



日本バイオリギング研究会会報

日本バイオリギング研究会会報 No.174

発行日 2021年2月25日 発行所 日本バイオリギング研究会(会長 佐藤克文)

発行人 光永 靖 近畿大学 農学部 水産学科 漁業生産システム研究室

〒631-8505 奈良県奈良市中町 3327-204

Tel & Fax: 0742-43-6274 E-mail: biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp

会費納入先: みずほ銀行 出町支店 普通口座 2464557 日本バイオリギング研究会



もくじ

研究紹介

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 海岸沿いの美しい群行動 | 福代 三華 (同志社大学) 2 |
| 逃げる蛾の動きを予測して超音波を放つコウモリ | |
| | 西海 望 (自然科学研究機構 基礎生物学研究所) 3 |
| バイオリギングで目指すコウモリ由来ウイルスの生態の解明 | 梶原 将大 (北海道大学) 5 |
| ネタに尽きないアリの社会行動研究 | 西森 拓 (明治大学) 7 |

コラム

- | | |
|---|--|
| Being a caring father and researcher in Japan | |
| | Dennis M. Heim (Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics) 9 |

「珍しく昼間に飛行するユビナガコウモリ」

撮影者: 藤岡慧明 撮影場所: 和歌山県西牟婁郡

海岸沿いの美しい群行動

福代 三華（同志社大学大学院 生命医科学研究科 脳神経行動工学研究室 博士前期課程2年）

生物の中には、群れを形成して生活しているものがあります。空を見上げるとV字や様々な形の群れを作って飛び回っている鳥、水族館では広い水槽を群れで鮮やかに泳ぐイワシの群れ、さらに庭や公園・はたまた家の中まで行列を作ってしまふこともあるアリの行列などなど、身近なところで集団行動の様子を目にする機会は意外と多いです。

また、真っ暗闇の中を空飛ぶコウモリも集団行動をする動物の一種です。目は悪く聴覚を頼りにしており、エコーロケーションという超音波を使った能力により周囲の環境を知覚します。そして、このエコーロケーションにより、暗闇環境下でも他個体との衝突を回避することが可能であるため、魚や鳥とはまた違った集団行動戦略があるのではないかと考え私たちは研究を行っています。これまで野外におけるコウモリの集団飛行や混信回避行動に関しては、計測の難しさ等からほとんど理解が進んでいませんでした。自然環境下におけるコウモリの飛行は、ダイナミックで野生本来の行動を観測することが出来ます。また、室内実験等の前例にとらわれない自由な視点や発想で研究することが可能であり、私たちのグループでは新しい手法で集団行動研究に挑戦しました。

コウモリの群行動を観測したのは、和歌山県の白浜町の海岸沿いにある海蝕洞です（図1）。コウモリがねぐらから出てくる場面を映像計測により捉えました。私は学部4年時と修士1年時にこの洞窟を訪れましたが、数万匹にも及ぶ個体が出巢する場面は何回見ても圧倒されます。実験前に岩の隙間に挟まるヤドカリで遊んでいた友達も、屋外にも関わらずゲームに熱中していた先輩(笑)も、全く異なる光景と野生動物の振る舞いに皆感動していました。

日没前後にコウモリは洞窟から飛び出し、猛スピードで出てくるのですが、その行動を分析すると、群は出ていく一つの流れだけではなく、洞窟付近で往復する集団（照度探知行動）がいることが分かりました（図2）。また図2では5秒間で77個体もの数が飛行している等、観測中はずっとコウモリが出巢したり引き返す様子が繰り返して行われていました。本研究では、2台のカメラを用いることによってコウモリの飛行軌跡を三次元で再構成し、コウモリ同士の相互作用を三次元空間で分析できるシステムを用いています。一方、画面いっぱいにコウモリが飛行する膨大な映像データ

を手作業で解析していくことは困難であり、集団行動研究において大きな障害となっていました。そこで、近畿大学の波部研究室の方々と共同で研究を行うことにより、コウモリの飛行経路を自動追跡する方法の開発等も進めています。その一例として、自動追跡を用いてコウモリの個体数をカウントし、個体数の推定を行ったりしています。個体数推定は生息状況の動向把握のためにも重要な指標であり、このような自動追跡の取り組みはコウモリの生態学的な発見・理解に繋がる可能性があると考えています。

今後は、三次元飛行軌跡を用いた個々のコウモリ間の相互作用の検討を進め、コウモリがもつ独自の集団行動ルールや生態のメカニズムを明らかにしていきたいと考えています。

白浜で観測されるような洗練された集団行動戦略がどのようにして生まれるのかに関して、群計測により理解したいという生物学的興味、また野生動物を相手に研究することの楽しさについて、野外実験を通し深く学びました。



図1. 観測場所の和歌山県白浜町海蝕洞
(白矢印は洞窟の入り口を示す)

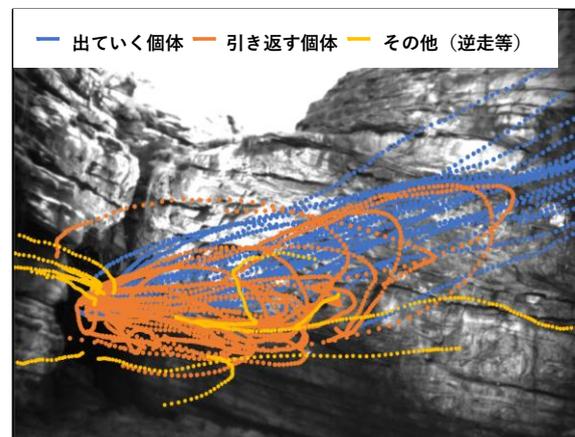


図2. コウモリの飛行経路から見る行動分類

逃げる蛾の動きを予測して超音波を放つコウモリ

西海 望 (自然科学研究機構 基礎生物学研究所)



コウモリは優れた狩りを行う捕食者として知られており、飛行とエコーロケーションを協調させ、逃げる獲物を巧みに追いかけて捕らえることができます。コウモリのエコーロケーションは、アクティブセンシングに分類され、自ら超音波を発しその反響から空間を把握するというものです。そのため、音を発していない獲物に対しても、コウモリの側から音波を当てることによって検出できるという優れた利点があります。しかし、この超音波は全方向に発することはできないため、毎回の照射において超音波を獲物にある程度向ける必要があります。

ここで問題となるのは、コウモリが照射を行おうとする際、コウモリはその瞬間の追跡目標の位置がわからないということです。なぜなら、その位置は超音波を放ってみて初めてわかるものだからです。したがって、エコーロケーションを成り立たせるには、追跡目標の過去の位置情報をもとに現在の位置に超音波を向けなくてはならないということになります。特に、目標との角度変化が大きい場合（例えば、蛾のように素早く移動する目標を相手にする場合や、目標との距離が近い場合）には、この問題はより深刻になりえます。

それでは、この情報の遅延の問題をコウモリはどのように克服しているのでしょうか？

先行研究によって、コウモリが超音波の照射頻度を早めたり、超音波照射範囲を広げたりして、この遅延の問題を抑えていることが明らかにされています。しかし、このやり方は遅延や誤差の影響を多少緩和することはできても、超音波の照準自体は常に目標に対して遅れを取るということになります。そこで、より能動的にこの遅延の問題を克服する方策として、位置の推定をコウモリがおこなっているのではないかと考えられていました。そして、実際にいくつかの研究ではコウモリに目標の現在位置を推定する能力があることが示されてきました。しかしながら、実際の捕食の場面で、コウモリが目標の現在位置を推定して超音波を放っているという決定的な証拠は得られていませんでした。

そこで、捕食の場面において実際にコウモリが位置推定をおこなっているかどうかを明らかにするために、同志社大学脳神経行動工学研究室の飛龍教授と藤岡研究員と共同して検証をおこなってきました。

この検証は、実験室内でコウモリと蛾を飛ばし、コウモリが蛾を捕食する過程で、超音波をどのように向けているのかを分析するというものです。コウモリと

してニホンキクガシラコウモリ (*Rhinolophus ferrumequinum nippon*) を使い、蛾としてプライヤキリバ (*Goniocraspidum pryeri*) を用いました。コウモリと蛾の位置は2台の高速カメラで3次的に計測され、超音波の照射タイミングはコウモリに装着された小型マイクによって計測されました。また、コウモリの放つ超音波の方向は、実験室内に多数配置されたマイクの音圧の分布から算出されました。コウモリが蛾を襲い、なおかつ超音波の照射方向を正確に計測できたものをデータとして使い、両者の3次的な運動と超音波の照射方向の関係を解析しました。

その結果、図1のようにコウモリは単に一つ前の超音波照射で得られた蛾の方向に超音波を放つのではなく、そこより現在の蛾のいる側に偏らせて超音波を放っていることが明らかになりました。そして、この超音波の偏向の程度は、その時その時の状況に応じてうまく調節されていることも明らかになりました。目標方向を推定する必要性は、過去の目標方向と現在の目標方向が異なるほど増します。超音波の偏向の程度を、その時の目標方向の変化量と照らし合わせてみたところ、図2のように、目標方向の変化量が大きいほど超音波は大きく偏向して放たれていることが確認されました。つまり、コウモリは、蛾に対する角度変化の激しさに応じて超音波の偏向度合いを調節し、うまく現在の蛾の位置に超音波を向かわせるようにしていたというわけです。

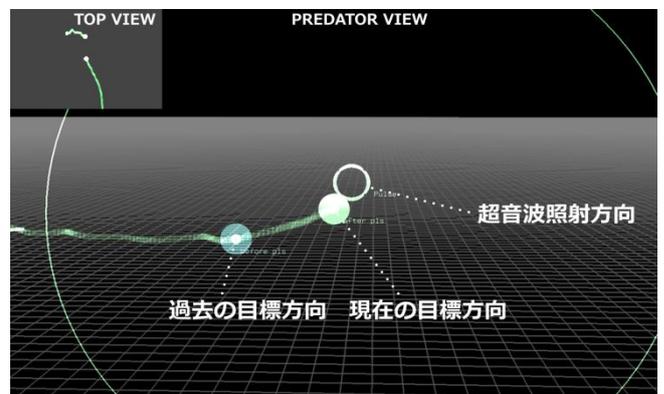


図1. コンピュータグラフィックスによって、ニホンキクガシラコウモリの視点で再構成された超音波発射の瞬間の状況（一例）。本種は既知となる過去の目標方向よりも、未知となる現在の目標方向側に超音波を向けていた。

次に、コウモリにおいて目標方向を推定する仕組みがどのようなものなのかを検討するために、候補となるモデルを二つ用意しその妥当性を検証しました。一つ目のモデルは、最後の超音波照射以降はコウモリも蛾も等速直線運動をするという前提に立ったものであり、先行研究で考えられてきたモデルです。二つ目のモデルは、最後の超音波照射以降はコウモリと蛾の角度変化が一定であるという前提に立ったものです。これらのモデルによって推定された方向と、実際の超音波照射方向を比べたところ、二つ目のモデルの方が実際の超音波照射方向をよりよく説明していました。

以上から、実際の捕食の場面において、コウモリが蛾の位置を推定して超音波を発していることが明らかになり、また、従来の方向推定モデルに対してより確からしい新たなモデルを突き止めるに至りました。

動物が外界を知覚する際、様々な要因によって遅れが生じるものです。この遅れをそのまま許してしまえば、例えば私たちが何かをキャッチしたり、食べ物を口に運んだりするといった、ごく当たり前の動作もままならなくなってしまうでしょう。従ってこの遅延を克服する能力、すなわち過去の情報から現在の状態を推定するという能力は、生きる上で極めて重要なものと言え、様々な動物において発達してきたと考えられています。捕食という生存に強く関わる状況において、コウモリが巧みに情報取得の遅延を補って狩りを成功させているという本研究結果は、上述の推定能力の普遍性と重要性を改めて示すものとなりました。今後は超音波照射方向と追跡コースの取り方を組み合わせることで、コウモリの狩りの戦略をより深く探求していく予定です。

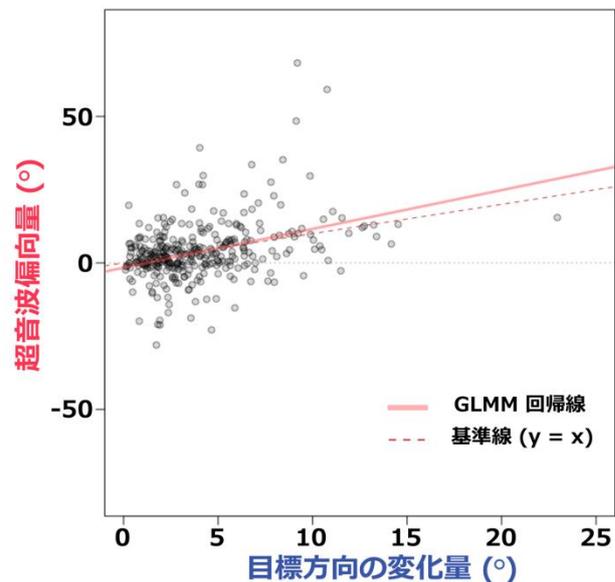
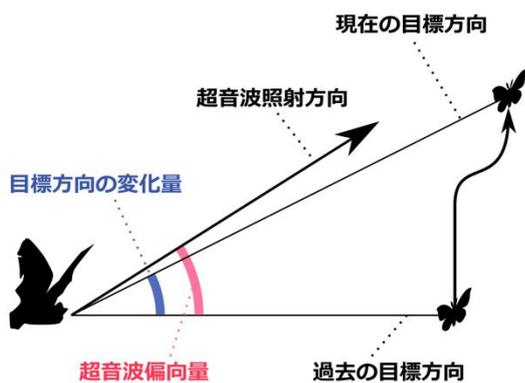


図 2. 超音波の偏向量と目標方向の変化量の関係。

バイオロギングで目指すコウモリ由来ウイルスの生態の解明

梶原 将大 (北海道大学 人獣共通感染症リサーチセンター 国際疫学部門)

アフリカでコウモリが持つウイルスを探る

1月27日現在、世界のCOVID-19感染者数は延べ1億人に到達し、すでに200万人以上がこの感染症で命を落としています。各国で開始されたワクチン接種は朗報ではありますが、未だに収束の兆しは見えません。現代社会を生きる私達は感染症史、いや、近代史に残る転換点の真っ只中にいるのかもしれませんが。

COVID-19のように、人間にも動物にも感染する病原体による感染症を人獣共通感染症といいます。私は、2013年からおよそ5年間、アフリカ南部に位置するザンビア共和国で生活し、人獣共通感染症を起こすウイルスについて調査をしていました。ザンビアは現在47カ国ある後発開発途上国の一つ。国民の健康状態は一昔前に比べるとかなり改善されていますが、HIV、結核、マラリアなどの感染症が依然として流行しており、ザンビアに大きな影を落としています。研究・診断分野も成長途上にあるこの国では、人獣共通感染症に対する備えも十分ではありません。

近年、人獣共通感染症の媒介者として特に注目されているのがコウモリです。ザンビア滞在中はコウモリを求めて、国中を探索しました。陸路を何百キロも遠征して空振りに終わることもありましたが、おかげで国内の洞窟やコウモリの住処についてはザンビア人よりも詳しくなりました。カサンカ国立公園には毎年1,000万頭ものストローオオコウモリ (*Eidolon helvum*) が大集結することで世界的に知られています。夕焼けの空をオオコウモリが埋め尽くす光景は圧巻です。また、首都のルサカ近郊にある洞窟には数万頭のコウモリが生息しており、コウモリ臭の充満する洞窟内を防護服に身を包み調査します (図1)。こうした良質なサイトでコウモリの検体を採取し、ザンビア大学に設置した研究室でウイルスの検出を試みます。



図1. 防護服に身を包み洞窟を探索する

コウモリの持つウイルス、果たしてその生態は？

5年間の活動の甲斐もあって、人獣共通感染症を引き起こすウイルス、全く新種のウイルスなどなど、多様なウイルスを発見することができました。特に、洞窟に生息するエジプシャンフルーツバット (*Rousettus aegyptiacus*) (図2) から、エボラウイルスの兄弟分にあたるマールブルグウイルスをザンビアで初めて発見することができました。このウイルスの知名度はあまり高くないかもしれませんが、マールブルグウイルスはエボラウイルスと同程度の病原性を持っていて、ヒトに致死的な出血熱を引き起こす公衆衛生上極めて重要なウイルスです。

ザンビアのコウモリから発見したウイルスは同じコウモリコロニー内に常に存在するのか？どこからやってきて、どこへ行くのか？どれ位の地理的範囲に分布しているのか？ウイルス感染のリスクが高まる季節はあるのか？などなど、ウイルスの生態に関する疑問はつきません。ウイルスは自己増殖できない完全寄生性の存在です。ですので、ウイルスが自然界で生き残るためには、宿主動物へ感染して自己を複製し、また別の宿主に感染することで途切れることなく受け継がれていく必要があります。つまり、ウイルスの生態はその宿主動物の生態に強く依存していると言えます。アフリカの人々や動物をウイルス性人獣共通感染症から守るためには、ウイルスの生態をよく理解する必要があります。しかしながら、そのために必要な宿主、すなわちコウモリの生態に関する情報は絶望的に不足しています。

「GPS発信器を取り付けてコウモリの移動を追跡できたらいいのになあ。けど、始め方すらわからないなあ」などとおぼろげに考えていたことが急に現実味を帯びたのが、2019年にタイで開催された国際コウモリ学会で同志社大学の藤岡先生とお話しさせていただいた時です。たいして温まってもいないアイデアを披露した後、藤岡先生が発した「やりましょうか」の一言は今から思えば、何かの号砲だったのかもしれませんが。バックグラウンドがウイルス学なもので、準備をするだけでもまさに手探り状態。同志社大学の飛龍先生、新学術領域「生物移動情報学」の先生方、国立感染症研究所の川端先生、北海道大学人獣共通感染症リサーチセンターの多くの先生方に支援していただき、あれよあれよという間になんとか実現の一手手前までたどり着くことができた、というのが現在の状況です。

バイオリギングで目指すウイルスの生態の解明

来年度から実施予定の研究では、ザンビアに生息するエジプシャンフルーツバットをターゲットにします。このコウモリは洞窟性で、アフリカから中東にいたる広い範囲に分布しています。ザンビアの首都ルサカから車で1時間弱の位置にある Leopard Hill 洞窟には、数万頭規模の同コウモリのコロニーがあります。上記マールブルグウイルスの他、ヒトに回帰熱を起こす新種のボレリア属菌もこの洞窟に生息するエジプシャンフルーツバットが保有することがわかっています。このコウモリに GPS ロガーを装着してその行動をモニタリングすることで、コウモリの移動に伴う病原体の移動範囲、パターン、季節性などに関する知見を得たいと考えています。

このコウモリの体重は成獣で 100 g 強と比較的小型です。日中は完全に真っ暗な洞窟内にこもり、活動は夜間のみで、太陽光で再充電可能なロガーは選択できません。また、環境的にロガーの再回収が難しいことから、限られたサイズのロガーで、できるだけ長期間いかに効率よくデータを収集するか、ということが当面の課題です。また、標的のコウモリの行動パターンについては現時点でほとんど情報がありません。まずは Lotek 社の PinPoint GPS VHF を用いて短期間の夜間の行動を観察し、採餌行動に伴う移動範囲、移動時間などのパターンの把握を目指します。これにより得られた知見に基づいて測位プログラムを最適化、PinPoint GPS Argos を用いてできるだけ長期間コウモリを追跡し、越境的な渡りや季節的・地理的な移動パターンについて調査したいと考えています。また、GPS 位置情報だけではなく、ゆくゆくはコウモリを取り巻く環境に関するデータ（映像、音声、気温、対流、移動速度、などなど）についても取得したいと考えています。

以上の計画を数年間継続し、蓄積されたデータに基づきコウモリの行動をモデル化あるいはパターン化し、感染症のリスクの高い地域、季節、時間などを特定することが目標です。また、コウモリの行動から、他の生息地、すなわち新たな病巣窟の特定や、他のコロニーとの交流の有無なども推測することができましょう。これらの成果を通して、地球規模での病原体の生存戦略とその進化に関する知見も併せて得ることを目指したいと思います。Leopards Hill 洞窟の周辺に住む人々にとって、この洞窟は土着宗教の信仰対象となっています。また、洞窟内に堆積しているコウモリの糞を肥料にして農業を営み、日々の糧を得ています。長年、連綿と受け継がれてきた、現地の人々が大切にしている文化、習慣、生活。それらを奪うことなく人々を感染症から守る。この研究はそれを可能にするポテンシャルを秘めていると信じています。



図2. 捕獲したエジプシャンフルーツバット
(*Rousettus aegyptiacus*)

最後に

現在は COVID-19 の影響でザンビアへの渡航が難しい状況ですが、なんとか今年中に本研究計画を実行に移したいと考えています。初めてのアプローチで不安は大きいのですが、どんなデータが得られるのか、今から本当にワクワクしています。近い将来、バイオリギング研究会の皆様にも面白いと思っていただけるような成果を発表できるよう頑張りたいと思います。

余談になりますが、すでに述べた様に、ウイルスは完全なる寄生体です。地球上の生き物の数だけ、その何百、何千倍（そんな数じゃ足りないかも）もの種類のウイルスが地球上に存在するでしょう。皆さんが普段研究対象にしている希少な生き物や、それを取り巻く環境にも必ずウイルスは存在します。ごく少量の検体でも解析は可能です。ウイルスに興味がある、逆にウイルスに不安を感じる、などなど、何かピンと来ることがあれば、ぜひお気軽にご連絡ください。また、バイオリギングど素人の私への叱咤激励もお待ちしております (kajihara@czc.hokudai.ac.jp)。

最後になりますが、本研究の実現と実行に不可欠な共同研究者であり、私への惜しめないサポートを提供してくださっている同志社大学の藤岡慧明先生、飛龍志津子先生にこの場を借りて心よりお礼申し上げます。

文献情報

Kajihara M, Hang'ombe BM, Changula K, et al. (2019), Marburgvirus in Egyptian Fruit Bats, Zambia, Emerg Infect Dis, 25(8), doi:10.3201/eid2508.190268.

梶原将大 (2020) コウモリが宿すウイルスを探る, ザンビアを知るための 55 章, 島田周平, 大山修一, 編. 明石出版

ネタに尽きないアリの社会行動研究

西森 拓 (明治大学 研究知財戦略機構 先端数理科学インスティテュート)

アリはハチと共通の祖先から進化し、現在地球上のほとんどの地域で繁栄を謳歌しています[1]. 私たちの研究グループではアリのコロニーが特定のリーダー無しで複雑な協調行動---分業や時間交代---を行って生産性を上げていることに着目し、その基本メカニズムを探るために、実験や数理モデルなどを組み合わせて研究を行ってきました. 以下その一部をご紹介します.

最初はアリの経路選択の問題への取り組みです. 多くの種のアリ, 例えば日本でよく見るトビイロケアリは餌を発見し帰巣する際、道標フェロモンを地面に残し、他のアリがこれに追従することで採餌トレイルが形成されます。「たくさんのアリが通れば、フェロモン濃度がより濃くなり、より多くのアリが集まる」というロジックは「正のフィードバック」と呼ばれるものです. ただし、アリのトレイル形成は正のフィードバックだけでは表現しきれない奥深さを含んでいます. 我々の研究からその例を2つ示します.

まず、図1(左側)のように、巣と餌を結ぶ高架経路が途中で2つに分岐しているとき、「アリはどちらの経路をえらぶか?」という問題を出したいと思えます.

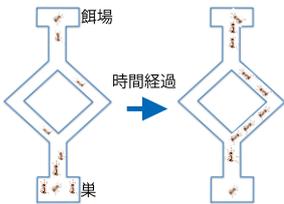


図1. 巣から餌場まで2つに分岐した経路を持つ採餌実験



図2. 我々の採餌実験のスナップショット

上記の正のフィードバックが働けば、最初たまたま選ばれた片方の経路が利用され続けるはず(図1右側). よく知られた先行研究でも片方の経路が選ばれています[2]. しかしながら我々のトビイロケアリの実験では、双方の経路が並行して使われました(図2).

実は、我々と同様の結果を示す先行研究もあり、ここではアリ同士の接触による渋滞回避の効果と結論付けられています. 我々の実験では直接接触によって混んでいる側の経路を避けるケースはそれほど多く見られません. 結局、まだ二種類の結果(片方の経路の選択/双方の経路の利用)の違いの本当の原因が見つかっていないのが現状です. そこで、我々が以前行った別の実験にも再度目をつけています. 道標フェロモンによる誘引効果は、フェロモン濃度によっては排斥効果に変わり得るということを確認した実験です. 図3は、化学専門家の協力によって道しるべフェロモンに類似の物質を人工的に作り誘引性を確認し(図3左側)、濃度を前者に比べて100倍高くして巣と餌の間をまっすぐに塗ったときのアリの通行の様子(一定時間内の各場所のアリの通過総量)を表したものです. アリは人工フェロモンが最も濃い部分はむしろ避けて、その周辺を選んで歩いた様子が伺えます.

これは、先の正のフィードバックの働きがフェロモンの濃さが一定量を超えると負のフィードバックに変わり得ることを表しています. 先の分岐経路の問題に当てはめると、片方の経路がある程度以上の通行量になると、もう一方の道にアリが「フェロモンを介して押しやられ」やがて両者が均衡を保つという解釈です.

車が渋滞した際にはカーナビが迂回路を示すことがよくありますが、この場合はフェロモン介在の迂回現象といえます. ただし、我々のこれまでの実験は人工フェロモンによるものであり、自然のフェロモンを濃縮する方法を得て実験を行うことが次の課題です.

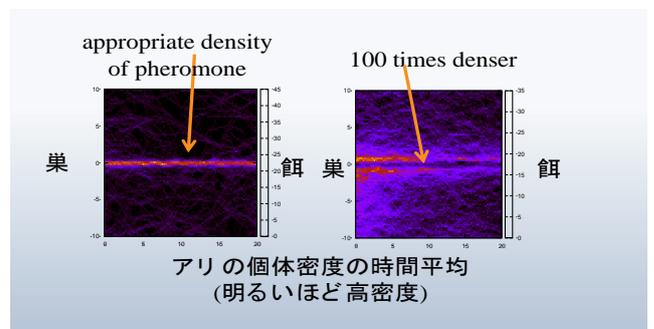


図3. 人工フェロモンを塗布して巣と餌を往復させた場合のアリの個体密度の時間平均(明るいほど高密度)

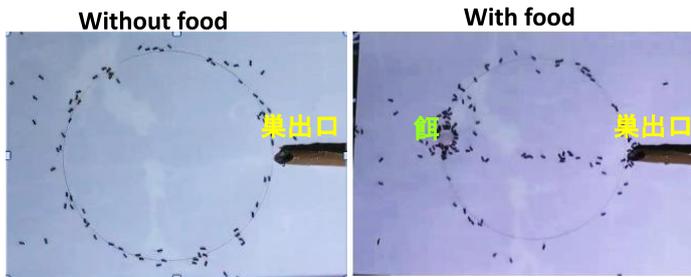


図 4. 円状にアリから抽出した道標フェロモンを塗布して円の左端の餌場と右端の巣を往復させた場合のアリの採餌のスナップショット。左側の図は餌を餌場に置く前の状態。

二つ目の研究は、図 4 のように、トビイロケアリから抽出した道標フェロモンを塗った円状の経路のちょうど反対側の位置に巣の入り口と餌場を置きます。今回も「このときアリのトレイルはどのトレイルを選ぶか?」というのが問題です。(ただしこの実験では高架経路はなくすべて平面上に配置されています。)

以下結果を説明します。図 4 左側のように餌場に餌を置く前は、アリは円に沿って餌を探し続けます。しかし、餌を円状の経路の左端に置くと(図 4 右側)すぐに、道標フェロモンを塗ったトレイルを無視して、まっすぐ巣に帰るアリが現れ、それに他のアリが追従し、やがて直線トレイルが形成されます[3]。先の実験で確かめた、「フェロモン濃度依存の正と負のフィードバック」を念頭におけば、アリは巣から餌を結ぶ円状の経路をたどって採餌を続けるはずですが、実験結果は、予想と全く異なりました。何故でしょうか?

我々は、トビイロケアリの視覚情報利用を確かめる他の実験と組み合わせることで、トビイロケアリのナビゲーションが化学情報(フェロモン)だけでなく、視覚情報にも依存し得ること、ナビゲーションの際に用いる外部情報が、餌を食べることで、化学情報優先から視覚状況優先切り替わり証拠を集めつつあります。

この他、我々のグループでは、アリの組織的労働の基本メカニズムの実験的解明と基礎モデルの構築もめざしています。そのため採餌トレイルのような集団レベルでの行動だけでなく、個体レベルでの振る舞いも観察・記録・解析する工夫を試みています。

一例として、コロニー内の全てのアリ(クオオアリ)に RFID タグ(いわば、すごく小さい ICOCA/SUICA カード)を貼り付け個体認識しながら、集団内での役割分担の移り変わりを長時間にわたって自動計測しています。そこから分かってきたのは、従来広く信じられてきたコロニー内での分業発生機構の仮説(=各仕事に関してアリ間に勤労度の序列がある)が正しくない

かも知れないということです[4]。こちらについては、今回は誌面の都合で割愛しますが、後日詳しくご紹介できればと思います。

以上のように、集団採餌の経路選択の問題をとっても、組織的労働の問題をとっても、アリの社会行動にはまだまだ広大な研究の沃野が残っています。測定のためのテクノロジーは日進月歩であり、これらを取り入れつつ、一方で、技術頼りになりすぎないように、我々は、日々議論を重ね研究を進めています。

なお以上の研究の多くは、著者が昨年まで所属した広島大学の理学研究科で行われてきたものですが、現在は明治大学先端数理科学研究科において(同じく昨年まで広島大学に所属した)白石允梓氏および山中治氏とともに継続しているものです。本稿の作成にあたって両氏の協力に感謝いたします。

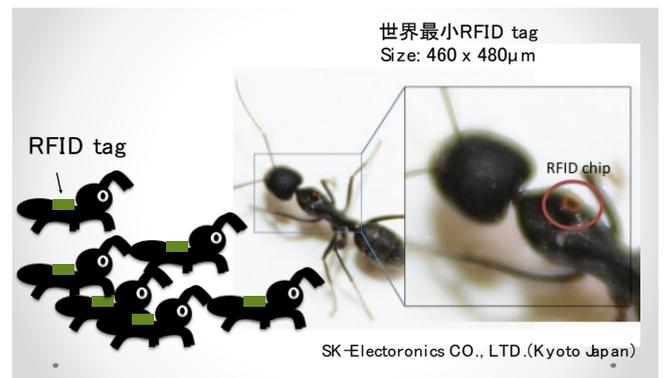


図 5. コロニー内の多数のアリの表面に、微小 RFID タグ(SK エレクトロニクス社製)を貼り付けた様子。センサーの近くを通過することで、アリの個体 ID と通過時刻が計測され PC に自動的に記録されていく。

文献情報

- [1] B. Holldobler and E. O. Wilson, : *The ANT*, Harvard University Press (1990).
- [2] J. L. Deneubourg, S. Aron, S. Gross and J. M. Pasteels, "The Self-organizing Exploratory Pattern of the Argentine Ant" *J. Insect. Behav.* 3, 159-168 (1990).
- [3] Y. Ogihara, et al.: Switching of Primarily Relied Information by Ants; A Combinatorial Study of Experiment and Modeling, in *Mathematical Approaches to Biological Systems: Networks, Oscillations and Collective Motions*, Springer (2015).
- [4] O. Yamanaka et al.: Verification of mathematical models of response threshold through statistical characterisation of the foraging activity in ant societies: *Sci. Rep.* 9: 8845(2019).

Being a caring father and researcher in Japan

Dennis M. Heim (Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics, 67663 Kaiserslautern, Germany)



In 2019, my wife was accepted for a 2-year postdoctoral fellowship in Japan. This news made us very happy as we have already spent 1.5 exciting months in Japan in the past. To support her in this unique opportunity, I took parental leave for 2 years to take care of our 1.5-year-old daughter. My plan was to spend more time with my daughter and, while she is in nursery school, work on my private research project, which had to pause for a long time. However, things turned out differently. If you have similar plans, I hope you can learn from my story so you can make yours come true.

The beginning of our stay was very nice, we were welcomed very warmly and got a lot of help to settle in. Unfortunately, it soon turned out that the private nursery school we were aiming for was more expensive than expected, so we decided to switch to a public nursery school. To get a place there, I had to look for a part-time job. Fortunately, I found an interesting job that left me enough time to take care of our daughter and even pursue my private research.

However, after we got used to the new situation, it turned out that the working hours of my part-time job were not enough to justify our nursery school place. So I had to find a second part-time job. At this point, my life in Japan started to become very difficult. Due to the stress of two jobs and childcare I had to cancel working on my private research. Additionally, I struggled with typical problems that foreigners have in Japan. Many colleagues spoke only Japanese when I was present. Not only in personal matters, but also in work-related matters. I did not experience such a situation during my time in China or Russia and it caused my motivation at work to decrease greatly. In addition, it was very difficult to make social contacts. This was especially frustrating because I expected to exchange with many parents from the nursery school about everyday childcare problems. On a daily basis, language problems and cultural barriers made for discouraging

situations, such as distance-seeking people on playgrounds, unfriendliness from officials and vendors, dismissive doctors, and even aggressive behavior toward me despite my daughter's presence. Of course, Corona made those situations even worse. In addition, I ran into health problems that robbed me of much of my energy. Finally, we have been given notice to leave our apartment, which led to many stressful situations. At this point, we even tried to cancel our stay in Japan.

Fortunately, our situation is much better now. This is mainly because we found very nice and caring friends with whom we can meet regularly, have fun and talk about our problems. Together with my employer, I also found a way to quit my second job and still keep the nursery school place. And I recovered from my health problems. In hindsight, however, I wish I had prepared the following differently:

- Know the exact cost of nursery school or be prepared to pay more
- Double-check how many hours of work are required for a nursery school place
- Consider an international nursery school, as interacting with other parents was essential to our well-being
- Make sure it is possible to stay in one apartment throughout the whole stay
- Be even more prepared for language problems and cultural barriers

I think if I had taken more care of these things, it would have been possible to realize my original plans in Japan, that is, spending a lot of time with my daughter and working on my private project. But during this difficult time, I also learned a lot about myself and how to deal with unpleasant situations. And, since our situation has improved a lot, I believe that our remaining time in Japan could be very nice and that it might even be a little hard for us to go back home.

事務局からお知らせ 会費納入のお願い



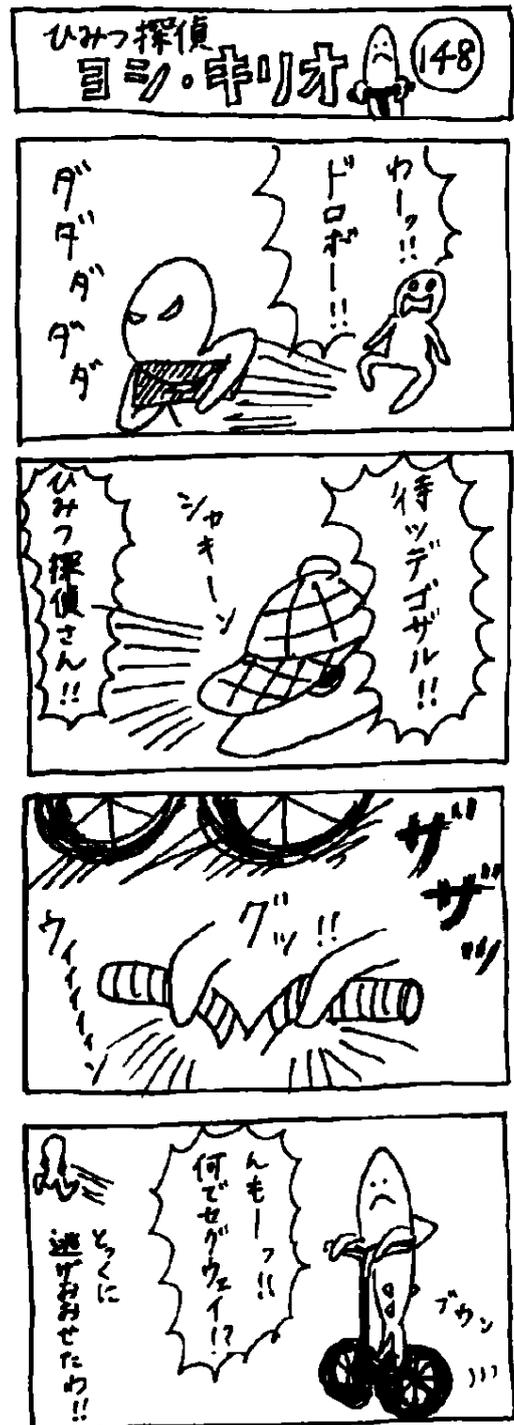
- 会費の納入にご協力をお願いいたします。
正会員5000円、学生会員（ポストクも含みます）
1000円です。
2年間会費未納ですと自動的に退会になりますので
ご注意ください。
- 住所・所属の変更はお早めに事務局
(biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp) まで

編集後記



コロナで生活が一変しました。会議，講義，打ち合わせ,,,すべてオンラインとなり，子供が産まれてから出かけるのが難しかった出張も，すべてオンラインで参加可能に。これまで密かに望んでいた，在宅でも対応できる環境が一気に整ったことは，私自身にとっては非常にありがたいことでした。一方で，もちろん悲しい面もたくさんあります。小学校では子供たちはマスクをつけたまま一日を過ごし，子供らしいスキンシップや遊びがコロナを理由に禁止され，親としても何かと気を遣う日々は息がつまります。Social distanceという言葉を通じて，子供たちが心理的な人との距離までも意識するのではないか，という不安も覚えました。今回のコラムも，恒例のワークライフバランスについてですが，ドイツからラボに来てくれている研究者カップルのお父さんに執筆をお願いしました。来日早々，保育園問題に始まり（当時まだ1歳），日々の大変な様子がつづられています。せっかくのフィールドワークも子供さんの状況によっては思うように動けないなど，苦勞が絶えません。そして追い打ちをかけるように想定外のコロナ... 周囲ができることは限られていますが，みんなで助け合うことで難題を1つずつ乗り越えている状況です。もしもこれから子供さんと共に長期の海外滞在や，海外からご家族を受け入れられることを考えておられる方がいらっしゃれば，何かの参考になれば幸いです。京都も2度目の緊急事態宣言が今も出ています。先日は修士論文の発表会でした（オンライン）。手に汗握る2日間が無事に終わり，今年も卒業が近づいてきました。ほっとする一方，いつもちょっと寂しい気持ちになります。それではこちらも恒例(?)となりました最後に一言。家族とそして皆さんが今年も健康で楽しい一年でありますように(^^)!【S.H】

卒業研究発表会が無事終わりました。大変な状況だったけど，この経験はきっとこの先，生きてくるでしょう【Y.M】



【S.K】