

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：72641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K06436

研究課題名(和文) 構造色由来の色彩個体差の発生機構~性選択における構造色の意味を探る~

研究課題名(英文) Mechanism of individual color differences in bird structural coloration

研究代表者

森本 元 (Morimoto, Gen)

公益財団法人山階鳥類研究所・自然誌研究室・研究員

研究者番号：60468717

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)：動物の外見は個体間相互作用の信号として機能する。特に色は個体の質を表す視覚信号の一つであり、多くの動物において個体間闘争やつがい形成などに用いられていることが広く知られている。中でも鳥類はその視覚能力の高さと相まって、外見の色の多様さやその機能の研究が進んだ分類群である。その色彩は機能だけでなく発色メカニズムも多くの研究者の注目を集めてきた。カロテノイドやメラニンといった色素色、羽毛の内部微細構造によって生じる光学現象である構造色は、鳥類の羽毛における主要な発色メカニズムである。色素色に比べると未だ未知の領域が多い構造色について、本課題では個体差が生じる仕組みを検討する研究を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

性選択の雌による選り好みにおいては、雄の派手な装飾形質が個体間信号として機能し、雌はこれを材料として鮮やかな個体をつがい相手に選択する。このとき、色彩は個体の質を表す信号として機能している。なぜそのように派手さが視覚信号として機能するかについては、発色メカニズムの違いを考慮した理解が必要となる。同じく派手であっても、カロテノイド色素とメラニン色素では、派手さの意味が変わってくる。そして構造色がどのような意味を持つ信号であるのかは未知の部分が多い。構造色発色機構の背景の一部を明らかにする本課題は、行動生態学や発生生物学に有用な情報を提供すると同時に、異分野を繋ぐ境界領域研究としての意義も持つ。

研究成果の概要(英文)：The appearance of animals, especially body color, is a function as a visual signal in interaction between individuals. Previous many studies of bird coloration have showed new knowledges of animal colors. Bird colors mainly include carotenoid pigments, melanin pigments, and structural colors. There are many unknown areas regarding structural colors. In this research project, we focused on individual differences in structural color development and tried to obtain new insights into the structural colors of birds.

研究分野：鳥類学

キーワード：構造色 羽毛 鳥類 発色 視覚信号 色彩

1. 研究開始当初の背景

動物の外見は個体間相互作用の信号として機能する。特に色は個体の質を表す視覚信号の一つであり、多くの動物において個体間闘争やつがい形成などに用いられていることが広く知られている。鳥類はこうした色彩研究の代表的な材料であり、多数の先行研究が存在する。そして鳥類の発色は主に、カロテノイドやメラニンといった色素色、羽毛の内部微細構造によって生じる光学現象である構造色によるものである。このように発色メカニズムにはさまざまな仕組みがあり、かつ、個々の研究の進展状況も異なる。前者二つに比べ、構造色は比較的新しい分野であり、未知の領域も多い。前述した個体間の視覚信号として色彩が機能するのは、その波長の程度（鮮やかさ）に個体差が存在するがゆえであるが、これを理解するには、構造色発色メカニズムへの理解が必要である。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、青色など構造色発色をする鳥類を材料として、個体差の発色機構の解明を試みる。同時に、こうした信号が生態における個体間視覚信号とどのように関連するかを検討することを目的とする。

3. 研究の方法

- ・構造色発色する鳥種を材料として、その羽毛を取得し、電子顕微鏡による羽毛内部構造の解析観察からミクロレベルでその構造を調べ、発色の程度との関連性を検討した。
- ・個体間および、種間で比較することで、類似色の共通性と異質性、および、共通構造と異なる構造を明らかにすることによって、色差が生じる構造要因を検討した。
- ・加えて、野生鳥類については、野外生態調査を実施して、その生態（性選択等）と発色との関連性を検討した。

4. 研究成果

- ・青色発色の鳥類複数種を材料として、羽毛内部構造の違いを明らかにした。色味の異なる青色発色をする鳥種（ルリビタキ *Tarsiger cyanurus* : 図 1、イソヒヨドリ *Monticola solitarius*）等で、発色の程度が異なる個体を比較した結果、いずれもスポンジ層と呼ばれる羽毛内部構造と、メラニンの顆粒状の構造が存在することが認められた（学会発表：森本 2018）。



図 1: 構造色による青色発色する鳥種であるルリビタキ *Tarsiger cyanurus*

- ・これら鳥種の羽毛内部構造に見られるスポンジ層は、一見、網目状のランダムな配置の構造に思えるが、実はランダムではなく周期的な構造を内包しており、これにより特定の波長の光を強める仕組みが有ることが、他種による研究から明らかになっている（Prum et al. 1998）。
- ・同様の構造が、今回調査した鳥種でも認められると同時に、発色の異なる個体間で違いも認められた（学会発表：森本 2018）。
- ・加えて、一部の光を吸収すると同時に背景としても機能していると考えられるメラニンの顆粒状構造（メラノソーム）の配置にも差が認められた（図 2: 例としてルリビタキの羽毛内部構造を示した。本研究期間中に、ルリビタキの羽毛内部の発色の仕組みを検討した成果も発表できた（Ueta et al. 2020））。



図 1: ルリビタキの羽毛の断面の電子顕微鏡画像

- ・こうした違いは、種間だけでなく、同種個体間でも、個体差として生じている可能性がある。
- ・さらに、そうした個体差が、野外での生態（雌による選り好みや雄間闘争）において、機能していることが予想される。
- ・本プロジェクトでは、森林性の鳥種であるルリビタキにおいて、そうした野外生態データを取得し、個体の色彩と羽毛内部構造との関連性の解明を試みたが、新型コロナウイルスという未曾有の社会的問題が生じたことによって、2年間の大幅な遅延とデータ取得の失敗が生じた。これにより、生態との関連の解明は不十分に終わった。
- ・こうした新型コロナウイルスによる研究が困難な状況下であったが、ルリビタキの発色メカニズムに関する研究や、そうした知見を活かした書籍の発行等（森本 2018, 秋山 他 2020）、一定の成果を発表できた。

引用文献

1. 秋山 豊子(監修/著/文/編), 池田 謙(著/文/編), 伊藤 祥輔(著/文/編), 合田 真(著/文/編), 近藤 滋(著/文/編), 四宮 愛(著/文/編), 高橋 明義(著/文/編), 橋本 寿史(著/文/編), 廣部 知久(著/文/編), 福澤 利彦(著/文/編), 二橋 美瑞子(著/文/編), 二橋 亮(著/文/編), 持田 浩治(著/文/編), 森本 元(著/文/編), 吉岡 伸也(著/文/編), 若松 一雅(著/文/編)(2018). 動物の体色がわかる図鑑. グラフィック社. 東京.
2. 森本元(2018). 半分青い 構造色発色機構を考える・イソヒヨドリの青いオスと青くないオス. 日本鳥学会 2018 年度大会.
3. 森本元. (2018).鳥の色のバイオミメティクス. アグリバイオ: 956-962.
4. Prum, R. O., Torres, R. H., Williamson, S., & Dyck, J. (1998). Coherent light scattering by blue feather barbs. *Nature*, 396(6706), 28-29.
5. Ueta, T., Fujii, G., & Morimoto, G. Full-model Finite-element Analysis for Structural Color of *Tarsiger cyanurus*' s Feather Barbs.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsuyoshi Ueta, Garuda Fujii, and Gen Morimoto	4. 巻 35
2. 論文標題 Full-model Finite-element Analysis for Structural Color of Tarsiger cyanurus 's Feather Barbs.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forma	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 森本元	4. 巻 2
2. 論文標題 鳥の色のバイオミメティクス	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 956-962
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森本元	4. 巻 42
2. 論文標題 鳥類の羽色と機能は生き抜くために獲得された	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ヘルシスト	6. 最初と最後の頁 12-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 4件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森本 元
2. 発表標題 鳥類の羽毛の色彩
3. 学会等名 バードリサーチ鳥学大会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎優佑・田谷昌仁・森本 元
2. 発表標題 羽毛の機能と進化 羽毛の形状や色彩から飛翔能力や性選択を研究
3. 学会等名 バードリサーチ鳥学大会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 メラニンによる羽色の発色 -茶色・黒色や構造色の青色-
3. 学会等名 第16回バード&スモールアニマルフェア（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 鳥の色彩と構造色
3. 学会等名 我孫子市鳥の博物館・鳥博テーマトーク（講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 半分青い 構造色発色機構を考える・イソヒヨドリの青いオスと青くないオス
3. 学会等名 日本鳥学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 スズメの発色と年齢・性別の関係を考える
3. 学会等名 日本鳥類標識協会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 鳥の色・恐竜の色～なぜ恐竜の色を現代の鳥類の発色から検討できるのか～
3. 学会等名 北海道シンポジウム「恐竜と鳥のはざま」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 羽の青い色が生じる仕組み 他の色とは異なる成り立ち
3. 学会等名 第15回バード&スモールアニマルフェア（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 「鳥と色彩」美しい色の機能や発色の“なぜ”に迫る
3. 学会等名 足立区生涯学習センター山階鳥類研究所連携教養講座（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本元
2. 発表標題 スズメの発色と年齢・性別の関係を考える
3. 学会等名 日本鳥類標識協会2018年度（第33回）全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 マット・メリット(著)、齋藤武馬(監修)・森本元(監修)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 青幻社	5. 総ページ数 110
3. 書名 My Picture Book 世界の鳥	

1. 著者名 上田恵介(監修)、日本野鳥の会(編集)・森本元(分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 山と溪谷社	5. 総ページ数 216
3. 書名 日本野鳥の会のとっておきの野鳥の授業	

1. 著者名 秋山 豊子、池田 謙、伊藤 祥輔、合田 真、近藤 滋、四宮 愛、高橋 明義、橋本 寿史、廣部 知久、福澤 利彦、二橋 美瑞子、二橋 亮、持田 浩治、森本 元、吉岡 伸也、若松 一雅	4. 発行年 2022年
2. 出版社 グラフィック社	5. 総ページ数 324
3. 書名 動物の体色がわかる図鑑	

1. 著者名 BIRDER編集部（編）、森本元（分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文一総合出版	5. 総ページ数 80
3. 書名 ジョウビタキ・ルリビタキ・オジロビタキ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	松原 始 (Matsubara Hajime) (40378592)	東京大学・総合研究博物館・特任准教授 (12601)	
研究 分担者	山口 典之 (Yamaguchi Noriyuki) (60436764)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・教授 (17301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------