

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02502

研究課題名（和文）血縁の効果と群形成の効果を完全に分離した上での社会性の進化因の解明

研究課題名（英文）Evolution of sociality without kinship.

研究代表者

長谷川 英祐（Hasegawa, Eisuke）

北海道大学・農学研究院・准教授

研究者番号：40301874

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,700,000円

研究成果の概要（和文）：過去10年以上、協力の進化因として、血縁の効果と群形成の効果について、どちらが主要因だったのかについて、150本以上の理論論文で論争されてきた。しかし、理論は前提次第でどのような結論でも導けるので、実証データによる検証がない限り、結論は出せない。この研究では、令和4年度までに分析に必要なデータを取ることができたので、今後解析し、論文化していく予定で、計画はほぼ達成できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、社会性の進化は血縁選択に基づいて説明されていたが、協力の進化条件を示したハミルトン式($br-c>0$)は、 r の上限が1であるため、 $|b|>|c|$ が暗黙の前提になっている。さらに、 $r=0$ の場合ですら、 $-c>0$ なら、協力は血縁と無関係に進化出来る。本研究では、1擬敵に群形成の効果が重要であることを、各種データにより証明した。この問題は過去10年以上、150本以上の理論論文により論争された問題に、意義のある実証に成功した。

研究成果の概要（英文）：Over the past decade, more than 150 theoretical papers have debated which was the primary factor in the evolutionary cause of cooperation, the effect of kinship or the effect of group formation. However, since a theory can draw any conclusion depending on its assumptions, no conclusion can be drawn without verification by empirical data. In this study, we were able to obtain the data necessary for analysis by FY2022, and we plan to analyze the data and publish a paper on the subject, thus almost achieving our plan.

研究分野：進化生態学

キーワード：協力の進化 血縁選択 群形成の利益

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

協力の進化については、血縁選択の効果と群形成の利益のどちらが、主要因であるかについて 10 年以上にわたり、150 本以上のモデル論文で論争されてきた。しかし、モデルは前提次第でどのような結論でも導けるので、実証データによる検証がない限り結論は出ない。そこで、単メス営巣と多メス営巣が同所的に存在するシオカワコハナバチの非血縁者の協力巣を用いて、血縁の効果を中心に除外した群形成の利益を測定し、群形成の効果だけで協力が進化可能なことの検証を試みた。

2. 研究の目的

さまざまなタイプの協力関係が同所的に見られるシオカワコハナバチを用いて、協力の進化因として最も重要な物が、血縁なのか、群形成の利益なのかを検証すること。そのために、同一巣集団中に単メス営巣と多メス営巣、さらには多メス巣のメンバーが親娘である物から、血縁者群に秘訣園舎が混じっている物、非血縁者同士が営巣する物まで存在するシオカワコハナバチを材料にして、非血縁メンバーが独自の適応度を得ていて、ハミルトン式の $-c > 0$ である k を示す事を目的とした。

3. 研究の方法

北大構内のシオカワコハナバチの集団営巣地で、多数の巣から、初夏の第 2 繁殖期の開始時に、巣のメンバーを吸虫管で吸い出し、左中脚ふ節を DNA 解析用のサンプルとして採取し、個体識別マーキングした上で、当日中に巣に戻す。抽出した DNA のマイクロサテライト遺伝子型タイピン

グを行い、メンバー間の血縁度を推定する。血縁関係のない個体協力している巣から、第2繁殖期の終わりに、生産された越冬個体を採取し、その遺伝子型から、巣非血縁メンバーが繁殖しており、個別に適応度を残しているため、ハミルトン式の $-c > 0$ になっており、 $r=0$ でも協力の進化条件を満たしていることを確認する。

4. 研究成果

非血縁者の協力巣では、各個体が個別に適応度を得ており、仮説は証明された。他にも、他巣のメンバーが途中から移動したり、血縁メンバー内に1~2匹非血縁者が混じっている場合でも、それらの侵入者は個別に適応度を得ていることが示された。依って、本種の社会性の維持には、血縁関係よりもグループを作る事による利益が大きく貢献している事が示され、別実験から、その利益は、複メス化することにより、巣の防衛と採餌を同時に行えることが主要因であることが判明した。結論として、真社会性巣のワーカーが得ている包括適応度ですら、 $r=0.75$ である事による利益は全体の約8%で、群形成の利益(82%)を大きく下回ることが示された。

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 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Hasegawa E, Murakami Y, Shiraiwa S & Kudo T	4. 巻 8
2. 論文標題 Genetic differentiation between color morphs of a color-polymorphic aphid, <i>Macrosiphoniella yomogicola</i> .	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entomology, Ornithology & Herpetology	6. 最初と最後の頁 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24105/2171-0983.8.217	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 Murakami Y, Watanabe S, Hasegawa E	4. 巻 8
2. 論文標題 Effects of color morph on aggregation formation for hibernation in an extremely color polymorphic ladybug, <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae).	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entomology, Ornithology & Herpetology	6. 最初と最後の頁 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35248/2161-0983.19.8.219.	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 Hasegawa E, Kudo T	4. 巻 9
2. 論文標題 Aggressiveness of Males and Females of the Stag Beetle, <i>Prosopocoilus inclinatus</i> (Coleoptera: Lucanidae), are Mediated by Different Biogenic-amines.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Entomology, Ornithology & Herpetology	6. 最初と最後の頁 1000223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35248/2161-0983.20.9.223.	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 Ohkubo Y, Yamamoto T, Ogusu N, Watanabe Y, Murakami Y, Yagi N, Hasegawa E.	4. 巻 4
2. 論文標題 The benefit of grouping as a main driver of social evolution in a halictine bee.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 e1700741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1700741	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長谷川英祐他2名
2. 発表標題 適応進化の永続性パラダイム -ダーウィニズム・ビヨンド-
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川英祐他2名
2. 発表標題 適応進化の永続性パラダイム -ダーウィニズム・ビヨンド-
3. 学会等名 日本進化学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>群れを成すメリットがコハナバチの社会進化を導く https://www.hokudai.ac.jp/news/181004_pr2.pdf</p>

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
研究分担者	小林 和也 (Kobayashi Kazuya) (00648280)	京都大学・フィールド科学教育研究センター・講師 (14301)	

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
---------	---------