

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25840143

研究課題名(和文)多様な社会性を示すチビアシナガバチ属における分巢行動の複数回起源に関する研究

研究課題名(英文)Origin of swarm-founding in the genus Ropalidia

研究代表者

諸岡 歩希 (Morooka, Fuki)

茨城大学・理学部・准教授

研究者番号：70635755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：アシナガバチ亜科(Polistinae)では、新しい巢の創設様式に女王が単独あるいは複数個体で巢を創設する「独立創巢」と、多数のワーカーが女王個体を伴って巢の創設を行う「分巢」の2つのタイプが知られる。分巢はアシナガバチ亜科において、南米に分布する1族と旧世界の2属において3回独立に進化してきたと考えられていた。しかしアシナガバチ亜科のうちチビアシナガバチ属(Ropalidia)においては1属内で、ニューギニア・オーストラリア地域に分布する種と東南アジアに分布する種それぞれで独立に分巢行動が進化してきた可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：The wasps in the vespidae subfamily Polistinae fall into two groups in terms of their modes of colony foundation. One is independent founding, in which a colony is founded by one to several inseminated females. The other is swarm founding, where a colony is founded by a swarm of workers associated with one to many queens. Genus Ropalidia is widely distributed in Old World tropics and subtropics. They have the two way of these colony founding. Swarm-founding species of Ropalidia are divided into two groups based on their distribution ranges: Oriental species distributed from India in the west to Borneo, the Philippines and western part of the Lesser Sunda Islands in the east; and Papuan and Australian species. No swarm-founding species are distributed in Sulawesi, Moluccas and eastern part of the Lesser Sunda Islands. Phylogenetic analysis of Ropalidia wasps using molecular data shows dual origin of the swarm founding in Ropalidia in accordance with their distribution.

研究分野：昆虫分類学

キーワード：進化

1. 研究開始当初の背景

アシナガバチ亜科におけるコロニーの創設様式には、単独もしくは数個体の受精メスでコロニーを創設する「独立創巢」と、ワーカーが女王(受精産卵メス)を伴って新コロニー創設場所へと移動する「分巢」が知られている。「独立創巢」を行う種は受精メスのみで巢を創設できるため分散能力が比較的高いが、「分巢」を行う種はワーカーが道標フェロモンなどの化学的な信号を用いて新天地まで仲間を誘導するため、水域をまたいでの移動は困難であり、分散能力が低いとされている。アシナガバチ亜科において、「分巢」行動は南米のエピポナ族、旧世界に分布するチビアシナガバチ族のポリピオイデス属とチビアシナガバチ属でそれぞれ独立に3回生じ、「独立創巢」よりも進化したコロニー創設様式であるとされる(図1)。

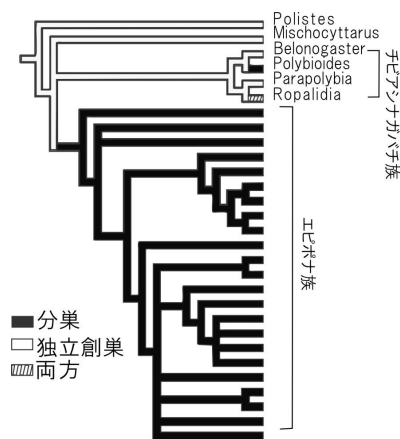


図1 アシナガバチ亜科の系統関係と創設様式

このうちチビアシナガバチ属は約180種からなるアシナガバチ亜科のなかでも大きなグループであるが、うち半数が分巢種であるとされ、本亜科では唯一、1属中に「独立創巢」と「分巢」両方のコロニー創設様式が見られる属である。チビアシナガバチ属において分巢種は、ニューギニア+オーストラリア北部とインド~小スンダ列島中部に分断された分布を示している(図2)。

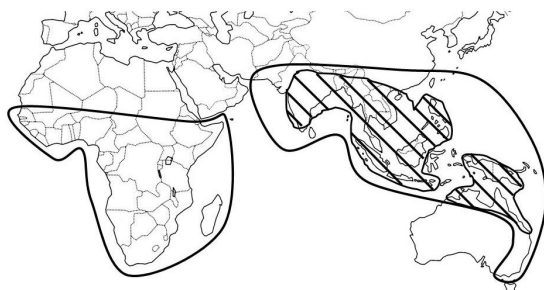


図2 チビアシナガバチ属の分布:斜線部分は分巢種

前述のように分巢種は長距離の水域を超えて分散することは困難であることから、現在みられる分断された分布が成立するには、以下のような「分巢」行動の進化と「分巢」種の分散の2つのシナリオが考えられる。

(1) 「分巢」行動は単一起源で、かつゴン

ドワナ起源であり、アジアにおいてはインド亜大陸がアジア大陸へ衝突した後に、「分巢」種がインドから東に向かって東南アジアに分散してきた。

(2) インド 東南アジアとニューギニア・オーストラリア地域で、それぞれ独立して少なくとも2回「分巢」行動が進化した。

一方で、これまでに報告されているアシナガバチ亜科の系統関係構築に用いられたチビアシナガバチ属は数種であり、またチビアシナガバチ属の種を網羅した系統関係仮説は存在しない。

以上より、チビアシナガバチ属における「分巢」の進化と、分巢種の分散過程を明らかにするためには、チビアシナガバチ属全体を網羅する種間の系統関係仮説を構築することが必要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の2点である。

(1) アシナガバチ亜科(25属約900種)において唯一、1属内に「独立創巢」種と「分巢」種を含むチビアシナガバチ属(*Ropalidia*)について、属内の種を網羅する形で系統関係解析を行い、種間系統関係を明らかにする。

(2) 「分巢」行動が進化したグループ(クレード)を特定し、旧世界の地史を参照して、「分巢」種のニューギニア・オーストラリア北部とインド~小スンダ列島中部に分断した分布の成立過程を解明する。

3. 研究の方法

研究は以下の方法で行った。

(1) チビアシナガバチ属(*Ropalidia*)を内群とし、外群にはアシナガバチ亜科からアシナガバチ属(=*Polistes*)、チビアシナガバチ属(*Belonogaster*等4属数種)、エピポナ族(5種)を用いて系統関係解析を行い、信頼性の高い種間系統関係仮説を構築した。

分子データは、ミトコンドリアDNAおよび核DNAから複数のコード領域についてダイレクトシーケンスを行った。また先行研究等で配列情報が公開されている種についてはDDBJ等の塩基配列データベースを引用して作成した。

DNAダイレクトシーケンス用のサンプル採集および生態情報の充実のためインドネシア等において現地調査を行った。表形形質のデータマトリックス作成、および外群の分類学的整理のため、海外の博物館等での標本調査を行った。

(2) 文献やデータベースおよび既存標本の観察から、分巢種のそれぞれについて詳細な分布地図を作成した。

(3) 信頼性の高い系統関係仮説を参照し、チビアシナガバチ属内で「分巢」が進化したクレードを特定した。また旧世界の地史を参照し、分巢種の種分化および分散過程について考察し、分断分布が成立したシナリオを構築した。

4. 研究成果

(1) チビアシナガバチ属の分巢種のうち、インド～小スンダ列島中部に分布する種と、ニューギニア・オーストラリアに分布する種が単系統群であることはすべての解析において支持されず、それぞれ別々のクレードを形成した。よって、本研究から分巢種はインド 東南アジアとニューギニア・オーストラリア地域で、それぞれ独立に進化し、チビアシナガバチ属内で少なくとも2回「分巢」行動が進化したことが強く支持された。アシナガバチ亜科においては、「分巢」行動は南米のエピボナ族、旧世界に分布するチビアシナガバチ族のポリピオイデス属で知られており、今回の研究から、アシナガバチ亜科では独立創設型のコロニー創設から少なくとも4度の分巢型への進化が起こったことが示された。

また、分巢種のうちニューギニア・オーストラリアに分布する種は単系統群を形成したが、インド～小スンダ列島中部に分布する種については独立創設型の2種を内包するクレードを形成しているため、必ずしも単一起源とは言えない。さらに *R. malayana* など詳しい生態が不明であるが分巢種である可能性がある種もこれらとクレードを形成しなかった。よってインド～東南アジアではさらに複数回分巢への進化が生じた可能性も示唆された。

(2) 上記の結果から、分巢種の起源が Gondwana 大陸にあり、アジアにおいてはインド 亜大陸がアジア大陸へ衝突した後に、「分巢」種がインドから東に向かって東南アジアに分散してきたシナリオも考えられるが、その場合は分巢種が系統樹上に入れ子状になる可能性が高い。本研究では、推定された系統関係仮説は現在の分断分布をよく説明しており、また分巢種はその生態学的特性から水域をまたいで分散が困難であることから、分巢への進化はそれぞれの地域で、それぞれ独立して起こったと考えるのが妥当である。

(3) 本研究においては解析に形態学的特徴および生態学的特徴もふくめた表形形質のデータを用いた。特に外群として用いたチビアシナガバチ族の *Parapolybia* 属については詳細な分類学的精査が必要な状態であったが、博物館等の所蔵標本および文献調査によって、未記載種等の整理を行った。またチビアシナガバチ属の数種の生態学的情報についていくつかの新知見が得られ、学会等で発表するとともに本研究の表形形質のデータマトリックスに含めた。

(4) アシナガバチ亜科は、その生活様式や社会構造が社会性狩蜂の中で最も多様であることから、行動学的・社会生物学的研究の主要な対象とされてきたグループである。社会性進化を考察し、また社会行動(特にコロニー創設様式 - 独立創巢と分巢)からくる制約を考慮して分布を論じるには、問題となるグループ間あるいは種間の系統関係を参照

する必要がある。アシナガバチ亜科では、族レベルの分布については一応の解決をみている。つまり、アシナガバチ亜科は Gondwana 起源の可能性が高く、*Mischocyttarus* 族 (= *Mischocyttarus* 属) が現在の南米に相当する地域で初期の段階に分化した。その後、現在の南米に相当する地域において分巢を進化させた Epiponini 族と、現在の旧世界熱帯域に相当する地域においてチビアシナガバチ族との間で分断分化が生じた、というシナリオである。一方、新世界に比べてはるかに複雑な地史をもつ旧世界に分布が限られるチビアシナガバチ族については、現在の分布パターン、特に分断された分布をもたらした属・種群・種レベルでの分化と分散過程の解明が、社会性狩蜂の生物地理と適応放散、特に社会行動の多様化の研究における懸案の課題として残っていた。本研究は、この課題に取り組んでおり旧世界に分布する社会性狩蜂類の研究として非常に重要な結果を残した。それと同時に本研究は、社会性狩蜂における社会性、特に分巢行動と分巢種にみられる複雑な社会構造進化の研究、旧世界の熱帯域に分布の中心をもつ昆虫あるいは他の節足動物類の生物地理学的研究において参照可能なフレームワークを提供し、旧世界の生物多様性研究に資する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Saito-Morooka F, Nguyen LTP, Kojima J, Review of the paper wasps of *Parapolybia indica* species-group (Insecta: Hymenoptera; Vespidae, Polistinae) in eastern parts of Asia, *Zootaxa*, Vol.3947, No.2, 2015, pp.215–235, 査読有
Saito-Morooka F, The prevalence of the parasitic nematode *Sphaerularia* sp. in the overwintering gynes of *Parapolybia* spp. (Hymenoptera, Polistinae), *Journal of Hymenoptera Research*, 38, 2014, pp. 37 - 43, 査読有
DOI: 10.3897/JHR.38.6562

[学会発表](計4件)

諸岡 歩希, 大内 康平, 柳澤 夏樹, 曾根 良太, 郡司 涼, 小島 純一, チビアシナガバチ属 *Ropalidia* 分巢種の形態カースト分化, 第59回日本応用動物昆虫学会大会, 2015.3.28, 山形大学(山形県山形市)
諸岡 歩希, 巨大なコロニー集合を形成するチビアシナガバチ *Ropalidia plebeiana* の個体群遺伝構造, 第62回日本生態学会大会, 2015.3.21, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)
Saito-Morooka F, Double-origin of swarm-founding in the genus *Ropalidia*.

International Union for the Study of Social insects (IUSI)、International Congress、2014.7.13-18、ケアンズ(オーストラリア) 諸岡 歩希、チビアシナガバチ属 (*Ropalidia*)分巢種の起源と分布パターン 成立過程、第 61 回日本生態学会大会、2014.3.17、広島国際会議場(広島県広島市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

諸岡 歩希 (MOROOKA FUKI)

茨城大学・理学部・准教授

研究者番号：70635755

(2)研究分担者

無し

(3)連携研究者

無し