表すものである。この排出に関する選択の結果は他の公共財の供給ゲームや囚人のジレンマに関する実験経済学の文献と整合的である。

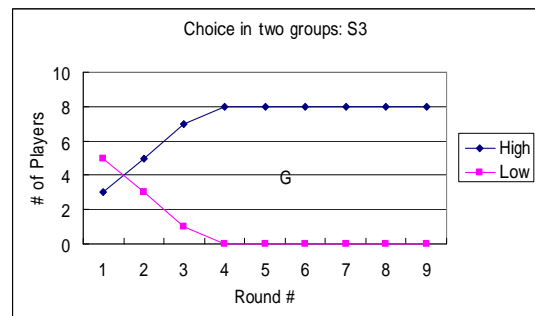


図2: 排出水準の推移

次に「移動」の影響について考察しよう。今回行ったセッションでは「移動あり」、「移動制限」を含めてすべてのセッションにおい

て最終ラウンドでは非協力的な行動に落ち着くという結果となった。したがって、「移動なし」セッションで協力行動が、「移動あり」セッションで非協力行動が観察されるといふケースは残念ながら得られなかった。

しかし、移動のパターンとそれに関連する排出や罰則の選択をもう少し詳しく見ることによって移動や外部性がどのように行動パターンに影響を与えたかを見ることができる。まず、移動の選択であるが、各セッションにおいて複数のケースが観察された。移動のパターンを詳細に見て取ると次のようにまとめることができる。1) グループ2 (罰則の強いグループ) からグループ1への移動するケースが多く見られる、2) グループの平均利得の差が大きいときに移動が生じる、3) 移動を選択したプレイヤーは移動前のラウンドで高い排出水準を選択し、罰則を受けた後に避難するように別グループに移動する。このことは統計的にも有意に示された。また実験データを用いて移動を促す要因はどのようなものかについてプロビット回帰分析を実施した結果、個人の利得と他のグループの平均利得の差が大きいとき、また罰則の被害が大きいときに移動する確率が高いことが示され、この観察を裏付けるものとなっている。

次に、移動やグループ外部性を評価するにあたってグループごと行動の違いを検討してみよう。繰り返しになるが、理論予測では移動がない場合はグループ2のほうで協力的行動が均衡として表れるはずであった。したがって、ここでは今回の実験ではグループ2において、1) より協力的な行動(低い排出の選択)と2) より協力を促す行動(罰則の選択)、が見られたかを確認する。先ほどは、罰則や非協力的な行動をとったものがグループの移動を行っていることを示しているので、このグループ間での行動の差異が確認されれば、移動が協力行動に負の影響を与えたということが間接的ではあるが導き出されると考えられる。

表3 . グループごとの行動

	グループ1	グループ2
高排出の割合	0.92	0.83
罰則の割合	0.014	0.09

N=25

表3は各ラウンドにおけるグループごとに低排出をえらんだプレイヤーと罰則をえらんだプレイヤーの割合の平均をグループごとに示したものである。この表からは高排出を選択した人の割合はグループ1の方が高く、罰則を選択した人の

割合はグループ2の方が高くなっている。実際平均について統計的に有意に差があるかについて t 検定を行ったところ、両者とも10%の水準で有意である結果が得られた。

以上をまとめると、本来なら移動がない場合、高排出を選択する人の割合が低く、加えて協力行動から離脱することから受ける罰則が高ければ最終的に協力行動が集団として表れるはずである。厳しい罰則の構造が存在しているグループ2ではこのために協力的行動が達成できた可能性があったし、実際これが観測されている。しかし、グループを移動できる選択のためにこういった罰則が行われたとしても、それが無効となり、しかもグループ外部性により、次第にグループ2で協力行動をとっていたプレイヤーも次第に高い排出水準を選択するようになったといえよう。つまり、間接的ではあるが「移動」を選択した要因とグループ間における行動の差異から移動とグループ外部性の負の影響が見て取れるのである。

(3) 学習モデルの推計：理論の検証

実験におけるゲームは繰り返しゲームでありそこから得られる被験者の行動はなにがしらの学習過程を経ていると考えられる。本研究で挙げられる仮説の基となる進化ゲームを統計的に検定するためにも実験データを使って Camerer&Ho(1999、Econometrica) による学習モデル (Experience-Weighted-Attraction learning) を今回の実験データから推計できるように修正し、パラメタの推計を行った。EWA では各戦略が選択される確率がアトラクションによって決定され、またアトラクションがラウンドごとに更新するという構造を持っている。EWA では自分が選択した過去の利得や選択しなかった選択から得られたであろう利得の情報に重み付けをし、アトラクションしたがって推計結果のパラメタの値によって、どのような情報を使って学習を行っているのかが明らかにされる。例えば、Reinforcement 型の学習では過去においてより高い利得をもたらした戦略に、Belief 型の学習では選択されなくとも他の選択が高い利得を産み出していればその戦略が選択される確率が上昇する。EWA 学習はこういった複数の学習パターンを包括的に含むハイブリットモデルであり、推計パラメタによって重み付けを行うことができるのである。また、これによって、進化ゲームが想定するプレイヤーの学習過程 (レプリケーター・ダイナミックス) と比較ができる。今回、推計にあたりゲームがステージゲームであること、またグループごとに異なる選択があることを考慮し、学習モデルの構造を修正・変更することによって推計を可能とした。学習モデ

ルにはアトラクションの初期値と情報のウェイトに関するパラメタを含む合計 13 のパラメタについて、実験における実際に行われた選択、選択に対応する利得をデータとして用い、最尤法によって推計した。

推計結果について、推計パラメタに基づき計算した予測選択の確率値と観測値との誤差は小さく全体のモデルの当てはめは概ね良好であった。図 2 は各ラウンドにおける戦略がとられた確率の観測値と予測値の誤差

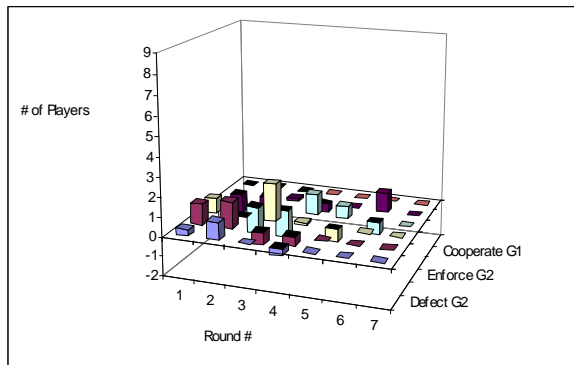


図 3：戦略選択における観測値と予測の誤差

を表したものであるが、最終ラウンドに向けて誤差が消えていることが見て取れる。

EWA モデルではパラメタの値から各セッションの学習パターンを判別することができる。図 4 は推計結果を EWA ボックスにプロットし、各セッションがどのような学習パターンにしたがっていたかを表している。ここでは推計を行った 4 つのセッションのうち 3 つが reinforcement 型の学習パターンを、残り一つ (S4) が Belief 型の学習パターンを取っていたことが見て取れる。これらの学習パターンはリプリケーター・ダイナミクスとは異なるものであり、進化ゲームが想定する学習よりも複雑な情報を用いて選択をしていることが見て取れた。

(4) まとめ

本研究では実際の環境や資源管理問題に見られるグループ外部性や移動の協力的行動について理論的枠組みを提供し、実験経済学の手法を用いて実証研究を行った。理論的にはこれら要素が協力的な行動に負の影響を与えることが示され、実験においても間接的ではあるがその影響が確かめられた。また、学習モデルの推計では均衡に到達するまで

にプレイヤーはどのような情報を使っているのかを計量的に分析し、コンシステントな学習パターンを見出すことが出来た。今後は学習パターンと均衡の選択の関係、またど

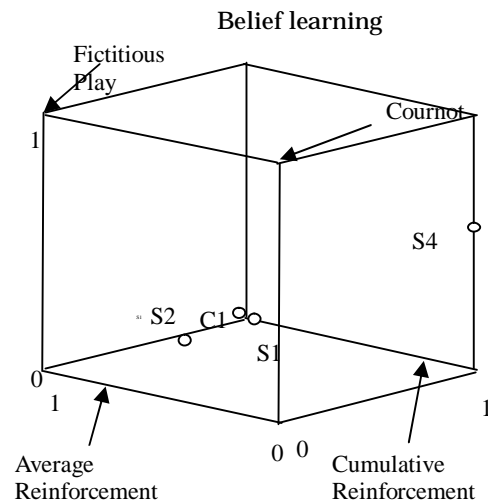


図 4：EWA のパラメタ配置と学習パターン

ういった要因が学習パターンを決定しているのかについて分析を進めることで、実際の制度・政策設計に反映させる可能性があると考えられる。

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 0 件)

下記のもの 2 点を学術雑誌に提出中。

〔学会発表〕(計 2 件)

Michinori Uwasu “Estimating Experienced-Weighted-Attractions for the Emission Game with migration” Australasian Economic Theory Workshop, 2009年2月24日マッセイ大学(オークランド、ニュージーランド)

Michinori Uwasu “The evolution of environmental cooperation: the effect of players' mobility in local and global pollution” Osaka University Forum 2007 in Groningen, 2007年6月フローニンゲン大学(フローニンゲン、オランダ)

6. 研究組織

(1)研究代表者

上須 道德 (UWASU MICHINORI)
大阪大学・サステナビリティ・サイエンス研究機構・特任助教
研究者番号：50448099

(2)研究分担者

(3)連携研究者
