

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：17301
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2020
課題番号：18K14765
研究課題名（和文）比較進化学的手法を用いた警報フェロモンの機能分化が社会性進化に与える影響の検証

研究課題名（英文）Investigation of effect on social evolution by the functional divergence of alarm pheromone

研究代表者
服部 充（HATTORI, Mitsuru）
長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・准教授

研究者番号：80710095
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：社会性アブラムシは、防衛個体の産出によって特徴づけられます。この防衛個体をうまく働かせるにはフェロモンによる種内コミュニケーションが欠かせません。本研究では、社会性アブラムシのタケツノアブラムシとヒエツノアブラムシの社会性と警報フェロモンを比較したところ、防衛個体の産出頻度が高く、その形態が通常個体と大きく異なるタケツノアブラムシでは警報フェロモンが利用されていました。一方で、防衛個体をあまり産出しないヒエツノアブラムシは警報フェロモンも利用していませんでした。このことは、社会性と警報フェロモンの利用がセットになっていることを意味しています。

研究成果の学術的意義や社会的意義
社会性がどのように進化してきたかは、生物学において重要な問いのひとつです。本研究によってアブラムシでは社会性をよく示す種ほど警報フェロモンも頻繁に利用することが明らかになりました。つまり、アブラムシが社会性ととも警報フェロモンを同時に発露することで、適応的にふるまっている可能性が示唆されました。また、アリやシロアリのような代表的な社会性昆虫で社会行動を制御している物質が、アブラムシではその制御に用いられていない可能性が出てきました。これにより、アブラムシが他の社会性昆虫とは異なる行動制御システムをもつことを意味します。

研究成果の概要（英文）：Social aphids are characterized by producing defensive individuals. Intraspecific communication such as the alarm pheromone is important for effective defense by using defensive individuals. In this study, I compared the detail of society and alarm pheromone between *Pseudoregma bambucicola* and *P. panicola*. This result showed that the strength of society correlates with the frequency of using alarm pheromone.

研究分野：進化生態学

キーワード：社会性進化 アブラムシ 警報フェロモン

1. 研究開始当初の背景

生物の社会性がどのように進化し、現在も維持されているのかというテーマは、生態学・進化学分野において最も重要なテーマの一つである。社会性昆虫やアブラムシに代表される集団で生活する生物における警報フェロモンは、社会性段階に依存してその機能が複雑になっている。そのため、警報フェロモンの存在は社会性(分業という個体の役割の分化)の機能を強化し、社会性の進化・維持に影響すると予測できる。そこで、研究代表者はアブラムシが社会性の獲得と同時に新たな警報フェロモン物質を獲得し、その機能を複雑にしてきたと予測した。そこで、本研究ではこの予測を検証し、アブラムシにおける社会性進化に警報フェロモンの新しい機能の獲得がキーイノベーションとして働いたことを明らかにすることを旨とする。そのために、本研究は複数の社会性段階をもつアブラムシを対象に警報フェロモンを構成する物質とその機能の種間比較を行う。

2. 研究の目的

アブラムシの社会性進化に警報フェロモンの機能の複雑化が与えた影響を検証し、生物の社会性進化を促進した物質的基盤について理解を深めることを本研究の目的とする。また、野外の状況によっては、室内で実験を可能にする飼育系の開発や、社会性進化を理解するうえで欠かすことのできない利他行動をつかさどる物質及び関連する遺伝子の探索を行うこととした。

3. 研究の方法

(1) 野外における警報フェロモンの観察

野外環境下において不妊の防衛個体を産む真社会性を示すタケツノアブラムシとヒエツノアブラムシが、警報フェロモンをもつかどうかの検証を行った。このとき、それぞれの種において成虫の胸部、腹部へピンセットで刺激を与え、角状管から液滴を放出するか確認した。

(2) 飼育環境下における警報フェロモンの観察

タケツノアブラムシとヒエツノアブラムシにおいて飼育系の確立を行い、飼育系においてそれぞれの種がどのような頻度で角状管から液滴を放出し、その周囲の個体がどのような行動をとるか観察を行った。

(3) 利他行動をつかさどる生体物質と遺伝子の探索

ササコナフキツノアブラムシのゲノム配列からドーパミン合成に関する遺伝子を探索し、防衛個体と通常1齢個体間でそれらの発現量を定量PCR法にて確認し、比較した。

4. 研究成果

(1) タケツノアブラムシとヒエツノアブラムシへの刺激に対する反応

タケツノアブラムシとヒエツノアブラムシの両種ともに、成虫に対する人為的な刺激に対して角状管からの液滴の放出を確認した。このことにより、両種ともに捕食リスク(捕食者との接触)に対する警報フェロモンをもっていることが示唆された。

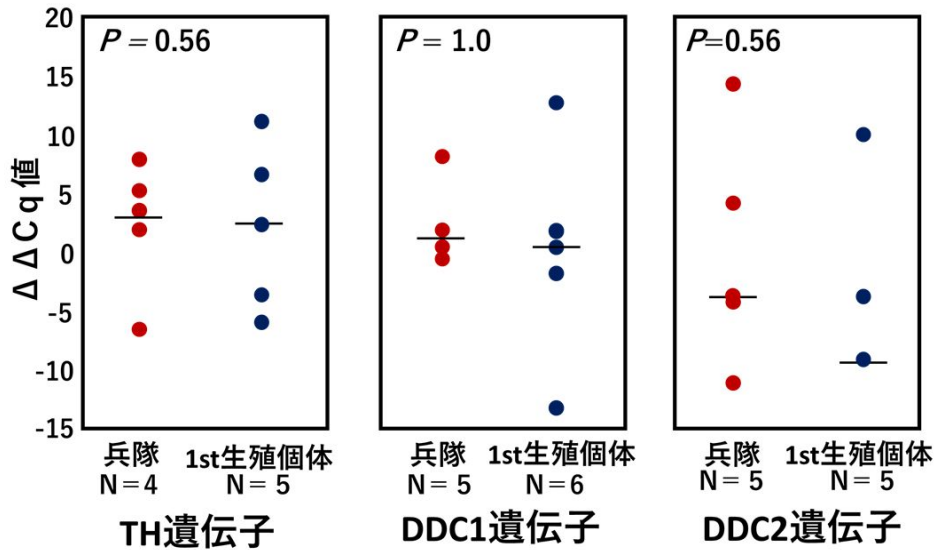
(2) タケツノアブラムシとヒエツノアブラムシの液滴に対する他個体の反応

飼育環境においてタケツノアブラムシの成虫は一定の頻度で液滴を放出したものの、ヒエツノアブラムシの成虫においては液滴の放出を確認できなかった。また、タケツノアブラムシの液滴を放出した成虫の周囲の個体は、その場から移動するといった逃避行動や後脚を上部へかざし空中で震わせる防衛行動を示した。これらのことは、両種の間で警報フェロモンの利用が異なることを示している。ヒエツノアブラムシの防衛個体は、その産出頻度も低く、通常個体との形態的差異も小さいことが分かっている。一方で、タケツノアブラムシの防衛個体は、その産出頻度が高く、形態的にも防衛に特化していることが分かっている。これらのことを統合すると、不妊の防衛個体を産出する真社会性アブラムシであっても社会性の強度(不妊の防衛個体の産出頻度、防衛個体の形態)と警報フェロモンの利用に相関があることが、示唆された。

(3) ドーパミン合成遺伝子発現量のカーブ間比較

ササコナフキツノアブラムシにおいてドーパミン合成経路のチロシン水酸化酵素の産生に関わるTH遺伝子とドーパ脱炭酸酵素の産生に関わるDDC遺伝子に着目した。その結果、遺伝子発現量に同じカーブ内の個体間でのばらつきが大きかったものの、カーブ間でそれらの発現相は異ならなかった。これらの結果は、ササコナフキツノアブラムシにおける防衛個体の行動にドーパミンが影響していないことを強く示唆する。したがって、アブラムシにおける防衛行動がアリ・ハチ類やシロアリ類とは異なる生理学的背景によって調節されている可能性がある。

統計手法：Wilcoxon/Kruskal-Wallisの順位和検定



まとめ

本研究によってこれまで注目されてこなかった社会性アブラムシにおける警報フェロモンに焦点を当てることができた。その結果、同じ社会性段階であってもその社会性を示す強さの違いによって警報フェロモンという同種内コミュニケーションを示す強さも異なることが明らかになった。

また、これまで社会性昆虫において防衛や採餌といった利他行動を制御していることが明らかになっているドーパミンが真社会性を示すササコナフキツノアブラムシにおいてはその利他行動（防衛）の制御に関係していないことが示唆された。このことは、社会性昆虫においてこれまで考えられてきた利他行動制御システムとは異なるシステムがアブラムシにおいて進化していることを意味するものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 須藤啓, 服部充
2. 発表標題 真社会性アブラムシ、ササコナフキツノアブラムシの生理学的研究におけるゲノム配列解析およびプライマーの設計
3. 学会等名 長崎県生物学会第49回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hattori Mitsuru
2. 発表標題 Defensive strategy of a eusocial aphid <i>Ceratovacuna japonica</i>
3. 学会等名 Nagasaki University-National Chung Hsing University Joint Symposium
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------