

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26780127

研究課題名(和文)情報の限定性と協力行動：絶対的・相対的な罰則基準の比較

研究課題名(英文)The effect of information on cooperation: comparison of absolute and relative punishment institutions

研究代表者

竹内 あい (Takeuchi, Ai)

立命館大学・経済学部・准教授

研究者番号：10453979

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)：本研究では社会的ジレンマ状況において二種類の罰則制度の有効性(協力率と効率性を増加させるか)が、情報量に応じて変化するかを検証した。考察した罰則制度は、制度の要求する水準以下の協力率を選択した個人を全員罰する絶対的罰則制度とその中で一番協力率が低かった個人を罰する相対的罰則制度の二つである。情報の量を変化させなかった先行研究においては、相対的罰則制度の方が絶対的罰則制度よりも多いか等しい協力率と効率性を達成することができていたが、この結果は情報量が変化すると逆転することもあることが本研究により示された。

研究成果の概要(英文)：The researches we conducted analyze the effectiveness of two centralized punishment institutions in raising the efficiency and the cooperation rates in social dilemma under different information conditions. In the punishment institutions considered, there is a required level of cooperation. In the absolute punishment institution, all individuals who cooperate less than required is punished, where as in the relative punishment institution, among those who cooperated less than required, only the minimum cooperator is punished. In the existing study, it had been shown that relative punishment institution yields the same or higher cooperation and efficiency than the absolute punishment institution. However, this study showed that the effectiveness of the punishment institution is sometimes reversed when the information condition is changed.

研究分野：経済学

キーワード：社会的ジレンマ 公共財供給ゲーム 罰則制度 フィードバック情報 モニタリング

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化や大気・水質汚染などの環境問題、過剰利用による資源の枯渇、企業の採用時期の前倒し問題など、現代社会の抱える多くの社会問題は社会的ジレンマの構造を持っているといわれている。社会的ジレンマとは、人々の個人合理的な選択の結果が社会的に望ましい結果と一致しない状況のことである。このようなインセンティブの構造が原因となり、個人にとっても社会にとっても全員が協力的な行動をとることが望ましいにもかかわらず、多くの個人が非協力的な行動を選択してしまう。そのため、社会的ジレンマの構造を持つ状況において、人々の自発的な協力を導く制度、いいかえるとより社会的に望ましい結果を導く制度を明らかにすることは、重要な課題である。

社会的ジレンマ状況において人々の自発的な協力を導くための制度に関する研究は、これまでも様々な分野で多数行われてきた。例えば、個人による他者への制裁を許す個人制裁制度は分野横断的に研究されており、制裁によって他者の利得を大きく減ずることができる場合は制裁によって協力度を上昇させることができるといことが知られている。しかし、実際の社会に照らして考えてみると、協力度を上昇させるためとはいえ、個人制裁を推奨することは非常に問題であろう。そこで本研究ではそのような個人制裁ではなく、法治国家が前提としている、法律のようなルール化された罰則制度が存在し、それを警察のような機関が執行するような状況を考える。その中でも、「協力度が基準値に満たなかった個人は罰される」絶対的罰則制度 (ABS) と「協力度が基準値に満たなかった個人の中で、一番協力度が低かった個人が罰される」相対的罰則制度 (REL) の比較を行う。

実際の社会に存在する多くの罰則制度は ABS のように記述され、そう運用されることを目標としている。一方で、法を厳密に執行するには費用が掛かり、規定通りに法が執行されるわけではない。特に、複数の違反者が存在する場合に、全員を同時に捕まえて罰を執行することが難しい場合も存在する。そのような場合に、一番違反の度合いが高かった違反者を捕まえることにはある程度の合理性があると考えられる。ここではそのような状況を REL として分析する。

本研究は ABS と REL をゲーム理論と経済学実験を用いて比較した Kamijo et al. (2014) をベースとしている。Kamijo et al. (2014) では、要求水準に対する相対的な罰の強度を変化させたときに、ABS と REL のどちらがより高い協力度と効率性を達成することが出来るのかを検証している。理論的には、人々が要求水準と等しい協力をを選択する罰の強度の範囲は ABS と REL で等しく、それよりも罰の強度が低いと ABS では誰も協力しなくなってしまうが、REL ではそこそこの協力を

をするという結果が示された。そのため、罰が十分強い時は ABS と REL で等しい結果が予想されるが、罰が弱い時には REL の方が ABS よりも高い協力度を導くと予想される。この結果を検証するために、彼らは罰の強度が強・中・低の場合に ABS と REL を比較する経済学実験を行い、そこでも理論の結果をサポートする結果が観察された。

Kamijo et al. (2014) の結果から、仮に資源や予算の制限から罰則制度を ABS のように厳密に執行することが難しい場合にも、REL のように違反者の中で一番違反度の高い人を罰の対象とすることが可能なのであれば、協力度を維持することが可能である。また罰が弱い場合にはむしろそのように運用した方が高い協力を導くことが出来ることが示唆された。しかし、経済学実験、中でも実験室実験は内的妥当性が高い代わりに外的妥当性が低くなってしまいう研究手法であるため、一つの実験の結果のインプリケーションを一般化するのには危険である。そこで、本研究では、Kamijo et al. (2014) の情報の構造を変化させ、結果の頑健性を検証する。

近年、社会的ジレンマ状況において情報構造が人々の行動に対して持つ影響を分析する実験研究が増加している。例えば、Nishi et al. (2015) では、他者の保有所得がわかる場合とわからない場合の比較を行い、Fiala and Sueten (2017) では、他者の選択結果が個人レベルで観察可能な場合と全体の合計値でしか観察できない場合の比較を行っている。もし人々が用いる情報の量の違いによって高い効率性を導くことができる制度が異なるのであれば、実際の社会に制度を応用する際に情報量を検討する必要があることがわかる。以上の理由から、情報量の影響を検証することは、制度の有効性や応用可能性を考えるうえで非常に重要である。

そこで本研究では、Kamijo et al. (2014) で観察された上述の結果が、情報量の変化に対して頑健であるかをゲーム理論と経済学実験の手法を用いて検証する。

2. 研究の目的

情報量の変化といっても、変化させうる情報は様々あるが、ここでは大きく2つの情報に着目し、ABS と REL の比較分析を行う。

一つ目は、Fiala and Sueten (2017) と同じように他者の選択結果 (以下ではこれをフィードバック情報と呼ぶ) が個人レベルで観察可能な場合と全体の合計値でしか観察出来ない場合を比較し、この違いが意思決定を繰り返す中でどの程度協力度や効率性といった制度の有効性に影響を与えるのかを検証する。

二つ目は、罰則制度の執行者が人々の行動について持っている情報量の違いが制度の有効性に与える影響を検証したい。Kamijo et al. (2014) では、執行者は人々の行動を完全にモニターできている状況を前提としていた。

そのため誰がどれだけ協力しているかが正確に把握されており、ABS では要求水準以下の方が、REL では一番協力率が低い人が確実に罰金を払わされた。しかし、罰則制度を運営する側も必ずしも全員の行動を正確に把握できるわけではない。とくに、違反者の数が増加するほど誰がどれだけ違反しているのかを正確に把握するのが難しくなると考えられる。そこで、違反者の数が増加するにつれて違反がモニターされにくくなるようなパーシャルモニタリングの場合に、ABS と REL の有効性に違いが生じるのかを検証する。

3. 研究の方法

本研究では、ゲーム理論と経済学実験の手法を用いて、情報量の違いが罰則制度の有効性に与える影響を分析した。

(1) ゲーム理論を用いた分析

ゲーム理論を用いた分析では、社会的ジレンマ状況に ABS か REL の罰則制度を導入し、ナッシュ均衡を用いて二つの制度を比較した Kamijo et al. (2014) のモデルを踏襲している。ここでは、Kamijo et al. (2014) で分析されていた基本の理論モデルを説明したのち、研究目的である情報量の変化の分析方法を述べる。

基本モデル：

まず、社会的ジレンマ状況としては、構造が分かりやすい公共財供給ゲームを用いた。このゲームにおいて、各プレイヤーは自分の保有する初期保有量の内いくらかを公共財へ投資するのかを決定する。投資しなかった分からは1単位当たり1の利得を得ることができる。また、全員の投資の合計分だけ公共財が供給され、各人はそこから投資額の合計 \times の利得を得ることができる。 \times プレイヤー人数が1より大きい時に、公共財から社会が得る利得の合計が投資額を上回るので、投資額が増加するほど社会全体の利得の合計は増加する。一方で、 \times が1より小さいときには個々人にとっては投資をするよりもしない方が得となる。よって、この二つの条件を \times が満たすとき、公共財供給ゲームは社会的ジレンマ状況となり、社会全体では全員が初期保有量をすべて投資するとき利得の合計が一番多くなるが、全く投資しないことが各人にとっての支配戦略となる。

次に、罰則制度の有効性を分析するために、社会的ジレンマ状況となっている公共財供給ゲームに、要求水準と罰金、そして ABS か REL の罰則制度を導入したモデルを考える。どちらの制度下でも、要求水準以上投資をしている場合は罰されないが、要求水準未満の投資は罰則の対象となる。ABS の場合は、

罰則対象者は全員罰金を払わなければならない一方、REL の場合は、罰則対象者の中で投資額が一番低いプレイヤーのみが罰金を払うこととなる。このような状況で、要求水準あるいは罰金額を変動させることによって、様々な罰則の強度のもとで二つの制度の比較を行うことが可能である。

本研究ではこのモデルにさらに情報量の違いを考慮に入れた分析をする必要がある。

フィードバック情報の影響の分析：

フィードバック情報が個人レベルで与えられている場合と投資額の合計が与えられている場合の比較を行うために、ここではナッシュ均衡に加えて有限の集団の中で繰り返し意思決定をする状況での進化的な安定戦略 (Finite Population Evolutionary Stable Strategy、以下 FESS) の概念を用いて分析を行った。この概念を用いる理由は以下のとおりである。まず、FESS には、FESS を取り合っている状態から戦略を変えても他の人よりも良くなるという性質があり、また一番高い利得の人の行動を真似する模倣学習の収束先とも一致するという性質もある。このような性質から、フィードバック情報が個人レベルで与えられている場合には、FESS を選択している人の利得の方がそれ以外の選択をしている人の利得よりも高くみえるため、繰り返しとともに FESS が選択される頻度が増加すると考えられる。一方、フィードバック情報が合計でしか与えられない場合は、自分と他者の比較を行うことが難しいため、ナッシュ均衡が選択される頻度が増加すると考えられるのである。そのため、FESS とナッシュ均衡を用いることによってフィードバック情報の違いによる行動の違いを分析することが可能となる。

パーシャルモニタリングの分析：

違反者が増加すると罰の執行が資源制約によって難しくなるという状況をモデル化するために、罰則対象者が増加すると彼らをモニタリング出来る確率が減少するモデルを考察した。具体的には、モニタリング成功率は罰則対象者の人数分の一とした。ABS として、罰則対象者の内、モニタリングに成功した人に対して罰金が発生する状況を、REL として、罰則対象者でかつモニタリングに成功した人の中で投資額が一番低い人に対して罰金が発生する状況を、ナッシュ均衡を用いて分析した。

(2) 経済学実験を用いた分析

本研究では、上述のモデルにおいて人々がどのような選択をするのかを調べるために、経済学実験を行った。ここでは、研究目的のために行った3つの実験について述べる。

【実験1】フィードバック情報の量が ABS 付きの公共財供給ゲームに与える影響を検証するために、この実験では、他者の行動の結果について、各個人が何を選択していたのかわかる状況 (Individual) と全体の合計投資額しかわからない状況 (Aggregate) を比較した。また、それぞれのフィードバック情報について罰則の強度が高い場合と中程度の場合について実験を行った。そのため処理は 2×2 で合計 4 つあり、これを被験者間比較で行った。罰則の強度は、ナッシュ均衡と FESS を使った理論分析の結果をもとに決定した。具体的には、罰則の強度が高い時は要求水準通りに投資を行うのがナッシュ均衡かつ FESS となるが、罰則の強度が中程度の場合は、要求水準通りの投資をするのがナッシュ均衡となるが、全く投資をしないのが FESS となるように罰の強度を選んだ。よって、[仮説1] 罰則の強度が強い時にはフィードバック情報の差は行動に影響を与えないが、[仮説2] 中程度の場合は Aggregate の方が Individual よりも投資額が高くなると予想される。

【実験2】実験1の2種類のフィードバック情報の条件を、罰則の強度が中程度の REL 付き公共財供給ゲームで行い、フィードバック情報が REL 付きの公共財供給ゲームにおける被験者行動に与える影響を分析する。罰則の強度が高い場合は REL の場合も ABS の時と同様に要求水準通りの投資を行うことがナッシュ均衡かつ FESS となるためこちらの処理は行わないこととした。一方、罰則の強度が中程度の場合、要求水準通りの投資をするのがナッシュ均衡となるが、FESS は存在しない。罰則の強度が中程度の場合、フィードバック情報の違いが行動に与える影響を理論的に予測できないため、実験を用いて検証することとした。

【実験3】3-(1)- で述べたパーシャルモニタリングのモデルを検証するために、ABS と REL を比較する実験を行った。実験で用いた数値例では、ABS とも REL とも均衡が複数存在する。両制度とも要求水準通りの投資をすることもナッシュ均衡となるが、ABS においては全員が全く投資をしない行動の組もナッシュ均衡となる。一方、REL では全員が全く投資をしない行動はナッシュ均衡にはならず、全員が確率的にほどほど投資をする混合戦略ナッシュ均衡が存在する。そのため、[仮説3] ABS と比較すると REL のもとで、等しいかより高い投資が行われるという仮説を立てた。

4. 研究成果

理論的分析結果については、3.(2) で述べたので、ここでは主にそれぞれの実験の結果について述べる。

(1) 実験1において各被験者はどれか一つの処理条件の ABS 付きの公共財供給ゲームで意思決定を 15 回行った。図1は、各回の条件

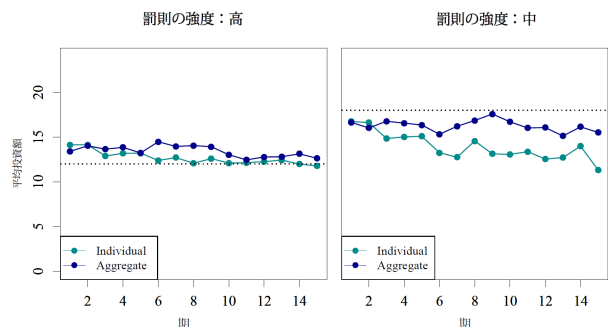


図1：実験1での平均投資額の推移

別平均投資額の推移を示している。左のグラフは罰則の強度が高い場合を表し、[仮説1] で予測された通り、フィードバック情報の違いは平均投資額に影響を与えていない。一方、右のグラフに示されている罰則の強度が中程度の場合においては、フィードバック情報の違いがよりよく出てくる後半では、Individualの方がAggregateよりも投資額が低くなっており、[仮説2]も支持された(最後の5期のグループ平均投資額を分析単位としたウィルコクソン順位検定の結果、 $P = 0.078$)。なお、実験1の研究は、早稲田大学所属の船木由喜彦教授と高知工科大学所属の上條良夫教授との共同研究である。

(2) 実験2の結果

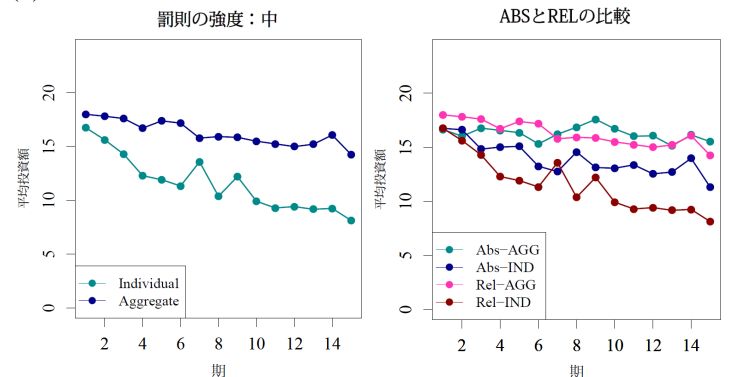


図2：左：実験2での平均投資額の推移、右：罰則の強度が中の場合のABSとRELの比較

実験2における平均投資額の推移は図2の左図で確認することが出来る(最大投資額は24)。図からも明らかなように、罰則制度がRELの場合も、個人ごとの選択結果が確認できるIndividualフィードバック条件の方がAggregateよりも平均投資額は低くなっており、この差は統計的に有意である(全ての期のグループ平均投資額を分析単位としたウィルコクソン順位検定の結果、 $P = 0.02$)。

REL付き公共財供給ゲームにおけるフィードバック情報の違いはFESSとナッシュ均衡の違いを用いて説明することはできない。しかし、Individual条件においては、一番低い投資をした人の投資額と、二番目に低い投資をした人の利得が全体の中で一番高くなっていることを確認することができる。後者の情報があるため、二番目に低い投資額を目指

したい心理が強まり、前者の情報があるため、Aggregate よりも安心して二番目に低い投資を試みることができるのではないだろうか。この二つの要因により、Individual の方が Aggregate よりも全体的に投資額が低下するのではないかと考えられる。

本研究の目的上、より重要なのは実験 1 と実験 2 の結果を組み合わせた図 2 の右図となる。Kamijo et al. (2014) の結果、罰則の強度が中の場合には、ABS と REL では理論的にも実験結果でも差がないことが観察されていた。しかし、今回の実験 1 と実験 2 を組み合わせることにより、フィードバック情報の違いによって ABS と REL に違いが生じることが分かった。各個人の選択結果がわからない Aggregate においては、Kamijo et al. (2014) と同様に両制度間で差がないことを確認することができた。しかし、各個人の選択結果がわかる Individual の場合には、REL の方が ABS よりもさらに投資額の減少幅が大きく、この差は統計的に有意である（全ての期の個人の平均投資額を分析単位としたウィルコクソン順位検定の結果、 $P = 0.01$ ）。今回の結果から、情報の与え方によっては絶対的罰則制度の方が有効となる可能性が示唆された。これは、分析対象の情報環境によって制度を使い分ける必要があることを意味し、制度選択上重要な示唆を与える結果である。

(3) 次に、パーシャルモニタリングについて検証した実験 3 の結果についてまとめる。3 研究方法内の【実験 3】でも述べたが、実験で分析していた数値においては、理論的には要求水準通りの投資を全員が行う良い均衡と要求水準未達の投資を全員が行う悪い均衡が存在する。良い均衡は ABS と REL の両制度に存在し、そこでの投資額は等しい。一方、ABS の悪い均衡は全員が全く投資をしない状態であるが、REL ではそれは均衡とはならず、全員が確率的にそこそこの投資をする混合戦略ナッシュ均衡が存在する。良い均衡は等しく、悪い均衡では REL のもとで平均的に投資額が高くなるため、実験においては REL の方が等しいかより良い投資額が観察されると予想された（[仮説 3]）。

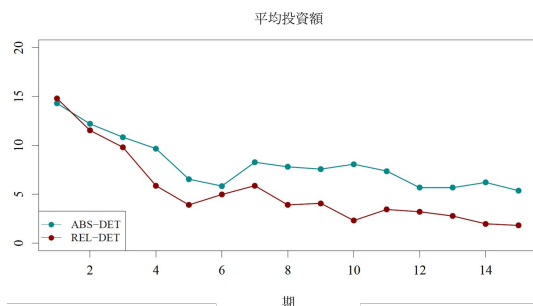


図 3：実験 3 における平均投資額の推移

実験の結果観察された平均投資額の推移（20 が最大投資額）は図 3 のとおりである。

[仮説 3] に反し、REL 制度のもとでの投資額の方が ABS よりも全期間を渡って低いことがわかる。この違いは、理論と異なる結果を被験者が選択していたため生じたわけではない。実際に生じていた選択を確認すると、ABS では均衡となっている要求水準と等しい投資かゼロ投資のどちらかに二分しており、REL ではゼロと要求水準の間の投資が多数観察された。これらは、理論の予測と整合的である。ABS と REL の違いは、良い均衡と悪い均衡が生じる頻度が両者で異なっており、ABS の方が良い均衡が多く観察されたことから生じている。ABS の方で良い均衡が多く観察された理由については、不明な点が多く、この点は今後丁寧に考察をする必要がある。

(4) 最後に、ABS においてフィードバック情報が人々の行動に与える影響を考察し一般化した結果、個々人にとって協力を選択することが個人合理的な環境下でも非協力行動が増加する可能性があることが分かった。公共財供給ゲームの公共財からのリターンであるパラメーターの値が 1 以上あり、そもそも協力することが合理的でナッシュ均衡である場合にも、投資をゼロとすることが FESS となるのである。ABS で観察された通りフィードバック情報が Individual の場合に FESS を選択する頻度が繰り返しとともに増加するのであれば、協力を選択するのが合理的であり社会にとって望ましい状態でもフリーライダーが増加してしまう可能性がある。この点を検証するため、Individual と Aggregate なフィードバック情報を比較する実験を行った。

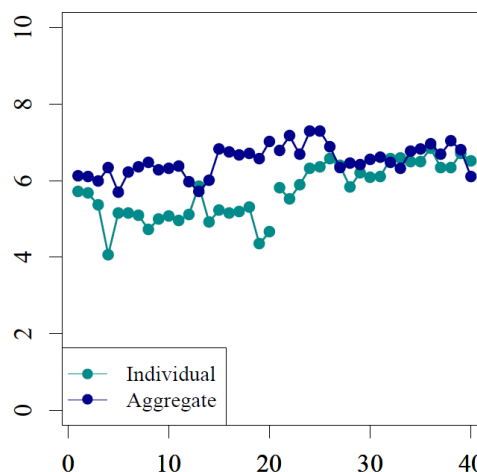


図 4：協力が合理的な公共財供給ゲームにおける平均投資額の推移

図 4 は実験における平均投資額の推移を表している（10 が最大投資額）。この実験では 20 回目でグループを組みなおし、実験を再スタートしているため、前半と後半で傾向

が異なる。前半の実験においては、Individual の場合は Aggregate よりも投資額が低かった。これは、ABS の結果と整合的であり、また情報環境によっては協力が合理的である場合にもフリーライダー問題が発生することを示唆する重要な結果である。一方、後半には両処理の違いがなくなっていることがわかる。なぜ後半で Individual の投資額が増加したかについては、今後の検討課題である。なお、実験4の研究は高知工科大学の上條良夫教授との共同研究である。

< 引用文献 >

1. L. Fiala & S. Sueten (2017) “Transparency and cooperation in repeated dilemma games: a meta study,” *Experimental Economics*, 20, 755-771.
2. Y. Kamijo, T. Nihonsugi, A. Takeuchi, Y. Funaki (2014) “Sustaining cooperation in social dilemmas: Comparison of centralized punishment institutions,” *Games and Economic Behavior*, 84, 180-195.
3. Nishi et al. (2015) “Inequality and visibility of wealth in experimental social networks,” *Nature*, 526, 426-429.

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)

[学会発表] (計 3 件)

竹内 あい、 “Learning to play the dominated strategy?: Experimental analysis of a Public Goods Game with Punishment Institution”、Logic, Game Theory, and Social Choice 8 and The 8th Pan-Pacific Conference on Game Theory、2015

竹内 あい、 “Learning to play the dominated strategy?: Experimental analysis of a Public Goods Game with Punishment Institution”、2015 ESA World Meetings、2015

竹内 あい、 “Learning to play the dominated strategy?: Experimental analysis of a Public Goods Game with Punishment Institution”、14th SAET Conference on Current Trends in Economics、2014

6 . 研究組織

(1)研究代表者

竹内 あい (TAKEUCHI, Ai)

立命館大学・経済学部・准教授

研究者番号：10453979