

粘菌に聴覚はあるのか
Does Physarum polycephalum Have Audition?

大林 卓未 英 麻央
OHBAYASHI TAKUMI HANAHUSA MAO

A. 研究目的

粘菌とは原生動物界に属するアメーバーのような単細胞生物である。この生物は、単細胞であるにも関わらず、まるで「知性」を持っているかのように振る舞う。そのため、昔から研究対象にされてきた。

さて多くの実験の中でも、外部からの刺激に対する反応、粘菌の走性に関する研究は比較的数量多く行われている。しかし、音に対する反応はあまり研究されておらず、そのメカニズムも完全には解明されていない。

そこで私たちは、粘菌の音に対する走性、すなわち粘菌の「聴覚」の有無について研究することにした。

今回の実験には真性粘菌であるモジホコリカビ (*Physarum polycephalum*) を実験に用いた。

B. 研究方法

シャーレに水 200 ml、市販の粉寒天 2 g の割合で厚さ 1 cm の寒天培地を作る。そこに約 1 cm³ のモジホコリカビの菌核を置き、霧吹きで湿り気を与えた。約 1 日後に寒天培地に粘菌が広がり始めるのでシャーレの四方にえさ (モチキビ) を置いて粘菌を培養した。実験には約 1 週間培養し全体に広がったものを使用した。培養はすべて 25.0°C に設定した恒温機の中で行った。

今回、私たちは実験に「発音」(北村俊樹作成 50~10000Hz の音域が出せるソフト) を使って 50Hz、50000Hz、10000Hz の正弦波に対する反応をそれぞれ調べた。

シャーレ全体に広がった粘菌に一定方向から音を当てた。温度は 25.0°C、音源 (スピーカー) とシャーレとの距離は 6.5 cm に統一した。粘菌培養時と同じ 25.0°C に設定した恒温機を用いた。また、すべての実験で音量は一定にした。

また、粘菌はえさのある場所に移動する性質がある。そこで、えさの位置による粘菌の移動と区別するために、えさはシャーレの四方に置き、えさによる粘菌の移動の可能性を除いた。

各周波数につき 4 個体ずつ実験し、24 時間後に観察した。

C.得られた結果

全て写真下方から音を当てている

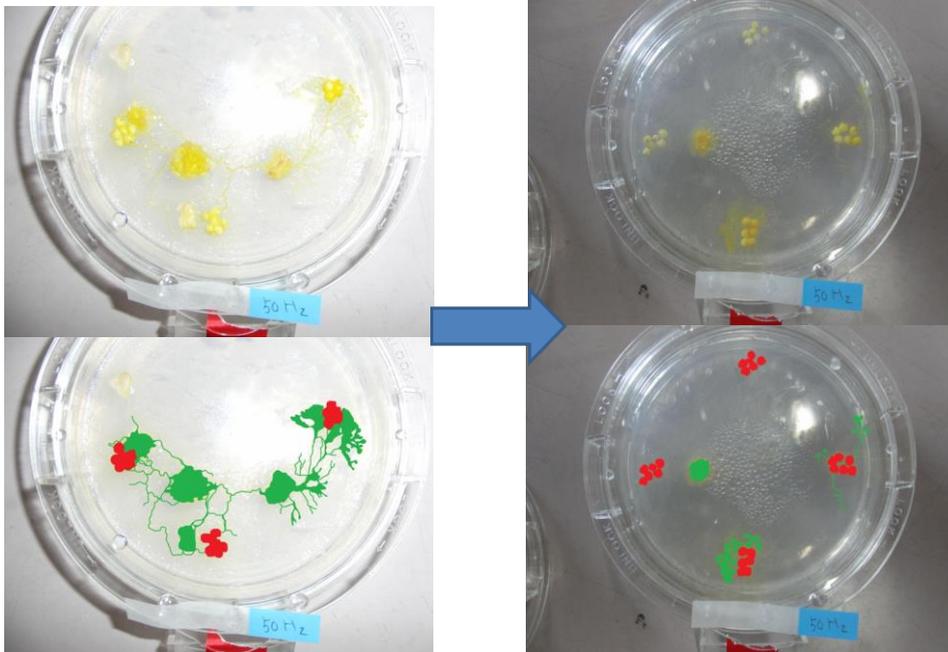


図 1 : 50Hz に対する粘菌の反応

4 個体中 4 個体で音に対する反応は見られなかった

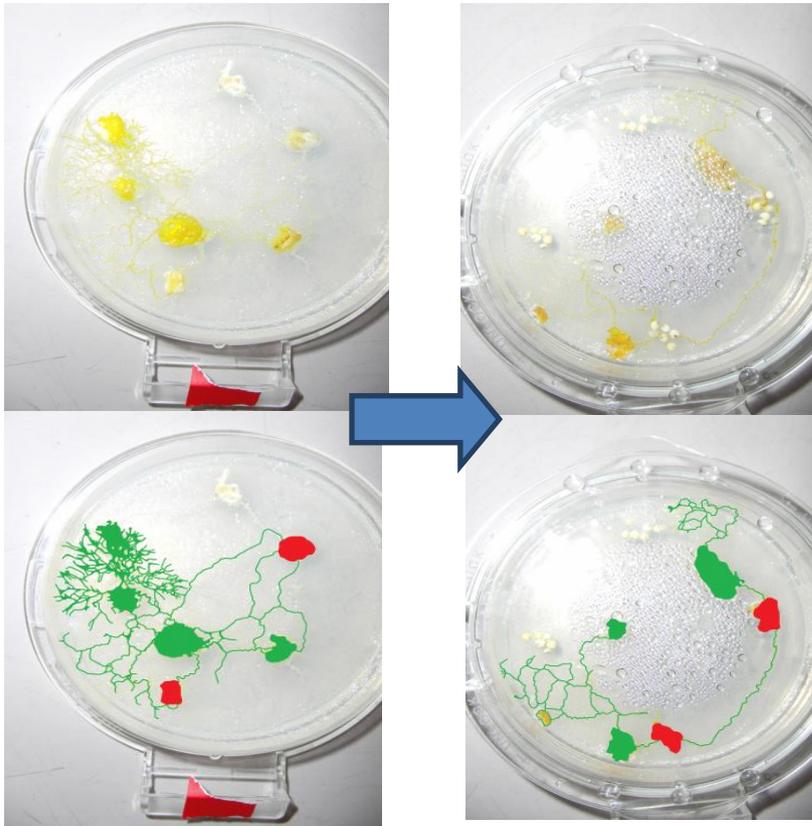


図 2 : 5000Hz に対する粘菌の反応

4 個体中 4 個体で音に対する反応は見られなかった。

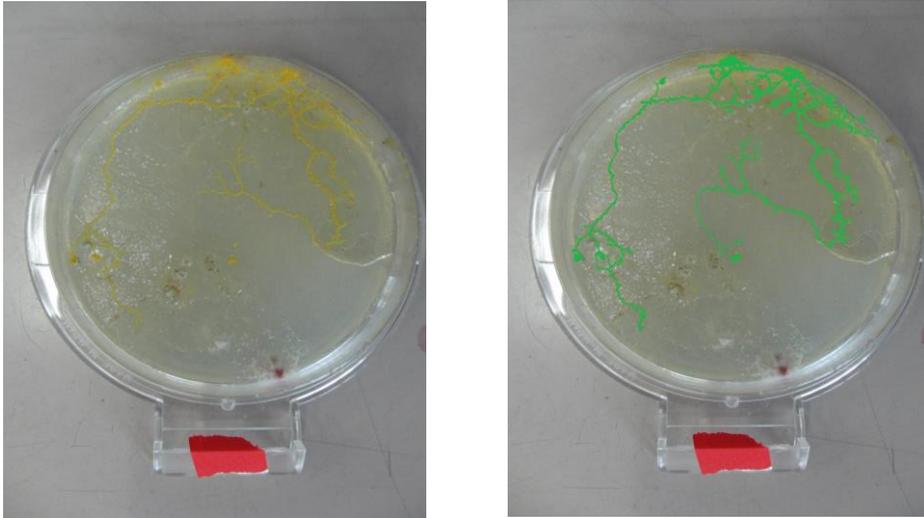


図 3 : 10000Hz に対する粘菌の反応

4 個体中 3 個体が音源から遠ざかるように管を伸ばした。

D.考察

以上の結果から、10000Hz の正弦波を当てた時のみ、粘菌が音源から遠ざかるような反応が見られた。

この原因として、以下の3つを可能性として考察をした。

(1)固有振動数が近かったことに起因する共振の可能性

粘菌の変形体の内部では常に原形質流動が行われている。この流動はゾル-ゲル界面に存在するアクチン繊維というタンパク質の周期的な収縮運動によって発生している(ヒト等の筋肉における収縮はこのタンパク質によるもの)[*]。この収縮は変形体のあらゆる場所で自動振動的に起きており、その収縮リズムは一定である。従って変形体を収縮振動子の集団、つまりひとつの大きな振動と見なすことは妥当だろう。[**]

粘菌を一つの振動とすると、同じ振動である音の影響を受けることも十分考えられる。仮に、アクチン繊維による収縮運動リズムを粘菌の「固有振動」とすれば、特定の周波数の音と共振することもある。

今回の実験で 10000Hz の正弦波のみに、他とは異なる反応が見られたのは、この二つの振動が共振した。それにより粘菌の原形質流動が活発になったため、と考えられる。

つまり、粘菌の固有振動数は 10000Hz の正弦波に近い、と考えられるだろう。

(2)音のエネルギーそのものに対して反応した可能性

音のエネルギーの大きさは周波数(音の高さ)と振幅(音の大きさ)によって決定される。周波数が大きくなるほど、また振幅が大きくなるほど音のもつエネルギーは大きくなる。この実験においては、音量を一定にしてあるため 10000Hz の際にエネルギーが最大になる。その結果、粘菌が自らにぶつかってくる音のエネルギーに耐え切れず、音源から遠ざかるよ

うに移動したと考えられる。

(3)分子の衝突に反応した可能性

周波数が高くなれば衝突する空気中の分子のエネルギーも高くなる。10000Hz の時のみ反応したのは空気分子の衝突エネルギーに粘菌が耐え切れずに音源から遠ざかるように移動したと考えられる。

(4)波形による影響

今回は正弦波を用いて実験を行った。しかし波形の影響を考慮していない。他にも余弦波や三角波、のこぎり波、方形波、階段波などでも実験し、比較したい。

(2)(3)のの仮説は、どちらも粘菌の「触覚」の存在を示すものである。

これらの3つの考察はまだ確定しておらず、予想の域を出ない。よってそれぞれの考察に対しての検証実験を行う必要がある。

- (1) 10000Hz に近い周波数の正弦波を 500Hz きざみで粘菌に当てて調べる。
- (2) 周波数を一定にして音量を変えて正弦波を当てて粘菌の反応を見る。
- (3) 一定方向から粘菌に風を当て続けてそれに対する反応を調べる。

[反省]

粘菌は音源から遠ざかるように移動したが 10000Hz の時のみ反応した理由はまだ解明できていないので早くこれを解決しなければならない。

また、本実験は恒温培養器内で行ったが音の反射を考慮していなかった。次回からはスポンジなどで反射をおさえる必要がある

E.結論

実験の結果を踏まえて、粘菌は 10000Hz の正弦波を当てると音源から逃げるように移動することが分かった。

音を不快と感じているかどうかについては、中垣俊之氏の弁を借りて粘菌を「生存するために不利となるものを回避するというタスクを実行するプログラム」[***]、つまり、自らの生存に不利な状態から逃げるといふ本能を持っていると捉えれば、粘菌が音源から逃げようように移動したことから音を不快と感じていると判断してもよいだろう。

今回の実験で「ある一地点から遠ざかる」といふ粘菌の運動を意図的に引き起こすことが出来た。これを利用すれば、粘菌の活動範囲の限定が可能になり、実験の省スペース化が期待できる。

F.謝辞

粘菌研究班の先輩方、
生物科の空先生、
物理科の佐藤先生、

その他、私たちの研究を支えてくださった多くの方々、
本当にお世話になりました。

G.参考文献

[*][**] 「真正粘菌変形体の運動と形態形成の数理モデル」

中垣俊之 小林亮 手老篤史 数理解析研究所講究録 1356 巻 2004 年 128-131

[***] 「粘菌 その驚くべき知性」

中垣俊之 PHP 研究 2010 年出版