

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：37301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06831

研究課題名(和文) 恐怖情動バイアスが駆動する警告色の社会学習モデルの検証

研究課題名(英文) Social learning driven by fear-emotional bias establish aposematism

研究代表者

持田 浩治 (Mochida, Koji)

長崎総合科学大学・総合情報学部・准教授

研究者番号：60583474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、赤黒縞模様を生得的に忌避する認知傾向(恐怖情動バイアス)を利用して、ニホンザルが他者の行動を観察するだけで警告的学習ができることを明らかにした。こうした赤黒縞模様、もしくは赤色刺激を忌避する認知傾向は、霊長類や鳥類だけでなく、両生類や魚類においても存在することを明らかにした。赤色に対する恐怖情動バイアスは、両生類の非連合学習や魚類の連合学習も促進することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトは赤色に対して恐怖情動を想起することが知られている。また、経験的に、赤色を恐怖や危険と関連した広告や信号として利用してきた。本研究は、こうした赤色に対する情動バイアスが両生類や魚類においても存在することを示唆し、ヒト心理特性の起源について重要な知見を投げかけた。また、このバイアスは、ヒトだけでなく、ヒト以外の霊長類から魚類において、恐怖や危険と関連する様々な学習を促進することを示唆した。

研究成果の概要(英文)：Observational learning in primates (Japanese macaques) can establish avoidance of a dangerous object associated with aposematic coloration, through a fear response against a red and black color pattern. Amphibians and fishes, similar to macaques, innately showed fear responses against a red and black color pattern or red color stimuli. This cognitive predispositions contribute to not only observational learnings but also individual learnings (non-associative and associative learnings).

研究分野：動物生態学

キーワード：警告色 擬態 社会学習 恐怖学習

## 1. 研究開始当初の背景

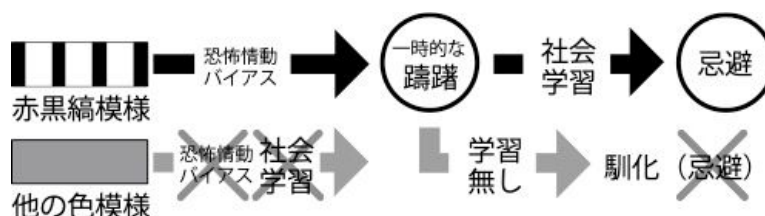
自分の不味さや危険さを捕食者に警告するために目立つ体色(警告色)をもつ動物は、捕食者に以前経験した餌と同じように自分が不味いもの、危険なものであることを認識させる必要がある。なぜなら捕食者は、以前経験した餌の体色を手がかりに不味さや危険さを学習し、類似した餌への攻撃を回避するからである(個体学習モデル)。結果として、警告色は捕食者の経験と学習によって互いに似通う方向に進化すると期待される(Lindström *et al.* 2001 PNAS)。この警告色による防衛は、捕食被食関係において幅広くみられる現象であり、古くから多くの研究が行われてきた。しかし、この警告色を説明する従来の個体学習モデルには、以下の3つの問題が指摘されている(Ruxton *et al.* 2004 Avoiding Attack)。毒ヘビのような致命的な危険性をもつ警告的動物に対して、捕食者は試行錯誤する学習機会がない。警告色をもつ個体が隠蔽的な体色をもった種から出現する創出段階において、目立つ少数派の警告的個体は、捕食者による学習が成立する前に死に絶えてしまう。野外に生息する警告的動物には、学習の成立が難しいような互いに類似していない警告色が少なくない。

近年、これらの問題を説明するために、試行錯誤しない他者の行動をモデルとした社会学習(観察学習)と(Thorogood *et al.* 2017 Nat Ecol Evol)、ヘビ類の警告色に代表される赤黒の縞模様を生得的に忌避する認知傾向(恐怖情動バイアス)が注目されてきた(Exnerová *et al.* 2006 Behav Ecol)。しかし、前者の観察学習による警告色忌避実験は成功しなかった。また後者の刺激は、試行錯誤する機会がなければ、すぐに馴化し、忌避しなくなる。つまり、この色刺激を忌避し続けるためには、不味さや危険さを試行錯誤(個体学習)する必要がある(個体学習モデルの問題は解消されない)。

## 2. 研究の目的

本研究は、ヘビ類の警告色様の赤黒縞模様を生得的に忌避する認知傾向(恐怖情動バイアス)と、他者の行動をモデルとした社会学習(観察学習)を組み合わせた社会学習モデルの妥当性を検証する。これにより、上述の個体学習モデルの問題が解消する。具体的には、赤黒の縞模様を生得的に忌避する霊長類(ニホンザル)が、同刺激を警戒する他個体の行動を観察することで、試行錯誤せずに、同様の刺激を忌避し続けることを明らかにする。

また社会学習モデルが、縞模様をもつ特定の毒ヘビを忌避する必要のある霊長類や鳥類に限定されない汎用性のあるモデルかを検討する。具体的には、体色や毒性に関わらず、ヘビが無害もしくは脅威となる魚類や両生類においても警告色様の赤黒縞模様を生得的に忌避することを明らかにする。



## 3. 研究の方法

### (3-1) 霊長類(ニホンザル)を用いた社会学習モデルの検証

観察学習は、学習刺激を警戒している他個体をモニター越しに観察することで行う。ウィスコニン型汎用テスト装置(WGTA)を用いて、学習前後の各提示刺激に対する忌避反応を測定する。WGTAでは、提示される餌の下に被験者に見えるように各刺激が配置され、被験者の忌避行動の有無と餌回収速度が測定される。刺激は、赤黒縞模様を含めた様々な色模様塗装されたヘビ型模型、赤黒縞模様を含めた様々な色模様塗装された非生物的模型を用いた。刺激を忌避する場合、忌避行動が観察され、餌回収速度が遅くなることが期待される。

### (3-2) 魚類(ゼブラフィッシュ)における赤黒縞模様忌避の検証

実験個体に赤黒、緑黒、紫外黒で構成する縦縞模様色板とコントロールの透明板を提示し、刺激提示区間での滞在時間とフリージング時間を計測する。次に、赤黒で構成する横縞模様とドット模様、赤単色板を提示し、刺激提示区間での滞在時間とフリージング時間を計測する。刺激に対して恐怖情動が想起するのであれば、刺激提示区間での滞在時間が短くなり、フリージング時間が長くなることが期待される。

### (3-3) 魚類(ゼブラフィッシュ)における赤色刺激による連合学習の促進

実験3-2より、魚類でも赤色刺激を忌避することが明らかになったので、赤色刺激が学習(連合学習、逃避学習)の成立に影響するかを検討する。赤色光を含む異なる光追加条件で、手網に

よる追尾刺激を与えるトレーニングを行い、その後、光追加無し条件で手網提示に対する忌避反応のテストを行う。赤色刺激が学習を促進するのであれば、赤色光追加条件でトレーニングした個体は、手網刺激に対して強く反応することが期待される。

#### **(3-4) 両生類（ダルマガエル）における赤色刺激による非連合学習の促進**

両生類でも、赤色刺激が学習（非連合学習、鋭敏化）の成立に影響するかを検討する。赤色光を含む異なる光追加条件で、ダルマガエルの幼生の尾部に接触刺激を与えるトレーニングを行い、その後、光追加無し条件で接触刺激を与えるテストを行う。赤色刺激が鋭敏化を促進するのであれば、赤色光追加条件でトレーニングした個体は、テスト刺激に対して強く反応することが期待される。

#### **(3-5) 両生類（アカハライモリ）におけるヘビ特異刺激に対する反応**

以上の実験より、赤黒縞模様、もしくは赤色刺激を生得的に忌避する認知傾向（恐怖情動バイアス）が、ヘビ忌避と関連しないことが示唆された。そこで両生類において、ヘビ忌避と関連した刺激の種類や有無を検討した。本実験では、ヘビの舌だし刺激に対するアカハライモリの反応を検討した。

### **4. 研究成果**

#### **(3-1) 霊長類（ニホンザル）を用いた社会学習モデルの検証**

観察学習前のニホンザル被験個体は、赤黒縞模様刺激を形状（ヘビ型、非生物型）に関わらず、忌避した。赤黒縞模様に塗装されたヘビ型モデルを忌避する他個体を観察した後、被験個体は、赤黒縞模様刺激のヘビ型モデルだけを選択的に忌避するようになった。この忌避反応は、1ヶ月後の追試実験でも確認された。つまり恐怖情動バイアスと観察学習により、試行錯誤せずに、赤黒縞模様ヘビ刺激忌避が維持されることが明らかになった。

#### **(3-2) 魚類（ゼブラフィッシュ）における赤黒縞模様忌避の検証**

赤黒縦縞刺激条件下で、緑黒や紫外黒縦縞刺激条件よりも刺激提示区間での滞在時間が短くなり、フリージング時間が長くなった。赤黒で構成する模様のなかでも縦縞刺激条件が、横縞刺激やドット刺激条件に比べて刺激提示区間での滞在時間が短くなり、フリージング時間が長くなった。つまり体色や毒性に関わらず、ヘビが無害な魚類においても警告色様の赤黒縞模様を生得的に忌避することが明らかになった。

#### **(3-3) 魚類（ゼブラフィッシュ）における赤色光刺激による連合学習に与える影響**

赤色光条件下でトレーニングしたゼブラフィッシュ個体は、他の光下条件下でトレーニングした個体に比べて、手網に対する忌避反応が持続する効果がみられた。つまり、赤色刺激は魚類においても忌避回避のような連合学習を促進することが明らかになった。

#### **(3-4) 両生類（ダルマガエル）における赤色光刺激が非連合学習に与える影響**

赤色光条件下でトレーニングしたダルマガエル幼生は、他の光下条件下でトレーニングした個体に比べて、刺激に対する鋭敏化がみられた。刺激に対する鋭敏化は、トレーニング後2週間程度、維持された。つまり、赤色刺激は両生類においても忌避回避のような非連合学習を促進することが明らかになった。

#### **(3-5) 両生類（アカハライモリ）におけるヘビ特異刺激に対する反応**

アカハライモリ個体は、ヘビの舌だし刺激に対して尾を使ったディスプレイを行った。このディスプレイは、ヘビ頭部の接触刺激に対してはほとんど見られなかった。またヘビ特異的に反応するディスプレイは、赤黒縞模様刺激を提示しても見られなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Mochida K., Mori A.	4. 巻 2021
2. 論文標題 Antipredator behavior of newt ( <i>Cynops pyrrhogaster</i> ) against snakes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0258218	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 持田 浩治, 香田 啓貴, 北條 賢, 高橋 宏司, 須山 巨基, 伊澤 栄一, 井原 泰雄	4. 巻 70
2. 論文標題 社会学習による行動伝播の生態学における役割	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本生態学会誌	6. 最初と最後の頁 177-195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18960/sei tai.70.3_177	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 持田浩治, 高橋宏司
2. 発表標題 赤色による魚の恐怖情動の促進
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高橋宏司, 持田浩治
2. 発表標題 赤色によるサカナ・オタマジャクシの恐怖学習の促進
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 持田 浩治, 高橋 宏司,
2. 発表標題 魔法の色。赤色光刺激がオタマジャクシの鋭敏化に与える影響
3. 学会等名 日本爬虫両生類学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 持田浩治 (分担執筆)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 グラフィック社	5. 総ページ数 319
3. 書名 動物の体色がわかる図鑑	

〔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	高橋 宏司  (Takahashi Kohji)  (70723211)	京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教   (14301)	

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
---------	---------