

2 コオロギの嗅覚記憶

1 研究の動機

私たちは、普段目にする昆虫が、どの感覚器で水や食糧を探っているのだろうと疑問に思い、昆虫の感覚器で目以外にものを探す部位として考えられる触角に注目した。その役割について調べていくうちに水波教授（北海道大学）の研究論文（水波 他 1999）に出会い、昆虫には嗅覚による学習を記憶する能力があることを知った。私たちは下等な微小脳であると思っていた昆虫の脳に驚くべき能力があったことを知り、自分たちで調べたいと考え、研究を始めた。

2 実験の目的

昆虫（コオロギ）に嗅覚学習能力があることを確かめ、記憶の保持期間を明らかにする。

3 材料と方法

(1) 実験材料

フタホシコオロギ ペパーミントオイル バニラエッセンス 脱脂綿 スポイト ビーカー
実験用アリーナ

(2) 実験条件

ア 実験用アリーナ

外側に遮光シートを張ってアリーナの両端に、それぞれペパーミントオイル、バニラエッセンスを脱脂綿に含ませたにおい源を置いた。におい源はアリーナの下部におき、コオロギがにおいを区別できるようにした（図1）。

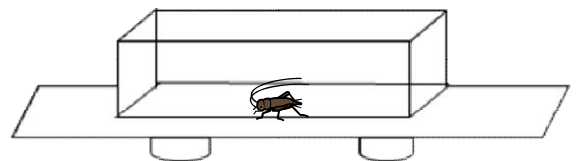


図1 実験用アリーナ

イ 実験条件

室温20℃で飼育し、実験は暗期(L:D=12:12)に行った。

4 実験

(1) 実験1 バニラとペパーミントの嗜好性

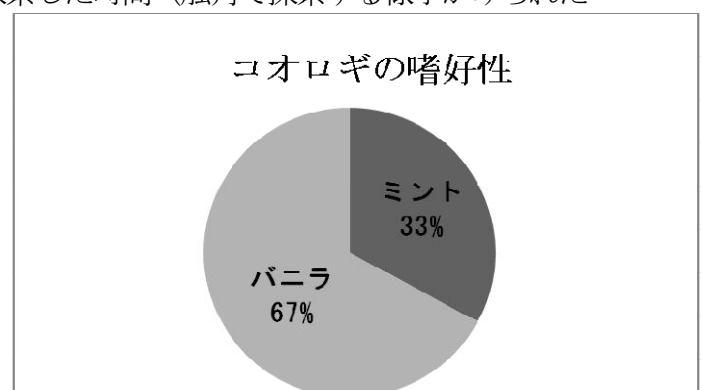
はじめにバニラとペパーミントに対するコオロギの嗜好性を確かめた。これは、以降の実験結果と比較し、学習の成立を判断するためである。

実験方法

図1の装置を用い、バニラとペパーミントのにおい源の間に一匹ずつ、計9匹のコオロギを、5分間自由に探索をさせ、それぞれのにおい源を探索した時間（触角で探索する様子がみられた時間）記録し、全探索時間に対する割合を調べた。2種類の匂いは、水波らのゴキブリを使った嗅覚記憶に関する実験（水波他 1999）を参考にした。

実験1 結果

グラフ1はコオロギ9匹における実験3回の平均値を表している。コオロギはバニラのにおい源を有意に高い割合で選択している。このことからコオロギはペパーミントと比べ、バニラのにおいを好むことがわかる。



グラフ1

(2) 実験2 学習記憶の確認

次に学習の成立を確かめる実験を行った。図2の様にペパーミントの匂いをつけた脱脂綿をビーカーに入れ、その中に4日間絶水させたコオロギを一匹ずつ放す。そして、ペパーミントのにおいを充満させた状態でスポイトで水を与えることで、ペパーミントのにおいと水、を条件づけ、空腹状態にあるコオロギに、好まないペパーミントのにおいのもとで水が得られることを学習させる。その後、実験1と同じ装置を用い、5分間自由ににおい源を探索させ、それぞれのにおいの探索時間を調べ、コオロギがにおいを記憶できたのか調べた。

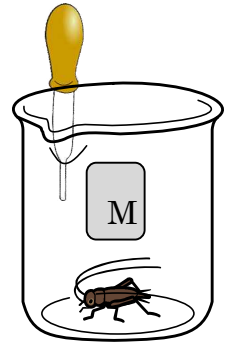
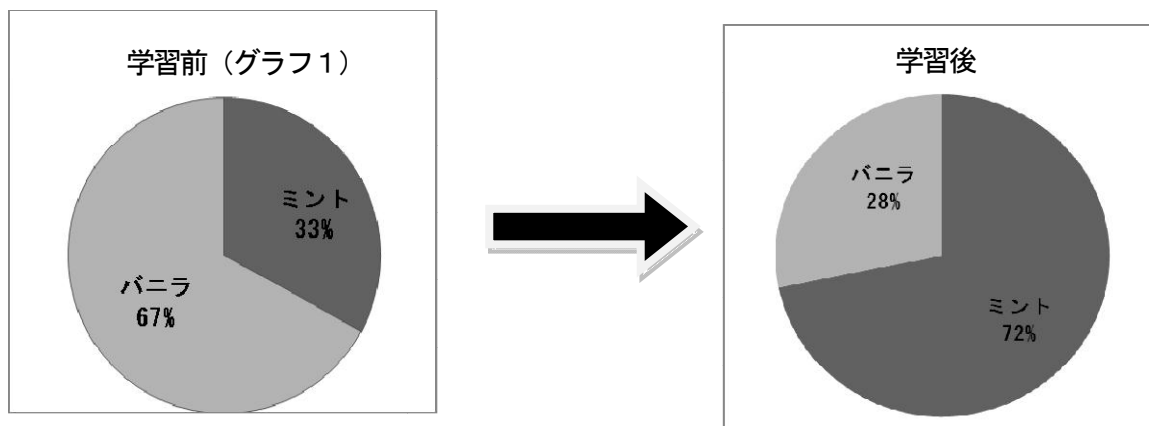


図2

実験2 結果

全ての探索時間中のそれぞれのにおいの探索時間の割合はグラフ2のようになり、嗜好性実験の結果（グラフ1）と比べると明らかにペパーミントを探索する割合が高くなっている。本来は自由に探索させればバニラの方をより多く選択するはずなので、連合学習が成立している、といえる。



グラフ2

(3) 実験3 記憶の保持期間

次に、コオロギがにおいについての学習記憶を保持していただける長さを調べた。コオロギ10匹（♂：♀＝6：4）を実験2同様4日間絶食させた後、水とともにペパーミントのにおい源を2時間飼育箱にいれ、その後、におい源、水ともに取りのぞき、24時間後に再び戻すことを3回繰り返した。これを3回の学習とし、5日間連続で実験2と同様に記憶の確認を行った。

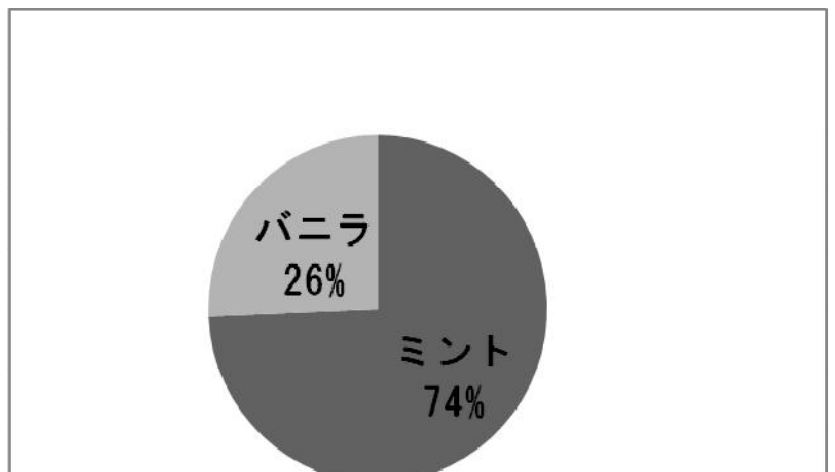
予想：はじめはペパーミントを好んで選択するが、日が経つごとにペパーミントを選択する割合は減っていき、記憶は5日間保持されない。

なお、コオロギの体力を考え、実験期間は5日間とした。

実験3 結果

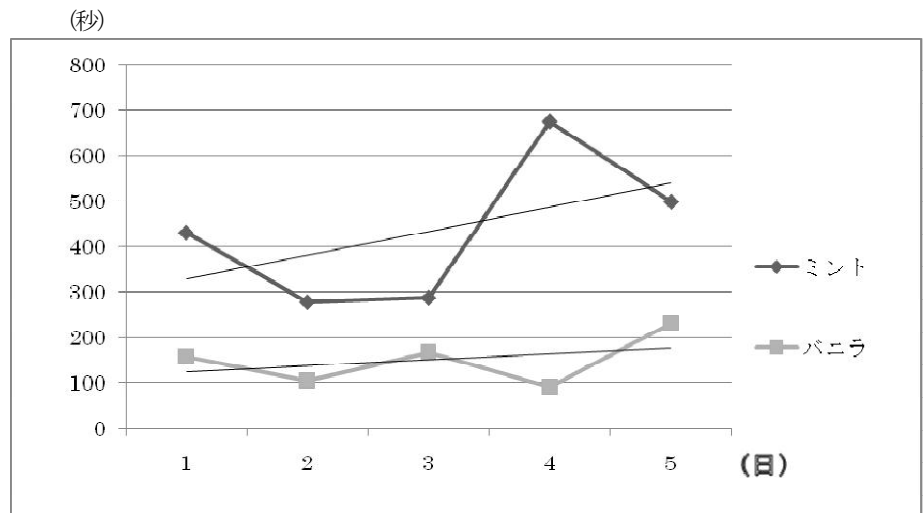
(日)	ミント (秒)	バニラ (秒)
1	430	160
2	280	100
3	290	170
4	680	90
5	500	230
合計	2180	750

表1



グラフ3

表1は実験日ごとの各探索時間を、グラフ3は探索時間全体におけるペパーミントの割合を、グラフ4はその推移を表している。5日間いずれもペパーミントの探索時間の割合が高くなっており、時間経過後にもおこる学習記憶は失われずに残っていることが分かった。



グラフ4

また、この実験により、最低5日間の記憶保持が可能であることがわかった。

2つの実験から、

- ・コオロギはにおいによる学習の記憶が可能である。
- ・その記憶は5日間以上保持される。ことがわかった。

実験2、3ではペパーミント=水という条件を学習させ、数日後、2つのにおい源（ペパーミント、バニラ）を置き、それぞれの探索時間を計った。

(4) 実験4 学習条件による違い（バニラ+水無し、ペパーミント+水の探索時間）

次に、実験装置に水を含ませたペパーミントのにおい源と、さらに水のないバニラのにおい源を置き、9匹のコオロギ（♂：♀＝6：3）に自由に選択させ学習させた。

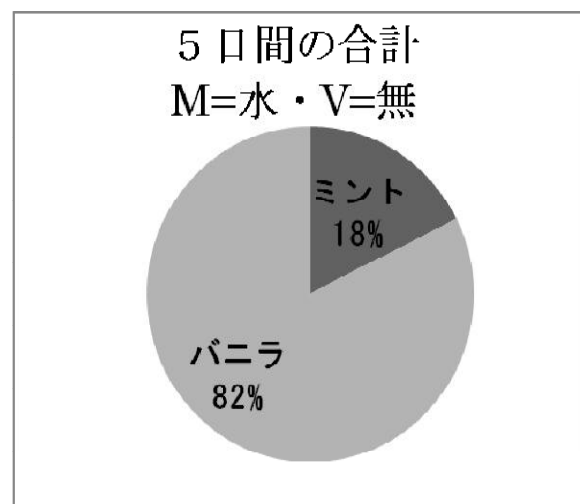
予想：ペパーミントのにおいのする場所に水があり、バニラには水がないという二つの条件を学習することにより、実験1～3よりペパーミントの探索時間割合が増えるのではないだろうか。

実験4 結果

表2は実験日別の各探索時間を、グラフ6はその推移を、グラフ5は5日間の各探索時間合計の割合をグラフにしたものである。

(日)	ミント (秒)	バニラ (秒)
1	140	240
2	65	70
3	40	110
4	42	310
5	15	390
合計	240	1130

表2

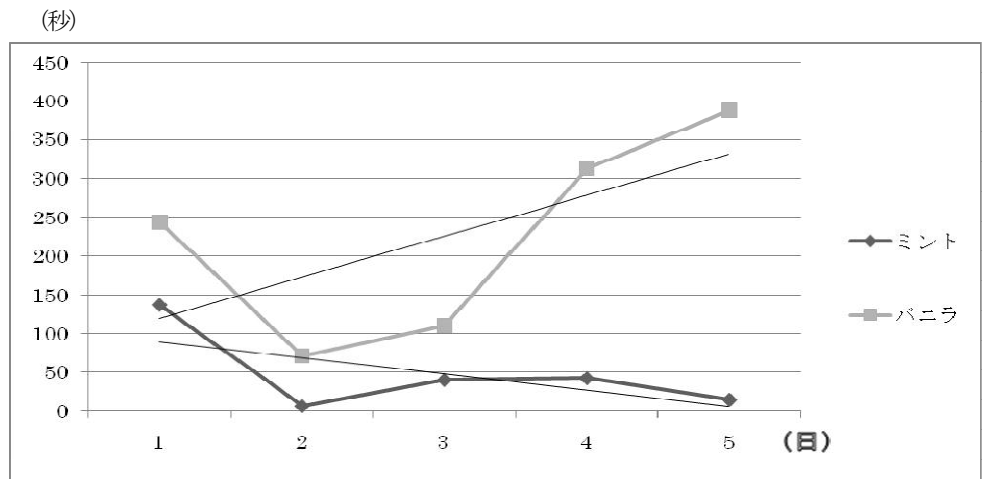


グラフ5

探索時間は1日目から明らかにバニラの方が長く、その差は時間の経過に従って開いている（グラフ5）。

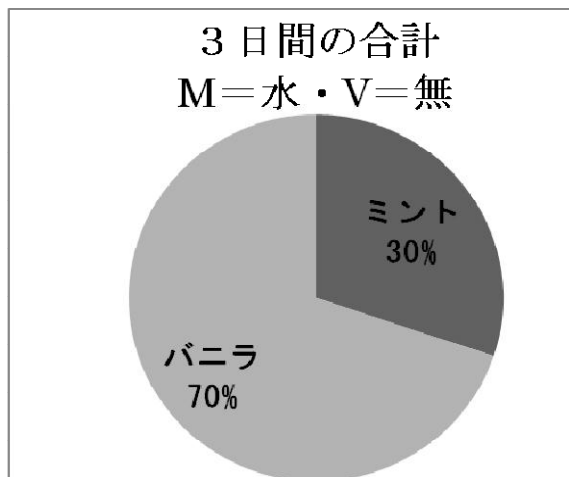
グラフ7は実験開始から3日間の合計探索時間の割合を、グラフ8は5日後（最終日）の割合を表している。グラフ7より実験開始後3日間ですでにグラフ1に近い割合になっていることから、記憶は成立していないことがわかる。これは、コオロギは単純な記憶の方がしやすいため、連合させることができなかったためと考えられる。

しかし、グラフ6の3日目以降、各探索時間の差が開いていることから、私たちが予想しなかった新たな記憶が成立したように見える。これはグラフ8でペパーミントの割合が、グラフ1よりはるかに下回っていることからわかる。

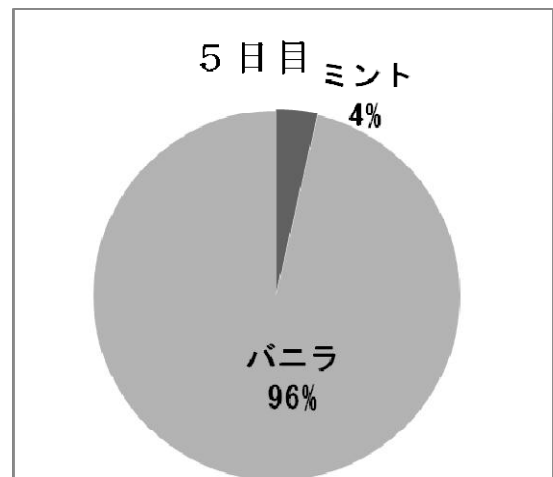


グラフ6

コオロギが条件づけされない状態で長時間空腹状態におかれ、嗜好性についての実験を繰り返されたため、生き残る可能性の低い方へ反応しなくなったためかもしれない。



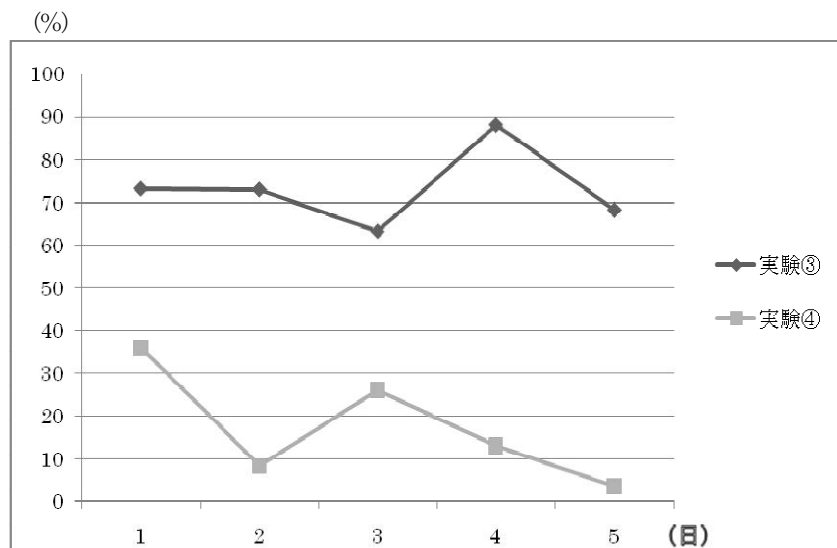
グラフ7



グラフ8

グラフ9は実験3と4の各実験日における合計探索時間に対するペパーミントの探索時間の割合を示している。

実験4でペパーミントに水のあること（【M=水】とする）を学習しなかったことは、グラフ9からもわかる。



グラフ9

5 考察

今回の実験で、コオロギに嗅覚記憶能力があることが確認できた（実験2）。また、3回の記憶をした水に関する情報は、5日間保持することができた（実験3）。実験4より、記憶は約3日後にはほぼ失われたことから、複数の情報を長い期間保持することはできないことがわかる。

コオロギにとって、報酬がないことを覚えたり、複数の条件がからむ複雑な情報を記憶することは困難なのかもしれない。報酬のある場合と無報酬の場合とをしっかりと区別して比較する必要がある。水がないという条件は学習できないのか、二種類以上の条件を同時に学習できるのか、別々に調べることが必要だろう。

コオロギにとって、生き残るためには、水があることを覚える（匂いX=水）のが重要であって水がないこと（匂いY=無）はあまり重要ではないのかもしれない。

コオロギなどの昆虫がどこまで私たち人間と同じようなしくみをもっているのかはわからない。しかし、基本的な部分では共通する点の多くみられることが知られている。

今回の実験ではコオロギの成虫の寿命が短いこともあり、記憶の保持期間を5日目までしか調べていない。幼虫時に学習したことが成虫まで記憶されるのか。雌雄による違いはあるのか。など、さらに、興味が深まった。

謝辞

コオロギやゴキブリの触角の感覚毛の電子顕微鏡観察について、丁寧にご指導いただいた静岡県総合教育センター（現静岡東高校）の井上靖様に心よりお礼申し上げます。

参考文献

「昆虫の嗅覚学習」水波誠 松本幸久 佐倉緑 岡田龍一

電子科学研究 vol. 7, 1999

<https://www.sci.hokudai.ac.jp/~mizunami/MICROB~2/RES-3.htm>