

〈第 32 回 山崎賞〉

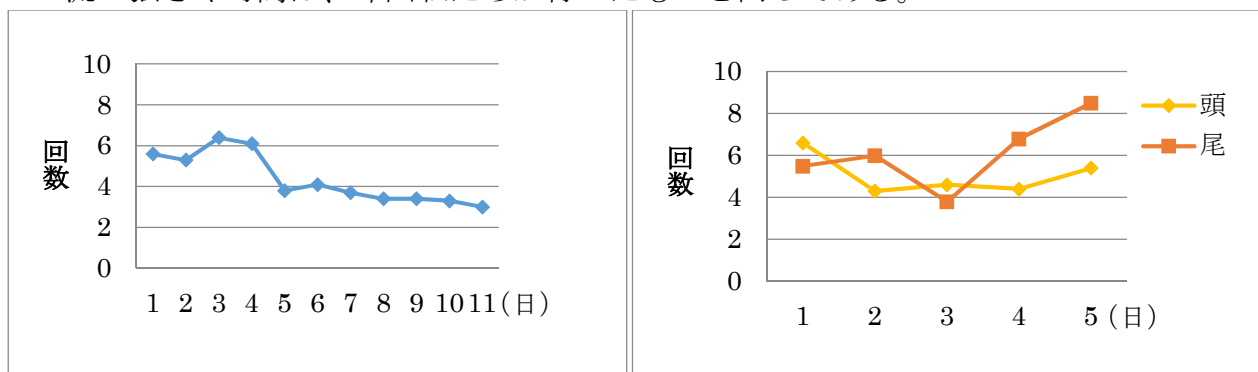
9. 切断後のプラナリアにおける記憶・学習の差

静岡県立富士高等学校 自然科学部生物班

2 年 望月祐里 兪佳娜 松崎隼人 1 年 平山創己 一瀬竜一 丸橋優大

1 動機

一昨年 of 本校生物班の先輩たちが、プラナリアの学習と切断後の持続性を研究した。グラフ 1・グラフ 2 は先輩たちの実験の結果を示している。プラナリアに電流を流し、慣れさせ、切断後の頭（上半身）と尾（下半身）にその記憶が残っているのかを実験したものである。なお、電流の強さや時間は、今回私たちが行ったものと同じである。



グラフ 1 電気刺激に対する慣れ グラフ 2 切断後の電気刺激に対する慣れ

〈一昨年の先輩たちの結果〉

- ・グラフ 2 より切断後の頭は、切断直前とほぼ同じ値に落ち着いていることから、切断後の頭は学習を記憶している。
- ・切断後の尾は、数値が上昇しているため、学習を記憶していない。

この研究では、切断後の頭は学習を記憶していて、尾は記憶していない、と結論付けていた。しかし、非常に再生能力が優れていて、神経系を持っているプラナリアの記憶は、本当に頭に限るのか、という疑問を持った。そこで、この疑問を解明するためにプラナリアの記憶について深く追及し、さらに、切断後の再学習のについても、研究することにした。

2 仮説

一昨年の先輩の結果から、頭が記憶に関して優れていることは実証された。プラナリアは集中神経系のかご型神経系を持ち、頭に脳があり、体には末梢神経系が分布しているので、以下の仮説を立てた。

- 切断後の尾（下半身）も頭（上半身）よりは劣るが、学習を記憶している。
- 頭も尾も切断後再学習することができるが尾には脳がないために頭よりスピードが遅い。

3 実験材料

- ・プラナリア（15 匹）…恒温器に入れ、設定温度 13℃で飼育
- ・電源装置 ・シャーレ ・ストップウォッチ ・生息地の水

4 実験方法

- ①プラナリアを10匹用意する。
 - ②生息地から取った水を入れたシャーレにプラナリアを入れる。
 - ③プラナリアの前後それぞれ1cm離れたところに電極を当て5Vの電流を2秒間流す。(写真1)
 - ④通電後、からだを縮めるか縮めないかの反応を観察する。(複数人で観察・判断)
 - ⑤反応が鈍くなる(からだを縮めなくなる)まで繰り返し、鈍くなった時の回数を記録する。
★体を縮めなくなった段階を慣れたと判断し、学習したとみなす。15回目までに反応が鈍くならなかったらそれ以上は行わない。
 - ⑥連続13日間実験を繰り返す。
 - ⑦13日目の実験終了後、プラナリアをからだの半分で前後に切断する。(写真2)
 - ⑧切断5日後から、頭(上半身)、尾(下半身)それぞれについて、同様の実験を連続11日間行う。
 - ⑨対照群(control)として学習をさせていないプラナリア5匹を切断して、同様の実験を行う。
- ※実験は午前9時に開始した。電気刺激のプラナリアからの距離、ボルト数、通電時間、通電回数は、一昨年の実験を参照とした。それ以上刺激を強くしたり、回数を多くしたりすると、プラナリアが弱ってしまうという結果からである。

実験の様子

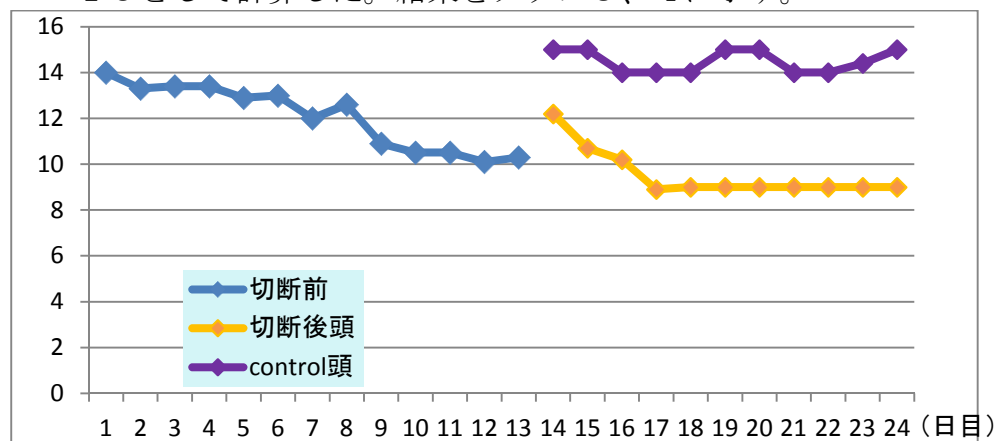


写真1 電気刺激を与える様子

写真2 プラナリアを切断する様子

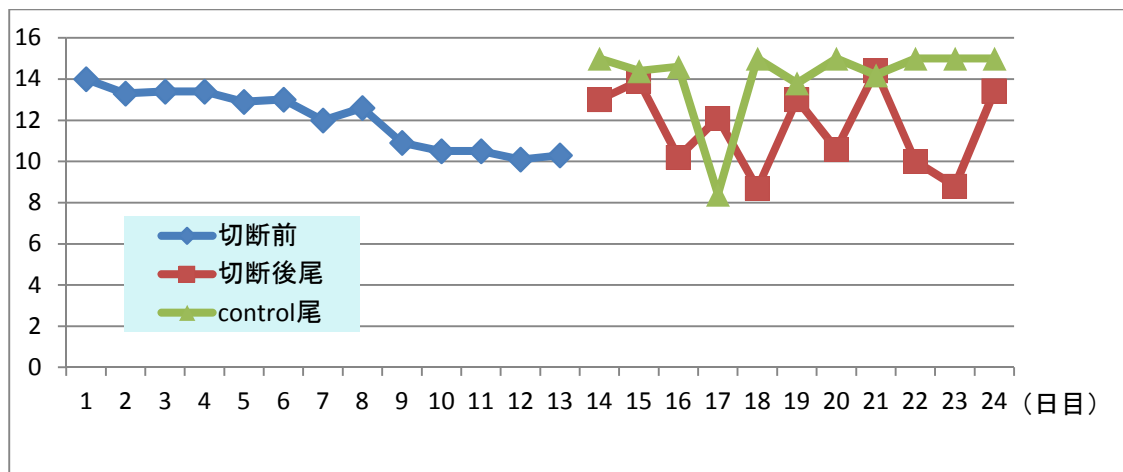
5 結果

★鈍くなったときの回数の10匹の平均値を出した。15回で鈍くならなかった個体は15として計算した。結果をグラフ3、4に示す。



グラフ3 頭(上半身)の回数

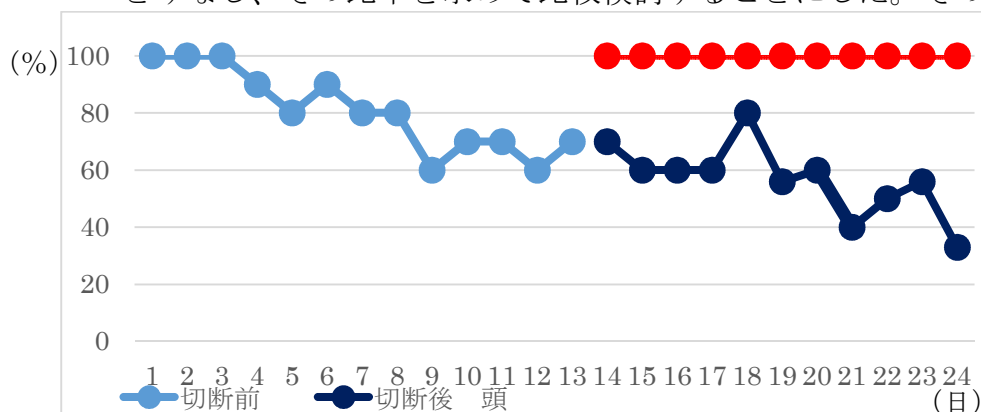
- ・切断前は14回から12回に数値が減少した。
- ・頭（上半身）は切断後の初日が12回、実験開始の初日が14回であり、切断後の初日の方が低い値を示した。
- ・切断後も数が減り続けている。



グラフ4 尾（下半身）の回数

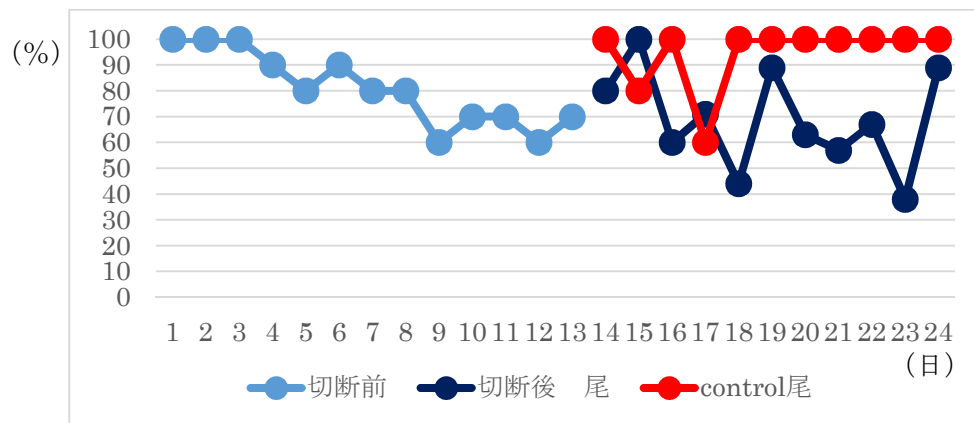
- ・切断後の尾（下半身）は control 尾よりも全体的に低い値を示しているが、値の変動が激しい。

★一昨年と同様の結果の処理をしたが、15回まで反応が鈍くならなかった個体のデータを15とすることに疑問が生じた。そこで、新たに10回までに鈍くならなかった個体を学習しなかったとみなし、その比率を求めて比較検討することにした。その結果をグラフ5、6に示す。



グラフ5 頭の学習しなかった個体の推移

- ・切断前は100%から70%に減少した。
- ・頭は切断後の初日が70%、切断前の最終日が70%であり、同じ値を示している。
- ・頭は切断後もさらに数値が小さくなった。
- ・control は常に100%の値、つまり10回未満の回数を示した個体はない。



グラフ6 尾の学習しなかった個体の推移

- ・切断後初日の尾は 80%で切断前の最終日より高い値であるが、実験開始の初日より低い値を示した。
- ・切断後の尾は、数値が安定していない。

6 考察

グラフ3、グラフ5よりプラナリアの頭は、切断後も切断前の学習の記憶が持続しているといえる。また、同じグラフから頭は切断後もさらに学習をすることができると分かった。グラフ6より、プラナリアの尾は完全ではないが学習の記憶を持続することができるといえる。切断後は不安定だが学習している傾向がみられる。プラナリアは、かご形神経系という集中神経系をもっていて、神経が下半身まで通っていることから、記憶が持続しているのは、下半身の神経や体細胞などで、記憶の一部を保管しているからではないかと考えた。

頭と尾の結果を比較して、脳のある頭の方が記憶・学習能力ともに優れていることを確認できた。このことから、脳の有無の差が、切断後の学習の差の原因になったと考えられる。

興味深いことに、学習させたプラナリアの頭は、切断後もさらに学習することができているが、control は頭も尾も、切断後学習することができていない。このことから、再生中は新しい学習をすることができないと推測できる。つまり、切断後のプラナリアは一度学習したことがあるものについてのみ、学習できるということが、新たに分かった。

この新たな発見について、なぜこのようなことが起こるのかについて、考察を深めた。一度学習したことがあるものについてのみ学習できるのは、切断後に、切断前に学習したことの強化をしているのだと考えた。また、新しい学習をすることができない理由として2つの場合を考えた。まず、通常反応の仕組みについては以下の通りである。(図1)

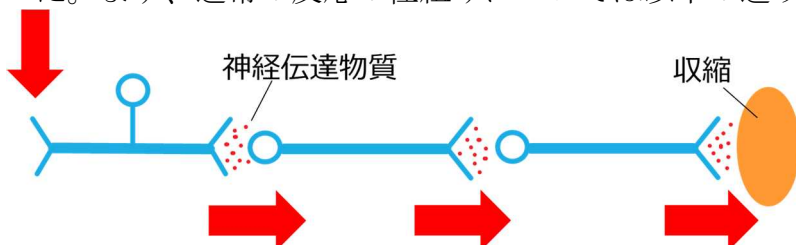


図1 通常の興奮伝達の仕組み

◎刺激が神経に伝わり、シナプスで神経伝達物質によって、次の神経へとさらに刺激が伝わる。

これを繰り返す、最終的に運動器官へと刺激が伝わり、反応が起こる。

プラナリアの刺激に対する慣れ方として、2つの慣れ方が考えられる。そして、それぞれ

の慣れ方について、再生中に新しい学習ができない理由を考えた。

< 1 > 神経伝達物質の減少による慣れ

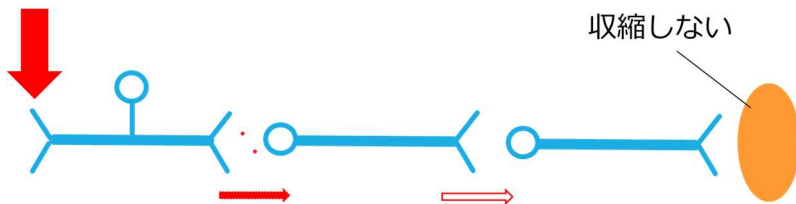


図2 神経伝達物質の減少による慣れ

◎シナプスで、軸索末端から放出される神経伝達物質が減少し、刺激が次の神経に伝わりづらくなる。結果的に運動器官まで刺激が伝わらず、反応が起きない。アメフラシの水管のえら引っ込め反射の慣れと同様のパターンである。

切断後のプラナリアが、新しい学習をすることができない理由の一つ目の考えは、この

図2に示した変化（神経伝達物質の減少）が再生中は起きない、というものである。

< 2 > 抑制系の新たな神経回路の形成

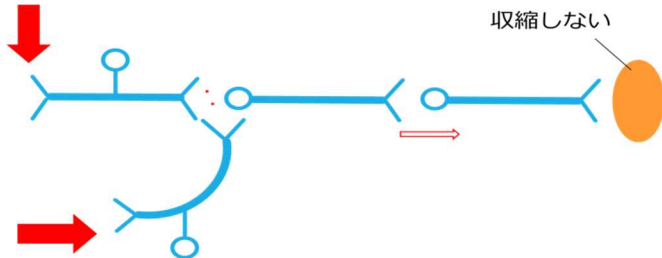


図3 抑制系の新たな神経回路の形成

◎刺激の伝達を抑制する新たな神経回路が形成されることにより、神経伝達物質が減少される。または、シナプスでの次のニューロンの細胞体での、神経伝達物質の結合が妨げられることにより、刺激が運動器官まで伝達されなくなる。麻薬等で痛みを伝えないのと同様のパターンである。

切断後のプラナリアが、新しい学習をすることができない理由の二つ目の考えは、図3に示した抑制系の新たな神経回路が、再生中は形成することができない、というものである。

これらの慣れはどちらも、神経の多い脳で起こると考えた。そのため、一度学習した内容は脳のある頭のほうが、記憶・学習ともに優れた結果になったのだと考察する。

7 結論

- ・プラナリアは電気刺激に対する学習をすることができる。
- ・切断後も学習を記憶（持続）することができる。
- ・切断後もさらに学習を進めることができる。
- ・切断後の記憶と学習能力は頭部の方が優れている。 ★以上から、仮説は実証された。
- ・さらに、切断前に学習していないことは、切断後も学習することができない、ということが分かった。

8 参考文献

- | | |
|-------------------|--------------------|
| ・キャンベル生物学 | 丸善出版 |
| ・プラナリアの学習と切断後の持続性 | 富士高校自然科学部生物班2013論文 |
| ・生物総合資料 | 実教出版 |
| ・図説最新生物 neo | 第一学習社 |