

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K16220

研究課題名（和文）同種のシロアリを寄主とする好白蟻性昆虫の進化史の比較

研究課題名（英文）Comparisons of evolutionary history among termitophilous insects associated with the same termite species

研究代表者

金尾 太輔 (Kanao, Taisuke)

山形大学・理学部・助教

研究者番号：40758421

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、東南アジアに生息するアシナガシロアリを寄主とする好白蟻性昆虫（ハネカクシ・シミ・クロバネキノコバエ）を対象にミトコンドリアゲノムを用いた系統解析と分類学的再検討を行った。好白蟻性昆虫は一般的に寄主シロアリと種特異的に関わるため、同じシロアリを寄主とする好白蟻性昆虫は、同様の分布拡大や地史的イベントを経験していると考えられるが、系統解析の結果、好白蟻性昆虫は分類群ごとに遺伝子の変異率や形態の多様化の程度に大きな差が見られることがわかった。また、系統解析と形態観察の成果に基づき、対象とした好白蟻性昆虫には、複数の未記載種が含まれることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物多様性は、複雑な地形への適応や生物間の共生・競争関係、同所的な生息空間のシフトなど様々な要因によって創出されてきたと考えられている。しかし、それぞれの要因が生物の多様化に与えた影響を、生物間で単純に比較することは難しい。本研究は、強い寄主特異性を持ち、同種のシロアリを寄主とする複数の好白蟻性昆虫に着目することで、系統的に離れた分類群間の進化史を比較し、上述の諸要因や系統的な要因が形態の多様化に与える影響を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：I performed phylogenetic analyses and taxonomic review for termitophilous insects (rove beetles, silverfishes, and black fungus gnats) associated with Longipeditermeters termites distributed in Southeast Asia. Because termitophilous insects generally have strong host specificity, the insects associated with the same termite species should experience the same historical events. As the results of the analysis, I found that the degrees of genetic variation and morphological diversification were different among the insect groups. The results also detected several undescribed species in all insect groups.

研究分野：系統学・分類学

キーワード：好白蟻性 種分化 寄主特異性

### 1. 研究開始当初の背景

現在の生物多様性は、複雑な地形への適応や生物間の共生・競争関係、同所的な生息空間のシフトなど様々な要因によって創出されてきたと考えられている。しかし、これらの研究は特定の分類群や強い共生・寄生関係にある特殊な系を対象とするものが多い。そのため、それぞれの要因が生物の多様化に与えた影響を、生物間で単純に比較することは難しい。また、生物がもつ生活環や分散能力は系統によって大きく異なるため、類似した進化史をもつ生物でも、多様化の程度は系統ごとに異なることが予想される。このような系統間に見られる進化的な差異は、現在の生物多様性の成り立ちを理解する上で不可欠な知見である。

シロアリの巣で特異的に見られる好白蟻性昆虫は、原始的なシミ目から派生的なハエ目や甲虫目まで実に 12 目 39 科もの分類群より知られており、一般的に寄主と種特異的に関わっている。また、系統が大きく異なる好白蟻性昆虫が同種のシロアリを寄主とすることも多い一方で、しばしば非常に近縁な複数の種が同じ巣の中で共存していることもある (図 1)。このように、シロアリの巣は多くの生物が関わる特殊なコミュニティを形成しており、それぞれの好白蟻性昆虫は寄主シロアリと共に分布拡大や地史的イベントを経験しながら、系統に特有な種や形態の多様化を遂げたと考えられる。

シロアリの巣に見られる生物多様性は、どのように創出されたのだろうか。同種の寄主をもつ複数の好白蟻性昆虫は、寄主との共進化という進化史を共有しているため、現在の種や形態の多様性は各系統の特性を反映していると予想される。これを明らかにするためには、同種のシロアリを寄主とする複数の好白蟻性昆虫について、種や形態の多様化の歴史を詳細に推定し比較すると共に、その種多様性の実態を詳細に解明する必要がある。



図1 アシナガシロアリを寄主とする好白蟻性昆虫。

### 2. 研究の目的

東南アジアに分布するアシナガシロアリと、本シロアリを寄主とするシミ目メナシミ科、ハエ目ノミバエ科・クロバネキノコバエ科、および甲虫目ハネカクシ科ヒゲブトハネカクシ亜科の好白蟻性種 (図 1) の進化史を推定・比較することで、シロアリの巣に見られる生物多様性の成り立ちと種多様性の実態を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

マレー半島、ボルネオ島、およびスマトラ島の 8 地点 (図 2) におけるサンプリングで得られた好白蟻性昆虫と寄主シロアリのミトコンドリアゲノム情報に基づく分子系統樹を構築・比較することで、シロアリの巣に見られる好白蟻性昆虫の進化史を推定した。さらに、得られた成果に基づきそれぞれの好白蟻性昆虫の分類学的研究を実施した。

### 4. 研究成果

サンプリングで得られたアシナガシロアリと、本シロアリを寄主とする好白蟻性メナシミ 1 種、クロバネキノコバエ 1 種、およびハネカクシ 5 種についてミトコンドリアゲノム情報を用いて系統解析を実施したところ、いずれの好白蟻性昆虫も、マレー半島とスマトラ島の個体群がボルネオ島のものと比べて遺伝的に近縁であった。この結果は、ボルネオ島よりもスマトラ島がより最近マレー半島から分離したという地史と一致する。

好白蟻性昆虫間の遺伝的分化に注目すると、ハネカクシとキノコバエに比べてシミの遺伝的分化の程度が大きいことが分かった。

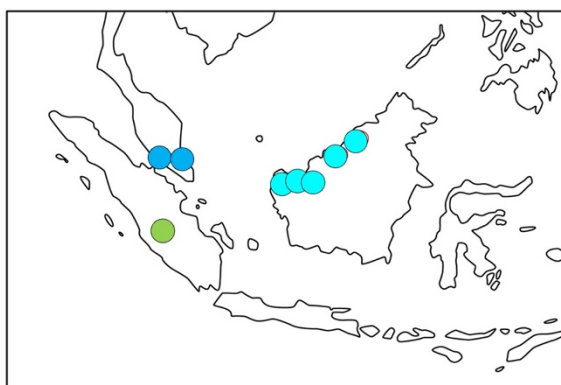


図2 本研究の調査地点。

この結果が得られた理由の一つとして、シミは翅を持たないために分散能力が他の好白蟻性昆虫に比べて乏しく、個体群の分断の影響を受けやすい可能性が考えられる。ただし、各好白蟻性昆虫の化性或寿命などの生態情報は不明であるため、遺伝的分化の詳細な要因については更なる調査が必要である。

一方、各好白蟻性昆虫の形態に注目すると、調査地点間の遺伝的分化の程度が小さいハネカクシにおいて顕著な多様化が観察された。この様なハネカクシにおける形態の多様化は特にボルネオ島内で顕著であり、DNA バーコーディング領域である COI 遺伝子の遺伝的変異が 3%前後であっても、形態的には別種と判断できるほどの違いが観察された。この成果は、進化の過程で形態の多様化が非常に急速に進行していることを示唆する。他の好白蟻性昆虫に比べてハネカクシにおいて顕著な多様化が見られる理由として、研究対象としたハネカクシは寄主シロアリから巣仲間として扱われており、グルーミングや口移しの栄養交換を行うなどの物理的接触が多いために、形態的な適応がより強く求められることなどが考えられる。また、ボルネオ島で顕著な多様化が見られたことについては、過去にボルネオ島の個体群が局所的な分断を繰り返した可能性が考えられる。すなわち、個体群の分断により局所個体群間の形態的な分化が急速に進行し、局所個体群が再度合流した際に交雑を避けるために交尾器を中心とした多様化がさらに加速した可能性がある。

ハネカクシとは対照的に、シミやキノコバエについては各調査地域内における顕著な形態の多様化は見られなかった。特にシミについては、マレー半島・スマトラ島・ボルネオ島の個体群の間の遺伝的分化が大きいにも関わらず、形態的な差異はほとんど見出せないほど小さかった。シミは寄主シロアリと接触した際に、素早く距離を取ることが多く、寄主からはほとんど気に留められずに無視されることもある。また、好蟻性のシミでは、寄主アリの巣に入り込むために体表炭化水素をほとんど持たずに巣の構造の一部として振る舞う種が知られており、好白蟻性種でも同様の戦略で寄主シロアリの巣に入り込んでいいる可能性がある。このように、シミはハネカクシと比べて寄主との相互作用の程度が小さく、隠蔽的な形態が安定して維持されているのかもしれない。ただし、このような進化的背景や形態の多様化をもたらす要因を明らかにするためには、各調査地域においてより広範にサンプリングを行って各種の形態変異の程度を理解する必要があるのと同時に、各種の基礎的な生態情報を詳細に調査する必要がある。

これまでアシナガシロアリを寄主とするそれぞれの好白蟻性昆虫は、マレー半島、ボルネオ島、およびスマトラ島において同種であると考えられてきた。しかし、本研究の系統解析と形態観察によって、ボルネオ島に分布する各種の個体群はマレー半島とは別種であると考えられた。成果として、シミとクロバネキノコバエはそれぞれ 1 種と考えられていたものが 2 種に、ハネカクシにおいては 5 種と考えられていたものが合計で 13 種に分けられることが明らかとなった。ハネカクシに予想外の種多様性が観察されたことから分類学的研究の進捗に遅れが生じているものの、本研究で扱った全ての好白蟻性昆虫について分類学的再検討を実施し、系統解析の成果とともに論文として出版する予定である。

以上のように、本研究は 1) 好白蟻性昆虫の種や形態の多様化における系統的な違いを検出し、2) 特にハネカクシにおいてボルネオ島で急速な種分化が進んでいることを明らかにした。また、3) 系統学的研究の成果に基づく分類学的研究により、研究対象とした好白蟻性昆虫の種多様性の解明に貢献した。これらの成果は、同様の進化的背景をもつ生物を対象とすることで系統的な要因が現在の生物多様性の創出にどの様に寄与しているのかを示した初めての例である。今後の展望として、今回検出された種や形態の多様化における系統的な違いが実際にそれぞれの好白蟻性昆虫のどのような生態と関係しているのかを明らかにするために、生活史や寄主シロアリとの相互作用などの基礎生態を調査したいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takao Konishi, Taisuke Kanao	4. 巻 11
2. 論文標題 The First Record of Termitophilous Trichopsenius (Coleoptera, Staphylinidae) from a Nest of Reticulitermes flaviceps (Blattodea, Rhinotermitidae) in Yonaguni-jima Island.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Elytra	6. 最初と最後の頁 315, 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Mizumoto Nobuaki, Bourguignon Thomas, Kanao Taisuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Termite nest evolution fostered social parasitism by termitophilous rove beetles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Evolution	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/evo.14457	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Taisuke Kanao, Ryutaro Iwata Tsubasa Sakaki, Hironobu Hirose, and Masashi Yoshimura	4. 巻 9
2. 論文標題 New Distributional Records of Two Termitophilous Rove Beetles (Coleoptera, Staphylinidae) in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Elytra New Series	6. 最初と最後の頁 39-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Taisuke Kanao and Munetoshi Maruyama	4. 巻 9
2. 論文標題 A New Species of the Termitophilous Genus Trichopsenius Horn, 1877 (Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae) from Morocco	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Elytra New Series	6. 最初と最後の頁 297-303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Taisuke Kanao
2. 発表標題 Multiple evolution of termitophily in the rove beetle subfamily Aleocharinae
3. 学会等名 International Congress of Entomology (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------