

特集：SS リーグ研究報告

オカダンゴムシの交替性転向反応はなぜ起こるのか？

林 靖人（富山県立高岡高等学校 2年）

■ はじめに

オカダンゴムシは、進行中に壁へぶつかると左右交互に曲がる、交替性転向反応という性質をもつ。私はこの行動がどのような要因で起き、どう役立っているのかを調べてきた。

この転向反応の要因は、曲がる際の左右の足の負荷の違いを均一にする為に起こるという BALM (Bilaterally Asymmetrical Leg Movement) 仮説によって説明されている。これまでに行った実験では、片側が滑りやすい(負荷のかかる)迷路にすると、同じ方向に曲がり続けるダンゴムシが多数観察されたことから、BALM 仮説は一見正しいように思えた。しかし、実験の様子を観察する中でダンゴムシが転向反応を示す直前に、転向する方向とは逆の触角が壁面に接触していることに気づいた。そこで本研究では、交替性転向反応における触角の役割について調べた。

■ 仮説

本研究では、交替性転向反応が障害物と接触する触角の方向性によって最終的に決定されているという仮説をたて、これを検証した。ダンゴムシは最初の転向後、BALM によって曲がった向きと反対側へ傾くように進み、次の分岐点では、接触した触角とは逆方向に転向する。これによって結果的に交替性転向反応を示すと考えられる。

■ 実験方法

1. 転向反応と障害物との接触角

① 図1-aの迷路を用いて、交替性転向反応と壁へ接触する角度との関係を調べた。仮説が正しいならば、交替性転向反応を示す個体は $\angle AOB > 90^\circ$ を示すはずである。

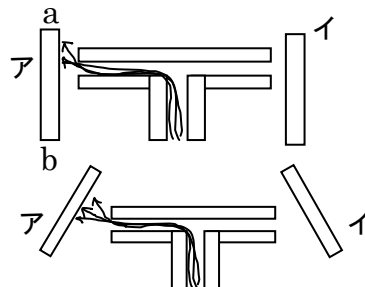


図1 2種類の迷路と  
その中のダンゴムシの動

また、 $\angle AOB > 90^\circ$ 出現する割合が、交替性転向反応を示した割合と異なっているならば、接触する触角の方向性には偏りが無いと考えられるので、仮説は否定される。

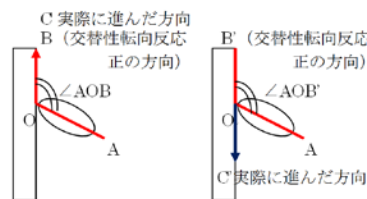


図2  $\angle AOB$ の求め方

② 一方の触角のみが壁と接触しやすくなるよう、2度目の分岐における壁の角度を変えた図1-bの迷路で、①と同様の実験を行った。

BALM によって動きの方向が変わるならば、壁とダンゴムシの接触する角度 $\angle AOB$ は $90^\circ$ に近づく。また、仮説が正しいならば、交替性転向反応を示す割合も下がると考えられる。

2. 触角の切除実験

一方の触角が障害物へ接触することによって転向の方向が決まるのであれば、左右一方の触角を切除した個体間では、アとイの場所での転向に違いが出てくると考えられる。そこで、図1-a、1-bの迷路で、右側、左側の触角をそれぞれ根元から切除した個体の転向反応を調査した。

■ 実験結果

1. 転向反応と障害物との接触角

- ① 図1aで正の交替性転向反応を示した割合と $\angle AOB > 90^\circ$ の割合(表1)は、それぞれ71.9%、75.4%と類似していた。また、 $\angle AOB > 90^\circ$ の中で交替性転向反応を示した個体は、実験総数47個体のうち43個体(92%)であった。
- ② 図1-bで正の交替性転向反応を示した割合と $\angle AOB > 90^\circ$ の割合(表1)は、それぞれ44.6%、50.6%で類似していた。また、 $\angle AOB > 90^\circ$ の中で交替性転向反応を示したのは、102個体中91個体(89.2%)であった。また、今回の結果について5°ごとに、交替性転向反応を示した割合、示さなかった割合を求め相関図にした結果、 $90^\circ$ を境に、交替性転向反応が負から正に変化した(図3)。 $\angle AOB > 90^\circ$ で負の交替性転向反応を示した13例(実験総数149)のうち、4個体は、一度正の方向に曲がりその後負の方向に向きを変え進んだ。

表1 障害物との接触角度と交替性転向反応

	交替性転向反応	$\angle AOB > 90^\circ$
図1a	71.9%	75.4%
図1b	44.6%	50.6%

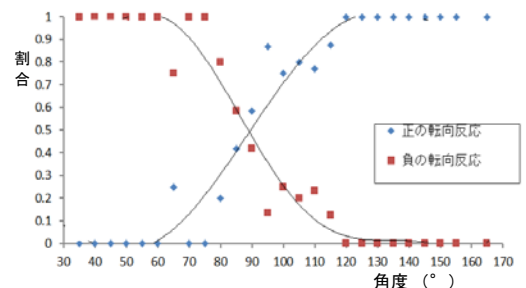


図3 交替性転向反応と接触角度の関係性

以上の結果は、 $\angle AOB > 90^\circ$  ならば、手前側の触角（図 1-a、図 1-b のアの位置ではダンゴムシの左側、イの位置ではダンゴムシの右側の触角を示す。（図 4）が先に接触することになるため、正の交替性転向反応を示し、 $\angle AOB < 90^\circ$  の場合は向こう側の触角が先に接触することになるので、負の交替性転向反応を引き起こすことを示している。また、 $\angle AOB = 90^\circ$  ならば、両側の触角が同時に壁に接触する可能性が高いため、正負の境界となっていると考えられる。

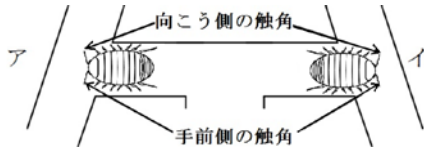


図 4 図 1-a、1-b の「向こう側の触角」「手前側の触角」

## 2. 触角の切除実験

図 1-a、図 1-b の実験とも、図ア、イの場所での手前側の触角が残っている個体は、 $\angle AOB$  が  $60^\circ$  を超えると正の転向反応を示しはじめ、 $90^\circ$  ではほとんど正の交替性転向反応を示している。また、向こう側の触角のみが残っている個体は、 $\angle AOB > 90^\circ$  でようやく正の交替性転向反応を示し出し、 $\angle AOB$  が  $130^\circ$  程度でほとんどが正の交替性転向反応を示した。（図 5）

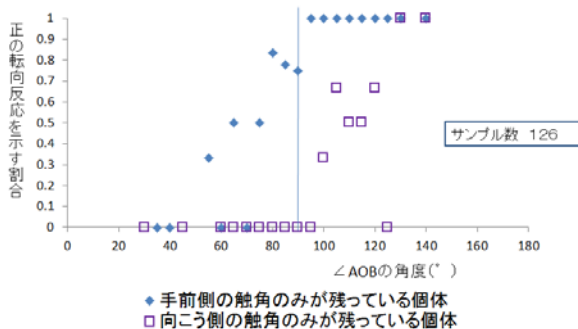


図 5 触角を片方切除した場合の図 1b の実験結果

このことから、手前側の触角が残っている個体の場合は、 $\angle AOB < 90^\circ$  であってもその触角が触れやすいので正の転向反応を示すと考えられる。（図 6-1）また、 $\angle AOB < 60^\circ$  の場合は、手前側の触角が触れてすぐに、切り取られた向こう側の触角の根本部分が壁に接触するため（図 6-2）負の交替性転向反応を示すのだと考えられる。

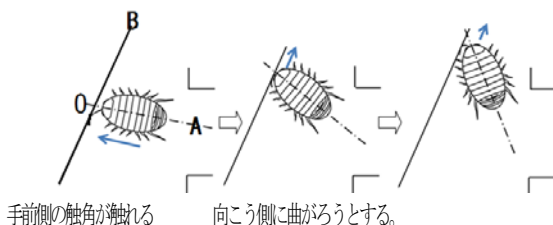


図 6-1 図 1b のアの位置  $\angle AOB < 90^\circ$

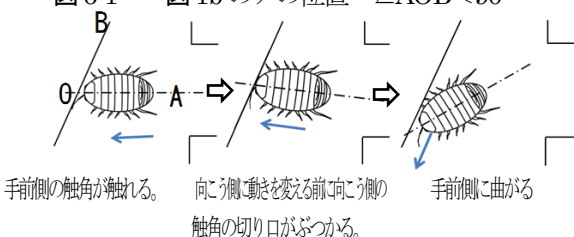


図 6-2 図 1b のアの位置  $\angle AOB$  がさらに小さい

また、向こう側の触角のみが残っている個体では、 $120^\circ > \angle AOB > 90^\circ$  の場合は、アの位置、イの位置では向こう側の触角のみが接触することが多いために（図 7-1）、交替性転向反応を示さない割合が高いが、ほぼ  $130^\circ$  を超えると、残っている向こう側の触角よりも手前側の触角の切り口が先に壁にあたる（図 7-2）ために交替性転向反応を示すと考えられる。

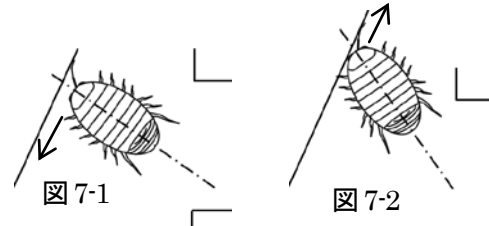


図 7-1

図 7-2

図 7 向こう側の触角のみの場合

## ■ 考察

これらの結果から、ダンゴムシの転向反応が最終的に触角によって引き起こされるという仮説が支持された。1 度目の転向後、進行方向の偏りが観察されたが、これは BALM によるものと考えられる。従って、ダンゴムシの交替性転向反応とは、BALM による進行方向の偏りと、それによって生じる触角の当たり方の偏りによって、結果的に発現されると考えられる。また、グラフから、 $90^\circ$  を境に転向反応の正負が変わっている。すなわち、BALM によって、次の障害で、前に曲がったのと反対側に曲がろうという働きが発生するのではなく、BALM が働くために動きに偏りができ、それによって正の交替性転向反応の方向の逆の触角が当たることになり、結果的に交替性転向反応を示すと考えられる。

## ■ 今後の展望

以前の実験で、ワラジムシの交替性転向反応を示す割合は、オカダンゴムシよりも低いということを明らかにした。低くなる原因は何なのか。オカダンゴムシにとって交替性転向反応がどのように有利に働いているのかを今後更に調べたい。フナムシやグソクムシなど他の等脚目でも保存されている交替性転向反応について調べ、進化の流れと突き合わせていくことで、この仲間がどのように変化してきたのか、また転向反応がどのような進化を遂げてきたのかを考えていきたい。

## ■ 参考文献

- 森山徹 著 (2011) 『ダンゴムシに心はあるのか』 PHP 出版  
 Hughs, R.N. (1985) Mechanisms for turn alternation in woodlice (*Porcellio scaber*): The role of bilaterally asymmetrical leg movements. *Anim. Learn. Behav.* 13:253-260  
 森山徹・V.B. Riabv・右田正夫 (2005) オカダンゴムシにおける状況に応じた行動の発現. *認知科学* 12:188-206

## ■ 謝辞

筑波大学 SS リーグでは戒能洋一先生、山岸宏先生、上原拓也さん、樽井弓佳さんをはじめ、菅平実験センターの町田龍一郎先生、サイエンスコミュニケーターの尾嶋好美先生にご指導いただいた。また、信州大学繊維学部の森山徹先生には自分の研究についての感想をいただくとともに、関連する先生の著書を

---

送っていただいたり、参考文献を紹介していただいたりした。  
東京大学 神崎亮平先生には、実験のデータ処理の大切さを教  
えていただくとともに、励ましの言葉をいただいた。最後に、  
両親からは研究のはじめより温かな応援と協力をいただき  
ました。この場をお借りして皆さんに謝辞を述べさせていただきます。

Communicated by Yooichi Kainoh, Received September 13, 2013.