

ワラジムシの交替性転向反応

北澤 新

ワラジムシは北海道に広く分布しており，捕獲，飼育が容易で，交替性転向反応や集合フェロモンによる集合など興味深い行動を示す。特に，交替性転向反応については，その機序についてさまざまな仮説を設定できるため，課題研究における活用が期待できる。ワラジムシの交替性転向反応の課題研究への導入を検討するために，予備的な実験を行った。

[キーワード] ワラジムシ 交替性転向反応 二項検定 t 検定 高等学校 課題研究

はじめに

交替性転向反応とは，T字路などの分岐路で動物が右又は左に進む方向を変えた場合，次の分岐路では，前に右に曲がったものは左へ，左に曲がったものは右へと，直前の転向方向とは逆の方向へ転向する反応のことで，多くの動物で確認されている。交替性転向反応は，生徒が興味・関心を持ちやすいこと，反応の機序に関して多様な仮説を設定できること，実験計画を立てやすく実施も比較的容易であると考えられることから，課題研究のテーマに適している。高等学校学習指導要領解説では課題研究のテーマとして，明瞭な交替性転向反応を示すオカダンゴムシ^{1)・2)}の行動が例示されているが，北海道にはオカダンゴムシの分布密度が少ない地域があるため，より分布密度の高いワラジムシのほうが材料として適していると考えられる。また，ワラジムシの歩行速度はダンゴムシの約3倍であるため，1回の実験に要する時間が短く，単位時間当たりの試行回数を増やせる利点もある。ワラジムシの交替性転向反応の課題研究への導入を検討するために，予備的な実験を行った。

1 ワラジムシの採集と飼育

ワラジムシは落ち葉や枯れ草の下などで容易に発見でき，採集できる。衣装ケースなどの容器に，土（パーミキュライトと高吸水性樹脂を

混ぜた床材も可）を敷き，水で湿らせて飼育箱とし，餌としてサクラなどの枯れ葉を入れておくと，年間を通じて飼育できる。

2 体幅より広いT字路におけるワラジムシの転向

ワラジムシは，体幅（右側の足先から左側の足先までの幅）より広い通路を歩くとき，通路の片側の壁に体を寄せて歩行する。歩行の途中でT字路に達すると，通路の壁に触れていた側に曲がる。例えば，通路の右側に体を寄せて歩き，右半身が壁に触れていた場合，T字路で右側に曲がる（図1）。曲がる時，進行方向左側の壁に左半身が接触する（図2）ので，T字路で曲がった後の直線を，ワラジムシはそのまま左側の壁に体を寄せながら歩く。次に現れるT字路では，ワラジムシは左側に曲がることになる。ワラジムシは体幅より広い通路を歩くとき，接触している壁に体を寄せ続けようとするために交替性転向反応を示すと考えられる。

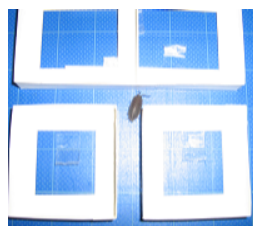


図1 右への転向

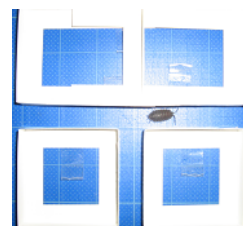


図2 左側の壁への接触

3 実験計画

今回計画した実験は2つである。

(1) 実験1

ワラジムシの体幅より広い通路の迷路を作成し、ワラジムシが交替性転向反応を示すことを確認する。ワラジムシが交替性転向反応を示したかどうかは、転向する方向がランダムであると仮定して帰無仮説を設定し、二項検定により確認する。検定の確からしさを確保するため、1個体当たり30個のデータを集める。

(2) 実験2

ワラジムシの体幅と同じ幅の通路の迷路を作製し、ワラジムシが交替性転向反応を示すかどうか確認する。使用するワラジムシは実験1と同じ個体を用い、実験1と実験2で結果を比較する。使用する迷路は道幅のみを変え、形状は同じものを使用する。交替性転向反応が2で述べた仕組みによるのであれば、ワラジムシは実験1で交替性転向反応を示し、実験2では示さないはずである。また、T字路が連続する迷路において、直前のT字路における転向方向と反対の方向への転向（以下「反対方向への転向」と略記）の回数は、実験1と実験2で有意差があるはずである。

4 迷路の作製

迷路は、ケント紙で作製した通路の壁（高さ1cm、交差点からの直線距離5cm）をセロハンテープでカッターマットに貼り付けることにより作製した。迷路全体の形状は図3のとおりである。ワラジムシは、作製した迷路の中を1回歩くたびに3回T字路を通過するので、T字路での転向の方向が、反対方向への転向かどうかは2回判定できる。ケント紙で作製した通路の壁は、迷路の通路の幅を変更できるよう、伸縮可能な構造にした。

5 実験の留意点

(1) ワラジムシのサイズ

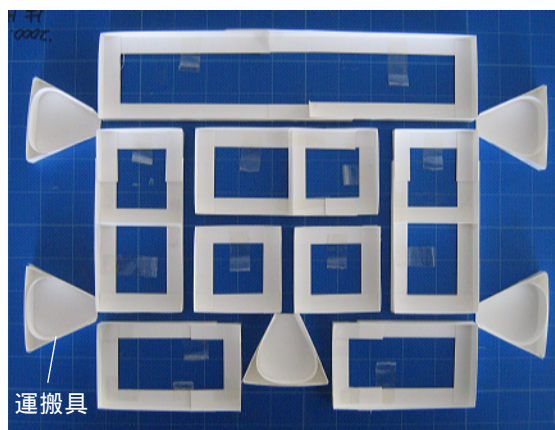


図3 迷路と運搬具

通路幅の変更回数を最小限に抑え、効率的に実験を進めるために、体幅が約8mm、体長約14mm（触覚を除く）の成熟した個体をそろえ、実験に用いた。使用した個体は11匹で、それぞれに個体番号を与え、個別に飼育し、実験に用いた。

(2) 迷路の出口から入口への移送

ワラジムシを、繰り返し迷路で歩かせる際、迷路の出口から出てきた個体を再び入口に置く必要があるが、個体をピンセットでつまむと、それが大きなストレスとなり、ワラジムシは翌日死んでしまう。ワラジムシを迷路の出口から入口に移送するために、ちりとり型の運搬具（図3）をケント紙で作製し、ワラジムシをその中に入れて移送したところ、ワラジムシの死亡率を下げる事ができた。

6 実験1：体幅より広い通路における交替性転向反応の確認

(1) 方法

迷路の通路の道幅を、体幅より2mm広い10mmに設定して実験した。

1匹あたり30個のデータを得るため、それぞれのワラジムシを15回ずつ迷路の中を歩かせ、1匹あたり30回、T字路において「反対方向への転向」をしたかどうか判定を行った。

(2) 結果

結果は表1のとおりである。11個体中1個

表 1 実験 1 の結果

個体番号	反対方向への転向回数(回)	同じ方向への転向回数(回)	確率(%)
1	27	3	0.00
2	-	-	-
3	23	7	0.26
4	22	8	0.81
5	20	10	4.94
6	25	5	0.02
7	25	5	0.02
8	27	3	0.00
9	13	17	81.9
10	28	2	0.00
11	22	8	0.81

体（個体番号 2）は T 字路で移動をやめてしまい、データが得られなかった。また、別の 1 個体（個体番号 9）は、明らかに交替性転向反応を示さなかった。

(3) 交替性転向反応の有無の判定

各個体が交替性転向反応を示したのかどうか、二項検定で判定した。

T 字路において転向する方向がランダム（「反対方向への転向」の確率が 0.5）であると仮定し、次のように帰無仮説（ H_0 ）及び対立仮説（ H_1 ）を設定した。

H_0 ：T 字路において転向する方向はランダムである。

H_1 ：T 字路において転向する方向はランダムではない。

次に、各個体について、「反対方向への転向」の回数が、表 1 に示された回数以上である確率を、二項分布の累積分布関数を用いて計算した。エクセルのセルに次の関数を入力すると確率が示される。

=1-binomdist((成功数-1), 試行数, 確率, true)

成功数：反対方向への転向回数

試行数：30

確率：0.5

true：0 回から（成功数-1）回までの二項分布の確率の累積を表示させる指示

結果は表 1 のとおりであり、有意水準を 5 % に設定した場合、データを集めることができた 10 個体中、個体番号 5, 9 を除く 8 個体で帰無仮説が棄却され、「反対方向への転向」をしやすいうこと、つまり交替性転向反応を示すことが示された。

7 実験 2：体幅と同じ幅の通路における交替性転向反応の確認

(1) 方法

通路の幅を体幅と同じ 8 mm にした迷路を用意し、実験 1 で交替性転向反応を示した 9 個体を対象に実験を行った。迷路の中で、ワラジムシの脚は両側の壁に常に接触し、ワラジムシの体幹は通路の中央を移動する。迷路の中を歩かせる回数及び転向の方向の判定の回数は実験 1 と同じである。

(2) 結果

結果は表 2 のとおりである。9 個体中 1 個体（個体番号 5）は T 字路で立ち往生したり、曲がった直後に後戻りしたり、T 字路の突き

表 2 実験 2 の結果

個体番号	反対方向への転向回数(回)	同じ方向への転向回数(回)	確率(%)
1	28	2	0.00
3	12	18	90.0
4	22	8	0.81
5	-	-	-
6	26	4	0.00
7	9	21	99.2
8	16	14	42.8
10	24	6	0.07
11	15	15	57.2

当たりの壁を乗り越えるなどのランダムな動きを繰り返し示し、データが得られなかった。

実験2の結果に対し、実験1の結果に対して行ったものと同じ二項検定を行ったところ、帰無仮説が棄却され、「反対方向への転向」をしやすいことを示した個体は、個体番号1, 4, 6, 10の4個体にとどまり、3個体（個体番号7, 8, 11）は判定保留となった。

また、30個のデータを得られた8個体について、実験1と実験2の結果について、t検定を行ったところ、有意水準5%で有意差があり、実験1と実験2の転向の様子が異なっていることが示された。

8 考察

実験1で交替性転向反応を示し、実験2で反応を示さなかった個体がいることは、2で示した、「ワラジムシは体幅より広い通路を歩くとき、接触している壁に体を寄せ続けようとするために交替性転向反応を示す」という仮説を支持していると考えられる。

一方、実験2でも交替性転向反応を示した個体の行動は、この仮説では説明できない。

実験2で交替性転向反応を示す個体を対象に新たな仮説を立てて検証する必要がある、それを課題研究のテーマとして生徒に考えさせることができる。

9 課題研究への応用

ワラジムシの交替性転向反応を、課題研究に取り入れる場合、実験1を「問題を見いだすための観察」に位置づけ、実験2で、仮説の立て方、データ処理の方法を学ばせ、その上で、実験2で交替性転向反応を示した個体を対象に、生徒に独自の研究をさせるという展開が考えられる。

テーマの例としては、交替性転向反応に及ぼす触覚の役割、直線距離や分岐路の角度と交替性転向反応の関係などが考えられる。

今回、実験1と実験2を実施した個体数は10

匹ほどであった。統計処理の信頼性を高めるためには30匹からデータを得ることが望ましい。また、今回、実験2で交替性転向反応を示したワラジムシは、全個体数の約半分であることがわかったため、課題研究の実施のためには60匹程度のサイズの揃ったワラジムシを用意する必要がある。

ワラジムシは集団で生息しているため、必要な個体数を確保することは困難ではないと思われる。衣装ケース等に多数飼育しておけば、年間を通じて課題研究を進めることができる。

10 謝辞

本研究を進めるに当たり、統計処理の技法について、徳島文理大学香川薬学部伊藤悦朗教授に御指導いただいた。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 渡辺宗孝・岩田清二 ダンゴムシにおける交替性転向反応 動物心理学年報 第6報 pp75-82 1956
- 2) 小野智洋・高木百合香 オカダンゴムシの交替性転向反応とその逃避行動としての意味 日本応用動物昆虫学会誌 第50巻第4号 pp325-330 2006

（きたざわ あらた 生物研究班）