

罰則 vs 将来思考：共有プール資源の持続可能性

1170443 竹本 圭佑

高知工科大学マネジメント学部

1. 概要

社会の持続可能性を考える際には、資源をいかに管理するのかというのは避けては通れない問題である。とりわけ共有プール資源は競争性があるため、資源の持続可能性が損なわれやすい。そこで本研究は Common Pool Resource game(CPR game)を用い、Punishment または将来思考を行うことによって共有資源の持続可能性を高めることができると仮定した。Punishment グループには CPR game 内で過剰な採取を行ったときのみ、罰として獲得利得の没収を行った。将来思考グループには、ゲーム開始前に 10 ピリオドまでゲームが進む状況を、表とグラフを用いて考察してもらった。結果 Punishment は CPR game の持続性には影響がなかったが、将来思考を行ったグループは他のグループよりも平均して長いピリオドゲームを行うことが観察され、さらに統計的に有意な結果が観測された。

2. 序論

世界中のどの地域にかかわらず、資源管理は重要な問題の一つであり、これから深刻化する可能性も大いにありうるものと考えられる。自然資源が公に提供されており、かつ競争性も存在するとき、その資源は基本的に共有資源と表される。これを将来の世代に残すことを考えると、共有資源、例えば漁場や森林などの管理には匿名他者と協力し管理し、一定量を残し続けていくことが必要である。しかし現代に生きる人々は近視的な行動を起こしがちで、今現在の利益を追求することに固執してしまう。資源の枯渇に関する問題はそういった人間の習性も背景にあるといえよう。そうした問題を受け、どのようにすれば人々の資源に対する持続可能性を高めることができるのかを実験を用いて研究した。

Timilsina (2017) らは CPR game を用いネパールにおいて都会に住んでいる人間よりも田舎に住んでいる人間のほうが持続可能性を意識した行動をすること、また向社会的な人間がグループに多いほうが持続的な行動を選択する傾向にあ

ることを実験によって示している。また異世代間での共有資源管理における人間行動を、経済ゲームを用いて Fischer(2003)らには実験した。その結果、被験者は資源の成長速度にかかわらず楽観的に行動し、自らの資源採集のレベルを減少させることはなかった。Botelho(2014)らには CPR game に自然界の不確定性を導入した。彼らはそのなかで、資源が損なわれる不確実性が高いゲームと低いゲームをデザインし、不確実性が高いゲームをプレイする被験者は比較的ゲームをすぐに終わらせようとする傾向を発見している。

本実験では、(i) 資源が急速に採集された時に罰としてその資源を没収することが共有資源の持続可能性を高める(ii)人々が将来にも資源が継続するということをいちど思考すれば、共有資源の持続可能性を高めるという二通りの仮説を立てた。これらの仮説に基づいて二種類のトリートメントを被験者に施した。

3. 実験手法

この教室実験では zTree を用いて Common Pool Resource game (以降 CPR game) をプログラム化し、コンピューター上で実験を行った。被験者は四人一組のグループに分かれるが、各被験者は自分のグループメンバーを知ることはなく、またコミュニケーションをとることも出来ない。被験者には、グループメンバーが実験中に変化することはないことを告げた上で、ゲームは行われた。被験者にグループごとに与えられる資源は x_t と示され、ゲーム内ピリオドが進むにつれて $t=1,2,\dots$ と増加する。初期資源の x_1 には 120 が与えられており、この資源はポイントと説明している。各ピリオド t の開始時に被験者は、自分の取り分 $y_{i,t}$ を決定し入力する。ピリオド終了直前には、グループに与えられた資源から各被験者の要求する獲得資源の合計が引かれたもの S_t が計算され、ピリオド t におけるグループメンバーの要求した獲得資源の合計は $\sum_{j=1}^4 y_{j,t}$ 、そして最終的に $S_t = x_t - \sum_{j=1}^4 y_{j,t}$ と計算される。 $S_t \geq 0$ であるとき、個人の獲得資源は $\pi_{i,t} = y_{i,t}$ となる。ま

た $S_t < 0$ となったとき、個人の獲得資源は $\pi_{i,t}$ は単純に $y_{i,t} = \frac{x_t}{4}$ とする。獲得資源の合計が引かれたもの S_t は各ピリオド t で残った資源と考えられ、資源活動の流動を規定する。資源活動のルールは以下のように明示される。

$$x_{t+1} = \begin{cases} 1.5S_t = 1.5(x_t - \sum_{j=1}^4 y_{j,t}) & S_t > 0 \\ 0 & S_t \leq 0. \end{cases} \quad - (1)$$

このモデルでは、次のピリオドの資源 x_{t+1} が該当ピリオドの残り資源を元手に 50%増加し、 $S_t \geq 0$ である限り今ゲームは継続する。(残り資源は常に正の値である。) それ以外の場合、資源が採取しつくされ、この CPR game は終了する。

この CPR game では、現実の状況に近づけるため、時間で割引を導入している。zTree プログラム内に割引要素のためのランダム変数 ρ を設け、 $\rho = 0.95$ である場合のみ、ゲームの継続を可能としている。これは各ピリオド t 開始時に適用され、条件に満たない場合ゲームはその時点で終了となる。つまり各ピリオド95%の確率でゲームは継続し、5%の確率でゲームは強制終了となる。条件を要約すると、この CPR game はグループに与えられた共有プール資源が採りつくされた時 $S_t < 0$ 、ないしはランダム変数によって5%の確率で終了となる。この資源が採りつくされた場合、またランダムで強制終了となってしまったピリオドを、我々は”Terminal Period”と呼称する。これが今実験における、持続可能性の指標である。

この実験には三種類の被験者がおり、(i)コントロール(ii)トリートメント1(iii)トリートメント2というように分かれている。(ii)のグループに対しては、ゲームのピリオド終了時にグループの残り資源 $S_t < 40$ となった場合、グループメンバー全員に等しく10ポイントをPunishmentとして没収する。この操作はプログラム上で自動的に行われ、かつ該当ラウンドのみの一度だけのものである。(iii)のグループに対しては、ゲームを始める前に将来の思考を各個人に行ってもらった。(iii)の被験者は、被験者のグループがこのゲームを10ピリオドまで継続することができたと仮定し、そのうえで表と折れ線グラフを作成した。10ピリオド目のグループのポイントが120以上になるように作成してほしい旨を伝え、それ以外は

ゲームのルールに沿って自由に記載する。表には、各ピリオドにおけるグループのポイント、グループの獲得ポイント要求額、取り残したグループポイントの3つを表に記入し、折れ線グラフにはグループのポイントと取り残したグループのポイントをグラフにした。これら2通りのトリートメントを行った。

グループにかかわらず、被験者はピリオドの開始時に、何ポイントグループに与えられているのかが画面上に表示され、同時に自分のポイントとして、グループにあるポイントからいくら採るのかの入力を要求される。グループメンバー全員の要求が出そろえば、コンピューターがデータを処理し、結果が被験者に表示される。そこで表示されるのはグループメンバー全員のポイント要求額を合計したもの、被験者自身の獲得したポイント、そして取り残したグループポイントである。つまり被験者は、ほかの被験者の要求額をグループ単位でしか知りえない。そしてグループのポイントが採りつくされる、ないしはゲームが無作為に確率で終了となると、その時点で残っていたポイントが4等分され、ゲームが終了したことが表示される。(ii)のトリートメントグループにPunishmentが実行される時にも、結果が表示される前に10ポイント没収の操作が行われ、原点が行われた旨が被験者に伝わる。この CPR game が終了すると、被験者は順次質問用紙への記入を各自で行っていく。質問用紙は Social Value Orientation (SVO) game (Triple-dominant method)とその他個人の家族や生活の状況に関する情報を質問している。被験者には参加費と、SVO と CPR game の結果に応じた報酬を支払っている。参加報酬は500円であり、ゲームへの報酬は1ポイント10円として換算した。

4. 結果

香美キャンパス及び永国寺キャンパスの高知工科大学の学生に参加を呼びかけ、合計200人の学生が教室実験に参加した。香美キャンパスから100人の学生を(i)コントロールグループとし、永国寺キャンパスの56人が(ii)トリートメント1、44人を(iii)トリートメント2というように分けた。

Table 1 は各グループの要約統計である。コントロールグループでは、65%が男性であり、かつ SVO test によると47%が Proselfであった。またトリートメント1では77%が男性、

そして 68%が Proself であった。トリートメント 2 は 73%が男性、61%が Proself という結果であった。サンプルサイズは異なれど、香美キャンパスの学生よりも永国寺キャンパスの学生のほうが Proself の割合が高いようである。各グループの Terminal periods の平均値を見ると、コントロール・Punishment が 3.4, 3.64 であるのに対し、将来思考 は 5.63 とその他のグループを上回っている。

図 4.1、4.2 は Terminal Period に対しての、グループ別のヒストグラム、ボックスプロットである。図 4.1 のヒストグラムを見ると、コントロールグループと Punishment グループがどちらも 1,2,3 ピリオドの前半に偏っているのに対し、S 将来思考グループのヒストグラムは全体に散らばっている。また図 4.2 のボックスプロットにおいても、コントロールと Punishment グループと比較しても、将来思考 のほうが高い中央値となっている。

この Terminal periods の差異を Mann-Whitney test で検定を行った。まずコントロールグループと Punishment グループのデータを用いて Mann-Whitney test を実施した。結果は $P > 0.2272$ となり帰無仮説を棄却することはできず、統計的に有意な結果は得られなかった。次にコントロールグループと将来思考グループの比較を行った。こちらは $P > 0.0000$ という結果から帰無仮説を棄却でき、統計的にコントロールグループと将来思考グループの差は統計的に有意であるということが検証された。また Punishment グループと将来思考グループとの比較も行った。こちらも $P > 0.0000$ という結果が得られ帰無仮説を棄却し、これらグループの差は統計的に有意であることが証明された。

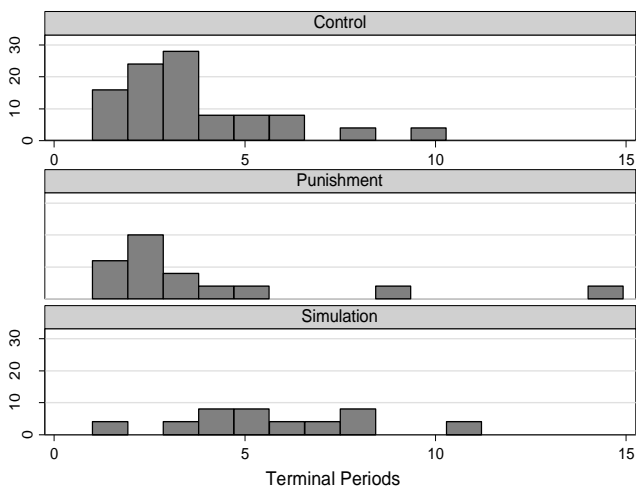
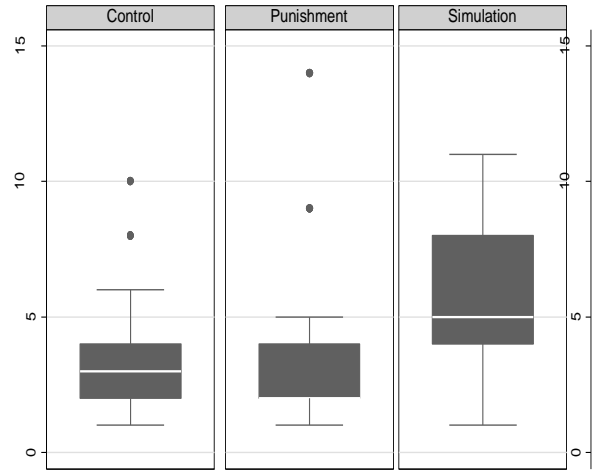


図 4.1 実験グループ別 Terminal Periods



Graphs by Treatment

図 4.2 実験グループ別 Terminal Periods

5.考察

本研究の目的は共有資源の持続可能性を高める要素を探求するために行われた。CPR game に Punishment そしてゲームの行く末を思考することをトリートメントとして導入し、ゲームが継続されるかどうかを検証した。Punishment グループに対しては、各グループがピリオド終了時に保持している資源が 40 以下になると被験者が獲得した資源から 10 没収するというルールを用いた。もう片方のトリートメントには、ゲームを開始する前に 10 ピリオドまで自分のグループのゲームが継続した時の内容を自由に考え、表とグラフに書き表すことで将来への思考を行った。実験の結果 Punishment は効果がないようであったが、将来思考を行ったグループはその他グループよりゲームを長く継続することができた。

今回の実験でゲームを継続するために必要なのは、グループの中で突出して資源を要求するものがおらず、グループメンバー全員が少量の資源を取り続けることが肝要である。第一ピリオドでの自分以外のメンバーの決定はその後の意思決定に大いに影響する。実験の結果は当初思い描いていたよりも少ないグループがゲームを継続した。この CPR game は次ラウンドに移行するときにグループにある資源が 1.5 倍される。本来被験者が取るべき理想の行動は、0 を要求し続けることである。第一ピリオドで与えるグループの資源 120 を継続し続けるには、グループの 4 人が 10 の資源のみを要求しなければならない。しかし実際には第一ピリオドに 0 を要求した被験者は極めて少なく、200 人の中でほんの数人であ

った。コントロールそして Punishment グループでは、非常に多くの被験者が 10 以上の資源を要求し、第一ピリオドでゲームを終了している。驚くべきは将来思考グループではほとんどの被験者が第一ピリオドにおいて 10 以下の資源を要求したことである。将来に対して思考することは過剰な採集に対して、かなり抑止的な効果を生むようである。

将来思考グループはゲームの Terminal period を伸ばすことができたものの、グループの資源量はそれほど大きくなかった。これは他のグループも同様である。これからの研究の一つの方向として、資源量を成長させることができる要素を考える必要があると思われる。また今回のレベルでは有効ではなかった Punishment ではあるが、10 以上の Punishment なら有効になるのか、あるいはその他別の方法で有効な Punishment が存在するかということも研究トピック足りうるのではないだろうか。

Table.1 簡易統計

変数	コントロールグループ(25 グループ 100 人)				
	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値
年齢 ¹	19.79	1.365484	19	18	25
性別 ²	0.35	0.479373	0	0	1
SVO ³	1.62	0.707535	2	0	3
Terminal periods ⁴	3.4	2.201928	3	1	10
個人の獲得ポイント ⁵	38.55001	17.6518	33.75	2.367188	120
Prosocial な個人の獲得ポイント ⁶	39.20984	20.01385	34.5	2.367188	120
変数	Punishment(14 グループ, 56 人)				
	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値
年齢 ¹	19	0.815236	20	19	22
性別 ²	0.321429	0.471251	0	0	1
SVO ³	1.339286	0.580808	1	0	3
Terminal periods ⁴	3.642857	3.549282	2	1	14
個人の獲得ポイント ⁵	31.80273	23.25732	24.4372	3.75	142.21
Prosocial な個人の獲得ポイント ⁶	27.65064	16.386	22.9375	3.75	56.54688
変数	シミュレーション(11 グループ, 44 人)				
	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値
年齢 ¹	20.31818	0.707854	20	19	22
性別 ²	0.272727	0.450511	0	0	1
SVO ³	1.431818	0.728098	1	0	3
Terminal periods ⁴	5.636364	2.668428	5	1	11
個人の獲得ポイント ⁵	59.47568	33.74981	53.75	1.863281	183.3262
Prosocial な個人の獲得ポイント ⁶	69.04132	21.59225	64.875	45	114.6992

¹年齢は実年齢そのままとしている。

²ダミー変数。0 を男、1 を女とする。

³この SVO はダミー変数であり、Competitive, individualistic, Prosocial, Unidentified をそれぞれ 0,1,2,3 としている。

⁴ CPR game 終了までに要したピリオド数

⁵個人が CPR game 終了までに獲得したポイントの合計である。

⁶SVO によって Prosocial とされた被験者の獲得ポイントの総計である。

6. 参考文献

- ・ Timilsina, RR, Kotani K, and Kamijo Y., 2017. Sustainability of common pool resources, *PLoS ONE 12(2)*: e0170981, doi:10.1371/journal.pone.017091
- ・ Fischer, M.E., Irlenbusch, B. and Sadrieh, A., 2004. An intergenerational common pool resource experiment. *Journal of environmental economics and management*, 48(2), pp.811-836.
- ・ Botelho, A., Dinar, A., Pinto, L.M.C. and Rapoport, A., 2014. Time and uncertainty in resource dilemmas: equilibrium solutions and experimental results. *Experimental economics*, 17(4), pp.649-672.