



四季を通じて昆虫が進化する証拠を発見

形態や生理的特徴に影響を与える環境要因を徹底的に排除することで進化を検出

発表のポイント

- 季節による環境変化は、生物が経験する環境変化の中でもっとも急速なものの一つである。
- 一方で、生物が、環境の季節変化に対応して迅速に進化をしているかは、あまりわかっていない。
- 環境要因の影響を排除し、進化（= 遺伝的変化）の検出を試みたところ、冬を越えた直後の「春世代」と夏を越えた直後の「秋世代」の間での高温耐性と体サイズが進化していることを示された（図 1）。
- 生物が季節による環境変化に対し、超高速な進化を起こしていることを示す貴重な証拠となった。

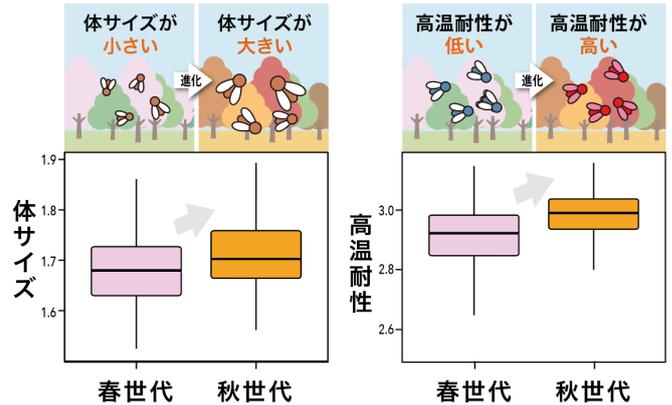


図 1. ショウジョウバエはたった半年で進化していた。

■ 研究の概要

生物は、長い歴史の中で、生息環境の変化に応じて形や行動などのさまざまな特徴を進化させてきました。一般に、このような進化は、数千年、あるいはそれ以上長い時間スケールで起きるものと考えられています。一方、温帯地域では、昼間の長さや気温などの環境条件が、四季を通じて大きく変化します。1 世代の長さが短い生物では、環境から受ける選択圧^{注1}が世代ごとに大きく異なっていると予想されます（図 2）。

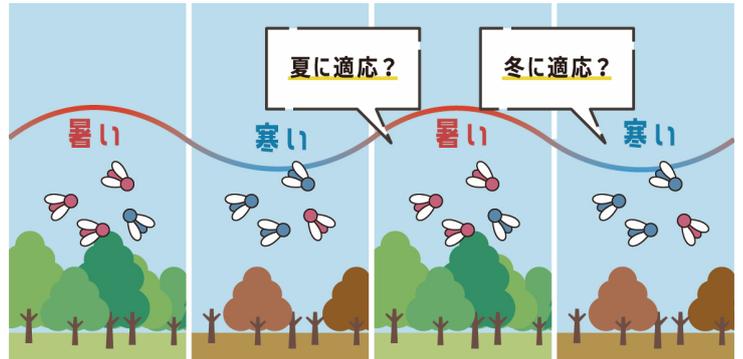


図 2. 環境は季節変化する。生物は四季の中で進化しているか？

では、昆虫のように世代の短い生物では、季節と季節の間で、進化が起きているのでしょうか？種の特徴が季節間で変化することはあるのでしょうか？昆虫を対象としたいくつかの先行研究では、季節に沿った急速な進化がいくつかの形質の表現型（温度耐性や繁殖力）^{注2}で生じていることが示唆されています。ただし、先行研究は、捕獲された季節に表現型の測定が行なわれることがほとんどのため、季節集団間での表現型の違いが、進化ではなく、測定時の環境条件の違いによって生み出されている可能性を捨てきれません。進化を誤検出している可能性があるのです。したがって、季節変化に伴う急速な進化を検証するには、各季節の表現型の定量において精巧な測定実験が不可欠であると考えられています。

千葉大学大学院理学研究院の上野尚久研究員（日本学術振興会特別研究員（PD））と同理学部の竹之下彰子学部生（当時）、同大学院融合理工学府博士後期課程 1 年の浜道凱也大学院生、かずさ DNA 研究所の佐藤光彦研究員、千葉大学大学院理学研究院の高橋佑磨准教授の共同研究グループは、キハダショウジョウバエ（1 世代の長さが数週間）を対象に、遺伝的変異に由来する表現型の変化を適切に評価できる室内実験を実施することで、季節変化に対する表現型進化の存在を検証しました。まず、冬を越えたばかりの春（2 月中旬～3 月上旬）と夏を越えたばかりの秋（10 月上旬から 11 月上旬）に、千葉大学のキャンパス（千葉市）内で本種を採集し、これらを実験室内で繁殖させ、季節ごとに複数の近交系統^{注3}を確立

しました(図3)。次に、これらの系統を用いて、本種の春と秋の集団のゲノム配列を解析しました。その結果、春の集団と秋の集団はまったく同じ集団である(他地域からの移入などもない)ことがわかりました。その上で、実験室の一定環境下で継代したこれらの系統すべてに対して、高温耐性や低温耐性、体サイズを「同時に」測定しました。「同時測定」をすることで、各季節の個体

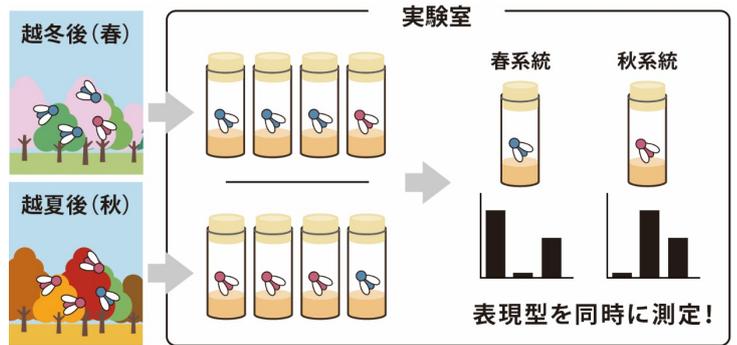


図3. 季節間で進化を検出するためには複数の季節で昆虫を集め、実験室内で飼育する必要がある。

が示す表現型から、環境効果(測定時期の温度や湿度など)に由来する差をほぼ完全に取り除くことが可能となり、遺伝的変異に由来する表現型の変化を高い精度で検出することができます。測定の結果、高温に対する耐性と体サイズに季節間で顕著な変化がみられ、これらの表現型が季節間で急速に進化していることがわかりました(図1)。夏を経験することで高い高温耐性を進化させ、冬を経験することで高温耐性を失うような進化が起きているのです。本研究は、昆虫において超高速な進化が起きることを示すことに成功した貴重な研究となりました。本研究のような手法は、あらゆる進化的現象にも適用されることが期待されます。

本研究は国際学術誌 Scientific Reports に 2023 年 12 月 19 日に掲載されます。

■用語解説

注1) 選択圧: 進化を引き起こす原動力のこと。自然淘汰の原動力。

注2) 表現型: 個体の形態や行動、生理などに現れる特徴のこと。

注3) 近交系統: 遺伝的に近い親からの交配を繰り返し行なうことによって生み出された系統のこと。

■研究プロジェクト

本研究は、以下の助成金の支援を受けて遂行されました。

- 科学研究費助成事業「多次元形質空間におけるマルチレベルな表現型のゆらぎの統合と進化の方向性の予測」(20H04857)
- 科学研究費助成事業「天邪鬼行動が集団に及ぼす社会的・生態学的影響とその遺伝基盤」(23H03840)
- 住友財団「多次元形質空間における集団内の表現型多様性とその生態的機能の検証」
- トヨタ財団「集団内の個性や多様性の機能—モデル生物と生態ビッグデータを用いた検証—」

■論文情報

タイトル: Rapid seasonal changes in phenotypes in a wild *Drosophila* population

著者: Takahisa Ueno, Akiko Takenoshita, Kaiya Hamamichi, Mitsuhiro P. Sato, and Yuma Takahashi

雑誌名: Scientific Reports

出版日: 令和5年12月19日 午後7時(日本時間)

本件に関するお問い合わせ

〈研究内容について〉

千葉大学大学院理学研究院 生物学研究部門 機能生態学研究室 准教授 高橋佑磨

TEL: 043-290-3965 E-mail: takahashi.yum@chiba-u.jp

〈報道担当〉

国立大学法人千葉大学 広報室

TEL: 043-290-2018 FAX: 043-284-2550 E-mail: koho-press@chiba-u.jp