

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K15859

研究課題名（和文）花香で読み解くハエと花の多様な関係性：生活史を巧みに利用した送粉者誘引戦略

研究課題名（英文）Dissecting the diverse relationship among flowers and flies: attracting flies via exploitation of natural histories of flies

研究代表者

望月 昂 (Mochizuki, Ko)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・助教

研究者番号：80822775

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）：本研究は、これまで一概に「ハエ」ととらえられてきた双翅目昆虫が、植物の花の適応に及ぼす影響について明らかにすべく、研究を行った。ニシキギ属、カモメヅル属植物などを対象に調査を行ったところ、ヌカカ科、タマバエ科、キノコバエ科、キモグリバエ科といった、異なる科の双翅目によってのみ送粉される植物が見出された。これらの植物について、花の匂いを調べたところ、送粉者タイプによって、花の匂いの成分が大きく異なることが明らかになった。このことは、植物が、双翅目の各グループに対し、独自の適応を遂げている可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

被子植物の花の多様性は、生物多様性を象徴する現象の一つである。大多数が動物に送粉される被子植物においては、送粉者との相互作用が花の進化に重要な役割を果たすとされてきたが、具体的な研究は、ハチや鳥、チョウなど、大型の送粉動物に限られてきた。双翅目昆虫は、ハナバチに次いで多くの植物の受粉を行うことが予測されているものの、植物との進化的関係性はほとんど理解されていないのが現状である。本研究からは、これまで「ハエ」と一括りにされがちであった双翅目昆虫が、植物の花の多様化をもたらしたことを示唆する、新しい知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：In this study, I conducted research to clarify the effect that Diptera insects, which have until now been generally regarded as "flies," have on the adaptation of plant flowers. I conducted a survey of plants in the genus *Euonymus* and *Vincetoxicum*, and found plants were pollinated only by Diptera from different families, such as the family Ceratopogonidae (biting midges), Cecidomyiidae (gall midges), Sciaridae and Mycetophilidae (fungus gnats), and Chloropidae (grass flies). I then investigated the floral odor of these plants, and found that the components of the floral odor differ greatly depending on the type of pollinator flies. This result suggests that plants may have unique adaptations to each group of Diptera.

研究分野：送粉生態学

キーワード：送粉生態学 植物学 化学生態学 送粉シンドローム 双翅目昆虫 ハエ カモメヅル ニシキギ

1. 研究開始当初の背景

双翅目昆虫はおよそ 120 科 15 万種が知られ、寒帯から熱帯の森林から草原までありとあらゆる環境に分布する。91 科の双翅目が訪花性を持ち、被子植物の訪花者として群を抜いて多様な分類群である (Larson et al. 2001)。様々な植物の送粉を担うが、特に他の送粉動物の少ない高山や人為攪乱を受けた農業環境においてハナバチと同等かそれ以上に重要な送粉者である (Ollerton 2017)。

双翅目昆虫による送粉は一般に「ハエ」による送粉 Myiophily と大きくくくられ、中でもコンニャク属やラフレシアなど、腐臭や腐肉に擬態し、クロバエ科などを誘引するものは Sapromyiophily として区別されてきた (Proctor et al. 1996)。しかしながら、Sapromyiophily 以外にも、特定の双翅目のみに送粉される植物は数多く知られ、植物がどのように特定の双翅目昆虫を送粉者として利用しているのか、その生態は多くの場合謎に包まれている。

2. 研究の目的

本研究では、生態が未知な双翅目媒花において、そのバイオロジーを花香化学成分レベルで明らかにすることで、双翅目昆虫と花の隠された相互作用とその多様性を紐解くことを目的とした (図 1)。この目的のため、本研究では二つの問いを立て、検証を行った。

1. これまで一遍通りに考えられてきた双翅目媒花の実体は多様で、特定の双翅目に送粉され、特殊化を遂げた植物が数多く存在するのではないか。
2. 特定の双翅目に送粉される植物は、それぞれの送粉者の生態や生活史に合わせた独自の適応をしており、特に花香に顕著な適応がみられるのではないだろうか

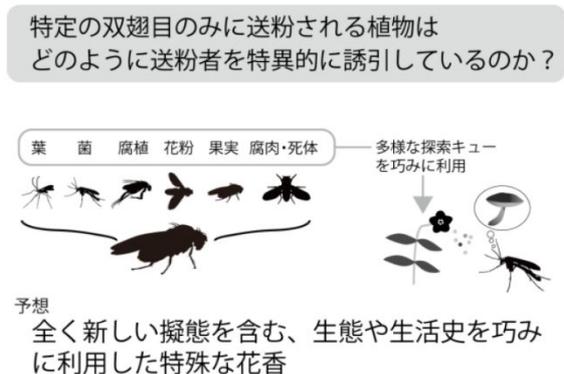


図 1 : 研究の概念図

3. 研究の方法

ニシキギ属、ヤマノイモ属、ウマノスズクサ属、カモメヅル属 (オオカモメヅル属を内包する)、シシウド属などを対象に送粉者と花香の分析を行った。特に、植物ごとに異なる双翅目の利用が確認されたカモメヅル属に主眼を置いて、研究を行った。

4. 研究成果

送粉者の調査からは、ヌカカ科、タマバエ科、キノコバエ科、キモグリバエ科、ショウジョウバエ科など様々な双翅目昆虫に特化した植物が存在することが示唆された。特に、カモメヅル属植物では、ヌカカ科、タマバエ科、キノコバエ科、キモグリバエ科といった、異なる科の双翅目によってのみ送粉される植物が複数見出された。

これらの植物について、花の匂いを調べたところ、送粉者タイプによって、花の匂いの成分が大きく異なることが明らかになった。特に、カモメヅル属の一部の種は、キモグリバエに特異的に送粉される可能性が示唆された。当該種の花の匂いを調べたところ、昆虫のフェロモンが多数検出された。キモグリバエは、傷ついた昆虫から吸汁する労働寄生性の生活史を有することが知られていることから、当該種において、「傷ついた昆虫に擬態することで送粉者を誘引する」という特異なメカニズムが存在することが示唆される。行動実験により、検出された昆虫のフェロモンを含む花の匂いが送粉者の誘引を担うことが示され、この仮説はサポートされた。

また、ニシキギ属における研究からは、キノコバエへの適応が属内で複数回生じたこと、そのたびに赤く、平たい花が進化し、花の匂いの主成分としてアセトインを獲得したことが示唆された(図2)。これらの結果は、植物が、双翅目の各グループに対し、独自の適応を遂げている可能性を示唆している。

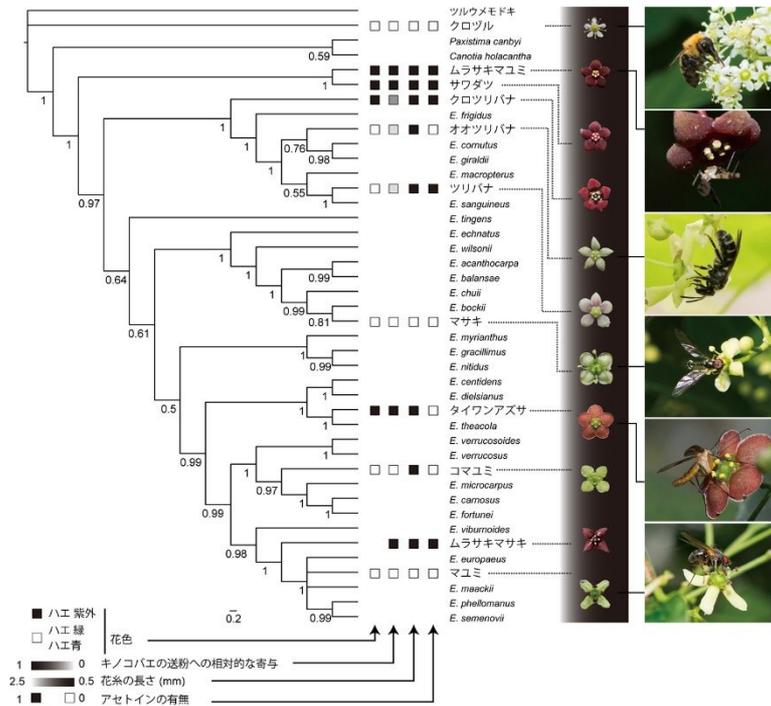


図2：ニシキギ属における花形質と送粉様式の進化パターン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Mochizuki Ko	4. 巻 e4311
2. 論文標題 Hunt and pollinate: Hornet pollination of the putative generalist genus <scp><i>Angelica</i></scp>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Ecology	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecy.4311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Chen KH, Mochizuki K, Kawakita A, Wang CN	4. 巻 55
2. 論文標題 Fungus-gnat-pollination in <i>Euonymus laxiflorus</i>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Science Monthly	6. 最初と最後の頁 56-61
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 該当する
1. 著者名 Mochizuki Ko, Takegami Minako, Yamanaka Masumi	4. 巻 40
2. 論文標題 1073. <i>Euonymus chibae</i> Makino	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Curtis's Botanical Magazine	6. 最初と最後の頁 327 ~ 334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/curt.12517	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Mochizuki Ko, Okamoto Tomoko, Chen Kai-Hsiu, Wang Chun-Neng, Evans Matthew, Kramer Andrea T, Kawakita Atsushi	4. 巻 132
2. 論文標題 Adaptation to pollination by fungus gnats underlies the evolution of pollination syndrome in the genus <i>Euonymus</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 319 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcad081	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 望月 昂、中瀨 直之	4. 巻 98
2. 論文標題 カモメヅル属(キョウチクトウ科)の新雑種イマズミカモメヅル	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 植物研究雑誌	6. 最初と最後の頁 227 ~ 232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.51033/jjapbot.ID0135	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 Kawakita A, Elsayed AK, Mochizuki K, and Vandrot H.	4. 巻 293
2. 論文標題 Pollination of Phyllanthus (Phyllanthaceae) by gall midges that use male flower buds as larval brood sites.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Flora	6. 最初と最後の頁 152115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.flora.2022.152115	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 該当する

1. 著者名 Ito Koichi, Suzuki Miki F., Mochizuki Ko	4. 巻 288
2. 論文標題 Evolution of honest reward signal in flowers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspb.2020.2848	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 ELSAIED AYMAN KHAMIS, YUKAWA JUNICHI, MOCHIZUKI KO, TOKUDA MAKOTO, KAWAKITA ATSUSHI	4. 巻 4942
2. 論文標題 Three new species of Ametrodiplosis (Diptera: Cecidomyiidae) from Japan, with a key to the Japanese species and a molecular phylogenetic analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 151 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/zootaxa.4942.2.1	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 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 望月 昂
2. 発表標題 蟻酸をもたない蟻擬態花－不完全な擬態の生態学的機能を解く
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 望月 昂, 岡本 朋子, 立松 和晃, 川北 篤.
2. 発表標題 タチガシワの奇妙な擬態: 虫の死臭を放つ花, 虫の死体を啜る送粉者.
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ko Mochizuki, Atsushi Kawakita, Tomoko Okamoto, Chun-Neng Wang.
2. 発表標題 Diversity of fungus gnat-pollination systems and the fine-tuned convergence in floral characters: a new pollination syndrome
3. 学会等名 International Conference on Entomology 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月昂, Ayman Khamis Elsayed, 川北篤
2. 発表標題 花で繁殖するタマバエはオオカモメツルの送粉に寄与するのか？
3. 学会等名 日本植物分類学会 第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月昂, Ayman Khamis Elsayed, 川北篤
2. 発表標題 カモメヅル属における特異な送粉共生系の進化：送粉者を「育てる」新たな植物の発見
3. 学会等名 日本植物学会 第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月昂, アイマン カミス エルセイエド, 川北篤
2. 発表標題 オオカモメヅルにおける新しいBrood-site pollination
3. 学会等名 第52回 種生物学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月昂, アイマン カミス エルセイエド, 川北篤
2. 発表標題 オオカモメヅルにおける新しいBrood-site pollination
3. 学会等名 日本植物分類学会 第20回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayman Elsayed, Ko Mochizuki, Atsushi Kawakita
2. 発表標題 Gall midges of Japanese yam (Dioscorea: Dioscoreaceae)
3. 学会等名 日本植物分類学会 第20回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 望月昂	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文一総合出版	5. 総ページ数 256
3. 書名 花と動物の共進化をさぐる 身近な野生植物に隠れていた新しい花の姿	

〔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
---------	---------