

強い互恵者による2次的ジレンマの解決II

— 成員がタイプとして規定された確率的行動を執る場合のシミュレーション —

A solution of the secondary dilemma by strong reciprocators (II):

A simulation in which each agent behaves stochastically as specified by its type

加藤 敦季¹, 月元 敬²

KATO Atsuki¹, TSUKIMOTO Takashi²

[キーワード Keyword]	囚人のジレンマ (Prisoner's Dilemma, PD), 2次的ジレンマ (second order dilemma), 強い互恵者仮説 (strong reciprocator hypothesis)
[所属 Institution]	¹ 岐阜大学大学院 (Graduate School of Education, Gifu University), ² 岐阜大学教育学部 (Faculty of Education, Gifu University)

[要旨 Abstract] 本研究では、前稿 (加藤・月元, 2022) におけるシミュレーション状況をより現実に近づけるため、タイプや傾向を維持しつつ成員の行動が確率的に選択・実行される設定において、強い互恵者の効果が前稿同様に得られるか検討することを目的とした。本研究における集団サイズは前稿と同様に最大300人であった。また、各世代終了時に0.05の確率で、協力傾向が一様乱数で再設定される「突然変異」をシミュレーション内に組み込んだ。その結果、強い互恵者が非協力行動を減少させ得ることが示唆された。しかしながら、強い互恵者がその効果を発揮するためには、互恵者の人数や罰の大きさに関する一定の条件を満たす必要があることが示された。本研究全体を通して、PD集団に強い互恵者を組み込むことによって、1次的ジレンマ、2次的ジレンマの双方が一元的に解決できる可能性が示唆されたと言える。

問題と目的

確率的な行動の変化

前稿 (加藤・月元, 2022) では、囚人のジレンマ (Prisoner's Dilemma, PD) の集合としての社会的ジレンマ状況における強い互恵者 (strong reciprocator; Gintis, 2000; 以下、単に互恵者と呼ぶ) の存在が非協力行動の減少に寄与することがコンピュータ・シミュレーション実験により明らかとなった。しかしながら、想定された状況は、各成員が予め割り当てられたタイプに基づき、単一の行動のみを執り続けるというものであった。タイプと行動を一対一対応させるのは、原理的な結果を捉えるという点では有効である。しかし、実際のヒトの行動には、どのタイプに近いかという傾向はあるとしても、それは固定的なものではなく、そのタイプを典型あるいは中心的傾向として日々ある程度の揺らぎがあると考え方が自然であろう。その揺らぎの原因はその日の気分や体調など様々であるが、この揺らぎを確率的なものと扱えば、試行ごとに振る舞いに流動性をもたせることが可能となる。

本研究の目的は、各成員 (但し、互恵者を除く) の執る行動を、各タイプの協力傾向に基づき、確率的に協力ないし非協力を選択する状況を想定し、互恵者の存在による非協力行動に対する効果を検討することで

ある。したがって、本研究は、前稿 (加藤・月元, 2022) の知見がより複雑な状況下においても耐え得るものであるかの検討ということにもなる。

上記の目的のために、本研究におけるシミュレーションの過程の中に、確率的な「突然変異」の発生を組み込んだ。これは、ある成員から異なる性質を持った子孫が生まれる可能性を想定するものである。前稿でのシミュレーションでは、子孫は親からの遺伝や、親の行動からの学習といった固定的な要素に寄ってのみ、その性質が決定づけられていた。一方、突然変異は、流動的な要素 (例: 周囲の環境、自身が関わってきた人々など) による影響を加味するものであり、シミュレーションによる各成員の挙動をより現実に親しいものに行うことができると考えられる。仮説は以下の通りである。

1. 協力者の行動も確率的に決まるという側面から、非協力者が淘汰された場合における結果の収束時には、互恵者が最もその人数を増やすだろう。
2. 探索的ではあるが、互恵者は、前稿で非協力行動が抑えられた人数比率及び罰の重さであれば、行動が確率的に揺らぐような複雑な状況であっても非協力行動を減少させるだろう。

方法
コンピュータ・シミュレーション

集団サイズや試行回数, 使用するプログラミング言語などは基本的に前稿(加藤・月元, 2022)と同様であった。

集団の構成

条件ごとに異なるが, 最大300人の成員からなる集団を想定した。各成員は毎試行異なる相手と対戦するPD状況を設定した。20試行を1世代(レプリケーション)とし, 100世代実施した。

成員は, 「協力者 (C)」, 「非協力者 (D)」, 「互恵者 (R)」の3タイプに加え, 「中間層協力者 (MC)」と「中間層非協力者 (MD)」を新たな成員のタイプとして加えた。これらの成員の行動は, 協利行動を選択する確率である「協利傾向 c 」の取り得る値(但し, 0.01刻み)によって規定された。Table 1に示すように, 協力者は閉区間 $[\cdot 81, 1.00]$, 中間層協力者は $[\cdot 51, \cdot 80]$ という協利傾向であり, 確率的に協利しやすい成員である(つまり, 「協力者」であっても非協利行動も確率的には選択し得る)。中間層非協力者は $[\cdot 21, \cdot 50]$, 非協力者は $[\cdot 00, \cdot 20]$ という協利傾向であり, 確率的に協利行動を選択しにくい成員である。各成員の協利傾向の具体的な値は, タイプごとの協利傾向の範囲から一様乱数で与えられた。なお, 互恵者は $c = 1.00$ とした。

また, 本シミュレーションでは「突然変異」を組み込んだ。突然変異は, 1世代経過ごとに各成員に対し, 一定の確率(後述)で発生し, 突然変異に該当した者には再度ランダムにタイプの割り当てが行われた。

シミュレーションの流れ

シミュレーションの全体的な流れは, Axelrod (1986) 及び寺井他 (2003) によるものを参考にした前稿と同様であったが, 確率的な行動選択や突然変異が組み込まれている点で異なっていた。

Table 1

各タイプにおける協利傾向 c の範囲	
行動タイプ	協利傾向 c
協力者 (C)	$[\cdot 81, 1.00]$
中間層協力者 (MC)	$[\cdot 51, \cdot 80]$
中間層非協力者 (MD)	$[\cdot 21, \cdot 50]$
非協力者 (D)	$[\cdot 00, \cdot 20]$
互恵者 (R)	1.00

Table 2

利得構造

第1プレイヤー	第2プレイヤー	
	協力 (C)	非協力 (D)
協力 (C)	(3, 3)	(0, 5)
非協力 (D)	(5, 0)	(1, 1)

- 各成員は, ランダムに決定された相手と対戦した。その際, 各成員が選択する行動は, ランダムに割り当てられた協利傾向 c に基づいたものであった。
- 設定された利得構造 (Table 2) に従って, 各成員は対戦の結果としての得点を獲得した。なお, 互恵者と対戦した非協力者は非協利行動に対して減点され, 互恵者は罰の執行コストを支払った(この減点の大きさはシミュレーションにおいて操作した)。また, この時支払われた点数は, 誰かの得点に付与されることはなかった。
- 1~2の段階を1試行として, 20試行分を1世代と定義した。1試行ごとにランダムに対戦が組まれた。また, 成員の執る行動は, 各試行で協利傾向 c に基づいて選択され直した。
- 20試行が経過する度に「世代交代」が実施された。累積得点が全体の平均累積得点から1.0標準偏差以上低い成員が淘汰された。淘汰された成員の人数分だけ新しい成員が投入された。新たな成員のタイプ配分は, 生存している成員の各行動タイプの比率に基づき決定した(生存しているタイプを継承する子孫であることを想定)。また, 生存している成員も同一行動タイプの子孫と置き換わった。
- 20試行ごとに, 淘汰されなかった成員全てを対象に「突然変異」が0.05の確率で発生した。突然変異が発生した成員は, 5つのタイプのいずれかにランダムに割り当て直された。
- 1~5の流れを1世代として100世代分を実施した。また, 1世代終了ごとに, 生存・淘汰を問わず, 成員の累積得点は0に初期化された。

要因計画

前稿同様, 互恵者の有無に関する2条件を実施した。互恵者なし条件は, 協力者, 中間層協力者, 中間層非協力者, 非協力者それぞれ50人, 計200人の集団内でランダムなPD対戦が生まれ, 互恵者による罰のプロセス

が存在しないだけであり、基本的な流れは前述したシミュレーションの流れに沿うものであった。一方、互恵者あり条件は、互恵者なし条件の設定に50名の互恵者が加わった計250人の集団でのシミュレーションであった。なお、非協力者と互恵者の利得構造を $(D, R) = (-2, -1)$ とした。すなわち、非協力者は互恵者に対戦した際には、非協力的行動に対する罰として2点支払い、一方の互恵者は執行コストとして1点を失うという設定であった。

また、このシミュレーションを基本とし、さらなる比較・検討のために、互恵者の非協力者に対する人数比率（2水準：2.0 vs. 1.0）と、罰の重さ（2水準：-6 vs. -2）を組み合わせた4条件を実施した。

結果と考察

互恵者の有無による世代比較

互恵者なし条件におけるシミュレーションの結果、20世代ほどで非協力者が集団を支配することが示された（Figure 1）。収束の速さは前稿に劣るものの、非協力者が集団を占めるパターンの追認となっていると言える。また、中間層協力者、中間層非協力者の順に淘汰された（Figure 2）。中間層非協力者は、協力傾向にあった成員が淘汰された後に非協力者に搾取される形で、その数を減らしたと考えられる。平均累積得点の変遷から明らかなように（Figure 3）、最終的に非協力者が集団を支配したことにより、共貧状態に陥った。

次に、互恵者あり条件の結果、互恵者が早期に淘汰され、非協力者による支配に収束することが示された（Figure 4）。それに続いて、協力者、中間層協力者もほとんどなくして淘汰された（Figure 5）。中間層非協力者は10世代目前後で一時的にその数を伸ばしていたが、協力者、中間層協力者の淘汰を迫るように淘汰され始めた。これは、中間層非協力者が低確率ながら協力的行動を執る可能性を持っているためである。以上の結果は、

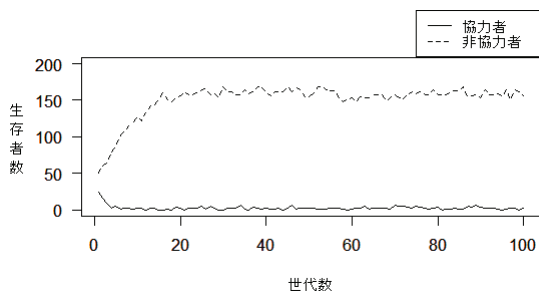


Figure 1. 互恵者なし条件における協力者と非協力者の生存者数の推移。

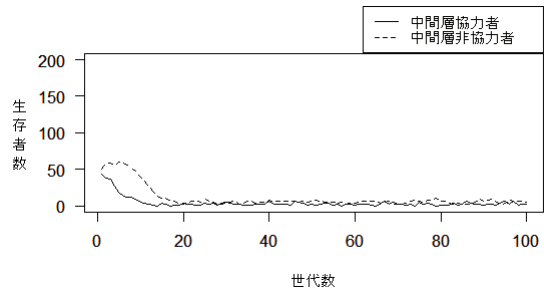


Figure 2. 互恵者なし条件における中間層協力者と中間層非協力者の生存者数の推移。

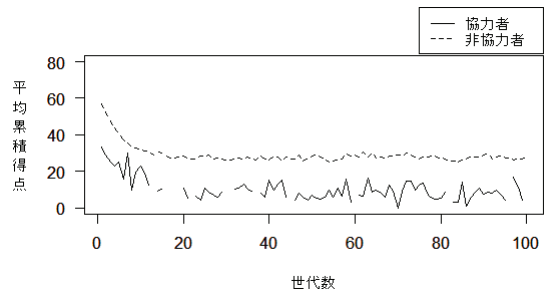


Figure 3. 互恵者なし条件における平均累積得点の推移。

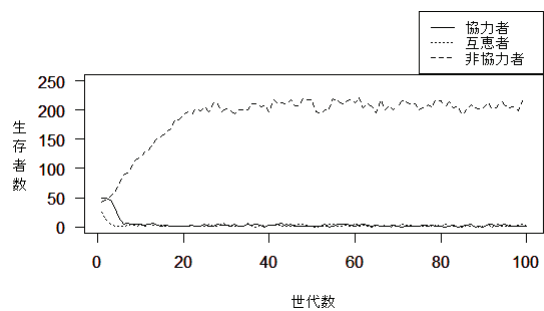


Figure 4. 互恵者あり条件における協力者、非協力者、互恵者の生存者数の推移。

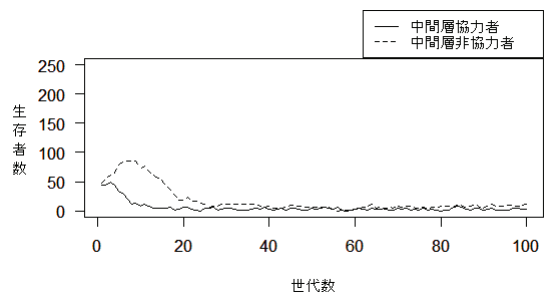


Figure 5. 互恵者あり条件における中間層協力者と中間層非協力者の生存者数の推移。

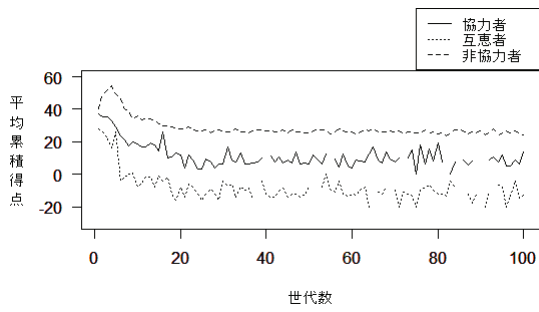


Figure 6. 互恵者あり条件における平均累積得点の推移。

協力傾向 c が高い方から非協力者の搾取の対象になり、淘汰されていったことを示している。また、平均累積得点についても、非協力者が最も高く、互恵者が最も低いことが示された (Figure 6)。

互恵者の有無による協力者と非協力者の生存分析

互恵者を除く成員タイプに対し、互恵者の有無を要因とする生存分析を実施した。各成員タイプの生存系譜割合の推移をFigure 7~10に示す。

生存分析の結果、協力者と中間層協力者において、条件間で生存系譜の推移に有意な差が認められた (協力者: $\chi^2(1) = 24.0, p < .001$; 中間層協力者: $\chi^2(1) = 12.5, p < .001$)。これは、互恵者が淘汰されるまでの間、協力者と中間層協力者が淘汰の対象となりにくかったため、互恵者なし条件に比べて、減少の速度が緩やかであったことを示している。

また、非協力者と中間層非協力者に対しては有意な差が見られなかった (非協力者: $\chi^2(1) = 2.5, p > .05$; 中間層非協力者: $\chi^2(1) = 1.7, p > .05$)。これは、「人数比率が1.0かつ罰の重さが -2」の条件である本シミュレーションにおいて、互恵者の存在が非協力者の減少にほぼ寄与しなかったことを示している。前稿のシミュレーション結果を踏まえると、互恵者と非協力者の人数比率は1.0であっても、その他の非協力行動選択者が確率的に発生してしまうことにより、非協力行動に対する実質比率が低下したことに起因すると考えられる。

条件のバリエーションでの比較

先のシミュレーションは、互恵者の人数が、非協力行動の潜在数よりも実質的に少ないことにより、非協力行動を抑えることに失敗したことを示している。そこで、互恵者の存在や機能のバリエーションとして、非協力者に対する互恵者の人数比率に関する2条件 (2.0 vs. 1.0) と罰の重さに関する2条件 (-6 vs. -2) を

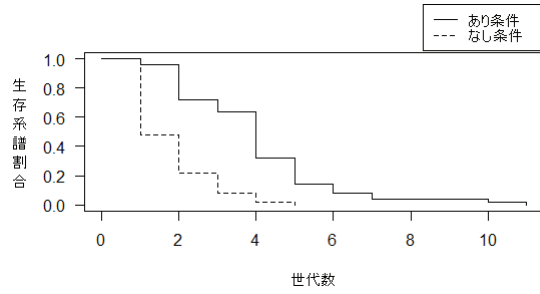


Figure 7. 協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

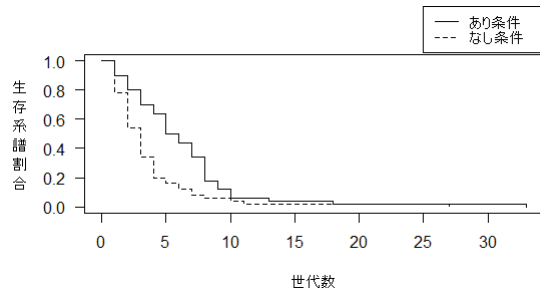


Figure 8. 中間層協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

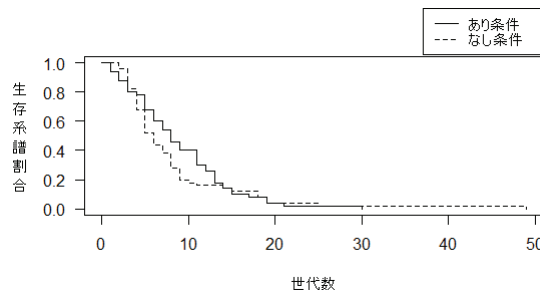


Figure 9. 中間層非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

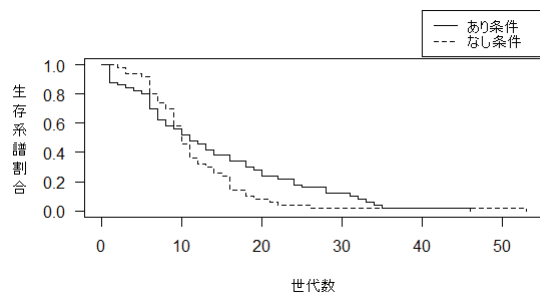


Figure 10. 非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

組み合わせた4条件に関するシミュレーションを行った。以下では、Figure 1及びFigure 2に示した「互恵者なし条件 (罰の重さが -2)」のシミュレーションを軸として比較・分析を行った。なお、互恵者の存在や機能の特徴を知るのに十分な分析のみを掲載することを

断っておく。

罰の重さ = -2における人数比率の影響 互恵者の人数が非協力者の2倍とした場合 (2.0条件), 非協力者と中間層非協力者は約10世代で淘汰された (Figure 11, Figure 12)。また, 協力者と中間層協力者は一時的にその数を増やしたが, 非協力者が淘汰されると次第に淘汰されていった。これは, 協力者であっても低確率ながら非協力的行動を執り, 互恵者による罰を受ける可能性を持っているためと考えられる。シミュレーションの結果から, この条件におけるナッシュ均衡は完全相互協力であり, 集団を占める成員が, 互恵者と「 $c \approx 1.00$ の協力者」になることによって実現されると考えられる。Figure 11に示されているように, 突然変異が組み込まれているため, 世代間で生存者数のバラツキが見られるものの, 多数の互恵者と少数の協力者という状態が, 事実上の収束状態であると考えられ, 仮説1は支持されたと言えよう。

また, Figure 13に示すように, $c < .50$ の成員の淘汰が概ね完了して以降は, 互恵者が1世代当たりの最高得点となる60点付近を獲得し続けた。また, 協力者も試行の大半において協力的行動を執ることから, 互恵者に次ぐ高い得点を獲得し続けることが示された。他方, 非協力者は, 突然変異によって一定数誕生するものの, 互恵者が緩やかに増加しているため, 得点は総じて負の範囲で変動している程度であることが分かる。

次に, 「互恵者なし条件」(Figure 1, Figure 2)との比較のために生存分析を実施した。各成員タイプの生存系譜割合の推移をFigure 14~17に示す。分析の結果, 第1世代の生存系譜割合の推移の仕方に条件間で有意な差が認められた (協力者: $\chi^2(1) = 85.6, p < .001$; 中間層協力者: $\chi^2(1) = 18.0, p < .001$; 中間層非協力者:

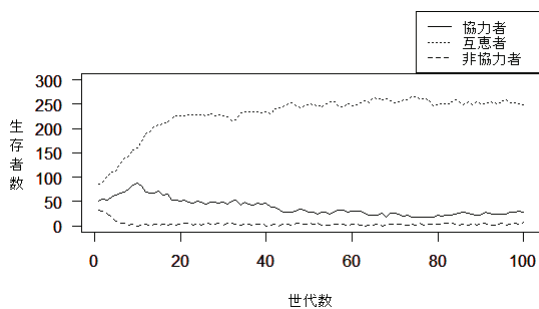


Figure 11. 「人数比率 = 2.0 かつ罰の重さ = -2」条件における協力者, 非協力者, 互恵者の生存者数の推移。

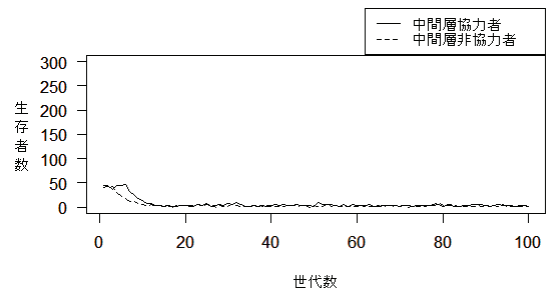


Figure 12. 「人数比率 = 2.0 かつ罰の重さ = -2」条件における中間層協力者, 中間層非協力者の生存者数の推移。

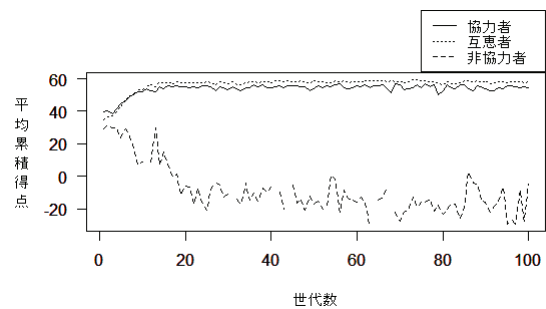


Figure 13. 「人数比率 = 2.0 かつ罰の重さ = -2」条件における平均累積得点の推移。

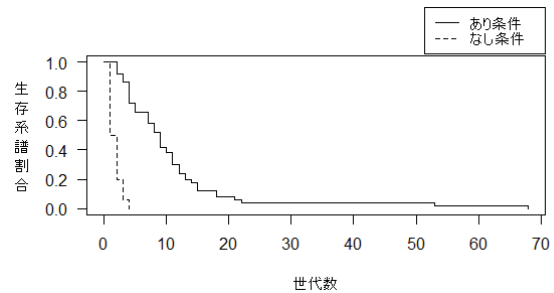


Figure 14. 協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

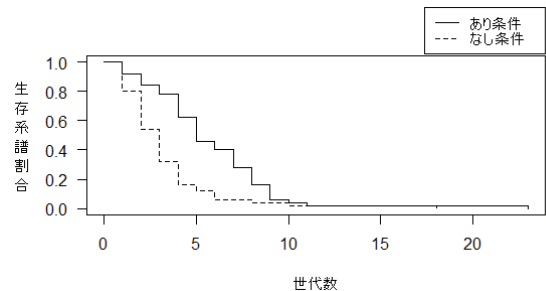


Figure 15. 中間層協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

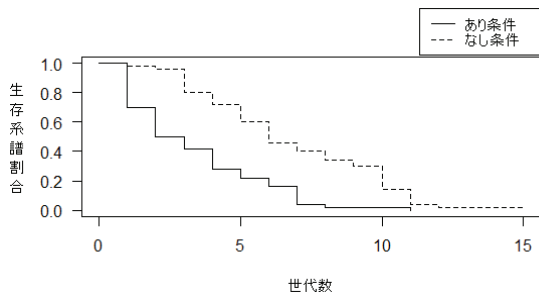


Figure 16. 中間層非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

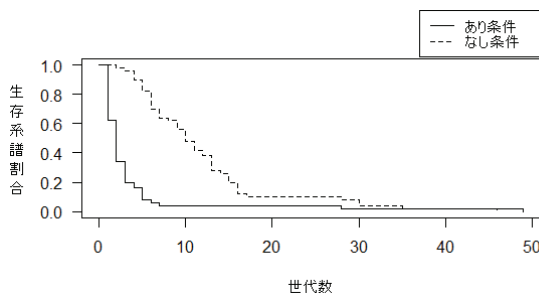


Figure 17. 非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

$\chi^2(1) = 27.0, p < .001$; 非協力者: $\chi^2(1) = 42.4, p < .001$). これらの結果は、互恵者は初期値として相対的な非協力者とほぼ同数いれば、引き分けて推移せず、非協力を抑制し得ることを示している。

人数比率 = 1.0における罰の重さの影響 互恵者の人数は非協力者と同じだが、罰の重さを -6 と設定したシミュレーション結果をFigure 18, Figure 19に示す。図から明らかなように、互恵者による非協力的行動の減少が認められた。そこで、互恵者なし条件との間で生存分析を実施した。各成員の生存系譜割合の推移をFigure 20~23に示す。分析の結果、第1世代の生存系譜割合の推移の仕方に条件間で有意な差が認められた (協力者: $\chi^2(1) = 87.8, p < .001$; 中間層協力者: $\chi^2(1) = 14.7, p < .001$; 中間層非協力者: $\chi^2(1) = 13.9, p < .001$; 非協力者: $\chi^2(1) = 65.4, p < .001$)。この結果は、互恵者が与える罰を重くしたことにより、非協力的行動が減少することを示している。

以上の結果から、互恵者は確率的行動や突然変異が組み込まれた複雑な環境下においても、適切な人数ないし、与える罰の重さが保証されることで、非協力的行動を減少させることが可能であることが示された。よって仮説2は支持された。

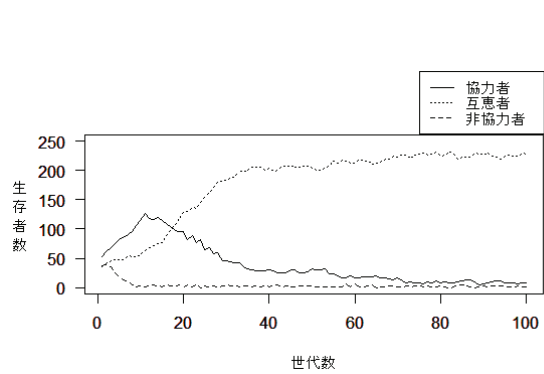


Figure 18. 「人数比率 = 1.0 かつ罰の重さ = -6 」条件における協力者、非協力者、互恵者の生存者数の推移。

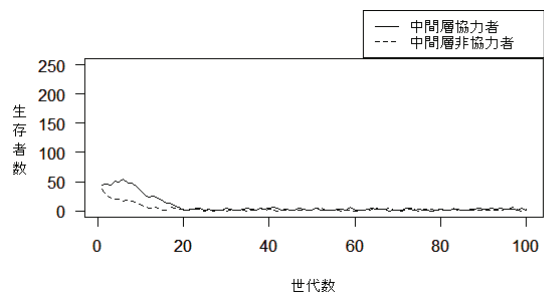


Figure 19. 「人数比率 = 1.0 かつ罰の重さ = -6 」条件における中間層協力者、中間層非協力者の生存者数の推移。

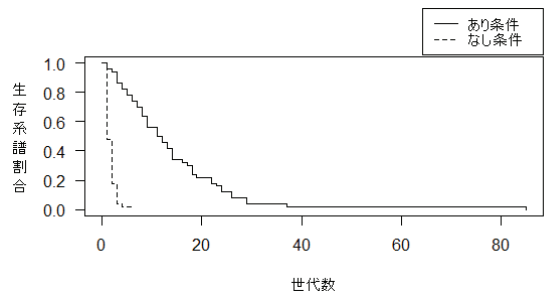


Figure 20. 協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

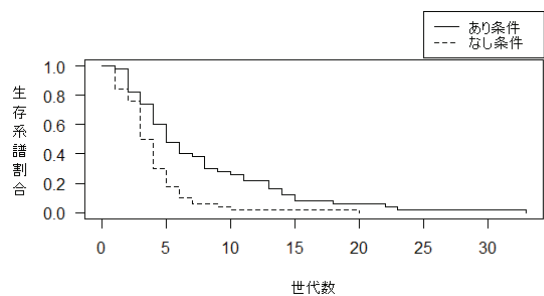


Figure 21. 中間層協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

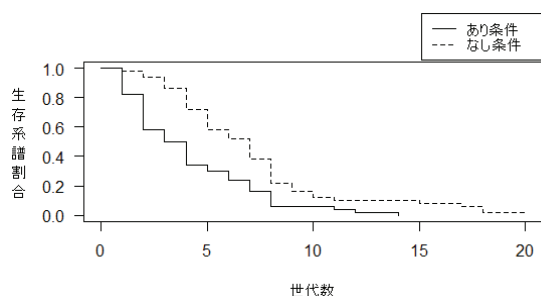


Figure 22. 中間層非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

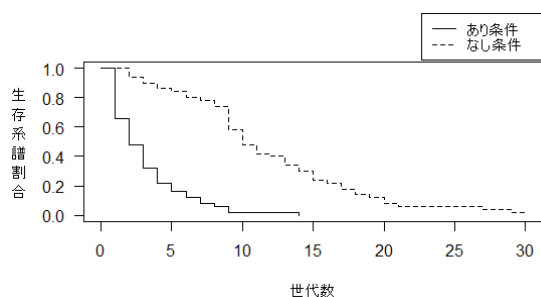


Figure 23. 非協力者の第1世代生存系譜割合の推移。

総合考察

本研究は前稿（加藤・月元, 2022）とともに、PDないしSD状況において生じる2次的ジレンマの解決の一策について検討することを目的として、「強い互恵者」を用いたシミュレーション実験を通し、2次的ジレンマに対する強い互恵者の寄与を調べるものであった。本研究の結果から、PD、SD状況に対して強い互恵者を組み込むことによって1次的ジレンマ、2次的ジレンマの双方が一元的に解決できる可能性が示された。

本研究で想定した社会状況は、警察や政府といった中央集権を想定していないコミュニティのようなものであった。現実場面では、刑事犯罪は警察により取り締まられる。一方、ゴミのポイ捨て問題や、マスクの不着用問題などは、犯罪と呼ぶほどのものではなく、よほどの問題行動が付随しない限り警察によって取り締まられることはほとんどないだろう。しかし、そうした取り締まられることのない非協力行動は、確実にその他の誰かに対して不利益を生じさせるものである。このような問題はフリーライダー（free rider）問題と呼ばれる。フリーライダーはSDにおける1次的ジレンマの原因として挙げることができる。刑事犯罪から見れば些細なレベルの非協力行動とはいえ、目が届く範囲がどうしても限られる中央権力による監視や、時間が掛かる法整備に頼れない社会においては、一般

成員が相互監視することが最も効率よく問題を発見・解決する方法であると考えられる。

本研究では、進化的アプローチを用いて、複数世代に渡る互恵者の影響について検討した。そこでの淘汰や遺伝という語はあくまでも進化的アプローチの表現（中西・横田, 2016; 寺井・山岸・渡部, 2003）あるいは方言に則ったものである。したがって、例えば、本研究における世代交代は、親成員が子成員に置き換わると解釈するのではなく、同一の成員の（何らかの経験を通じた）学習による行動変化と解釈することが可能である。つまり、「淘汰から新しい成員が誕生する」流れは、20試行（1世代）を通して、「不利益を被ったため、周囲の成員を観察して新たな行動傾向を学習した」と読み替えることが可能である。また、「突然変異」は「突発的な心変わりとしての行動の変化あるいは態度変容」と読み替えられる。このような解釈により、本研究の結果をより現実場面に対応させて読み解くことができると思われる。

タイプに従う固定的な行動であれ、確率的な行動であれ、互恵者の人数や罰の大きさに関する一定条件を満たすと非協力者が淘汰されることが示されたが、大きな違いはその淘汰後の集団の構成である。確率的な行動の場合、最終的には互恵者が集団のほとんどを占める状況が形成された。つまり、非協力者が淘汰された後、協力者もまた淘汰されたことになる。これを現実場面のように解釈すると、交流を重ねる中で互恵者の行動（監視・罰行使）がその他の成員へと伝播し、成員間に相互協力・相互監視・相互罰の風潮が形成され、非協力行動の出現が抑えられる社会となったと解釈できる。

逆に、互恵者の存在が非協力行動の減少に効力が及ばない場合、互恵者はどの成員よりも早く淘汰されることが示された。これを現実的に解釈するならば、罰の行使者たる互恵者が社会集団において「浮いてしまった」ということになろう。罰行使者に対する評判は、罰行使の動機が向社会的なものと捉えられるか、または報復的なものであると捉えられるかによって大きく異なる（Mifune, Li, & Okuda, 2020; 館石・小野田・高橋, 2021）。つまり、罰の行使には自身の評判の変動というリスクが伴うものである。現実場面では、シミュレーションのような毎試行対戦が組まれるのではなく、評判の低下が起きれば、相互作用の相手として選ばれにくくなることを意味し（館石他, 2021）、淘汰の危険性を高める。一方、協力者は定義的には善良な成員ではあるが、互恵者の罰行使に対しては無関心あるいは

非協力的であるという側面も内包している存在と捉えることができる。互恵者は劣勢な状況で非協力行動を糾弾したとしても、それが集団におけるムーブメントとなることもなく、周囲の理解が得られない状況が生じる。罰行使における時間的／経済的なコストのみならず、評判などから来る精神的なコストにより、互恵者は自身の強い互恵性を捨て、次第に協力者や非協力者へと態度変容を起すこともあり得るであろう。このような事態は現実にも発生している。例えば、コロナ禍においてマスクの不着用を注意した男性が暴行を受け、下半身不随となってしまった事件である(毎日新聞, 2021年12月17日)。被害男性は取材に対し「注意しなければよかった。」といった旨の発言をしており、互恵的行動の結果、不利益を被ってしまい、互恵者から一協力者へとならざるを得なかったケースであると言える。

したがって、互恵者による2次的ジレンマの解決には罰の重さはもちろんだが、シミュレーションで示された人数の影響は、互恵者の絶対数という側面だけでなく、互恵者の活動を支える同志や理解者が広がっていくことの重要性を意味するものと言えよう。

最後に、本研究の課題と今後の展望について論じる。本研究におけるPD対戦は完全ランダムによって行われた。これは、本研究が繰り返しのないPDゲームを想定していたためである。対戦相手を指名できる場合は、互恵者はその行動特性だけでなく、特有の指名戦略を持つ必要があるだろう。また、その他の成員についても独自の指名戦略を持つことによって、集団における互恵者の効果に変化が見られる可能性がある。行動特性と指名戦略(e.g., 林・神・山岸, 1993; 井寄, 2014, 2017)の組み合わせに関する検討を通して、繰り返し可能なPDゲームにおける互恵者の効果が認められるか検討することができるだろう。

本研究はシミュレーション実験によって、1次的／2次的ジレンマに対する互恵者の原理的な効果を示したと言えるが、極めてシンプルな設定であるがゆえの適用限界もまた明らかである。現実場面はより複雑であり、様々な要因が影響し合うものである。また、それら「全て」をシミュレーションによって再現することも不可能である。というのも、この「全て」がどのようなものであるか、知る術がない。まず、社会現象をよりよく把握するために有用となる要因を特定するこ

とが重要であろう。そのため、今後はそういった要因の特定を目指す基礎的な検討や、役割演技としての互恵者を被験者集団に組み込むことによるPDないしSD状況への影響を検討することなど、実証的な研究が求められるだろう。

強い互恵者の効果を明らかになることで、様々な場面に活用することが可能になると考えられる。一例としては、学校現場における児童・生徒同士による自動的ないじめ防止を促す教育への活用可能性が挙げられるだろう。こういった現実場面への活用を進める上で、強い互恵者に関する更なる研究が求められるだろう。

引用文献

- Gintis, H. (2000). *Game theory evolving*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- 林 奈保子・神 信人・山岸 俊男 (1993). ネットワーク型囚人のジレンマ：戦略のシミュレーション 社会心理学研究, 8(1), 33-43.
- 井寄 幸平 (2014). ネットワーク環境下における相手決定規則と経験の影響に関する研究 経済科学研究, 18(1), 23-36.
- 井寄 幸平 (2017). ネットワーク環境下のゲームにおける相手指名および行動選択に関する戦略シミュレーション 経済科学研究, 20(2), 89-101.
- 加藤 敦季・月元 敬 (2022). 強い互恵者による2次的ジレンマの解決 I —— 成員がタイプとして規定された行動しか執らない場合のシミュレーション —— 岐阜大学教育学部研究報告
- Mifune, N., Li, Y., & Okuda, N. (2020). The evaluation of second- and third-party punishers. *Letters on Evolutionary Behavioral Science*, 11(1), 6-9.
- 中西 大輔・横田 晋大 (2016). 集団間葛藤時における内集団協力と頻度依存傾向：少数派同調を導入した進化シミュレーションによる思考実験 社会心理学研究, 31(3), 193-199.
- 館石 和香葉・小野田 竜一・高橋 伸幸 (2021). 罰行使の動機推定が評判に与える影響：複数の罰選択肢を用いた検討 社会心理学研究, 36(3), 96-103.
- 寺井 滋・山岸 俊男・渡部 幹 (2003). 2次的ジレンマ問題に対する集団応報戦略の効果：コンピュータ・シミュレーション研究 社会心理学研究, 19(2), 94-103.