

令和元年5月20日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07486

研究課題名(和文) 昆虫の交尾器進化：ミナミカワトンボ科の毛細管現象を用いた精子掻き出し機能

研究課題名(英文) Evolution of male insect genitalia: Sperm removal in Euphaeidae damselflies

研究代表者

林 文男 (HAYASHI, Fumio)

首都大学東京・理学研究科・教授

研究者番号：40212154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ミナミカワトンボ科Euphaea属のオスの交尾器は、先端部から左右に突出する翼状構造を有する。翼状構造はスリット状の膜構造で、一方の先端部を赤インクに触れさせると、インクがスリット内に吸引される。左右の翼状構造は中央部で連結しており、片方から他方へも吸引される。メスの精子を蓄える器官は左右非対称であり、オスの交尾器の左側の翼状突起から既交尾オスの精液が吸引される可能性が高い。野外でメスを見つけることは難しく、現時点では少数例の観察に基づいているが、確かにオス自身の射精が起こる前に交尾を中断させると、メスの精子貯蔵器内の精液量が減少した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

昆虫類の交尾器は形態だけでなく機能的にも多様である。精子競争を避けるために、オスが交尾器を使ってすでにメスの体内に貯えられている他オスの精子を掻き出してから、自分の精子を渡すという「精子置換」という行動もオスの交尾器の機能の一つである。精子置換は、これまで、オスの交尾器にある微細な「棘」で精子を掻き出すか、交尾器の先端にある「かえし」構造で精子を掻き出すとされてきた。本研究において示唆された「毛細管現象を利用した精子の掻き出し」は、新たな精子置換モデルとして、今後この分野で大きな成果となるだろう。

研究成果の概要(英文)：Males of Euphaea (Euphaeidae) have bird wing like genitalia. Wing parts are slit in structure. Red ink enters through this slit structure when the tip of the left side of wings is touched to a drop of red ink. The both wings are connected to each other at the central part, and red ink moves to the opposite (right) side of wings. This suggests that sperm removal may occur at copulation. The female sperm-storage organ is left-sided and the left side of male genital wings may be inserted into it to absorb rival sperm within the slit. Although based on small sample size, the amount of sperm in the female sperm-storage organ tend to be decreased when the copulation is interrupted before male sperm ejection.

研究分野：動物生態学

キーワード：精子競争 配偶行動 昆虫

1. 研究開始当初の背景

昆虫類の交尾器の形態は多様であり、記載分類においては、交尾器の形態的差異が大きければ生殖的隔離が生じているだろうという考えに準拠して種の記載を行う。一方、昆虫類の交尾器は、形態的に多様であるばかりでなく、機能的にも多様であるはずである。精子競争を避けるために、オスが交尾器を使ってすでにメスの体内に貯えられている他オスの精子を掻き出してから、自分の精子を渡すという「精子置換」という行動もオスの交尾器の機能の一つである。精子置換は、キボシカミキリ、コバネハサミムシ、カワトンボ類の数種で知られた現象である。いずれも、オスの交尾器にある微細な「棘」で精子を掻き出すか、交尾器の先端にある「かえし」構造で精子を掻き出す。オスの交尾器が卵の構造とよく似て、産卵の刺激をまねて精子を出させるというしくみについてはまだ充分には証明されていない。本研究で実証しようと考えている「毛細管現象を利用した精子の掻き出し」は、まだ誰も知らない新規の精子置換のしくみである。*Euphaea masoni* というミナミカワトンボ科の1種のオスの交尾器の突起には、スリット状の隙間があり、そこに毛細管現象で精液が精子とともに吸い上げられるのではないかと考えている。

2. 研究の目的

メスが複数のオスと多数回交尾を行う昆虫類では、精子競争を避けるために、オスが交尾器を使ってすでにメスの体内に貯えられている他オスの精子を掻き出してから、自分の精子を渡すことが知られている。ミナミカワトンボ科に属する *Euphaea masoni* という種において、オスの交尾器に特異なスリット構造が存在することに気づき、それが毛細管現象を利用した精子の吸い出しに使われるのではないかとこの着想に至った。本研究では、スリット状のオスの交尾器による精子の吸い出し行動を実験的に証明し、こうした特異なオスの交尾器の進化パターンを、メスの精子貯蔵器官の形態と関連させて、ミナミカワトンボ科全体の中で明示することを目的とする。しかし、ミナミカワトンボ科については、オスの交尾器形態に基づく分類学的研究、分子系統学的研究、進化生態学的研究についてはほとんど知見がなく、それらの研究についても合わせて行なった。

3. 研究の方法

本研究では、(1)ミナミカワトンボ科のオスにおけるスリット状のオスの交尾器の構造と機能の詳細な解明、(2)野外での交尾中断実験による実際の精子掻き出し課程の解明、(3)ミナミカワトンボ科全体におけるオスの交尾器の種間差と分子系統樹上での進化パターンの解明、(4)オスの交尾器の種ごとの形態的差異をもたらす要因としてのメスの精子貯蔵特性の影響の評価を行う。

4. 研究成果

(1)ミナミカワトンボ科のうち、*E. masoni* のオスの交尾器は図1に示すように先端部から左右に突出する翼状構造を有する。翼状構造はスリット状の膜構造で、一方の先端部を赤インクに触れさせると、インクがスリット内に吸引される。左右の翼状構造は中央部で連結しているようで、片方から他方へも吸引が見られた(図1)。メスの精子を蓄える器官は左右非対称であり、オスの交尾器の左側の翼状突起の先端から挿入される。そのため、図1の赤インクのように既交尾オスの精液が吸引されるのではないかと考えられた。

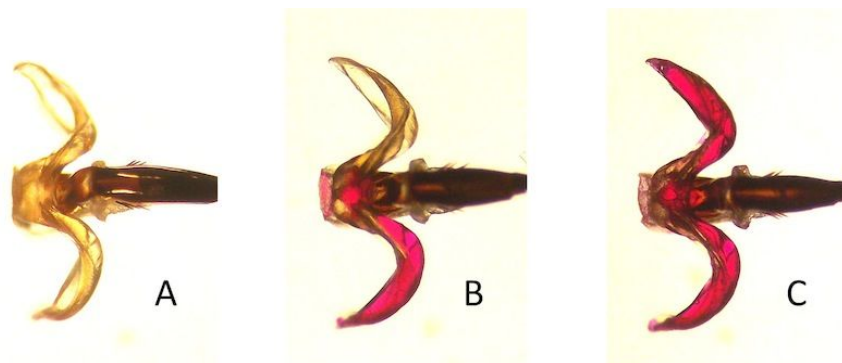


図1. *Euphaea masoni* のオスの交尾器の先端を赤インクに触れるとA, B, Cの順に赤インクが吸引される(原図、未発表データ)。

(2)実際にオスがそのようにして他オスの精子を掻き出し、精子置換を行うかどうかについては野外での交尾中断実験が必要である。トンボ類では室内で交尾させることができず、野外においてハンドペアリング法によって交尾対を形成させなければならない。しかし、ミナミカワト

ンボ科では、オスの尾部把握器でメスの胸部（頭部の後ろ側）を掴んだ後、はげしく飛ぶ性質があり、交尾対を形成させることが困難であった。そのため自然に起こる交尾を見つけ、それを一定時間後に手で捕まえて中断させる方法を用いた。ミナミカワトンボ科では野外でメスを見つけることすら難しく、現時点では少数例の観察に基づいているが、確かにそのオス自身の射精が起こる前に中断すると、メスの精子貯蔵器内の精液量が顕著に減少していた。

(3)ミナミカワトンボ科の形態に基づく分類は十分に解明されていなかったため、主要な調査地としたベトナムおよびその近隣地域での分類学的処理を行なった(下記雑誌論文1)。その中で、多くの種を初記録としてあげ、さらに2新種を記載した。また、分子系統樹を作成し、オスの交尾器の形態がどのように多様化したか（進化的に出現したか）についても図2のような結果を得た。*E. masoni*のように左右に翼状突起が発達したオスの交尾器は *Euphaea* 属全体にわたって見られ(図2F~K)、これは *Dysphaea* 属や *Anisopleura* 属から派生したと考えられた。また、オスの交尾器の大きさは体サイズと負のアロメトリー関係となり(論文2)、オスの翅の斑紋サイズは体サイズと正のアロメトリー関係となること明らかとなった(学会発表1)。

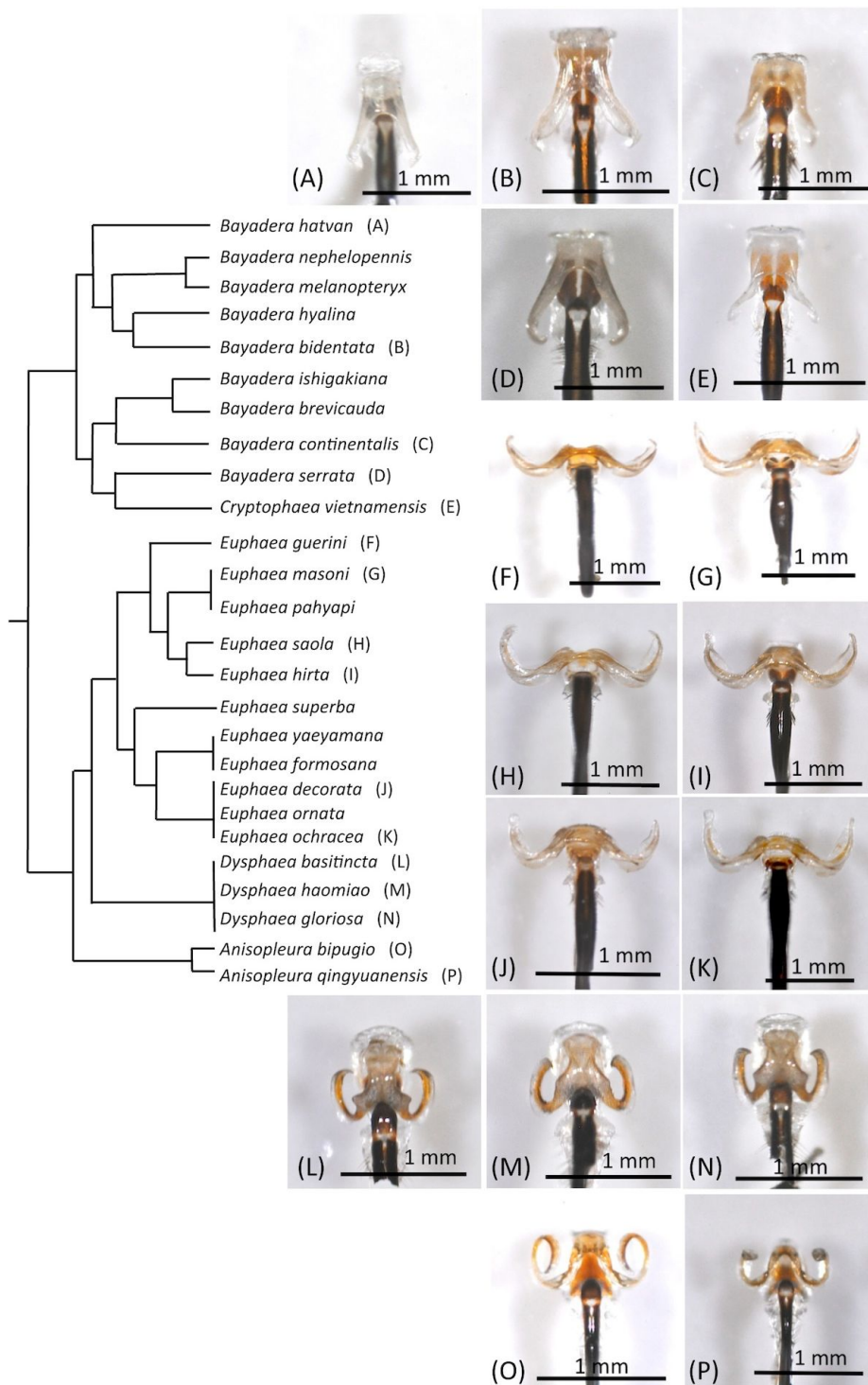


図2 .ミナミカワトンボ科の分子系統樹とオスの交尾器の形態的多様性(原図、未発表データ)。

(4)オスの交尾器とメスの精子を蓄える器官の形態的関連性として、左右非対称なメスの精子貯蔵器官(左側に偏る形態)は、*Euphaea* 属に特徴的に見られ、オスの交尾器の形態とメスの精子貯蔵器官の形態が密接に共進化した可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

(1) Phan, Q.T., Kompier, T., Karube, H. and Hayashi, F. (2018) A synopsis of the Euphaeidae (Odonata: Zygoptera) of Vietnam, with descriptions of two new species of Euphaea. Zootaxa 4375 (2): 151-190.

(2) 林 文男 (2018) ミナミカワトンボ類のオスの翅の模様と交尾器にかかる性選択. 昆虫と自然 53 (5): 10-12.

〔学会発表〕(計 1件)

(1) 林 文男 (2017) 性選択作用下での形質置換: ミナミカワトンボ類のオスの繁殖形質の地理的変異. 日本生態学会第64回大会(東京).

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者: なし

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2)研究協力者

研究協力者氏名: クオク トアン ファン

ローマ字氏名: Quoc Toan PHAN

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。