

宿主変われば色変わる

—ナマコ寄生性ゴカイ類のカモフラージュ—

概要

保護色によるカモフラージュは、捕食を免れるための手段として幅広い生物で知られています。ナマコウロコムシは、ナマコ類の体表に寄生するゴカイ類ですが、複数の種を宿主として利用し、驚くべきことに各個体が利用する宿主種と同じ体色（黒、白、茶など）を持ちます。この宿主特異的な保護色が、種内の可塑性によるものなのか、宿主ごとへの遺伝的分化に起因するものなのか不明でした。杉山高大 理学研究科博士課程学生（研究当時）、後藤龍太郎 フィールド科学教育研究センター助教、朝倉彰 同特任教授、下村通誉 同教授、小林元樹 大阪教育大学特任講師、Chloé Julie Loïs Fourreau 琉球大学博士課程学生、James Davis Reimer 同教授、濱本耕平 愛媛大学助教らの研究グループは、琉球列島において14種のナマコ類から本種を採取し、各個体と宿主の体色の一致パターンを明らかにするとともに、ミトコンドリア遺伝子およびゲノム情報（SNPs）の比較により、宿主特異的な保護色が遺伝的分化に基づくものでないことを示しました。この結果は、宿主に応じたカモフラージュが種内の可塑性によって達成されていることを示しています。本研究成果は2025年12月10日にドイツの国際学術誌「Marine Biology」に編集長が選ぶハイライト論文として掲載されました。



様々なナマコ類に寄生するナマコウロコムシ。全て同種。宿主の体色にあった体色を示す。

(Photo credit : 後藤龍太郎・杉山高大・Chloé J.L. Fourreau)

1. 背景

保護色によるカモフラージュは、生物が捕食者から発見されることを免れるための手段の一つです。幅広い動物で見られる現象であり、海洋においては魚類、貝類、甲殻類など様々な分類群において知られています。環形動物では、寄生性の多毛類（いわゆるゴカイの仲間）であるナマコウロコムシ *Gastrolepidia clavigera* Schmarda, 1861 がその際たる例です。本種は、インド-太平洋の暖かな浅海に生息し、ナマコ類の体表に寄生します。興味深いことに、利用する宿主のナマコ類の体色とよく似た体色（黒、白、茶など）によって、宿主の体表へとカモフラージュすることが知られてきました。一方、寄生性の生物ではしばしば、宿主の種ごとに遺伝的分化を遂げた集団（ホストレース）や隠蔽種が見られることが報告されています。ナマコウロコムシの各色彩型も、ホストレースや隠蔽種の可能性があります。

そこで本研究では、琉球列島において、宿主の体色とナマコウロコムシの体色の一致パターンを詳細に明らかにするとともに、宿主の体色に応じた保護色が、種内の可塑性によるものなのか、あるいは遺伝的分化によるものかどうかを明らかにすることを目的として実施しました。

2. 研究手法・成果

本研究ではまず始めに野外調査を実施し、ナマコウロコムシがそれぞれの宿主種に対してどのような体色を示し、カモフラージュしているのかを検証しました。琉球列島（沖縄本島、阿嘉島、西表島）の温暖な浅海域において、ナマコウロコムシおよびその宿主を観察し、サンプリングを行いました。その結果、本種が 14 種のナマコ類（うち、6 種は宿主として初記録）から採集され、宿主の体色とよく似た体色を有していました。先行研究の結果と合わせると、本種は 31 種類にも及ぶナマコ類を宿主として利用し、宿主に応じた保護色を示すことが明らかになりました。

次に、利用する宿主の種や体色の違いが遺伝的な違いに基づくものかどうかを明らかにするために、ミトコンドリア遺伝子の COI 領域の塩基配列の比較および次世代シーケンス技術 MIG-seq による SNP の比較を実施しました。その結果、宿主の種や体色に応じた遺伝的な違いは見られませんでした。

以上の結果からナマコウロコムシは、宿主の体色とよく似た体色を、利用する宿主に応じて後天的に獲得していることが示唆されました。このことは、種内の可塑性により、様々な体色の宿主に対して、本種が柔軟に体色を変えてカモフラージュを達成していることを示しています。

3. 波及効果、今後の予定

自身の体色を宿主の体色と一致させるカモフラージュは、寄生・共生性の貝類、甲殻類、魚類など様々な分類群で知られていますが、ナマコウロコムシのように宿主によって柔軟に体色が変わることが明らかになったものは稀です。今後更なる探索により、本種のような宿主に応じたカモフラージュがより多くの寄生生物で見つかるかもしれません。では、ナマコウロコムシはどのようにして、宿主と一致した体色を獲得しているのでしょうか。今後は、その詳しいメカニズムの解明に取り組んでいく予定です。宿主に応じた体色が個体レベルでどのようにして形成されるのかを明らかにするためには、ナマコウロコムシ及びその宿主の体色色素の分析や比較、異なる体色の宿主間での載せ替え実験による体色変化過程の観察などが重要であると考えています。

本研究成果は 2025 年 12 月 10 日にドイツの国際学術誌「Marine Biology」に編集長が選ぶハイライト論文として掲載されました。編集長によるコメントは以下からご確認ください。

Uthicke, S. Editorial comment on the highlight article “Host specific camouflage in a holothurian-ectoparasitic scale worm: testing the host-race hypothesis using COI and genome-wide SNP data” by Sugiyama et al.. Mar Biol 172, 177 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00227-025-04749-7>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-025-04749-7>

4. 研究プロジェクトについて

公益財団法人水産無脊椎動物研究所の育成研究助成 IKU-10 (2020)、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2110、JSPS 科研費 JP22J12554、JP22KJ1820、L-INSIGHT

<用語解説>

1. ホストレース：同種でありながら、利用する宿主ごとに遺伝的に分化しつつある集団のこと。

<研究者のコメント>

「カモフラージュは動物において普遍的に存在する非常に興味深い現象でありながら、主要な分類群以外では知見が乏しいのが現状です。環形動物であるナマコウロコムシの見せる精巧なカモフラージュを理解することが、今後幅広い海産無脊椎動物における体色研究がなされるための礎となることを、強く願っています。」(杉山高大)

「今回の研究によって、ナマコウロコムシは遺伝的分化ではなく種内の可塑性によって宿主に体色を合わせていることが確かめられました。ではどのようなメカニズムで巧みに様々な体色の宿主と体色を一致させることができるのでしょうか、その不思議に興味を尽きません。詳しいカモフラージュのメカニズムを今後明らかにしていけたらと思っています。」(後藤龍太郎)

「多くの海洋生物において、色々な環境に生活する種が実際はよく似た複数の隠蔽種を含むという例が、DNAを用いた研究を通して多く報告されている。しかしながら、ナマコウロコムシの場合は単一種でありながらも体色を変え、多くの宿主上で生活できるよう適応していることが、今回の研究から明らかになった。環境に対して柔軟に適応する、海の生き物の在り方には驚かされる」(Chloé J.L. Fourreau)

「ナマコに共生する生物は多く知られ、他にもナマコマルガザミやセトモノガイ、カクレウオなどが有名です。今回発見された知見が、こうした他の生物にも当てはまるものなのか、はたまた異なるのか、そもそもどのように生殖・分散を行っているのか…ナマコと共生生物を巡る冒険は、まだまだ続きそうです」(濱本耕平)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Host specific camouflage in a holothurian-ectoparasitic scale worm: testing the host-race hypothesis using COI and genome-wide SNP data ナマコ体表寄生性ウロコムシ類における宿主特異的なカモフラージュ：COI遺伝子及びゲノムワイドなSNPデータを用いた「ホストレース」仮説の検証

著者：Takahiro Sugiyama, Genki Kobayashi, Chloé Julie Lois Fourreau, Kohei Hamamoto, James Davis Reimer, Michitaka Shimomura, Aakira Asakura, Ryutaro Goto

掲載誌：Marine Biology DOI： <https://doi.org/10.1007/s00227-025-04744-y>