

アリの子育ては不眠不休！

1. 発表者：

藤岡 春菜（東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 修士課程 2年）
阿部 真人（国立情報学研究所／JST ERATO 特任研究員）
岡田 泰和（東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 助教）

2. 発表のポイント：

- ◆ ヒトを含めほとんどの生物は昼夜にあわせた約 24 時間の活動周期を備えており、アリも通常は昼夜の活動・非活動のリズムを持っています（概日リズム、注1）。
- ◆ 卵や幼虫など幼く脆弱な子供と同居させると、働きアリは本来の活動リズムをなくし、昼夜をとわず、24 時間ずっと働き通しになることがわかりました。
- ◆ アリは“不眠不休”で子供の世話をすることで、未熟な時期の子供の生存率を高めているのではないかと考えられます。

3. 発表概要：

生まれて間もない赤ちゃんをもつ母親は昼も夜もなく、ときに寝ずの子守が必要になるといいます。本研究では、家族で子育てを行うアリにおいても、幼い子供の世話があるときは、働きアリが昼夜をとわず活動し続けることがわかりました。

ヒトを含めた地球上のほぼすべての生き物は、昼夜にあわせた約 24 時間の活動周期（概日リズム）を備えています。アリも他の生物と同様に、単独の状態では昼夜の活動・非活動のリズムを示すことが知られていました。しかし、アリはふだん、単独ではなく家族で生活し、子供の世話やエサ集めなどさまざまな仕事をしています。こうした家族や仕事といった社会環境をアリがどの程度認識し、働き方や時間の使い方を決めているのかは、これまでよくわかっていませんでした。

本研究では家族生活でとくに重要な子育てに注目しました。アリの幼虫は働きアリの助けなしにエサを食べることができません。また、地中にある巣は常にカビや病原菌にさらされており、卵や幼虫は働きアリが清潔に保たないとすぐに死んでしまう弱い存在です。そこで、手厚い世話が必要な卵・幼虫と、あまり手間のかからない蛹をトゲオオハリアリの働きアリと同居させ、世話をする子供の成長段階によってアリの行動がどのように変化するかを調べました（図1、図2）。

その結果、働きアリは単独では昼間に活動し、夜は活動性が下がりますが、卵や幼虫とペアにすると夜間も活動を続け、24 時間常に活動を行うことがわかりました。一方、

成長段階が進んだ蛹とペアにすると、単独のときと同様に昼間だけの活動性を示しました（図3）。トゲオオハリアリの蛹は繭に包まれており、エサやりやグルーミング（体を舐めて掃除する行動）など世話の必要がありません。このことから、アリは養育する子供の成長段階や世話の必要性に応じて活動性を変えていると考えられます。本研究は、社会性昆虫が子供の成長段階にきわめて柔軟に対応できることを示した点で新規で重要な研究です。子育てが常時活動性をもたらすことはヒトやイルカ、シャチ、ミツバチなどでも知られており、未成熟個体の養育に付きっきりになることは昆虫から哺乳類まで、動物の社会行動に広く共通する性質である可能性が示されました。

4. 発表内容：

■ 研究の背景

地球上に生息するほとんどの生物は、昼夜のサイクルに対応するため、約 24 時間の体内時計（概日リズム）を持っています。私たちが夜眠くなったり、朝目が覚めたりするのは、概日リズムを持っているからです。概日リズムは、光などの環境要因の影響を受けやすいですが、他個体など社会的な要因にも影響を受けます。家族から離れ一人暮らしを始めた学生の寝起きのリズムが乱れてしまうのも、社会的な影響のひとつと見ることができるともかもしれません。

社会的な要因のなかでも子の影響は非常に重要です。ヒトだけでなくイルカ、シャチなどでも、生後間もない子を持つ親は活動パターンを変え、昼夜問わず育児をします。アリやミツバチなどの社会性昆虫では、幼虫などの未成熟個体は自力ではエサをとったり、カビや病原菌から身をまもったりができない脆弱な存在で、手厚い育児が必要です。これまで、ミツバチでは幼虫がいると働き蜂（ワーカー）の活動が常時的になると言われてきましたが、巣の中には幼虫だけでなくさまざまな成長段階の子供が存在し、子供がいる時期もあればいない時期もあります。動物が、こうした周囲の社会環境に合わせて子育てや協力行動を円滑に行う仕組みは行動学の中心的な課題です。しかし、社会性昆虫が子供の発育段階という社会環境にどのように対応し、行動するのはこれまでわかっていませんでした。

■ 研究内容

本研究ではアリに卵・幼虫・蛹という異なる成長段階があることに注目し、成長段階の異なる個体（卵・幼虫・蛹）を養育させ、働きアリの活動時間が変化するかを調べました。実験には観察が容易な体長 1cm ほどの大型のアリ、沖縄産トゲオオハリアリを用いました。

アリの活動を 24 時間目視で観察することは非常に困難です。そこで、動画とコンピュータ解析で自動的に個体の位置を取得する自動追尾システムを開発し、働きアリの活動量、活動時間を定量化することで、5 日間以上におよぶ精緻なデータ取得を行いました。トゲオオハリアリは昼行性で、真っ暗な巣の中にある個体も単独にすると昼間にあたる時間帯に高い活動性を示します（図 3、単独条件）。本研究では、卵や幼虫を世話する働きアリは昼行性から 24 時間活動し続けるようになる一方で、蛹を世話する働きアリは昼間活動性のままであることを発見しました（図 3、卵・幼虫・蛹養育条件）。この違いは、蛹には餌を与える必要がないことや、蛹は繭に包まれており、病原菌などから守られているためグルーミングなどの世話があまり必要ないことが要因であると考えられます。蛹とは異なり、卵や幼虫は病原菌に冒されやすく、働きアリによるグルーミング（衛生行動）を必要とします。つまり、働きアリは、世話が必要な非常に未熟な子供のためには常時的に働きますが、成長して世話があまりなくなった蛹のためには、本来の活動時間である昼間に働きます。

ある時点だけで観察すると働いていたたり、働いていなかったりするように見えるアリですが、画像による自動追尾システムを用いた 24 時間体制の継続的観察によって、概日活動性（約 24 時間周期の活動・非活動パターン）が育児需要に合わせて変化することが解明できました。アリは育児行動に高度な柔軟性を持ち合わせており、この柔軟性がアリの円滑で効率的な子育てを支えていると考えられます。

■ 今後の展望

今回の実験では 1 匹のアリを 1 匹の子供とペアにする実験を行いましたが、実際の巣の中では子供と働きアリがさまざまな割合で暮らしています。また、エサ集めや巣の防衛など、他の仕事とのバランスもあるため、働きアリが直面する実際の社会環境はかなり複雑です。さまざまな個体と仕事内容が混在する実際のコロニーに近い状況で、働きアリたちがどのように育児を分担し、時間と労力を割り振っているのかを、自動追尾システムを活用・発展させ、調べていきます。

また、概日リズムという生理的な活動周期を逸脱し、24 時間の常時的な活動を行うことは、多くの生物でさまざまな不調につながると考えられています。私たちヒトも、夜勤や徹夜など、普段休んでいる夜間に活動すると、睡眠障害をはじめとし、さまざまな病気を引き起こす可能性もあります。働きアリには、昼夜問わず働くことにコスト（デメリット）が存在するのか、という疑問や、常時活動性を可能にする生理的なメカニズムを明らかにすることが今後の課題です。

なお、本研究は学術振興会、科学研究費(番号 26870121,15H04425, 26249024)の支援を受けて行われました。

5. 発表雑誌：

雑誌名：「Biology Letters」（英国王立協会発行の科学誌、2月版）

論文タイトル：Ant circadian activity associated with brood care type

著者：Haruna Fujioka, Masato S. Abe, Taro Fuchikawa, Kazuki Tsuji, Masakazu Shimada, Yasukazu Okada

DOI 番号：10.1098/rsbl.2016.0743

アブストラクト URL: <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/13/2/20160743>

6. 問い合わせ先：

東京大学 総合文化研究科

藤岡 春菜（ふじおか はるな）

〒153-8505 東京都目黒区駒場 3-8-1

Tel：03-5454-6794 / 090-6798-0103

E-mail：fujioka.ha@gmail.com

東京大学 総合文化研究科

助教 岡田 泰和（おかだ やすかず）

〒153-8505 東京都目黒区駒場 3-8-1

Tel：03-5454-6794 / 090-1386-2555

E-mail：okayasukazu@gmail.com,

cokayasu@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

8. 用語解説：

注1 概日リズム（概＝約、日＝24時間、の意味）

ほとんどの生物に生理的に備わっている約 24 時間周期の活動性や代謝などのリズム。概日リズムをもたらす生理的な計時機能が体内時計（生物時計）で、時計遺伝子とよばれる一群の遺伝子の発現の振動によって生物体内で約 1 日のリズムが刻まれている。通常、太陽光などの光環境によって毎日調節されることで、昼夜に対応したリズムを正確に刻むとされている。

9. 添付資料：



図1. 卵を運ぶトゲオオハリアリの働きアリ

奄美大島以南に生息するトゲオオハリアリは、体長約 1cm の大型のアリで、複数の卵を束にして運ぶ。（撮影者：antroom 島田たく）



図2. 蛹を運ぶトゲオオハリアリの働きアリ

トゲオオハリアリの蛹は、褐色を帯びた黒色の繭に包まれている。（撮影者：antroom 島田たく）

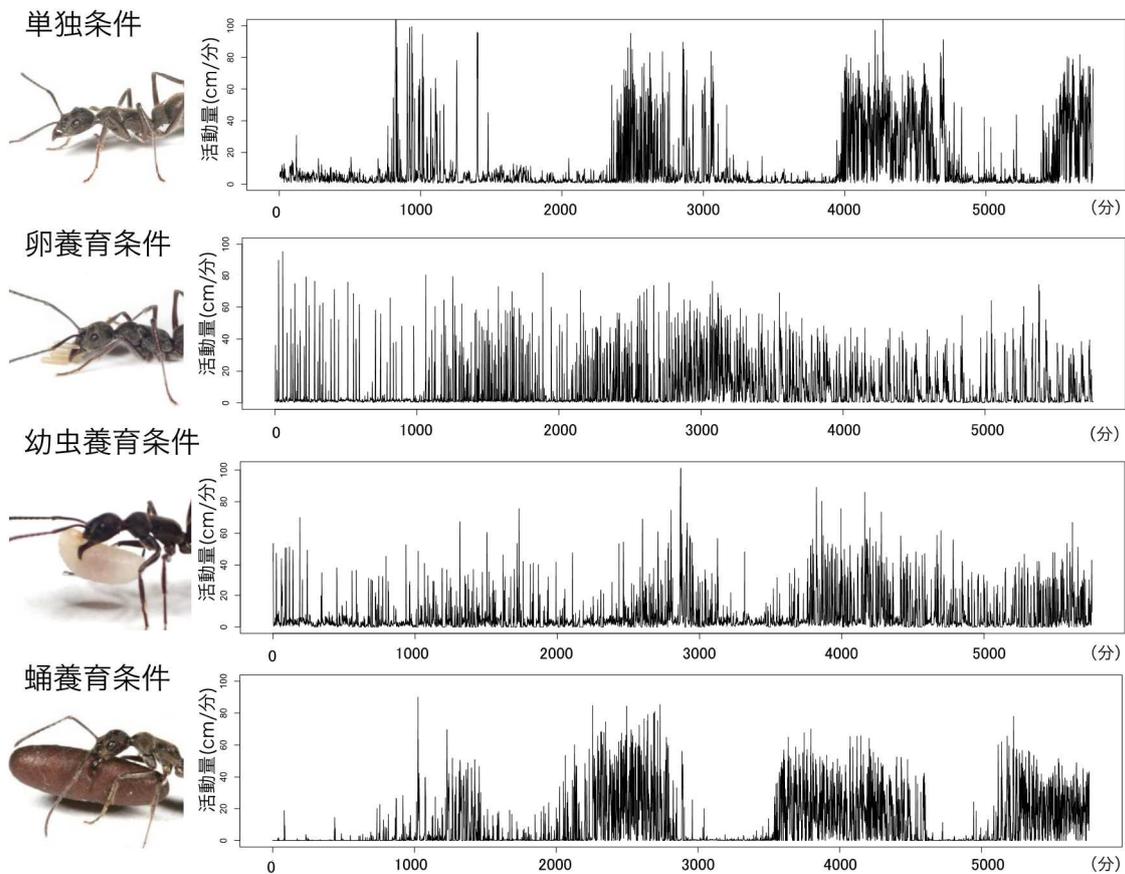


図3. 各条件における働きアリの活動性

黒棒の高さが活動量を表す。単独条件、蛹養育条件では、約1日（1440分）で活動期と不活動期が交互にあることがわかる。一方で、卵養育条件、幼虫養育条件では、明瞭な不活動期がなく、常時活動性を示す。活動量は一分間に動いた距離を用い、約4日分の活動性を示した。