周囲の環境におけるダンゴムシの交替制転向反応

抄 録

私たちにとって身近な生き物であるダンゴムシだが、ダンゴムシには「交替制転向 反応」という習性を持っていることを知っているだろうか。文献調査から、ダンゴム シは湿っていて暗い場所を好む、反対に乾いていて、明るい場所を嫌う。好きな食べ 物はきゅうりやにんじんである、嫌いな物は木酢液やコーヒーの香りであることなど が分かったため、これらの好き嫌いがある様々な条件によって「交替制転向反応」は 変化するのではないかと考えた。

条件に合わせて10個の迷路を作成し、実験を行った結果、ダンゴムシの交替制転向 反応は明るい場合、温度が高い場合、緑色の迷路のとき、エリンギ、にんじん、きゅ うりが近くにあるときが最も反応が見られることが分かった。

キーワード:ダンゴムシ・交替制転向反応・迷路

1. はじめに

1.1 研究動機

私は小学生の頃に一度、自由研究でダンゴムシの基本的なことについて研究したことがあった。そして、今回中学生になりもっとダンゴムシの詳しいことを調べてみたいと思った。ダンゴムシには、右に曲がった後は、左に曲がり、左に曲がった後は右に曲がる「交替制転向反応」という習性を持っている。この交替制転向反応という習性は、本やテレビなどで何度か耳にしたことがあり、BALM仮説(転向の際に生じる左右の脚への負荷を均衡化しようとする)と走触性仮説(接触が刺激となって起こる走性)の二つの他に、記憶などの複数の働きが作用し実現されていると言われている(森山 2013)。そこで、私はダンゴムシの「交替制転向反応」は様々な条件がオス、メス、子供によってどのように動きが変化するのか不思議に思った。本研究では、ダンゴムシの「交替制転向反応」についてまだ解明されていない部分を明らかにしていく。

1.2 研究目的

ダンゴムシの交替制転向反応は、私が考えた八つの条件(明るさ、温度、湿度、色、触覚の有無、土地条件、えさ、危険状態)によってオス、メス、子供では変化するのかを明確にする。

1.3 文献調査

交替制転向反応とは、動物に見られる行動に関する習性のひとつで、右に曲がったあとには左、左に曲がったあとならば右に曲がるというように、曲がる向き(転向)を入れ替えて(交替)進む習性のことである。交替制転向反応が見られる動物は、ダンゴムシやワラジムシ以外にもゴキブリやゾウリムシなどがある。(ダンゴムシジャパン 2016) 交替制転向反応が起こることによって行動範囲が広がるため、天敵対策や異性と出会う確率が高くなること、えさの確保ができることなどの利点がある。交替性転向反応が起こるメカニズムには2つの仮説がある。

1つ目はBALM仮説である。角を曲がる際、カーブの外側の脚の作業量が内側の脚の作業量より大きいためこの作業量の差を平均化するための交互に転向するという説だ。

2つ目は走触性仮説である。オカダンゴムシには壁に触れながら歩き、曲がり角では触れていた方向に斜めに移動する傾向だ。その結果、前とは逆側の体が壁に接触しその壁との接触を保ったまま前進する。これを繰り返して交替制転向反応は起こる。

○それぞれの条件において分かっていること

明るさ	ダンゴムシは石の下や落ち葉の下にいることが多いので暗い場所を好る明るい場所を嫌うということ。(ダンゴムシジャパン 2016)			
温度	この温度を好むなどはなく飼育温度は20 ~ 25℃くらいと言われている。			
湿 度	ダンゴムシは湿った場所を好み、落ち葉や枯れ葉、石の下、木の根などの じめじめした場所で見つかることが多いので湿度が高いほうを好むと考 えられている。			
色	明るく感じる白より黒のほうが好きである。下に色をひいて実験を行った結果、緑や黒、青に集まった。(皆越 2010)			
触覚の有無	交替制転向反応は触覚を用いて成り立っている。また,触角を切除しても 交替制転向反応は見られることが分かっている。			
土地条件	普段ダンゴムシはゴツゴツしたところによく見られる。			
え さ	好きな食べ物は落ち葉, きゅうり, にんじん, レタス, なすび, ゴマ, きのこ, とうもろこし, かつおぶし, にぼし, チーズ, エビなどである。嫌いなものはお酢の匂い, トマト, にんにく, みそ, コーヒーの香りなどである。(ダンゴムシジャパン 2018)			
危険状態	ダンゴムシの天敵はクモであるので、私はクモの巣にひっかかることで食べられると考えた。(ほっとライン 2021)			

2. 実験

2.1 実験の対象・期間

自宅近くの公園で採集したダンゴムシ(オス,メス,子供を合わせて)50匹を対象に2020年7月から1ヶ月間で実験を行った。

2.2 実験手順

- ②室温は条件が変わらない限り29℃であり、常に一定とした。
- ③ 一つの実験にオス、メス、子供のそれぞれ5匹ずつ合計15匹で実験を進め、ダンゴムシがスタートしてからそれぞれのゴールにたどり着くまでの時間と道順を記録した。図3は実際に記録したものをまとめたものである。このように、全ての実験においての道順とかかった時間を記録した。ただし、5回以上壁を乗り越えたり、一定時間止まっている場合は「結果無し」とした。
- ④結果は、グラフでまとめ横軸が回数、縦軸がゴールするまでの時間(秒)で表した。確率を出すときは、結果無しの場合は含めずに計算をした。



図1 ダンボールの迷路

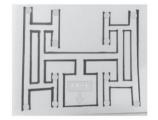


図2 迷路の模式図

3 2 3 5 759 21948 15957 50900 21993 22956 26951 3 2 3 6 7 79907 32942

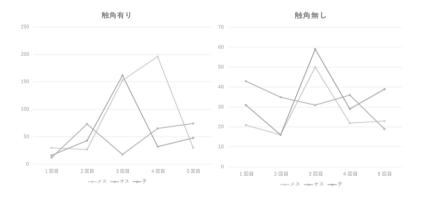
図つ 宝輪記録

2.3 実験方法・結果

2.3.1 触角の有無について実験(実験1)

(実験方法)

ピンセットでオス,メス,子供のそれぞれの5匹の触角を根元から抜き取る。 (実験結果)



この実験の結果が先行研究で見られた,「ダンゴムシは触角を抜き取っても交替制転向反応が見られる」と同じであることからこの迷路は,実験にふさわしいものであると証明できる。

2.3.2 明るさについての実験(実験2)

(実験方法)

<明るい場合>

台,ライト,迷路をそれぞれ右の図4のように配置した。実験を行った部屋の明るさを計測すると,1632ルクスであった。迷路でライトの一番当たる部分の明るさは7095ルクスで全体の迷路上の明るさは4287ルクスであった。

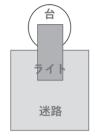




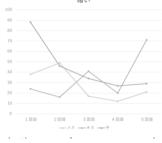
図4 配置図

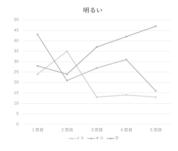
図5 計測結果

<暗い場合>

部屋のシャッターやカーテンを全て閉めて電気を消し、0ルクスになるようにした。 (実際に計測したスマートフォンの画面の様子は図5を参照)







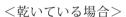
明るい場合は短い 時間でかつよりたく さんの反応が見られ たが、暗い場合は長く 時間がかかり、反応は 起こりにくかった。

2.3.3 湿度についての実験(実験3)

(実験方法)

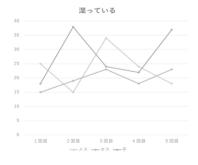
<湿っている場合>

クーラーボックスの中を霧吹きで湿らせ、5分後に湿度計で計測してみると82%となった。水で湿らせたクーラーボックスの中に迷路を入れ、迷路にも霧吹きをかけた。また、乾かないように5匹ごとに何度も霧吹きで水をかけた。(図6・図7)



部屋の温度を湿っている場合と同様に29℃に設定し、また部屋 を除湿モードにし、湿度を60%にした。

(実験結果)



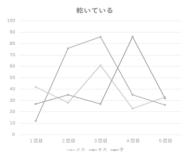




図6 クーラーボックスで 湿らせた迷路



図7 迷路を湿らせた迷路

乾いた場合では湿っている場合に比べて少し時間がかかっていた。また,他の実験と比べると反応が起こりにくかったが,湿度の高低での変化はないことが分かる。

2.3.4 温度についての実験(実験4)

(実験方法)

<温度が低い場合>

迷路と一緒に保冷剤をクーラーボックスに入れて20分間冷やし、20分後に温度計で湿度を測ると18℃であった。また、温度が変化するのを防ぐためにメス、オスが終わるごとに5分間新しい保冷剤をクーラーボックスの中に入れて冷やした。(図8)

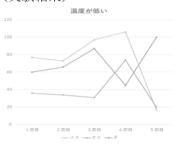


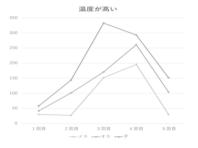
図8 保冷剤で冷やした迷路

<温度が高い場合>

条件が変わる場合以外は常に室温29℃で実験を行っているので、触角が有りの場合と同じ条件で実験を行った。

(実験結果)





どちらの場合もスタートしてからゴールするまでの時間が長く、温度が低い場合では反応があまり見られなかった。

2.3.5 色についての実験(実験5)

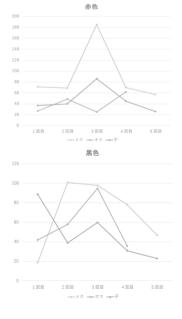
(実験方法)

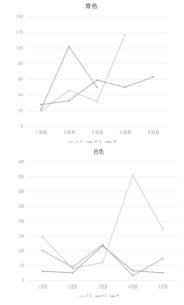
下の写真8の赤色の迷路のように文献調査より、好きな色だと考えられる青色、緑色、黒色と嫌いな色なのではないかと考えた赤色と白色の5色の工作用紙で迷路を作成した。(図9)

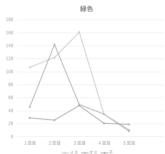
(実験結果)



図9 赤色の迷路







好きな色である,黒色,青色と嫌いな色である,赤色では結果無しが見られた。また,赤色,緑色,黒色,白色の迷路のメスの場合は,全体的に時間が長くかかっていた。5色の中で緑色が最も反応が見られた。

2.3.6 えさについての実験(実験6)

(実験方法)

ダンゴムシの好きなえさである,きゅうり,にんじん,チーズ,エリンギ,嫌いなえさである,みそ,トマト,にんにくの7種類のえさを下のきゅうり(図10)のように配置した。

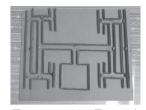
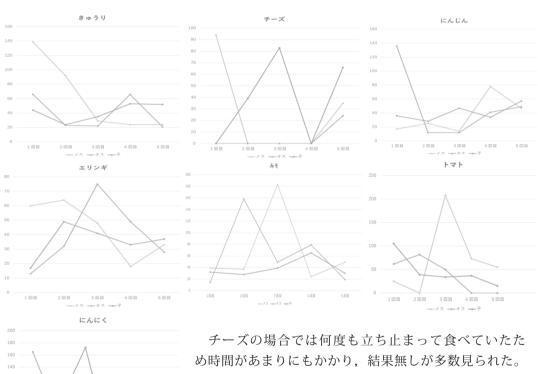


図10 きゅうりを配置した迷路

(実験結果)



にんにく
200
180
140
140
120
100
80
60
40
20
0 1回目 2回目 3回目 4回目 5回目

チースの場合では何度も立ち止まって食べていたため時間があまりにもかかり、結果無しが多数見られた。 きゅうりは食べる気配は全くないように見られ、にんじんはにおう動作があったが食べなかった。7種類のえさの中で最も反応が見られたのはエリンギであった。

2.3.7 土地条件についての実験(実験7)

(実験方法)

<ネバネバの場合>

下の写真のように、山芋をすり、ネバネバしている事を確認し、迷路の床や壁につまようじとスプーンを用いて塗っていく。乾くのを防ぐために定期的に塗り直した。

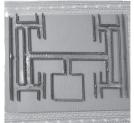


図11 山芋を塗った迷路



図12 セロハンテープを 貼った迷路

(図11)

<ツルツルの場合>

迷路の壁や床にセロハンテープを貼った。(図12)

<ゴツゴツの場合>

迷路上に砂や小石が混ざった土をひいた。(図13)

※しかし、この実験は何度行っても壁を乗り越えてしまうため実験失敗という形になった。高さを変える方法も検討したが条件が変わってしまうため、断念した。

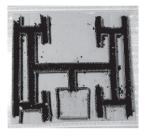
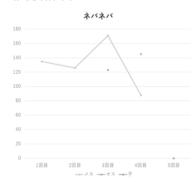
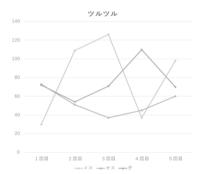


図13 土をひいた迷路

(実験結果)



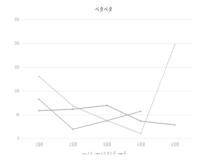


ネバネバしている 場合は警戒している 様子が見られ,反応は 起こりにくかった。ま た,ツルツルの場合は 脚が滑ってスムーズ には歩けなく,反応が 見られなかった。

2.3.8 危険状態についての実験(実験8)

ダンゴムシの天敵はクモであり、クモの巣に引っかかることによって食べられると考えた。 \rightarrow クモの巣の代わりとして、迷路上をスティックのりで塗りベタベタにした。(図14 参照)

(実験結果)



少しベタベタしていても 反応は起こる事が分かる。

しかし、この実験ではのり の粘着が少し弱かったので あまり良い結果ではない。

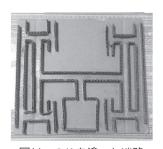


図14 のりを塗った迷路

3. 考察

表1 反応が起こる確率

反応の起こりやす さを確率で表すと右 の表のようになり、 黄色の部分が特に大 幅に変化があった。

	反応回数	実験回数	確率		反応回数	実験回数	確率
触角有り	11	15	73	トマト	8	15	53
触角無し	11	15	73	ニンニク	8	15	53
温度高い	8	15	73	エリンギ	14	15	93
温度低い	4	15	27	みそ	9	15	60
湿度高い	7	15	47	チーズ	3	15	20
湿度低い	8	15	53	ニンジン	10	15	73
明るい	9	15	60	きゅうり	10	15	67
暗い	4	15	27	ネバネバ	4	15	27
赤色	6	15	33	ツルツル	5	15	33
緑色	10	15	67	ベタベタ	11	15	73
青色	7	15	47				
白色	6	15	47				
黒色	7	15	47				

実験2の結果より、ダンゴムシは暗い場所を好むとわかった。また、文献調査からダンゴムシは目が良くないので、暗い場合では見えにくかったと考えられる。そして、実験5の結果から緑色の迷路で反応が最も起こりやすく、逆に赤色は起こりにくかった。これらのことから、ダンゴムシの生活環境に近い明るさや植物の葉に近い緑色の方が交替制転向反応は起こりやすくなると考えた。実験3の結果から湿度が高すぎても低すぎても交替制転向反応は起こらず、ダンゴムシにとって程よい湿度があるのではないかと考えた。次に、実験6の結果から、好きなえさがあるときはダンゴムシの反応が起こりやすく、嫌いなえさがあるときは起こりにくかったことから、えさの好き嫌いが交替制転向反応に影響することが分かった。しかし、チーズの場合では途中に何度か食べている様子が見られたので、ダンゴムシは好きなえさが近くにあると途中でも食べてしまうことがあり、正確なデータが得られない可能性もあった。そして、実験7・8から土地の状態が変化すると、状態に対応できる移動すらできなかったが、クモの巣などを想定した危険状態に遭遇した場合は、回避行動として交替制転向反応が起こることが確認できたため、天敵対策として効果があったのではないかと考えた。

4. 結論

ダンゴムシの交替制転向反応は、様々な条件によって反応が起こったり、起こらなかったりするなど変化することが分かった。

参考文献

皆越ようせい(2010) 『科学のアルバム・かがやくいのち2 ダンゴムシ ~落ち葉の下の生き物~ あかね書房

草野ゆうか・新妻裕翼(2015)『オカダンゴムシの交替制転向反応の仕組みを探る』 福島県立盤白高等学校

ダンゴムシジャパン

https://dango64jp.starrypages.net/ (2021年12月 5 日)

リセマム(【自由研究】ワラジムシの動きを観察して規則性を見出そう)

https://resemom.jp/article/2018/08/09/46145.html (2021年12月5日)