

囚人のジレンマで搾取が発生する仕組みを解明 ～対等な個人の関係が学習により非対称化～

1. 発表者：

藤本 悠雅（東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 博士課程3年）
金子 邦彦（東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 教授／
生物普遍性連携研究機構長／複雑系生命システム研究センター長）

2. 発表のポイント：

- ◆二人の個人が互いを認知し合い行動する状況で、自分がより利益を得るように学習を行う過程を定式化した。
- ◆互いに利己ないし利他行動を選択する囚人のジレンマゲームにおいて、学習により、搾取関係が双方にとって安定的に発生することを証明した。
- ◆二人の能力・ゲームは対称でも、両者の初期行動の微小な差が増幅され、搾取する側とされる側に次第に分化し大きな搾取関係が定着し得る。

3. 発表概要：

搾取は社会において頻繁に見られる現象である。搾取する側はされる側の利益を犠牲にし、不等な利益を得ている。一方で、搾取される側も、たとえ自力で搾取関係を解消できるのだとしても、その関係を受け入れている。果たして搾取は、環境や個人の能力の差によって生まれるものなのか、それとも対等な個人間においても避けられないものなのか。

囚人のジレンマゲーム（注1）は社会における行動選択を表現する数理モデルの一つである。相手を裏切ることで自分の利益を追求することができるが、相手に協力することは自分が裏切ることで得る利益よりも多くを相手に与えることができる。この場合、個人間に協力を行う確率に差が存在すると、そこに搾取関係が存在することになる。

長年の囚人のジレンマにおける研究は、個人が利他行動として対称的な協力関係を築く機構が注目され、非対称な搾取関係の発生する機構は解明されていなかった。今回、東京大学大学院総合文化研究科の藤本悠雅 大学院生と金子邦彦 教授は、個人が相手を学習し、より自分の利益を高めようとする中で、その学習が対称的であるにも関わらず搾取関係が発生しうるとを理論的に示した。その過程において、初めは似通っていた両者が、相互学習によって搾取者と被搾取者の役割に分化する、対称性の破れを発見した。

本研究成果は、両者が自身の利益を追求するだけで搾取が生じうるとを示し、社会における搾取の発生起源についての新たな視点を提供したもので、今後の発展が強く期待される。なお、本研究は特別研究員奨励費(18J13333)および新学術領域研究「進化の制約と方向性」(17H06386)のもとで行われた。

4. 発表内容：

搾取とは社会において見られる基本的な現象の一つであり、個人間に成立する非対称性を表している。搾取する側はされる側の利益を犠牲にし、より多くの利益を得ている。一方で、搾取される側は、たとえ自力で搾取関係を解消できるとしても、その関係を受け入れている。

囚人のジレンマは社会における個人の利己行動か利他行動かの選択の葛藤を表現した数理モデルである。裏切ることは常に自身に利益をもたらすが、協力することによって自分が裏切りによって得る以上の利益を相手にもたらすことが可能である。一回限りのゲームでは裏切るのが個人にとって最良であるが、囚人のジレンマを繰り返し行うことによって、個人は互いに協力できるようになる。それは、相手が協力するなら協力を、裏切りなら裏切りを返す、「しっぺ返し戦略」を双方が獲得することによって実現される対称な関係である。で

は、片方が大きく裏切るにも関わらず、もう片方が大きく協力するような状態、すなわち搾取関係が実現されることは果たして可能なのであろうか。

近年、Press と Dyson らによって、相手に非対称な関係を強いることのできる搾取的な戦略が提案された。しかし、そこで起こる搾取は片方が一方的に搾取戦略をとり、もう片方がそれに合わせた戦略をとるという非対称な状況が始めから想定されており、相互に対称に学習を行う中で非対称な搾取が発生し得るかについては未解明のままであった。

本研究グループは人間などの高度な知能を持つ生物に見られる特徴として、個人が相手の行動によって自身の行動を使い分ける状況を想定し、ゲームを繰り返し行い得られた経験から個人が自身の利益をより大きくするように戦略を変化させる学習過程を定式化した。また、学習前に両者がとる戦略としてさまざまな場合を仮定し、学習によってどのような関係が形成されるかを計算機によってシミュレーションした。

結果として、両者が同様に自分の利益を大きくしようと学習しているにも関わらず、搾取関係が発生しうること、また搾取の度合いに限界があることが明らかになった。さらに、搾取の度合いの最も大きい両者の関係を調べると、未だ発見されていない戦略をとっていることが明らかになった。搾取する側は、相手の裏切りを許さない一方、相手が協力しても確率的に裏切りを返し、しっぺ返しよりも心が狭い戦略をとっている。一方で搾取される側は、相手の協力には見返りを与えるが、相手が裏切っても確率的に協力し返し、しっぺ返しよりも寛容な戦略をとっている。したがって、搾取は心が狭い者と寛容な者の間に安定的に形成されるのである。

次に研究グループは、搾取関係が最終的に形成されるまでの戦略の変化の過程についても調べた。すると、始めは似た戦略をとっていた両者が相互に学習を行うことで、戦略の差が増幅され、搾取として定着することが明らかになった。心が狭い者は寛容な相手を学習することでより心が狭くなり、寛容な者は心の狭い相手を学習することでより寛容になるのである。したがって、搾取関係はあらかじめ存在するわけではなく、相互学習によって始めはほぼ対称的な両者の間に後天的に発生するのである。すなわちこれは、対称性の破れという物理学においてよく知られた現象に対応している。

本研究で仮定した囚人のジレンマゲームや学習過程は、社会において広く見られる性質を抽象化したものであり、広い適用範囲があると考えられている。搾取の発生に新しい視点を与える本研究の結果は、搾取を解消する今後の研究にも貢献すると期待される。

5. 発表雑誌：

雑誌名： *Physical Review Research* 誌 (11月5日出版)

論文タイトル： Emergence of Exploitation as Symmetry Breaking in Iterated Prisoner's Dilemma

著者： Yuma Fujimoto, Kunihiko Kaneko*

DOI： 10.1103/PhysRevResearch.1.033077

Abstract URL：

<https://journals.aps.org/prresearch/abstract/10.1103/PhysRevResearch.1.033077>

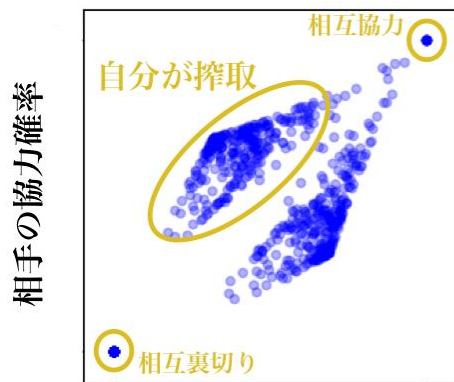
6. 問い合わせ先：

東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻

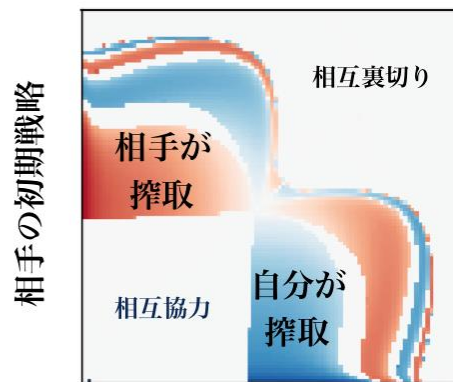
教授 金子 邦彦 (かねこ くにひこ)

7. 用語解説：

(注1) 囚人のジレンマゲームとは、社会で頻繁に見られるような、個人が利己か利他行動かの選択を迫られる状況を数理的に表したものである。一例としてつぎの状況がある。共犯を行ったと疑わしい囚人二人を捉えたが、証拠が不十分であった。検察官は証拠を十分にするために、相手の罪を告白するか黙秘するか二人に別々に取引をもちかける。「両方とも罪を黙秘するなら証拠不十分で2年の刑で済む。でももし片方のみが相手の罪を告白したなら、告白した方は釈放、された方は5年の刑になる。両方とも罪を告白したなら証拠十分で4年の刑を受ける。」囚人らは相手の罪を告白する方が得だが、両者告白するよりは両者黙秘した方が得であるという、利己か利他かのジレンマを抱える。



自分の協力確率



自分の初期戦略