

# 不確実性と多様性が協力形成に及ぼす 影響に関する公共財ゲーム実験

戸梶 晃<sup>1</sup>・織田澤 利守<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail: 1864205t@stu.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 神戸大学大学院教授 工学研究科市民工学専攻 (同上)

E-mail: ota@opal.kobe-u.ac.jp

地域住民らによる共同活動組織である地域コミュニティでは、地域のさまざまな課題の解決を担っており、今後の地域社会においても必要不可欠である。しかし、地域コミュニティでの共同活動の成果は公共財的な性質を有しており、共同活動に参加せずその恩恵だけを受取るフリーライダー問題が介在する。その問題に対し、罰則によってフリーライドを抑制することで、協力を促進させるという考え方が主流であった。ここで、自殺希少地域のひとつである徳島県旧海部町におけるフィールドワークでは、不確実性と多様性が存在する場合は、フリーライドに対して寛容に振る舞うことで間接的互酬性を育み、協力の形成を促進することが示唆された。本研究ではこの仮説を検証するために、不確実性と多様性を導入した公共財ゲームの実験を行った。そして、公共財ゲームにおける個人の戦略意思決定の構造を明らかにするために、ロジットモデルによるパラメータ推定を行った。その結果、グループ内で協力が十分に形成されていないにもかかわらず、条件の良いプレイヤーはフリーライドに対して寛容な振る舞いをする傾向があることがわかった。

**Key Words :** *public goods game, uncertainty, diversity, tolerance, conditional cooperation*

## 1. はじめに

地域住民らによる共同活動組織である地域コミュニティでは、地域のさまざまな課題の解決を担っており、今後の地域社会においても必要不可欠である。しかし、このような共同活動の成果は公共財的な性質を有しており、共同活動に参加せずその恩恵だけを受取るフリーライダー(ただ乗り)問題が介在する。その問題に対し、既往研究では、裏切りへの報復<sup>1)</sup>、相互監視<sup>2)</sup>、他者からの評判形成<sup>3)</sup>などにより、フリーライドを抑制するという考え方が主流である。しかし、実際の地域コミュニティにおいては、老若男女多種多様な構成員が存在し、健康状態やさまざまな事情により協力が困難になるケースも少なくない。ゆえに、フリーライドを抑制することで形成される協力関係は、コミュニティにある種の「息苦しさ」をもたらす。そのような不確実性を有するコミュニティにおける協力形成について、自殺希少地域のひとつである徳島県旧海部町を調査した岡(2012)<sup>4),5)</sup>による研究では、多様性重視、条件付き協力、間接的互酬性の3点を、協力形成の要素として取り上げている。ここで、多様性重視とは、コミュニティにいろいろな人がいた方がいいという考え方である。条件付き協力とは、「できる人ができることを頑張る」というように、協力することが容易な状況下

において協力することを表す。間接的互酬性とは、「情けは人の為ならず」というように、協力することが困難な相手の非協力的行動に対して寛容に振る舞うことで、自分にそのような状況が訪れた際にその「情け」が巡り巡って自分に返ってくることを表す。この3つの要素を持つコミュニティは、旧海部町が自殺希少地域のひとつであるように、「生き心地の良い」コミュニティであるといえる。

本研究においては、このような「生き心地の良い」コミュニティの形成を目指して、不確実性と多様性を有するコミュニティにおいて、条件付き協力や間接的互酬性によって協力が醸成されるかを、公共財ゲームの実験により実験的に検証する。

## 2. 既往研究と本研究の位置付け

### (1) 既往研究の整理

前章でも紹介した岡(2012)<sup>4)</sup>による研究では、自殺希少地域である徳島県旧海部町におけるフィールドワークにより、「生き心地の良い」コミュニティを形成するに至ったメカニズムについて社会科学的な知見を与えた。

この研究をもとにした大高(2021)<sup>6)</sup>による研究では、2者間での繰り返し囚人のジレンマゲームの枠組みに、「不確実性」と「異質性」を導入した上で数値シミュレー

ションを行い、長期的な協力形成に対する示唆を与えた。この研究における「異質性」は、プレイヤーが協力することに対する負担のバリエーションとして、「良い(g)」「普通(n)」「悪い(b)」の3種類の「状態」を付加することで、2者間のゲームにおいて自分と相手が異なる「状態」に直面することによって表現する。また、「不確実性」とは、3つの「状態」が確率的に生起することにより表現している。この研究から、長期的な均衡状態において、寛容な戦略は従来のしつぺ返し戦略などよりも優れた振る舞いをする条件があり、単独で協力する主体の出現や相互非協力行動の減少を誘発することが明らかになった。しかし、この研究の枠組みに用いられた2者間での繰り返し囚人のジレンマゲームでは、そもそもフリーライドがしにくい設定であり、地域コミュニティにおける複数人での協力形成に対しては説明ができない。

岡(2012)や大高(2021)との関連の深い研究として、Brandts & Schram(2001)<sup>7)</sup>による研究を紹介する。この研究では、支配戦略がそれぞれ異なるような不確実な状況下における公共財ゲームを実施している。その結果から、実験参加者は必ずしも支配戦略を選択するわけではなく、多様な行動を選択することがわかった。そして、実験参加者の行動は他の参加者の行動に影響されやすく、相互依存的であることがわかった。このことから、不確実な状況下においては、条件付き協力が達成されることが示唆される。

**(2) 本研究の位置付け**

本研究では、多様な主体によって構成された不確実性のあるコミュニティにおいては、「できる人ができることを頑張る」という条件付き協力が見られるという仮説を設定し、公共財ゲームの実験によって仮説の検証を行う。

本研究で取り扱う公共財ゲームでは、大高(2021)<sup>6)</sup>の繰り返し囚人のジレンマゲームを参考に「不確実性」と「多様性」を導入する。そして、「不確実性」があるゲームの下で「多様性」の条件を変化させた実験を実施する。分析の際は、「多様性」の条件が参加者の協力の意思決定にどのように影響しうるかを、非集計ロジットモデルによる回帰パラメータを推定することによって明らかにする。具体的には、協力する際の負担が軽い者が、それ以外の者と比較して、「前回の協力人数」と「協力者の減少」に対してどのように反応するかを明らかにすることで、仮説を検証する。

**表-1 状態とコストの対応**

状態 (凡例)	とても良い (E)	良い (G)	普通 (N)	悪い (B)	とても悪い (W)
協力コスト $c_i$	100	250	400	400	400
ベースコスト $b_i$	0	0	0	150	300

**表-2 状態と生起確率**

状態 (凡例)	とても良い (E)	良い (G)	普通 (N)	悪い (B)	とても悪い (W)
生起確率	1/6	1/6	1/3	1/6	1/6

**表-3 状態の相関関係(例)**

Player	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
完全相関	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
強相関	G	G	G	G	G	G	G	G	W	N
弱相関	G	G	G	G	G	W	B	N	N	E
無相関	G	G	W	W	B	N	N	N	N	E

**3. 実験の方法**

本研究では、神戸大学の学生 20 人を実験参加者として、1 グループ 10 人での公共財ゲームの実験を group1, group2 の 2 グループに分けて実施した。各プレイヤーは毎回のゲームで協力が非協力を自由に選択する。ここで、1 回の公共財ゲームでプレイヤー  $i$  が得る利得  $\pi_i$  を式 (1) のように定式化する。

$$\pi_i(k_i) = 70 \sum_{j=1}^{10} k_j - b_i - c_i k_i \tag{1}$$

ここに、 $k_i$  は協力ダミー ( $k_i = 1$ : 協力,  $k_i = 0$ : 非協力),  $c_i$  は協力コスト,  $b_i$  はベースコストを表す。すなわち、プレイヤーは協力の有無によらず  $b_i$  だけ支払い、さらに協力するときには  $c_i$  を支払ったうえで、協力人数に応じた配当  $70 \sum_{j=1}^{10} k_j$  を得る。

ここで、地域コミュニティにおいて、構成員 1 人に対する健康状態や協力に対する困難さが経時的に変化することを表現するために、5つの「状態」を表-1 のように定義する。状態が良いほど協力コスト  $c_i$  は安く、状態が悪いほどベースコスト  $b_i$  は高く設定する。なお、いずれの状態においても、非協力が支配戦略となる。

そして、サイコロの出目によって、普通(N)は1/3, それ以外は1/6の確率で各状態が割り振られることにより、不確実性を導入する(表-2)。プレイヤーは毎回のゲームにおいて、サイコロの出目によって自身の状態を決定したうえで、協力/非協力の選択を行う。

本研究では、グループ内での状態の相関関係を「多様性」と定義し、相関の強弱によって4つの条件を設定する。表-3はその一例である。そして、group1では

表-4 各回における最多の状態 (group1)

試行回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
完全相関	E	B	E	G	G	N	G	E	E	B
弱相関	E & N	N	W	E	W	G	E	B	N	N

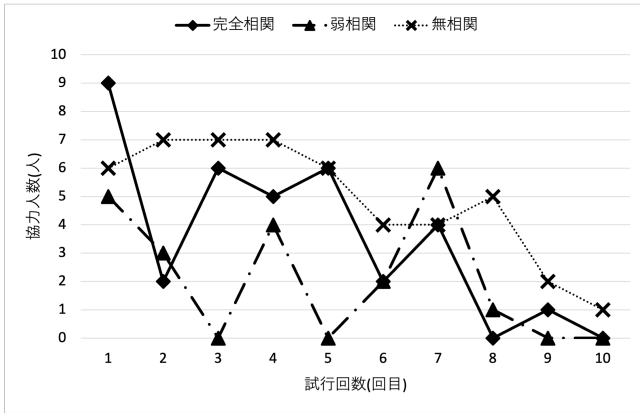


図-1 協力人数の推移 (group1)

表-5 各回における最多の状態 (group2)

試行回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
完全相関	E	B	E	G	G	N	G	E	E	B
強相関	E	N	W	E	W	G	E	B	B	G

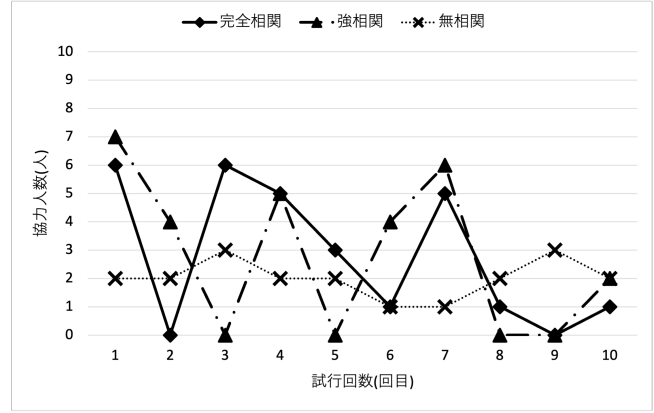


図-2 協力人数の推移 (group2)

完全相関→弱相関→無相関の順で、group2では完全相関→強相関→無相関の順で多様性の条件を変えながら公共財ゲームの実験を各10回実施する。

実験終了後には、実験で得られた利得の合計に応じて、7cm四方の折り紙で折り鶴を折るタスクを課す。これは、実験参加者に利得の最大化を動機づける目的で行うものである。

#### 4. 分析手法

本研究では、グループ全体での協力形成に着目した集計分析と、プレイヤー1人1人の協力選択に着目した非集計分析を行う。集計分析では、1回のゲームごとに各状態の生起人数、協力者数を集計したうえで、分析を行う。非集計分析では、不確実性と多様性の条件が、プレイヤーが協力をを選択する確率にどのように影響しうるかを、ロジットモデルによる回帰パラメータ推定により分析する。

#### 5. 分析結果

##### (1) 集計分析

今回のゲームにおいて条件付き協力が見られたかどうかを、各回における最多の状態(表-4, 表-5)と協力人数の推移(図-1, 図-2)から考察する。相関がある完全相関, 強相関, 弱相関の条件下では、状態の良いE,Gのプレイヤーが多いと、協力人数が多い傾向が見られる。一方で、状態の悪いB,Wのプレイヤーが多いと、協力人数が少ない傾向が見られ、0人になることもあ

る。また、相関が強いほど、協力人数の変動が大きいことが読み取れる。このように、非協力が支配戦略にもかかわらず、状態が良い人が多いときは協力することから、条件付き協力が見られ、相関が強いほどその傾向が強くなる傾向が示唆される。

また、それぞれの相関条件において、1人当たりの協力回数の平均値に差がないことを、一元配置反復測定分散分析(Repeated Measures ANOVA)によって検定を行った。この分析は、相関条件による協力回数の処置効果を図るものである。group1においては、有意水準5%で平均値が等しいという帰無仮説が棄却される( $F = 23.84, p = 0.00$ )。ゆえに、相関の条件によって1人当たりの協力回数に有意差があるといえる。一方で、group2においては、有意水準5%で平均値が等しいという帰無仮説は棄却されず、採択される( $F = 1.19, p = 0.328$ )。ゆえに、相関の条件によって1人当たりの協力回数の平均値に有意差があるとはいえない。今回の結果からでは断定はできないが、相関条件の違いによって平均協力回数に影響を及ぼす可能性があることが示唆される。

表-6 パラメータ推定結果 (group1+group2)

	総計 cooperation	完全相関 cooperation	強相関/弱相関 cooperation	無相関 cooperation
cooperators	-0.383*** (0.103)	-0.247 (0.207)	-1.123*** (0.324)	0.172 (0.310)
st12.co	0.538*** (0.0852)	0.236 (0.164)	1.020*** (0.292)	0.857*** (0.207)
decrease	-2.025*** (0.494)	-0.713 (0.969)	-3.956*** (1.247)	-1.068 (0.935)
st12.decrease	1.964*** (0.497)	1.453* (0.847)	1.670 (1.018)	1.179 (1.172)
iterations	-0.213*** (0.0698)	-0.469*** (0.164)	-0.492** (0.214)	-0.102 (0.160)
freeriders	-0.638*** (0.227)	0.000 (.)	0.832 (0.899)	-0.634 (0.609)
_cons	3.162*** (1.077)	3.278* (1.808)	3.495 (2.796)	-1.018 (2.689)
N	392	128	128	136
pseudo R <sup>2</sup>	0.315	0.362	0.412	0.478

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 

## (2) 非集計分析

非集計分析では、協力のとき1をとる協力ダミー cooperation を非説明変数に入れて、表-6 に示す各種説明変数を用いてパラメータ推定を行った。なお、プレイヤー個人に割り振った個人ダミーについては表-6 では省略する。

その結果から、状態が良好でない N,B,W のプレイヤーは、コストが比較的高いために、前回の協力人数が多くなればなるほど、ならびに協力者が減少したときにフリーライドを選択する傾向が見られる。その一方で、状態が良好な E,G のプレイヤーでは、コストが比較的安いために、前回の協力人数が多い状況では協力する傾向が見られ、協力者が減少した際も協力を維持する傾向が見られる。このことから、非集計分析からも条件付き協力が達成されたことが示唆される。

また、各相関条件において比較すると、無相関条件と比較して、ある程度相関がある強相関/弱相関条件の方が、条件付き協力が強くはたらくことが示唆される。

## 6. 本研究のまとめ

本研究では、不確実性と多様性を有する地域コミュニティにおける協力形成について、公共財ゲームの実験から検証を行った。その結果から、いずれの分析においても条件付き協力が達成され、特に相関がある程度存在する条件下ではその傾向が強いことが示唆された。その一方で、十分な協力は達成されなかった。実社会においては長期的に人付き合いをすることで、間接的互酬性を自然と身につけることを考慮したうえで、今後は長期的な協力形成を視野に入れて、試行回数を増やす、会話ありゲームにするなどして、ゲームの改良を行う。

### 参考文献

- 1) Axelrod, R., *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York, 1984.
- 2) Axelrod, R.: An Evolutionary Approach to Norms, *American Political Science Review*, Vol. 80, No. 4, pp. 1095-1111, 1986.
- 3) Nowak, M., & Sigmund, K., Evolution of indirect reciprocity by image scoring, *Nature*, Vol. 393 :573-577, 1998.
- 4) 岡檀, 「自殺希少地域」徳島県旧海部町における相互扶助組織の特性—旧海部町の「朋輩組」と他町の類型組織との比較から—, 2012
- 5) 岡檀, 幸福ではなく、不幸な人をつくらぬ社会へ—自殺希少地域海部町の研究から—
- 6) 大高枝里, 不確実性下における協力の進化と間接互酬性, 神戸大学工学研究科市民工学専攻修士論文 (未公開), 2021
- 7) Brandts, J., & Schram, A., Cooperation and noise in public goods experiments: applying the contributions function approach. *Journal of Public Economics*, 79, 399-427, 2001

(2022. 3. 6 受付)

---

Effects of Uncertainty and Diversity  
on Forming Cooperation:  
The Public Goods Game Experiment

Toshimori OTAZAWA and Akira TOKAJI

It has generally been considered essential to restrain free-riding by punitive measures in order to form cooperation. However, a field study in the former Kaifu town suggests that, in the presence of uncertainty and diversity, a tolerant rather than a punitive attitude towards free-riding fosters indirect reciprocity and promotes the formation of cooperation. To test this hypothesis, we conduct public goods game experiments in the laboratory with uncertainty and diversity of payoffs. We then estimated a disaggregated behavior model to identify the structure of individuals' strategic decision making in public goods games. The results show that, although cooperation was not fully formed in the groups, individuals in good condition tended to have a tolerant attitude towards free-riding.