



# Evolution and diversification of sexually dimorphic traits in the false blister beetle *Oedemera sexualis*

里見, 太輔

---

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2019-09-25

(Date of Publication)

2024-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7565号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007565>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 4)

論文内容の要旨

氏名 里見 太輔

専攻 人間発達環境学研究科 人間環境学専攻 環境基礎論講座

指導教員氏名 高見 泰興

論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記すること。)

Evolution and diversification of sexually dimorphic traits in the false blister beetle *Oedemera sexualis*  
(フタイロカミキリモドキにおける性的二型形質の進化と多様化)

論文要旨

Insects account for more than half of species living on the earth, and their external morphology is extremely diverse. Thus, elucidating the mechanisms of insect morphological and species diversification leads to a better understanding of the origin of biodiversity. Such a study is especially important in the modern era when biodiversity is being lost.

Sexual selection is responsible for the exaggeration and incredible diversity of male sexual traits in animals. Male adaptation to sexual competition can inflict costs to the female, resulting in evolutionary conflicts of interests between the sexes, i.e., sexual conflict. Sexual conflict is predicted to fuel sexually antagonistic coevolution; adaptations in one sex are harmful to individuals of the other sex, selecting for counter-adaptations in the other sex. The theory of sexual conflict also predicts diversification of male manipulative and female resistant traits via chase-away evolution with

multiple evolutionary equilibria or optima. Sexually antagonistic coevolution is now recognized as a central process of evolutionary diversification, with the potential to shape various interactions between the sexes. In addition to these processes, sexually selected traits can also diverge rapidly in response to a balance between natural and sexual selection, i.e., a balance between the survival costs associated with bearing the trait and the benefits in reproductive success. This process is influenced by environmental factors that can vary spatially. However, this process has been confirmed only in limited cases (e.g., male coloration in guppies inhabiting environments with varied predation risk).

A major source of spatial environmental variation is latitude, which correlates with temperature, precipitation, and seasonality and has been shown to influence various types of traits. Variation in body and trait sizes among populations has also been attributed to factors that may covary with latitude. As seen in latitudinal variation in body size, the effect of latitudinal environmental gradient on sexual traits may also vary among organisms. However, very few studies have examined the dependence of sexual selection and/or sexual conflict on latitudinal environmental gradient.

In this thesis, I examined the hypothesis that the evolution via sexual conflict is influenced by natural selection that occurs in relation to local environments, and it leads to diversification of sexual traits. To this end, I conducted a series of comparative and experimental studies using the false blister beetle *Oedemera sexualis* (Coleoptera: Oedemeridae), which showed prominent sexual dimorphism in

the hind legs.

In Chapter 2, I examined latitudinal variation in male and female sexual traits in 22 populations of the false blister beetle *Oedemera sexualis* in the Japanese Archipelago. Morphometric analyses revealed that male and female body size, length and width of the hind femur and tibia, and allometric slopes of these four hind leg dimensions differed significantly among populations. Of these, three traits showed latitudinal variation, namely, male hind femur was stouter, female hind tibia was slenderer, and female body was smaller at lower latitudes than at higher latitudes. Hind leg sizes and shapes covaried significantly between sexes, suggesting coevolutionary diversification in sexual traits.

In Chapter 3, I examined sexual dimorphism in body size and hind leg sizes in a more detailed manner using 3 representative populations based on distance measurements and elliptical Fourier analysis. As a result, significant differences in the degree of sexual dimorphism for body and hind leg sizes were found among the populations. Differentiation in male hind femur shape was conspicuous especially in femur width. Evaluation of scaling relationships showed that male hind femur width was constrained in its growth at large body sizes in all the three populations. The upper limits of the growth of hind femur width were corresponded to the population means of the trait, while basal size and growth rate did not differ among populations, suggesting that variation in growth limit is responsible for the observed geographical variation of the sexual trait.

In Chapter 4, I confirmed the presence of sexual conflict by examining a female fitness under different frequencies of mating. Then, I conducted an inter-population cross experiment using two populations (Amami and Yambaru) to examine the hypothesis that inter-population differentiation in the sexual traits was a result of sexually antagonistic coevolution. As a result, I confirmed the assumption of the inter-population cross experiment that difference in the suites of sexual traits concerning male manipulation and female resistance between Amami and Yambaru populations was qualitative (i.e., not a quantitative difference in the degree of escalation): Amami males wait for female mating acceptance but Yambaru males mate coercively; and Amami females reject males by abdominal curl-up but Yambaru females do by struggling. As expected, imbalance between male manipulation and female resistance resulted in increased mounting and mating rates in inter-population crosses. Contrary to an expectation, however, no traits were associated with mounting and mating success.

Finally, I summarized the results of my thesis and proposed a direction of further studies. The present results supported the hypothesis that the evolution via sexual conflict is influenced by natural selection that occurs in relation to local environments, and it leads to diversification of sexual traits (Chapter 2-4). I found latitudinal variation (the male hind leg was bigger and the hind femur

relatively wider, while the female hind leg was bigger and the hind tibia relatively slenderer at lower latitudes than at higher latitudes) and covariation between sexes of sexually dimorphic traits (Chapter 2), inter-population variation in limitation against the enlargement of traits (Chapter 3), and qualitative differences in mating behaviors that may resulted from sexually antagonistic coevolution as revealed by increased mounting and mating rates in inter-population cross experiment due to imbalance between male manipulation and female resistance (Chapter 4). These results suggested that the sexually antagonistic co-evolution is influenced by natural selection that occurs in relation to local environments, and it leads to diversification of sexually dimorphic hind legs in the false blister beetle *Oedemera sexualis*. Thus, this thesis is expected to provide a novel insight into the mechanism of biological diversification. Further studies to assess the impact of both natural and sexual selection acting on insect morphology will contribute to generalization of the existing theories concerning sexual trait in organism and enhancing understanding the evolutionary mechanisms of biological diversity.

論文審査の結果の要旨

氏名	里見太輔		
論文題目	Evolution and diversification of sexually dimorphic traits in the false blister beetle <i>Oedemera sexualis</i> (フタイロカミキリモドキにおける性的二型形質の進化と多様化)		
判定	合格・不合格		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	准教授	高見泰興
	副査	教授	丑丸敦史
	副査	教授	近江戸伸子
	副査	准教授	源利文
	副査	農学研究科 准教授	杉浦真治
要 旨			
<p>本博士論文は、雌雄間で発達の程度が異なる性的二型形質の多様化をもたらす進化機構について、これまで実証例の少ない性的対立とその環境依存性という観点から解明することを目的としている。本論文は5章構成で、序論（第1章）、個々の研究内容を示す第2章～第4章、研究結果の総括を行う議論（第5章）、謝辞、引用文献から構成される。</p> <p>第1章の序論では、性淘汰と性的対立、それらの環境依存性に関する既存の研究をレビューし、（1）性淘汰や性的対立によって性的形質が進化するメカニズムについての研究がこれまで盛んに行われてきたこと、（2）外部環境が形質進化におよぼす影響について、緯度に応じた体サイズ変異を検出した研究が多くあること、しかし（3）外部環境の変動が性的形質の進化におよぼす影響についての研究は極めて限られること、を明らかにしている。このような問題意識に対して、広範な緯度範囲に分布し、後脚腿節が雄のみで肥大するという顕著な性的二型をもつフタイロカミキリモドキは、緯度に応じた環境変動が性的形質の進化におよぼす影響を研究する上で良い材料であることを指摘している。</p> <p>第2章では、本種の分布域を網羅する22個体群からのサンプルにもとづき、性的二型を示す後脚形態の地理的変異、緯度との関連、雌雄間の関連について検討している。その結果、（1）雌雄の後脚形態は顕著な地理的変異を示すこと、（2）それらは緯度に応じた変異（緯度クライン）を示すこと、（3）雌雄の後脚形態</p>			

は関連した変異を示すこと、を明らかにしている。これらの結果にもとづき、本種の性的形質の地理的変異は、雌雄間の共進化過程が緯度と関連した環境変動の影響を受けて形成されたという可能性について論じている。

第3章では、後脚形態の個体群間分化をより詳細に把握すると共に、後脚の肥大に対する制限を定量化している。地理的変異を網羅する代表的な3個体群に注目し、直線距離による測定に加え、積円フリーエ記述子による後脚形状の評価を行い、性的形質の分化は雄腿節の太さに顕著に現れることを示している。さらに、腿節の太さの相対成長パターンを統計的に推定し、（1）雄の腿節幅の増加ほどの個体群においても制限されること、（2）制限の程度は腿節幅の平均値と関連すること、を明らかにしている。これらの結果にもとづき、肥大化の制限が性的形質の地理的変異をもたらした可能性を指摘している。

第4章では、性的形質の進化を駆動すると考えられる性的対立を、実験的に検出することを試みている。性的対立は雌雄の最適な配偶頻度が異なるために生じるという視点から、性比を操作した飼育実験を行い、配偶頻度の高い条件下では雌の寿命が短縮することを実証している。また、性的対立による性的形質の個体群間分化の下では、他個体群の雄の強制交尾に対して雌は対抗できず、高い配偶頻度が観察されるという予測に対して、おおむねこれを支持する実験結果を得ている。これらの結果にもとづき、本種の性的形質の進化における性的対立の関与について議論している。

第5章では、性的対立による雌雄の性的形質の共進化が環境に依存した自然淘汰に影響されることで、性的形質の多様化をもたらしているという仮説に対して、貴重な実証例を提示する点に本研究のオリジナリティーがあることを指摘している。さらに、本論文の成果は、性的形質の進化機構の理解だけに留まらず、生物多様性の進化機構の理解にも寄与するものであるという展望を提示している。

本博士論文は、生物多様性の進化メカニズムについて、性という視点から実験と比較を組み合わせて多角的に取り組んだ実証研究の成果である。結果として、性的対立による雌雄間の共進化が環境要因に影響されうるという新規性の高い発見にたどり着いている。これらの知見は、生物の進化メカニズムの解明という基礎生物学の視点のもとより、生物多様性の創出・維持機構の理解という、より発展的な視点からも重要な貢献である。

なお、本論文を構成する各章（第2章～第4章）は、個別の投稿論文としてまとめられている。第2章は、Ecology and Evolution誌（査読付き）に既に掲載され、第3章はProceedings of the 5th International Symposium on Biological Shape Analysis誌（査読付き）に受理済、第4章は投稿論文とするための最終的な作業中である。下記に掲載、受理済み論文の詳細を示す。

Satomi, D., Koshio, C., Kudo, S., Tatsuta, H. & Takami, Y. 2019. Latitudinal variation and coevolutionary diversification of sexually dimorphic traits in the false blister beetle *Oedemera sexualis*. *Ecology and Evolution* 9: 4949-4957.

Satomi, D., Ogasa, W., Takashima, H., Fujimoto, S., Koshio, C., Kudo, S., Takami, Y. & Tatsuta, H. 2019. Morphological variation and scaling relationships in the sexually dimorphic traits in the false blister beetle *Oedemera sexualis* (Coleoptera: Oedemeridae). *Proceedings of the 5th International Symposium on Biological Shape Analysis*, in press.

よって学位申請者の里見太輔は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。

レフェリー付きの論文の発表について、記載すること。