

ダンゴムシの交替性転向反応が向上する条件について

愛媛県立松山南高等学校 迷路班

春日井風沙 藤岡弘規 吉村優 指導教諭 佐々木謙一

1. 問題提起、研究目的

渡辺宗孝, 岩田清二. (1956) は、有害生物の多くは、ワラジムシ、ゴキブリ、ネズミ、ミミズ、プラナリアなど人間の身の回りに生息する様々な生物にみられる習性である交替性転向反応という反応を有するというを指摘している。交替性転向反応とは、次の分岐点で前の分岐点で曲がった方向とは反対に曲がることで、逃避行動を開始した出発地点からより俊敏にそして効率的に外敵から身を守るため距離を置くための反応である。そこで私たちは学校や身の回りで容易に入手することができ、交替性転向反応を有する最も代表的でオーソドックスな生物の一種であるオカダンゴムシを使って交替性転向反応を定量的に分析することを目的として、本研究を進めることにした。

森山 徹, Vladimir B. Riabov, 右田 正夫. (2005) は、オカダンゴムシの頭部には2対の触角があるが、第1触角は小さく、通常見えているのは第2触角であり、複眼は1対あり光を感知するというを指摘している。また、川野雄基, 大槻圭一, 阿部真人, 永谷直久, 志垣俊介, 藤澤隆介.

(2020) は、負の光走性という性質があるということを示している。それは、光から遠ざかるように動く習性のことである。そしてこの習性を有するオカダンゴムシを使用し、本研究では主に交替性転向反応が起こりやすい条件を明らかにして、ダンゴムシが負の光走性によって光を故意に逃れ、交替性転向反応が起こる確率が向上する具体的な方法を明らかにするために本実験を実施した。

2. 研究方法

強制的に左に曲がらせることで交替性転向反応が起こすルートを一つにしたL-T-T-T字型迷路と最初の分岐点を左に曲がる場合と右に曲がる場合で交替性転向反応が起こすルートが2つある迷路を作成した。この迷路でそれぞれ15匹のダンゴムシをスタートから歩かせた。そして、ダンゴムシが3回連続交替性転向反応を起こした数を調べた。このとき、光や触角の有無など、さまざまな条件で実験を行い、ダンゴムシの交替性転向反応に必要な条件を明らかにした。

実験(1) 道幅1cmで分岐点が3個あるL-T-T-T字型迷路(図1)を用いた。最初の分岐点で強制的に左に曲がらせることで、交替性転向反応が起きたときのルートを一つにした。(図1)の左下をスタート、右上を真のゴールとし、真のゴールには交替性転向反応を3回連続で起こすことで到達できることになっている。実験(1)では、LEDライトを後ろから当てて光があるときと、何も当てていない光のないときの違いを調べるために、最初の分岐点で進行方向に向かって光を当てた(図3)。LEDライトがあり光があるときと、何も当てず光がないときの両方の実験を暗室で行った。

実験(2) 接触刺激が及ぼす影響を調べるために、実験(1)と同じであるL-T-T-T字型迷路(図1)の構造で、道幅を1cmから0.5cmに変化させ、(図2)の迷路を用いて、実験(1)と同様に最初の分岐点から進行方向に向かって光を当てた。

実験(3) 広範囲に光を当てたときの LED ライトの光がある時と光がない時の違いを調べるために、実験(1)と同じ迷路である L-T-T-T 字型迷路(図1)に真上から広範囲に光が当たるように当てた。光なしの時の実験は暗室で行い、光ありの時の実験は実験室の蛍光灯がある場所で光を当てて行った。

実験(4) 光を点滅させて、実験(3)と同様に広範囲に真上から光を当てる方法で実験(1)と同じ迷路である L-T-T-T 字型迷路(図1)を用いて、実験を行った。

実験(5) 分岐点を曲がるときに触角が当たることによって分岐があることをダンゴムシが判断しているかを調べるために、触角を除去して、触角が左だけがあるダンゴムシ、右だけがあるダンゴムシ、両方ないダンゴムシ(図4)を実験(1)と同じ迷路である L-T-T-T 字型迷路(図1)で実験(3)と同様に広範囲に真上から光が当たるように当てた。触角を除去する際は、触角の切断部位が可能な限り残らないようにするために先が曲がっているピンセットを使用し、ダンゴムシの触覚を根元から抜き取った。

実験(6) 実験(1)で使用した L-T-T-T 字型迷路を反転させた形のもので実験(1)の L-T-T-T 字型迷路を合体させ、最初の分岐点が T 字型であるようにし、1つずつ L-T-T-T 字型迷路の真のゴールがある迷路(図5)で実験(5)と同様に真上から広範囲に光が当たるように実験を行った。

道幅 1 cm で分岐点が 3 個ある L-T-T-T 字型迷路を用いた実験(1)と接触刺激が及ぼす影響を調べるために、実験(1)と同じである L-T-T-T 字型迷路の道幅を 1 cm から 0.5 cm に変化させた実験(2)は、ダンゴムシは 15 匹ずつで計 3 回行った。広範囲に光を当てた時と当てていない時の違いを調べるために、実験(1)と同じ迷路である L-T-T-T 字型迷路に真上から光を当てた実験(3)と、光を点滅させ真上から広範囲に光を当てた実験(4)と、ダンゴムシの触角が分岐点に当たることで判断をしているのかを調べた実験(5)と、実験(1)で使用した L-T-T-T 字型迷路を反転させた形のもので実験(1)の L-T-T-T 字型迷路を合体させ、最初の分岐点が T 字型であるようにした(図5)に真上から光を当て広範囲に光が当たるようにして行った実験(6)は、ダンゴムシを 15 匹ずつで計 10 回行い、真のゴールに到着したダンゴムシの数を危険率 5% で F 検定、T 検定をした。

ダンゴムシは、実験ごとに捕まえた。

3. 結果

表 1、2 は、実験(5)、実験(6)の T 検定の結果である。

図 6～8 は、実験(1)から実験(6)の真のゴール(3回連続交替性転向反応成立)に到着したダンゴムシの数を 100% として光ありと光なしでの真のゴールの到着数を割合で示したものである。

実験(1) 光がない場合よりも光があるほうで交替性転向反応を起こすダンゴムシの数が多かったが、2つ目の分岐点で反応を起こさない(2回連続で右に曲がる)数が多かった。

実験(2) 実験(1)より交替性転向反応を起こしたダンゴムシの数は光ありと光なしの両方で減少した。

実験(3) 交替性転向反応を起こしたダンゴムシの数は、光ありと光なしの両方で実験(1)より大きく増加した。光ありと光なしの真のゴール到着数(3回連続交替性転向反応成立)の合計を比較して危険率 0.5% で T 検定をした結果、 $0.05 > 0.000702$ より光の有無による有意差が示された。

実験(4) 交替性転向反応を起こしたダンゴムシの数が実験(3)より減少した。特に、光ありの場合は、30 匹減少した。光を点滅させたときと光なしの真のゴール到着数(3回連続交替性転向反応成立)の合計を比較して危険率 0.5% で T 検定をした結果、 $0.908 > 0.05$ より光を点滅させると有意差

がなかった。

実験(5) 表1は、実験(3)の真のゴール到着数(3回連続交替性転向反応成立)の光ありと光なしをそれぞれ比較対象として、触角が左だけの場合、触角が右だけの場合、触角が両方ない場合の真のゴール到着数をそれぞれ危険率0.5%でT検定をした結果である。

実験(6) 表2は、実験(6)の最初を左に曲がった真のゴール到着数(3回連続交替性転向反応成立)と最初を右に曲がった真のゴール到着数をそれぞれ光ありと光なしを比較して危険率0.5%でT検定をした結果である。

4. 考察

実験(1)、(2)より接触刺激が交替性転向反応の阻害要因であると考えられる。したがって、道幅0.5cmより道幅1cmのL-T-T-T字型迷路(図1)のほうが、接触刺激が少ないため、ダンゴムシが交替性転向反応を起こすために適していると考えた。

実験(3)において、光なしの群と光ありの群とで真のゴール到着数(3回連続交替性転向反応成立)に有意差があるかを検討した。T検定の結果、有意差がある($0.05 > 0.000702$)と示されたことにより、光によって交替性転向反応が起こりやすくなるという仮説は正しいといえる。

実験(4)では光を点滅させて、点滅した光がある群と光なしの群に有意差があるかを検討したが、T検定の結果、有意差がなかった($0.908 > 0.05$)ため、光を点滅させたときに交替性転向反応が起こる確率は、光がないときと変わらず点滅は交替性転向反応に影響しないといえる。

実験(5)より、触角を除去したダンゴムシと触角を除去していないダンゴムシで交替性転向反応を起こす確率に違いがあるかを検定した結果、光ありの実験では実験(3)を比較対象として、左右関わらず触角を除去したダンゴムシのすべてに有意差がみられたため、触角を除去するとダンゴムシは交替性転向反応が起こりにくくなるといえる。これは、触角を除去したことによってダンゴムシが壁にあたって動き、接触刺激が増えるからであると考えた。また、光なしの実験では、右の触角を除去して左の触角のみの場合に有意差があった($0.05 > 0.000461$)のは、触角が交替性転向反応に及ぼす影響に左右差がある可能性があるため、脳神経の発達に左右差があるのではないかと予想した。ただし、この左右差がみられるのはダンゴムシの経路を最初、強制的に左に曲げたL-T-T-T字型迷路(図1)に限る可能性がある。

実験(6)より、1つを除いて最初を左に曲がった真のゴール到着数が多いという有意差があったことから最初を左に曲がって交替性転向反応を起こしやすいためといえる。また、触角を両方除去し、光を当てない場合にのみ有意差がなかったことからダンゴムシの交替性転向反応には、触角と光の少なくともどちらか一方が必要であると考えられる。

5. 結論(課題)

光を広範囲に当てることでダンゴムシが交替性転向反応を起こす確率が向上することと、ダンゴムシの交替性転向反応の阻害要因として接触刺激があることが明らかになった。また、最初を強制的に曲げたL-T-T-T字型迷路(図1)では、ダンゴムシの左触角も反応の阻害要因であることが分かった。そして、ダンゴムシの交替性転向反応には、触角と光の少なくとも一方が必要であり、最

初から分岐された形の迷路では、左に曲がって交替性転向反応を起こしやすい。

6. 参考文献

- ・渡辺宗孝, 岩田清二 (1956). 「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集.
- ・川野雄基, 大槻圭一, 阿部真人, 永谷直久, 志垣俊介, 藤澤隆介 (2020). 「昆虫用運動補償装置を用いたオカダンゴムシの走光性の評価」. システム制御情報学会論文誌, 33 (3).
- ・小野知洋, 高木百合香 (2006). 「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, 50 (4).
- ・黒川正則 (1996). 『現代の生物学 6 脳と神経系』. 岩波書店.

7. 謝辞

本研究の遂行にあたり、指導教諭として多大なご指導を賜った佐々木謙一氏に深謝いたします。

8. 図表・画像



図1 道幅1 cmのL-T-T-T字型迷路



図2 道幅0.5 cmのL-T-T-T字型迷路



図3 実験(1)で迷路に光源を当てた様子

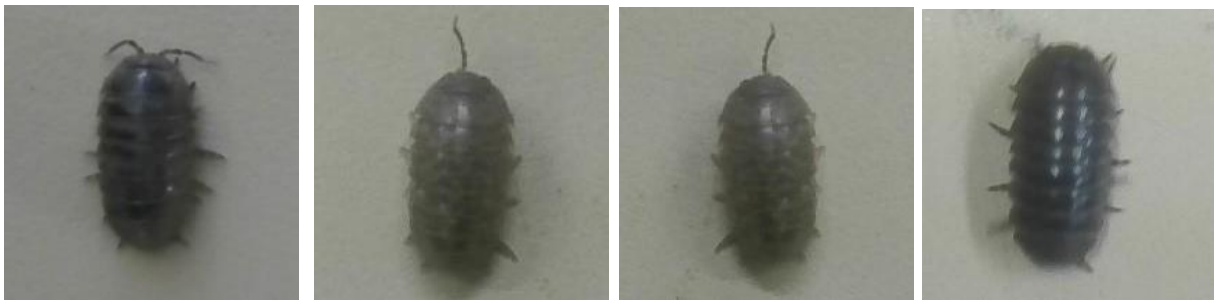


図4 触角を除去したダンゴムシ



図5 T字型迷路

表1 実験(5)のT検定結果

	光なし	有意差	光あり	有意差
触角左	0.0004610	あり	0.0257247	あり
触角右	0.4869098	なし	0.0000149	あり
触角なし	0.4869098	なし	0.0034536	あり

表2 実験(6)のT検定結果

	光なし	有意差	光あり	有意差
触角あり	0.0000158	あり	0.0000000000685	あり
触角左	0.00633	あり	0.000582	あり
触角右	0.00000214	あり	0.0232	あり
触角なし	1	なし	0.0000104	あり

