北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY

ショウジョウバエの翅の斑点模様ができる仕組みを解明

～既存の発生遺伝子の新たな組み合わせが進化の鍵に～

ポイント

・斑点模様を持つショウジョウバエで、遺伝子の働きを特定の組織・時期に抑える実験系を確立。
・Dpp シグナルが、斑点形成の鍵となる *wingless* 遺伝子の発現を促進することを発見。
・Notch シグナルが、発生時期に応じて斑点の広がりを抑制・促進することを解明。

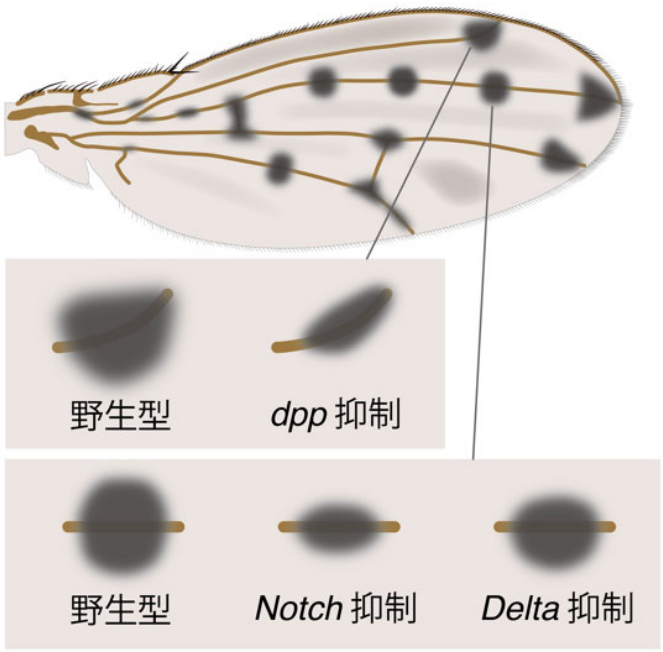
概要

北海道大学大学院環境科学院博士後期課程の古関将斗氏（研究当時）と、同大学大学院地球環境科学研究院の越川滋行教授らの研究グループは、翅に黒い水玉模様を持つショウジョウバエの一種 *Drosophila guttifera*（ミズタマショウジョウバエ）を用いて、斑点模様がつくられる遺伝子の働きを明らかにしました。

この種では、*wingless*（ウィングレス、*wg*）という遺伝子が将来の斑点の中心で働くことが知られていましたが、その発現をどの遺伝子が制御し、斑点がどのように広がるかは十分に分かっていませんでした。研究グループは、目的の場所と時期に遺伝子の働きを抑える技術（GAL4/UAS[*1] を利用した RNA 干渉法[*2]）をこの種に導入し、模様形成に関わる遺伝子を調べました。

その結果、翅脈の形成に関わる Dpp シグナル[*3] が *wg* 遺伝子の発現を促進すること、また Notch シグナル[*4] が蛹の中期には斑点の広がりを抑え、後期には逆に広がりを促進することが分かりました。これらの結果は、もともと翅の形づくりに使われていた遺伝子の仕組みが、互いの制御関係や働き方を変えることで、新しい色彩模様の形成に利用されるようになったことを示しています。

なお、本研究成果は、2026 年 11 月 17 日（火）公開の BMC Biology 誌にオンライン掲載されました。



ショウジョウバエの模様を制御する遺伝子を調べる実験の図。本研究では、遺伝子の働きを抑制することにより、斑点模様の大きさが変化することを発見した。

【背景】

生物の体表に見られる縞模様や斑点模様は、進化の過程でどのように生じたのでしょうか。翅に多数の黒い斑点を持つミズタマショウジョウバエは、この問題を調べるための研究材料です。過去の研究により、斑点ができる位置で *wg* 遺伝子が発現し、色素形成を誘導することが分かっていました。しかし、*wg* 遺伝子の発現を開始させる仕組みや、斑点の大きさを決める仕組みは未解明でした。

【研究手法】

研究グループは、ミズタマショウジョウバエに GAL4/UAS システム（出芽酵母に由来し、モデル実験生物であるキイロショウジョウバエでは広く使われている手法）を導入し、蛹の中期には翅脈ができる領域で、後期には斑点ができる領域で、特定の遺伝子を RNA 干渉法（RNAi 法）によって抑制できるようにしました。*wg*、*dpp*、*Notch*、*Delta*、*yellow* などの遺伝子を抑えた個体について、成虫の翅の模様や蛹の翅における遺伝子発現・タンパク質分布を比較しました。

【研究成果】

まず、*wg* 遺伝子を抑制すると黒い斑点が小さくなり、色素形成に関わる *yellow* 遺伝子の発現範囲も縮小しました。また、*yellow* 遺伝子を抑制すると斑点の黒色が薄くなりました。これにより、*wg* 遺伝子が斑点形成を進め、*yellow* 遺伝子が黒い色素の形成に必要であることを確認しました。

次に、翅脈の形成を制御する *dpp* 遺伝子を抑制すると、翅脈の一部が失われるとともに斑点が小さくなり、*wg* 遺伝子の発現も弱まりました。さらに、Dpp シグナルの下流で働く Mad の活性化と、*wg* 遺伝子の発現を制御するエンハンサー[*5]の活性が低下しました。この結果は、翅脈形成の仕組みが *wg* 遺伝子の発現制御に利用されていることを強く示唆します。

さらに、*Notch* 遺伝子またはその関連遺伝子 *Delta* を蛹の後期に抑えると、翅の形はほぼ正常なまま、斑点の面積が大幅に小さくなりました。一方、蛹の中期に *Notch* 遺伝子を抑えると、翅脈が太くなり、その先端の斑点は広がりました。すなわち、同じ Notch シグナルが、発生段階によって模様の広がりに逆方向の作用を示すことが明らかになりました。

【今後への期待】

今回の成果は、新しい形態や模様の進化が、全く新しい遺伝子の出現だけでなく、既存の遺伝子の組み合わせや発現制御の変更によって生じ得ることを具体的に示しています。また、ミズタマショウジョウバエにおける遺伝子機能解析の基盤が整ったことで、多様な昆虫の翅模様がどのように進化してきたかを比較・検証する研究の進展が期待されます。今後は、Dpp シグナルから *wg* 遺伝子への制御経路の直接性と、Notch シグナルが斑点領域を広げる分子機構の解明が課題です。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP18H02486、JP22J21458、JP22KJ0129、JP24K21982、JP25K02019 の助成を受けたものです。

論文情報

論文名	Novel roles of Decapentaplegic and Notch signaling in wing spots of the fruit fly *Drosophila guttifera*（ミズタマショウジョウバエの翅の斑点における Decapentaplegic 及び Notch シグナルの新たな役割）
著者名	古関将斗[1]（研究当時）、越川滋行[1,2]（[1]北海道大学大学院環境科学院、[2]北海道大学大学院地球環境科学研究院）
雑誌名	BMC Biology（生物学の学術誌）
ＤＯＩ	10.1186/s12915-026-02791-5
公表日	2026 年 11 月 17 日（火）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院　教授　越川滋行（こしかわしげゆき）

ＴＥＬ　011-706-2236　　メール　koshi@ees.hokudai.ac.jp

ＵＲＬ　https://noah.ees.hokudai.ac.jp/koshi/

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

ＴＥＬ　011-706-2610　　ＦＡＸ　011-706-2092　　メール　jp-press@general.hokudai.ac.jp

【用語解説】

＊1 GAL4/UAS … 遺伝子の働きを人工的に制御する仕組みの一つ。出芽酵母の転写制御因子（遺伝子の転写を促進するタンパク質）と、それが結合する DNA 配列の組み合わせで、これらを導入することで、遺伝子発現のタイミングと場所をある程度コントロールすることができる。

＊2 RNA 干渉法 … 二本鎖 RNA やヘアピン状の RNA を細胞内に導入したり発現させたりすることにより、導入した RNA に相補的な配列を持つ特定の遺伝子からつくられる mRNA（伝令 RNA）を減らし、その遺伝子の働きを抑える手法。（RNAi 法。）

＊3 Dpp シグナル … 細胞外に分泌される Dpp タンパク質によって伝えられる細胞間シグナル。

＊4 Notch シグナル … 細胞膜上にある Delta タンパク質を、隣接した細胞の膜上にある Notch タンパク質が結合することにより伝えられる細胞間シグナル。

＊5 エンハンサー … 遺伝子がいつ・どこで発現するかを制御する DNA 領域。