

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 4月 24日現在

機関番号：13802

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21570076

研究課題名（和文）

体色および行動を成熟に伴って変化させるアオハダトンボ成虫の情報入力システムの解析

研究課題名（英文）

Wing coloration and courtship behaviour of the damselfly *Calopteryx japonica*

研究代表者

針山 孝彦 (HARIYAMA TAKAHIKO)

浜松医科大学・医学部・教授

研究者番号：30165039

研究成果の概要（和文）：

アオハダトンボは、成虫期に表面色の区別可能な2つの期間を有する。羽化してから生殖に入るまでの前生殖期と、生殖可能な生殖期である。前生殖期の成虫を未成熟個体 (immature)、生殖期の成虫を成熟個体 (mature) と呼ぶ。アオハダトンボでは、成熟雄個体の翅が青く輝き、未成熟雄、未成熟雌および成熟雌の翅は灰色に鈍く反射する。雄の未成熟から成熟個体への移行は顕著だといえる。

本種は、水辺に縄張りをオスが作り、流れ着いた水草などに産卵する。羽化した未成熟個体は水辺の周囲で数日間を過ごし、その期間は主に採餌に時間を費やす。雄の未成熟個体の目立たない薄灰色の翅は、生殖期になるにつれて翅膜部分にメラニンと考えられる黒い色素が蓄積し、翅脈部分の多層膜構造が強調されることで緑色に輝くことがわかった。つまり、成熟期の劇的な翅色の変化は、構造色の新たな形成ではなく、すでに未成熟個体の翅脈に備わっている多層膜による構造色が、翅膜の透過光が現象することによって強調されていたのである。また、成熟雄個体は縄張りを持ち、縄張り内に入る成熟雄個体を積極的に威嚇するが、未成熟雄個体や、未成熟及び成熟雌個体には威嚇行動を示さないことが、行動学的に観察された。これらの翅の表面色を修飾すると、強い反射の翅をもつ個体に対しては雌雄共に対して、成熟雄の威嚇行動が示され、反射を鈍くした翅をもつ個体に対しては威嚇行動が示されないことがわかった。

色や形態に関わる視覚情報は、複眼で受容される。均翅亜目に属するアオハダトンボでは、これまでの報告と同じように、レチナール (A1) と3-ヒドロキシレチナール (A3) が確認されたが、未成熟から成熟個体への移行に伴い A3 が増加していた。網膜微細構造のうち特に反射層が顕著に成熟に伴って大きくなっていることも確認され、成熟個体の視覚情報の優位性が暗示された。

研究成果の概要（英文）：

Damselflies of the genus *Calopteryx japonica* feature two types of colour polymorphism in their wings. The wings of both immature and mature females have a brown-greyish, gynochrome colour. The wings of the immature male also have the gynochrome colour, but the mature male wings have a bright blue-green, androchrome colour, due to iridescent wing veins. We found that the adult males in their territory attack other mature males, but not females and immature males, suggesting that males visually distinguish the androchrome colour. In choice experiments, we presented four different tethered models to territorial males. The territorial male attacked the mature male model, and showed reproductive behaviour display towards the mature female model. Covering the wings of a mature male model with grey spray resulted in a complete disappearance of the aggressive behaviour of the territorial males. On the other hand, female models with wings covered by bright blue-green particles, thus mimicking a mature male, were attacked by territorial males. The results indicate that the bright blue-green iridescence of the wings of *C. japonica* males plays a significant role in male territorial behaviour.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、動物生理・行動

キーワード：視覚コミュニケーション、アオハダトンボ、成熟・未成熟、

高速液体クロマトグラフィー、視力、視細胞、構造色、多層膜干渉

1. 研究開始当初の背景

アオハダトンボの雄は、羽化してから生殖に入るまでの前生殖期と、生殖可能な生殖期に表面色が顕著に異なる2つの期間を有していることがわかっていました。つまり、本種の成熟雄個体の翅は青く輝き、未成熟雄、未成熟雌および成熟雌の翅は灰色に鈍く反射するのである。

2. 研究の目的

この、顕著な未成熟から成熟個体への雄の体色変化の移行に伴い、雄の縄張り行動を達成している情報処理系の解析を、雌雄・未成熟成熟個体で行うことで、昆虫の体表色と行動との関係を明らかにする。

3. 研究の方法

未成熟および成熟個体のそれぞれ雌雄の複眼を用いて生化学的・形態学的に観察する。実際には、視物質発色団を指標として、視物質量を液体クロマトグラフィー法で定量し、電子顕微鏡で微細構造を観察する。

翅の色を変化させている成分を生化学的に推定し、成熟に伴って色が変化する要因を透過スペクトル反射スペクトル測定と併せて推定する。

4. 研究成果

本種では、レチナール (A1) と 3-ヒドロキシレチナール (A3) が確認されたが、未成熟から成熟個体への移行に伴い A3 が増加していた。A1 は、未成熟および成熟個体のそれぞれ雌雄でほぼ同じで、一個体あたり 40pmol 程度含有されていたが、A3 では未成熟な個体では雌雄とも 130pmol 程度であり、成熟個体では 250pmol 程度に上昇し、視物質の総量が成熟個体で 2 倍弱増えていることがわかった。一方、複眼を形成している個眼を透過型電子顕微鏡で観察すると光受容部であるラブドームの総体積は

ほぼ一定だったが、ラブドームを囲む反射層であるパリセードが成熟につれて大きくなり、光吸収に適した構造になっていることがわかった。成熟個体の視覚情報の優位性が暗示されたといえる。

反射スペクトルに関係している翅膜の色素と、翅脈の構造色の主たる成分がメラニンを主成分にしていることが示され、過酸化水素水などでメラニンを破壊すると翅脈も翅膜の色も消失することがわかった。この構造色の構造の「生物模倣体」を作成することで、他個体をコントロールできることがわかった。

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 9 件)

1. *Yoshioka S., Kinoshita S., Iida H., and Hariyama T., Phase-Adjusting Layers in the Multilayer Reflector of a jewel beetle, J. Phys. Soc. Japan, 査読有, 81, 2012, 054801-1 - 054801-7
2. 針山孝彦, タマムシの構造色とその行動、光アライアンス、査読有、23(3)、2012、6-12
3. 針山孝彦, 写真でひもとく未来材料：ナノスケールの光学材料、未来材料、査読有、12(3)、2012、2-5
4. 針山孝彦, 下村政嗣、下澤楯夫、生物規範光学材料—表面構造がもつ巧みな仕組み、未来材料、査読有、11(9)、2011、37-45
5. *D. G. Stavenga, B. D. Wilts, H. L. Leertouwer and T. Hariyama, Polarized iridescence of the multilayered elytra of the Japanese jewel beetle, Chrysochroa fulgidissima, Phil. Trans. R. Soc. B., 査読有, 366(1565), 2011, 709-723

6. 針山孝彦、生物はなぜ構造色をもつのか The Origin of Structural Color、BIO INDUSTRY、査読無、27(12)、2010、14-20
7. A.Ugolini, G.Borgioli, G.Galanti, L.Mercatelli, T.Hariyama*, Photoresponses of the compound eye of the sandhopper Talitrus saltator (Crustacea, Amphipoda), Biol. Bull., 査読有、219(1)、2010、72-79
8. 針山孝彦、動物の視覚コミュニケーションと構造色、生物工学、査読有、88(4)、2010、167-170
9. 弘中満太郎、針山孝彦、昆虫の視覚定位行動とその人工光による変化、日本応用動物昆虫学会誌、査読有、53、2009、135-145

[学会発表] (計6件)

1. 針山孝彦、生物規範光学材料、日本化学会第92回春季年会、2012.3.25.、慶應義塾大学
2. 針山孝彦、生物規範光学材料、日本化学会第91回春季年会、2011.3.11.、講演予稿集紙上
3. 針山孝彦、環世界をもつに至った生物の理解に基づく、人や自然にやさしい経済活動創出の可能性ーなぜ今バイオミメティクスが必要なのか?ー、第59回高分子討論会、2010.9.15-17、北海道大学
4. 堀口弘子、弘中満太郎、針山孝彦、節足動物の偏光受容能と視細胞構造の関連、第34回日本比較内分泌学会大会・日本比較生理生化学会第31回大会合同大会 CompBiol2009、2009.10.23.、千里ライフサイエンスセンター豊中
5. 堀口弘子、弘中満太郎、椿宜高、針山孝彦、カワトンボ科2種における複眼特性の比較、日本動物学会第80回大会、2009.9.17.、静岡県コンベンションアーツセンターグランシップ
6. 針山孝彦・堀口弘子・弘中満太郎・吉岡伸也、動物界における偏光受容細胞の多様性、第11回日本進化学会大会、2009.9.3.、北海道大学

[図書] (計5件)

1. 針山孝彦 (下村政嗣 監修/バイオミメティクス研究会 編集)、シーエムシー出版、次世代バイオミメティクス研究の最前線「第2章 機能解明 2 生物はなぜ構造色をもつのか」、2011、59-66
2. 針山孝彦 (日本化学会 編)、丸善、現代界面コロイド化学の事典ーシャンプーから宇宙まで「昆虫の反射増強表面」、2010、218-
3. 針山孝彦・弘中満太郎、(社)農業電化協会、人工光源の農林水産分野への応用「生物

- と光環境：害虫」、2010、19-29
4. 針山孝彦・津田基之、共立出版、環境生物学ー地球の環境を守るには、2010、全270p
 5. 針山孝彦 (日本比較生理生化学会・寺北明久・蟻川謙太郎 編)、共立出版、見える光、見えない光：動物と光のかかわり「光る構造色」、2009、222-236

[産業財産権]

○出願状況 (計3件)

1. 名称：虫滑落性フィルム
発明者：岡本英子、魚津吉弘、針山孝彦、弘中満太郎、高久康春
権利者：三菱レイヨン株式会社、国立大学法人浜松医科大学
種類：特許
番号：特願 2011-244348
出願年月日：平成 23 年 11 月 8 日
国内外の別：国内
2. 名称：誘引装置、捕虫装置及び捕虫方法
発明者：針山孝彦、弘中満太郎
権利者：国立大学法人浜松医科大学
種類：特許
番号：特願 2011-205132
出願年月日：平成 23 年 9 月 20 日
国内外の別：国内
3. 名称：生物模倣体
発明者：針山孝彦、原滋郎
権利者：国立大学法人浜松医科大学 浜松ホトニクス株式会社
種類：特許
番号：特願 2011-98597
出願年月日：平成 23 年 4 月 26 日
国内外の別：国内

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

http://www.hama-med.ac.jp/uni_education_igakubu_igaku_seibutsu.html

6. 研究組織
(1) 研究代表者
針山 孝彦 (HARIYAMA TAKAHIKO)
浜松医科大学・医学部・教授

研究者番号：30165039

(2)研究分担者

堀口 弘子 (HORIGUCHI HIROKO)

浜松医科大学・医学部・教務員

研究者番号：50324356

(3)連携研究者

()

研究者番号：