

東邦大学学術リポジトリ

Toho University Academic Repository

タイトル	オサムシの構造色多型に関わる進化的要因の検証
作成者（著者）	福田, 真平
公開者	東邦大学
発行日	2024.03.13
掲載情報	東邦大学大学院理学研究科 博士論文 内容の要旨及び審査結果の要旨.
資料種別	学位論文
内容記述	主査: 井上英治
著者版フラグ	none
報告番号	32661甲第1116号
学位記番号	甲第176号
学位授与年月日	2024.03.13
学位授与機関	東邦大学
メタデータのURL	https://mylibrary.toho u.ac.jp/webopac/TD28225101

論文要旨

氏名 福田真平 ⑩

論文題目

オサムシの構造色多型に関わる進化的要因の検証

論文要旨

体色は様々な自然選択を受け、適応進化していく過程で多様化したと考えられる。しかし、構造色をもつ動物の体色は発色特性が複雑なことから色素色の研究と比較し未解明な点が多い。本論文では、構造色により鮮やかな体色が多様化しているオサムシ科のマイマイカブリ (*Damaster blaptoides*) に着目した。マイマイカブリは亜種間で有彩色の体色(赤、緑、青、紫色)と無彩色の黒色を有するため、体色がどのような適応的意義、非生物学的要因、活動特性によって決定しているのかを調べた。

第一の研究では、体色の警告効果を野外生態実験により検証した。警告色は捕食者が鮮やかな体色と不利益(有毒など)を学習することにより機能する体色である。マイマイカブリは体色が鮮やかであるか否かに関わらず、酸性の防御物質をもっている。本研究では赤い体色と黒い体色のマイマイカブリモデルを作成し、モデルへの捕食率とセンサーカメラによる捕食者特定により、体色の適応的意義を調べた。第二の研究では、マイマイカブリの地理的な分布域の広さに着目し、地理的に変化する環境要因によって体色の変化が生じているのかを検証した。甲虫を含むいくつかの昆虫は分布地域の紫外線量や降水量、温度などにより体色の明暗を説明できる。本研究では、グロージャーの法則と光保護仮説の二つを検証するため、全国7亜種(229個体)のマイマイカブリを用いて、体色と環境要因の傾向を調べた。また、構造色の定量化は光学の知識や高価な機材を必要とするため生態学者が研究する上でハードルとなっていた。そこでデジタル画像により明度、色相、虹色の各発色特性を定量化する手法を開発し、有用性を調べた。第三の研究では、マイマイカブリの活動時間が亜種ごとに異なるのかを検証した。有彩色の体色は視覚的なコミュニケーションとして機能していると考えられるため、明条件で活動的であると予想できる。しかし、多くのオサムシは夜行性であることが知られている。そこで、野外生態実験と室内行動実験により活動時間が有彩色と無彩色で異なるのかを調べた。

三つの研究で構造色をもつマイマイカブリの体色は捕食者による生物学的要因や紫外線など地理的な環境要因により影響を受けていることが示唆された。また、そのような環境への適応が体色と活動特性を進化させたことが考えられた。これらの結果から、複数の局所適応によってマイマイカブリ体色の多様化が促進された可能性がある。

論文審査の要旨及び審査結果の要旨

2021年入学	研究分野 生物学	氏名 福田 真平
審査委員	(主査) 東邦大学理学部生物学科准教授 井上英治 (副査) 同上 下野綾子 (副査) 同上 小沼順二	
(論文題目) オサムシの構造色多型に関わる進化的要因の検証		
(論文審査の要旨及び審査結果の要旨) 現在、地球上には約160万種の生物が存在し、そのうち、1/4にあたる約40万種を甲虫が占める。甲虫とは、カブトムシやクワガタムシに代表される、硬い外骨格に覆われた昆虫の分類群であり、形態や体色に著しい変異がみられる。甲虫は、地球の歴史上、種数の繁栄に著しく成功した分類群であるが、適応進化の過程で、いかにその種数を爆発的に増加させたかは、未解明な部分が多い。 そのような甲虫の適応進化過程を解明する上で、オサムシは有効な対象生物といえる。オサムシは、北半球を中心に広く分布し、約1000種が分類されている。その多くは、体の大きさや形に著しい変異がみられる一方、体色の多様性も高い。赤、緑、青、紫、といった綺麗な体色をもつ種が多く、ヨーロッパでは、「歩く宝石」とも呼ばれる。このようなカラフルな体色は、構造色という、独自の機構によって生じている。構造色とは、光の反射で生じる発色であり、近年、低電力ディスプレイや紙幣への新印刷技術として応用科学分野で注目が集まっている。このような構造色がどのように適応進化するかは、基礎科学である生物学において重要といえる。 以上の学問的背景のもと、福田氏は、マイマイカブリの構造色進化の研究を行った。マイマイカブリとは、日本に広く生息するオサムシの1種であり、各地域個体群で、著しい体色変異がみられる。北海道は緑、東北は赤、佐渡島は紫、関東は青、西日本は黒、といった、美しい体色変異がみられるが、その体色の究極要因や至近要因は未解明であった。 初めに、福田氏は、マイマイカブリの体色の適応的意義を解明するために、マイマイカブリに似せた模型を3Dプリンターで作製し、捕食者からの攻撃率を調べるといった実験を行った。福田氏は、赤模型と黒模型という2種類の模型を赤いマイマイカブリが生息する地域に設置した結果、捕食者は赤い模型の捕食を避けるといった結果を発見した。この結果は、マイマイカブリの派手な体色が、警告色として適応進化した可能性を示唆している。 次に、福田氏は、各地域からマイマイカブリを採集し、それらの色と各地域		

の環境要因に、どのような関連性があるかを検証した。一般化線形混合モデルに基づく解析の結果、各地域個体の輝度（体色の明るさ）と紫外線量に負の相関があることを見出した。この結果は、紫外線が多い低緯度・高標高地域では、相対的に黒い個体が進化していることを示唆している。以上から、福田氏は、紫外線から体を守るうえで重要なメラニンを、適応進化の過程で増加させた可能性を指摘した。

最後に、福田氏は、これらマイマイカブリの時間ニッチの研究も行った。「体色が明るい個体は、その体色の適応的意義から、夜間より昼間に活動する傾向が高い」、との仮説を立て、野外調査と室内実験を行った。野外実験の結果、派手な体色のマイマイカブリほど、昼間に活動している傾向が高いことを示した。同一環境で生まれた室内個体も同一の結果を示したことから、このような活動時間の違いが遺伝的要因によって生じている可能性を指摘した。

以上の結果から、マイマイカブリの体色は警告色として機能し、特に、昼間の活動において有効に働いている可能性が示された。一方で、体色は、紫外線の防御機構としても機能していることを示唆しており、これらのメカニズムによって、マイマイカブリの体色が多様化していると考えられる。同様の機構が、他のオサムシでも機能しているかを検証することが今後重要であるが、以上のメカニズムが、甲虫体色の多様化、ひいては、昆虫の種数増加にも寄与している可能性が考えられ、学術的に高く評価できる。よって、全審査委員は、福田真平が博士（理学）の学位を受けるのに十分な学力と資格があると認めた。

最終審査の結果の要旨

2021年入学	研究分野 生物学	氏名 福田 真平
審査委員	(主査) 東邦大学理学部生物学科准教授 井上英治 (副査) 同上 下野綾子 (副査) 同上 小沼順二	
成績 合格		
<p>(最終試験結果の要旨)</p> <p>令和6年2月14日、公開の審査会において、論文内容を発表させ、質疑応答を行った。また、審査委員は、学位申請者に対して、学位論文の内容と関連事項に関して口頭試験を行った。その結果、福田真平氏が博士の学位を受けるに十分な学識を有すると判断し、全審査委員は一致して、最終試験を合格と判定した。</p>		