

何故カエルは死ぬのか

浜松学芸中学校
サイエンス部 3年 松岡 茜音

1. 動機・目的

梅雨の時期になると、車道上にカエルの死骸を見かける機会が多くなる。これらカエルの死因は、自動車に轢かれたことによると推定されるが、どうしてカエルは自動車に轢かれるのだろうか。自動車の走行音やエンジン音または振動を感知したり、さらにライトを照射されたりしたら、反射的にカエルは逃げ出さないのだろうか。

近年、交通騒音が動物の移動分散や生態に悪影響を与えている可能性が注目を浴びている。Halfwerk et al. (2011)は、交通騒音と鳥の鳴き声や繁殖状況の調査を行い、交通騒音が繁殖に利用される鳥の鳴き声をかき消すことで繁殖に負の影響を与えることを報告している。また、Silva et al. (2014)は、都市の光が夜明けになると繁殖のために鳴く鳥の鳴き始めるタイミングを遅らせることで、繁殖に負の影響を与えることを示した。繁殖行動に音を利用する動物や繁殖の成功に昼夜の区別が重要な動物は、都市に生息する場合、騒音や光の影響を特に強く受ける可能性がある。

カエル類は世界中で6500種以上、日本国内においては42種が報告されている(松井・関2016)。またその多くは田圃や池沼に生息している。ほとんどの種が夜行性で、繁殖の際、視覚が効きづらい暗闇で雌が雄を見つける必要があるため、カエルは音を活用している(松井1996)。よって、カエル類は住宅地に隣接した田圃や池沼に多く生息し、繁殖の際、鳴き声によって雄が雌を誘引することや、多くの種が夜行性であり、夜間に繁殖を行うことから(Wells 2007)、都市の騒音や光の影響を受けやすい生物であると考えられる。例えば、都市における水場のカエル類による繁殖地利用には、照度が負の影響を与えることが報告されている(Nakano et al. 2018)。以上のように、先行研究の多くは、カエル類の繁殖過程における交通騒音の影響を対象としているものが多い。

また、都市や道路などで分断された生息地に棲む動物は、周囲の様々な土地利用(街路樹・芝生・道路等)を通り、隣接する生息地まで移動分散する。生息地間での個体の交流は、個体群の存続可能性を高めるため、質の異なる多様な土地利用を対象に、動物の移動分散の頻度や程度が測定されてきた。Bee and Swanson(2007)は、室内実験により、交通騒音が、カエルの雄の鳴き声が届く距離を制限し、結果的に雌の繁殖地への到達を困難にしていることを示した。さらに近年では、道路網の急速な発達に伴い、動物の移動分散に対する交通騒音の影響が注目を集めている。



図1. ニホンアマガエル。

Nakano et al. (2018)は、交通騒音によるカエルの移動分散への影響が土地利用ごとに異なり、カエル生息地として質の低い裸地では、交通騒音が移動分散を阻害する可能性があることを報告している。しかし、移動分散に影響を与えるのは、交通騒音だけだろうか。自動車の通行によって起こる振動や、車のヘッドライトによる強い光の照射による影響も考えられる。カエルの移動分散が制限されることは、繁殖行動にとって深刻な問題に繋がる。したがって、移動分散に悪影響を与えているのが自動車の騒音だけではなく、種の存続に関わるような、重大な問題を見落としていることになる可能性がある。

ニホンアマガエル *Dryophytes japonica* を代表とする日本に生息するカエル類も繁殖活動に音を活用する夜行性動物である。したがって、交通騒音などの人的影響を強く受ける可能性がある。本研究では自動車による騒音や振動およびライトが、カエル雄の繁殖活動におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 仮説

カエルは繁殖活動に音を活用する夜行性動物であり、交通騒音などの人的影響を強く受ける可能性がある。本研究では自動車による騒音や振動およびライトが、アマガエルの繁殖活動におよぼす影響を明らかにすることを主な目的とした。本研究では、以下の5つの仮説を立て、検証を行った。(1) 田圃にカエルが多く生息している。(2) 畔の形状でカエルの登りやすさが異なる。(3) 通行量が多いほど、死体数が多い。(4) 自動車の音・光・振動に対してカエルは退避行動を示す。(5) 何者かがカエルの死体を運んでいる。

3. 方法

(1) 田圃にカエルが多く生息

カエル類ではほとんどの種が夜行性であるため(松井 1996)、目視による夜間のカエルの生息確認には危険が伴い困難である。そこで、繁殖期のアマガエルの鳴き声に着目した。騒音計(サンワサプライ社製:CHE-SD1)を用いて、カエルの鳴き声の大きさから、生息状況を明らかにすることを目指した。

浜松市南区法枝町、瓜内町、田尻町の3町にまたがる地域に、距離850mの調査ルートを設定した。調査ルート周辺には田圃が広がっており、5地点で測定した(図2中の●)。さらに、調査ルート東側の住宅街のなかの3地点でも、同様に騒音計を用いて測定した(図2中の○)。

2023年5月11日から8月16日の間、計6回調査ルートを18時に歩き、カエルの轢死体を記録した。調査ルート外に設けた3つのポイントより調査ルート上のポイントの方が騒音計は高い値を示したことから、調査ルート上にカエルが多く生息していることが分かった(図2)。浜松市南区法枝町、瓜内町、田尻町の3町にまたがる地域では、住宅街と田圃が広がっている(図2-A)。2023年5月11日から8月16日の間、計6回調査ルートを18時に歩き、カエルの轢死体を記録した。調査ルートは全長850mで、周りを田圃に囲まれた道路で、カエルの死体が多く見られる土地である(図2-B)。この調査ではカエルの生息数、畔の形状、交通量に着目した。

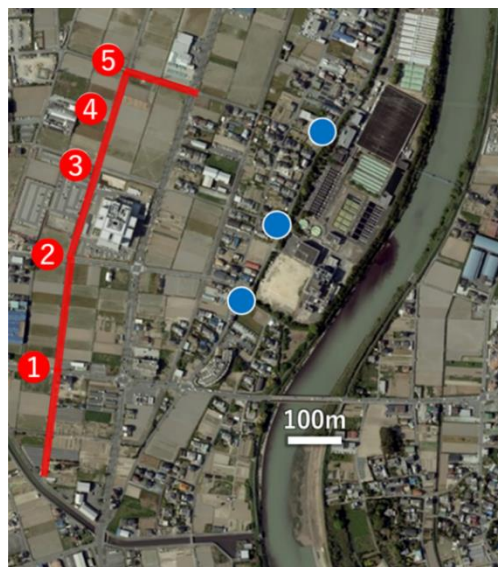


図2. 調査ルートと騒音計の測定地点.

(2) 畔の形状でカエルの登りやすさが異なる

この調査ではカエルの死体数、畔の形状に着目した。浜松市南区法枝町、瓜内町、田尻町の3町にまたがる地域では、住宅街と田圃が広がっている(図2)。調査ルートは、周囲を田圃に囲まれた道路で、カエルの死体が多く見られた。2023年5月11日から8月16日のあいだに、合計6回調査ルートを踏破した。午後18時に開始し、19時に終了するように調査ルートを歩き、カエルの轢死体を発見したときには、カエルの種、発見地点、畔の形状を記録した。



図3. 調査ルート上の畔の形状.

(3) 通行量が多いほど、死体数が多い

カエルの轢死体数と自動車の交通量との関係を明らかにするために、調査ルート上で1時間当たりの交通量を計測した。調査は、9月4日と5日の2回、どちらも18時から19時までの1時間のあいだ見晴らしの良い地点から各道路を見渡した。1時間のあいだに何台の自動車が通行したか計測することで、交通量を推定した。その後、自動車の通行量は0～5の6段階で数値化して、地図上に表示した。

(4) 自動車の音・光・振動に対してカエルは退避行動を示す

〈a〉自動車の音

ICレコーダーを用いて、自動車の走行音を録音した。その後、プラスチック容器に入れたアマガエルに音声を流した(図4)。実験は2分30秒を1組として行った。はじめに、実験開始時に30秒間、アマガエルを落ち着かせるための時間を設けた(図5)。その後、刺激(自動車の走行音)を10秒間与えた後、20秒間安静にするという過程を、3回反復した。終了時にも、アマガエルが落ち着くための時間を30秒間設け、合計2分30秒間とした。実験中、アクションカメラGoProでアマガエルの行動のようすを撮影した。

撮影動画の解析にはフリーソフト image J を用いた。まず、imageJ を Excel ファイルで開き、アマガエルの軌跡を散布図で X、Y 座標上にプロットし、散布図を解析することで1秒当たりの移動距離を算出した(大分大学理工学部 https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/210910_03.php 2023-1-24 確認)。



図4. 音刺激に対するアマガエルの反応をみる実験.

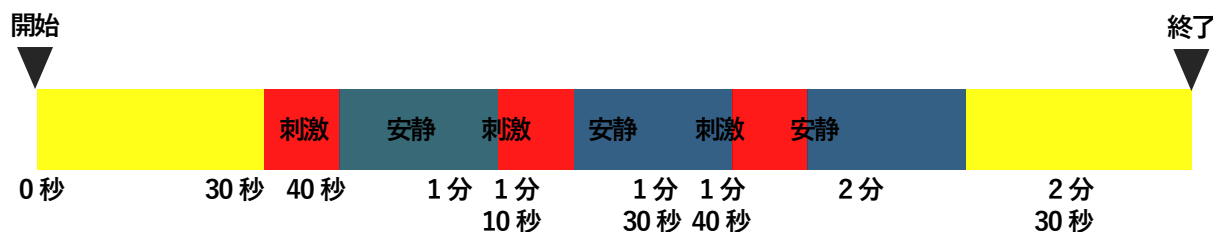


図5. アマガエルに与える刺激と安静の時間.

〈b〉自動車の光

プラスチック容器に入れたアマガエルにLEDライトの強い光を照射したときの反応を確認した(図6)。図5のように、実験は2分30秒を1組として行った。はじめに、実験開始時に30秒間、アマガエルを落ち着かせるための時間を設けた。その後、刺激(LEDライトの光)を10秒間与えた後、20秒間安静にするという過程を、3回反復した。終了時にも、アマガエルが落ち着くための時間を30秒間設け、合計2分30秒間のGoProで動画を撮影した。実験は対象個体を変更しながら、10回行った。

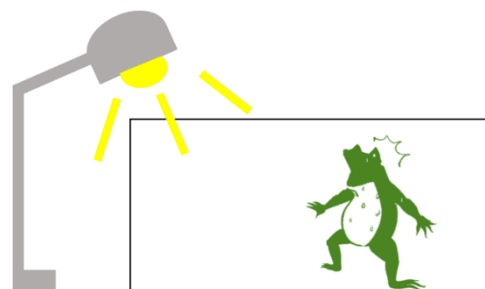


図6. 光刺激に対するアマガエルの反応をみる実験.

③ 自動車の振動

プラスチック容器に入れたアマガエルに、振動モーター(uxcell 社製: DC 12V 250mA)を用いて振動を加えた。実験は2分30秒を1組として行った。はじめに、実験開始時に30秒間、アマガエルを落ち着かせるための時間を設けた。その後、刺激(振動)を10秒間与えた後、20秒間安静にするという過程を、3回反復した。終了時にも、アマガエルが落ち着くための時間を30秒間設け、合計2分30秒間とした。実験中、アクションカメラ GoPro でアマガエルの行動のようすを撮影した。解析は、imageJ を用いて行い、1秒当たりのアマガエルの移動距離で評価した。実験は対象個体を変えながら、10回行った。

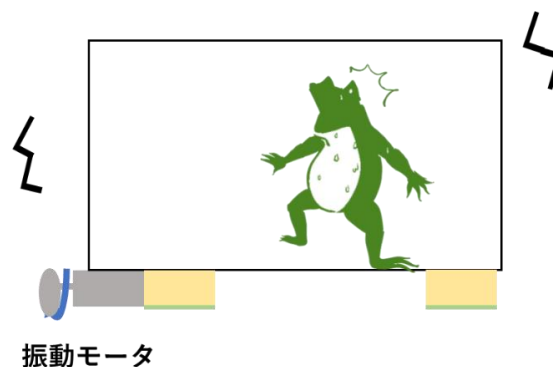


図7. 振動刺激に対するアマガエルの反応をみる実験。

(5) 何者かがアマガエルの死体を運んでいる

ルートセンサス調査をしているときに、調査ルートの地点によりカエルの轢死体が全く確認できない地点があるようであった。そこで、同じ土地利用の道路上で朝と夕方の2回調査を行うことで、カエルの轢死体数が少ない原因の解明を目指した。調査は、9月4日から9月7日の4日間、毎日朝と夕方にカエル轢死体がみられなかった道路上を重点的に調査した。

4. 結果と考察

(1) 田圃にカエルが多く生息

カエルの姿は目視で確認できないため、騒音計を用いて生息状況を明らかにした。調査ルート外に儲けた3つのポイントより調査ルート上のポイントの方が騒音計は高い値を示したことから、調査ルート上にカエルが多く生息していることが分かった(図8)。また、草本のある緩やかな畔(図6・7参照)付近で轢死体の数が増加することが分かった。これは、アマガエルにとって登りやすい形状であることが原因だと考える。交通量に着目したデータから相関関係は見られなかった。よって交通量とカエルの轢死体数は無関係であると判断した。

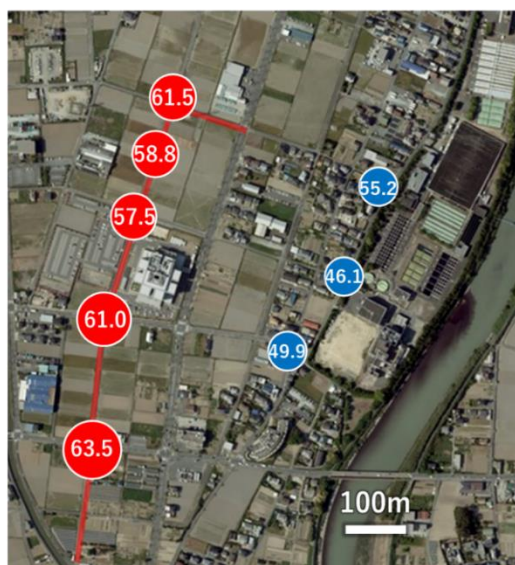
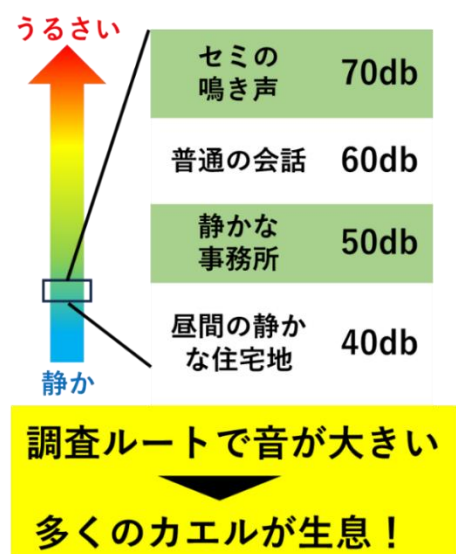


図8. 騒音計を用いたカエルの鳴き声の大きさ調査。

(2) 畔の形状でカエルの登りやすさが異なる

調査ルート上でカエルの轢死体は特定の地点に集中しており、5回の調査でカエルの轢死体は合計41体確認できた(図9、図10)。調査ルート沿いには大きな病院があり、その病院を境界として、北側では全くカエル轢死体は確認できなかった。病院北側でも道路沿いには田圃が広がっており、夜間に鳴き声も確認できた。カエルが生息しているにも拘らず、カエル轢死体が見つからない理由は明らかにできなかった。

病院南側の轢死体が集中して確認された地点では、草本のある緩やかな畔周辺で100m当たりの轢死体が水路のある畔と比較して27倍も多かった。畔の形状がカエル事故死数に大きな影響を与えている可能性が示唆された。

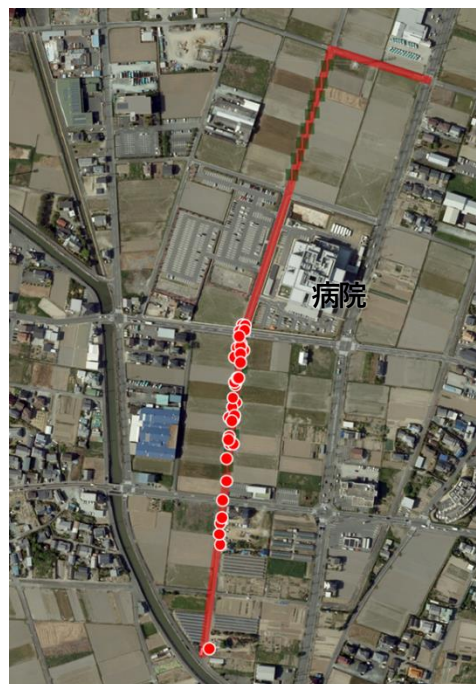


図9. 調査ルート上の轢死体の分布.



図10. ルートセンサス調査でみつかったカエルの轢死体.

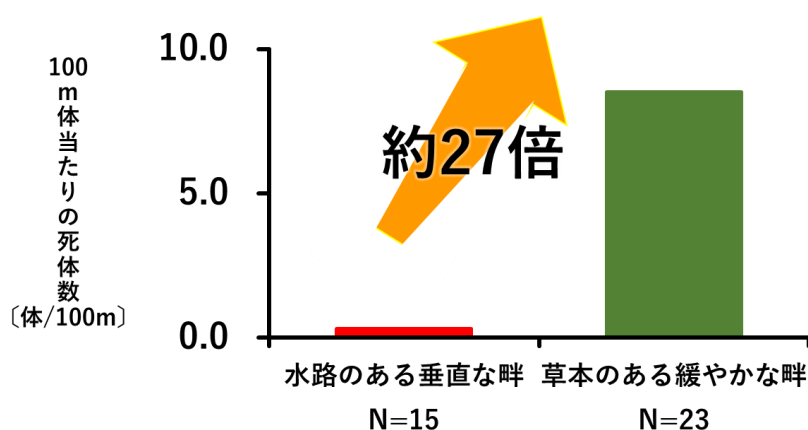


図11. 2つの異なる環境の畔における100m当たりのカエルの轢死体数の比較.

(3) 通行量が多いほど、死体数が多い

カエルの轢死体数と自動車の交通量との関係を明らかにするために、轢死体の発見地点が示された地図上で1時間当たりの交通量を色彩した(図12)。確認されたカエルの轢死体は、病院南側の地点に集中しており、自動車の交通量とは無関係であった。調査時に自動車が全く通過しなかった地点(図12中の黒線)で

あってもカエル轢死体が発見された。それに対して、交通量が多かった地点で(図 12 中の赤色)、ほとんど轢死体が発見されなかった。

カエルの轢死体は、自動車の交通量とは無関係で、その他の環境要因やカエル自体の行動が影響しているのではないだろうか。

(4) 自動車の音・光・振動に対してカエルは退避行動を示す

〈a〉自動車の音

結果より、音刺激時と刺激直後において、安静時よりも明瞭にアマガエルの移動量は減少していた(図 13)。したがって、カエルが道路上で車の走行音を感じると動きを止めることにより、交通事故が生じていた可能性がある。

〈b〉自動車の光

結果より、光刺激時に、刺激直後と安静時よりも移動距離が明瞭に減少していた(図 14)。したがって、道路上で車のライトを感じるとカエルが動きを止めることにより、交通事故が生じていた可能性がある。



図 12. 自動車交通量と轢死体の分布.

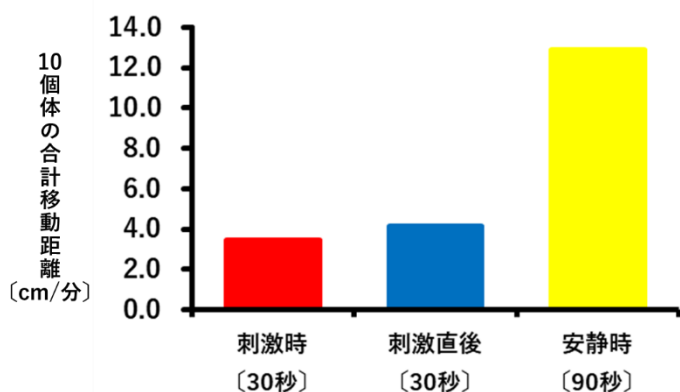


図 13. 音刺激に対するアマガエルの反応.

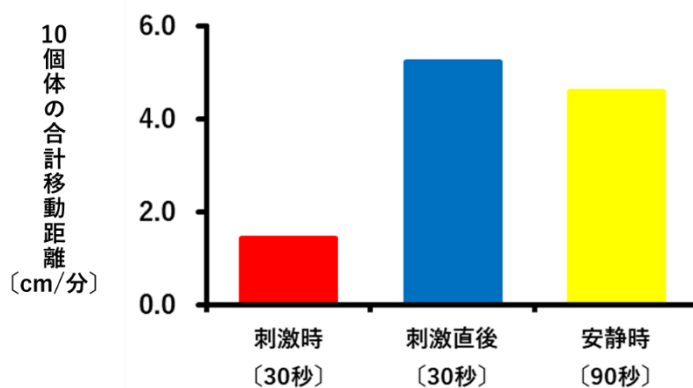


図 14. 光刺激に対するアマガエルの反応.

〈c〉自動車の振動

結果より、振動刺激時に、刺激直後と安静時よりも移動距離が明瞭に減少していた(図 15)。したがって自動車の振動に対して、アマガエルは退避行動をとっていた。また、安静時にもアマガエルが全く動かなかったことから、振動刺激が大きすぎたために、アマガエルの活動性が低下した可能性がある。

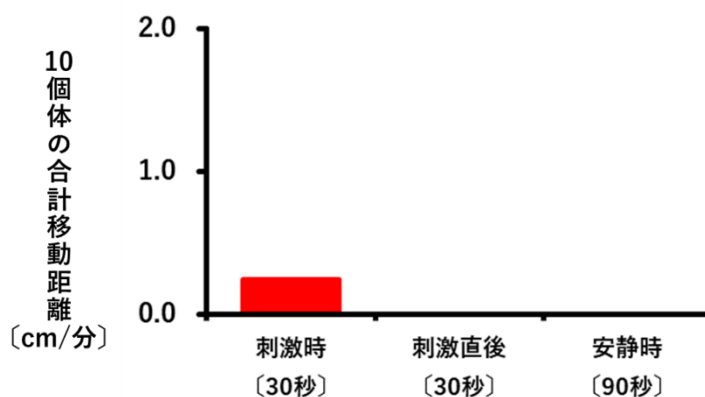


図 15. 振動刺激に対するアマガエルの反応.

(5) 鳥による死体採食

4 日間にわたり、早朝にルートセンサスを行いカエルの轢死体を検索したところ、轢死体が合計 16 体確認できた(図 16)。同じ 4 日間の夕方に、カエル轢死体を検索したところ、轢死体数が著しく減少していた(図 17)。早朝と夕方のあいだに、轢死体が減少していたのは、日中に活動しているカラスなどの鳥類が採食した可能性がある。夕方または早朝の調査時に、最も多く確認された鳥類はハシボソガラスであった。通常のルートセンサス調査を行ったのは午後 18 時であったため、鳥類が既にカエルの轢死体を採食してしまっていた可能性がある。カエルの轢死体数の調査を行う時間としては、早朝のほうが鳥類による影響がなくより正確な値が得られると考えられる。



朝は死体がある！

図 16. 早朝調査における轢死体。

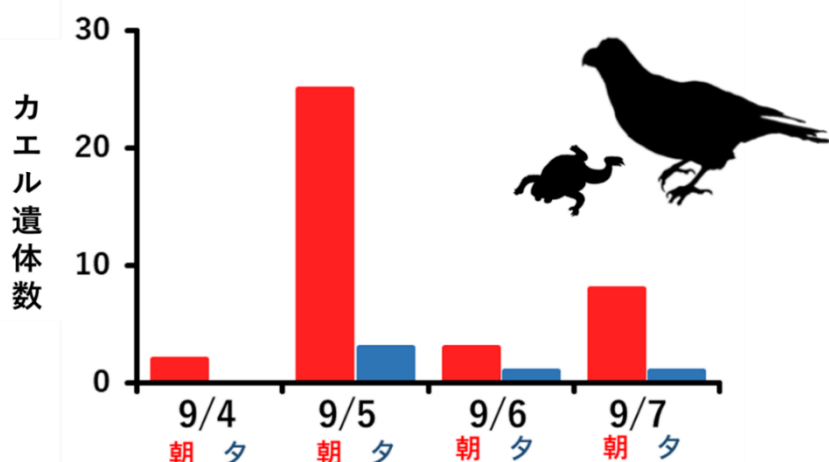


図 17 . 9 月 4 日から 9 月 7 日までの朝夕におけるカエル轢死体数発見数。

5. まとめ

本研究より、以下の 5 つの仮説を立て、検証を行った(図 18)。その結果、自動車による騒音や振動およびライトが、カエルの繁殖活動におよぼす影響を明らかにすることはできなかったが、道路上にカエルの死体が多く確認できたことから、自動車による交通事故の影響は決して無視できないことが明らかになった。



図 18 . カエルに対する交通事故における 5 つの仮説の影響のまとめ。

6. 今後の展望

本研究では、プラスチック製容器を用いたため、道路上で同じ結果が得られるとは限らない。アマガエルなど樹上に棲むカエルには脚の指に吸盤をもつ。四方を壁に囲まれたケースでは、実験中にアマガエルが壁に張り付いてしまう。しかし、壁をなくすとカメラの画角から外れてしまったり、アマガエルが跳んでしまうため困難が生じる。アマガエルが壁に張り付くのを防ぐためには、壁側に工夫を凝らす必要がある。Dirk-Michael Drotlef et al. (2012)は分泌液を出したときのような濡れた状態は、カエルの吸盤の粘着力を高めるのにはほとんど役立たなかったが、摩擦力を大きく高めることを確認した。これより、壁とアマガエルの吸盤のあいだに生じる摩擦を少なくする工夫が必要だと考える。

本研究では、5つの仮説に基づいて調査・実験を行った。今回は、カエルの轢死体の記録数が少なかった可能性がある。今後は、ハシボソガラスなどの鳥類に轢死体を採食される前に記録するため、ルートセンサス調査は早朝に行うようにする。また、カエルの轢死体は潰れてしまい種の判別が全くできないため、アマガエルの轢死の実態を明確にすることはできなかった。アマガエルのみの轢死数が分かれば、轢死が生態系にどの程度影響を与えているのか評価できる。加えて、アマガエル雌雄の判別ができるようになれば、轢死が繁殖に与える影響を明確化できるのではないだろうか。

7. 謝辞

本研究は、山崎自然科学教育振興会様からの助成金をもとに研究を遂行することができました。心より謹んで感謝いたします。

8. 参考文献

- Halfwerk W, Holleman LJM, Lessells CM, Slabbekoorn H (2011) Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *Journal of Applied Ecology*, 48 : 210-219 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01914>.
- 松井正文(1996)両生類の進化. 東京大学出版会, 東京.
- 松井正文・関慎太郎(2016)日本のカエル. 誠文堂新光社, 東京.
- 大分大学理工学部『生き物の動きを追跡してみよう!』 (2021-9-10) https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/210910_03.php (2023-1-24 確認).
- Silva AD, Samplonius JM, Schlicht E, Valcu M, Kempenaers B (2014) Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behavioral Ecology*, 25 : 1037-1047.
- Arnaud Da Silva, Jelmer M. Samplonius, Emmi Schlicht, Mihai Valcu, Bart Kempenaers Author Notes(2014)Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behavioral Ecology*. 25(5) : 1037-1047.
- Yurika Nakano・Masayuki Senzaki・Nobuo Ishiyama・Satoshi Yamanaka・Kazuki Miura・Futoshi Nakamura(2018)Noise pollution alters matrix permeability for dispersing anurans: Differential effects among land covers. *Global Ecology and Conservation*. 16: e00484. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989418301525>