

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19354

研究課題名（和文）アリが花形質を進化させた？：虫媒花の形質進化の研究における新しい挑戦

研究課題名（英文）Evolution of floral traits by ants.

研究代表者

酒井 聡樹（Sakai, Satoki）

東北大学・生命科学研究科・准教授

研究者番号：90272004

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：飛翔昆虫を排除するとほぼ結実しなかった。すなわち、飛翔昆虫が送粉に大きく携わっていると考えられる。野外観察時、ハエやハチなどの飛翔昆虫が多く訪花していたことから、飛翔昆虫に依存した送粉を行っていると考えられる。自殖も行われていなかった。

種子数は、コントロール個体に比べ、アリ排除個体の方が有意に多かった。アリは送粉に貢献しておらず、むしろ負の効果をもたらす盗蜜者に近い存在であった。茎の高さと種子数の間には交互作用があり、茎が高くなるにつれて、アリ排除の効果は薄れていく。高いとアリが登りにくいため、高くなるほどアリの影響が少なくなっていると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

花形質の進化は、送粉者によって形作られてきた。これが、今現在のパラダイムである。アリの影響はほとんど無視されている。本申請課題の研究成果は、花形質の進化は、アリによる妨害への対策と、送粉者による送受粉の促進という両面で形作られたという可能性に発展するものである。そして、本研究の成果により、花形質の進化の研究は、アリ・送粉者の相互作用を常に考慮する方向へと転換するであろう。それにより、植物の繁殖戦略の研究が新たな方向へと進んでいくことが期待される。

研究成果の概要（英文）：I examined the adaptive significances of floral traits responding to the behaviour of ants. I found that the floral traits have evolved responding these traits of ants.

研究分野：植物進化生態学

キーワード：食害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

蜜は、送粉者(ハチ・チョウなど)を誘引するために生産される。蜜の分泌速度と濃度、吸蜜されてから蜜量が回復するまでの時間などが多様に分化している(Roy ら 2017)。また、蜜腺を被い、吸蜜しにくくしている構造も進化している。たとえば多くの種で、雄しべの基部が肥大して蜜腺を被っている。仮雄しべ(右写真)という、蜜腺を被う器官が進化している種もある。吸蜜しにくくすることで、花に滞在する時間を長くしていると言われている(Ohashi 2002)。

これら、蜜分泌・吸蜜に関わる花形質はすべて、送粉者による送受粉効率を高めるために進化したと考えられてきた。これは、現代生物学の一つのパラダイムとなっている。

しかしここに重大な見落としがあると私は考えた。アリの影響である。アリは、吸蜜のために花を訪れる。しかしほとんどの場合、送粉者としては機能しない。むしろ、アリによる吸蜜は、虫媒花の繁殖に負の影響を与える(たとえば Samra ら 2014)。

### 2. 研究の目的

有害ならば、アリによる繁殖妨害を防ぐ花形質が進化しているのではないか。それは、送粉者による送受粉の促進と同等以上に、花形質を形作る要因となっているのではないか。送粉者による送受粉効率を高めると考えられてきた形質の多くが、実は、アリを防ぐために進化したのではないか。しかしながらこれまで、こうした視点での研究は行われてこなかった。

本申請課題では、アリが、花形質の進化に大きな影響を与えているという仮説の検証に挑む。これにより、送粉者が花形質の進化を形作っているというパラダイムの転換を試みる。

### 3. 研究の方法

以下の2つの実験を行う。

#### アリの存在が、蜜分泌形質への自然淘汰圧に与える影響

蜜分泌形質(分泌速度や濃度など)は、送粉者による送受粉効率を高める方向のみに進化しているのか。それとも、アリによる繁殖妨害を抑える方向にも進化しているのか。このことを明らかにするため、アリの存在が、蜜分泌形質に対する自然淘汰圧にどのように影響するのかを解析する。

アリを排除した集団とコントロール集団を作り、両集団内において、蜜分泌形質と繁殖成功の関係性を比較する。アリ排除は、鳥もちを茎に付けることにより行う。実験は以下の手順で行う。(1) 両集団の全個体を対象に、花に袋を掛けることによる送粉者の排除および鳥もちによるアリ排除を行う。そして、吸蜜者がいない状態での、各個体の蜜分泌速度・濃度を測定する。(2) 全個体の袋を取る。コントロール集団の鳥もちも取る(アリ排除集団では付けたままにする)。そして、送粉者に自由に訪花させる。(3) 各個体の繁殖成功を調べる。雌成功として種子生産数と自殖率を、雄成功として、他個体が生産した種子の花粉親となった数を調べる。これらの解析のために DNA 分析を行う。(4) 各個体の、蜜分泌形質と雌雄繁殖成功の関係性を見る。両集団において関係性が異なれば、異なる淘汰圧がかかっていると結論できる。淘汰圧が異なっていた場合は、(1)で測定した蜜分泌形質の頻度分布を検討し、アリによる自然淘汰圧の影響があるのかどうかを見る。

#### 蜜腺を被っている器官の意義

蜜腺を被っている器官が、(1)アリの排除に関与しているのか、(2)送粉者の花滞在時間の制御に関与しているのかを解析する。

【(1)アリの排除に関与】2つの処理を組み合わせる。着目する器官を除去するかそのままにする。たとえば、仮雄しべを除去したり、雄しべの基部を部分的にそぎ落として蜜腺を露出さ

せたりする。アリを排除するか自由に訪花させる。、いずれの処理でも人工他家受粉を行い、花粉不足の影響がないようにする。繁殖成功の大小関係が右上図のようになれば、その器官の進化にアリが影響しているといえる。

【(2)送粉者の花滞在時間の制御に關与】着目する器官を除去するかそのままにする。そして、送粉者に自由に訪花させる。アリは排除して、アリの影響がないようにする。繁殖成功が、「花形質除去<花形質無処理」ならば、その器官の進化に送粉者が關与しているといえる。

アリ・送粉者の両方の關与が検出された場合は、除去処理と無処理での繁殖成功の違いをそれぞれで比較することで、アリ・送粉者のどちらの影響が大きいのかを見る。

#### 4. 研究成果

飛翔昆虫を排除するとほぼ結実しなかった。すなわち、飛翔昆虫が送粉に大きく携わっていると考えられる。野外観察時、ハエやハチなどの飛翔昆虫が多く訪花していたことから、飛翔昆虫に依存した送粉を行っていると考えられる。自殖も行われていなかった。

種子数は、コントロール個体に比べ、アリ排除個体の方が有意に多かった。アリは送粉に貢献しておらず、むしろ負の効果をもたらす盗蜜者に近い存在であった。茎の高さと種子数の間には交互作用があり、茎が高くなるにつれて、アリ排除の効果は薄れていく。高いとアリが登りにくいので、高くなるほどアリの影響が少なくなっていると考えた。

タカトウダイに訪花するアリは送粉に貢献していなかった理由として、同属の他種に比べて草丈が高いことが關与していると思われる。高いと登りにくく、他の個体への移動が難しい。故に花粉を運べず、送粉者としての機能を果たせなくなり盗蜜者になったと考えられる。

タカトウダイの場合、アリは盗蜜者であった。しかしながら、茎が高いほど盗蜜の影響は小さいことがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Misaki, A., Itagaki, T., Matsubara, Y., and Sakai, S.	4. 巻 105
2. 論文標題 Intra-flower variation in nectar secretion: secretion patterns and pollinator behavior in male- and female-phase flowers. American Journal of Botany 105:842-850.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Journal of Botany	6. 最初と最後の頁 842-850
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wakabayashi, K., Oguro, M., Itagaki, T., and Sakai, S.	4. 巻 219
2. 論文標題 Floral induced and constitutive defense against florivory: comparison of chemical traits in 12 herb species	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 985-997
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itagaki, T., Mochizuki, J., Aoyagi Blue, Y., Ito, M., and Sakai, S.	4. 巻 124
2. 論文標題 Evolution towards minimum ovule size? Ovule size variations and the relative sizes of ovules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 1253-1256
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki, J., Itagaki, T., Aoyagi Blue, Y., Ito, M., and Sakai, S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Ovule and seed production patterns in relation to flower size variations in actinomorphic and zygomorphic flower species	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AoB Plants	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/aobpla/plz061	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Furukawa, T., Itagaki, T., Murakoshi, N., and Sakai, S.	4. 巻 125
2. 論文標題 Inherited dimorphism in cleistogamous flower production in <i>Portulaca oleracea</i> : comparison of 16 populations growing under different environmental conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 5:423-431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itagaki, T., Misaki, A., and Sakai, S.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Selection for floral integration and trait variation in zygomorphic flowers of <i>Aconitum japonicum</i> ssp. <i>subcuneatum</i> (Ranunculaceae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----