

カエルの見る世界を知る

静岡県立静岡農業高等学校

2 年 宮崎結衣

1 動機・目的

前年度までの研究にて、カエルは蛇の写真を見せると呼吸数が乱れ反応することが分かった。

しかし、カエルの「見る」という行為は人の視覚感知システムとは異なり「動くものしか見えない」とか「平面の写真は理解できないのではないか」と研究発表の際に疑問を投げかけられた。多くの方から意見をいただくうちに、カエルの見えている世界とは人によって認識に個人差がかなりあり、正確なカエルが見る世界というものはどういうものなのか知りたいと思うようになった。平面や静止状態を見ることができないならば、そもそも動くことすらできないだろう。水槽に入れられたカエルが飛び跳ねてガラス面にぶつかるような動きが自然界で多くみられるはずだ。

動かない鍵爪を蛇だと認識し威嚇行動をとるカエルの本（参考文献①）を読んだ。この鍵爪に対する行動は静止立体の判別ができているという根拠になりうると考えられ、実験に利用できると思った。

また、カエルの網膜神経節細胞の活動と視覚誘発性逃避行動との関係の研究をされた石金浩史氏の論文（2005, 2009）も大変参考になり、拡大する黒スポット刺激（平面動き）によって逃避行動を起こすといったもので、その手法を応用し実際にカエルに視覚刺激を与え逃避率を調べる行動実験を行おうと思った。

この研究はアンケートを実施し一般的なカエルの視覚に対する認識度を調べ、次に「平面」「立体」「動きのある物」に対するカエル自身の理解力について行動実験で検証を行い、動く物しか見えないと言われる理由を追及する。

2 実験内容

（1） カエル（モリアオガエル）の視覚的感知能力の検証（実験 1～4）

ア 用語と基礎知識

[鍵爪について]

鍵爪は蛇が捕食の時に見せる鎌首の形に似ている。本では鍵爪を見たときヒキガエルは腹部をぷくっとふくらませ、四肢を伸ばす威嚇姿勢をとる。体全体を大きく見せることで蛇の攻撃を控えさせるのではないかと記されていた。

[この研究における用語の定義]



図 1 実際に使用した鍵爪

対捕食者防衛行動	蛇などの天敵に遭遇した場合にとる防衛行動。 T・I・Hを行った場合対捕食者防衛行動を行ったとみなす。
逃避行動（T）	その対象物に対して危機を感じ逃げだすこと。
威嚇行動（I）	実際の攻撃ではなく、それに似た姿や様子を見せることで対象を脅かすこと。自らの身を守るために自らの力を誇示する行為。カエルの場合は四肢を伸ばして自分の体を膨らませ、大きく見せる行動。
警戒行動（K）	捕食者を恐れてじっとしたまま相手の様子を伺うこと。
捕食行動	肉食性の動物が食物を得るために相手を捕らえる行動。 M・Eを行った場合、捕食行動を行ったとみなす。
向き直り行動（M）	コオロギなどの餌の動きに合わせて体を正面に向けること。

食いつき行動 (E)	獲物に飛びついて口に入れる行動。またはそうしようとする行動。
反応なし (N)	寝ていたり動かなかったりして反応がなかったもの。

イ 実験の目的

平面静止・平面動き・立体静止・立体動きの対象物をカエルが見て感知しているのか調べる。蛇、鍵爪に対する対捕食者行動(T・I・K)、コオロギに対する捕食行動(M・E)を利用し行動実験を行う。

ウ 実験の手順

- ① 水槽にカエルを入れ対象サンプルを見せて反応をみる。水槽の中は正しい反応が得られるように基本的に物を取り除いておく。乾燥を防ぐため水を入れたカップのみにし、背景で影響が出ないように水槽の周りを白い紙で覆った。
- ② スタートする前、全員を優しく起こし落ち着かせてから始めた。スタート位置はバラバラだが、機敏なので計測時間の10分間全く動かない個体はいなかった。
- ③ 捕食者である蛇・鍵爪の反応の有無は、逃避(T)・威嚇(I)・警戒(K)行動が見られたら対捕食者防衛行動を行ったとみなす。餌のコオロギは、向き直り(M)と食いつき(E)の数をカウント。ビデオ撮影し後から数を計測した。平面動画はスマホなどの動画機能を利用し、大きさが実際のものと同じになるようにした。



図2 実験の様子

エ 実験結果と考察

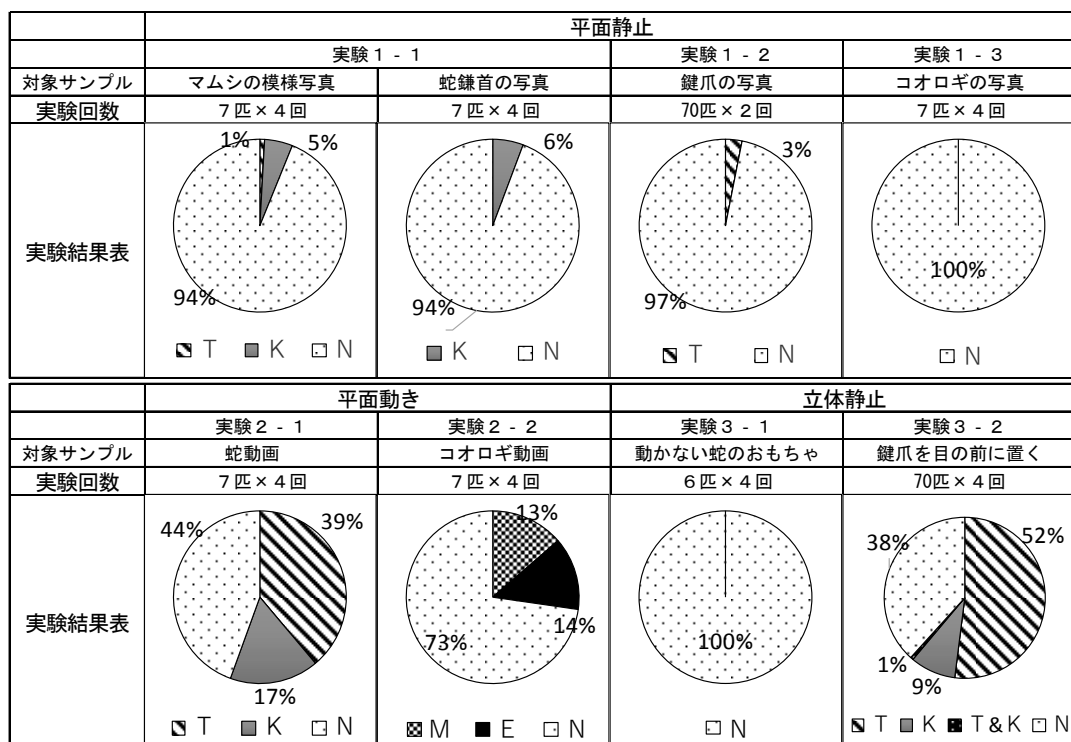


図3 カエル(モリアオガエル)の視覚的感知能力の結果一覧(1/2)

	立体静止	立体動き		
	実験 3 - 3	実験 4 - 1	実験 4 - 2	実験 4 - 3
対象サンプル	コオログの死体	動く蛇のおもちゃ	鍵爪を動かしたもの	生きて動き回るコオログ
実験回数	7 匹 × 1 回	6 匹 × 4 回	70 匹 × 2 回	7 匹 × 2 回
実験結果表				
	□ N	■ K □ N	▨ T ■ K □ N	▩ M&E

図 4 カエル(モリアオガエル)の視覚的感知能力の結果一覧(2/2)

- 「平面静止」は捕食者に対してわずかに反応あり。餌には反応なし。「平面動き」では蛇の動画に 55%もの反応あり。蛇の動画には逃避・警戒の行動を示し、コオログの動画には捕食行動がみられた。捕食者や餌という動画の内容まで理解していた。「立体静止」では蛇とコオログには反応なしだったが、鍵爪には 62%の反応があった。蛇を警戒するのは形の要因が大きいの。また、「立体静止」は理解できている。「立体動き」ではコオログの捕食などから十分理解できている。
- (2) カエルの視覚感知能力が変動する要因の検討。

ア 成長後は鍵爪に反応があるのか(実験 5)

実験 3 - 2 擬爪立体では参考文献のように威嚇行動はしなかったが、62%とかなり高い割合で対捕食者警戒行動がみられた。成長による視覚感知能力に変化がみられるのか調べるため、変態後 1 か月と 4 ヶ月後の反応を比較する。

イ アマガエルの鍵爪に対する反応(実験 6)

モリアオガエルの実験では逃避・警戒は行ったが威嚇行動はみられなかった。

モリアオガエルは樹上生活である。鍵爪に威嚇行動を行ったとされるヒキガエルは地上を歩くので体を大きく見せるため威嚇行動をしやすいのかもしれない。地面に生息しているアマガエルの鍵爪での反応を調べる。

ウ 実験の方法

視覚的感知能力の検証と同じ方法で行う。

エ 実験の結果と考察

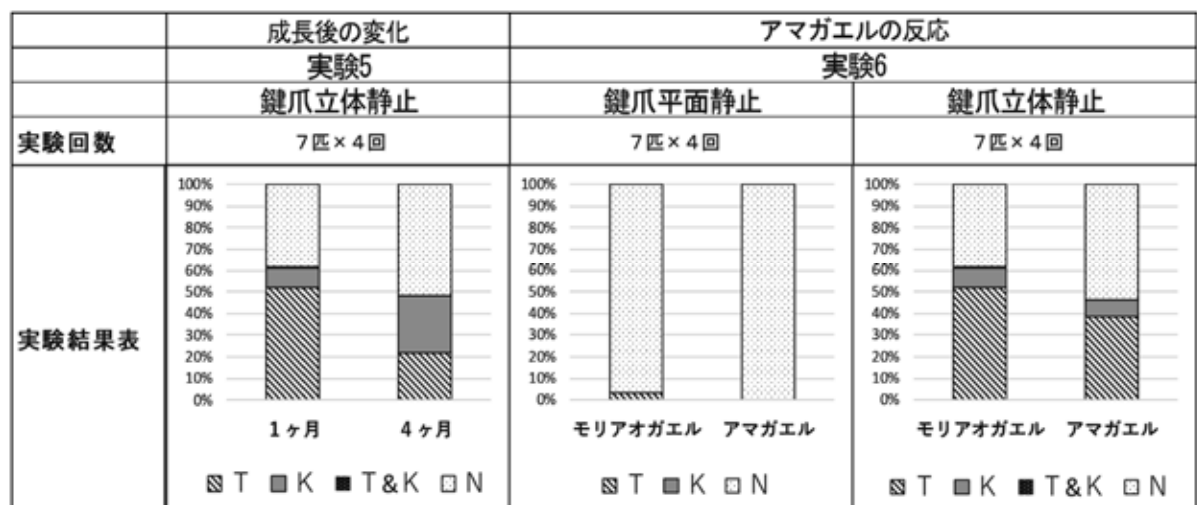


図 5 カエルの視覚的感知能力が変動する要因の検討結果一覧

成長と異種(アマガエル)に対する変化を見た。成長後の反応なしが変態後 1 カ月の時より増えていた。餌の捕食行動は上達したが、天敵への反応は下がっていた。

アマガエルもモリアオガエルと同様に鍵爪立体を理解し対捕食者防衛行動を行い、鍵爪の写真にすると全く対捕食者防衛行動が見られなくなった。カエルは生まれながらに鍵爪の形に対して怖い物という認識がある。

しかし、地面に生息しているアマガエルでも威嚇行動をした個体はいなかった。

(3) カエルの回避行動の検討

ア 実験の目的

昨年までの研究で、モリアオガエル成体では蛇の画像を見せると息を潜めたり呼吸数が早くなったりと反応があることが分かった。その結果よりカエルは蛇の写真で警戒しその場を離れて回避するだろうと結論付けたが、実際に回避行動を行うのか確認はできていなかった。

今回の研究で使用した対象物に対して、実際に回避行動をとるのか検討する。回避は人間の住処とカエルの生息域の棲み分けをするのに応用でき、数が減っているカエルを増やすことができる。

イ 実験の手順

- ① カエル視覚的感知能力の検証で行った実験 1～4 までの撮影した録画データを利用する。
- ② 回避の有無は水槽を半分に分けて考え、所定時間後対象物と反対側のエリアに逃げていたら回避したと考える。

ウ 実験の結果と考察

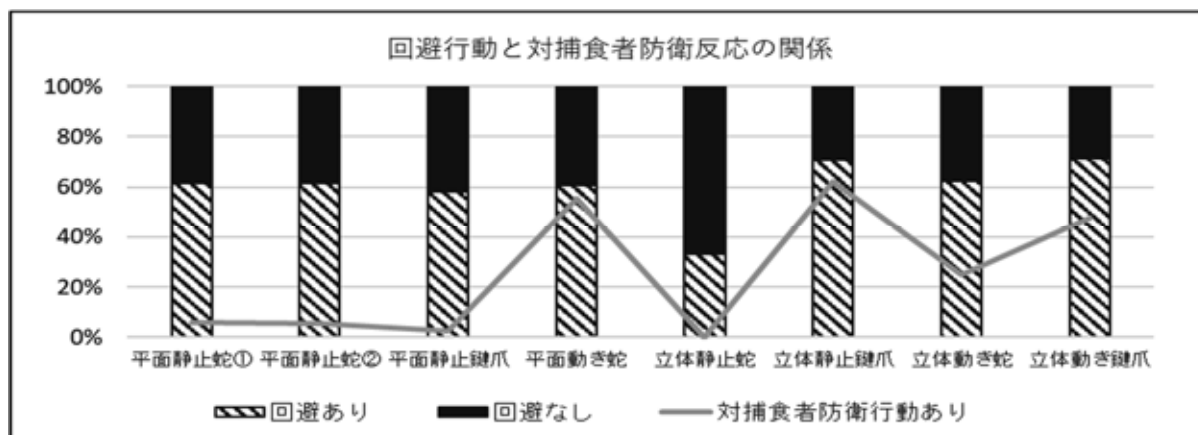


図6 回避行動と対捕食者防衛反応の関係

全体的にどの実験も6割程度回避していた。よい傾向が見られるのは鍵爪関係だがはっきりとした結果は見受けられなかった。平面静止では蛇はむしろ回避なしの割合が多かった。

(4) 調査

ア 調査方法

カエルの視覚に対する一般的認知度を調べるため文化祭でアンケートを行い、小学生以下から70代以上まで幅広い層の男女50人から回答を得た。

アンケート用紙は平面静止・平面動き・立体静止・立体動きに関する質問を3問ずつ、その他気になること2問を追加し、合計14問をランダムに並べ「カエルが見て理解していると思うものは何ですか？」と質問した。

表1 アンケートの質問項目と目的

アンケート項目	調査目的
・ コオロギの写真 ・ 繁殖期に異性のカエルの写真 ・ 襲ってくるヘビの写真	平面静止
・ 襲ってくるヘビのテレビの動画(音無し) ・ テレビに映るコオロギの動画(音無し) ・ 繁殖期に異性のカエルの動画(音無し)	平面動き
・ とまっているコオロギ ・ 石 ・ 蛇の死体	立体静止
・ 襲ってくる生身のヘビ ・ 動いているコオロギ ・ 風でそよぐ草	立体動き
・ 透明な水槽のガラス ・ 暗闇で襲ってくるヘビ	その他

イ 調査結果と考察

世間一般でカエルは生きている虫を捕食するという知識が有名なため、最も多かったのは立体動きだった。少なかったのは立体静止と平面静止であった。やはりインターネット等で出回っている情報の通りだったといえる。

平面静止、平面動き、立体動きはほぼは世間の声と合っていた。見えていないと食べることができないため当然の結果と言える。

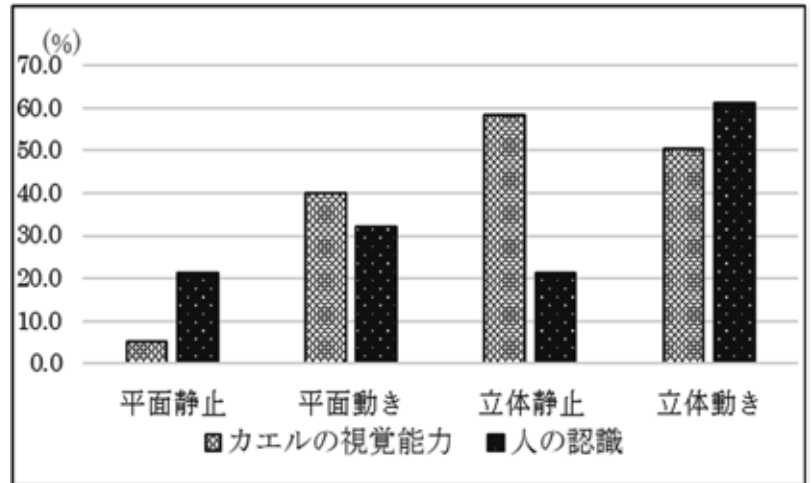


図7 カエルの視覚感知能力と人の認識

立体静止はアンケートで割合が最も低かったが、実際は動かないものも見えている。

3 感想

今回実験に使ったカエルは卵からかえった時から人工的に飼育されている個体だったが天敵の形や相手の行動から身の危険を理解できていることに感動した。遺伝子情報に天敵の特徴が刻み込まれているのには生物のすごさを感じた。実験の仕方が悪く1つの水槽の集団丸ごと死滅させてしまったのが反省点だった。生き物の研究をするうえで体調を気遣うことの大切さを学んだ。

結果的に反応が大きかったのは[立体動き]→[平面動き]→[立体静止]→[平面静止]の順だった。

最後にこの研究に協力してくださった静岡大学理学部の竹内浩昭教授、F S Sでご指導いただいた先生方、中学までお世話になった静岡科学館る・く・るの理数大好き教室の先生方、静岡農業高校の先生方、本当にありがとうございました。この研究は山崎自然科学教育振興から助成金をいただいております。

4 引用・参考文献

【参考文献】

○小林朋道(2010)『先生、カエルが脱皮してその皮を食べています!』築地書館株式会社

【実験に使用した動画】

○『庭にマムシがいたので撮りました』: https://www.youtube.com/watch?v=kz_DD4hbFv8

【論文】

○松本 修文・中川 秀樹

『移動する物体に対するカエル網膜視蓋投射地図上の動的神経活動の多点同時記録』

<https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-12640667/>

○石金浩史

『視覚オブジェクトの連続性を符号化する神経基盤』

[file:///C:/Users/sasac/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/3062_0039_06%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/sasac/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/3062_0039_06%20(1).pdf)

○今野晃嗣・長谷川壽一・村山美穂

『動物パーソナリティ心理学と行動シンドローム研究における 動物の性格概念の統合的理解』

https://www.jstage.jst.go.jp/article/janip/64/1/64_64.1.2/_article/-char/