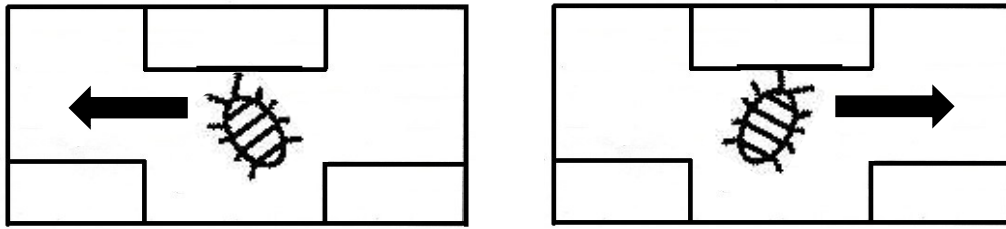


69 匹の曲がった数の合計	「右→左」または「左→右」 に進んだ回数 (交替性転向反応)	「右→右」または「左→左」 に進んだ回数 (非交替性転向反応)
661 回	616 回	45 回
	93%	7 %

【最初の障害物にぶつかった時の左右に進む基準（小学5年生）】



小学校6年生では、ダンゴムシも人間と同じく酔っ払うのかについて調べ、アルコールを吸わせたダンゴムシの交替性転向反応を5年生の時の実験と比較した。正常値93%に比べ、68%（-25%）であったことや進む速度が大幅に遅くなることから、ダンゴムシも人間と同じように酔っ払うことがわかった。

中学校1年生では、交替性転向反応をさらに調べようと、同じダンゴムシを何度も同じ迷路を歩かせる様子を観察し、「ダンゴムシは通る道を覚えることができるのか」について研究した。結果、歩く道やゴールにたどり着く時間はランダムであり、関係性は見られなかった。

中学校2年生では、中学校1年生までの研究で、「ダンゴムシはジグザグに進むという交替性転向反応を示すこと、左右に曲がる時には触角が大きく関係すること、ダンゴムシは記憶力がないこと」がわかったことから、「①交替性転向反応が高確率で起きることから、触角の接触はあまり関係ないのではないのか」「②ダンゴムシが左右に進むのに触角が影響しているのであれば、左右のどちらか、もしくは両触角がない状態で交替性転向反応を調べた時に、ダンゴムシはこれまでと違った動きをするのではないのか」という疑問が生じ、ダンゴムシの触角と交替性転向反応の関係性をさらに調べた。結果、右の触角がないダンゴムシが右道を選択する割合は84%、左の触角がないダンゴムシが左道を選択する割合は76%であったことから、ダンゴムシは障害物に当たった時に、左の触角が当たれば右方向に、右の触角が当たれば左方向に進むことが多いことが確認できた。しかし、交替性転向反応を調べると、右の触角がないダンゴムシは96%、左の触角がないダンゴムシは97%、両方の触角がないダンゴムシは97%と高い割合で交替性転向反応を示した。このことから、「ダンゴムシは、触角の影響に関係なく、直前にどの方向に曲がったかという記憶力はある」ことがわかった。

3 今回の研究課題について（動機）

中学校1年生の研究の「ダンゴムシは通る道を覚えることができるのか」では、複雑な迷路での歩く道やゴールにたどり着く時間はランダムであったことから、ダンゴムシには記憶力がないと考えた。しかし、中学校2年生の研究では、「触角の影響に関係なく、直前にどの方向に曲がったかという記憶力はある」と考えた。この2つをまとめると、ダンゴムシは、どの道を通過したかという長期の記憶力はないけれど、直前で左右どちらに曲がったかという短期的な記憶力はあると考えた。そこで、「ダンゴムシは、直前で左右どちらに曲がったかという短期的な記憶力（交替性転向反応）は、どれくらいの距離まで保持できるのか」という疑問【疑問1】が生まれてきた。

また、これまで交替性転向反応を調べた時、曲がり角を常に90°にしてきたが、「2つ目の曲がり角の角度を変化させた時も交替性転向反応が起きるのか」という疑問【疑問2】も前からもっていて、いつか調べたいと考えていた。

そこで、今回の研究では、「交替性転向反応の限界」について調べようと、以下の2つの実験を行うこととした。

4 今回の研究内容について

【疑問1について】（実験1）

障害物と障害物の距離を変化させて交替性転向反応を調べた際、ダンゴムシが左右どちらに曲が

ったと記憶できるのは何cmまでか（障害物までの距離が何cmまで交替性転向反応を示せるのか）を調べる。

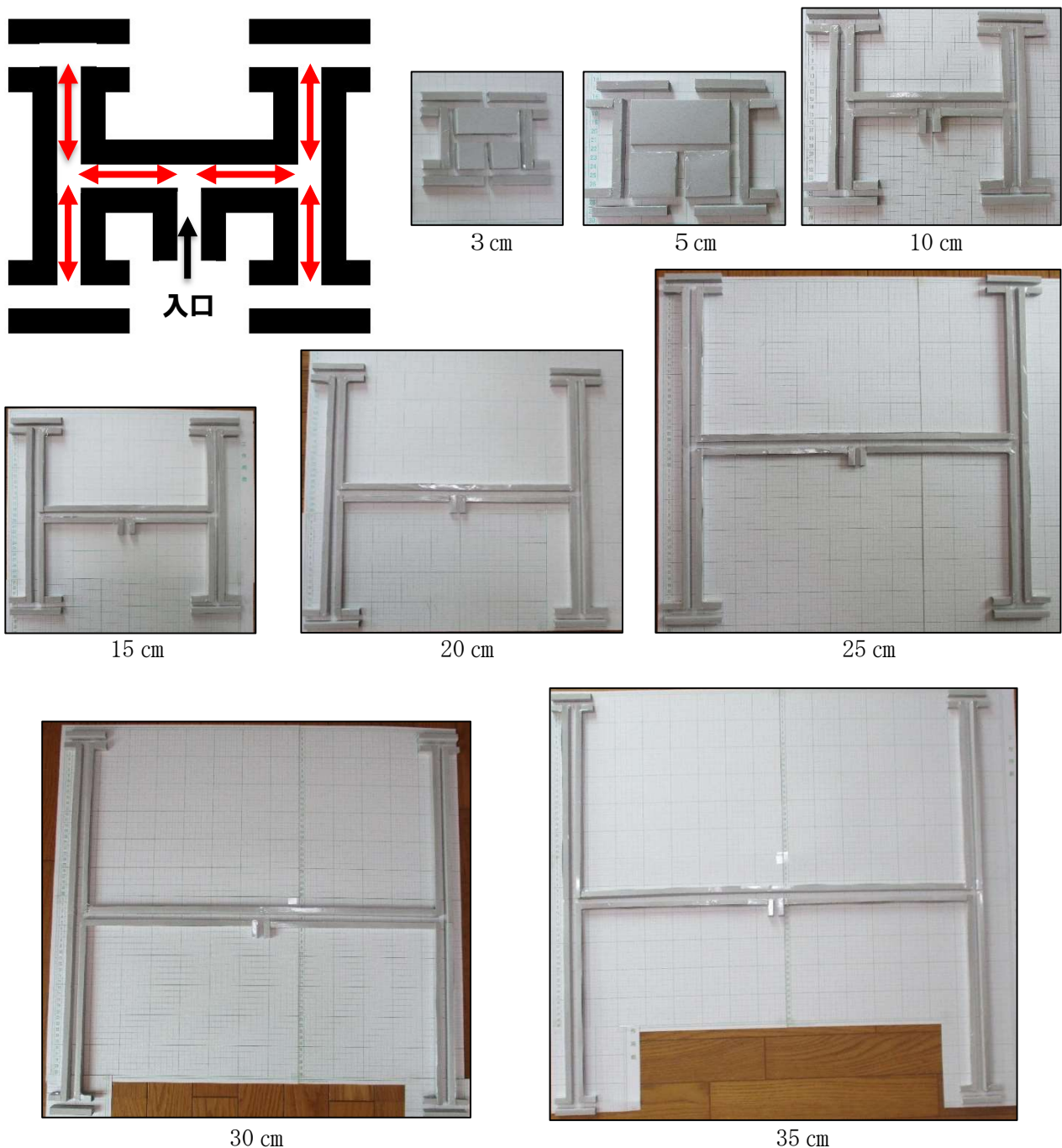
【疑問2について】（実験2）

2つ目の障害物にぶつかる角度を、 10° ずつ内側に変化させていった時、どの角度まで交替性転向反応を示すのかを調べる。

5 実験方法

【実験1】（障害物までの距離が何cmまで交替性転向反応を示せるのか）

次の障害物までの距離（赤の矢印の間隔）を3 cm、5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm、30 cm、35 cm、40 cmに変化させた下の図・写真のような迷路を9つ作って、ダンゴムシ5匹（A～E）にそれぞれ10回ずつ9つの迷路を歩かせる。この迷路では、最初の曲がり角で左右どちらかの道を選択した後、あと2回曲がることことができる。その2回の曲がり角で交替性転向反応を何回示したかを記録して交替性転向反応を示した割合を調べる。

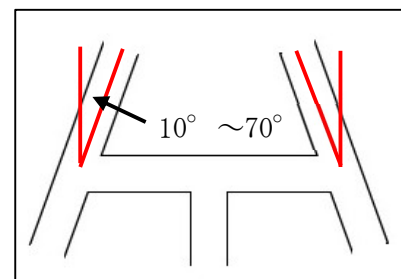
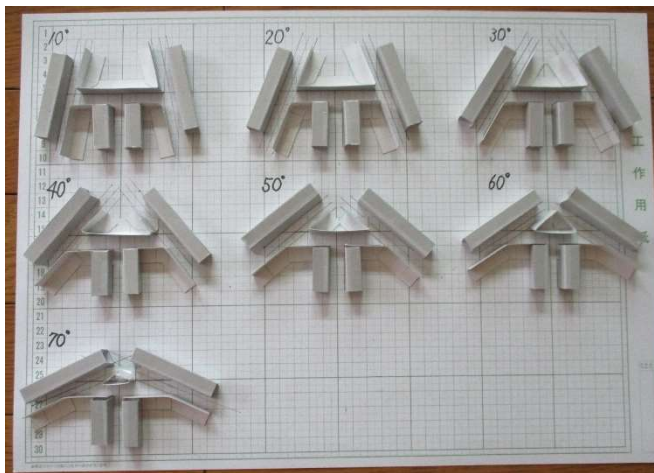




40 cm

【実験 2】（ぶつかる角度を変化させた時、どの角度まで交替性転向反応を示すのか）

1 つ目の障害物に 90° でぶつかった後の 2 つ目の曲がり角の角度を内側に 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° に変化させた下の図・写真のような迷路をそれぞれ作る。それぞれの迷路にダンゴムシ 5 匹（F～J）を 10 回ずつ歩かせ、交替性転向反応の割合を調べる。



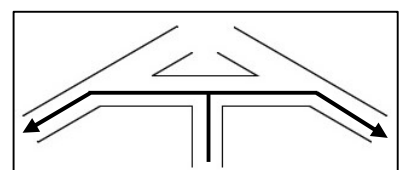
6 予想

【実験 1 について】

ダンゴムシが生活している場所を想像すると、近距離での障害物が多いことから、5 cm 程度の距離まで記憶しておけば十分である。10 cm 程度ではほとんど交替性転向反応は示さないと考え。

【実験 2 について】

2 つ目のぶつかる角度は、内側に 45° 傾けた角度が限界だと考える。それ以上の角度になると、壁にぶつかった時、ダンゴムシは曲がり角と考えずに、右図のように交替性転向反応とは逆の道を選択する。（曲がり角とは認識しないで、角度の広い道を直線だと考え進む。）



7 実験結果

【実験 1】

○直線距離が 3 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	20 回	19 回	17 回	18 回	19 回	93 回
	100%	95%	85%	90%	95%	93%
非交替性転向反応	0 回	1 回	3 回	2 回	1 回	7 回
	0%	5%	15%	10%	5%	7%
2 回とも 交替性転向反応	10 回	9 回	7 回	8 回	9 回	43 回
	100%	90%	70%	80%	90%	86%

○直線距離が 5 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	18 回	20 回	18 回	16 回	17 回	89 回
	90%	100%	90%	80%	85%	89%
非交替性転向反応	2 回	0 回	2 回	4 回	3 回	11 回
	10%	0%	10%	20%	15%	11%
2 回とも 交替性転向反応	8 回	10 回	8 回	7 回	7 回	40 回
	80%	100%	80%	70%	70%	80%

○直線距離が 10 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	18 回	16 回	17 回	17 回	15 回	83 回
	90%	80%	85%	85%	75%	83%
非交替性転向反応	2 回	4 回	3 回	3 回	5 回	17 回
	10%	20%	15%	15%	25%	17%
2 回とも 交替性転向反応	8 回	6 回	7 回	7 回	6 回	34 回
	80%	60%	70%	70%	60%	68%

○直線距離が 15 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	16 回	10 回	13 回	18 回	17 回	74 回
	80%	50%	65%	90%	85%	74%
非交替性転向反応	4 回	10 回	7 回	2 回	3 回	26 回
	20%	50%	35%	10%	15%	26%
2 回とも 交替性転向反応	6 回	2 回	4 回	8 回	8 回	28 回
	60%	20%	40%	80%	80%	56%

○直線距離が 20 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	9 回	11 回	10 回	18 回	16 回	64 回
	45%	55%	50%	90%	80%	64%
非交替性転向反応	11 回	9 回	10 回	2 回	4 回	36 回
	55%	45%	50%	10%	20%	36%
2 回とも 交替性転向反応	2 回	3 回	2 回	8 回	6 回	21 回
	20%	30%	20%	80%	60%	42%

○直線距離が 25 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	11 回	16 回	13 回	10 回	11 回	61 回
	55%	80%	65%	50%	55%	61%
非交替性転向反応	9 回	4 回	7 回	10 回	9 回	39 回
	45%	20%	35%	50%	45%	39%
2 回とも 交替性転向反応	4 回	6 回	3 回	4 回	3 回	20 回
	40%	60%	30%	40%	30%	40%

○直線距離が 30 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	13 回	16 回	16 回	10 回	13 回	68 回
	65%	80%	80%	50%	65%	68%
非交替性転向反応	7 回	4 回	4 回	10 回	7 回	32 回
	35%	20%	20%	50%	35%	32%
2 回とも 交替性転向反応	5 回	6 回	6 回	3 回	3 回	23 回
	50%	60%	60%	30%	30%	46%

○直線距離が 35 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	15 回	13 回	10 回	13 回	13 回	64 回
	75%	65%	50%	65%	65%	64%
非交替性転向反応	5 回	7 回	10 回	7 回	7 回	36 回
	25%	35%	50%	35%	35%	36%
2 回とも 交替性転向反応	6 回	3 回	1 回	4 回	4 回	18 回
	60%	30%	10%	40%	40%	36%

○直線距離が 40 cm の時 (10 回の合計)

	A	B	C	D	E	5 匹合計
交替性転向反応	8 回	11 回	14 回	3 回	14 回	50 回
	40%	55%	70%	15%	70%	50%
非交替性転向反応	12 回	9 回	6 回	17 回	6 回	50 回
	60%	45%	30%	85%	30%	50%
2 回とも 交替性転向反応	0 回	2 回	5 回	0 回	5 回	12 回
	0%	20%	50%	0%	50%	24%

【実験 2】

○交替性転向反応を示した割合

	F	G	H	I	J	5 匹平均
10°	100%	100%	100%	90%	90%	96%
20°	100%	100%	70%	90%	80%	88%
30°	80%	100%	70%	60%	80%	78%
40°	70%	70%	70%	40%	60%	62%
50°	60%	50%	30%	30%	20%	38%
60°	20%	30%	10%	30%	0%	18%
70°	20%	40%	0%	20%	0%	16%

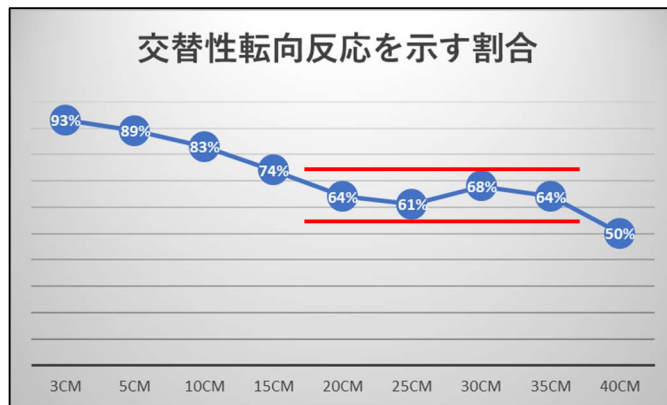
8 実験でわかったこと

【実験1】

実験1の「障害物までの距離が何cmまで交替性転向反応を示せるのか」では、様々な距離の迷路を使ってダンゴムシ5匹を10回ずつ歩かせ、その5匹の交替性転向反応の平均の割合を調べた。その結果は以下の通りであった。

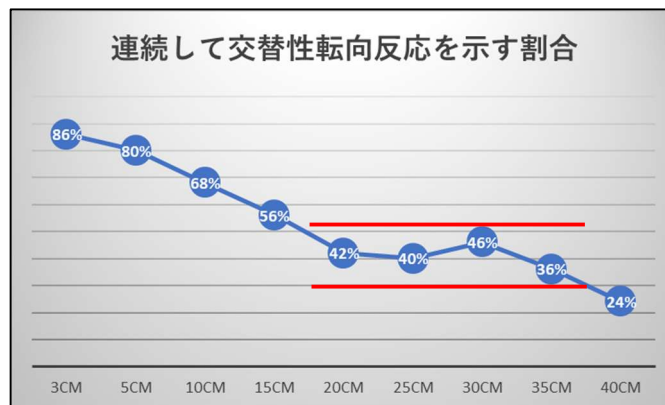
3cmという短い距離では、93%という高確率での交替性転向反応を示したが、距離が長くなるにつれ、その割合がだんだん低くなってきている。交替性転向反応の割合が50%以下となったのは40cmだったことから、ダンゴムシが交替性転向反応を示す限界距離は40cmだということがわかった。しかし、結果をよく見ると、20cm～35cmの間は65%前後とほとんど変わらない傾向が見られた。

距離	3cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
5匹平均	93%	89%	83%	74%	64%	61%	68%	64%	50%



20cmという距離がダンゴムシの交替性転向反応のポイントとなるのかと疑問に思ったことから、各距離におけるダンゴムシが2回とも交替性転向反応を示した割合を距離別にまとめてみた。結果は、以下の通りであった。

距離	3cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
5匹平均	86%	80%	68%	56%	42%	40%	46%	36%	24%



この結果を見ると、15cmから20cmの間で、すべて（2回とも）交替性転向反応を示しながら進む割合が50%を切っている。また、20cm～35cmの間は40%前後とほぼ横ばいであった。これらのことから、実験1では以下のことがわかった。

- ①ダンゴムシは、歩く距離が長くなるほど交替性転向反応を示さなくなる傾向がある。
- ②ダンゴムシは、15cmぐらいの距離までは連続した交替性転向反応を示すことができるが、20cm以上になるとそれまでの記憶があいまいとなり、連続した交替性転向反応を示しにくくな

る。このことから、連続した交替性転向反応を示せる限界距離は 15 cm 程度である。

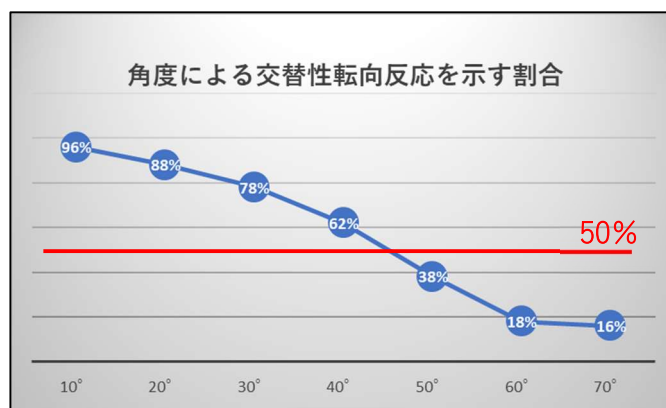
③ダンゴムシは、直前にどちらの方向に曲がったかという記憶保持の限界距離は 40 cm である。

④ダンゴムシは、連続して交替性転向反応が示しにくくなる 20 cm から、記憶保持の限界 40 cm までの間は、距離に関係なくほぼ同じような割合の交替性転向反応を示す。

【実験 2】

実験 2 の「ぶつかる角度を変化させた時、どの角度まで交替性転向反応を示すのか」という限界角度を調べる実験では、様々な角度の迷路を使ってダンゴムシ 5 匹を 10 回ずつ歩かせ、その 5 匹の交替性転向反応の平均の割合を調べた。その結果は以下の通りであった。

角度	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
5 匹平均	96%	88%	78%	62%	38%	18%	16%



50° 以上の角度になると、交替性転向反応を示す割合が 40° に比べて大きく下回り 50% を切った。このことから、実験 2 では以下のことがわかった。

①ダンゴムシは、曲がり角の角度が内側に 50° 以上傾くと、交替性転向反応を示す割合がかなり低くなる。

②内側に 50° 以上傾くと、交替性転向反応の方向ではない道の角度が 140° (90° + 50°) 以上となり、直線の 180° に近づくことから、曲がり角と認識しなくなり、これまで歩いてきた道と交替性転向反応の方向ではない道が「直線である」と認識する。このことから、曲がり角を直角から内側に傾けた時、交替性転向反応を示す限界の角度は 40° ~ 50° である。

9 まとめ

実験 1 では、交替性転向反応を示す限界距離は 10 cm 程度と予想したため、迷路をあまり作らなくてもよいと考えていたが、思いのほか限界距離が長く、5 cm 距離を伸ばした迷路を 1 つ作っては実験し、まだ限界ではないと考えたらまた次の迷路を作って実験するといった地道な作業が続いた。正直、限界がどこかわからなかったため、いくつ迷路を作ればよいのかと不安になりながらの実験だった。しかし、根気よく実験し、限界距離を見つけた時は、研究することの楽しさ、満足感と達成感を得ることができた。

これまでの 6 年間、ダンゴムシの研究を続けてきて、小さい生物でも、生き残るためにいろいろな特性を持っていることがわかった。これまで様々な特性を教えてくれ、研究での満足感と達成感を教えてくれたダンゴムシに感謝したい。