

ミナミヌマエビ(学名：*Neocaridina denticulata*)の 視覚的な刺激による体色変化

北海道札幌啓成高等学校 理数科(2023年入学)6班
小林航大 日下大駆 佐藤颯真 菅原千寛 水谷龍斗

Neocaridina denticulata is commonly known as a kind of ornamental shrimps and has the ability to exhibit metachrosis to camouflage itself based on the visual information from its surroundings. To understand the characteristics of this metachrosis, we conducted experiments on two aspects: effects of different surrounding colors and variations in metachrosis across body parts. By using XY chromaticity diagrams to analyze the change, regarding surrounding colors, we found that the shrimp tended to change the color to warm colors strongly. Additionally, regarding differences for each part, metachrosis of the abdomen was the significant change. These results indicated that there are colors to which the shrimp changes effectively, and the abdomen is effective for metachrosis to protect the body. However, there were some blue individuals before experiments. So, we propose verifying it, along with an increased sample size, for our future research.

キーワード：ミナミヌマエビ 体色変化 XY 色度図 RGB 値

1. 序論

地球上には、数え切れない種類の生物が存在し、それぞれが進化の過程で独自の特徴を獲得した。その特徴の多くは、捕食者から身を守るために得たものであり、その一例として、擬態というものが存在する。

擬態とは自分とは他のものに、様子や姿を似せることであり、擬態する能力をもつ動物にはイカやタコなどが有名である。彼らの擬態のメカニズムについて多くの研究がされていて、それらの研究は生物の進化や生態についてさらなる発見をもたらしている。

十脚目ヌマエビ科カワリヌマエビ属であるミナミヌマエビは、温厚な性格でサイズが小さいため、水槽などで飼育されることの多い、淡水エビである。ミナミヌマエビもまた周囲の色に体色を変化させることで擬態する能力を持っていることで知られている。先行研究として、知立東高校自然科学部が本種を対象とした研究に取り組んでいる。色分けされた区画に対してどの色で止まるかという実験により、視覚情報に対するミナミヌマエビの行動志向性について報告されている。

そこで、動物の体色変化に興味をもっていた私たちは、このミナミヌマエビを研究対象とし、視覚情報と体色変化についての研究を試みることにした。

本研究の目的は、ミナミヌマエビが視覚情報によって起こす体色変化において、周囲の色の違いにより、全身の体色がどれほど変化するのか、並びに、からだの各部位ごとの体色の変わり度合いに違いがあるのかを明らかにすることである。

私たちは、ミナミヌマエビを特定の色で囲み、視覚情報により体色変化を起こし、その変化を1時間ごとに撮影した。そして、その写真からミナミヌマエ

ビの体色のRGB値を測定し、XY色度図を用いて分析を行なった。その結果と生態的意義について考察されることを報告する。

2. 実験材料

2.1 実験対象

ミナミヌマエビ(*Neocaridina denticulata*)を実験対象として使用した。

2.2 採取方法

ジョイフルエーケー大麻店で、2024年7月に10匹、2024年11月に10匹購入した。飼育時、繁殖等によりその数の増減が確認された。

2.3 飼育方法

縦28cm、横26cm、奥行き17cmの水槽に砂利、カルキ抜きした水道水、エアーポンプ、アナカリス(*Egeria densa*)を入れ、その中にミナミヌマエビを入れて飼育した。水温は23°C~25°Cの、概ね一定の温度であった。エサは、市販のヌマエビ用のエサ(フィッシュミール等)を週2回、適量を与えた。エサに含まれる色素が起因した個体の体色変化の可能性については、十分無視できるようなエサを用いた。

2.4 実験個体

飼育環境から体長1.5cm以上の個体を飼育環境から実験環境に移動させ使用した。また、実験に使用された個体については、ランダムに選択されている。

3. 予備実験

3.1 実験環境

水温約25°C、照度約550ルクスの、概ね一定に保たれた環境で実験を実施した。

3.2 実験容器

300mlビーカーに、飼育環境と同じ水を250ml程度入れたものを実験容器として選択した。また、折り紙(DAISO 厚別東店で購入/片面が白色、片面が色付き)2枚をテープを用いて横につないだものを用いた。今回の実験では、橙色と青色の二種類の折り紙を用いた。

つないだ折り紙をビーカーの外側に、色の面が内側を向くように巻き付け、内側から見た色が橙色、または青色のビーカーをそれぞれ作成した。

3.3 実験の目的

飼育環境と同環境の下で、期待されるような体色変化が起きるのかを検証する。

3.4 実験方法

実験容器に、ランダムに選択されたミナミヌマエビを一匹入れ、その後30分ごとに計6回写真を撮影し、個体の体色の変化を観察した。

3.5 実験結果

オレンジ色と青色の両方で体色変化を確認することができた。またどちらの色でも、ミナミヌマエビの頭部の方が腹部や尾扇部よりも濃い色に変色したことが確認できた。しかし体色変化の度合いを数値で表す方法を考えていなかったため、我々の目視での確認になってしまった。よって、本実験では体色変化を数値化する方法を考える。

4. 本実験準備

4.1 実験環境

予備実験と同様の環境。

4.2 実験容器

図1の容器の中にカルキ抜きされた水を入れ、側面、底面に、予備実験と同じように色紙(赤/青/黄)を貼り、その中にミナミヌマエビを入れた。

また、本実験では色素胞の種類(赤色素胞、青色素胞、黃色素胞)に合わせ、赤・青・黄色の色紙を使用した。

4.3 データ分析

ミナミヌマエビの1時間ごとの体色の推移を定量的に調べるために、本実験ではXY色度図(CIE1931)を用いた(4.4参考)。

また、図2が我々が作成したXY色度図の一例である。この図は、ミナミヌマエビのある部位における色が矢印のように推移したことを意味する。

我々は、XY色度図における始点、終点を

$$S(X_S, Y_S), G(X_G, Y_G) \text{ とし、}$$

$$\Delta X = \frac{X_G - X_S}{5}, \Delta Y = \frac{Y_G - Y_S}{5},$$

$$(1 \text{ 時間あたりの変化量}) = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

このように1時間あたりの変化量を定義した。

4.4 XY 色度図について

XY色度図とは、人間の可視光の範囲で、赤(R)、緑(G)、青(B)の光の強さの相対値から、色を馬蹄形の平面図に表したものである。

図3にXY色度図(CIE1931)の全体図を示した。

XY色度図の表す境界における色は純色であり、中心に近いほど無彩色である。

これを用いることで、RGBの3変数を1つの平面に単純化した形で表し、色の推移をグラフとして視覚的に追うことができる。

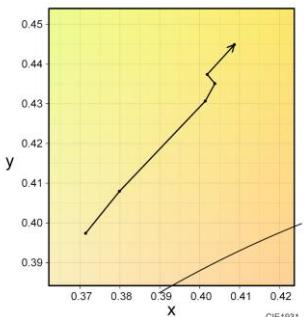


図2:XY 色度図の例

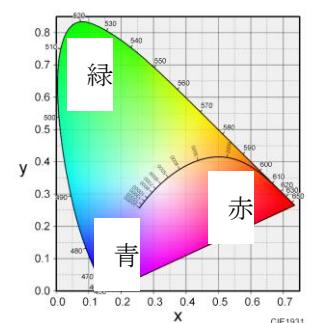


図3:XY 色度図(CIE1931)
の全体図

5. 本実験

5.1 目的

ミナミヌマエビの視覚情報による体色変化において、

- ①周囲の色の違いに対する全身の体色変化の度合い
- ②からだの各部位ごとに対する体色変化の度合い
この2つを明らかにすることを目標とした。

5.2 実験方法

- ①実験容器に入ったミナミヌマエビ(実験内で、個体はすべてランダムに抽出されている)

を容器上部から撮影する。(1時間毎、計6回)

- ②図4のように各写真のミナミヌマエビを上から頭部、腹部、尾扇部の3つに分け、各部位ごとに写真を切り抜いた。ibisPaintXを用いて切り抜いた写真の色を混ぜ、その区域の色を平均化させた画像を作成した。

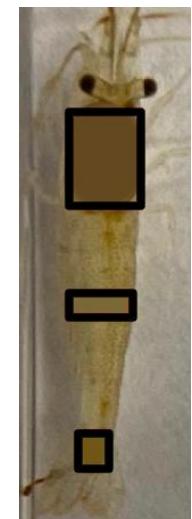


図4:部位の分け方

- ③②で作成した画像のRGB値を色彩ヘルパーを用いて測定し、各色、各部位ごとに混ぜた色のRGB値をまとめた。

- ④各色において計5回の実験を行った。各実験回における色と個体数については以下の表に表す。

表 1:各実験回における使用個体数について

	飼育数	赤	青	黄
実験 1 回目	23	2	2	2
実験 2～5 回目	23	3	3	3

5.3 結果

腹部における、色ごとの体色の推移を図 3、黄色における、部位ごとの体色の推移を図 4 に表した。①～③は図 5 について、④～⑥は図 6 についての結果である。

①赤色の色紙を貼った容器で実験した個体の XY 色度図は、赤色系の集まる領域(X 座標 0.73、Y 座標 0.26 付近)よりも、黄色系の集まる領域(X 座標 0.5Y 座標 0.5 付近)に向かっていく結果となった。

1 時間あたりの変化量は 0.0121 である。

②青色の色紙を貼った容器で実験した個体の XY 色度図は、初めの1時間、XY 色度図の青色系の

集まる領域(X 座標 0.175、Y 座標 0 付近)に進んだが、その後折り返し、黄色系の集まる領域に向かっていく結果となった。

1 時間あたりの変化量は 0.0014 である。

③黄色の色紙を貼った容器で実験した個体の XY 色度図は、黄色系の集まる領域にまっすぐ向かっていく結果となった。

1 時間あたりの変化量は 0.0162 である。

④頭部の体色変化についての XY 色度図は初めの 1 時間、橙黄色に向かい、その後は右往左往する結果となった。

1 時間あたりの変化量は 0.0103 である。

⑤腹部の体色変化についての XY 色度図は、黄色系の集まる領域にまっすぐ向かっていく結果となつた。

1 時間あたりの変化量は 0.0162 である。

⑥尾部の体色変化についての XY 色度図は、黄色系の集まる右上にまっすぐ向かい、腹部と似た結果となつた。

1 時間あたりの変化量は 0.0145 である。

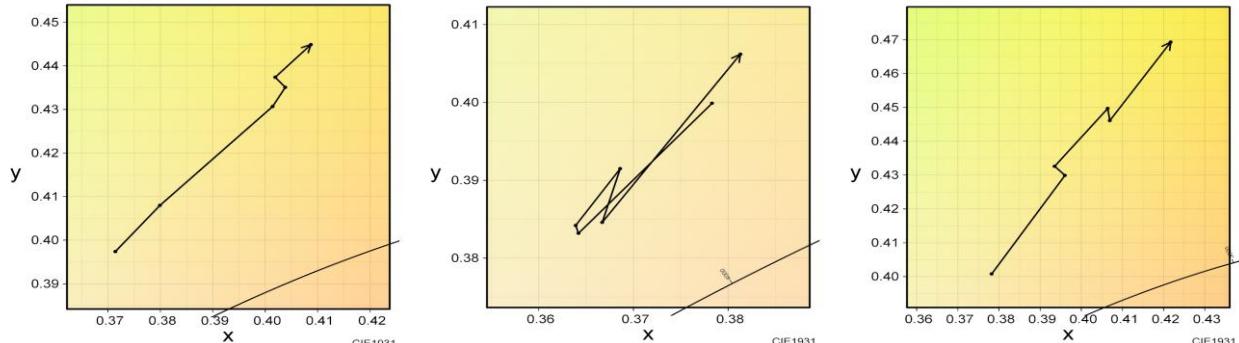


図 5:色ごと(腹部)における 1 時間ごとの体色の推移
(左から順に、赤、黄、青)

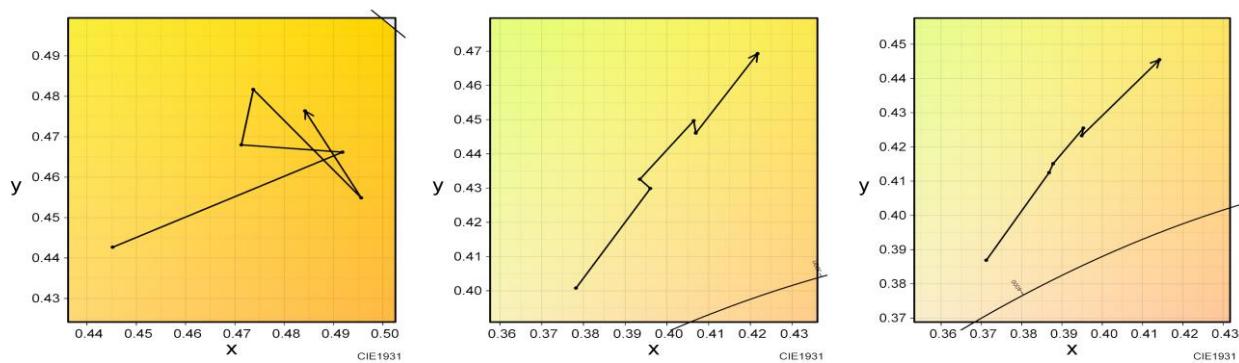


図 6:部位ごと(黄色)における 1 時間ごとの体色の推移
(左から順に頭部、腹部、尾扇部)

5.4 考察

結果より、周囲の色の違いに対する全身の体色変化の度合いは1時間あたりの変化量から

青 < 赤 < 黄

となった。これより、ミナミヌマエビは暖色系の方が擬態しやすく、体色変化を起こす色には得意、不得意があると考察できる。

また、からだの各部位ごとの体色変化の度合いについては1時間あたりの変化量から

頭部 < 尾扇部 < 腹部

となった。腹部の体色変化の度合いが大きいのは、腹部がからだの大半を占めるため、腹部の体色変化を起こすことが擬態にはもっとも効果的だからであると考察する。

6. 結論

ミナミヌマエビの視覚情報により起こす体色変化において、体色変化する色には得意・不得意があり、暖色系の方が擬態しやすい。また腹部がもっとも体色の変化が大きく、起こしやすい。それは、腹部がからだの大部分を占める部位であるため擬態においてとても有効的だからである。

7. 今後の展望

今回の実験結果では、青色に体色変化を促した個体の体色はあまり変化を見せなかつた。しかし、実験に使用した個体の中には、体色変化の実験を行う前から青い体色をもつ個体が見られたため、視覚情報による体色変化以外の要因で青い体色を獲得する可能性があると考えられる。このことから、ミナミヌマエビの青い体色の獲得に関する研究はさらなる研究の課題として挙げられる。また今回の研究結果の至近要因の特定や、正確性をさらに高めるための展望として、体色変化に大きく関連する色素胞のミナミヌマエビにおける詳細な場所の特定をすることも考えられる。その他にも、カワリヌマエビ属のミナミヌマエビ以外の種でも同様の実験を行い、カワリヌマエビ属共通の特徴の発見に向けた研究へと発展させることも考える。

8. 謝辞

本研究にご協力していただいた酪農学園大学の松本先生、本校の今岡先生、中島先生、村田先生、研究の進行において助言、ご指導していただき本当にありがとうございました。

9. 参考文献

- (1) Xiqin Lu 他 (2022), 「The occurrence process of chromatophores in three body color strains of the ornamental shrimp *Neocaridina denticulata sinensis*」, *Zoomorphology*, Volume 141, p283-

295

- (2) 国立開発研究法人国立環境研究所、「カワリヌマエビ属」(最終閲覧日:2025年2月26日)
https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/D_B/detail/70530.html
- (3) 愛知県立知立東高等学校 自然科学部ヌマエビ班、「ミナミヌマエビの色の識別と記憶について」(最終閲覧日:2025年2月28日)
http://kbrs.html.xdomain.jp/R04/paperR04_07.pdf
- (4) 千葉県学校教育情報ネットワーク、「メダカの体色変化の教材化—生命現象を個体から細胞へと通じて理解するー」(最終閲覧日:2025年2月28日)
<https://www.chiba-c.ed.jp/shidou/k-kenkyu/H23/rika-5.pdf>

10. 付録

- (1) 色彩ヘルパー
<https://apps.apple.com/jp/app/色彩ヘルパー/id541379161>
- (2) ibisPaint <https://ibispaint.com/>
- (3) Capcut <https://www.capcut.com/ja-jp/>
- (4) 色度図作成ソフト Color AC <http://phonon-spectrum.com/>