

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：13902

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K16210

研究課題名（和文）被子植物の多様化機構としての花の左右相称化

研究課題名（英文）zygomorphy as a mechanism of floral diversification in angiosperms

研究代表者

常木 静河 (Tsuneki, Shizuka)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：10632789

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：被子植物が多様化する過程で、左右相称性が進化したか、失われたりすることで、繁殖システムの転換している可能性を検討したいと考え、当初、外来種との混生集団では、カワヂシャへの訪花頻度が低くなることで、カワヂシャの繁殖様式や花形態が変化するのはないか、という仮説を立てていたが、混生集団で外来種の抜き取りを行ったところ、在来種への訪花昆虫相の変化は見られたが、訪花頻度自体は大きく変化しなかった。一方で、訪花頻度が低い集団では、雄しべと雌しべの接触時間の延長や種子数の増加、種子数のばらつきが減少がみられ、カワヂシャ集団が訪花頻度に応じて、開花特性を変化させている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

被子植物の進化には、花形態の多様化が大きく関わっていると考えられている。本研究では、花形態の左右相称性に着目し、訪花頻度に応じて、左右相称性と放射相称性がスイッチするのではないかと考えた。研究より、同種内の11集団間で左右相称性に有意な違いはみられなかったものの、訪花頻度が低い集団では雄しべと雌しべの接触時間が長くなり、種子数の増加とバラつきが小さくなる傾向が見られた。このことは、訪花頻度が自然選択となり花の開花特性が変化することで、被子植物が環境に応じて自殖と他殖の割合を調整している可能性を示唆し、繁殖戦略のパラドックスと考えられてきた自殖と他殖を両立するしくみを解く鍵となる研究になりうる。

研究成果の概要（英文）：In the process of angiosperm diversification, we aimed to investigate the potential for shifts in reproductive systems through the evolution or loss of zygomorphy. Initially, we hypothesized that in mixed populations with invasive species, the visitation frequency to *Veronica undulata* would decrease, potentially leading to changes in its reproductive strategy and floral morphology. However, when we conducted removal of invasive species in mixed populations, we observed changes in the visiting insect community of native species but did not find significant changes in visitation frequency itself. On the other hand, in populations with lower visitation frequencies, we observed extended stamen-pistil contact time, increased seed production, and decreased seed number variability. This suggests that *veronica undulata* populations may alter their flowering characteristics in response to visitation frequency.

研究分野：生物多様性・分類

キーワード：繁殖干渉 繁殖様式

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

放射相称花では、花の中心へのアプローチ経路が複数あるのに対し、左右相称花では、アプローチ経路が 1 本に定まるため、花粉を同種の柱頭という限られた部位へ運ぶ精度が各段に上がると考えられている (pollen position 仮説、Neal et al. 1998)。そのため、左右相称花の進化は、花粉を媒介する送粉者との関係の中で、同種間の花粉のやりとりを促進し、異なる種間の花粉のやりとりを排除することができ、被子植物の種の多様化を生み出す主要な仕組みである可能性が高いと考えられている。これまでの研究では、複数の訪花昆虫の中から特定の昆虫に専門化する際に花の左右相称化が起こったという仮説 (Gomez 2006) や、同じ訪花昆虫を共有する他種との雑種形成を避けるために花の左右相称化が起こったという仮説が知られているが (Brett et al. 2016) 野外において、これらの仮説を支持する決定的な証拠は得られていない。

2. 研究の目的

本研究では雄蕊と雌蕊の配置など、自殖する際と他殖する際に最適な形態が異なると考えられる形質が、左右相称化に伴ってどのように変化するのかに着目し、被子植物の多様化メカニズムとしての「他殖への選択圧が高い時に、花の左右相称化によって自殖から他殖への繁殖システムのシフトが生じる」という仮説の重要性を検証する。左右相称な皿形の花をもつクワガタソウ属カワヂシャ、外来種オオカワヂシャを材料とし、外来種の存在とカワヂシャの繁殖様式に着目し、オオカワヂシャの抜き取りとカワヂシャへの訪花昆虫相や訪花頻度、カワヂシャ集団での訪花昆虫相や訪花頻度、カワヂシャとオオカワヂシャの交雑の現状、集団間での開花特性・繁殖様式の調査、花形態の比較を行った。

3. 研究の方法

オオカワヂシャの抜き取りとカワヂシャへの訪花昆虫相や訪花頻度の関係

オオカワヂシャとカワヂシャの花が混生していた春日井市の 1 集団で、30 秒毎のインターバル撮影を行った。調査は 2019 年 5 月 2 日から 2019 年 5 月 10 日で、撮影は 10:00 ~ 14:30 に行い、1 回の調査につき 5 月 2 日と 3 日のカワヂシャには 6 台、オオカワヂシャには 4 台のカメラを使用し、5 月 8 日と 5 月 10 日のカワヂシャでは 4 台、5 月 8 日のオオカワヂシャでは 5 台、5 月 10 日のオオカワヂシャでは 4 台のカメラを使用して撮影を行った。2019 年 5 月 8 日、2019 年 5 月 10 日は、5 台のカメラを使用して、オオカワヂシャ除去区でも撮影を行った。撮影した写真は、花卉表面に飛翔性の昆虫が訪花しているものを訪花回数 1 回とし、種類と回数を集計した。

カワヂシャとオオカワヂシャの交雑の現状

2021 年 4 月 30 日から 6 月 2 日に、愛知県内で両種が混生する 4 集団、カワヂシャのみが生育する 7 集団、合計 11 集団を対象に、両種および外部形態から雑種と判別できる個体を採集し、相対的核 DNA 含量の測定と種子数の記録を行うことで、雑種、雑種後代の有無を調べた。

集団間での花形態の比較

2021 年に 3 地点を含む 11 集団合計 135 個体のカワヂシャの花を採取し、1 個体 2 花ずつ花冠幅の測定を行い、左右相称性について検討した。

カワヂシャ集団での訪花頻度と開花特性

2023 年に清須市立作、刈谷市井ヶ谷町のカワヂシャ集団でカワヂシャ集団への訪花昆虫相、訪花頻度を調査した。Saito&Kadono(2021)に習い、15 分 1 セットで目視による訪花昆虫の種類と訪花回数の調査を 4 月 28 日から 5 月 17 日までの 10 日間、清須市立作では 18 回、刈谷市井ヶ谷町では 38 回 (1 回 15 分) 行った。また、2023 年名古屋市西区浮野町、清須市立作、刈谷市井ヶ谷町の 3 地点で雄しべ、雌しべの接触時間を含めた開花特性と種子の結実数とそのバラつきを調べた。2023 年 5 月に、開花から閉花までの開花様式を記録し、各集団から 5 個体ずつ果実のついた穂を採取し、各穂あたり十分に膨らんだ果実 5 個について種子数をカウントした。

4. 研究成果

オオカワヂシャの抜き取りとカワヂシャへの訪花昆虫相や訪花頻度

混生区では、オオカワヂシャへの訪花頻度はカワヂシャよりも多く、オオカワヂシャはカワヂシャよりも昆虫を誘引する能力が高いことが確認された。オオカワヂシャ除去区では、カワヂシャへの訪花頻度は混生区とほぼ変わらなかったが、内訳を見るとヒメヒラタアブ属は増加し、ハナバチ類は減少していた。すなわち、オオカワヂシャの存在によって花粉制限が顕著には生じないが、カワヂシャはより generalist になり、訪花昆虫相に脱分化が生じたことが確認された。

カワヂシャとオオカワヂシャの交雑の現状

混生集団で外部形態により採集した推定雑種 67 個体のうち、DNA 核含量の解析により、推定雑種 65 個体は雑種第 1 代、2 個体は雑種後代と判定され、カワヂシャ 3 個体は 9 倍体と判定された。雑種第 1 代、雑種後代は、わずかに種子形成することを確認した。雑種後代は雑種と両親

種の中間的なゲノムサイズであったため、戻し交雑が起こっていると考えられた。現段階では在来種の独自性が失われるほどの遺伝的攪乱は起こっていないと判断された一方で、混生集団では、オオカワヂシャとカワヂシャ間にはある程度花粉流動があり、4倍体オオカワヂシャと9倍体カワヂシャの6倍体非減数配偶子が偶数倍数性の8倍体雑種を形成した場合や、雑種が倍数化した場合には、浸透性交雑のレベルが進む危険性が考えられた。

集団間での花形態の比較

集団ごとに、最も大きい花弁と小さい花弁の花冠幅の比（大きい花弁の花冠幅/小さい花弁の花冠幅）を比較すると、集団間で有意な差は見られなかった。

カワヂシャ集団での訪花頻度と開花特性

花あたりの毎分訪花回数の平均は、刈谷市井ヶ谷町で 0.0036 ± 0.0024 回、清須市立作で 0.0018 ± 0.0011 回で、両地点ともに、もっとも高頻度に訪花したのはヒメヒラタアブ属で、刈谷市井ヶ谷町では0.002回/分、清須市立作では0.0007回/分であった。

また、刈谷市井ヶ谷では雄しべと雌しべの接触時間が平均1.5時間、清須市立作では平均2.6時間、名古屋市西区浮野町では3.2時間だった。種子数は、刈谷市井ヶ谷町では平均 107 ± 21 個、清須市立作では 112 ± 11 個、名古屋市西区浮野町では平均 126 ± 15 個で、訪花昆虫頻度が高い刈谷市井ヶ谷町では種子数の変動係数が有意に大きくなった（図）。

以上より、清須市立作や名古屋市西区浮野町では、刈谷市井ヶ谷町と比較すると、雄しべと雌しべの接触時間が長く、種子数のバラつきが小さかったため、より自殖に偏った繁殖様式になっていることが示唆された。このことから、訪花頻度が低い集団では、より自殖的になることが示唆されたが、外来種オオカワヂシャと混生している名古屋市西区浮野町では、訪花頻度を調査できていないため、今後の課題である。

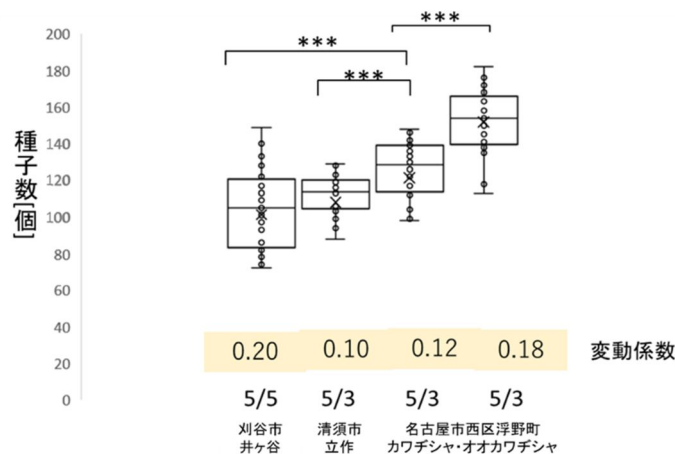


図 カワヂシャ集団の種子数とバラつき

まとめ

当初、外来種との混生集団では、カワヂシャへの訪花頻度が低くなることで、カワヂシャの繁殖様式が変化するのではないかと、という仮説を立てていたが、混生集団で外来種の抜き取りを行ったところ、在来種への訪花昆虫相の変化は見られたが、訪花頻度自体は大きく変化しなかった。一方で、訪花頻度が低い集団では、雄しべと雌しべの接触時間の延長や種子数の増加、種子数のばらつきの減少がみられ、カワヂシャ集団が訪花頻度に応じて、開花特性を変化させている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 佐藤朱美・芹沢俊介・柿嶋聡・常木静河
2. 発表標題 愛知県におけるカワヂシャとオオカワヂシャの交雑の現状
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 森優也、芹沢俊介、柿嶋聡、常木静河
2. 発表標題 オオカワヂシャ除去に伴うカワヂシャの訪花昆虫相の変化
3. 学会等名 日本植物分類学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田岬、芹沢俊介、常木静河
2. 発表標題 愛知県清須市におけるカワヂシャの訪花者とその生活史
3. 学会等名 日本植物分類学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早瀬元晴、太田岬、芹沢俊介、常木静河
2. 発表標題 カワヂシャとヒラタアブ類にみられる共生系
3. 学会等名 第55回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山内寧々、早瀬元晴、芹沢俊介、常木静河
2. 発表標題 外来種オオカワヂシャの存在下での在来種カワヂシャの繁殖様式の変化
3. 学会等名 日本植物分類学会第23回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Shizuka Tsuneki, Nene Yamauchi, Motoharu Hayase, Makoto Nino and Shunsuke Serizawa
2. 発表標題 Revealing the mixed-mating mechanism in the wild: modulation of selfing rates by the duration of stamen-pistil contact.
3. 学会等名 International Botanical Congress 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024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
---------	---------