

要約

ある個体の形質や行動が他個体の利益となるような生物間相互作用を協力と呼ぶ。特に種内での協力的相互作用は、自然界において幅広い分類群で見られる。このため、協力の進化プロセスは生物個体間の基本的な相互作用を理解するうえでの重要な問題として、これまで理論・実証の両面から活発に研究されてきた。そうした協力の進化に関する研究において、特に重要な理論的枠組みの一つに連続協力ゲームがある。これは、各個体が協力への投資量を連続的に決められる場合に注目し、協力的相互作用における各個体の振る舞いの進化を考えるものである。連続協力ゲームを用いた先行研究によって、協力の進化にかかわる様々な側面が明らかにされてきたが、一方で先行研究では解明されていない問題も残っている。本論文では、以下の二つの問題に注目し、理論モデルを構築することで協力の進化動態の解析を行った。

一つは協力レベルの多型の進化条件の解明である。自然界では、協力への投資量に集団内でばらつきが見られる例がしばしば報告されている。こうした協力レベルの多型が進化的に出現することは理論的にも明らかにされているが、多型が進化するための条件については十分明らかにされていなかった。特に、協力における各個体の投資から利益が生まれる過程については、多くの先行研究では限定的な状況にのみ注目してきた。そこで、私は各個体の投資が協力利益に集約される様式を(i)投資自体の共有か、投資の結果得られた効果の共有か、(ii)加算的か乗算的か、(iii)利益の促進による協力か、不利益の抑制による協力か、の3つの側面から分類し、それぞれの組み合わせにおける協力の進化動態について、多型の出現可能性に注目して解析を行った。結果、協力利益の集約様式が、投資の共有によるものか、効果の乗算的共有による不利益の抑制によるものでない限り、多型は進化的に出現しえないことが分かった。この結果は、自然界で観察されている協力レベルの多型が出現するためには、協力利益がある特定の集約様式を持っている必要があることを示している。

もう一つは、交渉ゲームにおける意思決定様式の進化動態の解明である。自然界では、相手の協力時の振る舞いに応じて自身の協力への投資量を変える例がしばしば報告されている。このような、相手の協力への投資量に対する応答の進化は、交渉ゲームなどの理論モデル

を用いて理論的に研究されてきたが、そうした先行研究では、進化の結果実現される意思決定様式が無数に存在するために、一定の進化的傾向を見いだせないことが報告されている。このため、意思決定様式の進化動態についての定性的な予測は、これまで困難であるとされてきた。この問題を考えるために、私は協力における行動時のエラーに注目した。生物の行動では、しばしば誤って本来とは異なる振る舞いを見せる例が報告されている。このようなエラーの存在は、各個体の協力への投資量にばらつきを生み、相手の振る舞いに応じた意思決定戦略の進化に影響を与えると考えられる。そこで私は、特に行動時の投資量にエラーが生じる場合に注目して、交渉ゲームにおける相手の投資量に対する応答の進化動態を解析した。結果、エラーがわずかでも存在する場合には、意思決定様式に一定の進化傾向が現れ、その進化動態の定性的予測が可能となることを明らかとした。

本論文におけるこれら二つの研究は、先行研究において欠けていた協力の進化を考えるうえで重要な側面を明らかにするものであるとともに、野外でみられる生物間の相互作用を協力ゲームの枠組みからとらえ直すことの有効性を示唆するものである。