

令和元年6月10日現在

機関番号：18001
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2016～2018
 課題番号：16K14865
 研究課題名(和文) アリを農家の味方につけるための栄養共生の研究

研究課題名(英文) How to disrupt ant-hemipteran mutualism?

研究代表者

辻 瑞樹 (TSUJI, Mizuki)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：20222135

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：甘露排出性昆虫とアリの共生関係にくさびを打ち、害虫捕食者としてのアリの機能だけを利用する技術を探した。アリ随伴性の半翅目には非飽和の体表炭化水素を多く持ち、アリは分枝アルカンを識別し甘露報酬とよく連合学習した。この情報は口移しによる栄養交換を介してアリコロニー内で共有されていた。メレシトースなどのアリ随伴性半翅目昆虫の甘露成分にはアリに高い栄養価をもたらすが、アリの摂食嗜好性は栄養価とは異なる基準で決まることが示唆された。スクロース入り甘露の設置はツヤオオズアリのパイナップルコナカイガラムシへの随伴頻度を減らしたが、カイガラムシの寄生蜂寄生率を有意に変化させなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アリ類の半翅目昆虫随伴行動が環境依存的事であることは過去の少数の研究から示唆されていた。随伴機構を深く研究することで、アリの害虫捕食者の機能を残したままが害虫であるアブラムシやカイガラムシへの随伴を妨害できないか模索した。まだ研究途上だが、共生システムの重要構成要素のいくつかが解明されたので、今後の研究で実用化が目指せるかもしれない。成功すれば減農薬と生物多様性温存型農業の発展に資するだろう。

研究成果の概要(英文)：Ants can be beneficial agricultural agents as they are generalist predators. However, their tending of pest hemipterans is problematic. We examined if we can disrupt such mutualism. First, we analyzed nutrient contents of honeydew and their attraction to ants. Trisaccharides such as melezitose provided high nutrient values to ant as already known, but ant preference was not in parallel with their nutrient values when compared among various sugars. In a series of experiments, we revealed that ants use methylalkanes of the mutualistic aphid's CHCs to recognize partners, and that ants learn them well. Furthermore, those information on the mutualists were shared by colony members through trophallaxis. Finally, we found that the frequency of ant tending on pink pineapple mealybug decreased when ants were provided with artificial honeydew (sucrose solution) as an alternative food source. However, mortality of mealybugs due to parasitism did not statistically significantly differ.

研究分野：昆虫生態学

キーワード：総合的害虫管理 昆虫 生態学 行動学 アリ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

アリは多くの節足動物に対する強力なジェネラリスト捕食者であるが、害虫である甘露排出性昆虫を保護してしまうという防除資材としての欠点を持つ。近年、進化生態学はアリと共生者の間にある潜在的緊張関係を明らかにしてきた。例えば、アリは好む甘露を提供する共生者を保護し、好まない甘露しか提供しない共生者への随伴をやめたり捕食したりする。逆にアリの行動を利己的に操作する分泌物もシジミチョウで見つかった。

2. 研究の目的

上記のような生物間相互作用の裏にある仕組みを賢く利用し、たとえばアリが好む人工甘露を開発し圃場に設置するなどで、甘露排出性昆虫とアリの共生関係にくさびを打ち、害虫捕食者としての機能だけを残しアリの「農家の味方につける」方法を探究する。すなわち、アリの農業害虫の生物的防除資材として積極利用する新方法の開拓が本研究の目的である。

3. 研究の方法

アリ随伴性の半翅目害虫において甘露成分である糖と体表炭化水素を分析する。花外蜜植物の蜜成分と表面炭化水素も分析する。アリ非随伴性の半翅目の同様の化学分析結果などとの比較を通し、アリが好むだろう人工甘露を試作し、これらへのアリの嗜好性を調べる。ソラマメ・マメアブラムシ・トビイロシワアリ系、カボチャ・パイナップルコナカイガラムシ・ツヤオオズアリ系などで、人工甘露の設置によるアリの随伴行動の阻害の有無と、アリおよび他の天敵の攻撃による甘露排出性害虫の防除効果の有無を室内実験で調べる。最後に野外の圃場で人工甘露および甘露排出者付きのインセクタリアープラントを設置し、室内同様の防除効果を調べる。

4. 研究成果

アリ随伴性と非随伴性半翅目の間にある体表炭化水素成分の違いを多数種で比較した。後者には飽和炭化水素が、前者に種によって様々な非飽和炭化水素が多く見られることが示唆されたが、系統群特異性や種特異性も高く好蟻性に共通する成分は発見されなかった。アリはメチル基の分枝位置をキューに分枝アルカンを識別していることが明らかになった (Sakata et al. 2017)。分枝アルカンの合成物をアリはよく連合学習し、随伴にはアリ側の学習が必要であるとする我々の先行研究の知見を支持した。また社会学習特異的な炭化水素成分の可能性も示唆された。さらに共生アブラムシの炭化水素は栄養分の口移しによる栄養交換を介してアリコロニー内に情報が共有される「社会学習」に関与していることが明らかになった (Hayashi et al. 2017)。

栄養分に関しては、アリ随伴性半翅目昆虫の甘露主成分であるメレジットース、スクロースおよび人工甘味料であるスクラロースをアリに与え、生存率と摂食嗜好性を調べた。その結果、アリはメレジットースを与えた際に高い生存率を示し、スクラロースを与えた場合の生存率は低かった。一方、アリの摂食嗜好性はメレジットースやスクロースに比べ、スクラロースで有意に高かった。このことから、アリ随伴性半翅目昆虫の甘露はアリに高い栄養価をもたらすが、アリの摂食嗜好性は栄養価とは異なる基準で決まることが示唆された。

アリに人工甘露の投与することがアリの随伴行動やガード効率に与える影響をみるため、ミカンコナカイガラ、パイナップルコナカイガラ、ツヤオオズアリ、寄生蜂系を用い室内実験を行った。アリの随伴行動はやや変化したがカイガラムシの寄生率は変化しなかった (Win et al. 2018)。なお、この実験は甘露分析と並行で行ったため甘露成分はスクロースであるが、他成分の効果についてはデータ収集中である。アリが高度に好む甘露を分泌する半翅目を植物ごとバンカープラント的に圃場に導入する実験は研究期間終了時点でまだ繰り返しがたらずデータ収集中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- Win, A. T., Kinoshita, T., Tsuji, K. The presence of an alternative food source changes the tending behavior of the big-headed ant, *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) on *Dysmicoccus brevipes* (Homoptera: Pseudococcidae). *Applied Entomology and Zoology* 53 (2) (2018), 253-258. DOI 10.1007/s13355-018-0553-0、査読あり
- Ujiyama, S., Tsuji, K. Controlling invasive ant species: a theoretical strategy for efficient monitoring in the early stage of invasion. *Scientific Reports* 8 (2018), 記事番号 8033. DOI: 10.1038/s41598-018-26406-4、査読あり、オープンアクセス

Sakata, I., Hayashi, M., Nakamuta, K. *Tetramorium tsushimae* ants use methyl branched hydrocarbons of aphids for partner recognition. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 43(10) (2017), 966-970, DOI 10.1007/s10886-017-0891-3, 査読あり
Hayashi, M., Hojo, M.K., Nomura, M., Tsuji, K. Social transmission of information about a mutualist via trophallaxis in ant colonies. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 284(1861) (2017), 記事番号 20171367. DOI: 10.1098/rspb.2017.1367, 査読あり、オープンアクセス
北條賢 相利共生の比較生理生化学. *比較生理生化学*. 巻 33 (2016), 60-67 DOI:10.3330/hikakuseiriseika.33.60, 査読あり, オープンアクセス

[学会発表](計 21 件)

発表者: 伊藤 尚史・林 正幸・中牟田 潔
標題: トビイロシワアリが炭化水素の違いを識別するキューについて
学会名: 第 63 回日本応用動物昆虫学会大会
日時: 2019 年 3 月 25 日-28 日
場所: つくば市

発表者: 野中 春日, 下地 博之, 辻 和希
標題: アリ群集における採餌パフォーマンス間のトレードオフ仮説の検討
学会名: 第 66 回日本生態学会大会
日時: 2019 年 3 月 15 日-19 日
場所: 神戸国際センター

発表者: 植松 潤平, 辻 和希
標題: アリ群集における種内および種間競争の定量
学会名: 第 66 回日本生態学会大会
日時: 2019 年 3 月 15 日-19 日
場所: 神戸国際センター

発表者: 北條 賢
標題: 昆虫の社会学習が支える協力的な種間相互作用
学会名: 第 66 回日本生態学会神戸大会
日時: 2019 年 3 月 15 日-19 日
場所: 神戸国際センター

発表者: 松本 恭士, 下地 博之, 北條 賢
標題: 栄養状態の変化がアミメアリコロニーの生産性に与える影響
学会名: 第 66 回日本生態学会神戸大会
日時: 2019 年 3 月 15 日-19 日
場所: 神戸国際センター

発表者: 北條 賢
標題: 相利共生の維持メカニズム: 学習を介した協力の意思決定とその搾取
学会名: ゲーム理論ワークショップ
日時: 2019 年 3 月 3 日
場所: 京都大学

発表者: 北條 賢
標題: アリ - シジミチョウ共生系における利害の対立と駆け引き
学会名: 日本比較生理生化学会・日本共生学会ジョイントシンポジウム
日時: 2018 年 11 月 23 日-25 日
場所: 神戸大学先端融合研究環統合研究拠点コンベンションホール

発表者: Masaru K. Hojo
標題: Appetitive learning and its exploitation in a lycaenid butterfly-ant mutualism
学会名: XVIIIth International Congress of IUSSI
日時: 2018 年 8 月 5 日-10 日
場所: Guarujá, Brazil

発表者: Tsuji, K., Win, A.T., Dobata, S.
標題: Decision making of ants in heterogeneous environments in relation to monodomy and polydomy

学会名： XVIIIth International Congress of IUSSI
日時： 2018年8月5日-10日
場所： Guarujá, Brazil

発表者： 辻 和希・Win Aye Thanda
標題： アリには多巢性と単巢性がなぜあるのか
学会名： 第62回日本応用動物昆虫大会
日時： 2018年3月26日、
場所： 鹿児島大学

発表者： 野中 春日, 下地 博之, 木下 哲, 辻 和希
標題： 沖縄島のアリ類における多種共存メカニズム仮説の検証
学会名： 第65回日本生態学会大会 ポスター
日時： 2018年3月15日.
場所： 札幌コンベンションセンター

発表者： 北條 賢
標題： シジミチョウとアリの共生におけるケミカルコミュニケーション.
学会名： 日本動物学会 中部支部大会 2017年12月
発表日： 2017年12月9日
場所： 岐阜市 岐阜大学 (招待講演)

発表者： Win A.T., Machida Y., Miyamoto Y., Dobata S., Tsuji K.
標題： Foraging Strategies of a Queenless Ant, *Diacamma* sp. in Subtropical Okinawa Island, Japan
学会名 SWARM2017: THE SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SWARM BEHAVIOR AND BIO-INSPIRED ROBOTICS
日時： 2017年10月31日.
場所： 京都大学

発表者： Masaru K. Hojo
標題： Ecology and evolution of chemical communication in an ant-butterfly mutualism
学会名： 日本味と匂学会第51回大会
発表日： 2017年9月
場所： 神戸市 神戸国際会議場 (招待講演)

発表者： Minegishi H. and Nakamuta K.
標題： Mating disruption of a Japanese gypsy moth, *Lymantria dispar japonica*.
学会名 33rd Annual Meeting of the International Society of Chemical Ecology
日時： 2017年8月
場所： 龍谷大学、京都 (国際学会)

発表者： 坂田 至・林 正幸・中牟田 潔
標題： アリはアブラムシのもつ分枝アルカン群を共生者認識因子に用いる？
学会名： 日本応用動物昆虫学会第61回大会
発表日： 2017年3月27-29日
場所： 東京農工大学小金井キャンパス

発表者： 木下 哲・辻 和希
標題： 沖縄島のアリ類における天然蜜利用の考察
学会名 第64回日本生態学会大会
日時： 2017年3月15日.
場所： 早稲田大学早稲田キャンパス

発表者： 辻 和希
標題： 社会進化における群淘汰モデルのご利益： 群集との関連上.
学会名： 京大大学生態学研究センター 公募ワークショップ「進化と生態の階層間相互作用ダイナミクス： 生態学のリストラ3」.
発表日： 2017年3月12日
場所： 龍谷大学

発表者： Hojo, M.K.
表題： Partner manipulation in a mutualistic association between lycaenid butterflies and

ants

学会名：The 22nd International Congress of Zoology

発表日：2016年11月14-19日

場所：沖縄科学技術大学院大学、沖縄コンベンションセンター

発表者：北條 賢

表題：シジミチョウとアリの相利共生に関する行動生理学的研究

学会名：第38回日本比較生理生化学会（招待講演）

発表日：2016年9月2-4日

場所：玉川大学

②発表者：北條 賢

表題：社会性膜翅目における嗅覚受容体の進化

学会名：日本進化学会第18回大会（招待講演）

発表日：2016年8月25-28日

場所：東京工業大学 大岡山キャンパス

〔図書〕(計 1件)

生態学者・伊藤嘉昭伝 もっとも基礎的な事がもっとも役に立つ、辻 和希（編集）、海游舎
2017年3月25日 421p.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：中牟田 潔

ローマ字氏名： NAKAMUTA, Kiyoshi

所属研究機関名：Chiba University

部局名：Faculty of horticulture

職名：教授

研究者番号(8桁)：70343788

研究分担者

研究分担者氏名：北條 賢

ローマ字氏名： HOJO, Masaru
所属研究機関名：Kwansei Gakuin University
部局名：School of science and technology
職名：准教授
研究者番号(8桁): 70722122

(2)研究協力者

研究協力者氏名： 林 正幸
ローマ字氏名： HAYASHI, Masayuki

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。