

## ハサミムシ類のハサミや子育ての特徴が形成された進化過程を解明

ハサミムシ目全11科のうち、8科の発生過程、生殖に関わる行動を詳細に検討するとともに、先行研究との比較を行いました。その結果、ハサミムシ目は多新翅類の一群であり、腹端のハサミや、卵や幼虫に対する手厚い世話などの特徴は、進化の過程で、目内で並行的に現れてきたことが分かりました。

ハサミムシ目は石の下などでよく見られる身近な昆虫で、黒々とした腹端にハサミを持っています。分類的には、昆虫類の進化を考える上で重要な、多新翅類というグループに属すとされていますが、多新翅類への帰属や多新翅類内での位置付け、また、ハサミムシ目内の科間の類縁関係についても、研究者間でのコンセンサスは得られていませんでした。最近、大規模な分子系統解析により、ハサミムシ目が多新翅類であることや、多新翅類内の位置付け、目内の類縁関係が明らかにされつつありますが、発生や生殖などに関わる生物学的な情報を伴わない進化の理解は、極めて表面的なものといわざるを得ません。

そこで、ハサミムシ目のほぼすべての科について発生ならびに生殖に関わる生物学的特徴を検討し、さまざまな観点から比較を行いました。その結果、ハサミムシ目が多新翅類の一群であること、最新の分子系統解析が示唆する、従来の理解と大きく異なった目内の系統関係の妥当性が示されました。これらのことから、ハサミムシ目の大きな特徴である「腹端のハサミ」、ハサミムシ目の重要な行動様式であるとされてきた「母親の卵や若齢幼虫への手厚い世話」は、目内で並行的に現れてきたことが分かりました。

ハサミムシ目の中には、今回の研究対象に含まれなかったグループや、系統性が明確でないグループが残されています。今後、このようなグループの検討も行い、ハサミムシ目、ひいては多新翅類、昆虫類の系統学的な理解を進めていきます。

### 研究代表者

筑波大学山岳科学センター菅平高原実験所

町田 龍一郎 客員研究員

筑波大学附属高等学校

清水 将太 教諭

## 研究の背景

昆虫類は全動物種の75%を占める最も繁栄した動物群で、その99%は翅（はね）を獲得した有翅昆虫類です。有翅昆虫類の99%は新翅類と呼ばれ、昆虫類の進化を理解する上で、最も重要なグループの一つです。新翅類は三つのグループ、多新翅類（カワゲラ目、バッタ目、ゴキブリ目、シロアリ目、カマキリ目、ハサミムシ目、ジュズヒゲムシ目、カカトアルキ目、ガロアムシ目、ナナフシ目、シロアリモドキ目）、準新翅類（カメムシ目などの3目）、完全変態類（貧新翅類とも呼ばれ、ハチ目、チョウ目、ハエ目、カブトムシ目などの9目）から成りますが、準新翅類と完全変態類は、構成するメンバー（目）に共通する大きな特徴があるのに対し、新翅類の初期進化に直接由来する多新翅類は目ごとの特殊化が著しいことから、多新翅類の特徴や多新翅類内の目間の系統関係を捉えることが大変難しいグループです。そのため、多新翅類に属するハサミムシ目は、多新翅類内での位置付けについて、研究者によって最も意見の一致が見られないグループで、ときに準新翅類や完全変態類に関係付けられることさえありました。

このような中、本研究グループも参画する13カ国/地域、43研究機関による「1000種昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト」(1KITE)は、大規模な分子系統解析を行い、ハサミムシ目は多新翅類の一群であること、ハサミムシ目の姉妹群（最も近縁な系統群）はジュズヒゲムシ目であり、両者からなる系統群が多新翅類の最基部分岐であるとの結論を導き（Misof et al., 2014; Wipfler et al., 2019）、さらに、新たなハサミムシ目内の科間の系統関係を提出しました（Wipfler et al., 2020）。

ハサミムシ目は私たちに身近な昆虫です（図1左）。石の下など人の生活圏にも多く生息しており、腹端に尾鋏（びきょう）と呼ばれるハサミを持っています。他の昆虫は多節からなる1対の長い突起である尾毛をもちますが、ハサミムシ目では尾毛が一節のみで頑丈な尾鋏になります。また、昆虫類では珍しく、母親が卵や若齢幼虫の世話することでもよく知られています。しかしながら、上述のように分子系統学的に得られた、ハサミムシ目の多新翅類への帰属、ならびに、ハサミムシ目の科間の系統関係が果たして正しいか、検証する必要があります。また、目内の系統関係が明らかになったとしても、発生や生殖など、生物学的な情報を伴わない進化の理解は、極めて表面的なものといわざるを得ません。

## 研究内容と成果

そこで本研究では、ハサミムシ目の所属ならびにハサミムシ目内の系統進化を明らかにすることを目的に、8科13種の発生過程ならびに生殖行動の比較検討を行いました。ハサミムシ目は全11科からなりますが、今回、対象としなかった3科のうち、コウモリ類やネズミ類の外部寄生虫であるヤドリハサミムシ科とハサミムシモドキ科の2科に関しては、文献からの情報を検討に加えましたが、アフリカ大陸のシロアリ塚にのみ生息するカルシュハサミムシ科は、採集困難であることから分子系統解析も行われていないため、比較検討に含めることはできませんでした。

検討の結果、本研究グループが以前明らかにした、多新翅類の重要な発生学的特徴（Mashimo et al., 2014）を、検討したすべてのハサミムシ類が共有していることが明らかになり、ハサミムシ目が多新翅類であることが確実になりました。

また、各科の胚発生（孵化までの形態形成過程）、後胚発生（孵化後の幼虫の成育過程）、産卵や卵の保護など生殖生物学に関わるさまざまな特徴を比較検討したところ、最新の分子系統解析（Wipfler et al., 2020）から導かれたハサミムシ目内の系統樹に、今回明らかになった各科の発生学的、生殖生物学の特徴が整合的にマッピングされ、ハサミムシ内の系統関係の妥当性が強く支持されました（図2）。例えば、クギヌキハサミムシ科などを含む5科（図2の桃色部分）の系統は、「長大な前期胚（図1右）」、「4齢と少ない幼虫齢数」、「卵歯（孵化の際、卵殻を破るために用いる頭部にある歯状構造）のタイプ」などで明瞭に特徴付けられ、マルムネハサミムシ科とオオハサミムシ科を加えた7科（図2の緑色部分）

は、「前期胚の 160%以下と低い伸長率」などの特徴を持ちます。一方、より原始的なハサミムシ類と位置づけられるセンヌキハサミムシ科、ドウボソハサミ科、ムナボソハサミムシ科（図 2 の空色部分）は、「6 齢以上の多い幼虫齢数」や「前期胚の 210%以上と高い伸長率」という共通した特徴を示しています。

このように、目内の系統関係が明らかになったことで、以下のような考察が導かれました。まず、ハサミムシ目の大きな特徴である尾鉗（図 2 の①）に関して、原始的なハサミムシ類であるドウボソハサミムシ目では、幼虫期間は糸状・多節の尾毛であることが分かり、ハサミ状・単節の尾鉗はドウボソハサミムシ科以外の高等なハサミムシ類（センヌキハサミムシ科、ムナボソハサミムシ科、図 2 の緑色部分で示した 7 科）のそれぞれの科で、並行的に発展してきたと考えられます。また、「母親による手厚い卵や若齢幼虫の世話」（図 2 の②、ヤドリハサミムシ科とハサミムシモドキ科の繁殖様式は特殊な卵胎生で、母親の卵や若齢幼虫への関与は認められない）については、原始的なハサミムシ類と位置づけられるセンヌキハサミムシ科、ドウボソハサミムシ科、大部分のムナボソハサミムシ科では、ごく限られたものであることが分かりました。従って、長い間、ハサミムシ目の重要な特徴であると考えられてきた、母親の卵や若齢幼虫への手厚い世話は、初めからハサミムシ目が持っていたものではなく、ムナボソハサミムシ科の一部と高等なハサミムシ類（図 2 の緑色部分）において複数回、並行的に現れた行動様式であったということも明らかになりました。

#### 今後の展開

ハサミムシ目は多新翅類の最原始系統群と目されるグループであることから、昆虫類をより深く知る上で非常に重要です。本研究により、ハサミムシ目の系統学的理解が一步進みましたが、今回、検討対象にできなかったカルシュハサミムシ科など、まだ検討すべきグループがあります。また、オオハサミムシ科やカザリハサミムシ科は、それぞれ単系統性に関して疑義があり、科内の多くの属を検討しなければなりません。今後、これらのグループの検討も行い、ハサミムシ目、ひいては多新翅類、新翅類の系統学的な理解をさらに進めていく予定です。

#### 参考図

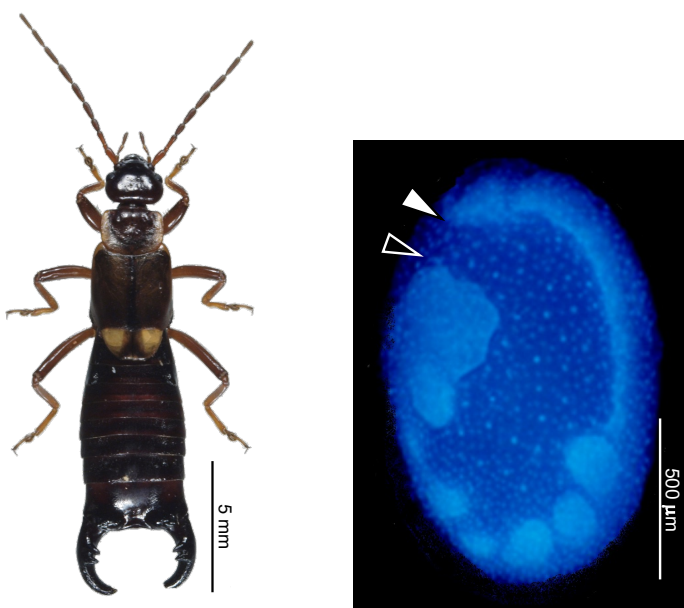


図 1 （左）コブハサミムシ（クギヌキハサミムシ科）、（右）テブクロハサミムシ科の一種、スジハサミムシの長大な前期胚（核特異的蛍光色素 DAPI で染色し蛍光実体顕微鏡で観察。黒矢尻は胚の頭端、白矢尻は尾端を示す）。

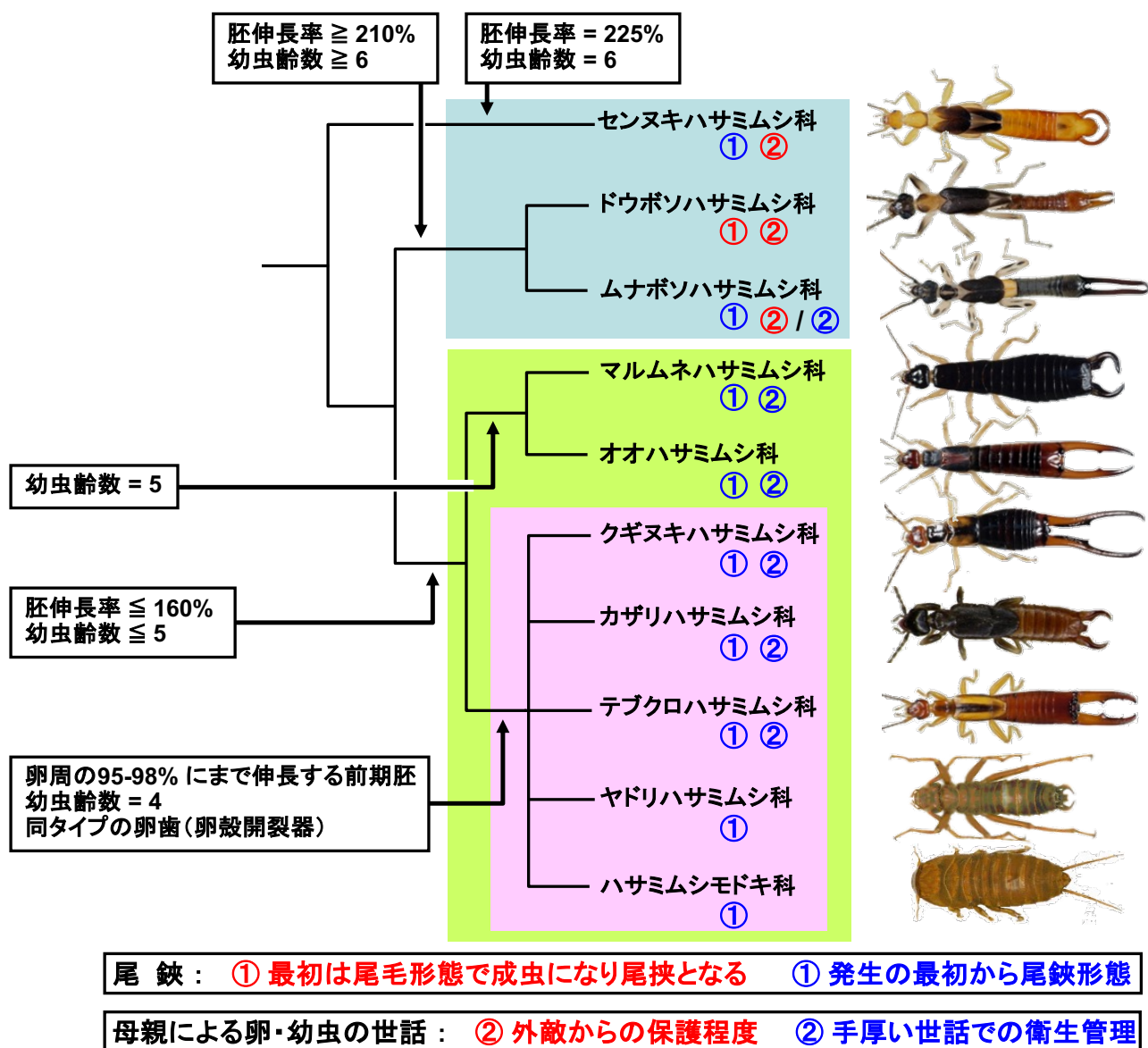


図2 本研究で明らかになったハサミムシ目内の系統関係

①と②はそれぞれ各科の「尾鋏」と「母親による卵、若齢幼虫の世話」の特徴を示す。

### 研究資金

本研究は、科研費 [清水将太：特別研究員奨励費 (24-1550)；町田龍一郎：基盤研究 C(21570089, 25440201, 19K06821) ， 基盤研究 B(16H04825)] のサポートで実施されました。

### 掲載論文

【題名】 Development and reproductive biology of Dermaptera: a comparative study of thirteen species from eight families.

(ハサミムシ目の発生と生殖生物学：8科13種の比較から)

【著者名】 Shota Shimizu, Ryuichiro Machida

【掲載誌】 Arthropod Systematics and Phylogeny

【掲載日】 2024年3月18日

【DOI】 10.3897/asp.82.e96452

**問合わせ先**

**【研究に関すること】**

町田 龍一郎（まちだ りゅういちろう）

筑波大学 山岳科学センター 菅平高原実験所 客員研究員

URL: <https://www.sugadaira.tsukuba.ac.jp/machida/mushi.html>

**【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](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)

筑波大学附属高等学校

TEL: 03-3941-7176（代表）