

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23570027

研究課題名(和文)意思決定の進化生態学的基盤：負け記憶の生態遺伝メカニズム

研究課題名(英文)Evolutionarily Ecological Base of Decision-making: Ecological Genetic Mechanism of the memory of lose

研究代表者

宮竹 貴久(Miyatake, Takahisa)

岡山大学・その他の研究科・教授

研究者番号：80332790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：オオツノコクヌストモドキの闘争行動の勝敗と記憶力の関係を調べた。本種のオスは勝利の経験は覚えないが、敗北の経験は4日間覚えていた。人為選抜実験によって闘争の記憶時間には遺伝変異のあることを明らかにした。本種では敗北期間中は戦いに投資しないが、射精への投資を増やした。オスは敗北経験による学習によって、交尾後のオス間競争である精子競争の投資を調整した。さらに雄同士が後脚を用いて配偶者獲得のために闘争するホソヘリカメムシを用いて闘争行動に明瞭な日内パタンのあることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The relationship between lose-win of male combat and memory was examined in the broad horned beetle, *Gnatocerus cornutus*. Experience-dependent tactics of males trying to gain access to females were examined. Losing decreased a male's rate of fighting for four days, and few defeated males fought any males. The experience of losing not only decreased a male's aggressiveness but also switched the male behavior from fighting to dispersal from the fighting arena. The volume of ejaculation by loser males increased when they met a female and copulated with her. In *Riptortus pedestris*, male combat behavioral patterns changed during a day.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：行動生態

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26年 4月 7日現在

1. 研究開始当初の背景

生物が示す闘争行動は適応度に直結するため、その生物個体の意思決定に重要である。闘争行動という経験が、生物個体の適応度とどのように関連するのかについてはあまり研究がなされておらず、研究を進捗させる必要があった。

本研究では、オス同士が配偶者の獲得をめぐって発達させた武器を持ち、累代飼育が容易であり、しかも生態遺伝学的な解析手法の確立したオオツノコクヌストモドキ等の昆虫類を材料としてオス間闘争行動の研究分野において行動生態学的に新しい研究を展開するという研究の背景があった。

2. 研究の目的

(1) 経験による行動の修飾

経験によって生物は振舞いを変える。意思決定は生態学の重要な研究テーマだが、その遺伝基盤の研究は乏しい。

本研究は縄張りをめぐる競争をモデルにその基盤を探る。競争に負け、自分より強い相手がいると分かれば生物はその場から逃げ新しい縄張りを作る。何日逃げ続けるかは競争の敗北記憶に依存する。敗北の記憶だけが4日間持続する甲虫を用い意思決定の遺伝基盤を明かにする。

記憶メカニズムの研究は多いが、ある経験を記憶した個体の利得を考慮した生態学の視点による研究はない。

(2) 人為選択系統の利用

人為選択で確立した敗北記憶時間の大きく異なる系統間の遺伝子等の比較により経験による行動の修飾について新しい解析法を提示する。

闘争と繁殖様式の意思決定における適応度関数の生態遺伝経験によって生物は振舞いを変える。これを利用してオス間闘争の

勝敗が生活史、形態、及びほかの行動形質に及ぼす影響を調べる。

(3) ナチュラルな行動生態形質

本研究は縄張りをめぐる競争をモデルにその基盤を探る。競争に負け、自分より強い相手がいると分かれば生物はその場から逃げ新しい縄張りを作る。何日逃げ続けるかは競争の敗北記憶に依存する。敗北の記憶だけが4日間持続する甲虫を用い意思決定の遺伝基盤を明かにする。記憶メカニズムの研究は多いが、ある経験を記憶した個体の利得を考慮した生態学の視点による研究はない。

人為選択で確立した敗北記憶時間の大きく異なる系統間の遺伝子等の比較により闘争と繁殖様式の意思決定における適応度関数の生態遺伝メカニズムを解明する。これまでの研究は、キロショウジョウバエ等で進められてきたが、いずれも生態学的な研究の視点が欠落している。つまり、生物がどのように記憶するかメカニズムに関係する研究は非常に多いが、ある経験を記憶するとその個体にどのような得や利益があるかという生態学の視点に基づいた研究はない。

そこでナチュラルな生態形質の遺伝変異からスタートする至近要因の分子解析に取り組む必然性がある。本研究は、すでに闘争と繁殖の様式、その背後にある縄張りシステムという生態的な略歴のはっきりしたモデル系を用い、さらにそのモデルのナチュラルな変異から派生した選抜個体を用いることで、機能遺伝子の変異と進化行動生態学の接点にフォーカスする。

解明する。

3. 研究の方法

(1) 闘争の勝敗を忘却する期間の長さに対して、人為選抜実験を行い、闘争の勝敗に関する記憶に遺伝的基盤があるかを調べた。

(2) 闘争の勝敗を経験させた個体の、闘争後の交尾行動や分散行動を調査し、闘争の経験がその後の個体の行動に及ぼす影響について調べた。

(3) 闘争に使用される武器形質の発達、昆虫の体の他の部位に及ぼす形質間のトレードオフについて、形態計測を行って解析する。

(4) 闘争行動のパタンについて、日内パタンがあるかを、行動観察によって調べた。

(5) 記憶リズムに関する遺伝子について選抜系統間で比較解析を行った。

4. 研究成果

(1) 本研究計画の目的の1つは闘争と記憶に焦点を当てたものであり、闘争と武器形質の複数のモデル昆虫を使用して、以下の研究を展開した。はじめにオオツノコクヌストモドキの闘争行動の勝敗と記憶力の関係について調査した。

(2) 本種のオスは敗北経験を覚えている間は、まったく戦わない。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、オスが敗北経験による学習によって、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。

(3) さらに闘争に負けた個体は、より分散と飛翔行動が増すことが、本研究の結果により、明らかとなった。

(4) 以上の結果は、学習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と考えられた。

(5) またこのオスの交尾行動に関する形

質への投資配分には、遺伝的な基盤があり、また幼虫時の発育条件で投資配分も変化することがわかった。そして闘争等の本来行動をおこさないメスにも影響が出ることがわかった。特に、記憶メカニズムに關与する上述した形質については、複雑な関係性を示す表現型上の統合が明らかとなり、今後、記憶メカニズムとの関係性に焦点を絞ることができる。さらには、いくつかの生理活性物質が、我々が扱っている昆虫において、闘争行動や繁殖に關係する物質に大きく寄与することが明らかとなった。

(6) オオツノコクヌストモドキについては、記憶期間の長さに対する選抜系統を確立した。さらに、記憶に關連すると考えられる時計遺伝子などのゲノム配列解析等にも着手した。しかし、研究期間内に人為選抜系統間で意義のある遺伝子配列の違いを検出するには至らなかった。そのためRNA干渉等の実験は、未着手のままであった。そこでオス間の闘争行動の研究において、新しい視点をもたらす異なるモデル昆虫として、ホソヘリカメムシの闘争行動を解析した。

(7) 雄同士が後脚を用いて配偶者獲得のために闘争するホソヘリカメムシを用いて、以下の研究を展開した。本種では、闘争行動に明瞭な日内パタンがあることがわかった。そしてそれが概日リズムによって制御されている可能性が示唆された。とくに闘争行動のパタンが日内リズムの支配下にあることが、本研究によって明らかにされた。これについては、闘争行動に關与すると予測されるホソヘリカメムシの概日リズム時計遺伝子配列の解析も進め、今後、時計遺伝子と本種の配偶行動パタンの関係をRNA干渉を使って進められる研究体制を敷くことが実現できた。

(8) さらにホソヘリカメムシにおいては、オス間闘争に使用される後脚への資源配分が、

他形質との資源配分の統合にどのようにかわるかについても解明することができた。パこれら結果は、国内外の学会等で高い評価を受け、一部は専門の国際誌に掲載された。

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15件)

Okada K, Suzuki Y, Okada Y, Miyatake I (2011) Male aggressive behavior and exaggerated hindlegs of the bean bug *Riptortus pedestris*. *Zoological Science*, 査読有, Vol. 28, 2011, 659-663.

Okada K, Katsuki M, Okada Y, Miyatake I (2011) Immature performance linked with exaggeration of a sexually selected trait in an armed beetle. *Journal of Evolutionary Biology*, 査読有, Vol. 24, 1737-1743.

Suzuki Y, Miyatake I (2011) Testing for adaptive explanation of bimodal genital insertion duration in the stalk-eyed seed bug. *Animal Behaviour*, 査読有, Vol. 82, 1103-1108.

Fuchikawa T, Matsuyama T, Yamagishi M, Nakayama S, Okada K, Miyatake I (2011) Comparison of two polymorphic sites in the clock gene cryptochrome in Taiwan strain of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): a possible quick method to estimate the mating time of trapped invaded flies. *Applied Entomology and Zoology* 査読有46, 553-557.

Harano T, Miyatake I (2011) Independence of genetic variation

between circadian rhythm and development time in the seed beetle, *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Insect Physiology* 査読有 57, 415-420.

Lewis Z, Sasaki H, Miyatake I (2011) Sex starved: do resource limited males assure fertilisation success at the expense of pre-copulatory mating success? *Animal Behaviour* 査読有81, 579-583.

Okada Y, Gotoh H, Miura T, Miyatake I, Okada K (2012) Juvenile hormone mediates developmental integration between exaggerated traits and supportive traits in the horned flour beetle *Gnathocerus cornutus*. *Evolution & Development*, 査読有 Vol. 14, 363-371.

Yamane T, Miyatake I (2012) Evolutionary correlation between male substances and female remating frequency in a seed beetle. *Behavioral Ecology*, 査読有 Vol. 23, 715-722.

Okada Y, Suzuki Y, Miyatake I, Okada K (2012) Effects of weapon-supportive traits on fighting success in armed insects. *Animal Behaviour*, 査読有 Vol. 83, 1001-1006.

Katsuki M, Harano T, Miyatake I, Okada K, Hosken DJ (2012) Intralocus sexual conflict and offspring sex ratio. *Ecology Letter*, 査読有 Vol. 15, 193-197.

Harano T, Sato N, Miyatake I (2012) Effects of female and male size on female mating and remating decisions in a bean beetle. *Journal of Ethology* 査読有 30, 337-343.

Fuchikawa T, Matsubara K, Miyatake T, Matsuura K (2012) Acoustic emission monitoring of the effect of temperature on activity rhythms of subterranean termites, *Reticulitermes speratus*. *Physiological Entomology* 査読有37, 303-308.

Suzaki Y, Miyatake T (2013) Diurnal rhythm of male-male combat behavior in the bean bug *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae).

Entomological Science, 査読有
doi:10.1111/ens.12066.

Takahashi KH, Teramura K, Muraoka S, Okada Y, Miyatake T (2013) Genetic correlation between the pre-adult developmental period and locomotor activity rhythm in *Drosophila melanogaster*. *Heredity* 査読有110, 312-320.

Katsuki M, Toquenaga Y, Miyatake T (2013) Larval competition causes the differenced in male ejaculate expenditure in *Callosobruchus maculatus*. *Population Ecology* 査読有55, 493-498.

〔学会発表〕(計 5件)

Miyatake T, The broad horned beetles as a model for examining sexual selection., 14th Congress of the International Society for Behavioral Ecology, 12-18 August 2012Lund University, Lund, Sweden.

宮竹貴久、遺伝的トレードオフ：いくつかの人為選択実験の結果から。シンポジウム「進化的トレードオフ」、日本進化学会第14回東京大会、2012年8月21日-24日首都大学東京。

岡田泰和(宮竹貴久)、オオツノコクヌ

ストモドキにおける闘争形質の形態的統合。2012年3月27日-29日。第56回日本応用動物昆虫学会大会、近畿大学農学部奈良キャンパス。

洲崎雄(宮竹貴久)、ホソヘリカメムシのオス間闘争と性的二形。2012年3月17日-21日、日本生態学会第59回全国大会、龍谷大学。

洲崎雄(宮竹貴久)、ホソヘリカメムシの交尾前性選択。第29回個体群生態学会大会、2013年10月11日-13日大阪府立大学中百舌鳥キャンパス。

〔図書〕(計5件)

宮竹貴久(分担執筆)、第2版 現代生物学入門、岡山大学出版会、2011年、185ページ

宮竹貴久、メディアファクトリー新書、恋するオスが進化する、2011、190ページ

宮竹貴久(分担執筆)、行動生態学、部2012年

宮竹貴久(分担執筆)、行動生物学辞典、2013年、東京化学同人

宮竹貴久、「先送り」は生物学的に正しい 究極の生き残る技術、2014年、186ページ

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.agr.okayama-u.ac.jp/LAPE/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮竹 貴久 (MIYATAKE TAKAHISA)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授
研究者番号：80332790

(2) 研究分担者

岡田 賢祐 (OKADA KENSUKE)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・助教
研究者番号：4055029