

# 再生中のプラナリアにおける学習能力の低下

静岡県立富士高等学校 自然科学部生物班

2 年 岩山達成 大富綾乃 平山創己 林直也 1 年 小林正直

## 1 動機

先輩方が過去 3 年間プラナリアの顕著な再生能力に注目し、切断後の頭部側と尾部側における学習の差について研究をしてきた。昨年の研究を以下に示す。

### (1) 方法

プラナリア各個体に 5V の電流刺激を与えそれに対する反応を調べた。学習をしたプラナリアを前後に切断し、それぞれに電流刺激を与えて反応を調べた。

### (2) 結果

- ・電流に収縮しなくなった個体を慣れた、つまり学習したとみなした。
- ・全ての個体において電流に対する収縮が見られたが、徐々に収縮しなくなった。
- ・図 1、2 の縦軸は学習しなかった個体の割合を横軸は日数を示す。
- ・切断前のプラナリアで学習が認められた。
- ・切断後の頭部側の方が尾部側よりも高い学習性を示した。
- ・事前学習をさせていない control 群は切断後学習を示さなかった。

昨年の研究では、切断後では頭部側の方が学習能力の高いこと、また再生中に新たな学習をすることはできないという結論がなされた。そこで今年は実験の方法を変えても学習できるのか、ということ。および、新しい課題として出てきた、切断後は新たな学習をすることはできないのかという 2 つの疑問を明らかにするため研究を行うことにした。

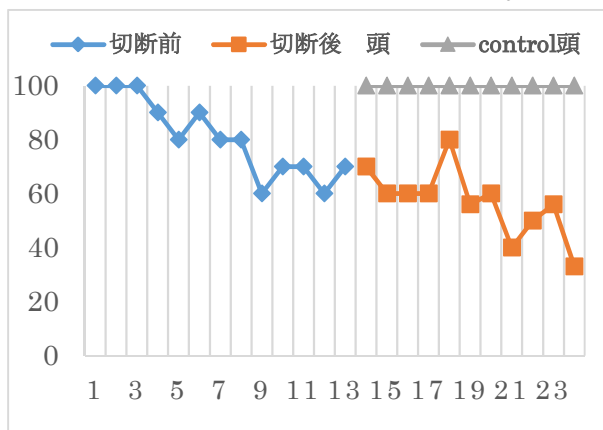


図 1：切断前の学習と切断後の頭部側の学習

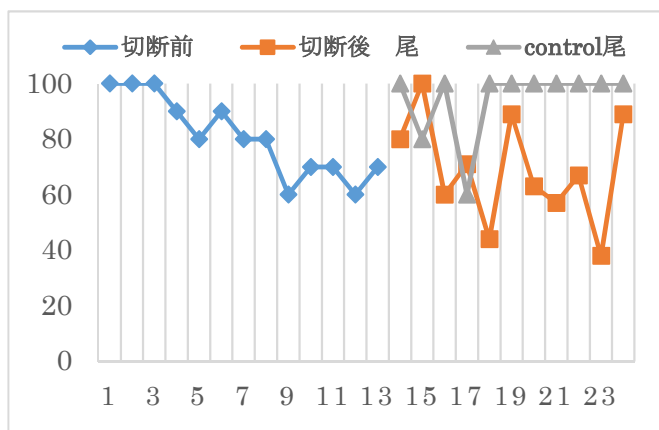


図 2：切断前の学習と切断後の尾部側の学習

## 2 仮説

プラナリアは光を受容して負の光走性を示す。また、かご型神経系で脳（神経節）を持つ。そこで、昨年の研究をもとに以下のような二つの仮説を立てた。

I プラナリアは光と関連付けて学習を行うことができる

II 切断後、再生中のプラナリアは新たな学習を行うことはできない

これらの仮説を証明するため、以下のような実験を行った。

### 3 実験材料

- ・プラナリア 60 匹、簡易暗室（手作り）、直流電流装置（5 V に設定）、LED 電球 7 w（青・白）、シャーレ、生息地の水、恒温器（遮光・15℃ に設定）

### 4 実験方法

プラナリアは 1 匹ずつ生息地の水が 20mL 入ったシャーレに入れ、15℃ の遮光恒温器内で飼育した。

- ① プラナリアを事前学習を行う群（実験群）40 匹と行わない群（control 群）20 匹に分ける。さらにそれぞれの群を半分ずつ青色の光を当てる群と白色の光を当てる群に分ける。

- ② 実験群に簡易暗室内で各色の光を 5 秒間当て、同時に 5 v の電流刺激を与える（条件付け）。体の前側をプラス極、後ろ側をマイナス極とした。この操作を 1 匹につき 1 日に 10 回繰り返す。操作間のインターバルは 5 秒とする。

- ③ 10 回操作を繰り返した後、光のみを 5 秒間当て、反応を観察する。この操作を連続して 9 日間行う。

※各群ともに光のみを 5 秒間あてたとき、収縮する反応があったものを学習したとみなす。

※なお、過去の先輩の研究で光のみでは負の光走性を示すが収縮するという反応をすることはなかった。

- ④ ③の操作の 9 日目に実験群のうち反応が良かった個体を各色 10 匹ずつ抽出し、実験群と①、②の事前実験を行っていない control 群ともに体の中央で前後に切断して頭部側と尾部側の切断個体を得た。

- ⑤ 切断 5 日後から実験群頭部、尾部、control 群頭部、尾部の 4 群、各色で計 8 群とした。各群 10 個体。これら合計 80 個体を②、③同様の操作を連続 8 日間行う。



写真 1：電流刺激を与える様子

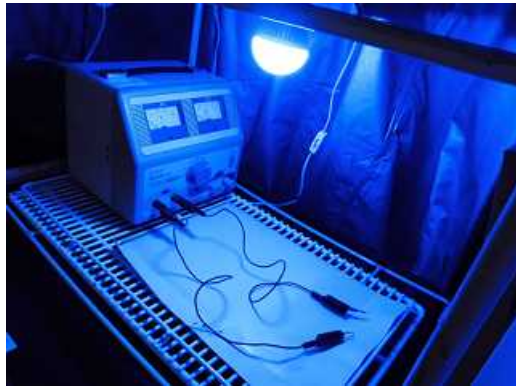


写真 2：簡易実験暗室の様子

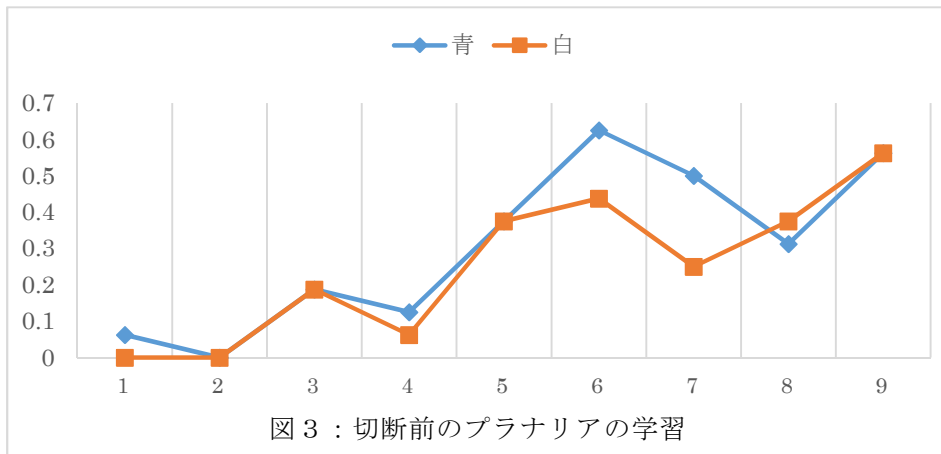
### 5 結果

以下の 3 つの結果を示す。

- (1) 切断前の学習
- (2) 実験群の切断後の頭部側と尾部側の学習の比較
- (3) 切断後の頭部側と尾部側の、実験群と control 群との学習の比較

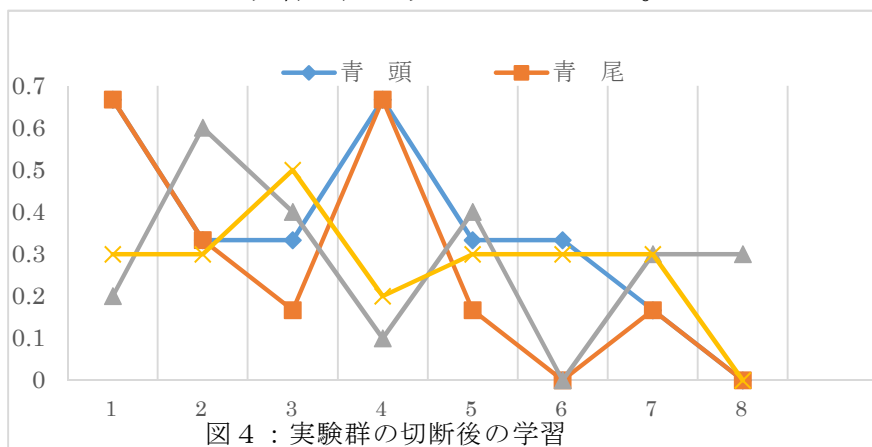
- (1) 切断前の学習（図 3；縦軸は日数、横軸は学習した個体の割合を示す）

- ・切断前の青色光を当てた個体、白色光を当てた個体、どちらも学習を示した。
- ・色による顕著な差は見られなかった。



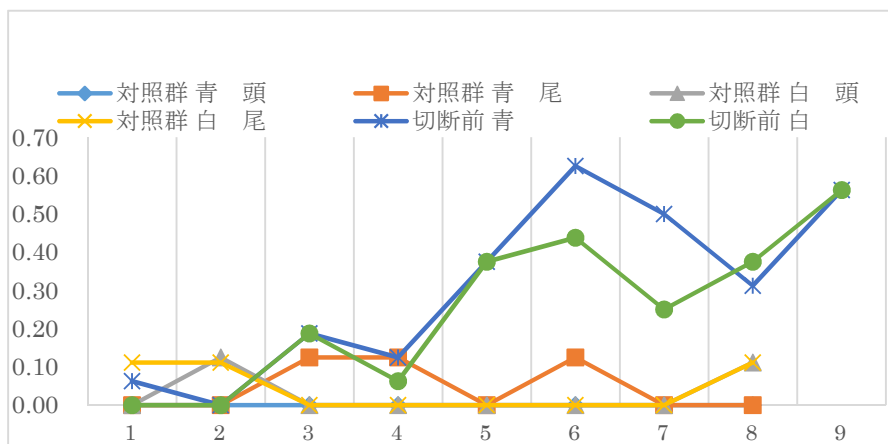
(2) 実験群の切断後の頭部側と尾部側の学習の比較 (図 4)

- ・切断後は学習記憶が維持されずに徐々に低下した。
- ・8 日目は学習記憶が消失していた。
- ・頭部側の方が尾部側より持続性を示す傾向が見られた。
- ・色による顕著な差は見られなかった。



(3) 切断後の頭部側と尾部側の、実験群と control 群との学習の比較 (図 5)

- ・事前に学習を行っていない個体(control 群)は切断後に頭部側も尾部側も顕著に学習しなかった。



## 6 考察

本来、プラナリアは光刺激を与えると逃げ（負の光走性）、電流刺激を与えると収縮するという反応を示す。ところが、今回の実験のように電流刺激を与えると同時に光刺激を与えるという条件付けにより光刺激を与えるだけで収縮するという条件反射が成立した（学習した）ことが認められた。その神経回路の簡単な模式図は図6のようになる。

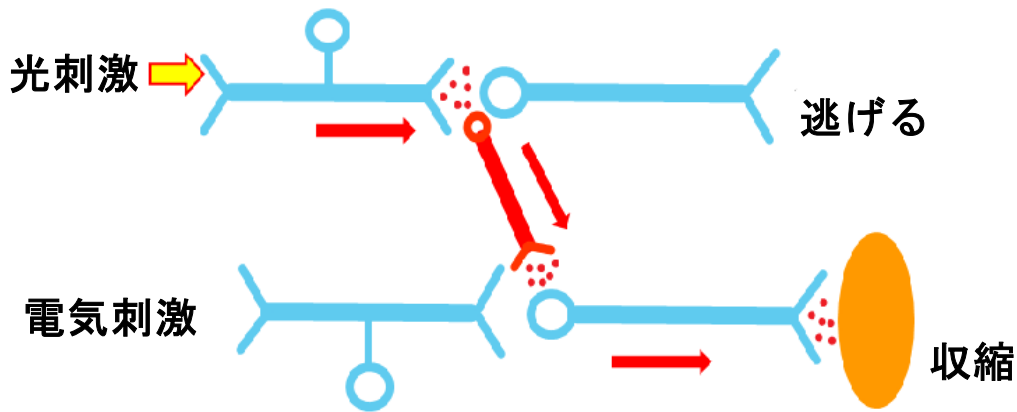


図6：条件反射の神経経路

このように光刺激に対して逃げるという神経回路と電流刺激に対して収縮するという神経回路の間に新たな神経回路が形成されたことによって学習が起こったと考えられる。今年の実験では、切断後に日数が経過するにつれて学習記憶が低下するというのは新たに形成された神経回路が消失したためと思われる。つまり、新たにつくられた神経経路は消えやすいものでもあるといえる。

これらの条件反射が成立したことにより仮説Ⅰは正しいことが証明された。

今年の実験では切断後は学習が消失したのに対して昨年の実験では切断後も電流を与えた時の収縮反応の低下(学習)が継続された。よって、同じ学習でもメカニズムが違う学習と考えられる。つまり昨年の学習は電流刺激に対する慣れであると考えられる。それは神経伝達物質の減少あるいは反応性の低下により慣れが生じたと考えられる。これらにより今年の学習と昨年の学習とでは神経回路のメカニズムが違うということが分かった。

また、この2つの学習を比較すると、切断後の学習の継続性は慣れの方が高いことが分かる（図1、2、4）。よって、伝達が弱くなった慣れの神経回路は切断後も継続されやすく、新しく形成された条件反射の神経回路は切断後に消えやすいといえる。

さらに、事前学習させていない control 群は切断後にどちらの実験でも学習を示さない。これより、慣れ・条件反射、どちらの学習も再生中は新しく学習することができず、新しい神経回路も形成されないといえる。

よって仮説Ⅱは正しいことが証明された。

これらの考察より再生中のプラナリアにおける優先度は再生が最も優先され、次に新しい神経回路はつくられず伝達が弱くなった神経回路（慣れ）を維持すること、その次に学習により形成された神経回路（条件反射）を維持すること、最後に新しい学習をするという順になる。不等号で表すと下のようになる。

再生＞慣れ＞条件反射＞新しい学習

新しい神経回路を生じる条件反射の方がプラナリアにとって複雑あるいはエネ

ルギーをより必要とするため持続することが慣れよりも困難であり、消失しやすいと思われる。

つまり、再生中のプラナリアはまず自らの生命を維持するためにからだをつくることが最優先される。そして学習のような直接生命に関係のない新たに形成されるものは後回しにされるので学習能力は低下すると考えられる。

## 7 結論

- ・プラナリアは電流刺激を与えると収縮する。
- ・プラナリアは光と電流刺激を関連づけて学習できる。
- ・光色の区別はできない。
- ・頭部側の方が尾部側よりも高い学習持続性を示す。
- ・昨年の学習は慣れであり、今回の学習は条件反射ある。
- ・切断後は再生が最優先されるため、新しい学習はできず、学習能力は低下する。

## 8 今後の展望

個体差を少なくするために昨年よりプラナリアの個体数を増やし各群 10 匹ずつを使用して実験を行った。それでも実験結果に幅があるため、実験方法をより精密に行いたい。また、実験中に青色光を当てた実験群に死亡するプラナリアが白色光を当てた群よりも多かったため、光の波長と生存にも何か関係があるのかという新たな疑問が生じたのでそれも調べていきたい。

## 9 参考文献

- (1) プラナリアの学習と切断後の持続性 富士高校生物班 2013 年論文
- (2) 切断後のプラナリアにおける記憶・学習の差 富士高校生物班 2015 年論文
- (3) 生物 数研出版
- (4) キャンベル生物学 丸善
- (5) 四訂版スクエア最新図説生物 neo 第一学習社
- (6) An automated training paradigm reveals long-term memory in planarians and its persistence through head regeneration Tal Shomart and Micheal Levin