

## 2億年以上姿形を変えなかった昆虫

～多様性の乏しいジュズヒゲムシ目の起源と進化～

### ポイント

- ・ 昆虫の中で最も多様性の乏しいジュズヒゲムシ目の起源年代と系統関係を解明。
- ・ 現生種の起源は約2億7千万年前で外見を大きく変えず進化し、その分布は大陸移動の歴史を反映。
- ・ 昆虫の多様化の背景や、交尾行動の進化の解明の進展に期待。

### 概要

ドイツ・キール大学の松村洋子博士(北海道大学修了生)と北海道大学大学院農学研究院の八尾 泉博士研究員及び吉澤和徳准教授らの研究グループは、わずか40種程度で構成される昆虫類の中で最小の目の一つ、ジュズヒゲムシ目<sup>\*1</sup>の系統関係と分岐年代、分布形成史を推定しました。

ジュズヒゲムシは形態的多様性に乏しく、全ての種が一つの属に分類されているにもかかわらず、その起源は約2億7千万年前と非常に古いことが明らかとなりました。現在のジュズヒゲムシの祖先はパンゲア超大陸<sup>\*2</sup>で起源し、大陸移動に伴って現在の分布パターンが形成されたことも示されました。朽木の樹皮下というごく限られた特殊な環境に適応したことで、2億年以上の長い間にわたって、種数を大きく増大させることも形を大きく変えることもなく進化してきたと考えられます。

なお、本研究成果は、2019年11月21日(木)公開のSystematic Entomology誌にオンライン公開されました。



コーデルジュズヒゲムシのアルコール標本

## 【背景】

昆虫は、現在知られている真核生物の半数以上を占める、圧倒的な種多様性を誇る生物群です。しかしその多様化が全ての昆虫のグループで一様に生じているわけではなく、極めて多様化したグループもあれば、そうでないグループもあります。例えば、カブトムシなどが含まれる鞘翅目<sup>しやうしゆく</sup>の総種数は40万種に達し、全昆虫の約40%を占める一方、最も種数の少ないカカトアルキ目の種数はわずか21種にすぎません。

ジュズヒゲムシ目(図1, 2)は昆虫の中でもひととき多様性に乏しいグループで、これまで40種程度しか知られていません。種数の上で最も小さな目とは言えませんが、外観的に極めて均一な種で構成されているため(図1)、全ての種が「ジュズヒゲムシ科ジュズヒゲムシ属」という一つの属に分類されています。最も種数の少ないカカトアルキ目ですら3科15属に分類されており、ジュズヒゲムシの外部形態の多様性の低さは際立っています。この多様性の低さの背景として、(1)現生のジュズヒゲムシはごく最近起源し、形を変えたり多くの種に分化したりするほどの時間が経っていない、もしくは(2)ジュズヒゲムシは長い期間、形をほとんど変化させることなく種数も増やすことなく進化してきた、の二つの可能性が考えられます。

## 【研究手法】

分子系統解析、分岐年代分析及び生物地理解析の方法を用いて、ジュズヒゲムシ目の系統関係と起源年代、そして分布拡大経路の推定を行いました。

## 【研究成果】

現生のジュズヒゲムシ目は、およそ2億7千万年前に起源していることが判明しました(図3)。これは、40万種という種多様性を誇る現生の鞘翅目の起源年代(約2億5千万年前)にほぼ相当します。2億年超の時間を経て鞘翅目が莫大な多様性を獲得した一方、ジュズヒゲムシはほとんど外見を変えず、また種数の上でもほとんど増えることなく進化してきたことになります。現生のジュズヒゲムシは、腐朽がそれほど進んでいない朽木の樹皮下にできた狭い隙間という、限られた環境に集団で生活することが知られています。このような特殊で均質な環境に適応し、特殊な生活を進化させたジュズヒゲムシは、2億7千万年前の段階で外観上の特殊化を完了させ、その後はほとんど姿形を変化させることがなかったと考えられます。またそのような特殊化をとげたジュズヒゲムシは、ある意味進化の袋小路に入り込んでしまい、異なる環境へ進出し、多様化することも困難だったと考えられます。

また、生物地理解析の結果、現在のジュズヒゲムシの分布は、パンゲア超大陸分断以降の大陸移動の歴史を良く反映していることも示唆されました。例えば、現在アジアに分布するジュズヒゲムシの系統は、南米に分布している系統の一部から派生したと推定されましたが、現在のアジアと南米は地理的に大きくかけ離れており、ジュズヒゲムシ自身の移動分散のみではこのような分布パターンの形成は説明困難です。両者が分岐した年代(約1億6千万年前)は、インド亜大陸がゴンドワナ超大陸<sup>\*3</sup>から別れた年代(約1億5千万年前)とほぼ一致していることから、アジアに分布する系統は、ゴンドワナ超大陸で起源し、その後インド亜大陸の移動に伴ってユーラシア大陸にやってきたと考えられます。

## 【今後への期待】

昆虫の多様化の背景を考える上で、多様化したグループの研究だけではなく、「なぜある昆虫は多様化できなかったのか」という対比も重要になります。2億7千万年の間ほとんど姿形を変えていないジュズヒゲムシは、多様化を阻む要因を検討する格好の対象となります。

外観上は極めて均質なジュズヒゲムシですが、近年の研究によりその交尾器構造や交尾行動は極めて多様性に富み、なかには他の昆虫では見られないような交尾行動を示す種もいることが明らかとなっています。ジュズヒゲムシの系統関係が明らかになったことにより、繁殖に関わる形態や行動の進化に関する研究が大きく進展することが期待されます。

## 論文情報

論文名 The evolution of Zoraptera (ジュズヒゲムシ目の進化)

著者名 松村洋子<sup>1,2</sup>, Rolf Beutel<sup>2</sup>, Jose Rafael<sup>3</sup>, 八尾 泉<sup>4</sup>, Josenir Camera<sup>5</sup>, Sheila Lima<sup>3</sup>, 吉澤和徳<sup>4</sup> (1ドイツ・キール大学, 2ドイツ・イエナ大学, 3ブラジル・国立アマゾン研究所, 4北海道大学大学院農学研究院, 5ブラジル・ピアウイ連邦大学)

雑誌名 Systematic Entomology (英王立昆虫学会出版の昆虫系統学の専門誌)

DOI 10.1111/syen.12400

公表日 2019年11月21日(木)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 准教授 吉澤和徳 (よしざわかずのり)

T E L 011-706-2424 F A X 011-706-2424 メール psocid@res.agr.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.psocodea.org>

## 配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimuhokudai.ac.jp

## 【参考図】



図1 マレーシア産コーデルジュズヒゲムシ *Zorotypus caudelli* (左) とケニア産 *Zorotypus asymmetristernum* (右)。外見上は酷似しているこの2種は、哺乳類が起源するより前の時代、2億7千万年前には共通の祖先から枝分かれしている。つまりこの2種は、ヒトとカモノハシより遠縁な関係にある。(写真提供：国立科学博物館 小松 貴博士)

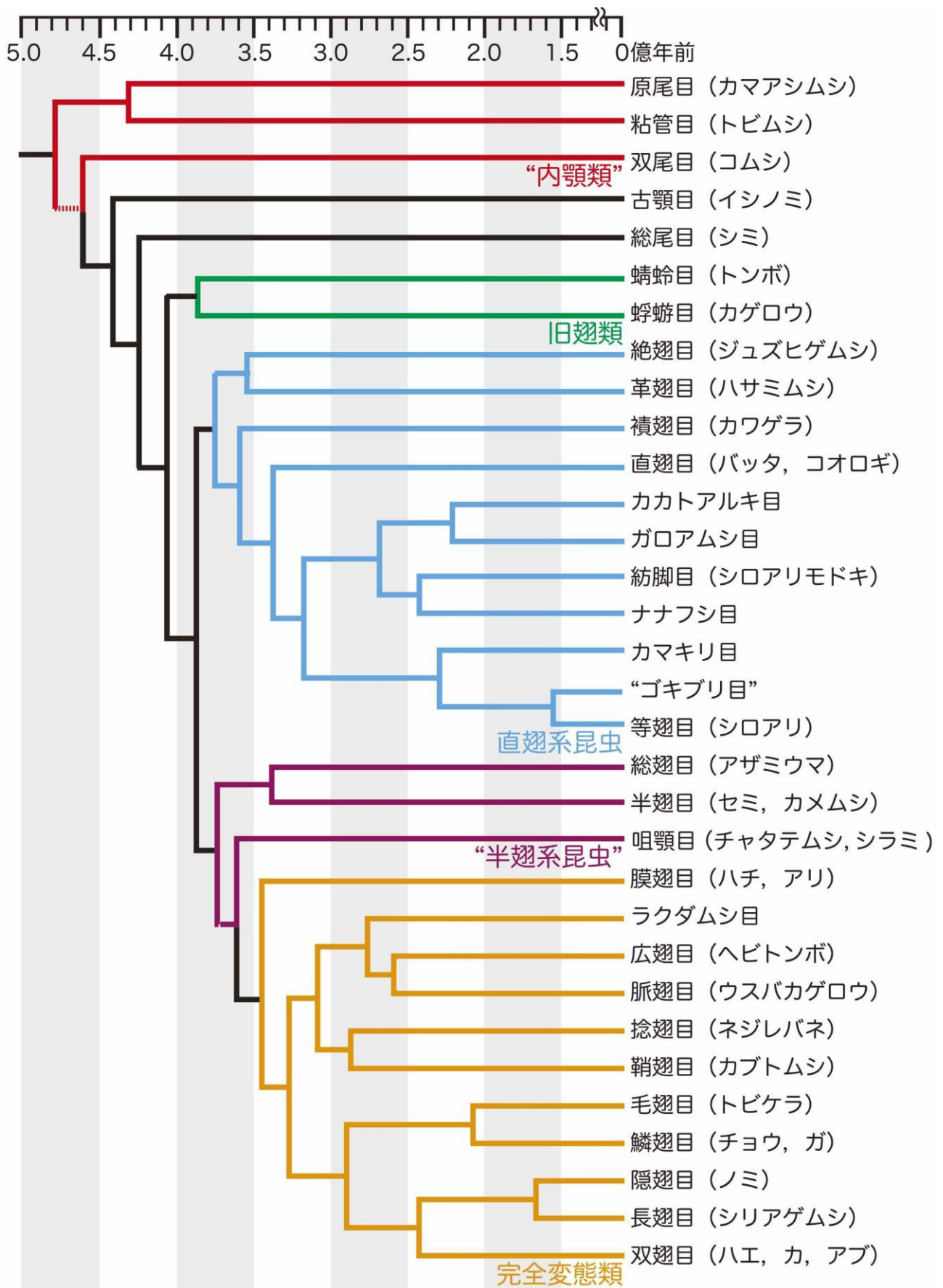


図2 昆虫全体の系統関係。ジュズヒゲムシ（絶翅目）は、バッタやゴキブリなどが含まれる直翅系昆虫（青で示した系統）に位置づけられる。

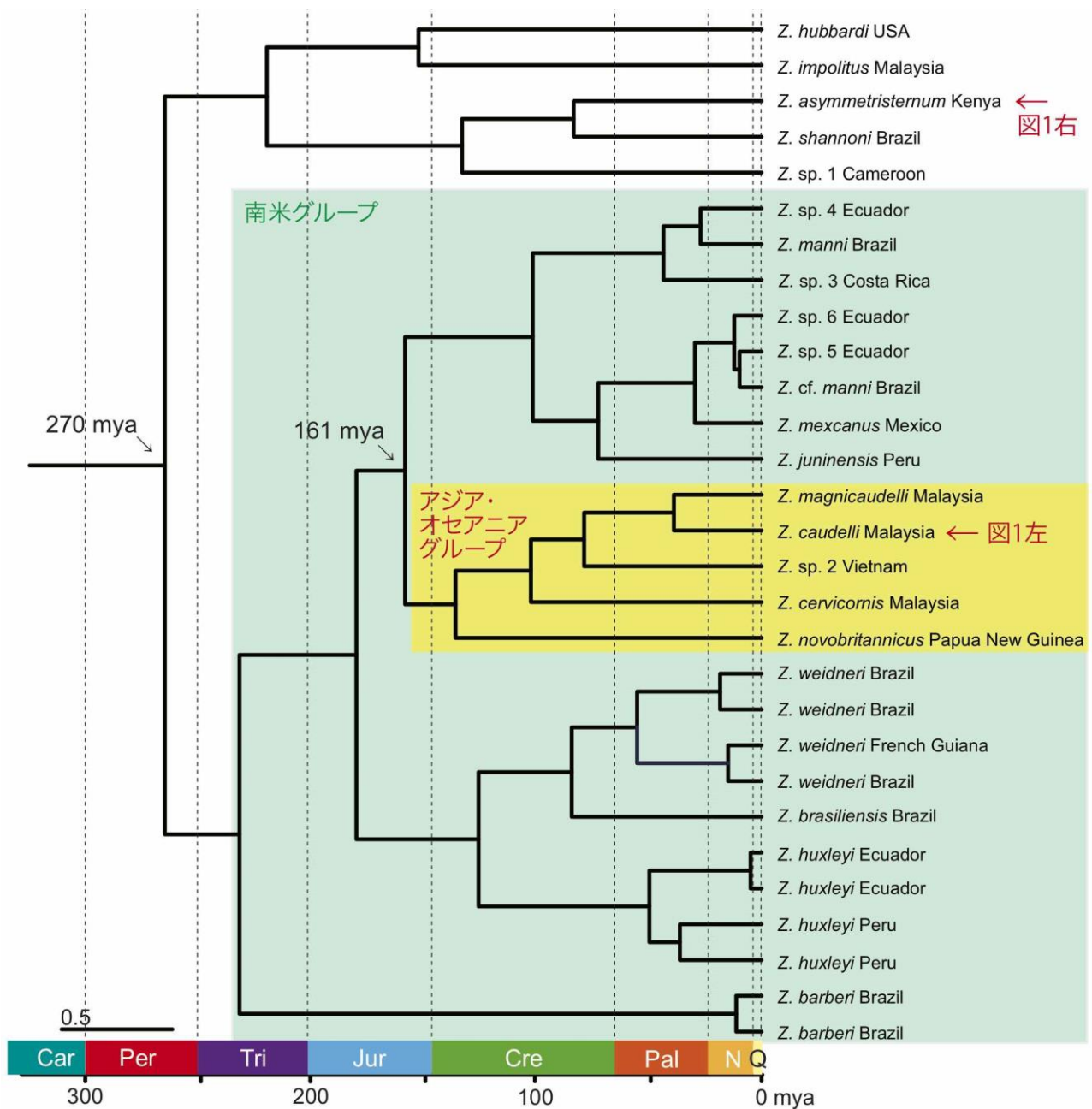


図3 推定されたジュズヒゲムシの系統と分岐年代。現生ジュズヒゲムシの分岐年代は約2億7千万年前 (270 million years ago) と推定された。アジア・オセアニアのグループ (黄色) は、南米のグループ (緑) から約1億6千万年前に分かれたこともわかった。赤い矢印で、図1に示した2種の系統的位位置も示している。

【用語解説】

- \*1 ジュズヒゲムシ目 … 体長2~3ミリメートル程度の小型の昆虫で、熱帯地域に広く分布しており、日本からはこれまで見つかっていない。朽木の樹皮下に集団で生活する。
- \*2 パンゲア超大陸 … 現在の全ての大陸がひとかたまりとなった超大陸で、2億年前ごろまで存在していたと考えられている。
- \*3 ギンドワナ超大陸 … 現在のアフリカ、南米、オーストラリア、南極などの大陸やインド亜大陸、マダガスカル島などから構成されていた超大陸で、1億2千万年前ごろまで存在していたと考えられている。