

粘菌の学習能力

3603 伊藤瞳 3504 伊東柚葉 3513 佐々木紫乃 3524 西野月乃

要旨

粘菌の1種であるモジホコリ (*Physarum polycephalum*) は脳がないのに迷路を解くことで知られている。この特徴に注目し実験を行った。

現在知られている迷路の解き方は、迷路全体にモジホコリを這わせスタートとゴールに餌となるオートミールを置くとモジホコリが餌と餌を最短距離で結ぶというものである。従来の解かせ方と異なり今回は1個体(1つの塊)のみで迷路を解くことが可能かを調べた。

今回の実験では、モジホコリは迷路を解くが最短経路では解かず迷路を解く際に特定の動き方をすることが分かった。

1. 目的

単細胞生物である粘菌は、脳がないのに学習能力があるといわれており、例として、粘菌の1種であるモジホコリが迷路を解くことが明らかになっている。

そこで、モジホコリの学習能力や記憶力の有無について興味を持ち、現在明らかになっている迷路の解き方とは異なる迷路の解き方で実験を行った。

今回はモジホコリには記憶力があるのか、迷路を1個体でも最短ルートで解くのか明らかにすることを目的とした。その為に1個体のみで様々な形の迷路を解く様子や、何度も同じ形の迷路を解く様子を撮影して時間を計測し、その時間の変化の調査を行った。

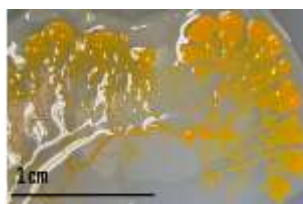
2. 仮説

同じ迷路を何度も解かせた時、解く時間が速くなる。また、最短ルートで迷路を解く。

以上のことが確認でき、モジホコリには記憶力があることが分かるのではと仮説を立てた。

3. 使用した器具・材料

- ・モジホコリ



- ・オートミール(餌)
(日本食品製造合資株式会社)



- ・ポリエチレンテレフタレート(仕切り)
(ナカトシ産業株式会社)



- ・タイムラプスカメラ (brinno TLC200)



- ・車用サンシェード



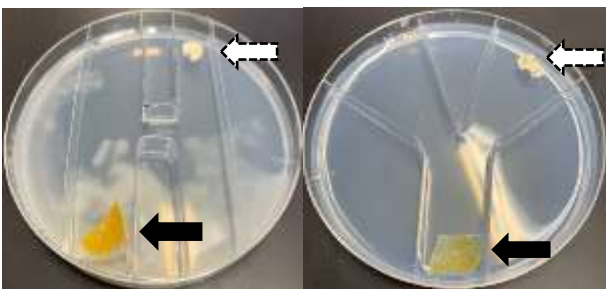
- ・寒天培地 (寒天粉末 15g に水を 1000mL になるように加えて作った。)

4. 研究・実験の手順

【実験 1】1 個体で迷路を解く能力の解明

1. 寒天培地を用意し、ポリエチレンテレフタレートで H 型、Y 型に仕切る。
2. H 型は寒天培地のモジホコリと餌が対になるように配置し、Y 型は全て右に餌を配置する。
3. モジホコリが迷路を解く日数と時間をインキュベーターの温度を 18°C に設定して観察する。

H 型 Y 型



実験の様子 ← 粘菌 ← オートミール

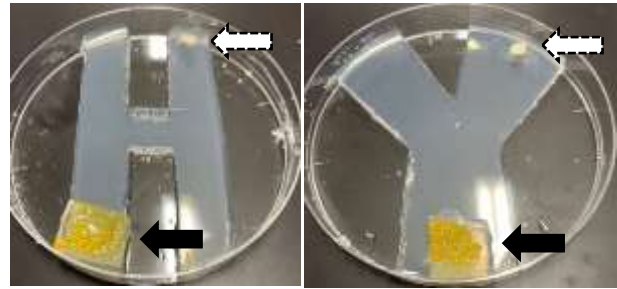
【実験 2】迷路の条件の改良

モジホコリは実験 1 の条件では仕切りをすり抜け、迷路の外に出てしまった。モジホコリは乾燥したところを好まないため迷路部分以外の寒天

を取り除き、迷路の形のみを残した上で実験を行った。

H 型

Y 型



実験の様子 ← 粘菌 ← オートミール

【実験 3】餌の改良

実験 2 より Y 型でゴールにたどり着けなかった。餌の水分量が多いと、餌の周りが汚れてしまい、モジホコリが餌によりつかなくなったと考え、そこで、実験 1 と同じ条件に加えてモジホコリがオートミールに確実にたどり着くために、含ませる水分の量を減らした上で実験を行った。

水分量の調節



多

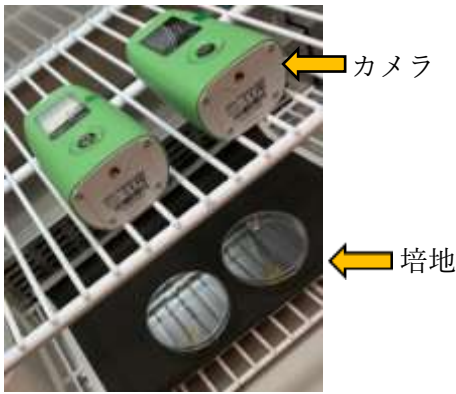
少

水分量が多いと → のように液が染み出る。この液があるとモジホコリは餌に辿り着かなくなる。

【実験 4】迷路を解く正確な時間を計る

実験 3 と同じ条件に加えて、タイムラプスカメラを用いて粘菌が餌にたどり着くまでの正確な時間を計った。

タイムラプスカメラは 30 分に 1 回のコマ撮りで撮影し、餌に到達するまでに何時間かかったかを調べた。



実験の様子

インキュベーターの上段にカメラを置き、下段に培地を置き、観察した。

【実験 5】1 個体を定義し光条件の改良

実験 4 でカメラで撮影するための光でモジホコリが子実体になってしまった。そこで、子実体になることを防止するため、車用サンシェードを用いて光量を絞りながら実験を行った。

空腹状態にすることで速く餌にたどり着くと考え、3 日間餌を与えず、実験 4 の結果を踏まえ、60 時間迷路を解かせた。

また個体差を少なくするため、今回の実験から、粘菌 1 個体の基準を作った。

*1 個体の基準

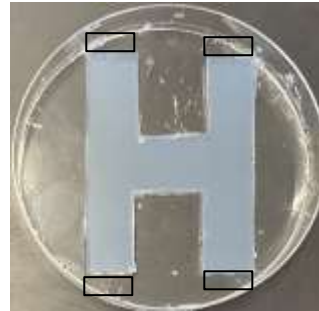
- ・直径 1 cm の正方形に入る大きさを 1 株とする。もし株が大きい場合、核となる部分を中心に 1 cm の正方形に入るように切り取る。
- ・実験終了後、分裂していた場合、より迷路の最短距離を通っていた個体を次からの実験に用いる。
- ・実験終了後、1 cm の正方形に入る大きさよりも大きくなっていった場合、なるべくそのままの形で使う。

今回の実験では、実験終了から次の実験までを 30 分とし、2 回迷路を解かせた。

【実験 6】迷路の改良

前回の実験で餌を抜いたにもかかわらず、ゴー

ルに到達しなかったため、餌を抜いたことによりモジホコリが弱ってしまい、動きが遅くなってしまったと考えた。そこで、餌を抜く期間をなくした。また、カビの発生がゴールへの到達を妨げたと考え、カビが発生する前に到達できるように迷路を短くした。



実験の様子

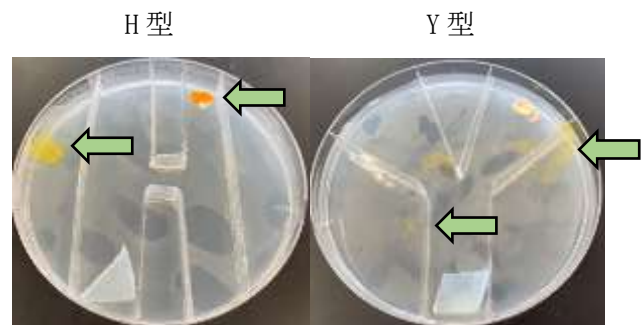
□の部分をくり抜き、迷路を短くした。

5. 結果

【結果 1】1 個体で迷路を解く能力の解明

H 型・ゴールにたどり着いたが最短経路でなかった。餌に到着した後、分裂し、仕切りをすり抜けた。

Y 型・ゴールにたどり着かず、仕切りをすり抜けて分裂した。

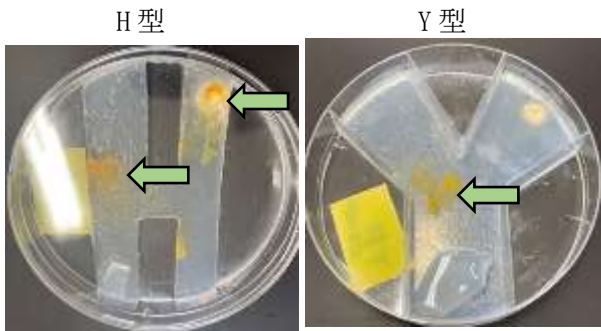


実験後の様子 ← 粘菌

【結果 2】迷路の条件の改良

H 型・ゴールにたどり着いたが、最短距離では解かず、矢印が示すように分裂した。

Y 型・ゴールにたどり着かず、矢印が示すように分裂した。

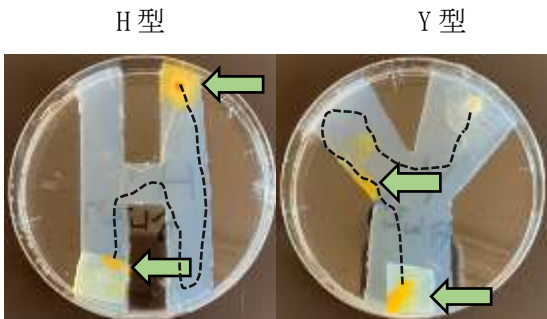


実験後の様子 ← 粘菌

【結果 3】餌の改良

H 型・右下に向かって進んだ後まっすぐ餌に向かって進みゴールにたどり着いた。また、最短距離ではないがゴールにたどり着き、その後矢印が示すように分裂した。

Y 型・左上に向かって進んだ後右上に進みゴールにたどり着いた。また、最短距離ではないがゴールにたどり着き、その後矢印が示すように分裂した。それぞれの粘菌の進み方から、壁伝いに移動していることが分かった。



3 日後の様子 ← 粘菌
--- 粘菌が主に進んだ跡

【結果 4】迷路を解く正確な時間を計る

H 型

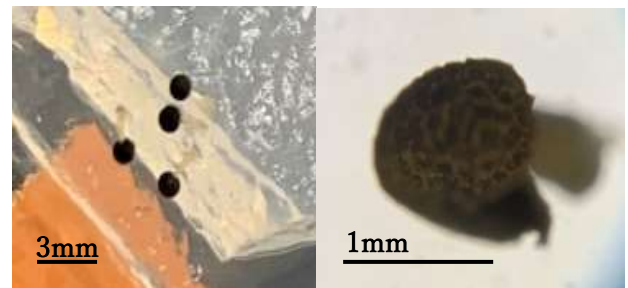
	時間
1 個体目	63 時間
2 個体目	32 時間
3 個体目	到達しなかった

Y 型

	時間
1 個体目	41 時間 30 分
2 個体目	44 時間 30 分
3 個体目	50 時間 30 分

H 型は 3 個体中 2 個体が迷路を解いた。解く時には開きがあった。また、解く時に壁伝いで右下に進んだ後ゴールへ移動した。また、ゴールに到達せず、子実体を作ってしまった。

Y 型は 3 個体全てが迷路を解いた。時間にはあまり開きがなかった。また、解く時に壁伝いで左上に移動した後ゴールへ移動した。



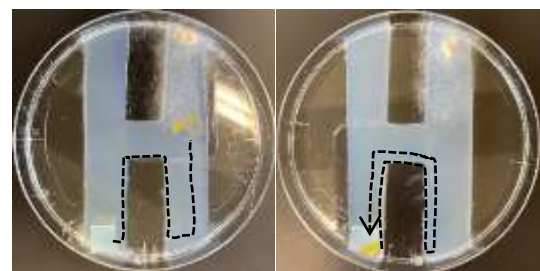
子実体の様子

子実体とは、孢子形成のために作る、複合的な構造のことである。光、温度、湿度、栄養源などの細かな変化に反応し形成される。

【結果 5】1 個体を定義し光条件の改良

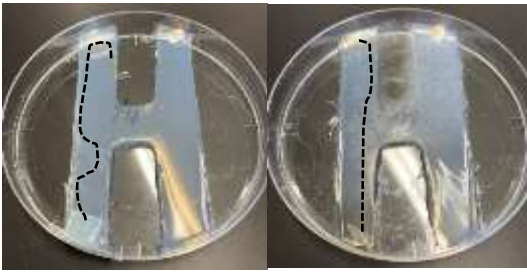
1 回目

1 個体目(右)	到達しなかった
2 個体目(左)	到達しなかった



2 回目

1 個体目(右)	到達しなかった
2 個体目(左)	到達しなかった

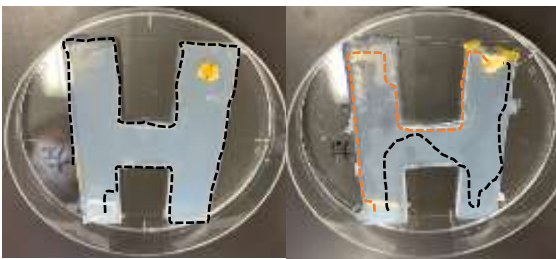


子実体は作らなくなっていたが、2 個体とも 1 回目も 2 回目も迷路を解けなかった。解く時は、壁伝いで上に直進した。右の個体が到達寸前で餌の周りにカビが生え、動けなくなっていた。寒天培地の乾燥を防ぐために湿度を上げたためカビが生えやすくなったと考えられる。

【結果 6】 迷路の改良

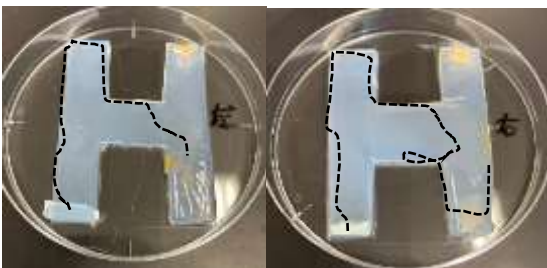
1 回目

1 個体目(右)	到達しなかった
2 個体目(左)	到達しなかった



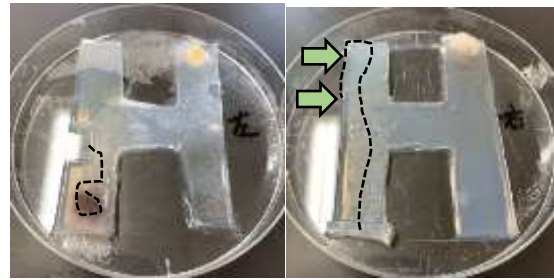
2 回目

1 個体目(右)	到達しなかった
2 個体目(左)	到達しなかった



3 回目

1 個体目(右)	到達しなかった
2 個体目(左)	到達しなかった



→ …子実体

2 個体とも迷路を解けなかった。解く時は、壁伝いで上に直進した後右に進んでからゴールの方向へ移動した。また 3 回目の時、2 個体目は子実体を作った。

多くの実験から、上に直進した後右に進んでからゴールの方向へ進むこと、または右下に進みゴールへ向かうことが分かった。

6. 考察

実験 1 より、モジホコリは迷路を解くことが分かった。実験 2 より、寒天培地上のみでモジホコリが移動することが示された。また、実験 3 より、水分量の少ない餌を好むことが分かった。そのため、モジホコリに迷路を解かせるには、迷路部分以外を取り除いた培地と水分量の少ない餌を用いることが最適条件だと分かった。実験 3 の結果より、迷路を解く際には、餌の情報でなく、人が手探りで探すように壁を伝って解くことが分かった。実験 4 の結果より、粘菌が 1 個体で迷路を解くおおよその時間が把握できた。実験 5 では、到達せず、カビが発生してしまった。発生したカビは、湿気などの要因により、食べ物や建材などに多く発生する菌糸状の白カビだと考えられ、粘菌はこのカビを好まないと考えられる。実験 6 でも到達せず、最終的に大きなカビが発生してしまった。また、到達せずに何度も迷路を解かせたため、粘菌自体が弱っていて到達できる力がなく、子実体を作ってしまったと考えられる。

7. 展望

今後は、スタートからゴールまで最短距離で移動しない理由を見つけ、壁伝いの移動に頼って迷路を解いているのか、何度も実験を繰り返して確かめる。そしてカビの発生を抑え、上に直進する習性を調べ、どうすれば1個体のみで迷路を最短距離で解くのかを調べる。

8. 謝辞

ご協力いただいた先生方、アドバイスをくださった SSH 関係の先生方ありがとうございました。

9. 参考文献、引用文献

[1] <GIGAZIN>

<https://gigazine.net/news/20161226-slime-molds/>

[2]<科学技術振興機構法>

<https://www.jst.go.jp/pr/info/info708/index.html>