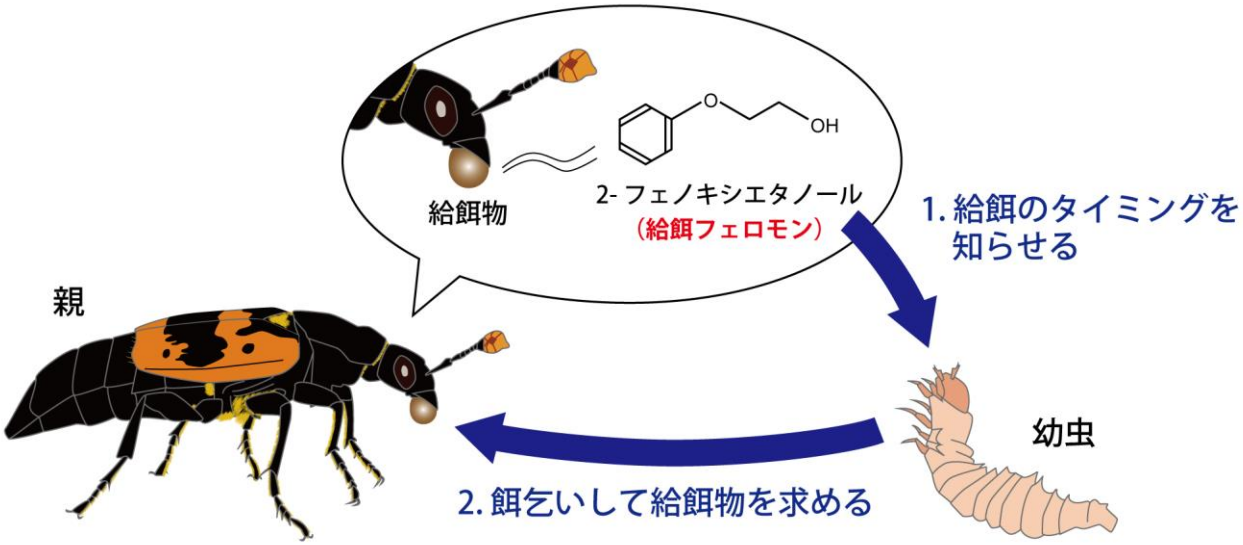
「給餌フェロモン」を発見

―シデムシの母親は匂いで子の餌乞いを操る―

概要

京都大学大学院農学研究科 高田守 日本学術振興会特別研究員、京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学研究部門 三高雄希・同特別研究員、バイロイト大学進化動物生態学研究科 Sandra Steiger 教授、京都大学大学院農学研究科 森直樹 教授らの研究グループは、親が子育てを行うシデムシにおいて、給餌の直前に母親が分泌し、子の餌乞い行動（おねだり）を引き起こす「給餌フェロモン」という新しいフェロモンを世界で初めて発見しました。今回の研究成果は、子に適切な量の給餌を効率的に行うことが要求される子育ての場面において、空腹加減を伝える子の信号だけでなく、その信号を発するのに適したタイミングを伝える親の信号も必要とされることを示しており、給餌量の調節に関わる親子間コミュニケーションの進化を理解する上で重要な意味を持ちます。

本研究成果は、2019 年 9 月 12 日に米国の国際学術誌「iScience」にオンライン掲載されました。



１．背景

親が食事を与えて子どもを育てる生き物は、哺乳類や鳥類だけでなく、昆虫を含めた多様な分類群で見つかっています。どの生き物でも、健康的な子どもを育てるためには、子どもが必要としている時に必要な量の食べ物を効率的に運ばなければなりませんが、どうやってそれを実現しているのでしょうか？人間の乳児が泣き声でどれくらい空腹なのかを知らせるように、空腹加減を示す信号を子どもが発するなら、それに応じて親が給餌を行うことができそうです。しかし、このような子どもから始まるコミュニケーションだけでは、給餌の準備ができていない親に無駄に空腹を訴え続けて、消耗する事態が生じてしまうことが予測されます。したがって、給餌の準備ができていることを示す親の合図が存在し、それに応じて子が空腹を訴えるという、親から始まるコミュニケーションが必要であると考えられます。

この親子間のコミュニケーションの実態を調べるのに適した材料が、子育てを行うモンシデムシという甲虫です。モンシデムシ属の仲間は、ネズミや小鳥などの小動物の死肉を見つけると地中に埋め、死肉の一部を食べて消化した液体を子どもに口移しで給餌しながら、母親と父親が協力して幼虫を育てます。この給餌物は幼虫の生存・成長にほぼ不可欠で、不足すると死んでしまいます。そのため、幼虫は空腹になると、伸び上がって親の口元を脚で刺激することで餌乞いを行い、空腹加減を親に伝えます。また、彼らの子育ては光の届かない地中で行われるため、親同士は特別な匂い（フェロモン）を用いてコミュニケーションをとっていることが知られています。よって、空腹を訴えるのに適したタイミングを示す親の合図が存在するならば、フェロモンが用いられていることが推測されます。そこで、モンシデムシ属の一種であるヨツボシモンシデムシを用いて、餌乞いを引き起こす匂いを親が発するのか、もし発しているならその匂い成分の正体は何なのか、実験的に検証しました。なお、検証の際は話を単純化するため、母親とその子ども達だけの家族を用いて行いました。

２．研究手法・成果

ヨツボシモンシデムシの子育て行動をビデオ観察したところ、幼虫たちは母親の給餌が起こる直前に一斉に餌乞い行動を示すことがわかりました。これは、幼虫の餌乞いが母親の合図に反応して行われていることを意味します。そこで、給餌が起こる直前に母親が特別な匂いを発しているか調査するため、幼虫から餌乞いされていた母親と、そうでない母親の体表面にある物質を有機溶媒で抽出し、GC-MS 分析により比較しました。その結果、2-フェノキシエタノールという揮発性物質が餌乞いされていた母親に多く含まれることが明らかになりました。しかも興味深いことに、2-フェノキシエタノールは母親の給餌物の中に高濃度で含まれていました。つまり、幼虫にとって、2-フェノキシエタノールは食べ物の存在を示す匂いに当たると考えられます。

次に、2-フェノキシエタノールが幼虫の餌乞い行動を引き起こすのか調査しました。親から隔離して少し空腹にしておいた幼虫に、人工合成された 2-フェノキシエタノールの匂いを呈示してみたところ、餌乞い行動が引き起こされることが確認されました。

これらの結果から、母親は給餌のタイミングを 2-フェノキシエタノールを放出することにより伝えており、子の餌乞いはこれを受けて行われることがわかりました。このような機能を持つフェロモンは今までに報告が無く、これまでのフェロモンのカテゴリには分類できなかったため、「給餌フェロモン」という名前を付けました。給餌フェロモンの発見により、親がフェロモンを用いて餌乞いに適したタイミングを子どもに伝え、それに対して子どもが親に給餌をねだるという、親子間コミュニケーションの新たな側面が明らかになりました。

３．波及効果、今後の予定

今一番手間をかけるべき子どもは誰なのか、誰がその養育負担を抱えるのか、といった家族の問題に、子育てをする鳥類や昆虫たちは何百万年も向き合い、進化を遂げてきました。本研究では、フェロモンを用いてコミュニケーションを行うシデムシに着目することで、「給餌の準備が整ったことを伝える親の合図」が存在することを、明確に示すことができました。家族のメンバーそれぞれが、自分の現状を知らせ合うことが大事というのは、我々の家族にも共通するコミュニケーションの重要なポイントなのかも知れません。また、給餌フェロモンである 2-フェノキシエタノールはよく知られた抗菌物質で、しかもそれが幼虫にとっての食べ物に含まれることが明らかになったことにより、なぜ無数に存在する他の化学物質ではなく 2-フェノキシエタノールがコミュニケーションに使われるようになったのかという給餌フェロモンの起源にも迫ることができると考えられます。

４．研究プロジェクトについて

本研究は JSPS 科研費 JP17H06796 と JP18J01880（研究代表者 高田守）の助成を受けたものです。

＜研究者のコメント＞

限られた時間しか費やせない中で、育てているそれぞれの子どもに対し、どうやって適切な量の食事を、適切なタイミングで与えるか。この課題に直面するのは、人間の家族だけではありません。これまでの研究では、子どもが「お腹が空いた！」とねだって空腹加減を伝えることが、この課題の解決に重要だと考えられてきました。しかし、これだけでは給餌できない状態の親にも、子どもが空腹をねだることになってしまい、とても効率的とは言えません。今回、子育てを行うシデムシの研究から、「ごはんの準備ができたわよ。お腹が空いてるのは誰？」と母親が尋ねるのに相当するやり取りが、フェロモンを用いて行われていることがわかりました。親から始まるこのようなコミュニケーションは、子どもが無駄に空腹を訴える事態を防ぐとともに、子どもに給餌する際の時間ロスを減らすことにも寄与すると考えられます。

＜論文タイトルと著者＞

タイトル：A parental volatile pheromone triggers offspring begging in a burying beetle（シデムシの親が発する揮発性フェロモンは子の餌乞いを誘発する）
著　　者：Mamoaru Takata#*, Yuki Mitaka#, Sandra Steiger, Naoki Mori (#共同筆頭著者，*責任著者)
掲 載 誌：iScience　DOI：未定

＜参考図表＞

図１．ヨツボシモンシデムシの給餌風景　幼虫は伸び上がって親に給餌をねだる。

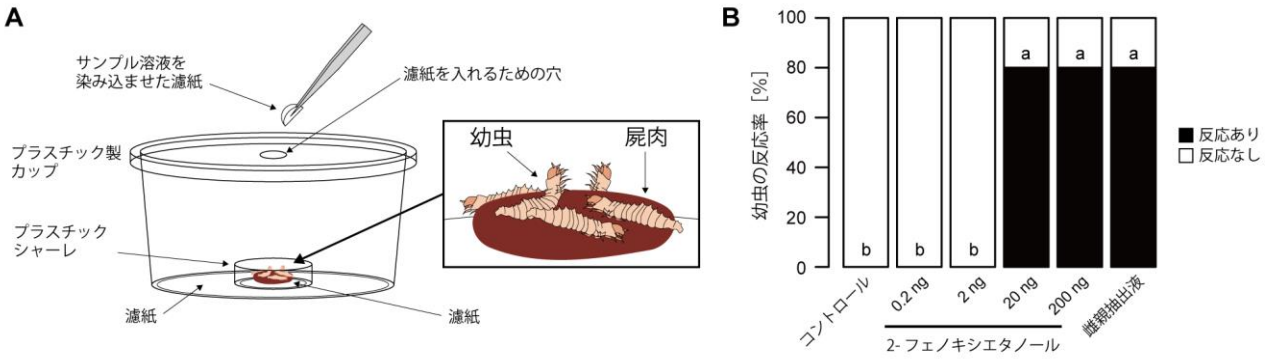


図２．幼虫の餌乞い行動を観察するための実験巣（左）と 2-フェノキシエタノールに対する反応（右）　幼虫５匹を屍肉の破片の上に待機させ、上の穴から実験サンプルを染み込ませたろ紙を近づけた。2-フェノキシエタノールを 20ng 以上染み込ませたろ紙を近づけると、幼虫が餌乞い行動を示した。そしてその反応率は、餌乞いされていた母親の体表抽出液と同レベルであった。

＜用語解説＞

GC-MS：　ガスクロマトグラフ質量分析計（gas chromatograph mass spectrometer）の略。揮発性の化学成分を分析する際に用いられる。