

教育用経済学実験の高等学校における実施2：負の公共財ゲーム 本郷中学・高等学校横山省一教諭による試みの分析

和田 良子

要旨

本研究は、大学での教育用実験として、2009年8・9月号の経済セミナー誌上で紹介した負の公共財ゲームを、本郷高等学校の横山省一教諭が高校での授業用に修正し実施した結果を、和田が分析したものである。

横山教諭は、実験の普遍的な教育的な効果と現代的な高校生向けの指導内容をリンクさせるために、環境問題についての国際的取組についての授業を行ったのち、実験を1回行い、実験の結果とその意味を解説したうえで2回目を行っている。1回目と2回目間の教育を加味しても、2回目にはグループ全体でみても学生の個別の意思決定でみても、より多くの負の公共財を多く外に出している。グループの構成員全員が全部のごみを外に出すというナッシュ均衡も2回目には見られた。

1. 実験の概要

負の公共財ゲームとは、和田・平瀬（2008）が考案したゲームであり、家庭ごみと呼ばれる一般廃棄物が、なかなか減少しないという問題に注目したものである。

和田・平瀬（2008）（2009）は、負の公共財であるゴミを自分で減らす努力をしないでコミュニティ内に出すことを抑制できるかどうか、抑制できるとしたらどのような場合かを様々な条件下で研究した一連の研究となっている。

ゴミの初期付与量から、自分で減らすか、コミュニティに出すかを決定するだけの意思決定を繰り返すだけの実験であるため、敬愛大学および慶應義塾大学の学生を被験者として教育用の実験としても時折実験を行ってきた。この実験のインストラクションを基に、本郷中学・高等学校教諭の横山省一氏が高校生向けに実験を修正して行った。この結果を、筆者がデータに基づいて分析する。

以下の議論で、ごみからの不効用はごみの量の線形関数であり、ごみの量を x とし、 $U(x) = -x$ であると仮定している。

ゲームの構造は以下の通りである。数理的な一般モデルは和田・平瀬 (2008) にあるため、ここでは、横山教諭が行った実験の設定で実験を記述することにする。

1. n 人の共同体を考える。全員のごみの初期付与量は10単位である。
2. 自分でリサイクルなどをして、減らすことができる。これを「自分で処理した分」と呼ぶ。プレイヤーを i としてその量を x_i で示すことができる。1単位処理するのに1のコストがかかる。
3. 自分で処理しなかった $(10 - x_i)$ 分は、自分が属する公共体に出す。
4. 公共体に出したごみの処理には1単位ごとに a のコストがかかり、構成するメンバー n 人全員でそのコストを負担する。

$$a \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (10 - x_i)$$

5. 自分で処理した分と、公共体で負担するコストの等分のものを合計して

$$x_i + a \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (10 - x_i)$$

が、各自が負担するごみ処理のコストとなる。

$n \leq a$ で無ければ均衡解を求めることはできない (和田・平瀬 (2008))。ナッシュ均衡戦略は、グループのプレイヤー全員がすべてのごみを外に出すか、プレイヤー全員がすべてのごみを自分で処理するかのどちらかになる。

和田・平瀬（2008）ではごみ出しを5回繰り返すと、被験者がごみ出しを繰り返すうちに、ナッシュ均衡戦略が増えることがわかっている。しかし、実験前にチープトークをするとその傾向が弱まることもわかっている。

2. 横山省一教諭による実験の修正と実験の実施

横山省一教諭（以下横山氏）は、本郷中学校および高校において、ゴミだし実験を実施した。国際的環境問題についての授業を行い、プリントに学習内容を記入させるなどの学習を行ってから、原則4人を1グループとして、ごみ出し実験を行っている。実験においては、ごみ出し実験を1回行った後に、実験の意味の解説をし、その後に再度同じグループで行い、最後に学んだことを記入してもらうという実施要領となっている。研究用実験はごみ出しを5回繰り返している。高校の授業時間が50分と短時間で、教育的な効果があるように配慮した修正であろう。またプロットとして、各生徒が一つの国であるとして、自国で発生したごみを他国に出すかどうかを決めるといったものが用いられている。

横山氏は、実施前に和田との打ち合わせなく、独自に高校生用に授業とセットで実験を行った。ここに横山氏の実施要領をそのまま添付する。時間配分を含めた綿密なプランをたて実施に臨んでいることがわかる。

授業内で実際に学生が手にした書き込み用のプリントは、以下の内容である。まず、最新の国際的取組についての授業内容についての学習は以下の通りである。

また、実験のインストラクションは、横山氏によって、高校生向けに極めて平易な言葉で書き直されている。このインストラクションが、実際に授業時間内に2回の実験を行ってコメントを記入してもらうまでの実施の成功に結び付いたものと考えられる。実際にこの実験を行うとわかるのだが、他の人がいくらごみを出したのかについての量を共有し、自分が手元

平成 24 年 2 月 18 日

東京私学教育研究所 文系教科研究会（社会）

ゴミだし実験

本郷中学高等学校
教諭（社会） 横山省一

1. ねらい

環境問題を解決するためには、人々の善意に頼るだけではなく、適切な制度設計（メカニズムデザイン）が必要であることを経済実験によって学習させる。

また規範意識が強すぎる考え方から、理論や現実へ目を向けることができるようにする。

2. 対象学年

この実験は中学生でも高校生でも学年に関係なく実施することができる。

3. 本時の位置づけ

報告者はゴミだし実験を地球環境問題の単元で実施している。教科書の該当箇所は別紙を参照。なお制度設計の重要性を取り上げるのであれば、他の単元でも実施可能であろう。

地球環境問題には 2 時間を割り振り、1 時間目は講義形式で授業を進め、2 時間目で本時の実験をおこなう。

4. 授業の展開

	生徒の学習活動	生徒の学習内容	教員の指導
10分	プリントの作業を通じて、環境問題への取り組みや京都議定書の内容を復習する。 CO2 を削減するために必要なことを考え、自分の意見を書く。	京都メカニズムについて復習する。また各国の削減目標は適切かどうか考える。	復習になるが、ていねいに説明し、知識の定着をはかる。
<p>・二酸化炭素を削減するために必要なことは、適切な制度を設計することである！ ・適切な制度設計とはどのようなものか？</p>			
5分	班分けをおこなう。3人か4人で一つの班を作り、A～D（C）国を誰にするか決める。		班のメンバーの氏名を記入する（1st、2nd 両方）。
5分	「ゴミだし実験」のルール説明を受ける。	「ゴミだし実験」のルールを理解する。	グループにゴミを出した場合、処理コストは 2 倍になるということだけ伝え、具体的な計算は示さない。

教育用経済学実験の高等学校における実施2：負の公共財ゲーム

5分	実験 1st 開始	<p>実験を通じてどのような行動が最適かを考え、プリントに記入する。</p> <p>他の数値の結果を見て、プリントの空欄を埋める。</p>	<p>自分が出す量を決めるときは、他人の出す量を見ないようにする。</p>
<p>・自分にとって最適な結果となっただろうか？</p> <p>・世界全体として、最適な結果が生まれただろうか？</p>			
10分	実験 1st 結果の確認と解説	<p>計算した結果、ゴミを出せば出すほど他国と比べた自分の処理コストは、相対的に少なくなる。しかし全体で見ると処理コストは増えているし、自分の処理コストも増えてしまうことを理解する。</p>	<p>最初は1グループだけ実際に計算を示し、他のグループは自分で結果を計算する。</p> <p>次に「1カ国だけ裏切った場合」という極端な例を示し、比較することを通じて、この実験の仕組みに目を向けさせる。</p>
5分	<p>実験 2nd 開始</p> <p>じゃんけんで負けた人を一人 free rider として10のゴミを出すこととする。</p> <p>結果の確認と解説</p>	<p>free rider が存在することが分かっている場合はよりグループへの排出量が増えることを理解する。</p>	<p>時間がある場合にのみ、「free rider」という語句を取り上げる。</p>
10分	<p>まとめとして、問題を解決するための方法を考え、意見を書く。</p>	<p>環境保護を実現するためには、善意に頼るだけではなく、適切な制度設計が必要だということを理解する。</p>	<p>プリントの6を書かせる。</p> <p>プリントを回収する。</p>
<p>・全体にゴミを出すと「処理コストが2倍になり、それを全体で平等に負担する」という「仕組み」がおかしい。</p> <p>・「全体にゴミを出したら税金がかかる」「ゴミ袋を有料にする」などの「仕組み」にすれば（つまり制度設計を改善すれば）処理コストを減らせる（気持ちに頼るだけでは難しい）。</p>			

4. ゴミだし実験をしてみよう！！

(1) ルール

- ① 1つの国は10のゴミを持っている。
- ② 自国で処理する場合、ゴミ1つにつき1の処理コストがかかる。
- ③ グループ内にゴミを出すと、その処理コストは2倍になる。
- ④ グループ内に出されたゴミの処理コストは各国で平等に負担する。

(2) 進行

- ① 班分けをして、A～D国を決めよう。
- ② グループにゴミを出す量を決め、3. 記入表の「出した量」に記入しよう。
⇒ 他のメンバーの数値を見ないように！！
- ③ 残りを「自国で処理した量」に記入しよう。(つづきは授業で)

学生がゲームの戦略および結果を記入するプリントは以下のようになっている。

5. 記入表

1st 実験

国 氏名	項目	グループ に出した 量	グループ に出した 量の2倍	ア÷4 (3)	自国で処 理した量 (4)	処理コス トの合計 (3) + (4)	すべて自 国で処理 した場合 のコスト
A国							10
B国							10
C国							10
D国							10
	合計		ア				40

2nd 実験

国 氏名	項目	グループ に出した 量	グループ に出した 量の2倍	ア÷4 (3)	自国で処 理した量 (4)	処理コス トの合計 (3) + (4)	すべて自 国で処理 した場合 のコスト
A国							10

B国					10
C国					10
D国					10
合計		ア			40

6. 処理コストを減らすためには、どうすればいいだろうか？

高校 年 () 組 () 番 名前 _____

3. 分析

3-1. 結果の分析

ゲームとして学生たちがとった戦略を分析すると、ごみをグループに出した量は、2回目のほうがやや多く、1回目の合計1002に対して、2回目が1120である。個人で見ると、グループに出した量が1回目より2回目のほうを増やしたものが、171国中、149国と70%に上る。2回目にグループに出した量を増やした個人が多かったものの、2回目にグループに出した量を減らした個人のごみの減らし方が大きかったために、全体でみて10%程度のごみの増加にとどまっていることがわかる。

ごみを出す量を最大の10にしたナッシュ均衡戦略を取った学生がどの程度いたかをみてみると、1回目も2回目も10出した学生は171人中、26人(15%)であり、1回目だけ10出したのは20人(12%)、2回目だけ10出した学生は66人(39%)、となっている。この理由は、研究用実験の結果か

らは十分予測可能な傾向だったのだが、1回目のあと横山氏が実験の意味を解説したにもかかわらず、あるいはむしろそのために、2回目にナッシュ均衡戦略を取った可能性もある。

自国ですべて処理するというナッシュ均衡戦略を取った学生がどの程度いたかをみてみよう。1回目に出したごみの量が0であったのは、32国であり、そのうち、2回目にも0を出している学生が11人存在した。1回目0であったにもかかわらず、仲間の裏切りを知ったためか、2回目にはただ乗りを決め、10出した人は、10人となっている。残りの10人は、1回目には自国ですべて処理し、外国にださなかったのに、2回目には1～9を出している。グループの結果は次の通りである。1回目より2回目のほうが少ないグループは43グループ中13グループ（30%）、1回目より2回目のほうが多いグループは43グループ中30グループ（70%）、2回目が1回目の倍の量であるグループは43グループ中5グループ（12%）、2回目が1回目の半分の量であるグループは43グループ中4グループ（9%）、全員が1回目より2回目のほうが少ないグループは43グループ中0グループ（0%）

3-2. 教育効果

実際の学生のプリントへの記入をみると、あだ名で名前を記入したり、右側の学習欄に何も記入されていなかったりと、真剣さに欠けるものもわずかだがみられた。各学生の戦略からは、複数の解釈が可能であるため、どの程度学生が問題を理解していたかについては、コメント欄を見ることが有効である。

全学生の人数は、172人であり、対象学年はすべて高校2年生である。本郷高等学校が男子校であることから、全員男子である。

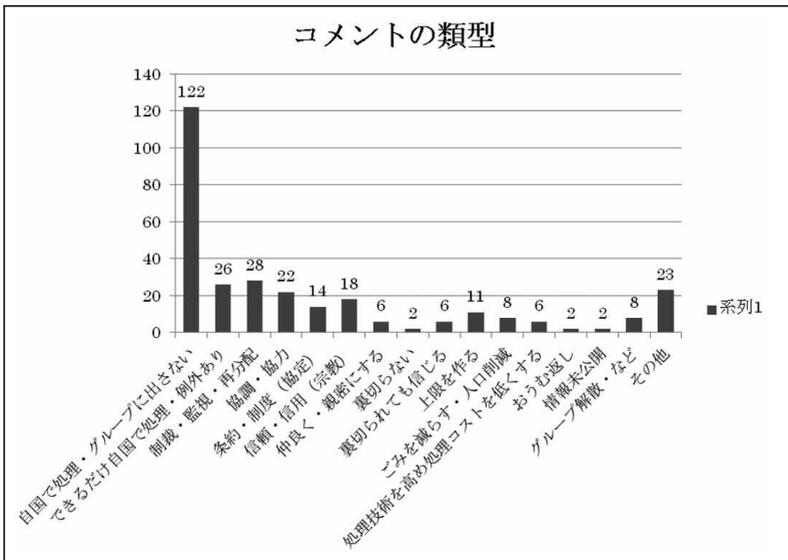
コメントの未記入はわずか31人であり、18%にとどまっている。限られ

た時間内で、テストではないこと、当該教科（公民）が受験に直結していない学生の存在などを考慮にいと、高い記入率である。また、その内容もきわめて多岐にわたっており、同じグループ内で全員が同じ回答を記入したグループは、驚くことに43グループ中一つもなかった。

学生のコメントはバリエーションとオリジナリティに富んでおり、自力で考えを考えて記入した事実がみとれる。実験の考案者の一人である和田にとっても、学生の考えを予測することができなかったものがある。これは、横山氏の教育的な措置が正しく、教員が実験後ただちに正解を解説してしまうよりも、ずっと高い教育効果がでているものといっていだらう。

全コメントの集計結果をグラフで紹介する。コメントが「自国ですべて処理し、守らない国は制裁する」などになっていることがあるときには、「自国で処理・グループに出さない」と「制裁」の両方に1を入れているため、コメント数は150を超えている。

このコメントの内容と、先ほど観察したナッシュ均衡戦略との関係のみ



てみると、最も多いコメントは、「自国で処理する」であるが、「制裁」「ごみの処理量に上限を設ける」などの制度設計にもたどり着いている。また驚いたことに、「処理技術を上げてコストを削減する」「ごみそのものを減らす」といった、実験中自分たちが動かせなかった変数についてのコメントもあり、多くの学生がこの問題をよく理解し、自分なりに負の公共財問題の解決策を考えたことがわかる。横山氏の実験は目的以上のことを達成しているといつてよい。

コメントの中には特筆すべきものがあるので紹介する。国家の予算問題として環境問題への取り組みをとらえているものに、「基本的に自国で処理し、財政悪化のときだけグループに出していいとする」というものがあった。裏切った国への対処を真剣に考えた結果、「すべての国が自国で処理する。裏切った国は併合する」というものがあった。裏切った国への対処の仕方として、道義的ではないものの独創性の高い考え方である。また、信頼しあうための方策として、「すべての国が、同じ信念を持つために同じ宗教に入る」というものもある。これは強制的に信頼関係を作ることである。いずれの例も、戦争を想起させる。これは、学生がゲームやコミックスなどを通じて、他国を侵略していくという考え方に慣れているためであろう。倫理的問題がないとはいえないが、強制力を持つ方策を考えているという意味では一歩進んでいるといつてよいのではないだろうか。

横山氏自身は学生の感想から、特に、学生が倫理的な考えに沿うだけで、理論的な帰結を学ばない点に疑問にもち、反省点として挙げているので、以下に示す。さらにあり得る改善方法についても挙げている。効果が予想できるものとして、自分がコミュニティのリーダーであり、削減を義務付けられているといった役割があれば、全体のことを考えて、問題の本質を理解できるのではないかという意見がある。2012年度中にそのような設定を作り、実験を行ってみよう依頼している。

反省（2011年2月1日）

- ・ 全体的にうまくいった。1回分の授業として、使える授業になってきたと思う。
- ・ プリントを回収してから、「ゴミを出すと損をする仕組み（たとえば出したゴミに税金をかける、ゴミ袋を有料にする、など）づくりが大事」という解説をしたが、これはいい流れだったと思う。なるほど、という声が上がった。
- ・ 拡大プリントは1stと2ndを分ける必要はなかった。同じ表を使うわけだし。書き込むときのチョークは赤と青であれば、後ろでも見える。白・黄色は見えない。
- ・ 1stでは無理やり比較をしなくてもいいかもしれない。ゴミを10出したものは得をして、少ないゴミしか出さなかったものは損をする、しかし全体的にはゴミを出せば出すほど処理コストは増えてしまう、ということが解説できればいい。
- ・ 授業の最初で「環境問題に対応するためには、善意だけに頼ってはダメで、ゴミを出さない仕組みづくりが大切。その仕組みの一例が京都メカニズムである」と話をした。つまりネタバレをしたわけであるが、それでもプリントの最後の設問でメカニズムデザインの重要性について書いている生徒はひとりもいなかった。みんなが自国で処理をするようにすればいい、というような善意に頼る解答しかなかった。
- ・ どうして善意に頼る解答ばかりで、仕組みづくりにまで考えが及ばないのか？教育の問題もあるだろうが、こちらの指示を工夫するといいいのかもしれない。たとえば、「自分がUNEP（国連環境計画）の職員で環境問題を解決する方法を提案しなければならないとしたら、どんな提案をしますか？」などの設問に変えるべきかも。

引用文献

- 和田良子「やってみる！ 経済学—教育用実験のススメ vol.3 環境経済学：「排
出権取引」実験 和田良子」日本評論社、経済セミナー2009年8・9月号
- 和田良子・平瀬和基（2008）「負の公共財に関する動学的不整合性は避けられ
るか？—実験による検証—」
- 敬愛大学 経済文化研究所紀要 第13号、155-182
- 和田良子・平瀬和基（2009）「廃棄物投棄のメカニズムに関する考察—実験に
よる検証—」
- 敬愛大学 経済文化研究所紀要 第14号、295-315