

2 ダンゴムシの交替性転向反応

1 研究の動機

私は、小さい頃から、ダンゴムシが大変好きでした。小学校1年生から研究もしてきました。今回は、9年間のまとめとして、また中学校最後の理科の研究のまとめとして、ダンゴムシの交替制転向反応をいろいろな角度から調べてみました。そして、触角との関係にまでつなげて考えてみることにしました。

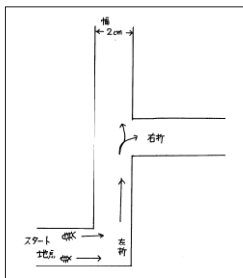
—— ダンゴムシの交替制転向反応とは ——

ダンゴムシの動きを観察すると、1つ目の角で右に曲がった場合、次の角では左に曲がる。続けて同じ方向に曲がる可能性は低いという動きのこと。

2 研究の内容と方法

(1) 交替制転向反応はどのくらいの確率で起こるか。

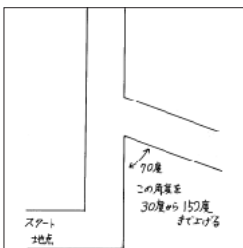
方眼紙の上に木を置き、2 cm幅の道をつくる。スタート地点にダンゴムシをおき、左に曲がったダンゴムシが、次にどんな動きをするかを調べる。それぞれの動きの確率を求める。



(2) 交替制転向反応は、どのくらい正確なのか。

ア 曲がり角の角度によってどう変わるのか。
左に曲がった後の、右折の曲がり角の角度を変え、ダンゴムシがどのような角度まで、見落とすことがなく、交替制転向反応が行われるかを調べる。

曲がり角の角度はダンゴムシの通る道の右端の部分から測定する。直角に曲がる場合を



90度とし、前方に見えてくる場合には90度より大きくなるようにした。30度から150度まで10度ずつ角度を上げて実験し、まとめる。

イ 道全体が傾斜している場合その傾斜によって、交替制転向反応に変化はあるのか。

ダンゴムシの動く道を斜面にして、上り坂を作る。角度を5度から25度までの5度間隔で急にしていき、ダンゴムシの動きを比較する。

ダンゴムシの動く道は、実験(1)の時と同じにする。

下り坂でも同じような実験をし、ダンゴムシの動きを比較する。

ウ 曲がり角のみが傾斜している場合、その傾斜がどこまで影響するのか。

水平方向に進んでいるダンゴムシが、傾斜している曲がり角に接した場合、交替制転向反応は、どのくらい正常に働くのか。ここでは、ダンゴムシが傾斜をどのくらい確認できるかを調べる。

実験の方法としては、右折した時の道に傾斜をつけ、登り坂にしておく。坂は消しゴムを斜めに切って斜面にする。

最初に、角度は10度毎に90度まで準備する。斜面の幅は、道幅と同じ2 cmである。

消しゴムの斜面を右折の道の部分に置き、スタート地点にダンゴムシが左折した後の動きを調べる。

ダンゴムシの交替制転向反応に変化が現れた右折の傾斜角度を細かく調べる。

右折側と直進側の道に、違う傾斜をつけ、ダンゴムシの交替制転向反応が、傾斜とどう関わっているのか観察する。

研究内容 とも実験結果によって追加実験をする。

- (3) 交替制転向反応を起こすものが体のどの部分か。触角との関係を調べる。

ア 触角の観察

触角について観察したりやデジタルカメラで撮影し、触角の付き方などを調べる。

- イ ダンゴムシの触角の一部（左右のどちらか1本：2本切ると動かなくなる）を切り取り、正常な場合のダンゴムシと別な容器に入れ、その動きを観察する。

また、画用紙（工作用紙）の上に、数匹放して、前に進むのになにか影響がないかを調べる。

- ウ 触角の一部を切り取ったダンゴムシを用意し、今までの実験を行う。結果からポイントとなる実験を再度行い、比較実験をする。

3 研究の結果と考察

- (1) 交替制転向反応はどのくらいの確率で起こるか。

実験の結果を見ると、一度壁に当たって、左折したダンゴムシが、次に右折する確率は、90%以上であった。

しかし、今までのダンゴムシの交替制転向反応の実験を考える場合に、左折→右折の時に、右折後、道のどちら側を歩くかをあまり考えずにきた。すべて、交替制転向反応があるものとして、考えてきたが、今回の実験では、ここにも注目していきたいと思う。

- (2) 交替制転向反応は、そのくらい正確なのか。

ア 曲がり角の角度によってどう変わるのか。

ダンゴムシが 通る道の角度 (度)	左折後右に曲 がるダンゴム シの割合 (%)	右折後左に曲 がるダンゴム シの割合 (%)	右折時に直中 を歩くダンゴ ムシの割合 (%)	右折時に左側 を歩くダンゴ ムシの割合 (%)
30	33.2	33.3	0	0
40	54.5	48.5	1.0	3.0
50	69.1	57.6	0	3.6
60	88.1	82.5	0	8.3
70	78.5	64.7	1.9	5.9
80	83.7	68.8	4.7	10.0
90	88.1	73.3	1.2	12.1
100	83.1	54.8	1.2	25.8
110	87.1	48.4	1.2	35.5
120	93.1	37.3	14.8	37.3
130	98.1	6.8	14.8	73.3
140	100.0	6.8	9.9	83.5
150度	100.0	9.4	1.5	90.5

実験の結果を見ると、右折の角度が、90度までは交替制転向反応の割合が上がっているが、100度では一度下がり、また上がる結果が出ている。その原因を探るために次のような仮説を立て、追加実験をした。

仮説

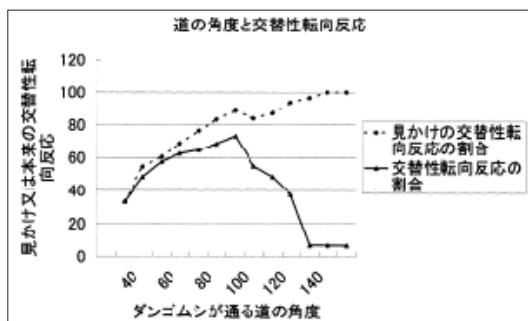
道に沿って動くダンゴムシは、道に沿って壁側の触角を動かして進んでいる。道がなくなった場合、次は反対側の触角を使い、進もうとする。

そのため右の壁がなくなった場合、右への曲がり角には、左の触角がさかんに動き、壁を探そうとする。ダンゴムシの体が、左前が前にできるようになり右折する可能性が高いと考えられる。

そのために交替制転向反応がおこるのだろう。

仮説を検証するために、ダンゴムシを右の壁に沿ってまっすぐ歩かせ、どのくらいの角度まで右折する道路が認識できるのかを調べる。仮説が正しいとすると、右折したということは、右折後は、左側を歩くということになる。

右折後、右側を歩く場合は、曲がり角を認識できずに、ただ壁に沿って歩いたと考える。右折の道の角度は、30度から始め10度ずつ増やし、変化の様子を見て最終の角を決める。結果をグラフにまとめる。

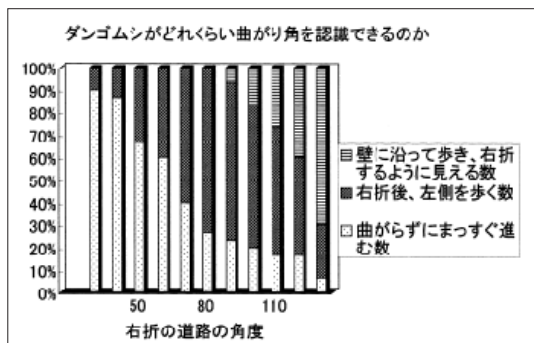


追加実験をすることにより、左折後右折するすべてを「見かけの交替制転向反応」とし、その中でも左折後右折（左側通行）を交替制転向反応としてまとめると結果がはっきりする。

ダンゴムシは、体の右側が接していて、それがなくなると次は、左側が接するということを交替制転向反応にすると、グラフを見ても、曲がり角の角度は90度が頂点になっている。このことにより、見かけの交替制転向反応のグラフの下がった部分は、ダンゴムシが曲がり角として認識していなかったことが証

明できる。

この実験をダンゴムシ50匹実験すると結果を出す次のようになる。



イ 道全体が傾斜している場合その傾斜によって、交替制転向反応に変化はあるのか。

上りの場合

傾斜角度は5度になると、左折から右折という見かけの交替制転向反応はまだ守られているが、だんだん壁に沿って、左側を移動するダンゴムシも増えてくる。

急な傾斜になって行くにつれて、だんだんと交替制転向反応はくずれ、傾斜が20度以上では交替制転向反応は50%以下に減少する。坂を上るので、ダンゴムシの動きもゆっくりになった。

下りの場合

傾斜角度は5度の下りでは、見かけの交替制転向反応はまだ守られているが、10度の下り坂になると見かけの交替制転向反応を示さないダンゴムシは70%になり、傾斜が大きくなるにつれて見かけの交替制転向反応も減少していく。

考察

ダンゴムシの生活場所を考えると地面に近い場所が多いので、昆虫のように上に登る習性がない。そのため、見かけの交替制転向反応（交替制転向反応）は、傾斜に対してはくずれやすいと考えられる。

ウ 曲がり角のみが傾斜している場合、その傾斜がどこまで影響するのか。

ダンゴムシの交替制転向反応は、左折後の右折の方向に斜面を置くことによって、だんだんとくずれていくことが、はっきりした。特に傾斜が30度～33度の間で交替制転向反応の確率が逆転した。

ダンゴムシが通る道の傾斜(度)	見かけの交替制転向反応の割合(%)	交替制転向反応(%)
0	98.0	94.0
10	70.0	53.0
20	66.0	43.0
30	60.0	40.0
33	30.0	18.0
35	26.0	12.0
38	16.0	6.0
40	16.0	4.0
50	2.0	0
60	0	0

30度は交替制転向反応が60%であるのに対し、33度は、30%に減っているのがわかる。60度の傾斜角度では、すべてのダンゴムシが斜面を壁として判断している。

また、直進の右側通行は、左折後まっすぐ進んでいるので、まさに斜面を壁として判断しているということになる。35度の部分は、直進左側通行も多くなってきているが、全体としては増加がはっきり出ている。ダンゴムシの坂道の角度に対する（高さかもしれない）くわしく調べるために、直進と右折の両方に斜面をおく。

グラフよりダンゴムシが、坂を壁として、見てしまう角度は、30度～40度の間が多いことが分かったので、30度と40度の斜面を直進方向、右折方向に1つずつ置く。

次に、直進と右折方向の斜面を置き換えて、実験する。

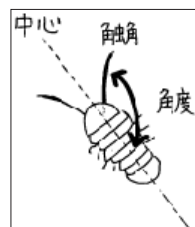
結果

直進方向に30度、右折方向に40度の傾斜をつけた場合は、直進方向に30度の傾斜をつけない場合と同じような結果が出た。直進方向に40度の傾斜をつけた時に、右折して30度の傾斜をあがったダンゴムシは、60%から70%に増加した。

ダンゴムシにとって40度の斜面は、壁として、認識してしまう角度でもあった。

(3) 交替制転向反応を起こすものが体のどの部分か。触角との関係を調べる。

ア 触角の観察

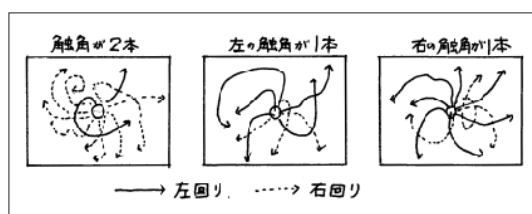


触角の立て いる角度(度)	100	110	120	130	140	150
	~110	~120	~130	~140	~150	以上
数	0	2	14	15	21	0

ダンゴムシの触角は、120度から150度の中で動いている。そして、交替制転向反応は、触角によっておきる一種の習性のようなものであると考えられる。

今までの実験より、触角やダンゴムシの体に壁が接触することにより、この交替制転向反応が行われていたことがはっきりした。特に体の前で動く触角は、その必要性が、大きいと感じた。

イ ダンゴムシの触角の一部を切り取り、正常な場合のダンゴムシと別な容器に入れ、その動きを観察する。また、画用紙の上に、数匹放して、その動きを追う。



2本の触角があれば、複雑な動きもできるし、動きも速い。これは、のべ40匹の実験であるが、どちらか1本の時よりも、少しずつ右によりながら（右回りが多い）移動している。

ところが、どちらか1本になると（左右どちらでも差がない）動きが単調で、左回りが多くなってきた。

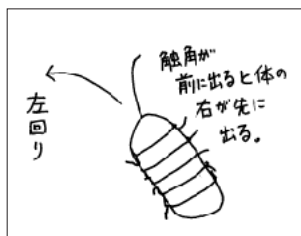
しかし、左の触角だけのダンゴムシより、右だけの方が少し動きが速い。

右だけの触角の方が左だけよりも速いのはなぜか。

触角は、ダンゴムシが進んでいるときに常に動いている。

1本しかない場合、それを前に出そうとする。左回りには、外側

にある右の触角を前に出そうとするので、体の右が先に出る。左回りには、都合がよいと考えられる。



触角についての疑問

右の触角を失ったダンゴムシが、左の触角をうまく使い、右回りに動けば、動きやすいのだが、どちらを失っても、左回りが多くなるのは、地球の自転などと関係があるのだろうか。とにかく、どちらか一方がなくなっても生きていけるように工夫していることは間違いない。

4 実験の感想

中学3年生で、今年が最後の理科の研究になるかも知れないので、ダンゴムシの研究の中で「交替制転向反応」についてまとめ、今まで失敗を追究し、その原因となる触角の働きについて調べることができました。ダンゴムシは、右折→右折→右折と繰り返し進んで行けば、元の場所に戻って来てしまいます。行動がゆっくりで、えさがなくなれば、えさを求めて動くダンゴムシにとって、元の場所に戻ってくることは、大変なことです。そこで、この交替制転向反応が本能として備わっていると考えられます。

触角は、上下の動きより、横の動きの方が活発でした。平面的な移動の中でのみ、その役割を果たしています。傾斜に関しては、働きも鈍い。本来ダンゴムシは、長時間登り続けるという生き物ではないので、これで良いのだと思う。

今回は、集めたダンゴムシの触角を切るという点では、大変抵抗もありました。しかし、再生能力があると聞いて、触角を切ることもできました。

今年も、右折するダンゴムシの実験や追いかけの実験では、姉と妹がダンゴムシの回収や記録なども手伝ってくれました。また、ダンゴムシ集めには、多くの人が協力してくれました。母も一緒に集めてくれたし、研究をやっているということを知っている友人がたくさん届けてくれました。嬉しかったです。

生き物を扱う実験は、予想と違う結果が出たり、たくさんの驚きと発見があり、楽しかったです。これからも自然のすばらしさを認識し、いろいろな発見をしていきたいと思います。

今まで、この実験のために協力してくださった多くの人々と1,000匹を越すダンゴムシに感謝します。