

平成 27 年 6 月 7 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24770025

研究課題名（和文）植物種間における開花期を越えた送粉者の共有による促進効果の検証

研究課題名（英文）Facilitation of pollinator visits among sequentially-flowering plant species

研究代表者

川口 利奈（KAWAGUCHI, Lina）

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・客員研究員

研究者番号：80571835

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000 円

研究成果の概要（和文）：研究では、これまであまり注目されてこなかった群集内での植物種の共存機構のひとつとして、開花期を越えた送粉者の共有による促進効果を検証することを目的とした。野外実験で先行する開花種（ツリフネソウ）のパッチの近辺に人為的に濃ピンクとオレンジ色のキンギョソウのパッチをそれぞれ出現させたところ、ツリフネソウの花色と似た濃ピンクのキンギョソウのパッチのほうが、オレンジのキンギョソウのパッチに比べ送粉者（トラマルハナバチ）の訪問頻度が高くなる傾向が見られた。この結果は、開花期のほとんど重複しない植物種どうしても、送粉者の記憶を介して一方が他方の繁殖成功に影響を与える可能性を支持している。

研究成果の概要（英文）：In this study, I tested if one plant species can facilitate pollinator visits to subsequently-flowering species with similar floral traits even if their flowering overlap for only a short period. I created patches of potted snapdragons near the wild populations of jewelweeds as a newly-flowering species at the end of the flowering period of jewelweeds. The flower color of snapdragons in a patch was either orange or deep-pink which is similar to the color of jewelweed flower. As a result of observation using interval timer shooting, deep-pink snapdragon flowers received more bumblebee visits than the orange flowers. This result suggests that a plant species can exert a positive impact on the reproductive success of subsequently-flowering species through pollinators' memory, and such relationship is plausible if those species have similar floral traits. Such interspecific facilitation may act as a mechanism of coexistence of different flower species sharing pollinators in a community.

研究分野：行動生態学

キーワード：送粉 種間相互作用 花形質

## 1. 研究開始当初の背景

群集内では、しばしば複数の植物種が同じ送粉者を利用する。同時期に開花する植物種のあいだには、送粉者を奪い合う競争関係から互いの存在が送粉者の訪問を相乗的に増加させる促進関係まで、さまざまな相互作用が生じる (Sargent & Ackerly 2008 総説)。このような種間の競争と促進のバランスは、それぞれの種の開花量や花形質など複数の要因によって変化すると考えられている。その一方で開花期のほとんど重ならない植物種間のあいだにも、促進的な相互作用が生じ得るという見解がある。たとえば Rathcke (1983) は、ある植物種が先に咲いていた種から送粉者を引き継ぐことで高い送粉を実現することを表す、sequential mutualism という概念を提唱している。しかし、実際に植物群集内で送粉者の引き継ぎが起きるかどうかは、これまでほとんど検証されてこなかった (Sargent & Ackerly 2008, Kudo 2009)。また送粉者の引き継ぎ現象は、どのような花形質を持つ植物種どうしがシーズンを通して見た群集の中で共存しやすいかを左右する機構のひとつと考えられる。ところが、植物群集を構成する種の花形質に関する従来の研究では、種間の送粉者をめぐる競争関係のみが想定され、開花期の重なり的大小に関わらず群集内の植物種の花形質は競争回避のため多様化していると考えられてきた。しかし、数少ない検証例ではこの仮説を支持する確証が得られていない (Gumbert ら 1999)。よって、送粉者の引き継ぎがどのような植物種の組み合わせで起こりやすいのかを明らかにすることが、どのような花形質を持つ植物種が群集内で共存しやすいかを説明するうえで重要な鍵となるかもしれない。実際にいくつかの先行研究から (Chittka ら 1997, Gumbert 2000 ほか)、一般的に花形質の似た植物種どうして送粉者の行き来や利用の切り替えが起こりやすいことが示唆されている。また研究代表者は、人工花とマルハナバチを用いた実験から、群集内でいち早く送粉者を集めることができた植物種には、その後も送粉者個体が集まりやすいことを発見した (Kawaguchi et al. 投稿準備中)。この事実から、群集内に相対的に送粉者の引き継ぎの利益を受けやすい種がいて、開花初期の送粉者の奪い合いにおいてそのような種が有利に立つことが示唆される。

## 2. 研究の目的

研究代表者は、開花期の重なりが小さい植物種のあいだに起こる送粉者の引き継ぎという促進効果も考慮してはじめて、群集を構

成する植物種の花形質を説明できると考える。すなわち、送粉者個体の行動を考えてみた場合、種間で開花期が前後してその重なりが小さいときには、新しい花を探す送粉者は通いながれた花に色や形の似た種に利用を切り替えたほうが探索や学習にかかるコストを節約できる。よって、花の色や形が似ている植物のあいだでは送粉者の引き継ぎが生じやすく、そのような種ほど群集内で共存しやすいと予測される。

本研究では、実際にこのような開花フェノロジー構造や花形質の組み合わせのもとで送粉者の引き継ぎが起こりやすいかどうかを野外実験によって検証する。

## 3. 研究の方法

野外実験では、相対的にどのような花形質を種の組み合わせで送粉者の引き継ぎが起こりやすいかを調べるため、自生植物の開花期の終わりに花色の異なる園芸植物のパッチを2つ新たに出現させ、送粉者による花種の利用の切り替えを追跡してパッチ間で結果を比較した。

実験は福岡県糟屋郡および宮若市内の低山に点在するツリフネソウ集団でおこなった。それぞれの集団におけるツリフネソウの開花終期に、ツリフネソウ集団から数 m の位置にキンギョソウの鉢植えを設置して新たな開花集団を出現させた。キンギョソウはオレンジとツリフネソウの花色に近い濃ピンクの2色のバリエーションを用意し、花色の同じ鉢ごとにかためて2~4mほど離れた場所に配置した。訪花観察時に2つのキンギョソウ集団の開花数が等しくなるよう、花を間引いて調整した。その後ツリフネソウの主要な送粉者であるトラマルハナバチが最も活発に採餌する朝に、約2時間デジタルカメラ (Optio, PENTAX) でキンギョソウ集団の10秒間隔インターバル撮影を行い、ツリフネソウの開花終了後まで1~3日おきにマルハナバチの訪花頻度の変遷を記録した。得られたデータの解析によって、ツリフネソウの花色と似た濃ピンクのキンギョソウでは、オレンジのキンギョソウよりもマルハナバチの訪問頻度が高いかどうかを検証した。また、キンギョソウの雌としての繁殖成功を評価するため、種子を散布される前に鞘ごと摘み取り、花色の異なる株のあいだで稔性 (全種子中の成熟種子の割合) を比較した。

## 4. 研究成果

2012年に福岡県糟屋郡若杉山にて上記の野外実験を行った結果、オレンジ色のキンギョ

ヨソウの花にくらべツリフネソウに似た濃ピンクのキンギョソウの花へのマルハナバチの訪問頻度が高かった(図1)。また、2色のキンギョソウの種子稔性を比較した結果、濃ピンクの花を咲かすキンギョソウのほうが稔性が高かった(図2)。2013年に福岡県糟屋郡若杉山の2箇所、宮若市内の1箇所で行った追加実験でも矛盾しない結果が得られた。

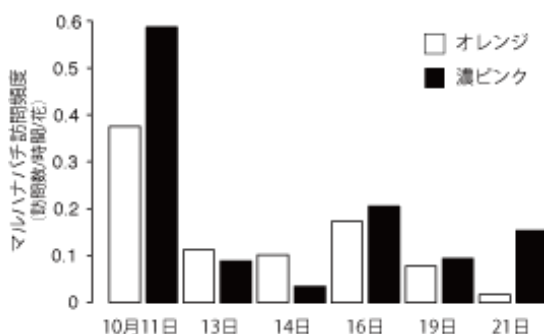


図1：2色のキンギョソウへのマルハナバチ訪問頻度(2012年、福岡県糟屋郡若杉山)

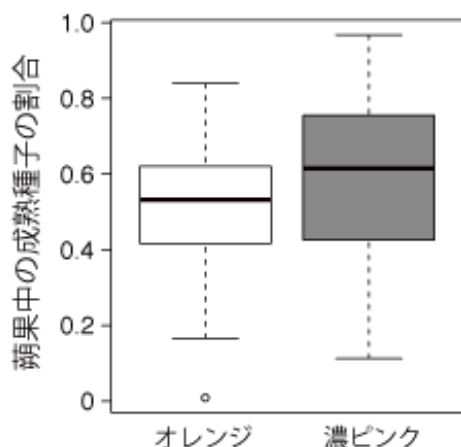


図2：2色のキンギョソウの種子稔性(2012年、福岡県糟屋郡若杉山)

実験結果から、開花期の重なりが小さい植物種のあいだにも送粉者の引き継ぎという促進効果が存在し、先行して開花する種に似た花形質を持つ種ほどこの効果を楽しむことが示唆された。ただし、当初はツリフネソウを訪問しているマルハナバチを標識することでキンギョソウを訪問したマルハナバチのうちどれだけの個体がツリフネソウから引き継がれた個体かを調べる予定だったが、実際には相当数を標識してもツリフネソウでの再捕獲率が上がらず、標識による個体追跡は断念することになった。そのため、キンギョソウを訪問したマルハナバチのなかにツリフネソウを訪問していた個体があったのかどうかは確かめることができなかった。また、当初の計画ではツリフネソウと形

態が非常に似ており花色が黄色のキツリフネの集団でも本実験と同様の実験を行い、そちらの条件ではキツリフネの花色に似たオレンジのキンギョソウのほうでマルハナバチの訪問が多くなるかを検証する予定だった。しかし、調査地域内で十分に大きなキツリフネ集団を見つけることができず、ツリフネソウ集団のみでの実験となった。先行する開花種と後から開花する種の花色の類似度が送粉者の訪問花種の選択に影響したために本実験のような結果が得られたのかどうかを厳密に検証するには、当初の計画のようにキツリフネ集団で行う野外実験などの対照実験が必要だと言える。

植物の繁殖戦略にかかる選択圧として送粉者の行動を解明しようという取り組みは、送粉生態学研究者によって近年さかんに行われている(Chittka & Thomson 2001)。しかし、送粉者を介した植物群集内の種間相互作用については、まだ十分に知見が蓄積されていない(Sargent & Ackerly 2008)。本研究は送粉者の行動にもとづいて動物媒植物の種間共存機構を明らかにしようとする試みであり、種レベルの送粉者-植物間の相互作用に関する知見を群集レベルへとつなぐうえで重要な基盤となる知見をもたらしたと言える。

このような基礎的知見は、生息地の人為的攪乱や気候変動によって植物種間での「送粉者のリレー」が断ち切られた際の植物群集の反応を予測することに役立つ。また、農業生態系において農作物と周辺の野生植物とのあいだで送粉者が共有されている場合、野生送粉者からもたらされる農作物の送粉サービスの向上に効果的な作付けや周辺環境の保全・管理策を探るうえでもこういった知見が有用だと考えられる。

#### <引用文献>

- Chittka L., Gumbert A., Kunze J., Foraging dynamics of bumble bees: correlates of movements within and between plant species, *Behavioral Ecology*, 8, 1997, 239-249
- Chittka L., Thomson J.D., Cognitive Ecology of Pollination, Cambridge University Press, New York, 2001
- Gumbert A., Kunze J., Chittka L., Flower color diversity in plant communities, bee color space, and a null model, *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266, 1999, 1711-1716
- Gumbert A., Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48, 2000, 36-43

Kudo G., Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection, In *Ecology and Evolution of Flowers*, Oxford University Press, New York, 2009, 139-158

Rathcke B., Competition and facilitation among plants for pollination, In *Pollination Biology*, ed. Real L.A., Academic, New York, 1983, 305-329

Sargent R.D., Ackerly D.D., Plant-pollinator interactions and the assembly of plant communities, *Trends in Ecology & Evolution*, 23, 2008, 123-130

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

Lina Kawaguchi, Composition of floral traits in a plant community, INTECOL2013, 2013年8月19日～20日, ロンドン(イギリス)

〔その他〕

ホームページ

<https://sites.google.com/site/linakawaguchi/home>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

川口 利奈 (KAWAGUCHI, Lina)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・客員研究員

研究者番号：80571835