

# 粘菌はがん細胞を認識するのか

5年C組 松本 純子

指導教員 櫻井 昭

## 1. 要約

粘菌は、エサとなる物質に正の走性を、光などの忌避物質には負の走性を示すことが知られている。私は、粘菌のこの走性を病気の早期発見に利用できないかと考え、まずは粘菌ががん細胞に対して向かっていくのかどうかを植物の未分化細胞のカルスを利用し調べた。その結果、粘菌は、カルスを認識し好むと思われた。今後は、粘菌がカルスの何の成分に反応するのか、より詳しく分析し、どのような走性なのか調べたい。また、動物の未分化細胞だとどうなるのかと疑問に思い、ヒアラ細胞で再度実験を行うことも計画している。

キーワード 変形体、イタモジホコリ、がん細胞、クエン酸、カルス、化学走性

## 2. 研究背景

粘菌とは、アメーボゾア門コノーサ綱変形菌亜綱に属する単細胞生物で、真性粘菌と細胞性粘菌の2種類がある。一般的に暗くてじめじめしたところを好み、森や藪、花壇などに生息している。そして、環境に合わせて、孢子、細胞、変形体、子実体と様々な形態になる(図1)。

変形体時の粘菌は、自由自在にからだ(粘菌コロニー)を伸ばしたり、縮めたりできる。また好き嫌いがあり、オートミールなどの好物には近づき、光などの嫌いなものからは遠ざかる。これは、前者は正の走性、後者は負の走性を示しているのだと言われている。走性とはある特定の物質に寄っていったり(正の走性)、避けたりまたは遠ざかったり(負の走性)する性質のことである。オートミール(図3)とは、別名えん麦とも言い、シリアルなどに入っている穀物であり、粘菌のエサになる。

粘菌は、正の走性を示す物質には「最短ルートで向かっていく」という大きな特徴がある。

さらに、粘菌にはタマゴルリホコリやシロウツボホコリなどの様々な種類がある。本研究で使用したのは、真性粘菌イタモジホコリ(学名 *Physarum rigidum*)の変形体である(図2)。

今日行われているがん研究では、ヒアラ細胞というヒトのがん細胞が使用されている。しかし、この細胞は中等教育学校や高等学校で扱うことは困難である。そのため、本研究では、がん細胞と同じく分裂を続ける能力を持ったカルス(植物組織由来の未分化細胞塊)を使用し、粘菌の走性を示すかどうか調べることにした。

## 3. 研究内容

### 3.1 研究の目的

3年前から粘菌の研究を続けてきた私は、

粘菌を有効利用する方法に興味を持ち、粘菌をヒトの健康に役立つことに使えないかと思っていた。そして、文献検索をする中で、線虫が嗅覚を利用しヒトの尿からがんの有無を判別できるという研究を見つけ、粘菌も何らかの方法でがんを発見することができないだろうかと考えた。先述したように、粘菌は様々な物質に対して走性を示す。この粘菌の走性をがんの早期発見に利用できないかと思い、まずは粘菌はがん細胞に向かっていくのかを、イタモジホコリの変形体とオートミール、粘菌が嫌うとされる有機酸の一種であるクエン酸、カルスを使って調べることにした。

以下、「イタモジホコリの変形体」を「粘菌」と表記する。

### 3.2 仮説

粘菌は、オートミールには正の走性を示し、クエン酸には負の走性を示す。

また粘菌は、カルスを認識し、カルスに対し正の走性を示し、オートミールに近づくのと同様に近づいていく。

### 3.3 実験方法

① 寒天粉末 6.0g に蒸留水を  $\Sigma$  300mL 加えてガラス棒で混ぜ、オートクレーブで滅菌する

② ①で作った寒天培地をシャーレ 8 枚に分注する

③ 9 cm 径のろ紙に模様を描き(図 4)、寒天培地を入れた 9 cm 径プラスチックシャーレをその上に置く。すると半透明の寒天培地を通して模様を見ることができる。

④ ③でろ紙の上に置いた寒天培地上の、ろ紙の模様の線の部分にあたる場所に、粘菌を置き(実際にはオートミール 10 粒に付着しているものを置いた)、○の部分にあ

たるところに以下の対象物を置いた。

- i 対照実験として何も置かないもの
- ii オートミール 5 粒
- iii 穴あけパンチで小さい円状にくり抜いたろ紙に 0.2mol/L のクエン酸をしみこませたもの
- iv ニンジンの根から作成した小型の薬さじ 1 杯分ほどのカルス(図 5)

上記条件のものを、それぞれ 2 枚ずつ用意する。

⑤ シャーレを 1 つずつラップで包みテープで軽く留め、中のものが動いてしまわないように注意しながら、インキュベータ内で 20°C で培養する。約 48 時間後にインキュベータから取り出しラップを取って観察し、写真を撮る。

⑥ 写真からそれぞれのシャーレ内の、始めに粘菌を置いたところと、対象物とを結ぶ最も太い粘菌の管の長さを定規で測る。

⑦ ⑥で測定した長さを、⑥と同様に写真から測った最短距離(図 4 における矢印の部分)で割った値を求め、粘菌の対象物に向かっている最も太い管がとっている経路の、対象物までの最短経路からのずれの程度を調べる(この値を以下「最短経路からのずれ」とする)。最短経路からのずれが 1 に近いほど、最短経路からのずれが小さいことになる。

### 3.4 実験結果

#### 3.4.0 図・表について

粘菌の様子は図 6(培養前)、7(約 48 時間培養後)のようになった。図 8~15 における赤い線は、それぞれのシャーレ内の最も太い管を形成している粘菌を表している。

表 1 には、実験を行った 8 枚のシャーレ

それぞれにおける粘菌が形成した最も太い管と、最短経路の写真における長さ、最短経路からのずれと、同じ対象物シャーレの最短経路からのずれの平均を表記している。

#### 3.4.1 対照実験

結果は図 8、9 のようになった。粘菌は目的を持たずにシャーレ全体に四方八方に広がった。エサを探し求めているのではないかと思われる。最短経路からのずれは 2 枚のシャーレでそれぞれ 4.05、2.15 となり、この平均をとると 3.1 となった。

#### 3.4.2 オートミール

結果は図 10、11 のようになった。対照実験と比べオートミールという目的地に向かって一直線に移動し、それほど四方八方に広がっていない。多くの粘菌がオートミール上に集まった。最短経路からのずれは 2 枚のシャーレでそれぞれ 1.56、0.93 となり、この平均をとると 1.245 となった。

#### 3.4.3 クエン酸をしみこませたろ紙

結果は図 12、13 のようになった。粘菌がシャーレ全体に四方八方に広がり、オートミールと比較して考えるとクエン酸に近寄っているとは言いがたい。クエン酸においては、2 枚中 1 枚のシャーレの粘菌では、最も太い管がクエン酸に向かっていないため、もう 1 枚のみ最短経路からのずれを計算すると 3.5 となった。

#### 3.4.4 カルス

結果は図 14、15 のようになった。粘菌は、オートミールを対象物として置いたときのようにカルスに向かっている。また、カルスに到達した粘菌は、カルス上に留まっていなかった。最短経路からのずれは、2 枚のシャーレでそれぞれ 1.31、1 となり、この平均をとると 1.155 となった。

### 3.5 実験考察

粘菌の対象物としてカルスを置くと、粘菌が特に目的を持たず移動する対照実験や、粘菌が忌避するクエン酸を対象物として置いたときとは異なり、粘菌が好むオートミールを対象物として置いたときと似た動きを粘菌が見せた。また最短経路からのずれも、オートミールを置いたときと、カルスを置いたときでは値の平均が近かった。よって、粘菌はオートミールと同様にカルスを認識し、正の走性を示すのではないかと思われる。

## 4. 考察

「3.5 実験考察」で述べたように、実験から、粘菌はカルスを認識し、カルスに対し正の走性を示していると思われる。走性には種類があるが、予想として、粘菌は、カルスに化学走性を示しているのではないかと考えている。しかし、化学走性とはある特定の物質に対する反応をさすが、粘菌がカルスのどの成分に反応しているかはわからないので、粘菌のカルスに対する反応が、化学走性であるとは現在のところ判断できない。

また、実験の正確性について考察すると、まず、実験では 1 種類の対象物に対して、2 枚のシャーレしか使用できなかった。飼育していた粘菌の量の関係上あまり多くのシャーレで実験できなかったのが反省点の 1 つである。もっと多くのシャーレを使って実験し、より多くのデータを集めて考察すべきだったと考えており、そのためにはまず粘菌をもっと多く殖やすことが必要である。

さらに、粘菌が通ったルート of 長さを計

測する際に、様々な要因から不正確な計測を行ってしまっている。そのため、最短経路からのずれの計算値が不正確になっている。今回の実験では、シャーレ内の粘菌が実際に移動している映像や、連続写真等を撮ることはできておらず、実際に粘菌がどのようなルートを通ったのかは不明である。実験において計測した長さは、粘菌の管の長さであり、粘菌が実際に通ったルートの長さとは異なる可能性が高い。また計測する粘菌の管を選ぶ際には、管の太さを、写真を見て目視のみで判断し、管を1本だけ選び出している。これにより同じような太さの管があっても、計測には使用しないため無視しまっている等の状況が発生する。さらに選んだ管の長さを測る際には、キルビメーター等、曲線の長さを測ることができるものを用意することができず、シャーレの写真を見て、粘菌の通ったルートを直線の集合体ととらえて、直定規で粘菌の通ったルートを、構成する複数の直線の長さを測ってそれらを足し合わせた。そのため、曲線の長さを測る道具を使用するよりも誤差が生じやすくなっていたと推測できる。主にこの3つのことが原因で、最短経路からのずれの値がかなり不正確なものになっているので、これを改善しなくてはならない。

## 5. 今後の課題と展望

### 5.1 今後の課題

実験の正確性を上げて再びデータを集めるために、再度今回と同様の実験を以下の改善点を加えて行うことが必要である。

① 粘菌を多く殖やして、より多くのシャーレを使う。

② シャーレに粘菌と対象物を入れた後、培養する際にビデオカメラを設置するなどして、動画などで粘菌がどんなルートをとったのか後でわかるようにする。

③ 粘菌の最も太い管を選び出す際には、目視ではなくきちんと管の太さを計測して選び出す。そして、管の長さはキルビメーターなど曲線の長さを計測できるもので測り、最短経路からのずれを計算する。

④ シャーレ内の粘菌の全ての管において最短経路からのずれを計算する。

### 5.2 今後の展望

まず、前述したように今回行った実験に改善点を加え行いたい。

また、粘菌がカルスに対して示したのは、本当に化学走性なのかを調べるために、粘菌がカルスのどの成分に反応したのか調べたい。

さらに、今回用いたのはニンジンの根から作成したカルスだが、他の植物から作成した未分化細胞や、動物の未分化細胞であるヒラ細胞にも粘菌は正の化学走性を示すのか確かめたい。

## 6. 参考文献

[1]「粘菌変形体の化学走性を利用した高校生物実験の開発」高橋和成

[2]「粘菌はいかにして餌を見つけるか」内田瀬奈

## 7. 謝辞

この研究を進めるにあたり、顧問の櫻井先生、天野桃花さん、大城彩奈さん、西口慧多郎さんを始め様々な方にご協力やアドバイスを頂きました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

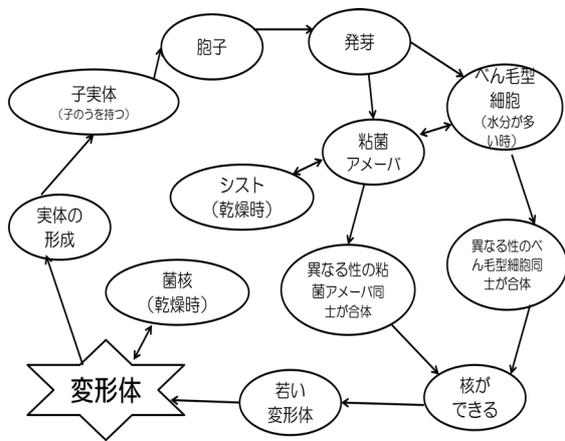


図1 粘菌の一生

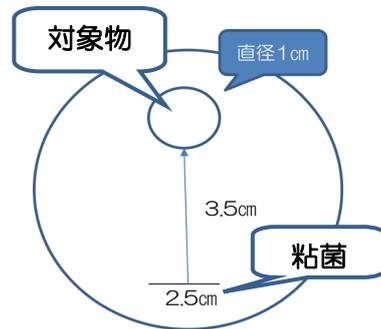


図4 ろ紙に描いた模様  
(長さ・矢印・吹き出し以外の部分を表記)



図2 イタモジホコリの変形体



図5 実験に使用したカルス



図3 オートミール

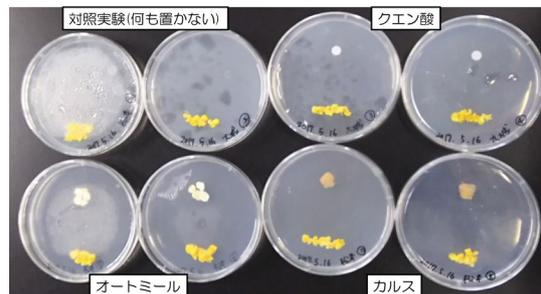


図6 実験における培養前のシャーレ

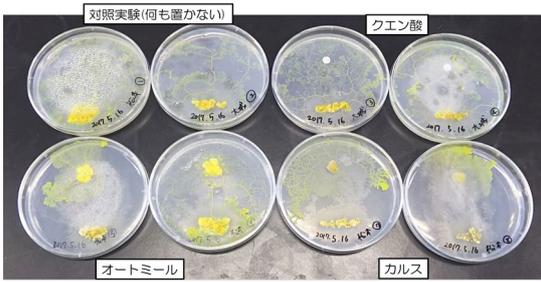


図7 実験において培養した後のシャーレ

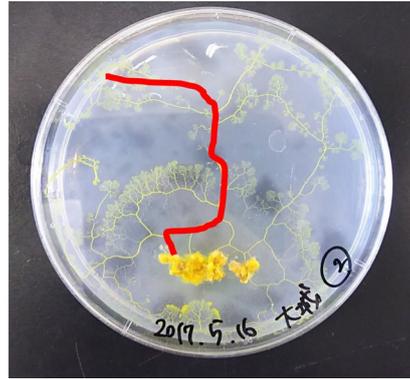


図9 対照実験②

	管の長さ	最短経路	ずれ	ずれの平均
対照①	8.1	2	4.05	3.1
対照②	4.3	2	2.15	
オ①	2.50	1.6	1.56	1.245
オ②	1.4	1.5	0.93	
ク①	×	2	×	3.5
ク②	6.30	1.8	3.5	
カ①	2.5	1.9	1.31	1.155
カ②	2	2	1	

表1 実験結果(単位: cm)

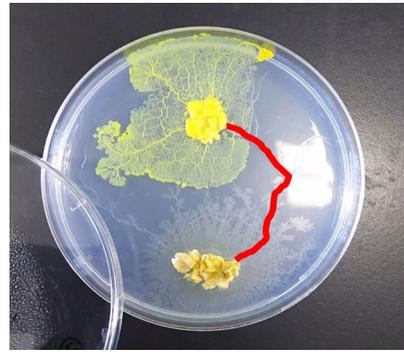


図10 オートミール①

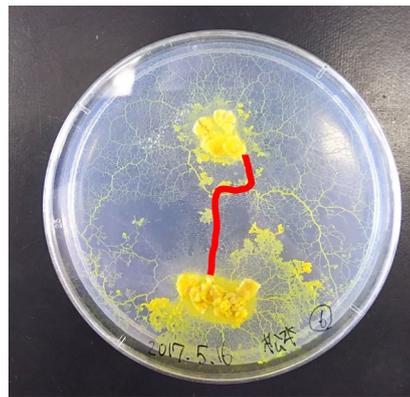


図11 オートミール②

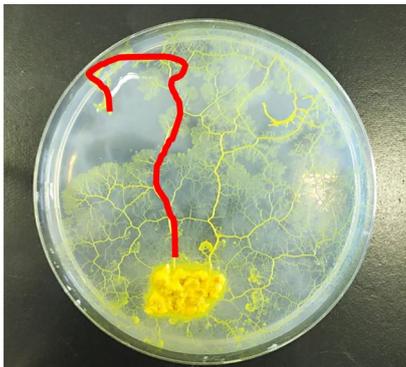


図8 対照実験①

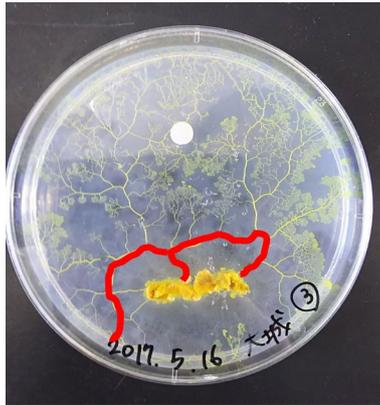


図 12 クエン酸①

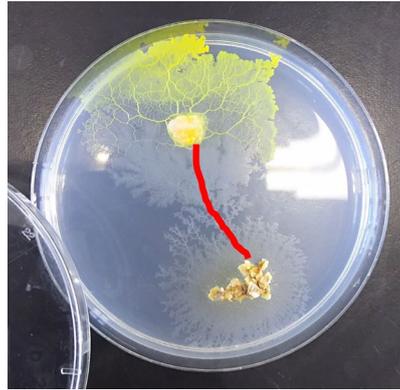


図 15 カルス②

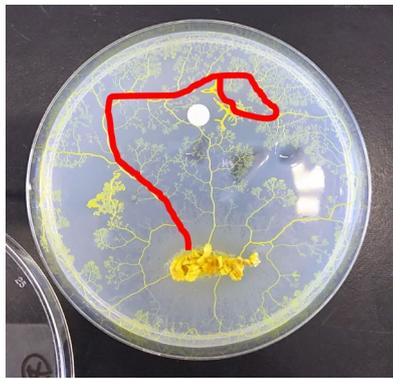


図 13 クエン酸②

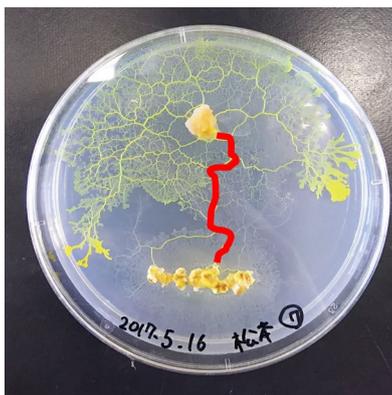


図 14 カルス①