熊日ジュニア科学賞

ダンゴムシの行動研究

～迷路を使っての検証～

熊本学園大学付属中学校 理科部 生物班

1 研究の目的

ダンゴムシは私たちにとって身近な小動物である。小さいと頃から慣れ親しんでいる人が多い。ダンゴムシは迷路をジグザグに進む交替性転向反応があることがよくいわれている。

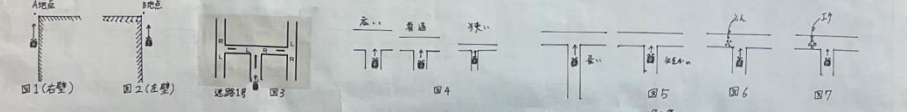
私たち生物班はさまざまな迷路を作り、交替性転向反応を追試するとともに、ダンゴムシのいろいろな行動を調べることにした。特に重点をおいたのは、ダンゴムシの交替性転向反応の原因がどこにあるのかを追究することである。調べた主な内容は以下のとおりである。

- 迷路をどう進むか
- 触角の働き（ダンゴムシには、大きな触角が1対と小さな触角が1対ある。）
- ふん(フェロモン)の影響（本来なら採集めたかったが困難だったため、容器に採集できるふんにした。）
- オス・メスの性差による行動の変化（オスとメスは簡単に見分けがつく。）
- 成体と幼体での行動の違い（便宜上、体長8mm以上の成体を成虫、8mm未満の幼体を幼虫とした。）
- エサ(キュウリ、ニンジン、鶏レバー)を感知して、そちらの方向に向かうかどうか（ダンゴムシは何でもエサとするが、実験では、キュウリとニンジンで食欲旨した。）

2 研究の方法

最初に、ダンゴムシの体をよく観察し、体のつくりを調べる。その後、迷路を使わず自然な状態でのダンゴムシの行動を観察する。さらに 壁やさまざまな迷路を作り、ダンゴムシの行動を調べる。

（実験1）図1.2のように右壁、左壁を作りダンゴムシが壁づたいに行動するか、図のA地点、B地点で壁が無くなったらどの方向に進むかを記録する。
（実験2）ダンゴムシのオス・メスの性差によって、行動に違いがでるかを図3のような迷路を使って調べる。また、同じ迷路を使って、成虫と幼虫でが行動に差がでるのかを調べる。
（実験3）迷路幅が広い場合と狭い場合の行動の違いを調べる。また、迷路の長さが長い場合と短い場合を比べる。（図4.図5）
（実験4）迷路の分岐点にふん(フェロモン)を設置し、このふんの存在によってダンゴムシの行動はどうなるのかを調べる。（図6）
（実験5）迷路上にエサ(キュウリ、ニンジン、鶏レバー等)を置いた場合の行動を調べる。（図7）



3 研究の結果

ダンゴムシの体の観察や実験1～5からわかったことを下にまとめる。

(0) ダンゴムシの体のつくりや基本行動

右図8～10は、ダンゴムシの体のつくりをスケッチしたものである。ダンゴムシの体は、7つの体節からできていて、それぞれの節から足が1対ずつ出ている。つまり、ダンゴムシの足は全部で14本ある。頭部には長い触角が1対と、短い触角が1対ずつある。また、目は複眼であり、頭部に1対ある。口は頭部の中に下部にある。

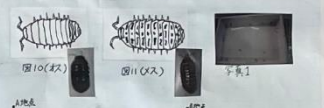
オスとメスの区別は容易でありメスの背中には黄色の斑点があり、一見してメスが小さい。

ダンゴムシを広い場所で自由に動ける状態にすると、基本、真っすぐ進んだ。

ダンゴムシの体をピンセットでつつくと、逃げるか、丸まって動かなくなった。

ダンゴムシをバットの中に複数入れると、バットの壁づたいに移動しバットの中心部分にいるダンゴムシはほぼいなかった。(写真1)

昼間、ダンゴムシを探すとフランターの下や落ち葉の下に集まっていたりとしていたので夜行性だと推測できる。



(1) 実験1からわかったこと

ダンゴムシは右壁、左壁ともに壁づたいに進み A地点、B地点でどう進んだかを表1(右壁)、表2(左壁)に示した。

たかし、設計が難解したものが引き返したものは含まれていない。

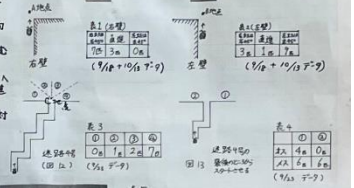
結果、右壁では約70%のダンゴムシが右または右45°の方向に進み、左壁は約64%のダンゴムシが左または左45°の方向に進んだ。

ダンゴムシの行動を観察していると、右壁では右の触角を、左壁では左の触角を壁に触れ触れることによって、方向を決めているものと思われる。

迷路4号(図5)を使って、ある程度ジグザグに進ませたあと、図のように開放されたC地点で①～⑥のどの方向に進むかを調べたところ、表3のような結果になった。

また、図13のように迷路4号のジグザグの後半からスタートさせた場合、右方向に10匹、左方向に6匹進んだ。左方向へ進んだのはメスばかりであった。(表4) そのメスの行動をよく見ると、1匹が左方向に進んだら、次のメスも同じ方向に進んでいることがわかった。

以上の結果をまとめると、迷路を進ませたあと17匹(73%)がジグザグの方向に進み、7匹(27%)が反対方向に進んだことがわかった。



(2) 実験2からわかったこと

オス・メスの性差や、成虫と幼虫の行動の違いを調べるために写真2のように、成虫のオス・メス、幼虫のオス・メスを採集した。

そして、最初迷路1号(図3、写真3)を使ってオス・メスの行動の違いを調べた。その結果を示したのが表5である。

表5を見ると、73%のダンゴムシがジグザグ(R→L、L→R)に進んでいた。27%はR→R、L→Lと同じ方向に曲がって進んだ。オスとメスに顕著な差は見られなかった。

また、同じ迷路1号を使い、成虫と幼虫で行動に差があるかを調べた。その結果を示したのが表6である。私たちは成虫と幼虫では差はないのではないかと予想していたが、その予想は見事に外れ、幼虫はジグザグに進めないことがわかった。

つまり、全体のジグザグ(R→L、L→R)行動率は65%であったが、幼虫に限っては20匹中、11匹がジグザグに進み、その割合は55%と低い(成虫は95%の95%)。

写真2

写真3(迷路1号)

表5

	パターン	オス	メス	計
①	R→R	3匹	2匹	5匹
②	R→L	5匹	3匹	8匹
③	L→R	4匹	3匹	7匹
④	L→L	2匹	2匹	4匹
⑤	L→L	3匹	2匹	5匹

計 13匹 (27%)
計 19匹 (73%)

(3/4+3/4+3/11+1/11データ)

表6

	パターン	成虫	幼虫	計
①	R→R	3匹	2匹	5匹
②	R→L	5匹	6匹	11匹
③	L→R	5匹	2匹	7匹
④	L→R	3匹	3匹	6匹
⑤	L→L	3匹	4匹	7匹

計 9匹 (45%)
計 11匹 (55%)

(3/4データ)

(3) 実験3からわかったこと

迷路幅を変えて実験を開始するにあたって迷路の幅や長さをどうするかということについては本当は考えていなかった。

ある程度実験を進めた後、幅や長さでも関係あるのではないかと思い、実験3を行った。

その結果については、ここにデータは載せていないが、迷路の幅や長さはダンゴムシの行動にはほとんど関係ないことがわかった。

(4) 実験4からわかったこと

図6のように迷路の分岐点にオスのふん、メスのふんを置いてダンゴムシがどう行動するかを調べた。

この実験ではとてもはっきりと結果があらわれた。下の図14、表7～図16、表7に結果を示す。

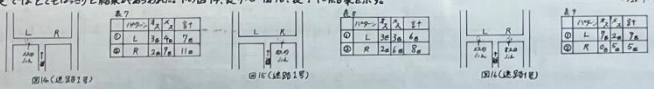


図14(迷路1号)

表7

	パターン	オス	メス	計
①	L	3匹	4匹	7匹
②	R	2匹	9匹	11匹

図15(迷路1号)

表7

	パターン	オス	メス	計
①	L	3匹	3匹	6匹
②	R	2匹	6匹	8匹

図16(迷路1号)

表7

	パターン	オス	メス	計
①	L	9匹	2匹	11匹
②	R	0匹	6匹	6匹

(5) 実験5からわかったこと

図7のようにして迷路にエサを置き、ダンゴムシがどう動くかを調べた。キュウリ、にんじんは動物中のエサであり、鶏レバーは別実験のコラナリアのエサであり、ダンゴムシにとっては初めて食べるエサである。実験後結果を下の図17、表10～図19、表12に示す。

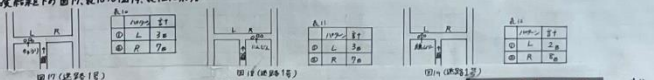


図17(迷路1号)

表10

	パターン	計
①	L	3匹
②	R	7匹

図18(迷路1号)

表11

	パターン	計
①	L	3匹
②	R	7匹

図19(迷路1号)

表12

	パターン	計
①	L	2匹
②	R	8匹

(6) ダンゴムシのジグザグ成功率を高めるために曲がった実験

写真4(迷路2号)の実験を追加した。迷路2号は、最初の石を曲がると分岐点での選択(餌食)が3回ある。

ゴール1.13あるダンゴムシが出たはジグザグ成功率が100%であり、ゴール2.4.5.7.14.16から出たはジグザグ成功率は47%となる。

表13を見ると わかるように 70匹中、ジグザグ成功率100%のダンゴムシは27匹(全体の39%)いた。ジグザグ失敗1回までを合わせると53匹(全体の76%)のダンゴムシがほぼジグザグに進んだことになる。

写真4(迷路2号)

表13

ジグザグ成功率	ゴール No.(匹)	匹数	割合
100%(27匹)	1.13	27匹	39%
75%(3匹)	2.4.7.14.16	26匹	37%
33%(2匹)	5.6.8.9.10.12.15	12匹	17%
0%(5匹)	9.11	5匹	7%
計		70匹	

53匹 (76%)
17匹 (24%)

4 研究の考察

最初から きちんと見通しを持って実験を進めたわけではなく、実験をやりながら試行錯誤繰り返し、研究の目的に近づくようにした。そのため、作りはしたが、使わなかったり迷路もいくつかあり、後になって考えて 本来ならこういうところに魚をつけて実験しなければいけなかったと反省する点もたくさんあった。ダンゴムシの行動を観察しながら、気づいたこと、明らかになったことを下に記す。

(1) ダンゴムシの行動特性について

① ダンゴムシは、多くの先行研究や文献にあるようにかなりの高い確率でジグザグに進む。私たち生物班の実験では約70%の成功率ということがわかった。

② ダンゴムシは、触角を使って自分の進む方向を確認し、分岐点では待っていた壁の方向とは違うと思ったらすぐに進んだものが多かった。

と違う壁の方向を変えるものがに迷路をジグザグに進む。このことを私たちは「壁の法則」と命名する。

ダンゴムシが交替性転向反応を示すのは、先行研究では右方の背面を用いて行動するためと言われているが、私たちは、ダンゴムシが壁づたいに進むためにエサを探しやすいように、などいろいろな研究があるが、しかし私たちはダンゴムシの動きを観察するなかで、触角のはたらきと、この「壁の法則」が多くの場合 きっかけとなる行動であると信じている。

③ ダンゴムシのふんは、ダンゴムシの特質を決定づける大きな要因であると思われる。オスのふんの方向にはメスが、メスのふんの方向にはオスが曲がる。

ふんは、ダンゴムシの特質を決定づける大きな要因であると思われる。オスのふんの方向にはメスが、メスのふんの方向にはオスが曲がる。

ふんは、ダンゴムシの特質を決定づける大きな要因であると思われる。オスのふんの方向にはメスが、メスのふんの方向にはオスが曲がる。

たのには驚かされた。私たちはふんで実験しこれを フェロモンと呼んだが、何かしらの異性の良いの物質がダンゴムシの行動を支配するものと思われる。

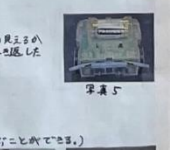
実は、迷路の実験結果を数だけで示したが、実験の個々のデータを細かく見ていくと、同のダンゴムシと 同じ方向に曲がっていくダンゴムシが数多いた。つまり、ダンゴムシは臭いに相当敏感ではないかと思われる。

④ 成虫にはメスと幼虫のジグザグ率が低い。原因はわからないが、触角のはたらきの発達が、まだ不分かのからではないだろうか。

⑤ ダンゴムシの行動には、エサの影響は少ないと思われるが、鶏肉の場合 キュウリとにんじんでは、にんじんの方に より曲がったものがおもしろかった。

実際、ダンゴムシはキュウリよりもにんじんを好んで食べていた。

初めて出会った鶏レバーからは逃げるように出るダンゴムシがほとんどだったが、明らかに鶏レバーを食べていた個体もいた。



(2) 改善していかなければならない実験

① ダンゴムシが前に歩いたダンゴムシの臭いの影響を受けるならば、かなりの時間をかけて次のダンゴムシを歩ませるか、その臭いを消してから、次のダンゴムシを歩ませないといけない。実際、他濃度のアルコールで前のダンゴムシが歩いた跡を消したりして実験することを試みたいろ。

② 触角のはたらきを明らかにするために3匹のダンゴムシの右触角、左触角、両方の触角を切って行動を観察したが、やはりこれはやりべきではないと思う。すぐに中止した。

触角のはたらきを知る方法はないかを考えたい。特に、臭いについては1よりの臭い触角が関係していると言われているが、その臭い触角の動きは観察することができないので、何かなにか良い考えたい。

③ 明らかに目だけでは見えていないといわれている目のはたらきも調べてみたい。

5 今後の展望および私たちの日常生活との関連について

ダンゴムシの行動については研究をはじめたばかりであり、まだまだ未知の部分が多い。例えば、どうやって手掛を探すのかもよくわかっていない。目がどのくらい見えるのか、食べ物を感じているのか不明である。また実験をやっていて思ったのは、ダンゴムシの「個性」である。何をやっても他のダンゴムシとは違う方向に行ったり、ひき返したりするものがいる。実に不思議である。ダンゴムシには脳はないということなので、学習するということはあるのだろうか。調べたいことがいっぱいある。

私の家族には、センサーがついた制御ロボットがある。このロボットを使ってプログラミングを考えるなかで、ダンゴムシの行動特性にもとずいた問題を解決する部品として使えないかと考えてみたい。

現在、ダンゴムシの触角を応用して できないかと考えていることを下に示す。

- 目の不自由な人のための杖になる装置
- 車イスの操作動作がよく動くの前方向についているセンサーに壁などがあたったら止まるなど)
- 無人探査車(ダンゴムシ型にし、太陽で動く。ダンゴムシの愛嬌にあるようにソーラー太陽光パネルをはめる。そうすることで、ボリサイズを小さくして運ぶことができる。)

写真5

6 研究のまとめおよび参考文献等

何から研究をやっていいのかわからなかったが、とにかくいろいろな迷路を作ってダンゴムシを進ませていろうちに、「壁の法則」にたどりついた。ある程度の成果は得られたと思っている。

様々なアドバイスをくださった顧問の村上先生、いろいろな時、助けてくださったり、サポートしてくださった たくさんの先生方本当にありがとうございました。

写真6 写真7 写真8 写真9 写真10 写真11(鶏レバーを食べているダンゴムシ) 写真12 写真13

参考文献等

- 小野知洋(2004)『ダンゴムシはジグザグかもね』化学と生物, 42, 735-738
- 森山徹(2011)『ダンゴムシにはばねがあるのか』PHP研究所
- 「迷路で検証!ダンゴムシの交替性転向反応」www.youtube.com/watch?v=bk1R0-Ga7M(閲覧日:2016.8.4)