

マダガスカルゴキブリの学習能力 ～その測定方法とDHAの効果～ 植田 悠太, 萩森 諒, 大和 風雅

A 研究目的

ゴキブリは、最も人に嫌われる虫の1つであり、殺虫剤やトラップなど様々な方法で駆除が行われている。しかし、殺虫剤に対する忌避行動やゴキブリの学習能力により、完全な駆除は難しいともいわれている。

私たちは、このようなゴキブリの学習能力について興味があり、どのような学習能力があるのか調べてみたいと思った。また、人家に住み着いて栄養のあるものを食べて育つゴキブリはより高い学習能力を持つのではないかなどとも思った。そこで、最近、ドコサヘキサエン酸（以下 DHA）を摂取すると頭にいいなどといわれていることもあり、昆虫ではどうなのか、ゴキブリの学習能力を調べ、DHA を餌に加えて、その影響を調べようと思った。

昆虫の学習能力については古くはミツバチの研究をはじめ非常にたくさんの研究がある。ゴキブリについては、ワモンゴキブリは匂い嗜好性テストにより学習能力があることがわかっており、その記憶が1週間程度保持されることが知られている。また、視覚については色の識別はできないが明暗は感受することが知られている。

まず、ゴキブリの仲間からどれを実験動物として使用するか。ゴキブリのどのような学習過程を観察・測定するかなどから検討を始めた。

B 研究方法

1 実験動物の選定

実験動物の選定にあたってマダガスカルゴキブリなどを香川大学農学部の伊藤先生より提供していただき、飼育・観察を行った。その中で、マダガスカルゴキブリは、ゴキブリの中では大形で、あまり俊敏でなく、飛翔も行わないことから手で捕らえることも容易で、実験操作を行う上で扱いやすい。また、餌や水をきちんと与えておくと一緒に飼っていても共食いもなく、安定して飼育できることからこの種類を選んで使用することとした。提供いただいた個体を使って、T字迷路実験等を行った。また、(株)三好物流パンタナール(徳島県板野郡北島町)より中型(3~4cm)のマダガスカルゴキブリを購入し、後半の逃避行動実験に使用した。



2 学習能力の測定方法の検討

迷路学習について

迷路の学習が可能かどうか検討することにした。ゴキブリは一般に壁の隅に沿って歩行することも多いので、ダンゴムシでよく知られている交替性転向反応があると迷路を記憶するという学習の妨げになると考え、ゴキブリでも交替性転向反応があるか調べた。

交替性転向反応とは、連続する分岐点があるとき、最初の分岐で右に曲がると、次は左、その次は右というように左右交互に曲がるという習性のことである。

厚紙を用いて図1のようなT字迷路を作成した。迷路を進むとT字路が連続で3回(①~③)現れ、左右のどちらに進むかを観察した。

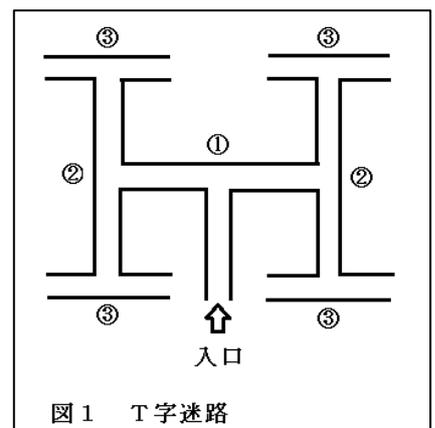


図1 T字迷路

高温からの逃避行動について

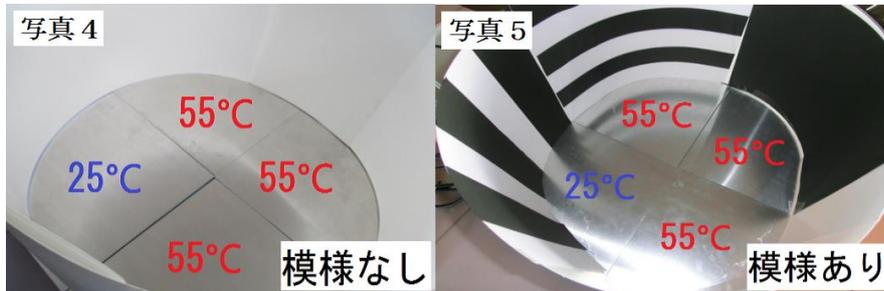
マダガスカルゴキブリが夜行性であるため昼間の動きが鈍かったことから、夜行性のゴキブリでも昼間に活発に活動させられるように危険からの忌避行動を利用して、何らかの学習行動を調べられないかと考えた。そこで、高温の場所を嫌って逃避する行動を調べる実験を行うこととした。いろいろな装置を考え試してみたが、以下のような装置を工夫して実験を行った。

<実験装置と手順>

- (1) 恒温水槽（直径 220mm の円形槽）を 4 台並べ（写真 1）、その上に 1 枚ずつ 4 枚のアルミ板（250mm 四方、厚さ 0.25mm）を載せた（写真 2）。さらに、ポリプロピレン製のパネルシートを円形の筒状にして壁（高さ 280mm）として配置（写真 3）した。



- (2) 恒温水槽の 3 つにお湯を入れ、残り 1 つには水を入れ、4 枚のうち 3 枚のアルミ板の表面温度が高温の 60℃（後に 55℃）、残りの 1 枚を室温に近い低温の 25℃になるように、サーモグラフィーで確認しながら、恒温水槽の温度設定を行った。
- (3) 高温のアルミ板の上にマダガスカルゴキブリをのせ、高温を避けて低温のアルミ板の場所まで逃避するのにかかった時間を測定した。各個体とも、3 分間（後に 5 分間）の休憩をはさんで、連続で 5 回（後に 3 回）の測定を行った。



- (4) 周囲の壁は、白い壁のままの場合（写真 4：模様なし）、アルミ板上の位置を知る手がかりとして壁に模様を掲げる場合（写真 5：模様あり）がある。縦縞、横縞、黒、白の模様を掲げ、低温のアルミ板の前に縦縞の模様がくるように配置する（写真 5：模様あり）。壁の模様を手がかりに低温の位置を認識・記憶できれば、試行回数に伴って、低温の場所への逃避時間が短縮できると考えられる。

3 ドコサヘキサエン酸（DHA）の投与による影響

DHA（備前化成（株）製の DHA-97E）を、普段ゴキブリに餌として与えている市販の昆虫ゼリー（（株）マルカン製の昆虫ゼリーフルーツ農園 55）に対して、質量比で 1/100 になるように加え、1 週間与え、その後、前記の実験装置と条件で測定を行った。

C 実験結果

1 迷路実験について

交替性転向反応の確認のための T 字迷路実験では、のべ 22 匹のマダガスカルゴキブリのうち半数の 11 匹が（左右左、または右左右）のいずれかの左右交互の T 字路選択を行った。

偶然に、「左右左」、または「右左右」のいずれかの左右交互の T 字路選択を行う確率は、 $2 \times (1/2)^3$ （すなわち 25%）に対し、50% のマダガスカルゴキブリが左右交互の選択を行ったことから、マダガスカルゴキブリは交替性転向反応を示す傾向があると見なせた。また、ゴキブリは一般に夜行性で、マダガスカルゴキブリも夜間は活発に動くが、昼間は動きが鈍く、T 字迷路でも途中の壁の隅で止まってしまうこともしばしばあった。

2 高温からの逃避行動について（予備的実験）

アルミ板の床の表面温度を 60℃（高温）と 25℃（低温）とし、各個体に 3 分間の休憩をはさんで、5 回測定した。10 個体について測定した結果を図 2 に示す。

マダガスカルゴキブリの個体ごとに反応性に違いがある。最初からうずくまって動こうとしない個体や、高温部から逃避しても低温の位置にとどまらず走り続ける個体もいた。学習能力や行動性に個体差があると考えられる。

1回目は個体による逃避時間のばらつきが大きく、平均逃避時間も大きくなった。平均逃避時間は1回目から3回目で減少し、ばらつきも小さくなった。しかし、4回目、5回目のゴキブリの逃避時間が3回目より少し長くなっている。各個体の様子を観察していても回数が増えると動きが鈍くなってきていたことから、熱い

(60℃) アルミ板の上での過度の運動によりゴキブリが疲労しているかのようにも見えた。

以上の実験の結果から、これ以降の実験では、条件を以下のように変更改善した。

①～③はゴキブリの反応性を良好に保つために行った。④、⑤は壁の模様以外にゴキブリが位置の認識の手がかりになるものをなくするために行った。

- ① 反応性や行動性の良好な個体を5匹程度選抜し、測定する。
- ② 各個体の測定は連続3回までで、測定の中の休憩は3分から5分に延ばす。
- ③ アルミ板の設定温度は60℃から55℃に下げ、低温部は25℃のままとする。
- ④ 観測者は上からのぞき込んで測定をするが、測定者の立ち位置は測定ごとに換える。
- ⑤ 匂い物質などの可能性を除くために、アルミ板を5分の休憩時に水拭きをし、アルミ板の位置は変える。さらに、低温の恒温槽の位置も変える。ただし、壁もまわして、壁の模様と低温のアルミ板の位置関係は変えないようにする。

3 高温からの逃避行動について（条件改善後の本実験）

壁に模様がない場合の逃避行動の変化

写真4の実験装置の模様なしの場合で、改善した実験条件（55℃の高温、5分のインターバル休憩）で、5匹の個体ごとに試行3回目までの逃避時間を測定した。

図3より、模様がないときの試行回数による逃避時間の短縮は見られなかった。

壁の模様がないことから、低温のアルミ板の位置は認識できなかったため、逃避時間が短くならなかった。

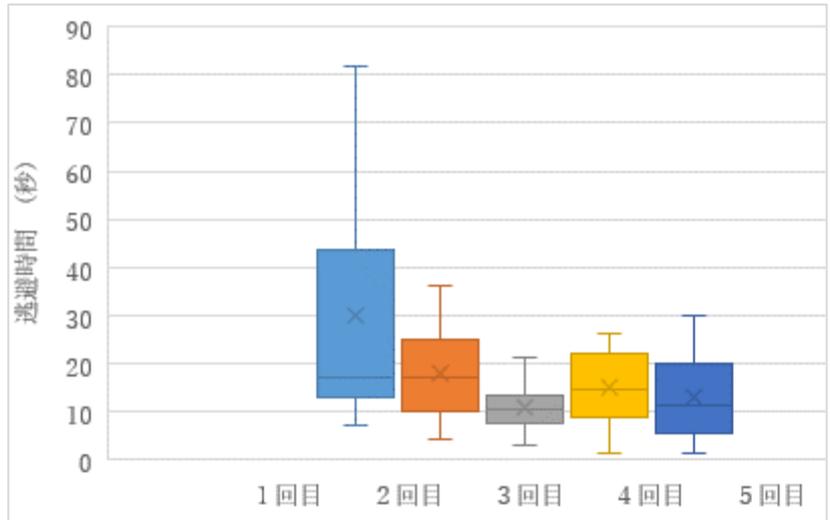


図2 壁の模様がある場合の高温からの逃避時間

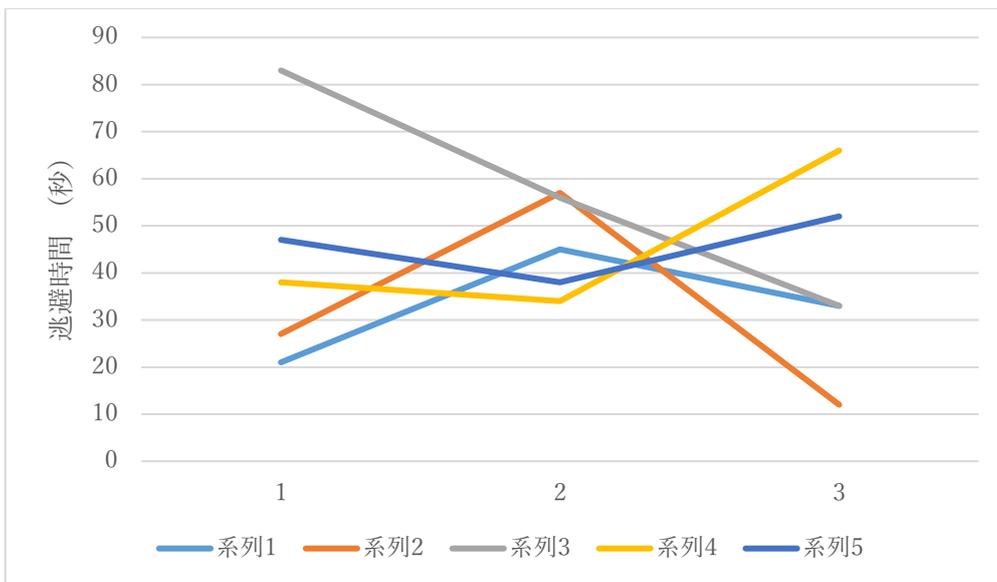


図3 壁に模様がない場合の試行回数による逃避時間の変化

壁に模様がある場合の逃避行動の変化

写真5の実験装置の模様ありの場合で、壁に模様を掲げ、他の条件は壁の模様なしと同じ条件で、試行回数による逃避時間の測定を行った。

図4より壁の模様があることで、低温のアルミ板の位置を認識し、それを記憶することで、1回目から3回目にかけて、逃避時間が減少している。

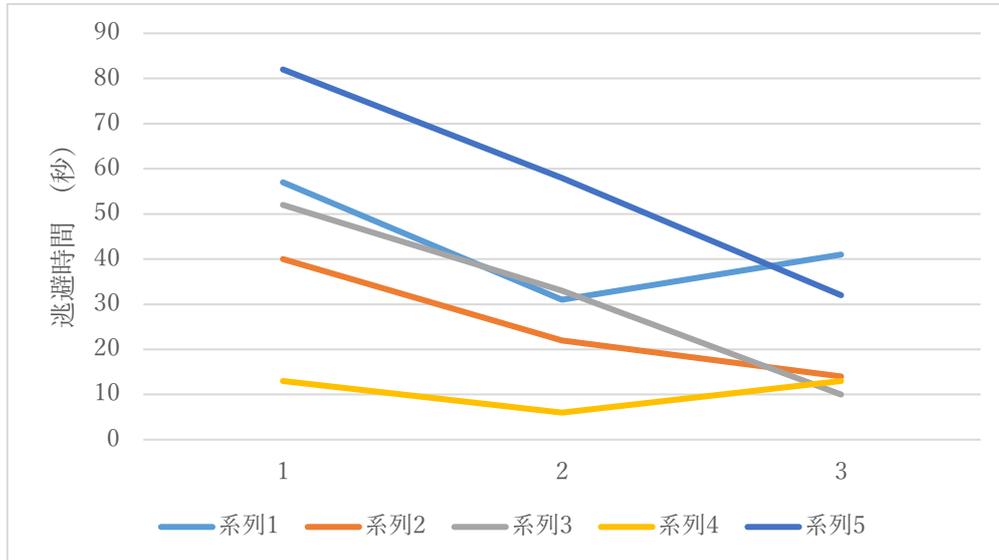


図4 壁に模様がある場合の試行回数による逃避時間の変化

4 DHA を与えた後の学習効果の変化

DHA 投与後の壁に模様がない場合の逃避行動

普段ゴキブリに与えているえさ（昆虫ゼリー）に DHA（質量比 1/100）を混ぜたものを1週間与え、その後、同様の実験を行った。また、今回の実験でも反応の良いマダガスカルゴキブリを5匹使用する。

DHA を与えた後（図5）は与える前（図3）と同様に、ゴキブリの試行回数に伴って逃避時間が短くなる傾向は見られなかった。

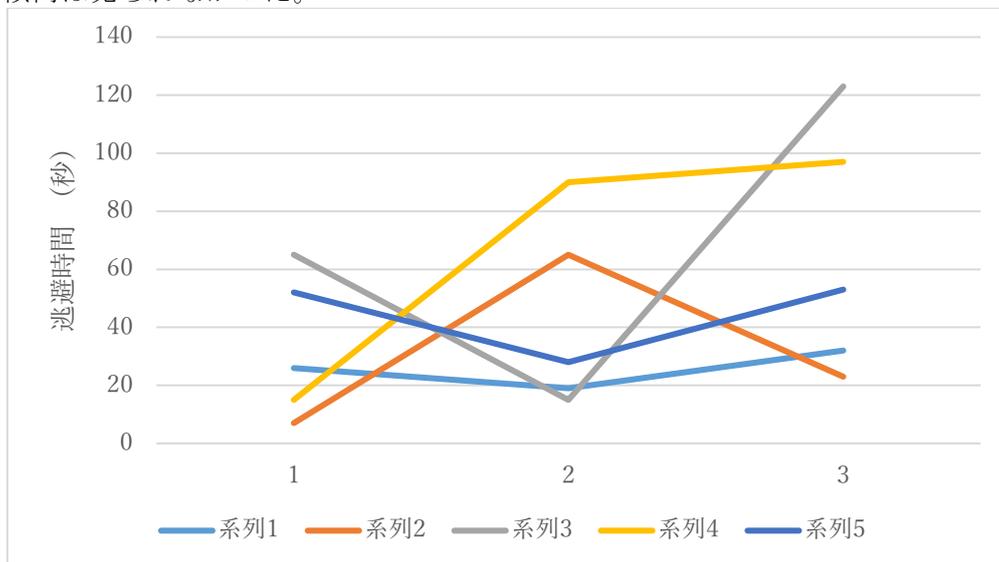


図5 DHA 投与後の模様なし条件での逃避時間の変化

DHA 投与後の壁に模様がある場合の逃避行動

DHA を与える前（図4）と与えた後（図6）で比較すると、1匹は DHA を与えていないときと同様に、グラフは右下がりに減少し、逃避時間は短くなっている。5匹中4匹では1回目から逃避時間がかかり短い。

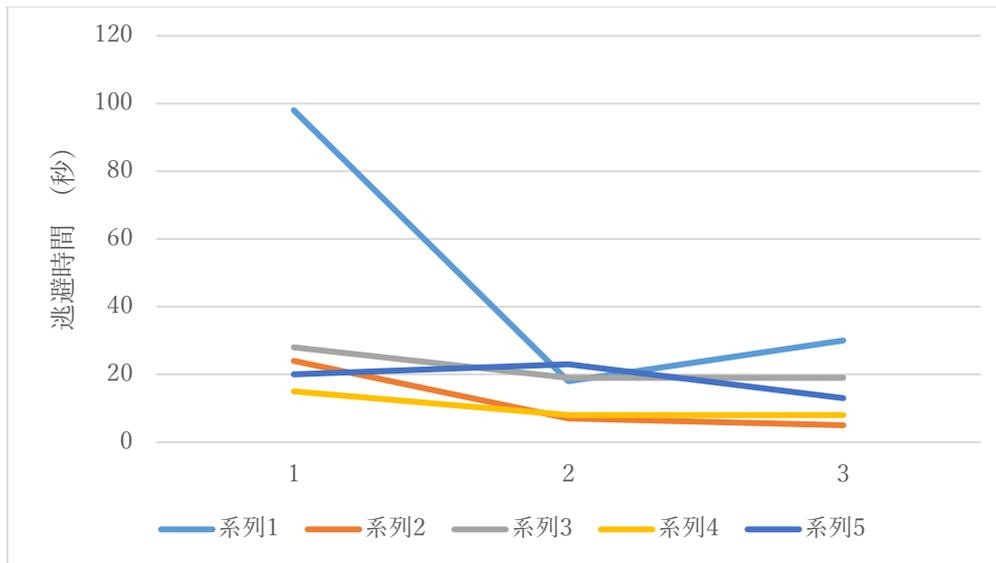


図6 DHA投与後の模様あり条件での逃避時間の変化

D 考察

記憶・学習の過程を調べる方法として、まず迷路実験を考えた。しかし、T字迷路を使った実験から高い確率で交替性転向反応を示した。迷路を記憶・学習して早く抜けるためには、この反応を示すことは妨げになると考えられる。また、夜行性のゴキブリにとって昼間の活動は活発でなく、自発的な行動は起こしにくい。迷路を記憶させ、それを抜ける時間を測定することで記憶の程度を測定することは難しいと考えられる。迷路学習実験はゴキブリの学習を測定するには適さないと判断した。

交替性転向反応については、ダンゴムシなどで詳しく調べられているが、落葉の下など、自然の生育環境で同じような生活様式をしていると考えられるゴキブリでも同様の反応が見られることは興味深い。

次に、ゴキブリの嫌う危険な状況からの逃避行動を引き起こすことで、昼間の実験でも活発な動きが観察できると考え、前記のような実験装置を工夫した。壁の模様を手がかりに安全な位置を認識・記憶することで逃避時間の短縮が起こると考えた。

壁の模様なし（図3）では、試行回数に伴って逃避時間が短縮しなかったに比べ、壁の模様あり（図4）では、逃避時間が短縮したことから、ゴキブリは壁の模様を手がかりに安全な（低温の）位置を認識し、それを記憶したと考えられる。

今回の実験では、低温の位置と縦縞の模様を関連付けさせたが、他の模様の関連付けも可能か確認し、どのような模様の識別と認識が可能かを検討する必要があると考えている。

次に、餌にDHAを加えてマダガスカルゴキブリの学習過程にどのような影響があるか。DHA投与前後で、模様なしの場合（図3と5）の比較では、試行回数による逃避時間の短縮は見られないことから、位置の認識と記憶はできない。一方、模様ありの場合、投与前（図4）では試行回数に伴って逃避時間が短縮しているが、投与後（図6）では、5匹中1匹が、逃避時間の短縮が起こるが、5匹中4匹では、試行1回目から逃避時間が短いことから、DHA投与前（1週間前）の記憶が保持されていた可能性も考えられる。

しかし、今回の実験では、使える個体数が限られ、同時に平行して1週間DHAを与えない対照群を設けられず、この効果がDHAによるものであると断言はできないが、今後の課題として興味深い。

E 結論

壁の模様なし（図3）と壁の模様あり（図4）で、試行回数に伴って逃避時間を測定し結果を比較することで、ゴキブリが壁の模様を手がかりに安全な（低温の）位置を認識し、それを記憶される過程を確認できる。

高温からの忌避行動を利用するこの測定方法により、マダガスカルゴキブリにおいて、模様を識別し、位置の認識、そして、それを記憶するという能力があると考えられる。

今回はDHAの効果については十分検討はできなかったが、実験条件を整えて、調べてみたいと

思う。

マダガスカルゴキブリは雌が子としばらくは一緒に暮らすことから亜社会性昆虫ともいわれており、危険からの忌避行動を学習し、それが集団の中に伝わる可能性はないのか、親から子へと世代に渡って学習行動を観察するのも興味深い。

F 謝辞

研究を行うにあたって、マダガスカルゴキブリ等を提供していただいた香川大学農学部伊藤文紀先生に、また、終始ご指導いただいた三好武仁先生をはじめとする高松第一高等学校の先生方に、厚く御礼申し上げます。

G 参考文献

田原雄一郎．“ゴキブリとの終わりなき戦い”．昆虫科学読本．日本昆虫科学連合会編． 東海大学出版部，2015，p.198-213．

水波誠．昆虫一驚異の微小脳．中央公論新社，2006，291p.，（中公新書，1860）．

松本幸久，水波誠．“マダガスカルゴキブリ”．研究者が教える動物飼育－第2巻昆虫とクモの仲間．日本比較生理生化学会編．共立出版，2012，p.31-34．