

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 1 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25840157

研究課題名(和文) 体形の進化の至近メカニズムの解明と生態学的意義

研究課題名(英文) Mechanism and adaptive significance in evolution of body shape

研究代表者

岡田 賢祐 (OKADA, KENSUKE)

岡山大学・その他の研究科・助教

研究者番号：40550299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究計画は体形と進化に焦点を当てたものであり、オオツノコクヌストモドキを使用して、以下の研究を展開した。最初にオオツノコクヌストモドキにおいて体系の変化がどのように個体の利益に影響するか調査した。また体形の変化がどのようなメカニズムで制御されるかを分子学的手法で調べた。最後に、これらデータを総合的に議論し、体形の進化を明らかにした。これら結果の一部は専門の国際誌に掲載されている。

研究成果の概要(英文)：This study focused on body shape in animal. We conducted on the following investigations with the male beetle. We first examined how body shape change affects individual fitness with ecological approach. In addition, we second examined how body shape change is regulated with molecular approach. Using a part of these results, we published several peer reviewed papers with scientific journals.

研究分野：基礎生物学・生態・環境

キーワード：生態学

1. 研究開始当初の背景

植物や動物に関係なく、生物体は適応的に複合した形質の集団であり、その形や構造は極めて巧妙に制御されている。この‘体形’の制御メカニズムの解明は 10 数年の間におけるホットな研究トピックの 1 つであり、様々な生物モデルを使い(キイロショウジョウバエやシロイヌナズナなど)、理論研究に基づいた分子生物学的アプローチが行われてきた。その結果、特定の遺伝子とその制御に関与することがわかった。この候補遺伝子は生物の間で相同性が高く、体の構造の形成に重要な役割を持つ。例えば、動物では昆虫の胸部や四肢の形成、植物では花卉形成に係するなど、生物構造の根本を成す遺伝子である。

最近では、複合した形質集団にどのような適応的な意義があるかに注目が集まっている。最もわかりやすい例の 1 つとして、「新学術領域研究：複合適応形質進化の遺伝子基盤解明」がある。生物の構造や形の違いは種間・種内に普遍的にみられる。多様な体の形は、形質の複合パターンがそれぞれの間で違うことを意味し、適応的に重要な繁殖や行動の影響を受ける結果、その複合パターンの変化によって起こると考えられる。これは動植物のみならず菌類など全ての生物に該当する。しかし、この多様な進化とその意味に注意が向けられていない。さらに問題なのは、これまで焦点だった‘どのように体形が制御されているか’ではその解決の糸口にならない。

2. 研究の目的

本研究では、性選択による体形の進化をモデルとして考える。カブトムシの角や鳥類の飾り羽など、オス形質が性選択によって誇張される。これらが誇張される時、誇張形質を支えるために手足など周りの形質が発達する。一方で、誇張形質の発達によって、他形質の成長が阻害されることもある。従って、誇張形質の発達は様々な形質の成長に影響を及ぼし、その結果、体形自体に作用しうる。実

際に、誇張形質を持たないメスに比べ、オスは近縁種間でも違いが著しく、奇妙な体形をしているものが多い。申請者はオスのみが大顎を持つ甲虫・オオツノコクヌストモドキ(以下、オオツノ)において興味深い知見を得ている。このオスは大顎に人為的な正の方向性選択をかけた場合、上半身は大きくなるが、下半身は小さくなる(図 1 参照)。加えて、オオツノはコクヌストモドキの近縁種である。コクヌストモドキでは、全ゲノムが解読されるなど、分子発生学のモデル甲虫である。従って、コクヌストモドキの遺伝子解析のプロトコルを応用でき、分子発生学的な展開が可能である。「大顎の進化で体形が変化する」オオツノを用いて、分子生物学的・量的遺伝学的知見を取り込んだ生態学的手法を駆使し、本研究では次の 2 点に注目する。適応度上で重要なオスの行動や繁殖と体形は互いに影響を及ぼし合うのか。体形制御の至近メカニズムを明らかにすることで、この影響をマクロからミクロレベルまで明らかにする。

3. 研究の方法

Gene Bank 検索等を用いて、体節や四肢形成に係する遺伝子のホモログ遺伝子をオオツノで探索する。そしてオオツノから mRNA 抽出および cDNA 作製し、オオツノで機能するそれぞれの遺伝子用の PCR primer 作製する。候補遺伝子は wingless, decapentaplegic, distal-less, daschshund, aristaless, epidermal growth factor receptor, homothorax, extradenticle などであり、網羅的に調査する。候補遺伝子についてシーケンス解析を進め、体形の異なる系統間(図 1 参照)で塩基配列の違いを調べ、大顎の人為選択によって塩基置換が起きたかを調べる。有意なアミノ酸置換配列が検出された遺伝子については、RNA 干渉法(RNAi)を行い、体形の形成に関与するかを調査する。甲虫類では larval RNAi (幼虫体への二本鎖 RNA のインジェクションによる RNAi 法)が極めて有効

である(伊藤ら 2010, Tomoyasu et al. 2009)。クローニングした遺伝子について larval RNAi 法を用い、体形形成に關与する遺伝子のスクリーニングを行う。さらに、我々はオオツノにおいてホールマウント in situ hybridization 法を確立し、遺伝子の発現部位の解析を行う。

すでに確立した体形が異なる系統を使用し、体形の進化とオスの繁殖や生態がどのように影響し合うかを調べる。申請者の先行研究によって、オスの闘争意欲に影響が及ぶことが分かっている。そこで神経線維の染色や脳内の神経伝達物質の測定など神経生理学的手法を使用し、体形変化による脳内の神経回路の修飾を調べる。また、飛翔能力、歩行活動や射精行動など、オスの適応度に関わる形質を網羅的に調べる。これら形質の測定法はすでに確立している(研究業績参照)。得られたデータから、表現型から内分泌・神経生理という複数レベルで、体形とオスの繁殖や生態の進化的な関係を明らかにする。前年度の計画に記した「体形を制御する遺伝子」のスクリーニングデータを基に、二本鎖 RNA の注射による受容体のノックダウンすることで、体形が変化した個体を作成する。この個体とコントロール処理の個体を比較して改変機能を確認する。この実験から、遺伝子レベルで体形の変化とオスの適応度に関わる形質がどのようにリンクしているかが明らかになる。

4. 研究成果

本研究計画は体形の進化に焦点を当てたものであり、このモデル甲虫として有用なオオツノコクヌストモドキを使用して、以下の研究を展開した。

本種のオスで下半身が大きいものは、あまり戦わない。すなわち、戦いに投資を行わないのだが、その代わりに射精形質への投資を増やした。この結果は、オスが体形の変化によって、交尾後のオス間競争である精子競争

の投資を調整することを示している。この変化によって行動や形質への投資を調整することで、このオスは効率良くメスを獲得することができるのだろう。またこのオスの交尾行動に關係する形質への投資配分には、遺伝的な基盤があることが、分子学的手法より、わかった。

申請者が扱うオオツノは優れたモデル生物としての潜在能力をもつ。体形や誇張形質の進化に關係する研究課題は数多くある。この生物の長所を生かせば、様々な研究分野において、生態学、量的遺伝学、分子発生学など複数分野にわたる視点から、包括的に研究を進めることができる。申請者が示した研究計画の検証自体は Nature, Science など著名な雑誌で論議されている事項であり、我々の研究成果は国際的に大きな評価を得る。同時に新たな進化生物学的研究の包括的なモデル生物の確立をも意味する。つまり、申請者の研究の完成はこのモデル生物が未着手の仮説の検証やパラドックスの解決にさらなる貢献をもたらすという正のフィードバックループを作り出す。

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 3 件)

Okada K, Archer CR, Katsuki M, Suzaki Y, Sharma MD, House CM, Hosken DJ 2015 Polyandry and fitness in female horned flour beetles (*Gnathocerus cornutus*). *Animal Behaviour* 106:11-16. [dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.05.008)

Lane S, Solino JH, Mitchell C, Blount J, Okada K, Hunt J, House CM 2015 Rival male chemical cues evoke changes in male pre- and post-copulatory investment in a flour beetle. *Behavioral Ecology* 26:1021-1029. [doi:10.1093/beheco/arv047](https://doi.org/10.1093/beheco/arv047)

Okada K, Katsuki M, Sharma MD, House CM, Hosken DJ 2014 Sexual conflict over mating in *Gnathocerus cornutus*? Females prefer lovers not fighters. *Proceedings of the Royal Society B* 281:20140281. [dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0281](https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0281)

[学会発表](計 3 件)

香月雅子・岡田賢祐. オオツノコクヌストモドキにおける求愛行動における闘争経験の効果. 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会. 2015 年 3 月 27 日. 山形大学 (山形県・山形市)

清瀬勝也・洲崎雄・香月雅子・岡田泰和・岡田賢祐. オオツノコクヌストモドキにおける雄の交尾戦術と生体アミン. 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会. 2015 年 3 月 27 日. 山形大学 (山形県・山形市)

洲崎雄・岡田泰和・岡田賢祐. ホソヘリカメムシにおける誇張形質の発生様式. 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会. 2014 年 3 月 27 日. 山形大学 (山形県・山形市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 賢祐 (OKADA KENSUKE)
岡山大学・大学院環境学研究科・助教
研究者番号: 40550299
研究者番号:

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号: