

平成23年 4月 1日現在

機関番号：15301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21870025

研究課題名（和文）動物の闘争記憶における生態学的意義と至近メカニズム

研究課題名（英文）Ecology and mechanism for memory in animal contests

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

研究成果の概要（和文）：本研究計画は闘争と記憶に焦点を当てたものであり、戦いの敗北を4日間記憶できる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。最初に記憶時間がなぜ4日間維持されるのかシミュレーションし、敗北の記憶時間がどのように変化するか調査した。また敗北経験を覚えている間、オスはまったく戦わないが、代わりに射精形質への投資を増やす。従って、学習によって行動を調整できる。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 memory in animal contests. We conducted on the following investigations with the male beetle that can memorize losing for 4 days. We first examined why the memory time is maintained for 4 days using the simulation analysis and revealed change in the memory time. In addition, the males never fight their opponents during which they remember the losing. Instead, they increased investments in ejaculatory volumes, and thus adjust their behavior based on the learning. Using a part of these results, we published several peer reviewed papers with scientific journals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,110,000	333,000	1,443,000
2010年度	1,010,000	303,000	1,313,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,120,000	636,000	2,756,000

研究分野：進化生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：個体群、進化生態、行動生態

1. 研究開始当初の背景

脊椎動物か無脊椎動物に関係なく、動物は過去の経験を脳に記憶し、次の機会で行動を変

えること、つまり学習することが分かっている。特にここ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、キイロショウジ

ヨウバエをモデルとした神経生理学や分子生物学的なアプローチから、昆虫が自身の経験を脳に記憶し、そして行動を変えることはすでに実証済みである。この記憶メカニズムは脊椎動物と無脊椎動物の間で相同性が高く、現在、このショウジョウバエをモデルとして、このメカニズム（例えば、神経回路の修飾や神経伝達物質の解明など）の研究が盛んに行われている。その結果、動物がどのように記憶するかが徐々に明らかになっている。

2. 研究の目的

しかし、どのように記憶するかという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利益やコストがあるかという研究はない。これは、人間を含む学習ができる生物に該当する疑問である。生態学的アプローチの中には、この疑問を解決する多数の手法が存在する。例えば、ある経験を記憶することで得られる利益やコストを組み込んだモデルを作成し、コンピューターシミュレーションをし、最も効率の良い記憶術を算出する。同時に、ある動物をモデルとして用いて、モデルが正しく機能しているか実際に検証するなど、双方向からのアプローチが可能である。これら手法で必要なものは、モデル生物のデータや能力、シミュレーションモデルの作成や解析である。

3. 研究の方法

これまでの研究成果から、研究代表者はオス同士がケンカする甲虫・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。クワガタムシのように、このオスは大顎を使ってメスをめぐるケンカをするが、このオスは負けた場合、4日間対戦相手に関係なく逃げ回り、敗北から5日経過すると元に戻り再び他オスと闘う。従って、オオツノのオスは敗北を4日間覚えているこ

とが先行研究によって明らかにされているので、本計画を遂行するに相応しいモデルである。付け加えて、オオツノ(コクヌストモドキ)はコクヌストモドキの近縁種の貯穀にいる甲虫であり、飼育や実験集団の維持が非常に容易である。本研究では、「4日で消える敗北の記憶」を持つオオツノを用いて、敗北記憶がどのようにオスの行動や交尾成功に影響を及ぼすのか、またどのようなメカニズムで敗北記憶が維持されているかを、分子学的手法、量的遺伝学的手法やコンピューターシミュレーションなどを取り込んだ生態学的手法を駆使し、明らかにしていく。

4. 研究成果

本研究計画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。本種のオスでは、メスをめぐる戦いが起こること、またその戦いの敗北を4日間記憶できることがすでにわかっている。ここでは、最初に記憶時間がなぜ4日間維持されるのかを数理生物学的手法である Individual Based Model(各個体の状態を考慮したモデル)を用いて解析を行った。オオツノコクヌストモドキの生態パラメータを参考にして、闘争による利益(交尾成功)、闘争によるコスト(怪我による死亡)などの関数をモデルに組み込み、シミュレーションを行い、戦いによる利益およびコストに応じて、敗北の記憶時間がどのように変化するか調査した。具体的には、200個体の同じ敗北記憶時間を持つオス(在来型)と異なる記憶時間を持つ1オス(変異型)から成る集団で、ランダムに選んだ2オスを対戦させて、変異型/在来型の相対適応度を調べる。2000回のシミュレーションを行い算出した相対適応度から、仮想個体群の最適な平均敗北記憶時間が4-5日間であることが分かった。

このモデルの結果は、本種の実証研究のデータと一致する。

また、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。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のだろう。またこのオスの交尾行動に関係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。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ている。

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 10 件)

- ① Kensuke Okada, Yu Suzak, Yasukazu Okada Y, Takahisa Miyatake, Male aggressive behavior and exaggerated hindlegs of the bean bug *Riptortus pedestris*, *Zoological Science*, in press, 2011
- ② Kensuke Okada, John Blount, Maham D Sharma, Ronda R Snook, David J Hosken, Male attractiveness, fertility and susceptibility to oxidative stress are influenced by inbreeding in *Drosophila simulans*, *Journal of Evolutionary Biology*, 363-371, 2011
- ③ Kensuke Okada, Takahisa Miyatake, Plasticity of size and allometry in multiple sexually selected traits in an armed beetle *Gnatocerus cornutus*, *Evolutionary Ecology*, 1339-1351, 2010
- ④ Tomohiro Harano, Kensuke Okada, Satoshi

Nakayama, Takahisa Miyatake, David J. Hosken, Intralocus sexual conflict unresolved by sex-limited trait expression, *Current Biology*, 2036-2039, 2010

⑤ Kensuke Okada, David J. Hosken, Sperm Competition: Discrimination isn't always bad, *Current Biology*, R444-R446, 2010

⑥ Kensuke Okada, Takashi Yamane, Takahisa Miyatake, Ejaculatory strategies associated with experience of losing, *Biology Letters*, 593-596, 2010

⑦ Takashi Yamane, Kensuke Okada, Satoshi Nakayama, Takahisa Miyatake, Dispersal and ejaculatory strategies associated with exaggeration of weapon in an armed beetle, *Proceedings of the Royal Society B*, 1705-1710, 2010

⑧ Toru Sasaki, Kensuke Okada, Tsuyoshi Kajiwara, Takahisa Miyatake, On the optimal duration of memory of losing a conflict - a mathematical model approach, *Journal of Biological Dynamics*, 270-281, 2010

⑨ Kensuke Okada, Takahisa Miyatake, Effect of losing on male fights of broad horned flour beetle, *Gnatocerus cornutus*, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 361-369, 2010

⑩ Kensuke Okada, Takahisa Miyatake. Genetic correlations between weapons, body shape and fighting behaviour in the horned beetle *Gnatocerus cornutus*. *Animal Behaviour*, 1057-1065, 2009

[学会発表] (計 8 件)

- ① 岡田賢祐、敗北経験と意思決定、第 58 回日本生態学会大会、2011 年 3 月 9 日、札幌コンベンションセンター
- ② 岡田賢祐、武器形質の進化におけるオス形質への影響～オオツノコクヌストモドキ

を例に～、第 55 回 日本応用動物昆虫学会
大会、2011 年 3 月 28 日、九州大学箱崎キャンパス

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