

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 土畑 重人

近年の進化生物学や社会生物学では、潜在的な裏切り戦略の存在下で協力がどのように進化してきたかは、主要な課題の一つとなっている。しかし、一般に裏切り戦略者は自らが依存する社会を破壊してしまうため進化的には短命なために、野外条件下で検証可能な系は極めて少ないのが現状である。本論文で使ったアミメアリ *Pristomyrmex punctatus* は、単為生殖を行うアリで、通常とは異なり女王が失われ、コロニーの全個体が労働と繁殖との双方を担う共同繁殖を行っている。従来から一部のコロニーに、大型で発達した卵巣を持ち、労働を行わない利己的の形質を持った個体（大型個体）が混在していることが知られてきた。本研究では、このアミメアリ大型個体に焦点を当て、野外で採集したコロニーを対象に集団遺伝学的な手法、室内実験、シミュレーションなどにより、これが裏切り系統であることを示している。

本論文は6章からなる。第1章は総合序論であり、研究の背景と目的が述べられている。それに続く第2章では、核マイクロサテライト、およびミトコンドリア上の遺伝マーカー計4個を用いて、三重県紀北町産のアミメアリ大型個体および同所的に分布する通常個体の遺伝子型解析を行った。また、大型個体を実験室内で採卵し、親子の遺伝子型を比較することで、大型個体が単為生殖を行っていることを確認した。これらの結果から、大型個体は単為生殖によって通常個体とは独立した裏切り系統を構成していると結論づけている。次に、三重県紀北町産の裏切り系統と通常個体系統、沖縄島産の通常個体および最近縁種 *P. rigidus* の系統関係を、ミトコンドリア COI 遺伝子の配列を調べたところ、紀北町産の2つの系統は他のものよりも互いに近縁であった。これは裏切り系統が通常系統から同所的に分化したことを示唆しており、これらの成果は国際的に高い評価を得ている。

第3章では、裏切り戦略が種分化に至るまで長期間に宿主種と共存することを、地域集団の詳細な集団遺伝学的解析で検証した。まず、核マイクロサテライト領域を新たに11個単離している。このマーカーを用いて調査集団を解析した結果、裏切り系統は調査集団内で単一起源であることが明らかになった。また、祖先遺伝子型（最も頻度の高いもの）からの突然変異の蓄積をモデリングした結果、裏切り系統は集団内に約100-10000年間存続していることが推定された。これは、先行研究で知られている裏切り系統の存続時間に比べて格段に長いものである。さらに、Wrightの  $F$ -statistics を適用したところ、裏切り系統はコロニー間を移住しており、その移住率は通常個体系統のそれよりもかなり大きいことがわかった。ただし、裏切り系統が個体群全体への悪影響の拡大を回避するメカニズムとして、地理的距離による遺伝的隔離が検出され、これは個体移動が空間的に制約されていることを示している。

第4章では、再び室内飼育実験に戻って、複数レベル淘汰の実測を行っている。野外で採集した裏切り系統を含む宿主コロニーを、室内で分割し、裏切り者の頻度を割り振って60日間飼育し、生産された次世代個体数を計数した。その結果、複数レベル淘汰から予測される通り、サブコロニー内の裏切り系統の頻度が増すと、次世代個体数が有意に減少することが明らかに

なった。また、マイクロサテライトマーカーを用いた解析では、裏切り系統はどの頻度でも通常個体系統よりも適応度が高いことが判明した。これに基づいて適応度の利得行列を構成すると、囚人のジレンマゲームのそれと一致しており、アミメアリ通常系統からなるコロニーは、裏切り戦略の侵入に対して常に脆弱であることが推測できた。

第5章では、裏切り系統の移住が空間的に制約されていることが系統の存続に与える効果を評価するために、空間構造を持つメタ個体群を模したコロニーベース格子モデルを構築し、シミュレーションによって両系統の小進化動態の帰結を検討した。計算には実証的に得られたパラメータを用いている。その結果、空間制約がある場合に裏切り系統の存続可能性が飛躍的に上昇した。この存続は、空間構造を持ったメタ個体群動態における局所消滅・再移住過程の理論に包括できる。

最後の第6章は総合考察である。アミメアリ大型個体の由来は祖先種における女王形質であり、祖先種では表現型可塑性によって発現していたものが、アミメアリでは女王形質に関与する遺伝子群の発現が遺伝的に固定した系統が裏切り系統となった、という進化プロセスを考察している。

本論文から、アミメアリの裏切り系統は、コロニーという「超個体」に巣食う「感染する社会の癌」ともみなし得る実態が解明された。今後さらに両者の持つ戦略を比較することで、協力の進化における裏切り戦略についての理解がさらに深まると考えられる。従って、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するに相応しいものと認定する。