

プラナリアによる細胞記憶

2522 西尾二胡 2520 中野花穂 2523 野崎莉央 2602 安藤凜

生物は脳で記憶していると考えられるが脳の無い生物も環境を記憶して行動をとることがある。本研究では、細胞にも記憶能力があるかどうかを検証する。プラナリアは切断されても新たな脳を生み出すことができることが知られており、プラナリアに学習をさせた後に切断し、再生後に学習の記憶が残っているかを調べた。学習方法の1つ目は電気刺激への収縮反応を利用する方法である。電気刺激を与えて切断し再生後に再び刺激を与えると頭部・尾部共に切断前の学習の記憶がある可能性が示唆された。2つ目は負の光走性を利用する方法だが、こちらは現在学習途中である。

キーワード:プラナリア、脳、記憶能力、細胞

1. 目的

本研究の目的は、生物が細胞単位で記憶能力を持つことを明らかにすることである。通常生物の記憶能力は脳にあると考えられているが、細胞自体に記憶能力があることがわかれば脳科学および医療の分野において大きく影響を与えることができるかもしれない。このことを、プラナリアを用いて検証する。

2. 実験方法

プラナリアに2種類の操作で学習を行わせる。その後脳の残る頭部と残らない尾部に切断し、再生後に再び学習時と同じ操作を行い個体の反応を観察する。

3. 仮説

頭部、尾部ともに学習の記憶があるため、未学習個体よりも早く学習する。特に頭部が持つ脳は学習時の脳と同じものであるため、尾部よりも早く学習することが期待される。

4. 学習方法 I ・実験手順(i)

(1)0.05%食塩水中で2個体のプラナリアに30秒間隔で2秒間、4Vの電圧をかけ、この操作を20回行った。

(2)頭部と尾部を切断した。

(3)再生後、頭部と尾部に再び(1)の操作を行っ

た。



図1 実験の様子

5. 学習方法 I ・使用器具(i)

- ・精製水 200mL
- ・食塩 0.1g
- ・直流電源装置
- ・導線
- ・クリップ
- ・シャーレ
- ・プラナリア 1 (1.40cm) (図2)

・プラナリア 2 (1.35cm) (図 3)



図 2



図 3

6. 学習方法 I ・結果(i)

電圧をかけた際のプラナリアの反応のレベルを次のように定義する。

- A…顕著に縮む反応がみられるレベル
- B…縮むがある程度動くレベル
- C…縮まずに暴れるレベル
- D…無反応のレベル

表 1 分裂前の結果

回数	プラナリア 1	プラナリア 2
1	B	A
2	A	A
3	A	B
4	A	A
5	A	A
6	C	B
7	C	A
8	C	C
9	C	A
10	B	B
11	C	B
12	A	B
13	A	C
14	A	B
15	B	B
16	B	A
17	A	C
18	C	B
19	C	C
20	C	C

プラナリア 1 の 17 回目、プラナリア 2 の 16、

19 回目においては固定反応が見られた。

表 2 分裂後の結果

回数	1 頭	1 尾	2 頭	2 尾
1	A	B	A	A
2	B	B	B	C
3	B	C	A	B
4	B	B	B	C
5	C	C	A	C
6	B	C	B	B
7	C	C	B	C
8	C	B	C	B
9	C	B	B	B
10	B	B	B	A→C
11	C	B	B	C
12	B	C	D	C
13	B	C	D	C
14	B	C	D	B
15	A	B	D	C
16	B	C	C	B
17	B	B	A	B
18	C	B	D	C
19	C	C	D	B
20	B	C	D	B

プラナリア 1 頭部の 13、14、15 回目、プラナリア 2 頭部の 1 回目において固定反応が見られた。

分裂前、分裂後ともに試行回数数を増やすにつれ反応のレベルが C に向かう傾向が見られた。

7. 学習方法 I ・考察(i)

結果より、分裂後の頭部・尾部は分裂前よりも学習の段階が進んでおり特に頭部は段階が進んでいると考えた。また、この結果から分裂後のプラナリアが分裂前の学習の記憶をある程度持つという結論を導いた。しかし、個体差の影響が結果に大きく関わるとも考えられた。

考察の真偽を明らかにするため、新たに実験を行った。

8. 学習方法 I ・実験手順(ii)

(1)0.05%食塩水中で 4 個体のプラナリアに 15 秒間隔で 2 秒間、4V の電圧をかけ、この操作を 20 回行った。

(2) 電圧をかける直前と直後のプラナリアの長さを ImageJ で計測し、その比を計算した。

(3) 頭部と尾部を切断した。

(4) 再生後、頭部と尾部に再び(1)、(2)の操作を行った。

頭部、尾部の(電圧をかける直前の長さ)/(電圧をかけた直後の長さ)の平均値を Excel で計算し、散布図とその近似曲線を作成した。

9. 学習方法 I ・使用器具(ii)

- ・精製水 200mL
- ・食塩 0.1g
- ・直流電源装置
- ・導線
- ・クリップ
- ・シャーレ
- ・プラナリア 3(1.00cm)
- ・プラナリア 4(1.00cm)
- ・プラナリア 5(0.80cm)
- ・プラナリア 6(0.80 cm)

10. 学習方法 I ・結果(ii)

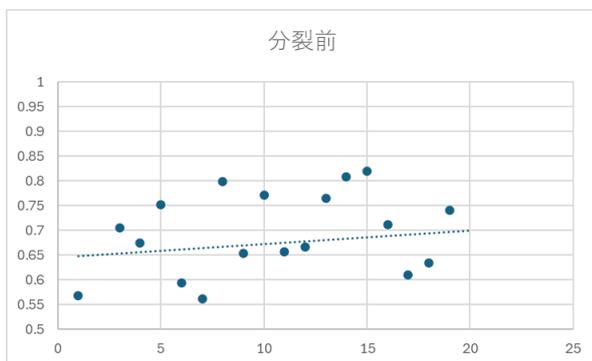


図 4 分裂前の結果

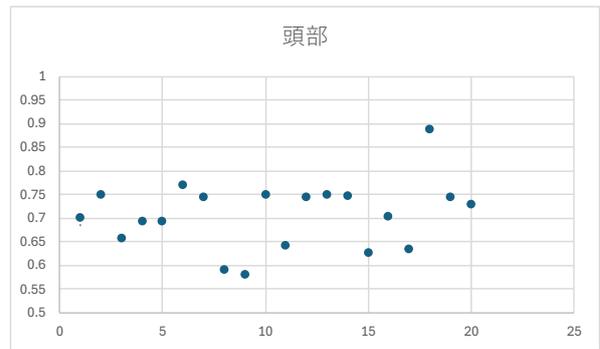


図 5 頭部の結果

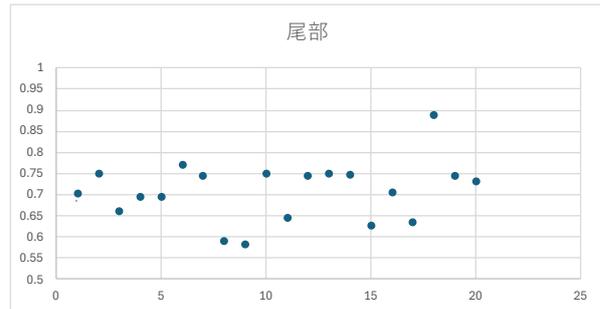


図 6 尾部の結果

図 4～図 6 からは、必ずしも(電圧をかける直前の長さ)/(電圧をかけた直後の長さ)の平均値と試行回数に相関があるとは言えない。

以下は分裂後の施行 1 回目をその個体の試行回数 21 回目とみなして計 40 回分の値を 4 個体で平均したグラフである。

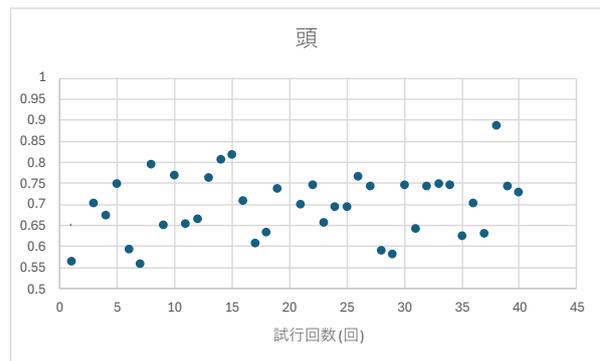


図 7 分裂前+頭部の結果

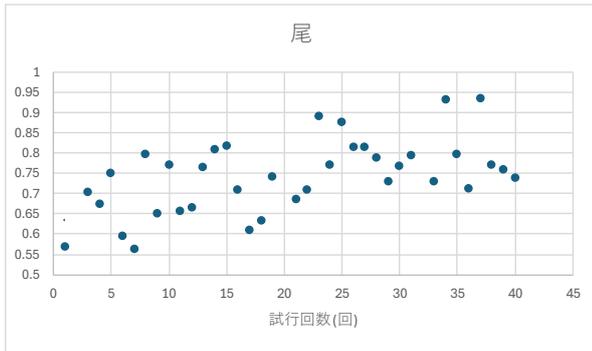


図8 分裂前+尾部の結果

図7、図8から得られる相関係数は0.26、0.55であった。

図7、図8ではともに図4～図6よりも強く相関がみられ、特に図8では相関係数は0.55で正の相関がみられる。

1.1. 学習方法 I ・考察(ii)

図4～図6の結果からは(電圧をかける直前の長さ)/(電圧をかけた直後の長さ)の平均値と試行回数に相関はないものと考えられるが、図6、図7の結果からは正の相関があると考えられる。このことより、分裂前後で学習が連続している可能性が示唆された。今後、対照実験区として分裂をさせずに施行20回目と21回目の間を1週間空けたプラナリアの結果を用意する。

また、尾部の近似曲線の傾きが頭部に比べて大きくなったのは、分裂後の尾部の長さが頭部に比べて小さく、相対的に刺激が大きくなり1回の施行での学習度が大きくなるためであると考へた。この仮説を検証するため、今後は再生したプラナリアの長さを測り、また長さにより感じる刺激の大きさがどれほど変化するのかを調べていく。

1.2. 学習方法 II ・実験手順(i)

- (1) 製氷皿の半分を黒画用紙で覆い、覆った側にプラナリア4個体を入れた。
- (2) 黒画用紙の端に合わせて仕切りをつけ、プラナリアと反対側に餌を置いた。(図9)
- (3) ダンボールの中にスマホ(光源)と製氷皿を置いた。

(4) 餌を置いた時点からそれぞれ摂餌するまでの時間を測定した。なお、実験時間10分とし、それまでに摂餌しなかった個体は実験時間の10分を摂餌までの時間とした。

試行回数ごとの平均値の推移をグラフで表した。



図9 使用装置(i)の様子

1.3. 学習方法 II ・使用器具(i)

- ・製氷皿
- ・黒画用紙
- ・プラベニヤ(仕切り)
- ・割り箸(仕切り)
- ・ダンボール
- ・スマホ(約50Lm)
- ・プラナリア 1.2.3.4

1.4. 学習方法 II ・結果(i)

平均値で見ると試行回数ごとの結果にばらつきが見られるが、近似曲線を見ると個体が餌にたどり着くまでの時間が僅かに減少していることがわかる。(図10)

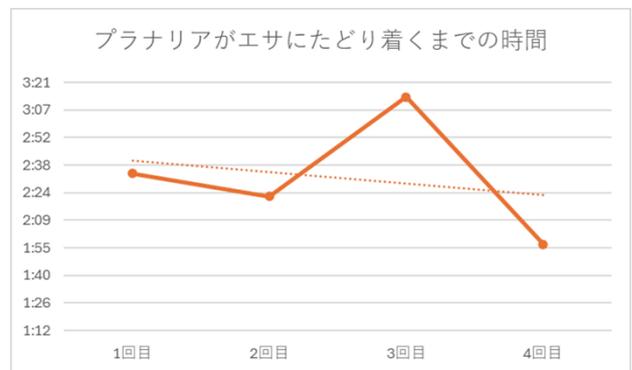


図10 結果(i)

15. 学習方法Ⅱ・考察(i)

近似曲線が減少傾向にあることから、学習が進んだ可能性があると考えられるが、試行回数と実験で使用した個体数が少なかったことから、断言はできない。また、仕切りを外す際の水圧が原因で餌が動いてしまった。

さらに正確性の高い結果を得るため、仕切りを改良し、個体数を増やして再度実験を行った。

16. 学習方法Ⅱ・実験手順(ii)

実験手順(i)と同様に実験を進めた。

※変更点

- ①プラナリア A~P の計 16 個体に増やした。
- ②仕切りを赤シートで作成した。(図 11・12)
(水圧を考慮し、厚みのないものを使用した。)



図 11・図 12 使用装置 (ii)

17. 学習方法Ⅱ・実験器具(ii)

実験器具(i)と同様。

※変更点

- ・赤シート
- ・プラナリア A~P (計 16 個体)

18. 学習方法Ⅱ・結果(ii)

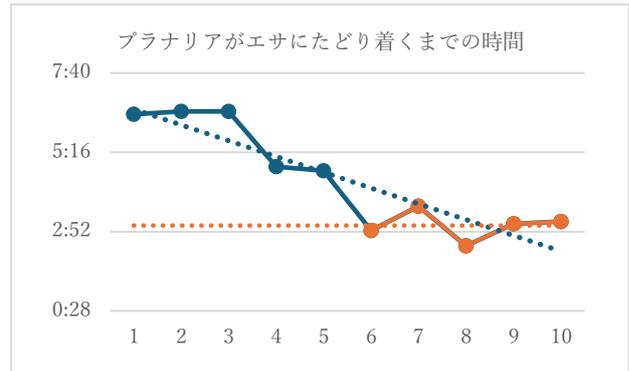


図 13 結果(ii)

19. 学習方法Ⅱ・考察(ii)

結果(i) (図 10) と比べて、平均値のばらつきが少なく、近似曲線で見ても明らかにグラフが減少傾向にあることがわかる。また、6 回以降の結果をみると、近似曲線が水平になっており、これ以上時間の短縮がみられなかったため、学習が完了したと考える。

個体を頭部と尾部に切断し、それぞれどの程度学習を記憶しているか調べるため同様の実験を行う。

20. 展望

今後はデータの収集を続けたうえで結果の信頼度を高めるために検定を行う予定である。また、学習方法の改善をしていく。

21. 謝辞

研究にあたり助言、ご指導いただいた恵那高校生物科の太田和輝先生に感謝申し上げます。

22. 参考文献、引用文献

記憶は脳の外にある？ プラナリアの実験からわかったこと

<https://wired.jp/2013/08/08/memories-of-planaria/>
(2024. 10. 30)

プラナリアの記憶～脳がなくても記憶は残る？
～

<https://kozu-osaka.jp/cms/wp->

content/uploads/2021/11/e11258e1a6d69aa4fe
c00b22fc4f418e.pdf
(2024. 10. 30)

切断後のプラナリアにおける記憶・学習の差
[https://gakusyuu.shizuoka-
c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h27/1531
16.pdf](https://gakusyuu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h27/153116.pdf)
(2024. 10. 30)