

LEDによる粘菌変形体の行動制御

亀山 周平 木田翔悟 横手 翔太

A: 研究目的

課題研究をするにあたり私たち三人は共通して生物が好きで生物に関する研究をしたいと考えていた。また、先輩たちも研究していたことから粘菌という生物を知った。粘菌はモデル生物として有名だが、まだまだ謎が多い生物である。粘菌は大きく分けて二種類に分かれている。ひとつは細胞性粘菌で多細胞の生物である。もうひとつは真正粘菌で単細胞の生物である。私たちは真正粘菌を用いて研究を行った。

粘菌について調べていくと光に反応する粘菌の動画をみた。それは光から離れたり遠ざかったりするもので、その動きはとてもユニークなものであり、私たちは走光性を用いた実験をしたいと考えた。走光性について調べていくと粘菌が光から遠ざかるのは“負の走光性”というものだと分かった。この負の走光性を用いてなにか有益なことができないかと考えたところ、負の走光性を使うことでカビの原因となるエサを用いずに粘菌を誘導することができるかもしれないと考えた。私たちは実験に用いる粘菌を培養するために私たちは寒天培地にエサ(この実験ではエサとしてモチキビを用いた。)を置いて飼育していた。粘菌は基本的にはエサがあるほうへ移動するがエサを用いると培地、さらにエサ自体にもかびが生えてしまい飼育環境の悪化につながる事が分かった。そこで論文にあまり言及されていなかった光の色によって粘菌の示す走光性の程度の違いを研究し、より効率的な行動制御につなげたいと思った。

B: 研究方法 C: 結果 D: 考察

以下の実験は恒温器(23℃)内で行い、培地はすべて2%寒天培地を用いた。

B① 予備実験方法

初めに、走光性を確認するために予備実験を行った。まず、直径8.5cmのプラスチックシャーレに培地を作った。次に、培地の中央に粘菌を置き、黒い紙で包む。さらに、粘菌の真上の紙に穴をあけてそこにストローを設置した。最後に、そのストローにLEDライト(赤・青・緑)を差し込んでエサに群がった粘菌に光を当てた。そして、2日後にもとの位置からどのくらい動いていたかを計測した。

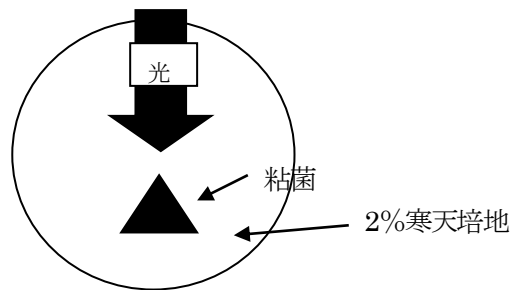


図1 予備実験方法

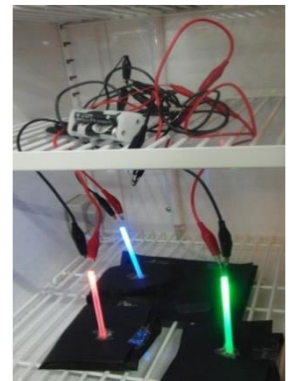


図2 予備実験の様子

C① 結果

赤の光を当てた粘菌は元の位置から約3.5cmはなれていた。青の光を当てた粘菌は元の位置から約3.9cmはなれていた。緑の光を当てた粘菌は元の位置から約4.6cmはなれていた。

表1: 予備実験の結果

	赤	青	緑
移動距離	3.5cm	3.9cm	4.6cm

*この結果は1回の記録を表したもの

D① 考察

緑、青、赤の順で粘菌は光から遠ざかり負の走光性が確認できた。すべての光において粘菌が遠ざかったのは、普段粘菌は枯葉や木の皮の裏など暗く湿った場所にいるので光を嫌ったと考えた。尚、この実験では一回しか実験ができなかったため、色による移動距離の差には信憑性がないと考えた。

B② 本実験 I

論文に粘菌の動きは栄養状態によって異なると述べられていたので、本実験では粘菌を栄養状態と光の色に焦点を置いて、移動距離がどのように異なるか実験した。

実験方法は初めに、直径15cmガラスシャーレに培地を作った。次に、培地の端に粘菌を置き、粘菌が逃げないように厚紙で上図のように仕切りを設けた。さらに、粘菌に対してまっすぐに光が当たるように粘菌の高さに合わせて穴をあけたゴム管を設置し、そのあいた穴にストローを差し込んだ。最後に、シャーレを黒い紙で包みストローにLEDライト(赤・青・緑)を差し込み粘菌に光を当てた。1日後、移動距離(最初に粘菌を置いた位置から1日後に移動した所までの直線距離)を計測した。

尚、この実験からLEDライトの照度を照度計で計測しストローの長さを変えることで予備実験時にできていなかった照度統一を行った。

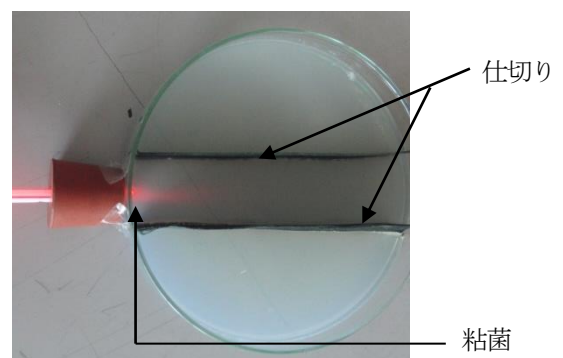


図3: 本実験 I の実験方法

※栄養状態について

私たちは粘菌を[塊]と[腕]という部位に区別し、この2つには栄養状態に差があると仮定して実験を行った。また、先行研究では腕と塊を分離せずに実験しているため、それぞれの光の感受性については考察されていない。

塊は粘菌が餌に群がって栄養を蓄えている部分だと考えた。餌に群がった粘菌は上の写真のように濃い黄色になる。

一方、腕は粘菌がエサを求めて塊からのばす部分だと考えた。エサを求めていることから、腕は塊に比べて栄養状態という点では劣っていると考えられる。

尚、以下の実験には塊はエサに群がって一日後のもので大きさが同程度のものを用いた。また、腕は同じ塊からのばしたものを1cm²にカットしたものを用いた。

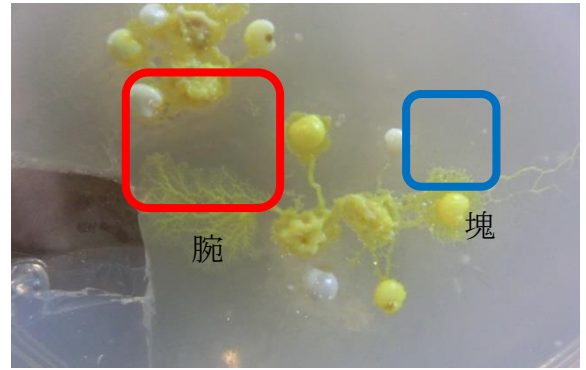


図4 粘菌の塊と腕



図5 本実験 I の様子

C② 結果

表2 本実験 I の結果

	青	赤	緑
腕	15.7 cm	10.4 cm	10.1 cm
塊	7.9 cm	7.2 cm	5.6 cm

*この表は4~5回の実験の平均値をとっている

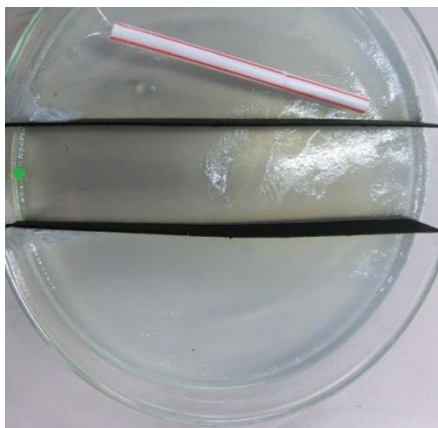


図6 本実験 I の実験前 (塊)

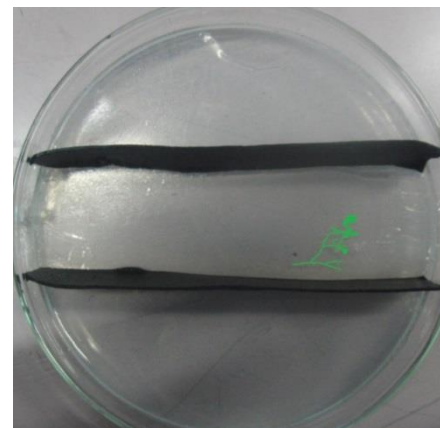


図7 本実験 I の実験後 (塊)

D② 考察

i) 栄養状態について

腕のほうが塊より移動距離が長くなった。

⇒腕はえさを探しているため長い距離を移動することができ、塊はえさを捕食している時間があるため腕に比べて移動距離が短かったと考えた。

ii) 光の色について

青、赤、緑の順で移動距離が長くなった。

⇒青、赤、緑の順で光を嫌ったからと考えた。

B③ 本実験Ⅱ

本実験Ⅰの考察 i を立証するために本実験Ⅱを行った。栄養状態の差における移動距離の違いがこの実験からわかる。

実験方法は初めに、直径 15cm ガラスシャーレに培地を作る。次に、培地の両端に粘菌とエサを置いた。さらに、粘菌が逃げないように厚紙で上図のように仕切りを設けた。最後に、シャーレを黒い紙で包み、光を当てずに、1 日後の移動距離を計測した。

C③ 結果

表 3 本実験Ⅱの結果

腕	塊
10.8 cm	2.3 cm

*この表は3回の実験の平均値をとっている。

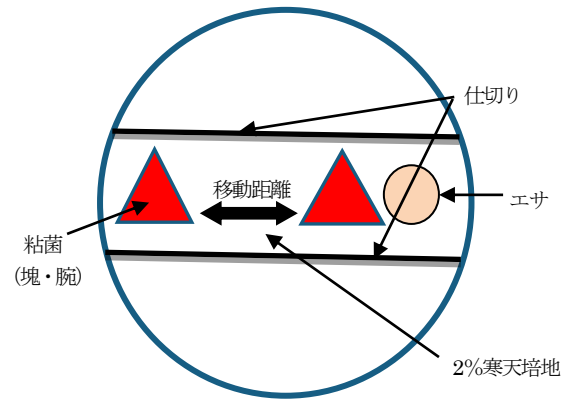


図 8 本実験Ⅱの実験方法



図 9 本実験Ⅱの実験前 (塊)

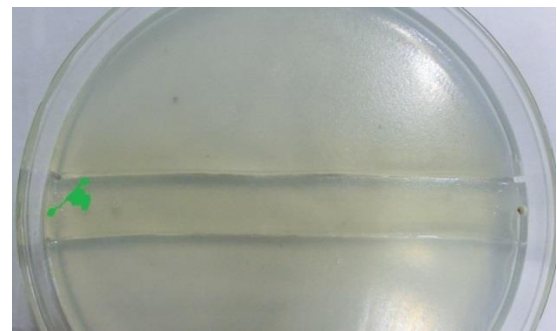


図 10 本実験Ⅱの実験後 (塊)

D③ 考察

腕のほうが塊よりも長い距離を移動した。

⇒本実験Ⅰで考察したように腕は常にエサを求めているため移動距離が大きかった。

一方、塊は実験開始時にエサを捕食しているため腕と比べて動き出すまでの時間が長いので移動距離が短くなると考えた。

B④ 本実験Ⅲ

本実験Ⅱで栄養状態の違いで移動距離に差があることが分かった。そこで、本実験Ⅱに続いて粘菌の栄養状態の違いが走光性にも影響するか調べるために本実験Ⅲを行った。

実験方法は初めに、直径 15cm ガラスシャーレに培地を作った。次に、培地の両端に粘菌とエサを置いた。さらに、粘菌が逃げないように厚紙で上図のように仕切りを設けた。最後に、ストローをゴム管で固定し、それに LED ライト (赤・青・緑) を差し込んで黒い紙で包み、エサ側から光を当てた。

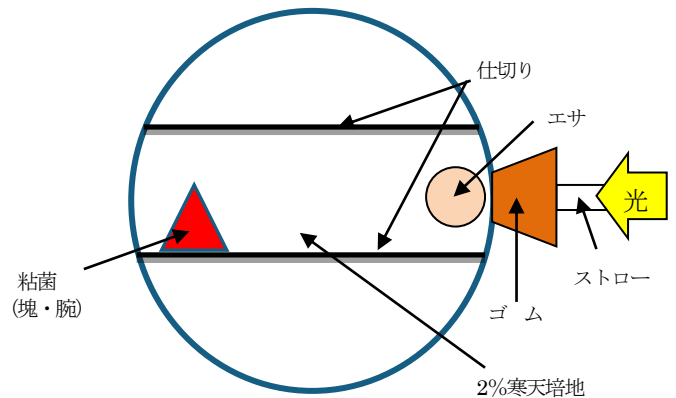


図 11 本実験Ⅲの実験方法

C④ 結果

表 4 本実験Ⅲの結果

	コントロール (エサ有、光無)	青	赤	緑
腕	9.5 cm	12.9 cm	9.3 cm	8.4 cm
塊	2.5 cm	0.9 cm	0.7 cm	0.6 cm

*この表は3回の実験の平均値をとっている。

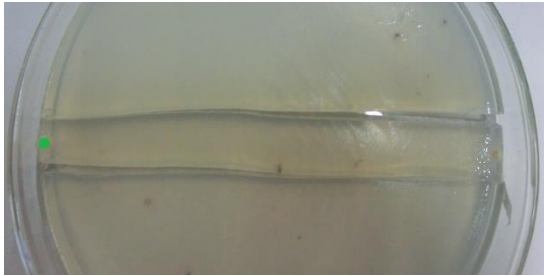


図12 本実験Ⅲの実験前(塊)

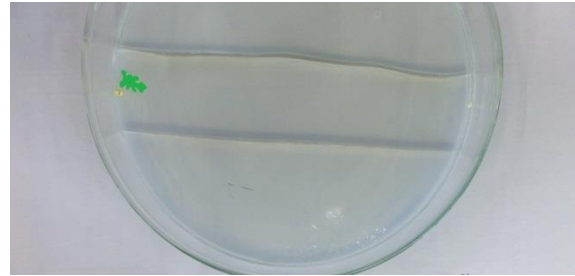


図13 本実験Ⅲの実験後(塊)

D④ 考察

本実験Ⅰから粘菌の光による移動距離は、腕、塊ともに青、赤、緑の順に大きいことが分かった。また、本実験Ⅲでも移動距離は、腕、塊ともに青、赤、緑の順に大きいことが分かった。しかし、同じ移動距離の違いでも実験結果から得られる粘菌の性質はそれぞれ異なる。本実験Ⅰでは移動距離が大きいほど粘菌が光から遠ざかり、示した負の走光性がより大きいことが分かる。本実験Ⅲでは移動距離が大きいほど、本来の性質である負の走光性よりも、栄養となるエサを求めることを優先したと考えた。

B⑤ 本実験Ⅳ

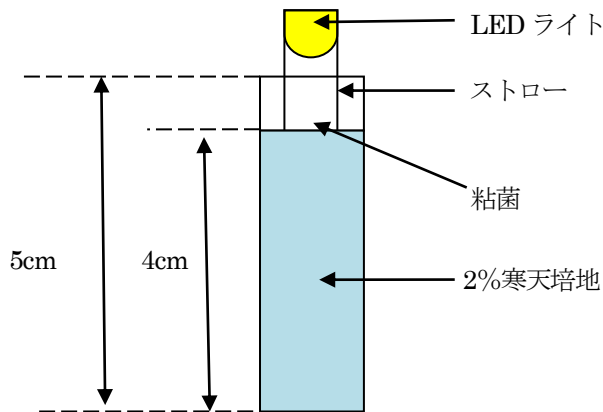


図14 本実験Ⅳの実験方法



図15 本実験の実験の様子

D②の ii を立証するために本実験Ⅳを行った。ここではライフサイクルの一環である子実体形成に着目した。子実体とは粘菌に光が過剰に当たり続けたときや、周りの環境が悪くなったときに胞子を飛ばすための形態である。子実体形成にかかるまでの時間が他の色と比べて短い色ほど粘菌が嫌う色でありすなわち負の走光性を示しやすい色であると考え実験を行った。

実験方法は直径 1cm、深さ 5cm の容器の 4cm まで培地を敷き、その上に粘菌を置いた。次に、容器のふたにストローを差し込んで固定できるくらいの穴をあけた。最後に、空いた穴にストローを入れ、それに LED ライトを差し込んで黒い紙に包んだ後、粘菌に光を当てた。そして、子実体形成にかかる時間を LED ライトの色ごとに調べた。

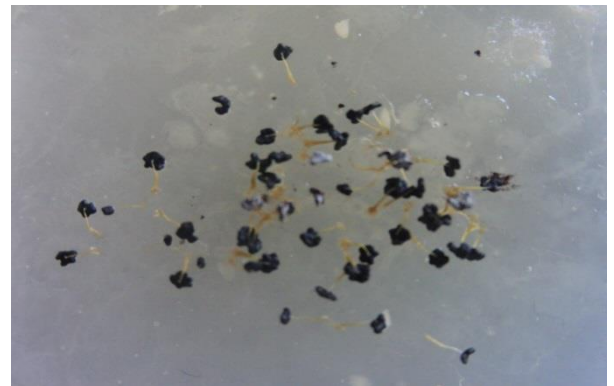


図16 子実体

C⑤ 結果

表5 本実験Ⅳの結果

色 部位	赤	青	緑	対照区
塊	二日後形成	二日後形成	未形成	二日後形成
腕	未形成	二日後形成	未形成	未形成

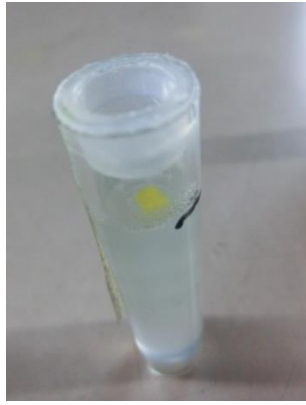


図17 本実験Ⅳの実験前(腕)



図18 本実験Ⅳの実験後

D⑤ 考察

この実験では対照区にも子実体形成が見られたため、光の色と子実体形成までにかかる時間に相関は無く、光の色による負の走光性の示しやすさの違いは証明できないことが分かった。

また、C②において粘菌が青色のLEDライトを当てた時に最も負の走光性を示したのは、より青色の光を受容して負の走光性を示しやすかったからなのではないかと考えた。そのことから、私たちは光の色による負の走光性の示しやすさの違いは粘菌自身が吸収している色に関係があるのではないかと考え、粘菌をすりつぶして水溶液にしたものを直視分光器CDKで観察したところ、粘菌は青や紫系統の色の光を吸収しており、それ以外の色の光は反射していることが分かった。

まとめると、粘菌の走光性が大きくなったのは青の光をあてたときだった。また、粘菌が吸収していた色も青系統の色であった。このことから粘菌が吸収する色の光をあてた時に粘菌が大きな走光性を示すと考えた。

E: 結論

粘菌にはエサに群がって栄養を蓄えている部分と、栄養状態が劣っており、エサを求めて移動する部分がある。私たちは前者を塊、後者を腕とした。

C②、③、④の腕と塊の移動距離を比べたとき、光を当てた時も当てていない時も腕は塊に比べて移動距離が大きいことがわかる。それは腕の部分の果たす目的が栄養となるエサへの到達であるためである。

また、C④腕より赤と緑の結果とコントロールの結果を比べたとき、移動距離はほとんど変わらなかった。よって、赤と緑の色の光のときは光の有無に関わらず、ほぼ同じ移動距離になる。C②腕とC④腕の結果より、青色の光を当てた時はほかの色の光を当てた時よりも移動距離が大きくなる。これは、青は粘菌が吸収している色でもあるため、青色の光の影響を受けて腕の移動が促進されたためだと考えた。C②腕は光から遠ざかったが、C④腕は光と同じ方向にエサを置いた場合、光に近づいた。これらの結果からは、腕は光を避けて移動したのか、ただエサを求めて直線距離を移動したのか判断できない。これを証明するためには、B②の実験のときとは逆方向から光を当てるという実験を行う必要がある。もし腕が光にC④腕のように近づけば、腕には負の走光性がないと考えられ、腕があまり移動しなかったら、腕は負の走光性があると考えられる。

C②、④より栄養状態が十分な塊は、光が当たった時は常に光を嫌がるような動きを示した。また、C④(コントロールを除く)より、塊は腕とは違って、元の位置からの移動距離はほぼゼロとなった。これは塊には栄養状態に余裕があり、粘菌本来の性質である負の走光性の影響を受けていることを示している。

以上をまとめる。粘菌には本能的な性質として負の走光性があるが、先行研究では腕と塊を分離せずに実験しているため、それぞれの光の感受性については考察されていない。

腕は赤と緑の光を当てた時、光の有無に関係なくほぼ同じ移動距離を移動する。青は粘菌が吸収している色でもあるため、青色の光の影響を受けて腕の移動が促進され、他の2色よりも移動距離が大きくなったと考えた。一方、塊は光を受容して負の走光性を示す。また、腕は粘菌の移動における中心的な役割を担っているため、腕と塊の移動距離を比較すると、腕のほうが移動距離ははるかに大きい。-

したがって、粘菌は塊の部位で光を受容して腕の部位で暗い所に移動し、またエサを求めるときは腕を使って探している。エサに到達した腕の部分はそこが塊となり、しばらくその塊を受容の中心として生活する。エサから摂取できる栄養が不足すると、また次のエサを求めて腕を伸ばしてエサを探す。途中粘菌の生活の妨げとなる光を塊で感知すると腕を使っていち早く暗い所へと移動する。

今回の研究成果より、粘菌が光を受容する部位である塊に光を当てれば、負の走光性を示し、塊から伸びる腕の部位もその影響を受ける。よって、粘菌の制御は移動させたい方向へ塊に向かって光を当てること、塊が負の走光性を示し、光が当たった方向とは逆の方向へと腕を伸ばすと考えられる。

F: 謝辞

今回の研究では指導教諭の空真理子先生にはたくさんのアドバイスや指導をいただきました。また広島大学生物生産学部中村美奈子様には粘菌の飼育方法についての助言をしてくださったり、菌核を提供していただいたりいろいろお世話になりました。この二名の方には厚く御礼申し上げます。

G: 参考文献

公立はこだて未来大学2011年度 システム情報科学実習グループ報告書