



TOHOKU
UNIVERSITY

東北大学

TOHOKU UNIVERSITY

Press Release

2024 年 7 月 19 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

菌糸は電氣的シグナルによって行動を制御している!?

【発表のポイント】

- 木材腐朽菌の菌糸は、周囲の状況に応じて柔軟に行動を変えますが、そうした行動がどのように制御されているかはよくわかりません。
- 寒天培地上に伸びる木材腐朽菌の菌糸にエサとして木片を与え、電位の変化を菌糸の複数箇所で測定したところ、木片が設置された場所の菌糸から菌糸全体へ、電位変化が伝わっていることが確認されました。
- 菌類の菌糸は、電氣的シグナルを用いて全身の行動を制御している可能性があります。

【概要】

木材腐朽菌は、森林の土壤中に菌糸のネットワークを広げ、倒木や落枝などを分解しながら水分や炭素、養分などの物質を運搬（転流）することで森林の物質循環に重要な役割を果たしていると考えられています。これまで、木材腐朽菌の知的な行動（記憶・学習・決断）が報告されていますが、菌糸が行動をどのように制御しているのかはよくわかりません。

東北大学大学院農学研究科の深澤遊准教授の研究グループは、ナメコと近縁な木材腐朽菌 *Pholiota brunnescens* の培養菌糸にエサとして木片を与え、木片に菌糸が定着・分解していく過程における電位変化を、菌糸の複数ヶ所で104日にわたって測定しました。その結果、木片が設置された場所の菌糸から菌糸全体へ、電位変化が伝わっていることが確認されました。また、木片の定着が完了したと考えられる培養60日後からは木片の場所でのみ、7日間周期の電位振動が見られました。

この結果は、菌糸が電氣的なシグナルで行動を制御していることを示唆しています。

本研究成果は2024年7月6日に科学誌 Scientific Reports で公開されました。

【詳細な説明】

研究の背景

菌類は菌糸^(注1)と呼ばれる糸状の体を森林の土壌中に伸ばしてネットワークを形成し、水分や炭素、養分などの物質を転流することで森林の物質循環に重要な役割を果たしていると考えられています。木材腐朽菌^(注2)の中には、この菌糸ネットワークで森林の地上に散在する複数の枯木をつなぐようにネットワークを形成する種が知られており、最大のものは900ヘクタール以上の範囲に広がる例も報告されています。近年、木材腐朽菌の菌糸では知的な行動（記憶・学習・決断）が報告されていますが、菌糸が行動をどのように制御しているのかはよくわかっていませんでした。

今回の取り組み

中心から3方向に放射状に6本の電極を配置した円形シャーレ（図1A）に敷いた寒天培地の中心に木材腐朽菌 *Pholiota brunnescens* の菌糸を接種して、20℃暗黒下で104日間培養しました（図1B）。この間、シャーレ中心の基準電極に対する各電極の電位差を10分おきに計測しました。シャーレの縁に近い電極のうち1つにエサとして滅菌した木片を設置したシャーレ（エサシャーレ）と、エサを入れない対象区のシャーレを3反復ずつ用意しました。

中心から放射状に伸びてきた菌糸が電極のあるあたりまで達すると、その電極の電位が一度上がり、その後下がりました。このように電極は菌糸の成長に伴う電位の変化を示しました。また、培養60日後あたりからエサを設置した場所の電極でのみ、約7日周期の明瞭な電位の振動が見られました（図1C）。

さらに電位の時系列データに基づく因果解析^(注3)により、各電極において計測された電位の変化パターンに電極間で有意な因果関係があるか調べました。その結果、木片をおいたエサシャーレでのみ、培養60日までエサの部分の電極からそれ以外の電極へ、方向性のある有意な因果関係が検出されたが、60日以降は因果関係が消失しました。エサを入れない対象区のシャーレでは、このような明瞭なパターンは見られませんでした。

以上の結果から、木材腐朽菌 *Pholiota brunnescens* の菌糸では、エサを発見した部分の菌糸から他の部分の菌糸へ電氣的なシグナルが送られており、これによりエサの場所情報を菌糸全体で共有している可能性があります。これにより菌糸の細胞質が効率よくエサの方向へと輸送され、菌糸がエサに定着するのかもしれません。60日を境に電極間の因果関係が見られなくなり、エサ部分の電極でのみ明瞭な電位振動が始まったことは、この時期には菌糸が全てエサの木片への定着が完了して活発に分解活動をしており、シャーレの他の部分には活性の高い菌糸がいなくなったことを示唆しているのかもしれません。

今後の展望

本研究の結果は、菌類の菌糸が外部からの刺激に関する情報を菌糸内部で伝達・共有できることを示唆しています。菌糸に脳はありませんが、偶然エサに辿り着いた部分の菌糸が暫定的な「情報センター」として働きエサの情報を菌糸の他の部分へむけて発信しているのかもしれませんが。これらの知見は、菌類の菌糸に見られる記憶・学習・決断といった知的な行動の仕組みを理解し、脳を持たない生物の知能について明らかにする上で重要です。

【参考図】

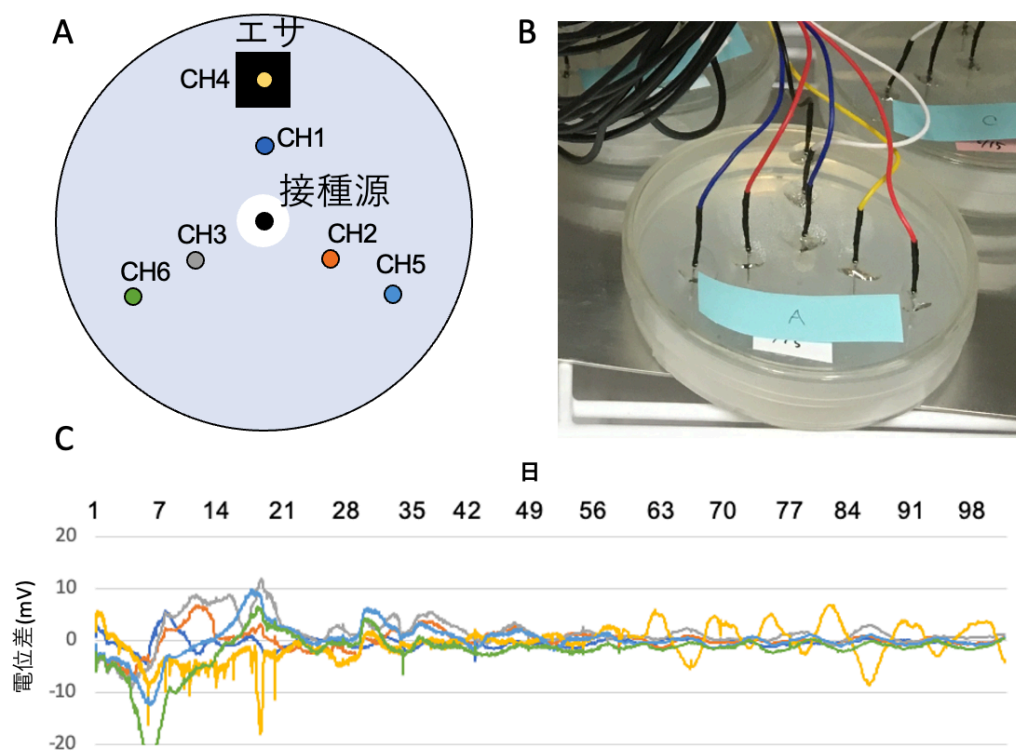


図1 A. 直径9cmのシャーレに設置した電極、接種源、エサ角材の配置。中心の接種源の部分には基準電極が設置されている。B. 培養中の電極シャーレの様子。C. エサを設置したシャーレでの電位の測定結果の例。線の色はAの電極の色と対応している。培養60日あたりからエサの電極（黄色）でのみ、明瞭な振動が見られる。

【謝辞】

本研究は、KIOXIA 株式会社の研究助成と科学研究費補助金 学術変革領域研究 A「ジオラマ行動力学」（JP22H05669）の補助を受けて行われました。

【用語解説】

注1. 菌糸

直径 10 μ m ほどの細長い細胞が連なって紐状になった構造で、菌類の基本的な体制。菌糸同士を隔てる細胞壁（隔壁）には穴があり、細胞質やさまざまな物質が細胞間を輸送される。

注2. 木材腐朽菌

木材の成分であるリグニン、セルロース、ヘミセルロースを分解できる菌類のうち、枯木に生息する菌類の総称。

注3. 時系列データに基づく因果解析

時系列データの変動パターンから変数間の因果関係を統計的に検出する解析。今回の研究ではシャーレごとに 2 つの電極の電位変化パターンの中で生じている情報の流れを定量化し（移動エントロピー）、因果関係あるなしの指標とした。

【論文情報】

論文タイトル : Electrical integrity and week-long oscillation in fungal mycelia

著者 : Yu Fukasawa*, Daisuke Akai, Takayuki Takehi, Yutaka Osada

*責任著者 : 東北大学大学院農学研究科 森林生態学分野

准教授 深澤遊

雑誌名 : Scientific Reports

DOI : 10.1038/s41598-024-66223-6

URL :

https://link.springer.com/article/10.1038/s41598-024-66223-6?utm_source=rct_congratemail&utm_medium=email&utm_campaign=oa_20240706&utm_content=10.1038/s41598-024-66223-6

【問い合わせ先】

（研究に関すること）

深澤 遊（フカサワ ユウ）

東北大学大学院農学研究科 准教授

TEL:0229-84-7397

Email:yu.fukasawa.d3@tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学大学院農学研究科

附属複合生態フィールド教育研究センター 総務係

TEL: 0229-84-7312

Email: far-syom@grp.tohoku.ac.jp