

繰り返し公共財ゲームにおけるフィードバックと協力行動の維持の関係*

小田 博明^[a] 嶋津 岳大^[b] 田中 祐理^[c] 濱田 彩羽^[d] 山田 美紗樹^[e]

要約

繰り返し公共財ゲームではラウンドを重ねるごとに貢献額が減る協力の崩壊が観測されるが、この協力の崩壊を防止するために模索されている介入の中でも、結果にフィードバックを与えることは有効な方法である。本論文では、繰り返し公共財ゲームにおける結果のフィードバックについて、常にポジティブなフィードバックを返すもの（実験1）、高い貢献額には肯定的な、低い貢献額には否定的なフィードバックを返すもの（実験2）の二つの介入について検討した。一般線形混合モデルの分析の結果、統制群と実験2の推移が異なることが示された。また、ラウンドの影響を二次に拡張したモデルの分析から、統制群に対して実験2の曲率が低いことが示され、これは実験2が統制群と比べて有意に貢献額を保ったことを示唆している。そのほかに調査した属性・認知反射テスト（CRT）を含めたフルモデルの分析では、既婚者が未婚者に比べて低く貢献する傾向が示された。

JEL 分類番号： C92, D91, H41

キーワード：公共財ゲーム、フィードバック、ナッジ、社会科学実験

* なお、本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

[a] 明治大学情報コミュニケーション学部 bomingxiaotian@gmail.com

[b] 明治大学情報コミュニケーション学部 eh220441@meiji.ac.jp

[c] 明治大学情報コミュニケーション学部 eh230494@meiji.ac.jp

[d] 明治大学情報コミュニケーション学部 eh230090@meiji.ac.jp

[e] 明治大学情報コミュニケーション学部 mi3mi3king@gmail.com

1. イントロダクション

1.1. 序文

公共財ゲームは、個人の私的利益と集団全体の利益最大化との間に生じる葛藤を捉える実験手法として広く用いられており、協力行動や社会的ジレンマの研究において中心的な役割を果たしてきた。複数ラウンドにわたってこれを繰り返す、繰り返し公共財ゲームではラウンドを重ねるごとに貢献額が減る現象が観測され (Neugebauer et al., 2009 など)、協力が崩壊していくことが知られている。近年では、こうした枠組みにナッジを導入する試みが行われ、その効果や副作用に注目が集まっている。例えば、Yamamori et al. (2025) は、非対称な公共財ゲームにおいて道徳的メッセージや社会的比較を提示するナッジ実験を行い、貢献を一時的に促進する一方で、過剰な親社会的行動や厳しい罰則を誘発し、結果として社会福祉を低下させる可能性を指摘している。Liu et al. (2024) は、繰り返し公共財ゲームにおいてフィードバックの持つシグナリング機能を検証し、情報量としては冗長であっても詳細なフィードバックが参加者の貢献を高める効果を持つことを示している。Noussair et al. (2024) は、罰則のある・または罰則のない公共財ゲームにおける感情の機能を分析する中で、非金銭的な（シンボリックな）罰則と同じグループの参加者に与えられるという条件では、フリーライダーをコストなく形式的に罰することで参加者の感情が改善され、貢献額を決定する直前のポジティブな感情は貢献額と正の相関を呈していたことが報告されている。これらの知見は、フィードバック（またはサンクション的介入）が協力行動に対して単純に正の効果をもたらすのではなく、その設計や提示方法によって効果が大きく異なることを示唆している。本研究はこの点に着目し、公共財ゲームにおけるフィードバックの内容や提示方法が参加者の貢献行動に及ぼす影響を検討することを目的とする。

1.2. 研究仮説

先行する研究を受け、本研究では仮説を以下のように設定する：繰り返し公共財ゲームにおいて、介入がない状態では、貢献額はラウンドを重ねるごとに減少する。一律のポジティブなフィードバックを与える条件では、貢献額が上昇する。貢献額に応じてフィードバックをポジティブなものからネガティブなものに変化させる介入条件では、さらに貢献額を上昇させ、協力の崩壊を防止する。

2. 調査内容

2.1. 調査方法

本研究では、公共財ゲームにおけるナッジの効果を検討するため、oTree を用いて実験を作成した。実験は 2025 年 9 月 9 日に Yahoo! クラウドソーシングを通じて行い、10 代から

80代の男女380名から有効回答を得た。参加者は統制群、実験1群、実験2群の3群にランダムに割り当てられ、各群パートナーマッチング方式で組んだ3人1組で8ターンの公共財ゲームを行った。統制群と実験群では、ポイントの分配結果を示すページにおいて、フィードバックに異なる介入を設けた：統制群では、貢献額にかかわらず中立的な結果のみを表示した。実験1群では、貢献額にかかわらず一律にポジティブなフィードバックを与えた。実験2群では、貢献額に応じて5段階のフィードバックを行い、低貢献には罪悪感を喚起し、高貢献には功績を称賛する内容とした（図1）。



図1 実験に用いたフィードバックの画面

2.2. 調査結果・分析

今回の実験では統制群134人、実験1群122人、実験2群124人から有効回答を得た。回答者の性別は男性246名、女性127名、どちらともいえない1名、回答しない6名、平均年齢は31.4歳だった。

まず、各群における最終ペイオフおよび合計貢献額の平均値に差があるか、分散分析を行って検討した。結果、どちらにも有意な差が認められなかった（最終ペイオフ： $F(2, 377) = 1.409, p = 0.246$ 、合計貢献額： $F(2, 377) = 1.071, p = 0.344$ ）。

次に、ラウンドごとの平均貢献額を図示したところ、実験2においてそれ以外と異なる貢献額推移が推測されたため、参加者とゲーム内のグループをランダム効果に設定した一般線形混合モデルを用いて介入の影響とラウンドによる影響を分析し、一般に条件とラウンドの主効果と交互作用について検討するタイプ3分散分析も行ったところ、ラウンド(Turn)に有意な主効果が認められた（ $F(1, 2657.0) = 10.66, p = .001$ ）。条件(Condition)の主効果は有意でなかった（ $F(2, 175.4) = 2.23, p = 0.110$ ）が、条件とラウンドの交互作用(Condition:Turn)は有意だった（ $F(2, 2657.0) = 22.47, p < .001$ ）。一般線形混合モデルの回帰分析結果を見ると、ラウンドの効果(Turn_numer)が負の方向に有意であった（ $\beta = -1.01, p < .001$ ）。そして実験2とラウンドの交互作用項の係数が（Condition[Exp2] × Turn_numer）が正の方向に有意であったのに対し（ $\beta = 1.95, p < .001$ ）、実験1とラウンドの交互作用項の係数は有意でなかった

($\beta = -.38$, $p = .296$). また, この回帰分析では実験 2 の条件項 (Condition [Exp2]) が負の方向に有意な結果を出している ($\beta = -9.44$, $p = .037$).

統制群・実験 1 の推移グラフが山なりになっていることを受け, ラウンドの効果を二次に拡張した一般線形混合モデルをさらに分析した. このモデルにより, 曲線的な推移を検討することが可能になる. 結果, 統制群のラウンドの効果について二次の項の係数が有意に負である ($\beta = -0.48$, $p < .001$) ことがわかった. また, 一次の項の係数も有意に正である ($\beta = 3.31$, $p = .005$). 実験 2 に関する項では, 実験 2 とラウンドの二次の交互作用項 (Condition [Exp2] \times Turn[2nd degree]) が有意に正である ($\beta = 0.45$, $p = .015$). ここで, 一次の一般線形混合モデルと, 二次の一般線形混合モデル, さらにラウンドをファクターとして扱った一般線形混合モデルの 3 つのモデルに対し, AIC・BIC に基づくモデル選択を行ったところ, 二次のモデルが最も適当なモデルとして採択された.

また, 属性調査・CRT (認知反射テスト) の結果を組み込んだ一般線形混合モデルについても検討した. ラウンドの影響は二次のものを選択した. その結果, ラウンドの主効果, 条件とラウンドの交互作用は有意なままであった. また, 結婚の有無 (q_MAR) に新たに有意な主効果が認められた ($F(2, 218.80) = 4.22$, $p = .016$). それ以外の属性・CRT の問題については, 有意な主効果が認められなかった ($p > .05$). その後フルモデルの一般線形混合モデルの回帰分析で, 未婚者に対する既婚者の効果・未回答者の効果を検討したが, 未婚者に対する既婚者の効果が負の方向に有意であり ($\beta = -14.07$, $SE = 5.85$, $p = .017$), 未回答者の効果は有意ではなかった ($\beta = -36.15$, $SE = 23.38$, $p = .123$).

また, 今回認められた結婚の有無による差が, Tongnetti et al. (2016) で報告されている男性未婚者の女性への貢献増加と連関するか検討するため, フルモデルの性別 (q_gender) と結婚の有無に交互作用を加えたモデルについても分析したが, 交互作用は認められなかつた (q_gender: q_MAR: $F(2, 221.54) = 1.5242$, $p = .220$).

3. 考察

分析結果を考察する. まず, 条件群間の最終的なペイオフと貢献額について有意な差はみられなかったので, 条件が最終結果に影響を与えたとは今回の結果からは言えなかった. ただ, 一般線形混合モデルによる分析でラウンドと条件の交互作用が有意であったことは, 条件間の推移が異なるものであったことを示している. 具体的には, ラウンドの効果が負の方向に有意で, かつラウンドと実験 2 の交互作用が正の方向に有意であった; これはラウンドが進むにつれて減少傾向にある統制群に対し, 実験 2 がその現象を有意に食い止める推移をしていたことを示唆している.

ラウンドの効果を二次に拡張したモデルの分析からは, 統制群と実験 2 の曲線的な推移

パターンの差が読み取られる。まず、統制群のラウンドの二次の係数は-0.48 であり、かつ一次の係数は 3.31 であるが、これは頂点を正の部分でとる二次関数を示している。実験 1 の係数についてはほとんど有意なものがなく、これは統制群と実験 1 の曲線的な推移に統計的な差がなかったことを意味している。これは、今回の仮説の一つであった「一律のポジティブなフィードバックを与える条件では、貢献額が上昇する」が支持されなかつたことを意味している。ただ、実験 2 については、ラウンドの二次の効果との交互作用が有意で 0.45 あり、予測される実験 2 条件におけるラウンドの二乗の係数は-0.03 となる。これは実験 2 群が統制群と比べて有意に曲率の低い曲線を呈したことを意味し、統制群（と実験 1 群）が山なりに上昇のち減少する推移をしたのに対し、実験 2 群は他群よりも有意に減少を食い止め、貢献額を保ったといえる。この結果は、今回の仮説の一つ「貢献額に応じてフィードバックをポジティブなものからネガティブなものに変化させる介入条件では、さらに貢献額を上昇させ、協力の崩壊を防止する」ことを完全には証明しないが、「協力の崩壊を防止する」という点は支持したと言える。

また、フルモデルの解析において、既婚者が未婚者に対して貢献額が少ないという有意差は、性別による交互作用が有意でなかったため、Tongnetti et al. (2016) と連関するものではなかったと言える。この差がなぜ今回観測されたのかの理由は明らかではないが、ラウンドと条件の交互作用のものと比較して F 値がさほど大きくなく、有意度が高いことを鑑み、偶然観測された差ではないか、と今回は考察する。

4.結論と今後の課題

以上の分析・考察から、今回行った、貢献額にアジャストされたフィードバックという形の介入（実験 2）は、繰り返し公共財ゲームにおける協力の崩壊を抑制し、貢献額を保持する効果があったと結論できる。また、ポジティブなフィードバックを返し続けるという介入（実験 1）は、山なりの増減をした統制群との差がみられず、この介入の効果はなかったといえる。

残された課題としては、結婚の有無が与える影響についてである。今回、既婚者が未婚者よりも低く貢献する傾向が認められたが、この背景についての探索が望まれる。

今後の展望として、より簡単な仕組みとしてのフィードバックの発見が期待される。今回の介入では対象者にアジャストされたフィードバックを与えたが、この仕組みは旧来のナッジよりもやや複雑である。ICT の発展から、パーソナライズされた反応を返すことはインターネット上では簡単になっており、現実に実装することも可能だと思われるが、より単純なフィードバックを与える仕組みにどこまで効果があるのか、今後も模索していくことが必要である。

引用文献

- Liu, C., Tsai, S., Chen, T. Cheng, H. 2024. The signaling role of feedback in the repeated public goods game: Experimental evidence from the laboratory. PLoS ONE, 19(2): e0299196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299196>.
- Neugebauer, T., Perote, J., Schmidt, U., Loos, M. 2009. Selfish-biased conditional cooperation: On the decline of contributions in repeated public goods experiments. Journal of Economic Psychology, Vol 30(1), 52 – 60. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167487008000780->.
- Noussair, C. N., Tucker, S., Xu, Y., Breaban, A. 2024. The Role of Emotions in Public Goods Games with and without Punishment Opportunities. Journal of Economic Behavior & Organization, Vol 217, 631 – 636. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268123004031?via%3Dihub>.
- Tognetti, A., Dubois, D., Faurie, C., & Willinger, M. 2016. Men increase contributions to a public good when under sexual competition. Scientific Reports, 6, Article 29819. <https://doi.org/10.1038/srep29819>.
- Yamamori, T., Nakamura, T. 2025. Do Norm-Nudges Induce Excessive Pro-Social Behavior and Severe Punishment?: An Experimental Study on Asymmetric Public Goods Games. Journal of Behavioral Economics and Finance, Vol 17, Special issue. S44 - 46. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbef/17/Special_issue/17_S44/_article/-char/en.