

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18558

研究課題名（和文）協力シグナルの進化に関する理論・実証的研究

研究課題名（英文）Theoretical and Empirical Research on Signal of Cooperative Intent

研究代表者

大坪 庸介（Ohtsubo, Yohsuke）

東京大学・大学院人文社会系研究科（文学部）・教授

研究者番号：80322775

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、協力意図を他者に正直に伝える際に、どのようなシグナルが可能であるかを、モデルと実験を用いて検討した。通常、シグナルの正直さはシグナルを発するコストによって保証されると考えられるが、モデルを用いた検討により、コストのかからない協力意図のシグナルが一定程度までは正直なシグナルとしてパートナー選択に役立つことが示された。一方、実験を用いた検討では、コストのかからないシグナルが利用可能な場合は、協力意図の有無にかかわらずシグナルが使用されてしまい、シグナルの正直さ（情報の価値）が損なわれることが示された。これらを合わせて、協力意図シグナルにとってのコストの意味の理解が深まった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、協力意図シグナルという学術的にはこれまで理解が進んでいなかった現象の理解を深めたものである。特に、一定程度まではコストのかからないシグナルが有効であることが示されたことはこの研究の学術的成果のひとつである。その一方、実験的検証では、コストのかからないシグナルが利用可能になるとシグナルの情報としての価値がなくなることを示したことも学術的成果である。また、応用的な観点からは、人々のシグナルを通じた情報のやりとりの設計において、どのくらいの正直さを保証するためにどの程度のコストが必要かをモデルと実験の併用により検討可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：This study employed evolutionary game theory and an experimental approach to understand cooperative intention signals. In typical signalling game analyses, cost required to produce signals is typically considered as a factor ensuring honesty. However, our evolutionary game model suggests that a cheap cooperative intention signal serves as an honest signal under a certain condition and is conducive to partner choice. However, an experimental study revealed that the availability of cheap signal leads to abuse of the signal (the signal is used regardless of whether signalers have cooperative intent or not), and thus discredits the signaling system. Taken together, the present research deepens our understanding of cooperative intention signals.

研究分野：社会心理学

キーワード：協力 シグナル 間接互惠性 パートナー選択

1. 研究開始当初の背景

本研究は、協力者のシグナルの進化について従来のモデルを超えた検討を行うことを目的としていた。従来広く知られていた協力者のシグナルのモデルは、Roberts (1998) による競争的利他主義 (competitive altruism) の理論であった。しかし、数理モデルの検討から、この理論が扱うシグナルは、協力意図ではなく能力 (他者を利する協力行動を他者よりも容易に行うことができること) のシグナルになっていることが知られていた。これに対して、Roberts (2020) は、パートナー選択と関係の継続という 2 つの側面を取り入れたモデルを提唱し、能力ではない協力意図のシグナルがありえることを示していた。一方、報告者 (大坪) のチームも間接互恵性状況における協力意図のシグナルモデルを提唱しており、それらを統合的に検討することを計画していた。

2. 研究の目的

本研究は、大きくモデル研究と実験研究からなる。

(1) モデル研究では、Roberts (2020) モデルの問題点を考慮し、それを修正したモデルを考案し、そのモデルの検討を行った。Roberts モデルの問題点は、協力シグナルによりパートナーを選び合う状況が想定されているにも関わらず、一度、相互選択によりパートナーができたとき、協力者同士であれば関係が非常に長く継続し、すぐに関係を切られてしまう非協力者よりもきわめて有利になってしまうということであった。シグナルにもとづくパートナー選択が必要な状況とは、さまざまな相手と頻繁につきあう必要がある状況であると考えられる。そのため、ペアになっても関係継続期間が長すぎないモデルで、Roberts モデルと同様、協力シグナルモデルが非協力戦略の侵入に安定であるか、非協力戦略のみの集団に侵入可能かどうかを検討する必要がある。

(2) 実験研究では、報告者らのグループが間接互恵性場面で検討していた協力意図シグナルについて、コストがかからないシグナルでは非協力戦略の侵入を許してしまう可能性を指摘しつつ、未検討であった。そこで、シグナルにコストがかかる条件とかがからない条件を設定し、シグナルのコストの効果を検討した。

3. 研究の方法

(1) モデル研究では、パートナー選択場面で有効とされている out-for-tat (OFT) 戦略 (Hayashi & Yamagishi, 1998) を参考に、signal を利用する OFT 戦略 (sOFT 戦略) を考案した。OFT とはランダムにペアになった相手が協力的であれば協力を継続するが、非協力的であればすぐにペアを解消し、次のパートナーを探す戦略である。このパートナー選択戦略は、有効ではあるが、多くのプレイヤーからなる集団で、パートナー形成のための時間がかからない状況では、非協力的戦略が次々と相手を変えながら搾取することを許してしまう。一方、協力にかかるコストを支払って自分自身の協力意図をシグナルし、シグナルを出している相手しかパートナーに選ばない sOFT 戦略は、非協力者を利することがない。しかし、この戦略はそれだけで集団を形成している場合には進化的に安定だが (Ohtsubo et al., 2022 Human Behavior and Evolution Society の発表) 非協力者の集団に侵入しようとするパートナーを見つけるまでの間に多くのシグナルコストを支払いすぎてしまい、その結果、非協力者集団に侵入できない。そこで、シグナルのコストを小さくして侵入しようとする戦略の有効性について、モデルを用いた検討を行った。

(2) 報告者らのグループは、かねてより間接互恵性場面において、他者に非協力的にふるまっただ相手に非協力的にふるまうことで、自分自身の評判を損ねてしまう問題に対して、正当化可能な非協力をコストのかかるシグナルを用いて弁別可能にすることができると指摘していた (Tanaka et al., 2016)。しかし、上記のモデル研究を実施する中で、コストのかかるシグナルの進化の難しさを理解するに至り、間接互恵性場面でのシグナルにも本当にコストが必要であるのかを実証的に再検討することにした。ここでは、間接互恵性場面で一般的な giving game を 10 人グループで行ってもらった実験を 20 セッション実施し、10 セッションではシグナルにコストがかかるように、残り 10 セッションではシグナルにコストがかからないように設定した。

4. 研究成果

(1) コストのかからないシグナルを発する sOFT モデルでは、非協力的な戦略の集団に sOFT が侵入可能かどうかを検討した。その結果、以下のような場合に、非協力者集団にごく少数出現した sOFT が侵入可能 (非協力者集団の中で数を増やしていくことが可能) であることが明らかになった。それは、(a) sOFT のシグナルにほぼコストがかからないこと、(b) sOFT がシグナルを発しない戦略をパートナーとして選ばないこと、(c) パートナーが形成された後には、一定程度関係が継続することの 3 つの条件がそろった場合である。(c) は Roberts モデルの改善として報告者が想定した場面であるが、関係継続が長すぎるのはパートナー選択という考え方と矛盾するが、短すぎたはいけない (相互に選び合った時に 1 回程度の相互作用で終わってはいけない) という条件である。したがって、この部分が Roberts モデルの継承と修正になっている。

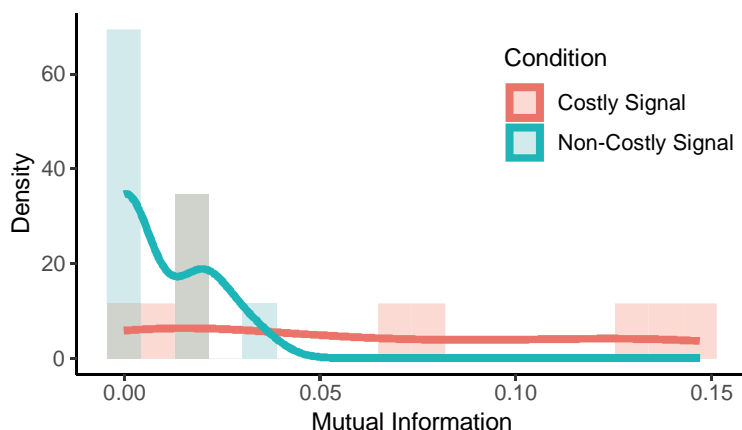
次に (a) は sOFT が少数しかいないために、パートナーが見つかるまでの期間にシグナルコストを払いすぎてしまうと、相互協力の利益を相殺、あるいは逆にそれよりもコストが大きくなりすぎる可能性がある。そうすると、一切相互作用のない非協力者の適応度 (モデル上は 0 としている) よりも sOFT の適応度 (マイナスになる) が低くなってしまい、sOFT が非協力集団に侵入できなくなる。

最後に (b) であるが、シグナルを発しない非協力戦略ともつきあうとすれば、シグナルを用いたパートナーの弁別をしていないことになり、これもシグナル戦略の定義にかかわる部分である。しかし、シグナルを発しない相手を全くパートナーとして受け入れないというのは不自然な設定であり、これについてはどこまで受け入れ可能にするかを調整しながら、最後の検討を行う必要があると考えている。

これらの分析から、コストの小さいシグナルにより sOFT が非協力集団に侵入可能であり、一定の割合まではコストのかからないシグナルで安定的に存在できる可能性が示唆された。一定の割合までというのは、sOFT 戦略があまり多くない状況では、シグナルを模倣した非協力戦略は、sOFT からパートナーとして選ばれはするが、その機会が多くなると、しかも相互作用も一度で解消されてしまうので、シグナルのコストを回収できるほどの利益を得ることができないためである (逆に sOFT の頻度が十分に高ければ、非協力戦略は頻繁にシグナルにより sOFT をだまして搾取可能になる)。つまり、コストの小さい sOFT 戦略 (例えば、笑顔が協力のシグナルになると言われており、笑顔を表出しやすい人と笑顔を表出しやすい人が選ばれる状況) では、一定程度まで sOFT が増えることができ、その後は sOFT と偽のシグナルを用いる非協力戦略が混在する可能性が示唆された。

(2) 一方、間接互惠場面での協力意図シグナルについては、コストがかかっていることが必要であることがモデルの分析により示されており、実験研究でも人々がコストをかけてシグナルを発すること、それを見た他者がそれを協力意図のシグナルと解釈することが示されていた。しかし、この状況でコストのかからないシグナルが利用可能になった場合、それがどのように利用されるのかについては、実証的に検討していなかった。今回の実験では、コストのかかるシグナル条件とコストのかからないシグナル条件では、コストのかからないシグナル条件 (.64) の方がコストのかかるシグナル条件 (.34) より多くのシグナルが発せられたが、協力率には影響していなかった (コストのかからないシグナル条件 .72 vs. コストのかかるシグナル条件 .68)。

シグナルの利用状態について、より詳しく調べるために、シグナルを正当化可能な非協力の後に使われたものと、正当化不可能な非協力の後に使われたものにわけて分析を行った。具体的には、前回協力していた相手に対して非協力を選択することは正当化不可能な非協力とした。逆に前回非協力をしていた相手に対する非協力は正当化可能な非協力とした。この他、実験の中では約 1 割の協力選択をエラーとして非協力に変更していた。この協力を選択したにもかかわらず、実験プログラムにより非協力に変更された場合も正当化可能な非協力として扱った。その結果、コストのかかるシグナル条件では、シグナルは正当化不可能な非協力の後 (.20) よりも正当化可能な非協力の後 (.42) により頻繁に利用されていた。それに対して、コストのかからないシグナル条件では、正当化可能な非協力の後 (.61) も正当化不可能な非協力の後 (.58) も同程度の利用されていた。そこで、セッションを分析単位として、シグナルが正当化可能な非協力と正当化不可能な非協力の弁別に役に立つかどうかを相互情報量を計算して比較したところ、以下の図に示すように、コストがかからない場合のシグナルの相互情報量は 0 に近いところに分布するのに、コストのかかる条件では相互情報量がやや高くなるセッションもあることが示された。



本研究では (1) モデルにもとづくコストのかからないシグナルの進化可能性の検討、(2) 実験によるコストのかからないシグナルによるシグナルのもつ相互情報量の低下という問題を扱った。協力意図にシグナルがかかっているべきかどうかについて、広い視点で検討し、コストの必要性が状況依存である可能性を明らかにした。これは、当初想定していた Roberts モデルの再検討を超えた本研究の成果である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ohtsubo, Y., Suzuki, K., Toyoda, M., Kawamura, Y., & Ohtsuki, H.
2. 発表標題 Cooperative intention signaling is evolutionarily stable against mobile defectors
3. 学会等名 Human Behavior and Evolution Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohtsubo, Y., Miyazaki, Y., & Tanaka, H.
2. 発表標題 Signal cost suppresses dishonest reputation signalling in an indirect reciprocity context
3. 学会等名 Human Behavior and Evolution Society (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 渡邊裕季乃・大坪庸介
2. 発表標題 チープな協力意図シグナルの進化可能性
3. 学会等名 日本グループ・ダイナミックス学会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------