

コオロギの光と音の複合刺激に対する行動の変化

石川県立金沢泉丘高等学校理数科

近藤 瑛 川本 拓実 上野 叶人 杉下 大祐 林 真吾

要旨

近年昆虫食が注目を集めているが、その代表的な昆虫であるコオロギの飼育方法は非効率である。私たちは、コオロギの習性を利用することでコオロギを誘導することができ、それを生産の効率化につなげられると考えた。そこで、光や音の刺激を組み合わせるときのコオロギの誘引や逃避に関する習性を研究した。結果としてコオロギは15 kHzの音に対し負の走性が見られ、その習性を活用することによって生産方法の効率化に繋げることができるのではないかと考えた。

1. 研究背景・目的

現在、世界では約8億人もの人々が健康的な食事を取れておらず、人口増加によってこの問題はさらに深刻化すると考えられる。

昆虫食が優れている点は大きく2つある。

1つ目は環境に与える負荷が小さい点だ。具体的には、牛肉と比較するとタンパク質1 kgあたりに必要な水の量は約5500分の1、飼料は約6分の1、また排出される二酸化炭素の量は約28分の1(2013年 FAO報告書 [1] より)である。

2つ目は単位重量当たりの栄養価が高い点だ。具体的には、牛肉と比較すると100 gあたりのタンパク質は約3.5倍の約69 g、鉄分は約5倍の9 mg、カルシウムは約6倍の約75 g(コオロギは日本食品分析センター [2]、牛肉は文部科学省 食品成分データベース [3] による)である。(以上はいずれもフタホシコオロギのデータ)

昆虫食として注目されているものとしてコオロギがあり、その中でも今回の研究ではヨーロッパイエコオロギ(*Acheta domesticus*)を使用した。理由として、昆虫食の定番として知られていること、ジャンプ力が比較的低く、乾燥に強いなどの特徴から飼育しやすいことがある。

しかし、現在昆虫の生産は飼育スペースにいるコオロギを人の手で収穫するなど、非効率な方法で行われている。そこで、コオロギの習性を研究して生産に役立てることを目指

した。具体的には、コオロギに何らかの刺激を与え、逃避や誘引を引き起こし、一か所に集めることで収穫を効率化しようと考えた。

2. 先行研究

屋外にライトトラップを設置した際に、コオロギが白熱電球と青色LEDに多く集まったことが知られている[4]。また、コオロギが求愛行動の際に出す5 kHzの音に誘引され、コオロギの天敵であるコウモリが出す15 kHzの音から逃避することが明らかになっている[5]。さらに、コオロギが逃避行動を示す気流の刺激に加え15 kHzの音を流した際に、コオロギの逃避距離が伸びたという結果もある[6]。

そこで私達は

- ①屋内においてもコオロギは青の光に引き寄せられるのか
 - ②青色より短い波長の光には更に引き寄せられるのか
 - ③光と音を組み合わせることで光に引き寄せられるのか
- という3つの疑問を解くために実験をした。

3. 実験1

3-1. 実験材料

- ・ヨーロッパイエコオロギ(成体)
- ・通路型実験装置(図1)
- ・スマートフォン(動画撮影用)

- ・LED(半径3 mm) (赤、緑、青、紫) ※1
- ・電源装置
- ・SPARKvue※2
- ・ワイヤレス光センサ※2
- ・ワイヤレス分光センサ※2

※1 波長はそれぞれ赤620-625 nm、緑520-525 nm、青460-465 nm、紫390-405 nm DiCUN 0製

※2 島津理化製

通路型実験装置は、画用紙と透明フィルムを用いて作った(図1)。通路の長さは49 cmで、横幅と高さは3 cmである。コオロギが通路から出ないようにするために、透明フィルムを通路の上部に貼り付けた。



図1 作成した通路型実験装置

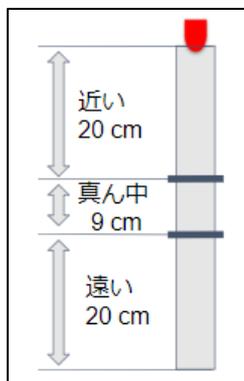


図2 実験装置のイメージ

3-2. 実験方法

この実験では、通路を図2のように3つのエリアに分けた。

- ・光源側 (20 cm)
- ・中央 (9 cm)
- ・光源と逆側 (20 cm)

- ① LEDを通路の片側に設置し、その光強度を一定値(放射照度 0.3 W/m^2)に調整した。
- ②コオロギを通路の中央部に入れる。この時、コオロギが中央から出ないように仕切りで閉じておいた。
- ③仕切りを外して2分間計測し、コオロギが光源側のエリアにいた時間を測定した。

④①～③を各色のLEDについて行った実験は各5匹ずつに対して行った。

3-3. 結果

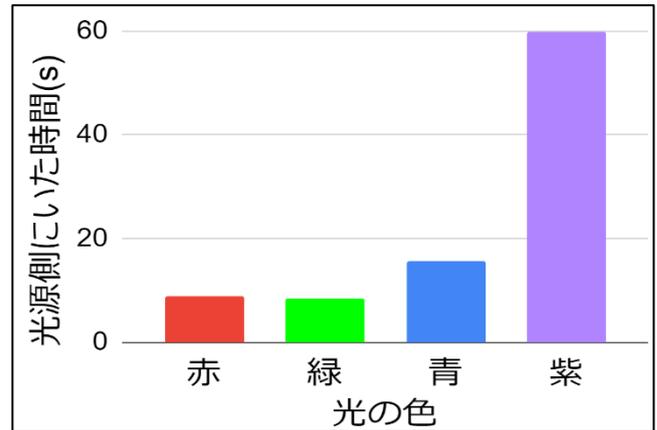


図3 2分間のうち各色で光源側にいた秒数の平均

青と紫の光では、赤や緑の光に比べ光源側にいた時間が長い。

3-4. 考察

コオロギは青と紫の光に対して、正の走性を持つと考えられる。波長の長い赤や緑の光にはあまり引き寄せられなかったことから、波長が短いほど強い走性が見られると考えられる。

4. 実験2

実験1と先行研究の結果を踏まえて、光と音の刺激を組み合わせると、より強い走性が見られるかどうかを調べた。

4-1. 実験材料

LEDは実験1で正の走性が見られた青と紫を用いた。音は5 kHzと15 kHzの音源を用いた(強さは60 db)。音はスマートフォンのスピーカーから流した。

4-2. 実験方法

2で前述した通り、コオロギは5 kHzの音に対しては誘引され、15 kHzの音に対しては逃避するという性質を持つ。

そのため、5 kHzの音は光源側から、15 kHzの音は光源と逆側から流すことでコオロギ

がより光源側に寄りやすくなるかを実験した。

それ以外については、実験1と同じ方法で行った。

4-3. 結果

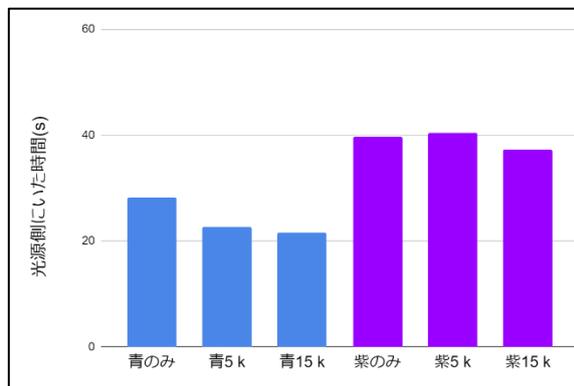


図4 光と音の各組合せの2分間のうち光源側にいた秒数

青色光と15 kHzの組み合わせのみ、音がない場合に比べて光源側にいた時間が大幅に伸びた。青色光と5 kHz、紫の光を用いた場合は、音の有無による時間の違いはほとんどなかった。

4-4. 考察

まず、音と光の組み合わせによっては光源側にいた時間が変わらなかった理由としては、以下の点が考えられる。

- ・音が壁に反響し音の方向をコオロギがうまく認識できなかった
- ・光刺激と音刺激のそれぞれで見られる分の走性が足し算のように足されるのではなく、より効果的な刺激の走性の分だけ反映される (図5)

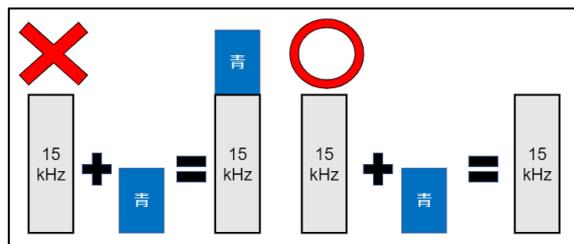


図5 考察

一方で、青と15 kHzの組み合わせのみ光源側にいた時間が大きく伸びたことから、相乗効果がある可能性についても考えた。仮に相

乗効果がある場合、以下の理由が考えられる。

- ・別系統の信号伝達経路が影響し合う、「クロストーク」と呼ばれる現象 (図6) が起こっている
- ・コオロギ自身が脳で考えて行動している

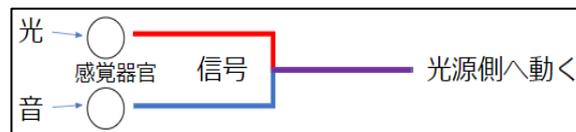


図6 クロストークのイメージ図

5. 実験3

実験2で得られた結果を確かめるために実験2の問題点を改善した。改善した点は以下の通りである。

- ・実験する個体数を5匹から8匹にした。
- ・通路型実験装置の隙間をなくした。
- ・吸音材^{※3}を用いて音の反響を抑えた。
- ・音無し光なしの場合で実験を行い、比較した。
- ・光強度を単位時間に単位面積を通過する光子数を表す単位である光量子束密度 ($1.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) にそろえた。

※3 Route1製

5-1. 実験材料

隙間をなくした通路型実験装置を、新しく画用紙と透明フィルムを用いて作成した。また、段ボールで作成した簡易的な暗室の壁に吸音材を貼りその中で実験を行った。

5-2. 実験方法

実験2の内容を考察の内容にしたがって修正した実験材料を使用して実験を行った。また、音のみと、音と光の両方がない2つの条件を新たに追加した。それ以外は実験2と同じ方法で行った。

5-3. 結果

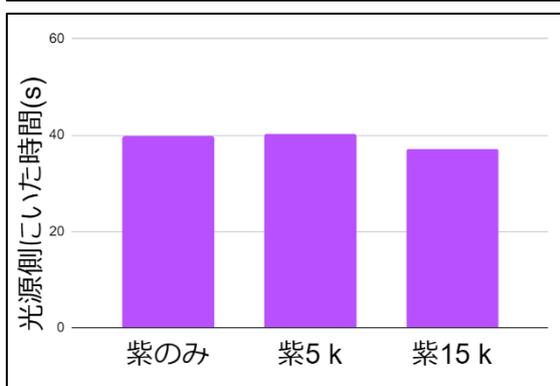
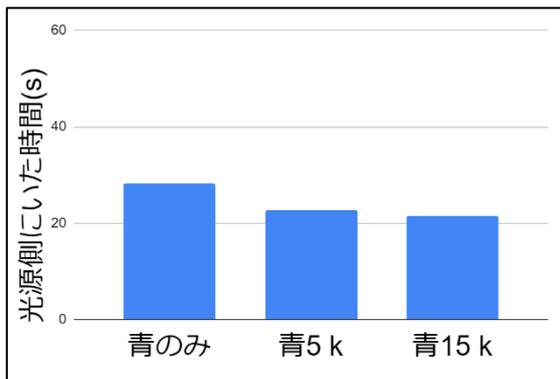
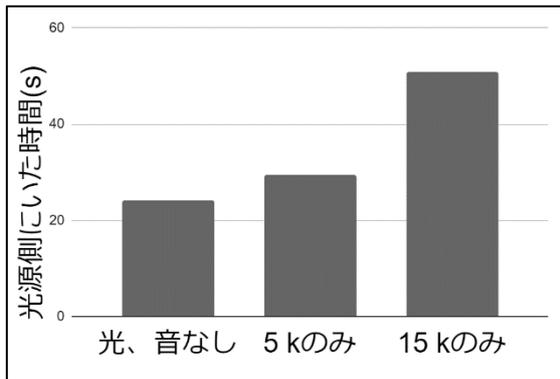


図7 各組合せでの2分間のうち光源側にいた秒数

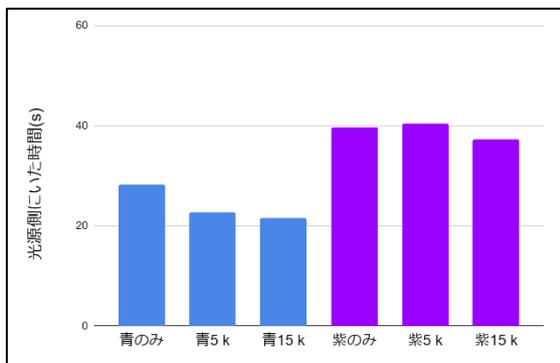


図8 光と音の各組合せの2分間のうち光源側にいた秒数

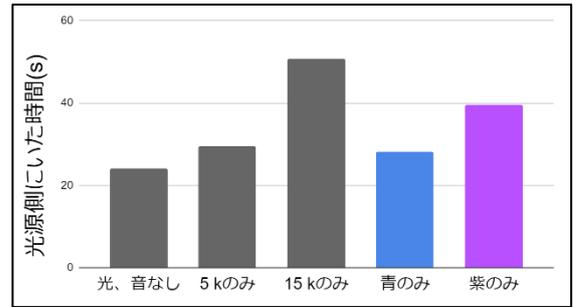


図9 単体の刺激での2分間のうち光源側にいた秒数

青と紫のどちらの光についても、5 kHz、15 kHzの音を組み合わせると、光単体の場合に比べて光源側にいた時間の増加は見られなかった。よって、相乗効果はないといえる。

(図7)

また、音を組み合わせることによる、光源側にいた秒数の変化は小さいが、光の波長によって光源側にいた秒数が顕著に変わっているため、音よりも光のほうが刺激を組み合わせるとコオロギに及ぼす影響が大きいといえる。(図8)

単体の刺激で比べると、15 kHzの音の場合最も光源側にいた秒数が長かった。(図9)

5-4. 考察

コオロギを誘導するときに最も有効な刺激は、暗室で15 kHzの音のみであると考えられる。

昼行性動物が受け取る刺激は視覚の割合が高く、夜行性動物が受け取る刺激は聴覚の割合が高い。このことから、光のある条件下で音の影響力が小さかったのは、コオロギは光のある条件下では光の刺激に対する反応を優先し、光のない条件下では音の刺激に対する反応を優先しているという可能性がある。

6. 結論

コオロギに単体の刺激を与えたところ、15 kHzの音が最もコオロギを特定の方向に誘導することができた。また、光と音を組み合わせる際には、当初の疑問であった相乗効果は見られなかったが、光のほうがコオロギへの影響力が強いという新たな知見が得られた。このことを深く研究していくことで、将来的

にコオロギ生産の効率化につながると考える。

7. 今後の課題

今回の研究で、コオロギは光のある条件下とない条件下で優先する感覚が変化することが分かった。そこから、光の強さによって音の影響力がどのように変化するのか、つまり視覚と聴覚が受け取る感覚がどのような割合に変化するのかという疑問が生まれた。そこで、今後は光の強さを変えたときのコオロギの反応を調べていきたいと考えている。

また、実験する個体によって反応が異なっていたため、実験する個体数を大幅に増やす必要がある。さらに、個体の識別を行い、より正確な実験データを得る必要があると考えている。

8. 参考文献

[1] Arnold van Huis; Joost Van Itterbeeck; Harmke Klunder; Esther Mertens; Afton Halloran; Giulia Muir; Paul Vantomme. Edible insects: future prospects for food and feed security. food and agriculture organization of the united nations Rome, 2013.

[2] 無印良品. “コオロギが地球を救う”
<https://www.muji.com/jp/ja/feature/food/460936> (参照2022-02-09)

[3] 文部科学省(2022). 食品成分データベース. <https://fooddb.mext.go.jp/> (参照 2022-2-9)

[4] Chukwu Alexander Timothy; Emmanuel Okrikata. Phototactic Response of Two Spotted Cricket (*Gryllus bimaculatus* De Geer) to Electric Bulb Light Colours and Types. International Journal of Sustainable Agricultural Research, 2020, vol. 7, no. 2, p. 66-72

[5] Wyttenbach, R. A.; May, M. L.; Hoy, R. R. Categorical perception of sound frequency by crickets. Science, 1996, vol. 273, p. 1542-1544.

[6] Matasaburo Fukutomi; Hiroto Ogawa. Crickets alter wind-elicited escape strategies depending on acoustic context. Scientific Reports, 2017, vol. 7, no. 15158