

様々な化学物質による粘菌の行動の変化

班員奥井 悠太、川下 瑞暉、関 陽向、竹端 ひかり
担当教諭 小林 広典

キーワード：粘菌、変形菌、選好性、忌避物質、誘引物質

Slime molds are organisms involved in maintaining ecosystem diversity and are known to exhibit intelligent behavior. In this study, experiments using oranges were conducted based on the hypothesis that they respond to odors. The results showed that slime molds approached the oranges in 10 out of 11 trials. Conversely, citric acid was avoided, and no clear response was observed to glucose. These findings suggest that slime molds may prefer another component contained in oranges.

1 はじめに

粘菌は、真核生物に属する生物のグループである。粘菌は、かつてその孢子形成や外見的特徴から菌類と扱われていたが、分子系統解析の進展により、菌類とは系統的に異なる進化的背景をもつ原生生物であることが明らかとなった⁽³⁾。粘菌は分類学的にも生物学的にも特異な位置づけにあり、単細胞生物と多細胞生物の境界を考える上で重要な研究対象となっている。粘菌の生活環はきわめて特徴的である。通常はアメーバ状の単核細胞として生活するが、環境条件が変化すると細胞融合を起こし、多数の核を含む巨大な変形体を形成する。この変形体は、細胞膜によって区切られた個体の集合ではなく、一つの連続した細胞質空間を共有する単一の細胞として振る舞う。変形体は土や落ち葉の表面を移動しながら細菌や有機物を捕食し、環境中の栄養資源を効率的に探索する能力を示す。粘菌は神経系や脳といった中枢的制御機構を持たないにもかかわらず、環境に応じた適応的行動を示す。例えば、餌資源の配置に応じて管状構造からなるネットワークを形成し、資源輸送の効率を高めることが報告されている⁽⁵⁾。このネットワークは、単なる物理的拡散の結果ではなく、環境条件に応じて動的に再構成される点において、高度に組織化された挙動といえる。近年、こうした粘菌の行動は、生物学的現象としてのみならず、自己組織化、分散型情報処理、適応システムといった観点から

も注目を集めている。例えば、図1のようにスタートとゴール地点に餌を設置すると、粘菌の目的地の間を最短で移動する性質を利用して、迷路の最短経路を発見することができる⁽⁴⁾。

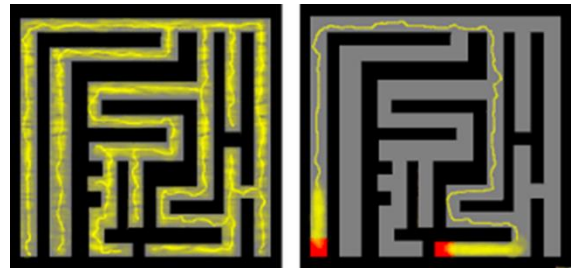


図1 情報処理モデルとしての粘菌

粘菌における行動決定は、個々の細胞や核が独立して判断するのではなく、細胞質流動や化学物質の濃度勾配などを介した局所的相互作用の積み重ねによって実現されていると考えられている⁽⁴⁾。このような仕組みは、生物における「知性」や「意思決定」の定義を再考する上で重要な示唆を与える。しかしながら、粘菌の示す適応的行動が、どのような物理的・化学的過程によって支えられているのかについては、未だ十分に解明されていない。特に、環境情報が変形体内部でどのように伝達・統合され、形態変化や運動として発現するのかという点は、現在も活発に研究が行われている課題である。

○目的

本研究では、様々な化学物質による粘菌の行動の変化に着目して様々な化学物質に対する粘菌の嗜好性について調べた。本研究を通じて、原生生物である粘菌が示す秩序だった行動の基盤を明らかにするとともに、単純な構成要素から様々な機能が作り出される生物の普遍的原理について理解を深めることを目指す。

2 研究内容

実験1(材料・方法)

オレンジ・シトラス・レモン・クミン・シナモン、ラムネを用いた。

寒天末と水を3:200の割合で混ぜて作成した。粘菌が実験対象(オレンジ、レモン、クミン、シナモン、シトラス)に対してどのような方向に動くかを観察するために培地の中央に粘菌を置き、端に実験対象を配置した(図2)。

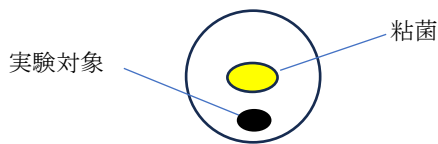


図2 培地の模式図
(中央に粘菌、端に実験対象を置き、その後の動きを見た。)

23℃の暗所で一日培養し、翌日に粘菌がどのように動いたかを記録した。粘菌は20℃~25℃で生育しやすいため、その間の23℃に設定した。1日だけ培養したのは、粘菌を同じ培地で培養し続けると培地内の環境が悪くなりカビや雑菌が増え、そのために粘菌が弱り、移動が少なくなることを防ぐためである。実験を行わない日は寒天培地を新しいものに変え、粘菌の餌であるオートミールを置き、同じ条件で培養した。試行回数はそれぞれの実験対象(オレンジ、レモン、クミン、シナモン、シトラス)で4回ずつであった。

実験1(結果)

○個々の結果

オレンジではすべての試行で粘菌がオレンジ

ジに完全に覆いかぶさった(図3)。シトラスでは粘菌はシトラスに接しているが、覆いかぶさることはなかった(図4)。また、レモンでは覆いかぶさる場合とかぶさらない場合の両方が見られた(図5)。シナモンでは粘菌はシナモンのある側に移動せず、すべての場合でシナモンから遠ざかった(図6)。クミンでは粘菌は対象に接することはあったが、覆いかぶさることはなかった(図7)。ラムネではラムネが溶け出し、粘菌が動けなくなった(図8)。

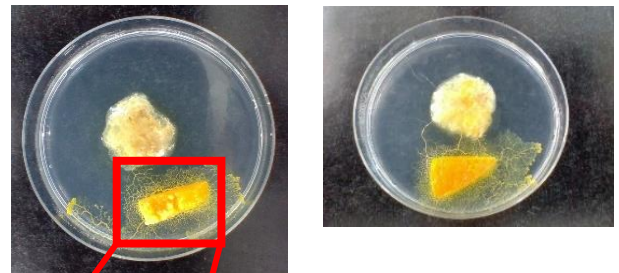


図3 粘菌のオレンジに対する行動

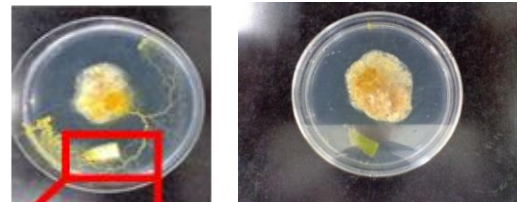
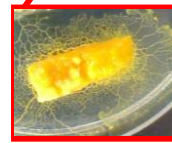


図4 粘菌のシトラスに対する行動

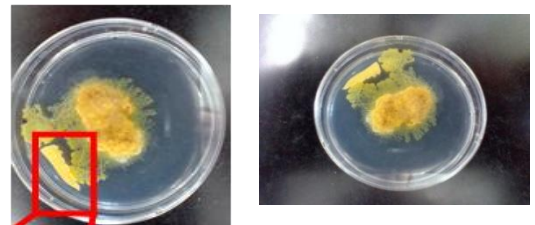


図5 粘菌のレモンに対する行動



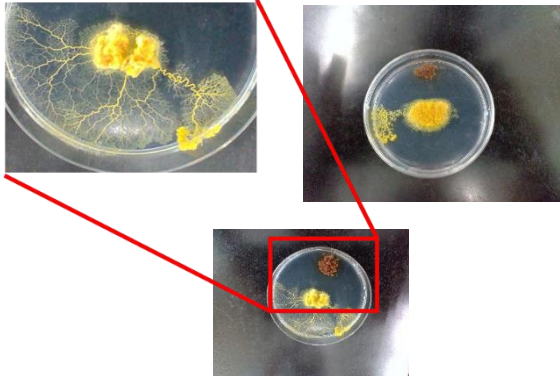


図6 粘菌のシナモンに対する行動

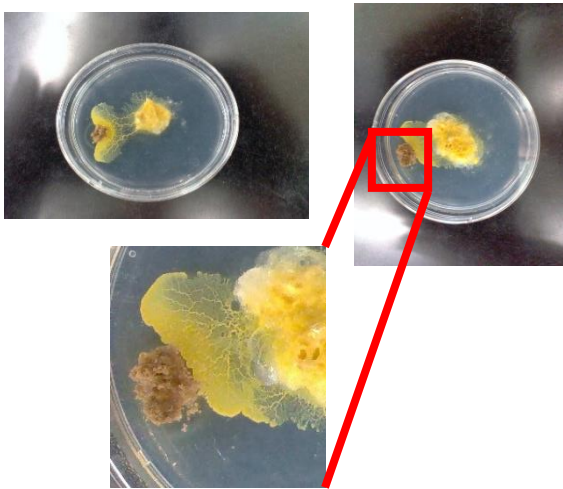


図7 粘菌のクミンに対する行動



図8 粘菌のラムネに対する行動

○実験1の結果のまとめ

オレンジ、レモン、クミンの場合は粘菌はそれらに近づいた。一方、シナモンでは粘菌は遠ざかった。シトラスでは近づいたものと、遠ざかったものと動かなかったものがあった。

ラムネの実験ではラムネが寒天培地に溶け出して、培地上の水分が多くなり、粘菌が動かず、実験がうまくいかなかった。

○考察

オレンジ、レモン、クミンに近づいたことか

ら、これらには粘菌が好む化学物質が含まれていると考えられる。一方で、シナモンから遠ざかったことから粘菌にとって有害な化学物質がシナモンに含まれている可能性がある。ラムネが溶け出した場合は、培地の状態が変化したため、正確な実験結果が得られないと考えられる。

実験2(材料・方法)

オレンジとレモンに共通して含まれる物質で比較的簡単に手に入れることができるクエン酸とブドウ糖を使って実験を行った。クエン酸0.5g、ブドウ糖1.25gを用いた。培地を縦1.0cm、横1.5cmの楕円形にくりぬいた部分に実験対象(クエン酸、ブドウ糖)を配置した。これにより、実験対象が培地に溶け出して培地上の水分量が増えることを防ぎ、正確に実験結果が得られるようにした。

○結果

クエン酸はすべての試行で遠ざかり、ブドウ糖は近づいた、遠ざかった、動かなかった、それぞれの試行が2回ずつだった(図11)。クエン酸では置かれた場所から真逆の方向に動いた。



図9 クエン酸とブドウ糖の実験前の粘菌の様子

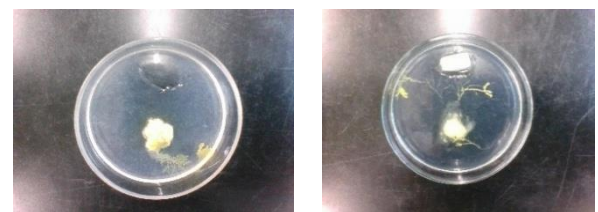


図10 クエン酸とブドウ糖の実験結果

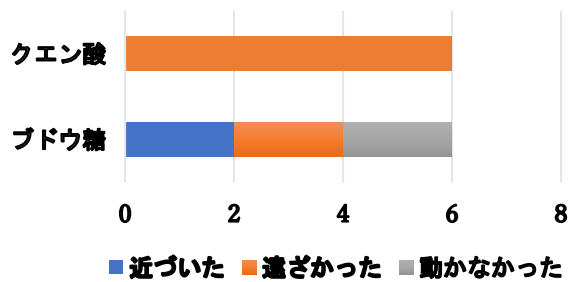


図11 クエン酸とブドウ糖の実験結果のグラフ

○考察

- ・溶けだしたことが原因である可能性

粘菌はブドウ糖に対してもクエン酸に対しても積極的に近づかなかった。これはいずれの実験対象も寒天培地に溶け出したことが原因であると考えられる。実験対象が寒天培地に溶け出すと、粘菌が急激な環境の変化に反応し、実験対象に対して遠ざかった可能性がある。実験1のラムネの実験では実験対象が寒天培地内に溶け出し、粘菌が動かなかったため、結果を得ることができなかった。動けなくなったのは培地に実験対象が溶け出したことで培地内の浸透圧が変化したためだと考えた。

- ・粘菌がほかの物質を好む可能性

実験2では粘菌がクエン酸から遠ざかる行動が見られ、ブドウ糖では様々な行動が見られた。このことから、ブドウ糖やクエン酸以外の成分に粘菌が誘引されているのではないかと考えた。そこで、実験1で粘菌が近づいた、レモン、オレンジ、クミンの3つに共通する成分を調べたところ、この3つにはビタミンB6と食物繊維が含まれていると分かった。これらの成分が粘菌の誘引に関係しているのかもしれない。

3 今後の課題

実験対象が培地内に溶け出すことにより、粘菌が動けなくなったり、正確な結果が得られなくなったりすることを防ぐために、培地の水分量を調節して粘菌の行動を阻害せずに実験を行う。培地の濃度のみを変化させた実験を行い、粘菌にとって適切な濃度を見つける。また、ブドウ糖とクエン酸の実験の試行回数を増やし、これら二つ以外の

成分でも実験を行う必要がある。

4 参考文献

- (1) 中垣俊之. かしこい単細胞 粘菌. 福音館書店出版, 2015, 40p.
- (2) チョボいち. “粘菌の飼い方”. 南方熊楠記念館. 2026-08-27. <https://www.minakatakumagusukinenkan.jp/2020/11/23/10938>
- (3) National Park Service. “Slime Molds”. 2020 <https://www.nps.gov/articles/000/slime-molds.htm>
- (4) リケラボ. “異例のイグ・ノーベル賞2度受賞「かしこい単細胞」粘菌の驚きの行動を明らかにし、知性の本質に迫る中垣俊之教授”. 2022-08-19 <https://www.rikelab.jp/post/3252.html>.
- (5) 世界の顔 “「仮想粘菌」を使用して混乱しにくい地下鉄ネットワークを設計する”. 2022 <https://jacyou.com/science/akemi/news/2022-01-virtual-slime-mold-subway-network.html>