

「左右対称な花は動物による受粉の精度を高める」という定説の誤りを実証

18世紀から信じられてきた定説「左右対称な形の花は動物の訪花姿勢を安定させて受粉の精度を高める」は誤りであり、野外でみられる動物の訪花姿勢の安定化は、左右対称花の大部分が横を向いて咲くために起こる現象であることを、クロマルハナバチと人工花を用いた室内実験で実証しました。

自然界の花は、系統的に遠く離れた種の間でも、よく似た形態的特徴を持つことがあります。ラン科やマメ科の花でみられる「左右対称性」は、そうした特徴の一つです。左右対称花を訪れる動物は、常に腹側を下にして正面から花にもぐりこみます。この観察から、花の左右対称性は、動物の訪花姿勢を安定させ身体の特定の部位に雄しべや雌しべが触れるようにして受粉の精度を高めるため、さまざまな分類群で何度も独立に進化した、と考えられてきました。18世紀から広く信じられてきたこの定説が、今回、誤りであることを実証しました。

本研究では、左右対称花の9割以上が、ランに代表されるような、横向きの花である点に注目しました。花が横向きならば、動物がいつも腹側を下に向け正面から花にもぐり込むのは当然であり、動物の訪花姿勢の安定化は、花の対称性ではなく向きが原因であると考えられます。そこで、花の対称性（左右対称・二軸対称・放射対称）と向き（上向き・横向き・下向き）を網羅的に組み合わせた9通りの人工花で室内実験を行い、対称性と向きがクロマルハナバチの訪花姿勢の安定性に及ぼす影響を調べました。

すると予想通り、横向きの花では、上向きや下向きに比べ、ハチの訪花姿勢が劇的に安定し、角度のばらつきが6割も減少しました。一方、3種類の対称性のいずれも、訪花姿勢の安定化には全く寄与しませんでした。これは、被子植物でくり返し進化した左右対称花の適応的意義に再考を迫る、注目すべき研究成果です。

研究代表者

筑波大学 生命環境系

大橋 一晴 講師

研究の背景

花の形は、中心を通る直線で二分するといつも同じ形が2つできる放射対称性や、ある一本の直線で二分したときだけ同じ形が2つできる左右対称性など、対称性を示すのが一般的です。中でも、左右対称花は放射対称花に比べて進化的に新しく、また、放射対称花に逆戻りする進化はほとんど見られないことから、動物による受粉に適した、より洗練された形態であると考えられてきました。しかしながら、どのように受粉に適しているのかは、実は今でもよく分かっていません。さまざまな仮説が提唱されてきたものの、いずれにも肝心の実証研究が圧倒的に不足しているのです。

そこで今回、諸説の中で最も古くから知られる「左右対称花は花を訪れる動物の姿勢を安定させて受粉の精度を高める」という仮説に着目し、クロマルハナバチを用いた室内実験で検証を試みました。

研究内容と成果

本研究では特に、これまで見過ごされてきた「花の向き」の影響を考慮することで、動物の訪花姿勢の安定性をもたらす真の要因を特定できるよう実験を設計しました。

具体的には、花の形の対称性（左右対称・二軸対称・放射対称）と咲く向き（上向き・横向き・下向き）を網羅的に組み合わせた9通りの人工花をハチに訪問させ、その訪花姿勢のばらつき、つまり花の対称軸に対する体軸の角度の散らばり具合が、どのように変化するかを調べました（参考図）。その結果、横向きの花では、上向きや下向きの花に比べ、ハチの訪花姿勢の安定性が6割ほども高まることが分かりました。一方、花の対称性は、ハチの訪花姿勢の安定性、および、ハチが花に止まるのにかかる時間（止まりやすさ）のいずれにも、全く影響しませんでした。すなわち、今回の実験では、花の対称性の意義は見つからなかったこととなります。

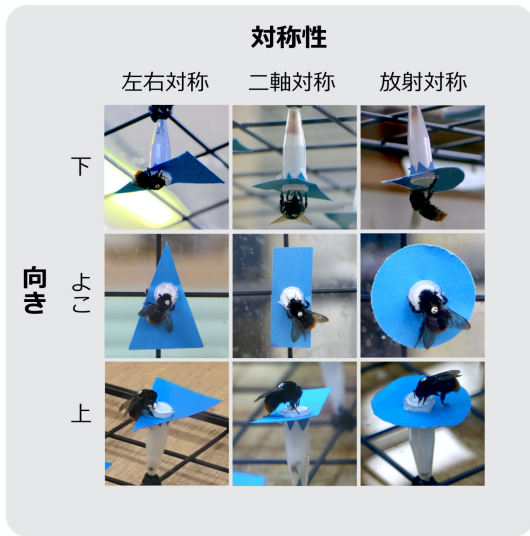
本研究の結果は、動物の訪花姿勢の安定化が、左右対称という花の形状ではなく、花を横向きに咲かせたときに生じる効果であったことを明確に示しています。これは、これまで見逃されてきた「花の向き」の適応的意義に光を当てる重要な発見です。このことは同時に、多くの被子植物の系統で、左右対称花がくり返し進化した理由には、他の説明が必要であることを意味しており、その点において、本研究は、左右対称花の進化にまつわる未解決の謎の存在を浮き彫りにしたと言えます。

今後の展開

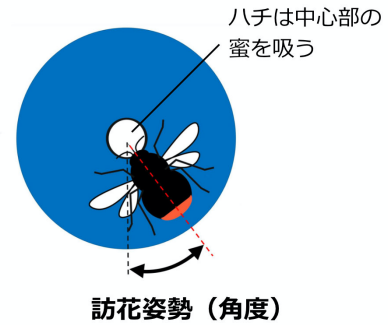
花の形質の適応的意義を探る研究では、野外観察に基づく推測が、明確な検証がないまま広く受け入れられていることがしばしばあります。今後さらに、人工花を用いた室内実験により、さまざまな花の形質が動物との相互作用においてどのような効果をもたらすのか、実証的に明らかにする研究が必要です。中でも、本研究では答えることができなかった左右対称花の適応的意義については、興味深い仮説がいくつか提唱されており、それらの仮説を一つずつ検証するとともに、動物による受粉の精度を高める花の形質には「横向き」以外にどんな手段があるのか、について研究を進める予定です。

参考図

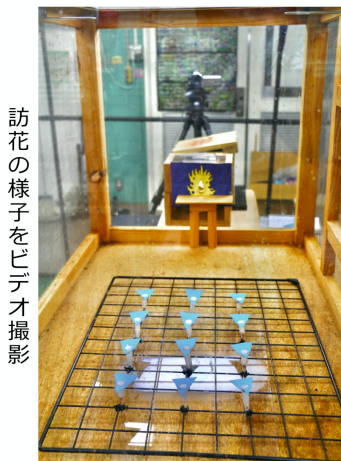
人工花



訪花姿勢の測定



実験ケージ



実験結果

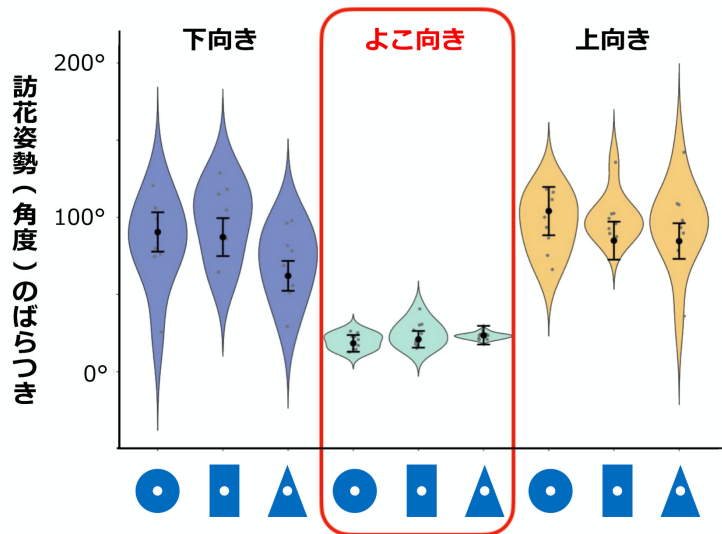


図 本研究で行った実験の概要図

実験では、色画用紙と遠心チューブで作成した人工花をグリッドに固定してケージ内に設置し、クロマルハナバチが訪れてチューブから蜜を吸う様子をビデオ撮影した（左下：実験ケージ）。人工花の対称性と向きは3種類ずつ用意し、可能な9通りの組み合わせをすべて作成した（左上：人工花）。実験後、ビデオ動画を解析し、訪花姿勢の指標としてハチの体軸と花の対称軸との角度を測定した（右上：訪花姿勢の測定）。9通りの人工花それぞれについて訪花の角度をくり返し測定し、角度のばらつき具合を比較した（右下：実験結果）。グラフより、訪花姿勢（角度）のばらつきは花が横向きの場合のみ顕著に小さいこと、また、花の対称性は訪花姿勢のばらつきには全く影響しないことが分かる。つまり、横向きの花ではハチは腹を下側にして止まるため、花の対称性によらず同じ姿勢が保たれる。このことは、花を訪れる際のハチの姿勢を安定させるのは、従来言われてきたような左右対称な花の形状ではなく、左右対称な花の多くが持つ「横向き」という性質であることを意味する。

用語解説

注1) 左右対称性 (bilateral symmetry)

中心を貫く1本の直線で二分すると同じ形が2つできる、という図形の性質。二等辺三角形などの左右対称な図形の場合、対称軸はたった1本に限られる。

注2) 二軸対称性 (disymmetry)

長方形などのように、2本の対称軸を備えた図形の性質。

注3) 放射対称性 (radial symmetry)

円や星型、正三角形などのように、3本以上の対称軸を備えた図形の性質。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト (19K06834) の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 Effects of floral symmetry and orientation on the consistency of pollinator entry angle.

(花の対称性と向きが送粉動物の訪花姿勢の安定性におよぼす影響)

【著者名】 N. Jirgal (University of Manchester) and K. Ohashi (University of Tsukuba)

【掲載誌】 *The Science of Nature – Naturwissenschaften*

【掲載日】 2023年5月16日

【DOI】 10.1007/s00114-023-01845-w

問合わせ先

【研究に関すること】

大橋 一晴 (おおはし かずはる)

筑波大学 生命環境系 講師

URL: <https://www.ohashilab.com>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp