

令和 2 年 4 月 17 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07550

研究課題名(和文) モンシテムシオスの給餌量決定要因の進化的解明

研究課題名(英文) Evolutionary process of provisioning control in *Nicrophorus quadripunctatus*

研究代表者

鈴木 誠治 (Suzuki, Seizi)

北海道大学・農学研究院・農学研究院研究員

研究者番号：00467086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：親による子の保護とは「子供の生存率を高めると予測される親のあらゆる性質」を指す。特に近年、両親の子への給餌に関して、給餌を巡る雌雄および親子間の対立という観点からの研究が進展している。本研究は両親が幼虫に給餌するモンシテムシを材料とし、1)雌雄の関係がオスの給餌量に与える影響、2)幼虫の餌請いが親、特にオスの給餌量に与える影響、3)防衛の必要性がオスの給餌量に与える影響、を明らかにすることでオスの給餌量がどの家族関係に影響されるかを進化的に理解することを目的としている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの研究は脊椎動物、特に鳥類をモデル生物として行われてきたが、給餌を伴う子供の保護行動は、昆虫の一部にも知られている。モンシテムシは既に雌雄、親子間の関係についてある程度研究が進んでおり、雌雄間の給餌量調節、餌請い信号の存在などが明らかになっているが、いまだ個々の現象の報告にとどまっている。モンシテムシをはじめとした昆虫で給餌量を決めている要因を定量的に調べることで、昆虫の育児行動の進化に関わる要因を特定する道が開けるだけでなく、独立に進化した脊椎動物との比較も可能になる。

研究成果の概要(英文)：Parental care is defined as “any parental trait that enhances the fitness of a parents’ offspring, and that is likely to have originated and/or to be currently maintained for this function”. In species showing biparental care, parents have been found to adjust their level of care facultatively. While the amount of care may be influenced both by negotiation between parents and by begging of young, previous studies have not considered the case of both effects simultaneously. The purpose of this study is analyze evolutionary cause of the male provisioning, especially the effect of the intrafamilial conflict using *Nicrophorus quadripunctatus*. In detail, 1) provisioning control by the parental negotiation, 2) provisioning control by the larval begging, 3) the effect of defense of young on the provisioning ,

研究分野：行動生態

キーワード：行動生態 親による子の保護 家族内コンフリクト

1. 研究開始当初の背景

親による子の保護とは「子供の生存率を高めると予測される親のあらゆる性質」を指す。特に近年、両親の子への給餌に関して、雌雄双方が相手の現在の投資量から次の自分の投資量を決定するという negotiation model (Houston & McNamara, 1999) や、子が親に対し“餌請い”を行いそれによって親が給餌量を決める begging signal (Mock et al, 2011) に代表される、給餌を巡る雌雄および親子間の対立という観点からの研究が進展している。これらの研究は脊椎動物、特に鳥類をモデル生物として行われてきたが、多くの場合、親の養育が必須なほどに子供が特殊化しており、給餌と信号の初期進化の検討対象としては限界があると指摘されている (Smiseth et al. 2003)。

給餌を伴う子供の保護行動は、昆虫の一部にも知られている。申請者はこれまで様々な昆虫を対象に、育児行動に関する進化生態学的研究、特にモンシデムシの幼虫への給餌に関する家族内関係について調べてきた(業績参照、鈴木, 2011; 鈴木・西村, 2014 に総説)。モンシデムシ属 (Nicrophorus) は甲虫の一属で、小型脊椎動物の死体を地中に埋め、口や肛門からの分泌物を塗ってボール状に丸め、それを幼虫の餌として育児を行うことで知られている。雌雄双方が育児に参加し、幼虫に口移しで給餌したり、外敵から幼虫を防衛したりする。この特性のため、オス-メスの関係、親子関係双方の観点から多くの研究が行われており、親子関係の初期進化研究のモデル生物として期待される。

親の給餌量は子の要求量と配偶相手の仕事量によって決まると考えられているが、その相互作用の研究例は少なくそれぞれの役割を相対的に評価できない。申請者はこの疑問の解明につながる可能性のある二つの先行研究を行った (Suzuki, 2015, 2016)。幼虫はメスが在る限り給餌量と関係なくメスに餌請いし、オスは餌請いが無い限り幼虫に給餌しない。すなわち、これまでの仮説と異なり、給餌量は単なる雌雄の交渉の結果ではなく、間に幼虫をはさんだ三者系の可能性が示唆された。本研究ではさらに推し進め、幼虫 オス親と、メス親 オス親の関係がどのようにしてオス親に給餌を引き起こすのかを解明する。

2. 研究の目的

本研究は両親が幼虫に給餌するモンシデムシを材料とし以下の点を明らかにすることでオスの給餌量がどの家族関係に影響されるかを進化的に理解することを目的としている。

- 1) 雌雄の関係がオスの給餌量に与える影響
- 2) 幼虫の餌請いが親、特にオスの給餌量に与える影響
- 3) 防衛の必要性がオスの給餌量に与える影響

モンシデムシのメスを取り除くとオスが給餌量を増やし幼虫の生存率が変わらない。しかしメスの存在下のオスも幼虫へ給餌するにもかかわらず、メスが育児に参加している限り、オスの給餌は幼虫の成長や生存に正の影響を与えない。このオスの給餌量調整と、給餌の適応的意義を調べることで、進化的に不安定とされる両親による子育てが進化する要因を探る、これが本研究の目的である。これを解明するためにオス親による給餌量に影響するとされる要因特に家族関係を総合的に解析することで、見かけの現象や影響の小さい要因である可能性を排除して、オス親の給餌の決定要因を調べる。

3. 研究の方法

本研究計画では日本に広く分布するヨツボシモンシデムシを材料として

- 1) 幼虫やメスの行動の変化に伴う、オス親の給餌量の変化
 - 2) 競争者の存在の有無と、競争の勝敗によるオスの給餌量とメスの行動の変化
 3. オス親による子の保護がオスの父性に与える影響
- のそれぞれの観点からの実験を行うことでオスの給餌量に影響する家族関係を総合的に解析する。

1. 競争に敗北したオス親の給餌と行動の変化

モンシデムシはオスの方がメスよりも巣の防衛にかかる時間が長く、また激しく争う。その際に触角や足の一部を失うこともよくある (Suzuki, 2011)。敗北し、体の一部を失ったオスがどのように行動を変化させるかを調べる。

オスを 2 匹同じ容器に入れ、2 匹が争い勝敗がはっきりした瞬間にハサミで敗者の触角を切断する。これは人為的に敗北して体の一部を失った状態を再現するためである。その後、無傷の勝者と傷ついた敗者の交尾行動や育児行動を記録し、その変化を見る。特に、交尾成功と給餌頻度、幼虫の数と大きさに注目する。

2. オスの給餌頻度がメスの行動か幼虫の行動かどちらによって変化するかの検証

Suzuki and Nagano (2009) はヨツボシモンシデムシのオスが、メスを取り除いた場合は給餌量を増やすのに対しメスにハンディキャップをつけて給餌頻度を減少させた場合は変化させなかったことを報告している。もしも目的で述べたように給餌量が子からの餌請いと相互作用の

結果であればこの結果を解釈できる。

Suzuki and Nagano(2009)と同様、幼虫のふ化後にメスを取り除くかハンディキャップをつける。本実験では幼虫側の餌請い頻度に注目する。メスに対する操作の違いが、幼虫のオスに対する餌請い頻度に影響を与えるか否か、そしてそれに依りてオスの給餌頻度が変化するか、を測定する。

3. オス親による子の保護がオスの父性に与える影響

父性の確かさが両親による保護の進化要因であるという説は 2000 年代より提唱されているが、検証例は少ない。申請者はこれを検証するためマイクロサテライト DNA プライマーを開発した(Suzuki & Yao, 2014)。野外に特定サイズのマウス死体を設置し、数日放置。死体は土を詰めた植木鉢の上に置き網をかけて脊椎動物からガードした。その死体を掘り返しモンシデムシの種と個体数、体サイズを記録、幼虫と親をエタノールで保管した。マイクロサテライトマーカーを用い、死体上にいる幼虫のうち、オス親の子である幼虫の比率を求め、これを繁殖成功の指標とする。

4 . 研究成果

1. 競争に敗北したオス親の給餌と行動の変化

繁殖のための資源を防衛する生物は、守りきれば高い繁殖成功を得ることができるが、防衛に失敗すればそのときの繁殖成功を失うだけでなく体に回復不能なダメージを負う危険性がある。

では一度負けた個体はどのようにその損害を取り戻すのか？ヨツボシモンシデムシは小型動物の死体を幼虫の餌として雌雄で給餌などの子育てを行う。その際死体をめぐって激しい闘争を行う事が知られている。？ヨツボシモンシデムシは小型動物の死体を幼虫の餌として雌雄で給餌などの子育てを行う。その際死体をめぐって激しい闘争を行う事が知られている。闘争で負けて傷つく個体はメスよりもオスが多く、傷ついたオスは無傷の個体よりも交尾をしようとする回数が増えた。また闘争で負けて傷ついたオスの給餌行動を調べたところ、無傷の個体に比べオスの給餌頻度は増え、戦っていないはずのメスの給餌頻度が減少した。このメスの投資量変化がいつ起こるのか調べるため、産卵数を測定した。その結果、傷ついたオスとつがったメスは産卵数を減らしたことがわかった。この結果は先にメスが投資を減らし、オスがそれを補うように投資を増やした可能性を示唆する。一方でメスが傷ついた場合、給餌頻度、散乱数ともに変化しなかった。これらの結果はむしろ、傷ついたオスとつがったメスは投資を減らし、オスはそれを補うために投資を増やすという関係を示唆する。以上の結果は複数の学会で発表し、現在論文準備中である。

2. オスの給餌頻度がメスの行動か幼虫の行動かどちらによって変化するかの検証

両親が子へ給餌する昆虫において、幼虫にとってオス親とメス親は給餌の受けやすさに違いがあることが多い。そのような場合、幼虫は親の性別によってその餌乞いルールを変える可能性がある。ヨツボシモンシデムシは両親ともに幼虫に給餌するがメス親の方が給餌回数が多い。そこでメス親を取り除くかハンディキャップをつけることで給餌回数を減らした場合、1)オスは幼虫への給餌回数を増やすか、2)幼虫はオス親への餌乞い頻度を変化させるか、を調べた。メス親を取り除いてもオス親は給餌試行回数を変化させなかったが、幼虫はハンディキャップをつけて給餌回数が減ったメス親に引き続き餌乞いを続け、メス親が取り除かれてはじめてオス親への餌乞い頻度を上げた。この結果からオスはメスの行動の変化を認識していない、幼虫は親の性別を認識でき、両親の給餌ルールに対応できることが示唆された。以上の結果は現在論文投稿中である。

3. オス親による子の保護がオスの父性に与える影響

当初行った方法ではほとんどの死体が脊椎動物に持ち去られたため、試行錯誤し方法に記入したやり方が適していることがわかった。2 年目秋よりこの方法で幼虫を集め始めたが、ヨツボシモンシデムシの繁殖最盛期は初夏のため、2 年目のサンプルは十分でなく、3 年目は猛暑となり十分なサンプルは得られなかった。しかし集めた少数サンプル(メスのみの繁殖 12、雌雄による繁殖 5)は全て DNA を抽出し、マイクロサテライト DNA を用いた親子推定を行った。まだ結果を統計解析できるサンプル数ではないが、分析方法はほぼ確立した。次年度以降の研究に役立つ予備実験となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzuki, S & Asano, R	4. 巻 22
2. 論文標題 Note on maternal care in <i>Anisolabella marginalis</i> (Dermaptera: Anisolabididae).	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Entomology (New Series)	6. 最初と最後の頁 22-25
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 Suzuki Seizi, Futami Kyoko	4. 巻 124
2. 論文標題 Predatory risk increased due to egg-brooding in <i>Armadillidium vulgare</i> (Isopoda: Oniscidea)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 256 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/eth.12731	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Seizi	4. 巻 21
2. 論文標題 Provisioning control during maternal care by the earwig <i>Anisolabis maritima</i> (Dermaptera: Anisolabididae): Do mothers adjust provisioning according to offspring need?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Entomological Science	6. 最初と最後の頁 428 ~ 432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/ens.12322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木誠治
2. 発表標題 ヨツボシモンシテムシの闘争のコスト:負けオスとつがったメスの反応
3. 学会等名 日本昆虫学会第78回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木誠治
2. 発表標題 ハマベハサミムシの非斉一孵化
3. 学会等名 日本動物行動学会第37大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木誠治
2. 発表標題 ヨツボシモンシテムシの再チャレンジ:闘争に負けた個体の交尾行動
3. 学会等名 日本動物行動学会第36大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木誠治
2. 発表標題 ヨツボシモンシテムシの闘争のコスト:負け側の給餌行動
3. 学会等名 日本昆虫学会第77回大会
4. 発表年 2017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
---------	---------------------------	-----------------------	----