

## 学習時の温度がコオロギの学習能力に与える影響

石川県立金沢泉丘高等学校理数科2年  
6班 越智 充、梶 隆一郎、早川 桃子、三輪 祐太、矢ヶ崎 佑哉

### 研究要旨

私たちはコオロギの効率的な収穫に向けてコオロギの最適学習温度を調べる研究を行った。匂い源と水、食塩水を使った古典的条件づけ(感覚刺激と報酬/罰を連合させる学習実験)を4種類の温度環境(20℃、24℃、28℃、32℃)で行い、異なる温度環境下でコオロギの学習能力に有意な差があることを明らかにした。温度の高い32℃よりも、24-28℃の温度環境のほうが学習に適しており、それはコオロギにとって成長に最適であり、死亡率が低い温度であることに関連していると分かった。

### 1 研究背景

現在、世界では急激な人口増加などにより約8億2800万人が飢餓に陥っている<sup>1)</sup>。その1つの解決方法として注目されているのが昆虫食の活用である。コオロギなどの昆虫は、既存の畜産で育てられる動物と比べて1kgのタンパク質の生成に必要な餌や水の量が圧倒的に少ないため<sup>2)</sup>、限りある資源の有効活用が可能である。しかしながら、実際はコオロギの飼育が手作業で非効率だという声が多い<sup>3)</sup>。そこで収穫時にコオロギを1箇所を集めることができればより効率的に収穫できるのではないかと考えた。

コオロギは、学習が可能ということが明らかにされており<sup>4)</sup>、この学習能力を利用することで、コオロギの収穫効率を高めることができると考えた。具体的には、コオロギに対してある匂いを学習させ、その匂いのもとに集まるようにさせることで、効率的に収穫することができるのではないかと考えた。

コオロギが学習する際の、最適環境を明らかにすることができれば、コオロギの記憶の強度を上げさせ、学習させた匂いのもとにより集めることができるはずだ。そこで、コオロギの学習能力と学習環境の相関を調べることにした。

### 2 先行研究や仮説

前述の通りコオロギには学習能力があることがわかっている。しかしコオロギの学習能力と学習環境の関係については明らかにされていない。一方で、人間の場合、学力テストの点数と気温には相関があることが示されている<sup>5)</sup>。また、ミツバチは35-36℃の温度環境のほうが、32-33℃の温度環境よりも学習に適していることがわかっている<sup>6)</sup>。私たちは、コオロギに関しても、学習能力と学習時の温度環境には、何らかの相関があると考えた。

### 3 本研究で明らかにしたいこと

本研究では、コオロギの学習能力と学習環境(温度)の相関を明らかにし、コオロギが学習する際の最適温度環境を明らかにする。

### 4 実験1

松本幸久「コオロギの匂い学習と記憶」の実験を参考にした<sup>4)</sup>。

#### 《実験器具》

ヨーロッパイエコオロギ(雌)(コオロギは金沢市DREAM REPTILESで購入)30匹、恒温器、プラスチック製の実験装置(自作)、ペパーミントエッセンス、バニラエッセンス、シャーレ、ろ紙、食塩水、昆虫飼育ケース、卵パック、餌入れ、市販のコオロギ用の餌、ストップウォッチ、脱脂綿、動画撮影用機材

#### 《実験場所》

泉丘高校生物実験室

#### 《実験手順》

- ①条件を揃えるため、ヨーロッパイエコオロギの雌のみを15匹ずつ2つの集団に分けた。
  - ②コオロギへの水の供給を2日間停止させた。
  - ③水を報酬としてペパーミントの匂い(生得的に嫌う)を好むように、食塩水を罰としてバニラの匂い(生得的に好む)を嫌うように学習させるためのシャーレを用意した。
- (図1参照)
- ④コオロギと③のシャーレが入った昆虫ケースを24℃、32℃に設定した恒温器の中に入れ、2日間学習させた。
  - ⑤コオロギの学習状況を確認するための嗜好性テストを行った。

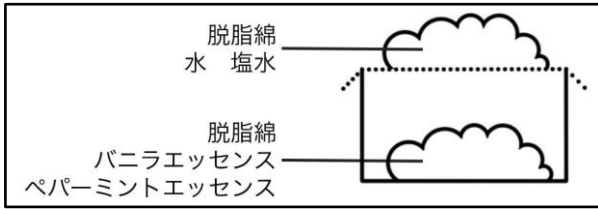


図1 実験装置

【嗜好性テストについて】

匂いの嗜好性を調べるテストでは、装置にペパーミントとバニラの2つの匂い源を置き、コオロギを2分間自由に歩かせ、2つの匂い源を探索させた。テスト中、2つの匂い源の探索時間を計測し、全体の探索時間に対するペパーミントの探索時間の割合を嗜好性指数として、生得的に嫌うペパーミントの匂いにより高い嗜好性指数を示せば、より学習したとした。探索時間はコオロギが匂い源の入ったシャーレの上のガーゼに顔を乗せている時間とした。

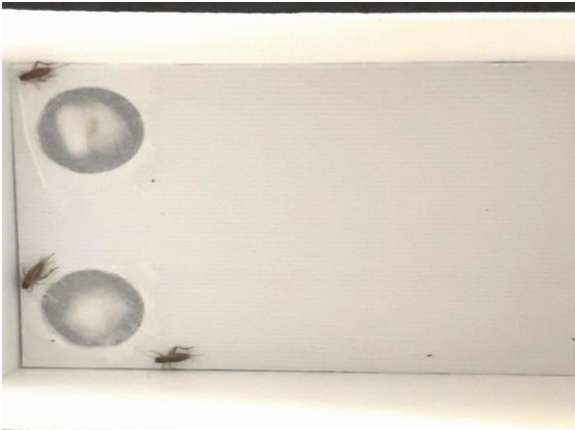


図2 嗜好性テストの様子

《予想される結果》

ミツバチの学習時の温度環境と学習能力に差が現れるという先行研究<sup>6)</sup>から、コオロギも同様に学習時の温度によって学習能力に差が現れることを予想した。

《実験1の結果》

実験の結果、学習終了直後の嗜好性指数の平均は24℃の場合は0.718、32℃の場合は0.460となり、24℃の方が高くなった。また、t検定<sup>※)</sup>においても有意差が認められる結果となった。しかし、学習終了の翌日からは嗜好性指数の個体差が大きく、比べることができなかった(図3、図4)

※t検定とは、仮説検定の一種で、データの平均値、分散から2種類のデータに差がない確率を求めるために行う。これによって得られた確率の値が十分小さい場合、2種類のデータに差があると判断できる。

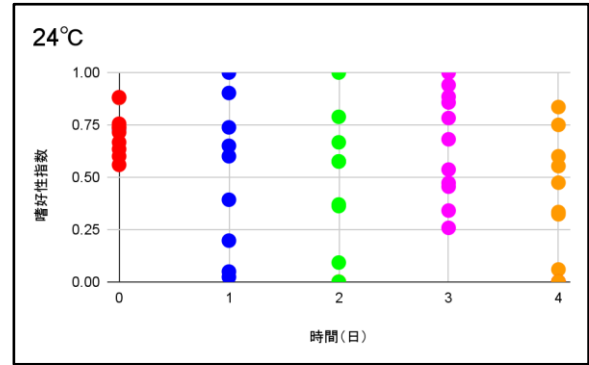


図3 学習環境24℃の嗜好性指数

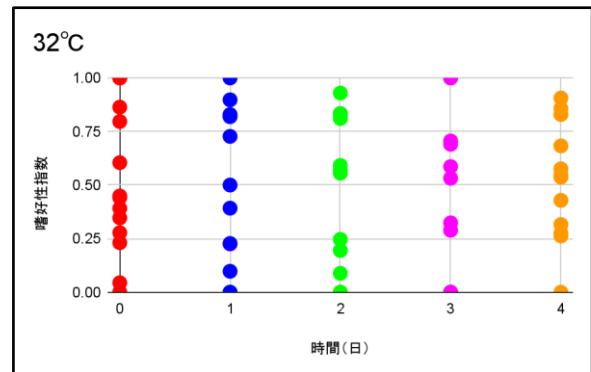


図4 学習環境32℃の嗜好性指数

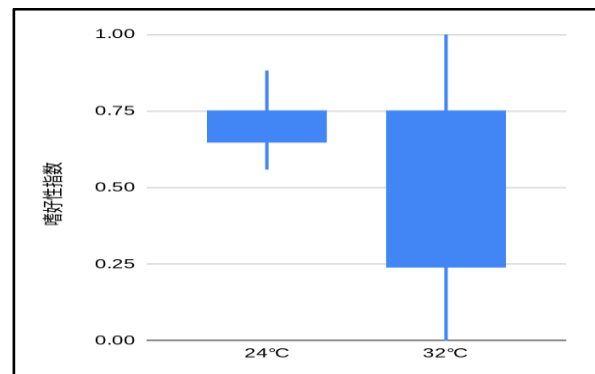


図5 24℃、32℃の嗜好性指数  
(24℃:n=11, 32℃:n=14)

《実験1の考察》

32℃よりも24℃の嗜好性指数が高いことから、32℃に比べ、24℃の温度環境のほうが、学習能力が高くなるといえる。嗜好性指数のばらつきが学習終了の1日後に大きくなったのは、学習させる期間が短く、学習記憶が1日で失われたためだと考えられる。先行研究でも短期の学習を行った際、コオロギの学習記憶は1日後から無くなっており<sup>4)</sup>、今回の実験からも同様に確認された。

## 5 実験2

温度による学習能力の差をより具体的に調べるために、実験する温度の数を24℃付近の温度で増やすことにした。

実験方法は実験1と変化させず、学習時の温度のみを20℃と28℃に変化させる。なお学習温度の設定は、実験1で嗜好性指数の高かった24℃から上下に4℃ずつ変化させた20℃、28℃にした。今回は実験1でばらつきが少なかった学習終了直後の嗜好性指数のみを求めることとした。

### 《実験2の結果》

実験の結果、学習終了直後の嗜好性指数の平均は20℃の場合は0.615、28℃の場合は0.803となり、実験1と実験2を通して、28℃で最も嗜好性指数が高くなった。

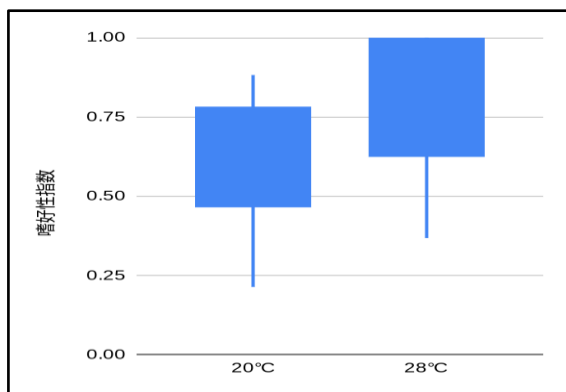


図6 20℃、28℃の嗜好性指数  
(20℃:n=8, 28℃:n=7)

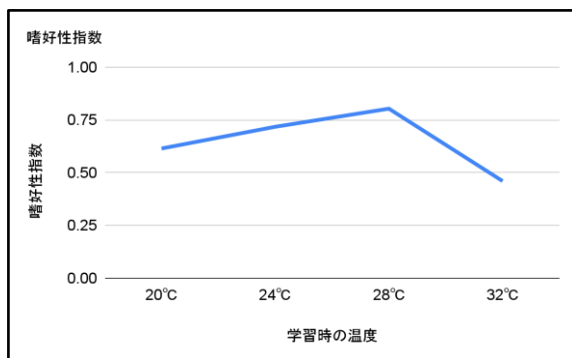


図7 4種類の温度における嗜好性指数の比較

### 《実験1、2の考察》

実験1と実験2の結果において、t検定より24℃と32℃、28℃と32℃には有意差を確認することができた。これより、温度の高い32℃よりも、24-28℃の温度環境のほうが、学習に適していると考えた。

24-28℃で学習させると最も高い学習能力が得られることが分かったが、先行研究から28℃はコオロギの成長率、発育時間、最終的な体の大きさの観点での

最適温度であるので<sup>7)</sup>、コオロギの学習能力と成長効率は温度環境において同じような相関関係があると考えられる。また、先行研究より26℃はコオロギの死亡率が低いことが分かっているため<sup>8)</sup>、コオロギの学習能力はストレスが少なく生育しやすい環境で高い傾向があるといえる。

## 6 結論

学習時の温度環境によってコオロギの学習能力が変わることが分かった。

そして、24-28℃の温度環境が学習に適しており、32℃付近のコオロギにとって高温環境下では学習能力が下がることが分かった。

## 7 今後の展望

今後の展望として学習回数を増やすことで、長期記憶を作り忘却の様子を忘却量、記憶量を計測することで調べていきたい。

また先行研究よりコオロギの脳内には記憶物質(オクトパミンなど)が存在し、報酬学習の際に関与することが分かっている<sup>9)</sup>、記憶物質と温度を絡めた実験をすることでさらに、温度が学習に与える影響を詳しく調べていきたい。そして今回の実験結果の具体的な実用方法を考えていく必要がある。

## 8 参考文献

1)unicef.“食料安全保障 最新報告書 世界で8億2,800万人が飢餓に直面 新型コロナ流行以来、1億5,000万人増加”。

<https://www.unicef.or.jp/news/2022/0136.html>

,(参照 2023-03-01)

2)FUTURENAUT.“第2巻 農業と環境のはなし”。

<https://futurenaut.co.jp/library/vol2-agriculture-environment/>,(参照 2023-03-01)

3)井島渚.“ガラス、国産食用コオロギを使用したプロテインバー等をコンビニで販売開始”。

<https://foodtech-japan.com/2022/06/06/gryllus/>,(参照 2023-03-01)

4)松本幸久(東北大学大学院生命科学研究科)。“コオロギの匂い学習と記憶”。

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/25/1/25\\_1\\_11/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/25/1/25_1_11/_pdf),(参照 2023-02-01)

5)Joshua S. Graff Zivin, Solomon

M.Hsiang, Matthew J. Neidell, "Temperature and Human Capital in the Short- and Long-Run", NBER  
<https://www.nber.org/papers/w21157>, 1 Feb 2023.

6) Julia C. Jones & Paul Helliwell & Madeleine Beekman & Ryszard Maleszka & Benjamin P. Oldroyd, "The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*"  
[https://www.researchgate.net/profile/Benjamin-Oldroyd/publication/7695427\\_The\\_effects\\_of\\_rearing\\_temperature\\_on\\_developmental\\_stability\\_and\\_learning\\_and\\_memory\\_in\\_the\\_honey\\_bee\\_Apis\\_mellifera/links/0fcfd50adb8aa98895000000/The-effects-of-rearing-temperature-on-developmental-stability-and-learning-and-memory-in-the-honey-bee-Apis-mellifera.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Benjamin-Oldroyd/publication/7695427_The_effects_of_rearing_temperature_on_developmental_stability_and_learning_and_memory_in_the_honey_bee_Apis_mellifera/links/0fcfd50adb8aa98895000000/The-effects-of-rearing-temperature-on-developmental-stability-and-learning-and-memory-in-the-honey-bee-Apis-mellifera.pdf), 1 Feb 2023.

7) Craig W. Clifford, J. P. Woodring  
Methods for rearing the house cricket, *Acheta domestica* (L.), along with baseline values for feeding rates, growth rates, development times, and blood composition  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0418.1990.tb00012.x>, 1 Mar 2023.

8) Shelley A. Adamo and Maggie M. E. Lovett. "Some like it hot: the effects of climate change on reproduction, immune function and disease resistance in the cricket *Gryllus texensis*"  
<http://www.publichealth.pitt.edu/Portals/0/EOH/Journal%20Club/Alexis.pdf>, 1 Feb 2023.

9) 松本幸久、佐藤千尋(北海道大学大学院生命科学院). "フタホシココロギの脳の構造".  
[https://invbrain.neuroinf.jp/modules/htmldocs/IVBPF/Cricket/Cricket\\_brain-20140828.html](https://invbrain.neuroinf.jp/modules/htmldocs/IVBPF/Cricket/Cricket_brain-20140828.html),  
(参照 2023-02-01)