

19. プラナリアの学習と切断後の持続性 第2報

静岡県立富士高等学校 自然科学部 生物班

2年 加藤美保子 1年 石川夏未 林 亮佑

1 動機

本校生物班で、昨年、一昨年とプラナリアの、光の色の違いによる走性の研究をしていた。そこで、継続して光走性について研究しようとプラナリアに光をあて反応を見ていたら、日が経つにつれ反応が鈍くなったことに気づいた。一方、生物班の他のグループでは、アカミミガメの味覚の記憶と学習能力についても研究していたため、プラナリアの反応が鈍くなったということはプラナリアにも学習能力があるのではないかと考え研究をすることにした。

2 仮説

生物の図説で軟体動物のアメフラシには刺激に対する慣れがあるということを知った。プラナリアはアメフラシに比べ下等な扁形動物ではあるが、かご形神経系という集中神経系をもっているため学習能力があるのではないかと考えた。つまり、プラナリアに刺激を与えると、アメフラシと同様に最初はその刺激に対する慣れが生じるのではないかと考えた。また、切断するとダメージも大きく、再生にエネルギーを大量に消費するので、学習した記憶は失われるのか、それとも、半分になったとしても、再生力が強く、また神経系があるので切断前の記憶は残るのか、興味があった。

そこで、その刺激として、タマネギのにおい、電気刺激を用い、最初はその刺激から逃げるが、

- I 嫌な刺激を繰り返すと学習することにより逃げなくなる、あるいは反応しなくなる。
- II 切断しても切断後の上半身(頭部側)では学習は維持するという仮説を立てた。

3 準備

プラナリア(21匹)、電源装置、タマネギ、シャーレ、ストップウォッチ

4 実験方法

(1)実験Ⅰ：タマネギのにおいに対する学習

- ① プラナリアを9匹用意する
- ② 水を入れたシャーレの下の紙に半径3cmの円を描く
- ③ プラナリアを円の中心にくるようにする。
- ④ プラナリアのそばに1cm角のタマネギを置く。(写真1)
- ⑤ プラナリアの頭の先端が円から出るまでの時間を計測する。
- ⑥ プラナリア1匹につき5回計測する。
※ 水は1回ごとに交換する。
- ⑦ 10日間実験を繰り返す。
- ⑧ 10日目の実験後、プラナリアのからだを前後半分に切断する。
- ⑨ 翌日から、上半身(頭部側)と下半身(尾部側)のそれぞれについて、同様に実験を5日間行う。
- ⑩ 対照群として10日間実験を行っていないプラナリアを切断して、同様に実験を行う。

(2)実験Ⅱ：電気刺激に対する学習

- ① プラナリアを5匹用意する。
- ② 水を入れたシャーレにプラナリアを1匹入れる。
- ③ プラナリアのからだの前後それぞれ1 cm離れたところに電極を置き、5 Vの電流を2秒間流す。
* 予備実験としてプラナリアに電流を流し、刺激に対し反応し、強すぎないボルトとして5Vにした。
- ④ 反応を観察する。(写真2、3)
- ⑤ 何回目に反応が鈍くなったかを記録する。(2人以上で観察し、平均をとる)
- ⑥ 1日の実験は最大15回までとした。(プラナリアが弱るので)
- ⑦ 10日間実験を繰り返す。
- ⑧ 10日目の実験後、プラナリアのからだを前後半分に切断する。
- ⑨ 翌日から、上半身(頭部側)と下半身(尾部側)のそれぞれについて、同様に実験を5日間行う。
- ⑩ 対照群として10日間実験を行っていないプラナリアを切断して、同様に実験を行う。



写真1 タマネギから逃げるプラナリア

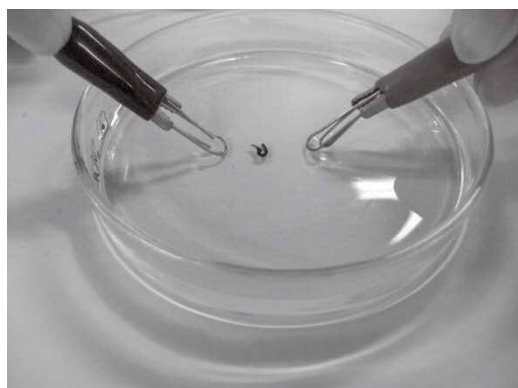


写真2 電気刺激を与え、反応しているプラナリア

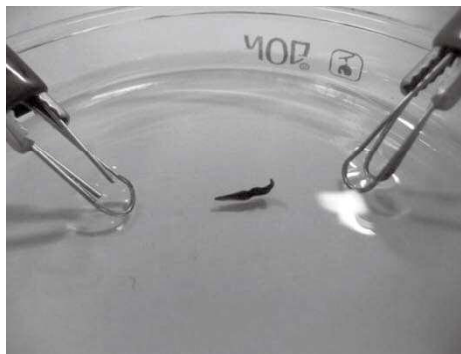


写真3 学習して反応しなくなったプラナリア

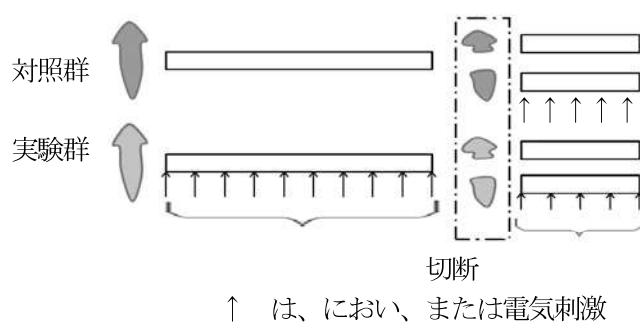


図1 実験Ⅰ、Ⅱのスケジュール

5 結果

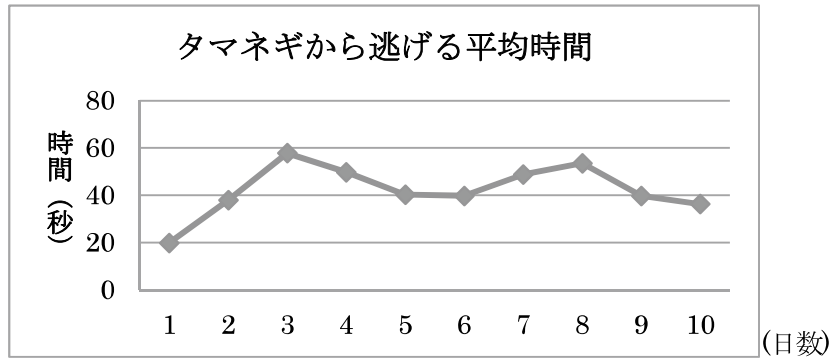
(1)実験Ⅰ：タマネギのにおいに対する学習

- ・ 各個体5回の平均時間を出し、9匹全体の日毎の平均を表1に示し、グラフ1で表した。
- ・ タマネギ投下後、逃げるのに60秒以上かかった場合は、60秒とした。
- ・ 日が経つにつれ、タマネギから逃げる時間が長くなる傾向がみられた。

表1 タマネギから逃げる平均時間

日数	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目
時間(秒)	19.9	38.0	57.8	49.8	40.3	39.8	48.3	53.6	39.8	36.3

n = 9



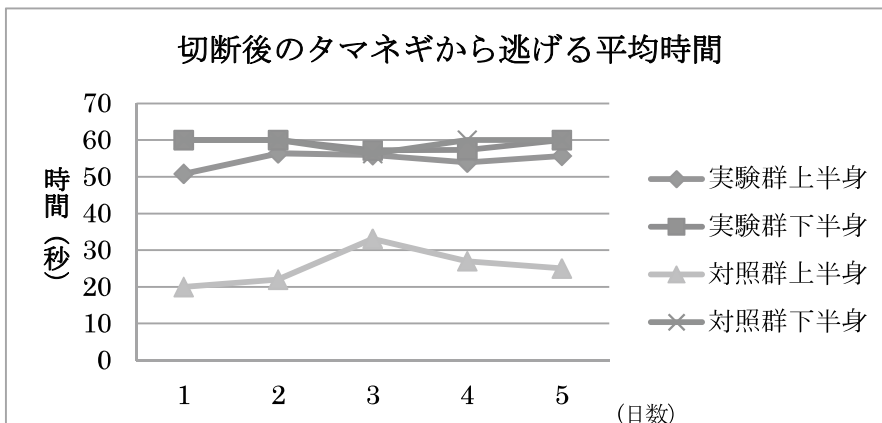
グラフ1 タマネギから逃げる平均時間の変化

- ・10日間の実験を終えたプラナリア9匹(実験群)と、実験を全く行っていないプラナリア2匹(対照群)を、それぞれ切断した後の日毎の実験の平均値を表2とグラフ2で表した。
- ・上半身(頭部側)は切断後にさらに時間が長くなった。
- ・下半身(尾部側)は実験群も対照群も5日間ほぼ無反応だった。
- ・対照群の上半身は反応し、切断前初日とほぼ同じ時間で逃げた。

表2 切断後のタマネギから逃げる平均時間

		1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
実験群	上半身	50.8	56.4	55.9	53.9	55.7
	下半身	60.0	60.0	57.2	57.3	60.0
対照群	上半身	20.0	22.0	33.1	27.0	25.0
	下半身	60.0	60.0	56.3	60.0	60.0

実験群 n = 9 対照群 n = 2 (秒)



グラフ2 切断後のタマネギから逃げる平均時間

(2)実験Ⅱ：電気刺激に対する学習

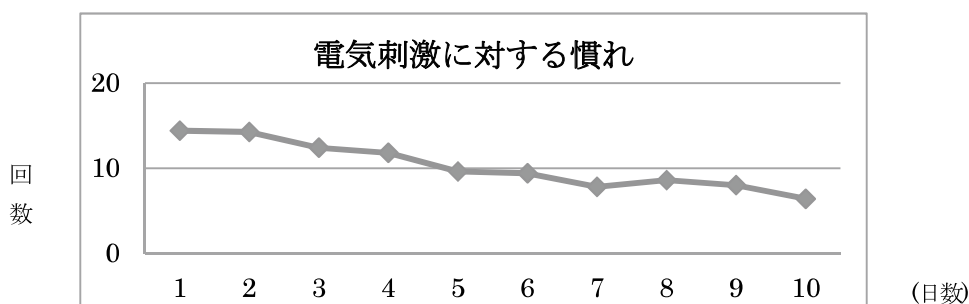
- ・各個体で反応が鈍くなるまでの実験回数の平均を出し、5匹全体の日毎の平均を表3およびグラフ3で表した。
- ・日が経つにつれ反応が鈍くなるまでの回数は少なくなった。(早い回数で慣れた。)

- ・実験を行った各日の1回目の実験の反応も、日が経つにつれ、鈍くなった。

表3 電気刺激に対する慣れの平均回数

日数	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目
回数	14.4	14.3	12.4	11.8	9.6	9.4	7.8	8.6	8.0	6.4

n = 5 (回)



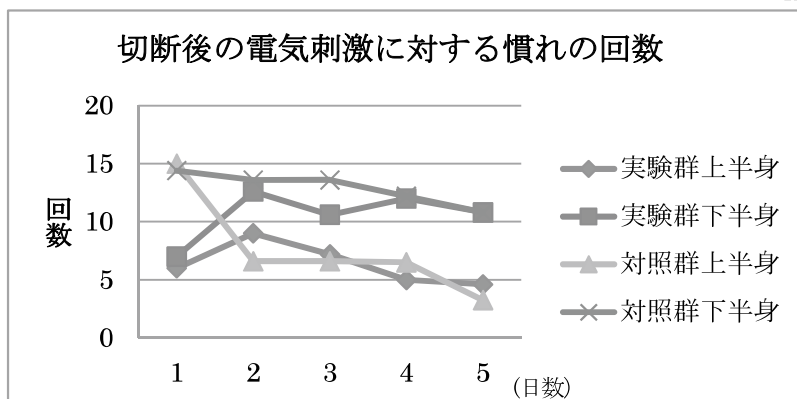
グラフ3 電気刺激に対する慣れの平均回数の変動

- ・10日間の実験を終えたプラナリア5匹(実験群)と、実験を全く行っていないプラナリア5匹(対照群)をそれぞれ切断した後の日毎の実験の平均値を表4とグラフ4で表した。
- ・切断後、上半身は切断前からさらに回数が少なくなったが、下半身は切断前の初日ごろとほぼ同じ回数を要するまで増加した。
- ・対照群の上半身は日が経つにつれ鈍くなるまでの回数は少なくなったが、下半身は5日間ではほとんど回数が変わらなかった。

表4 切断後の電気刺激に対する慣れの平均回数

		1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
実験群	上半身	6.0	9.0	7.2	5.0	6.0
	下半身	7.0	12.6	10.6	12.0	10.8
対照群	上半身	15.0	6.6	6.6	6.5	3.3
	下半身	14.4	13.6	13.6	12.2	10.8

n = 5 (回)



グラフ4 切断後の電気刺激に対する慣れの平均回数

6 考察

プラナリアは、実験Ⅰのグラフ1、実験Ⅱのグラフ3からタマネギのにおい、電気のいずれの刺激に対しても、日数・回数を重ねると反応が鈍くなることから、慣れる、つまり学習能力があることが分かった。

また切断後は、上半身（頭部側）では、におい、電気のいずれの刺激でも切断直前とほぼ同じ値を示したことから、上半身で学習している、と推測できる。その上半身の切断直前と切断直後の平均値をt検定で比較すると、におい刺激においては、 $p=0.88$ で、有意な差はなく、電気刺激においても、 $p=0.13$ で、有意な差はなかった。よって、上半身は切断しても学習を維持している、といえる。

グラフ2で実験群の下半身と対照群の下半身が5日間の実験でほとんど同じ値を示した。この値は、上半身とほぼ同じ値であるので上半身と同様に記憶を維持しているとも考えられる。しかし、対照群の下半身も同じ値を示していること、および実験中のプラナリアの様子から、下半身だけではにおい自体を感知できなかった、と考えられる。

グラフ4で10日間の電気刺激に対する慣れの実験を行った実験群のプラナリアは切断後、上半身では電気刺激に慣れるまでに要した回数が切断前最終日の回数からさらに減った。それに対し、下半身は切断後2日目からは切断前の初日ごろの回数とほぼ同じ回数を要するまでに増えた。また、対照群の上半身は今回の実験では5日間で回数が激減した。それに対し、対照群の下半身は初日から回数がほとんど増減せず多い回数を要した。電気刺激により、反応が鈍くなるのは学習でなく、疲労したからではないかという指摘もあったが、切断後の下半身は反応が鈍くなることがないので疲労はないと考えられる。よって、電気刺激についても上半身は切断後も学習を維持している、といえる。

電気刺激の実験の下半身は、におい刺激の下半身が無反応だったのに対し、電気に対する反応を示している。よって、タマネギのにおいと、電気刺激を受容する器官は、少なくとも下半身においては違うものである。

実験Ⅰ・Ⅱを総合すると、プラナリアは、タマネギのにおい、電気刺激に対する学習およびその記憶を上半身で行っていて、下半身だけでは学習・記憶をすることができないと考えられる。プラナリアの頭部には神経細胞が集まった神経節が存在する。よって、上半身にある神経節が学習と記憶に重要な役割を果たしていると推測できる。

7 結論

- ・プラナリアは、におい、電気どちらの刺激も学習することができる。
- ・切断しても、上半身ではその学習を記憶（持続）しておくことができる。
- ・学習は神経節のある、上半身で行っている。

よって、仮説Ⅰは検証された。

仮説Ⅱも検証された。

8 参考文献

- ・新しい教材生物の研究 山田卓三 山極隆 講談社
- ・サイエンスビュー新生物資料 実教出版
- ・富士高等学校 理数科課題研究論文集