

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

Future University Hakodate 2011 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

科学教材開発 - 粘菌 -

Project Name

Development of science teaching materials -Myxomycete-

グループ名

グループ A

Group Name

Group A

プロジェクト番号/Project No.

22-A

プロジェクトリーダー/Project Leader

1009176 庭山和真 Kazuma Niwayama

グループリーダー/Group Leader

1009176 庭山和真 Kazuma Niwayama

グループメンバ/Group Member

1007110 川真田亘 Wataru Kawamata

1009035 富本朗文 Akifumi Tomimoto

1009109 川本和哉 Kazuya Kawamoto

1009122 渡邊悟史 Satoshi Watanabe

1009129 加藤貴宏 Takahiro Kato

1009168 大水碧 Aoi Omizu

1009187 岡野楓 Kaede Okano

1009220 波多野單 Hitoe Hatano

指導教員

中垣俊之 櫻沢繁

Advisor

Toshiyuki Nakagaki Shigeru Sakurazawa

提出日

2012 年 1 月 18 日

Date of Submission

January 18, 2012

概要

本プロジェクトでは、高校生以上を対象とした粘菌を用いた実験キットを製作する。このキットを通して実際に「本物」に触れることで、粘菌、そして理科に興味を持ってもらいたい。

粘菌は、「おかしい生き物」である。「変形体」と呼ばれる状態で移動しつつ微生物などを摂食するという動物的な性質をもつ。一方で、「子実体」という状態となり、胞子を作り繁殖するという菌類的な性質をも併せ持っている。

初めに、私たち自身が粘菌の面白さを知り、粘菌の実験キットを開発するために必要な知識を得ることを目的とし、粘菌の調査・学習を行ってきた。本やインターネットから知識を得るだけでなく、実際に粘菌の飼育・実験も行ってきた。

次に、キットを使う際に必要な粘菌の知識を手引き書としてまとめ、キットに付属する。作成にあたっては、高校生にもわかりやすく、粘菌に興味を持てる手引き書を目指した。

次に、粘菌に関する知識や体験をさらに深めるために、中垣教授の講義を受け、実際に実験・採集を行った。実験として、細胞リズム、複室法、好き嫌い、迷路、鉄道網の5つを行った。

次に、採集キット・細胞リズムキット・迷路キットの3グループに分かれ、グループごとにキットを作製する。現在、各グループでキットの案を考えた。

最後に、キット案をより明確にし、実際にキットを作成した。採集キットでは、3つのキットの中で最も自然に触れることのできるキットを目指し、実際に、公園や森へ行くことを通して粘菌だけでなく様々な自然に触れてもらうことの出来るようにした。流動キットでは、基礎的な実験をとおして科学教材としての粘菌のことをより深く知ってもらうためのきっかけとなるような作りを目指した。迷路キットでは、2008年に迷路実験で認知科学賞を受賞した迷路実験を実際に体験してもらいたく、キットのテーマとして選定した。また、ユーザーの発想力を発展させるような作りを目指した。

そして、高校で実際に使用してもらい、フィードバックをもらった。そのフィードバックをもとにキットを改善した。

キーワード 粘菌, 実験キット, 高校生

(文責: 富本朗文)

Abstract

We will make a science experiment kit for observation of myxomycete that is suitable for high school students in our project. The aim is to assist students to meet the “real” life of organism and to be interested in science and the myxomycete.

The myxomycete is “an interesting organism” that characteristic features of animal and fungus. A giant amoeba called plasmodium in its life cycle is able to move around like an animal and eat the microorganism. When the environmental conditions are cool and dry, the plasmodium metamorphoses into spores to breed as fungus typically does so.

First, we began with the studies of basic biology and research history of myxomycete in order that we ourselves are to be interested in it. We have read many books and collected knowledge from Internet. Moreover, to be familiar to the real myxomycete, we have practiced cultivating the myxomycete and doing many experiments as well.

Next, we sort out all of our knowledge of myxomycete and put them into a handbook to be attached to the kit. We aim to write an interesting handbook that is easy for high school students to understand.

Next, to reinforce our knowledge and experience on the myxomycete, we got the lectures on the myxomycete delivered by professor Nakagaki, and actually made five kinds of experiments in the laboratory and went out to the nature fields to collect a wild myxomycete.

The subjects of five experiments are “cellular rhythm”, “double-chamber method”, “like and dislike test”, “maze test”, and “network of railroad”.

Next, we formed three kit-groups (1) for collecting the myxomycete in a field, (2) for observing the cellular rhythm (3) for maze-solving. Each group will make one of them. Currently, we design an appropriate content of kit.

Finally, each group will figure out the contents of kit and make the kit.

(1) for collecting the myxomycete in a field aimed at the kit which can get close to Nature most in three kits. It enabled it to have not only slime mold but various nature actually got close to through going to a park or woods.

(2) for observing the plasma streaming aimed at structure which serves as a cause for pushing in a fundamental experiment and letting you the myxomycete as science teaching materials know more deeply.

By (3) for maze-solving, the maze experiment which won the cognitive science prize in 2008 should actually be experienced, and we selected as a theme of a kit. Moreover, the maze kit aimed at structure into which a user’s imagination is developed.

We ask some high schools to use the kit as a monitor. We will try to improve them in response to the reaction from the monitors then.

Keyword the myxomycete, science experiment kit, high school students

(文責: 川本和哉)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	前年度の成果	1
1.2	現状における問題点	1
1.3	課題の概要	2
第 2 章	到達目標	3
2.1	本プロジェクトにおける目的	3
2.2	通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点	3
2.3	具体的な手順・課題設定	3
2.4	課題の割り当て	4
第 3 章	手引書	6
3.1	粘菌とは	6
3.2	種類・居場所	9
3.3	ライフサイクル	11
3.4	構造	13
3.5	認知機能	15
3.6	先行研究	18
3.7	粘菌の人	24
3.8	粘菌とエンターテイメント	26
3.9	関連書籍	28
第 4 章	キット	31
4.1	飼育キット	31
4.1.1	背景	31
4.1.2	概要	31
4.1.3	活動内容	31
4.1.4	内容物	32
4.2	採集キット	40
4.2.1	背景	40
4.2.2	概要	40
4.2.3	活動内容	40
4.2.4	内容物	41
4.3	流動実験キット	62
4.3.1	背景	62
4.3.2	概要	62
4.3.3	活動内容	62
4.3.4	内容物	64

4.4	迷路実験キット	72
4.4.1	背景	72
4.4.2	概要	73
4.4.3	活動内容	73
4.4.4	内容物	75
第5章	モニターとフィードバック	84
第6章	発表会	87
6.1	中間発表	87
6.1.1	発表方法	87
6.1.2	ポスター	87
6.1.3	スライド	87
6.1.4	フィードバック	88
6.2	最終発表	88
6.2.1	発表方法	88
6.2.2	ポスター	89
6.2.3	スライド	94
6.2.4	フィードバック	95
第7章	結果	97
7.1	プロジェクトの結果と成果の評価	97
7.1.1	担当分担課題の評価	98
第8章	今後の課題と展望	102
	参考文献	103

第 1 章 背景

”粘菌”という生き物は面白いがあまり知られておらず、我々の身近に存在していることを認知されていない。また、ゲーム機器やパソコンなどの技術の発達により、外で遊び自然に触れるということが昔に比べ減ってきている。さらに、既存の飼育キットは不親切な説明書であり、粘菌を初めて知る者には扱いにくいものである。粘菌についての書籍はあるが、分かりやすく読みやすいものとは言えない。さらに、粘菌を使った実験キットという物は世の中に出回っていない。

イグノーベル賞受賞で、粘菌が迷路を解き最短経路を導き出すという研究が話題となり、粘菌という存在がメディアに取り上げられた。そして、粘菌という存在や粘菌の面白さが認知されつつある。

(文責: 渡邊悟史)

1.1 前年度の成果

本プロジェクトは今年度に立ち上がったものである。そのため、前年度の活動がない。従って、前年度の成果を書く事は不可能である。しかし、背景でも述べたように既存の飼育キットや書籍は分かりにくいものと言える。また、実験キットというものは世の中に出回っていない。詳しくは到達目標の章で述べるが、本プロジェクトは粘菌の面白さを伝え、分かりやすく扱いやすいものを作成する。

(文責: 渡邊悟史)

1.2 現状における問題点

既存の飼育キットは、値段が非常に高い。そして、金額の割に説明書は大雑把でわかりづらく、説明の量・質ともに良い物とは言えない。つまり、初めて粘菌を飼育する方々には非常に扱いにくい物となっており、利用者のことを考えたキットとなっていない。

既存の書籍は粘菌について詳しく書かれているが、難しい内容も含まれており、初めて粘菌を知る物にはわかりづらく読みにくい物となっている。そのため、粘菌の生態や種類、粘菌を使った実験など、粘菌の面白さを伝えることができていない。従って、粘菌の面白さを知り、粘菌に対して興味を持つ書籍は世の中には出回っていないと言える。

粘菌を使った実験や研究をしている方々はあるが、それを実際に体験できるという実験キットは世の中に出回っていない。また、仮に実験キットというものが発売されても飼育キット同様、質の悪い説明書となると考えられる。

(文責: 渡邊悟史)

1.3 課題の概要

粘菌の基礎的な知識を身につけることが第一の課題である。次に、身につけた知識をもとに、粘菌の基礎をまとめた手引書の作成、粘菌の面白さを感じることができ、使用した人が自由な発想で楽しむことのできる実験キットの作成が課題である。実験キットの対象は高校生とし、理科室での実験を想定したキットを作成する。

(文責: 大水碧)

第 2 章 到達目標

2.1 本プロジェクトにおける目的

粘菌に触れることで粘菌の面白さや不思議さなどの魅力を感じてもらいたい、粘菌を入り口として科学の面白さを伝えたい、リアル（本物）よりもバーチャル（架空）のほうが触れる機会が増えてきている昨今であるが故に本物に触れる機会を増やしたい、存在する粘菌の実験キットは説明が不十分なものが多いため親切な実験キットの制作、これら 4 つが本プロジェクトにおける目的である。

（文責: 庭山和真）

2.2 通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点

粘菌の実験や採集などは、講義一コマ（90 分）で終わらないものが多い。粘菌を繁殖するのも、1 日以上時間をとったほうが効果的である。そのため、通常の授業に比べ時間に融通が利くプロジェクト学習で行うことが最適だと考えられる。

加えて、多人数で行うため、今まで学習したことの無い知識や技術が必要となっても分担をして知識を深め、技術を磨くことができるために効率が良い。また、様々な意見が出るので、個人では思いつかなかったようなアイデアを得ることができる。

そして、私たちが社会人となりグループワークをする際にも役に立つと考えられる。グループディスカッションを通して、発言する力や問題を把握する力などを学ぶことができる。成果発表会を通して、プレゼンテーションスキルを体得することができるだろう。

（文責: 庭山和真）

2.3 具体的な手順・課題設定

粘菌の知識を身につけた上で粘菌の面白さを伝えることのできる教材を作成できるよう、以下のような手順を設定した。

1. 粘菌についての勉強

粘菌とはどんな生き物なのか、飼育方法など粘菌についての前提知識を得る。

2. 飼育

課題：実際に粘菌の飼育を経験することで、粘菌への理解を深める。

3. 知識の共有

課題：各々が得た知識を発表形式で共有する。

4. 手引書の項目設定・分担

課題：共有した知識から手引書の項目を設定し、項目ごとに担当者を決める。

5. 手引書プロジェクト内プレゼン

課題：各々担当した項目についてプレゼンし、互いに評価する。

6. 手引書グループ編成

課題：手引書に統一性を持たせるため、3グループに分けてレイアウト・文章の細かいチェックを行う。

7. 実験講義

課題：担当教員による実験講義を通して、実験の手順・注意点を学ぶ。

8. 実験

課題：実際に実験を行うことで、知識を深め、実験キットとして作成できるかを考える。

9. 採集

課題：実際に森へ行って粘菌を探し、専門家でなくとも採集可能か体験する。

10. 実験キットの形態決め

課題：これまでの活動で学んだことを踏まえて、実験キットの具体的な内容を考案する。

11. 中間発表に向けて

課題：発表資料の作成、手引書の最終チェック、報告書の作成をする。

12. 粘菌講習会（江別）

課題：実験・採集を行い粘菌への理解を深める。手引書の評価をもらう。

13. スクレロチウム作成

課題：実験キットに必要なスクレロチウムを作成する。

14. 各グループで実験キット作成

課題：内容物の選定・作成を行う。

15. 実験キットのプロジェクト内チェック

課題：各グループ作成した実験キットについて、問題点はないかチェックを行う。

16. モニター依頼

課題：実際に高校教師・高校生・専門家に使用して頂き、フィードバックをもらう。

17. フィードバックに基づく修正

課題：モニターからのフィードバックに基づき、手引書・実験キットの修正を行う。

18. 最終発表に向けて

課題：発表資料の作成、手引書の最終チェック、当日必要な用具の確認、報告書の作成をする。

（文責：大水碧）

2.4 課題の割り当て

前期では、2回のグループ編成を行い各グループで課題に取り組んだ。前半は手引書制作グループ、後半は実験キット制作グループで活動をした。

まず、手引書制作においては、項目「粘菌とは」「飼育」を担当したAグループ、項目「知性」「すみか」「ライフサイクル」を担当したBグループ、項目「先行研究」「関連書籍」「粘菌の人」「粘菌とエンターテイメント」を担当したCグループという3グループ編成をした。各グループ内で推敲を行い、その後全体で推敲を行った。

実験キット制作においては、粘菌の採集を題材にキット制作を行う採集班、粘菌の体内に生じる原形質流動を観察する流動観察実験とImageJを用いた実験を題材にキット制作を行う流動実験

班、エサとエサの間を最短経路を結んで効率良く捕食を行うという粘菌の特性を利用した迷路実験を題材にキット制作を行う迷路班、という3グループ編成をした。

以上、各6グループの具体的な編成を以下に記す。

- Aグループ

川真田亘

富本朗文

渡邊悟史

- Bグループ

加藤貴宏

大水碧

岡野楓

- Cグループ

川本和哉

庭山和真

波多野單

- 採集班

川真田亘

渡邊悟史

波多野單

- 流動班

富本朗文

川本和哉

加藤貴宏

- 迷路班

岡野楓

大水碧

庭山和真

(文責: 庭山和真)

第3章 手引書

3.1 粘菌とは

「粘菌とは」では、本プロジェクトで扱う粘菌という生物についての基本的な知識を、使用者が興味を持って得られるような構成を目指した。また少し掘り下げた内容として、生物としての分類や五界説について触れている。ここでその内容を改めて紹介する。

この生物は、分類群の名称としては変形菌（真性粘菌）とも呼ばれ、おもちゃのスライムのような黄色、白色、青色などの「ネバネバした液体」の姿で、時には網のように広がっている。この状態を「変形体」と言う。また、キノコやカビ、虫の卵とは違う「小さくて不思議な形」をしていることもあり、これを「子実体」と言う。まったく姿形は異なるが、種類が違うという訳ではなく大まかに言えばそういった姿形を繰り返して繁殖しているのである。

粘菌は探し方にちょっとしたコツが必要なため、身近な存在には感じないかもしれない。しかし、分布の面から見ればごくありふれた生き物なのである。世界中に広く分布し、900種以上が確認されている。変形体と子実体の色や形も様々で、特に子実体は見る人から見れば千差万別の美しさを誇っている。変形体の色にまつわるエピソードも諸説あり、中国の伝承に無実の罪で死んだものの血は青くなり、年月を経ても、その殺された地上に現れるというものがある。これは青い色の変形体の仕業ではないかと考えられている。

変形体は、細胞壁のないたった1つの細胞である。成長とともに核は何回も分裂して増えるが、細胞分裂は1度も行わない。その結果、手のひらほどの変形体が何億という核を持った超巨大な1つの細胞ということになる。変形体とはまさに、巨大なアメーバなのである。また、光を嫌い、湿ったところを好む。そんな変形体の特性にまつわるこんな事件がある。1973年、北米中部から東部にかけて例年になく雨が多い年のことだった。アメリカ合衆国のテキサス州などの各地で黄色くネバネバした奇妙な物体が確認された。その物体は、そぎ取ったり踏みつけたりしても、数日もすれば同じ場所からまた現れる。しかも、どうやら動いてるらしいと分かったため、人々の間では生物兵器や宇宙人ではないかとの噂も流れた。お騒がせなこの物体の正体は、ススホコリという粘菌の変形体が大量発生したことによるものだったというわけである。

変形体は、成熟すると今までとは正反対の行動をとるようになる。より明るく、乾いた所へ向かって行き、そこでキノコやカビのような胞子のう（胞子の袋）を作る。これが子実体であり、胞子をばらまいて仲間を増やす。また、子実体は植物的性質を持ち、変形体は動物の性質を持っている。このように、粘菌は動物の性質を持つ変形体の時期と、植物的性質を持つ子実体の時期を両方もっている「不思議な生き物」なのである。

粘菌の変形体は、単細胞生物であり脳も神経も持たない。しかし、その賢さは計り知れなく、粘菌は人間でも難しい迷路を最短経路で解いてしまう。人間のような感覚器官を持たないにも関わらず、「匂い」や「接触」、「光」に反応することも出来る。粘菌のこういった特性が、交通網設計に応用されたり、粘菌コンピュータの研究や生き物の情報処理の仕組みを知るために役立っている。また、粘菌の変形体は裸の細胞質のかたまりであるため、細胞や原形質流動の研究の材料として使われている。また、粘菌は微生物などを取って食べる「動物の」性質を持ちながら、胞子により繁殖するといった「植物的」（あるいは菌類的）性質を併せ持っている。そして粘菌は「原生物界」という集まりに属する動物でも植物でもない生き物である。

・分類体系

ホモ・サピエンス (Homo sapiens) という言葉に聞き覚えはないだろうか。属と種の名称を組み合わせてラテン語で表すことを二名法といい、この二名法で表したものを学名という。ホモ・サピエンス (Homo sapiens) とはつまり、ヒトの学名のことである。分類体系とは簡潔に述べると、生物学的に近い関係のものを集めて階層的に表現したものである。最上層は「界」であり、「界」の中に「門」、「門」の中に「綱」、「綱」の中に「目」、「目」の中に「科」、「科」の中に「属」、「属」の中に「種」、といった構造になっている。スウェーデンの生物学者カール・フォン・リンネが発案した二名法を基に、種・属の上位分類層を確立していき、今日のカテゴリ体系が出来上がった。

・五界説

五界説は、生物のカテゴリ体系のひとつで、生物全体を五つの界に分けるものである。特にロバート・ホイッタッカーのものが有名で、非常に大きな影響を与え、現在でも標準として扱われることもある。五界説の「界」とは、生物カテゴリの階層構造の最上位「界」のことである。五界説とは文字通り「界」を5つに設定することで、それぞれ「動物界」、「植物界」、「菌界」、「原生生物界」、「モネラ界」の五界にカテゴリされている。

生物のカテゴリにおいて、動物と植物とを分けるのはごく自然なものと考えられ、むしろ最初からこの二つを別の範疇として扱うことが多かった。つまり前提として、植物と動物の区別があり、その中でのカテゴリが進められた。やがてそれらをまとめて生物であるとの解釈が成立したことから、それらをカテゴリ体系における最高の階級としての界にまとめることが行われるようになった。

それぞれの界はカテゴリ学の進歩によって次第にそれぞれの内容が広がった。植物においては種子植物以外をすべて隠花植物に、動物では脊椎動物以外をすべて無脊椎動物にしてあったものが、それぞれ多くの門に分けられていったのは、並行的である。しかし、大型の生物に関しては、二界説が揺らぐことは少なかった。藻類やキノコが植物にまとめられることには抵抗が少なかった。

問題が明らかになったのは、いわゆる微生物、単細胞生物に関する知見が集まり始めたころからである。例えばミドリムシが有名であるが、葉緑体を持ち、光合成を行う植物的なものでありながら、同時に運動性がある動物的なものは多くの例があり、中には有機物を取り入れるものまであり、それらは動物とも植物ともつかない。このようなものは時には動物、時には植物と扱われ、言わば二重国籍を持っているように扱われたこともある。また、細菌や藍藻類のような原核細胞の位置付けも問題となる。

このような問題を解決するために界の枠組みを変えることが考えられた。その最も古いものは界としてではないが、そのような下等なものをまとめてプロトクチスタと呼ぶことを提唱された。また、それらをプロクチスタ界として区別することも提案された。

但し、この下等生物の界に含まれる生物の範囲に関しては、さまざまな違いがあった。最も狭く取った場合、そこには単細胞生物のみが含まれ、広く取った場合、多細胞であっても組織化の程度が低いものをも含めた。

原核生物に関しては、当初はそれが重要な問題とは認識されず、プロクチスタ界に含まれている。しかし、細胞内の構造、特に微細構造が明らかになるにつれてそれが極めて大きな差であると見なされるようになり、これを分けることが検討されるようになった。

もう一つの問題が菌類である。原生生物や原核生物を区別するとすれば、動物と植物の二元論にこだわる必要はない。また、菌類が藻類に起源を持つとの説もあったが、次第に認められなくなった。そのため、菌類を独立の生物群と見なす例が出てきた。あるいは、組織の形成が菌類では見ら

れないことから、これをプロチスタ界に入れる例も出た。

たとえば 1938 年以降何度か界の枠組みを発表されたが、そこでは原核生物、プロトクチスタ、植物、動物の四界説が唱えられた。これに対してもさまざまな議論があり、ホイタッカーは上記のような流れを概括し、界の分類が混乱し、見直しが必要な状況であることを認めた。その上で、彼は栄養摂取の方法が生物の進化の方向を把握する上で重要であると述べた。栄養摂取は生物の生存にとって最も基本的な特徴であり、それ以外の形質はそれに合わせて変化するであろうからである。

ホイタッカーは動物と植物の特徴は、前者が摂食消化、後者が光合成による栄養摂取を行うとし、ホイタッカーはこの二つに加えて、菌類に見られる表面での吸収を第三の方向であると認めた。それらの進化は以下のような方向性を持つ。

・光合成を行う植物は運動性を持たず、光合成を行う組織とそれを支え、水などを供給する組織の分化を促す。

・摂食消化を行う動物は、移動して餌を探す生活を行い、それに伴って運動器官、感覚器官が発達する。

・表面での栄養吸収を行う菌類は、餌となる基質の表面で固着してその表面に広がり、体表面を最大限にするため、細長い菌糸を発達させる。

この三つは生物進化における重要な方向であり、それぞれが、生産者、消費者、分解者と呼ばれる。これが植物界、動物界、それに菌界である。

ホイタッカーが提唱した五界説のおおよそは以下のようなものである。

-動物界

真核の多細胞生物で、細胞壁、光合成機能を欠く。栄養摂取は体内の空間での消化吸収による。組織の分化の程度は他の界よりはるかに高度で、感覚、運動、伝達の構造が発達する。単相の状態は生殖細胞以外ではほとんど見られない。中生動物、海綿動物、後生動物。

-植物界

真核の多細胞生物で、細胞壁があり、光合成をする。組織は分化する。生活環は往々にして単相と複相が交代する世代交代がある。紅藻類、褐藻類、緑色植物。

-菌界

真核の多細胞生物で、細胞壁はあって動かないが光合成は行わない。表面で吸収する形で栄養摂取する。菌体は下等な群では単相、高等なものでは二核相が主である。粘菌類、鞭毛菌、接合菌、子囊菌、担子菌。

-原生生物界

真核の単細胞生物、あるいは単細胞の集団と見なせるような多細胞生物も含む。ミドリムシ・黄金色藻類、サカゲカビ・ネコブカビ類、孢子虫、動物性鞭毛虫、根足虫、繊毛虫など。

-モネラ界

原核生物の細菌類及び藍藻類。

これが現在の教育の場において定説となっている。

ただし、「原生生物界」というくくりは植物、菌、動物ではない「その他」的なくくりであって、分類群としては非常に雑多になっているという面がある。

粘菌は「原生生物界」に属しており、他の界に属している生物のように明確な分類をすることが出来ないこともあるため、今後も研究の余地がある生物なのである。

(文責: 富本朗文)

3.2 種類・居場所

この節では世界中に生息する粘菌の種類やその居場所についてまとめた項目である。世界中に生息している粘菌には面白い外見をしている粘菌があり、想像もしない場所に粘菌が発生する。そのため粘菌の外見や居場所についてまとめることで、粘菌の面白さを伝えられるのではないかと考え製作した。この粘菌の外見と居場所をまとめたものを通じて、粘菌に興味を持って欲しいと感じている。以下にその製作過程と内容を説明する。

初めに日本と世界とでの粘菌の種類や生息する居場所について調べた。自分たちの住む国を比較対象とすることで、より粘菌を身近に感じられると考えた為である。調べる方法として書籍やインターネットを活用した。調べた内容が以下になり、手引書の内容である。

現在までに粘菌は世界で 900 種類以上、日本国内では 450 種類以上発見されている。その内、100 種類近くは汎存種である。粘菌は変形体の時期は不安定で種類の判別が難しいが、子実体は種によって様々な形、色をしている。また、その子実体の外見や大きさは種類によって様々である。豆の形や網状の形状や、赤色や黒色などの色をした粘菌があり、その大多数の粘菌は肉眼で捉えにくいのである。汎存種とは、世界中に生息している動植物種のことで、広い生息の分布を持っている。また、汎存種は広域分布種や普遍種ともいう。

次に、粘菌を知るうえで、粘菌の生息場所について調べた。まず調べた内容が「生息する環境」である。その調べた結果が以下になる。

- 陽が当たらず、湿気の高いところには変形体が生息しやすい。
- 陽が当たり、乾燥しているところには子実体が生息しやすい。

この結果は森の中や街中を問わず、植物遺体があるところならば粘菌が発生することが分かっている。ここで説明している植物遺体とは、枯葉や腐った木、落下果実などのことである。

では次に、粘菌の発生物についてである。発生物とは粘菌が発生する対象のことで、粘菌の胞子が風や昆虫によって散布されるため、様々なものに粘菌が発生するのである。以下が粘菌が発生することの多い発生物について調べた内容である。

- 腐木

腐った木のことである。腐朽の進んだ倒木や切り株、立ち枯れした木に粘菌が発生することが多く、粘菌が発生するのに一番適している。また7割ほど腐っている木の方が、完全に腐りきっている木よりも粘菌は好んで発生する。その理由として保水力と栄養のためである。腐りきっている気には保水力がなく、栄養となる菌よりも粘菌を捕食する菌のほうが多いため、7割ほど腐っている木のほうが良いのである。

- 生木の樹皮

生木にしか発生しない粘菌もあり、イチヨウなどの表面の粗い樹皮に多く発生する。また、孤立して植えられている生木は日光が当たりやすく乾燥しているため、子実体が形成しやすいと考えられている。

- 草食動物の糞

まれに発生するときがあり、糞の中で発生率が高いのが牛の糞である。また発生する粘菌は孢子壁が厚くなっている。これは糞の消化液に対する耐性だと考えられる。

- リター層

落葉や枝などが降り積もった層で、表面や葉の裏側によく発生する。また、堆積した層の深いところに発生することもある。針葉樹の葉よりも広葉樹の葉のほうに粘菌が発生しやすい。葉の表面積が広い一箇所の粘菌が集まりやすいこと、葉に含まれる揮発性物質（昆虫や微生物が嫌がる物質で、樹木などが発散する物質である。例としてフィトンチッドがあげられる。）が少ないとされるためである。

- コケ

コケは含水量が多いので、粘菌が発生することがある。これらの粘菌は茎葉状苔類や大型なコケを好むと考えられている。

- キノコ

粘菌は担子菌の子実体、いわゆるキノコに発生することがある。捕食対象とされ、ある時には農家が栽培していたナメコの大半を捕食されて被害を与えたことがある。

- 街中（鉢植え）

発生するものとは捉えにくいと思われるが鉢植えはジメジメしている環境のため、粘菌が発生するには十分に適した発生物である。カビと間違えることもあるが、粘菌が発生したとしても植物に害はない。

続いて、気候帯ごとに発生する粘菌を植物と関連付けて説明する。ここでの気候帯は「ケッペンの気候区分」を用い、熱帯、乾燥帯、温帯、冷帯、寒帯の5種類からなる。

- 熱帯

熱帯に生えている木にはユーカリやチーク、アカシアが多く、これらの木にはモジホコリ目が多く生息している。このことから高温に対する耐性があると考えられている。また熱帯は地域によってスコールのような激しい雨で洗い流されることがあるため、場所によっては生息している粘菌が少ないところもある。

- 乾燥帯

植物が少ない気候帯で発生しにくいと思われるが、サボテンやリュウゼツランのような内部に水分を貯める植物に発生することがある。

- 温帯

粘菌が一番多く生息している気候帯で、一年を通して見られる粘菌もいる。四季がはっきりしているため、春から夏にかけての梅雨明け頃、落葉や枯れ木の多い秋にはコホコリ目が活発になる。

- 冷帯

北半球にしかない気候帯で、針葉樹林で知られているタイガが代表的である。主にモジホコリ目、ムラサキホコリ目が見つまっている。

- 寒帯

北極圏と南極圏があるが、南極圏ではまだ粘菌を発見したという報告はされていない。北極圏では樹木は成長していないが、地球上最も北にある森林はロシアのタイミル半島である。タイミル半島の森林ではケホコリ目が発生している。

以上、手引書に記した内容とその製作過程を説明してきた。また、手引書を作成し次第、製作物をフィードバックしてもらった。フィードバックでの内容はわかりやすいか、見やすいかの二点である。以下ではフィードバックでの評価であり、

- 「なぜならば」の文法がおかしい
- 「ハチ」から「昆虫」にしたほうが良い
- 「木の樹皮に」から「木に」にしたほうが良い
- 「牛の糞である。に発生する」糞の文字が抜けている

という指摘を受けた。主に誤字脱字や文法の間違いを指摘されたので、手引書を読み返して全体的に修正を加える作業を行った。上の指摘以外に誤字脱字や、種類や居場所と関係のない項目があったため、その項目を減らす作業を行うことで、全体的に見やすく、粘菌の面白さを伝えられる内容になった。

(文責: 加藤貴宏)

3.3 ライフサイクル

ここでは、粘菌のライフサイクルを通して、粘菌の動物とも植物ともとれない不思議な生態を解説する事を目指した。図 3.1 は粘菌のライフサイクルを図示したものである。

粘菌とは、変形体と呼ばれるアメーバ状の体で移動しつつ微生物を食べるといった動物的性質を持ちながら、子実体を形成し孢子による生殖活動を行うという植物的性質を合わせ持つ生物のことである。また、粘菌は真性粘菌と細胞性粘菌に分けられる。真性粘菌と細胞性粘菌の違いは、真性粘菌は変形体のとき、大きな単細胞生物であるのに対し、細胞性粘菌は細胞が集合した状態であるということである。細胞性粘菌は細胞の構造を失わない事により、”細胞性”と言われる。

私たちが後に記載する実験で扱ったのは真性粘菌の一種であるモジホコリという粘菌である。モジホコリを使用したのは、飼育が簡単で、肉眼での観察も可能なためである。以下、モジホコリを例に、粘菌のライフサイクルを解説する。

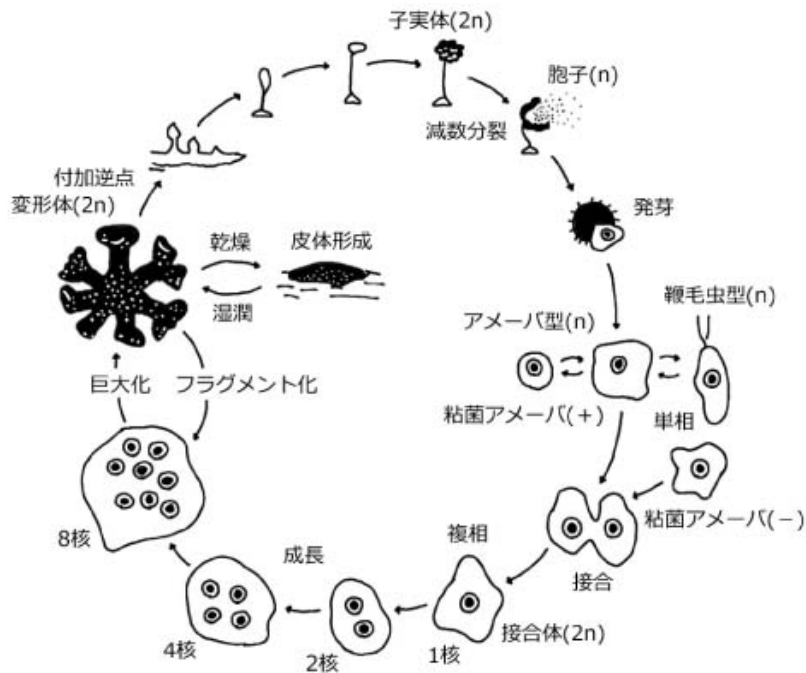


図 3.1 粘菌のライフサイクル

粘菌は孢子によって生殖活動を行う。孢子は生育環境が悪くなったときに変形体が変化して出来る。孢子はゲノムを1セット持っており、この状態を核相が単相であるという。ゲノムとは、生物がもつ遺伝情報の全体を表す言葉であるが、ここでは染色体のことを指す。また核相とは、細胞の染色体数の構成のことである。孢子の大きさは1ミリの100分の1よりも小さい。孢子には耐久性があり、そのまま何年も生存できる。発芽に適した環境（摂氏約25℃、高湿度、薄暗い場所）になると、孢子は水分を吸って殻を破り、そこから粘菌アメーバが生まれる。

発芽の際、水分の少ない場所では粘菌アメーバが生まれるが、水分が多い場所では鞭毛を持った遊走子が生まれる。この遊走子とは、無性生殖の時に見られる鞭毛を持って運動する孢子のことである。また、鞭毛とは毛状の運動性の細胞器官であり、遊泳するための推進力を生み出す。遊走子は自由に泳ぎ回ることができる。また、水分が少なくなると鞭毛を引っ込めて、粘菌アメーバへと変化する。このように、水分の量によってアメーバ型になったり鞭毛虫型になったりと、形態変化する生物は非常に珍しい。粘菌アメーバは細菌などを食べ、分裂して増殖する。

粘菌アメーバには性がある。粘菌アメーバは、性の異なるアメーバと遭遇すると接合する。性は2つ以上あり、接合型も複数あることが分かっている。接合すると、ゲノムは2セットとなり、単相から複相に変化する。この過程は有性生殖である。複相のアメーバは、バクテリアやカビなどの微生物を食べて成長し、栄養が十分であれば約10時間ごとに核分裂する。このとき、細胞自体は

分裂せず単細胞のまま、核の数が2倍、4倍、8倍と増えることで細胞自体が大きくなる。こうして核分裂を繰り返すことで巨大な多核単細胞生物となる。

接合体が核分裂を繰り返して巨大化したものを変形体という。変形体は別の個体と出会うと自然に融合してさらに大きな変形体となる。変形体になると1時間に1センチ程度の速さで移動することができる。変形体は乾燥に弱く、食事や移動の最中に乾燥すると、皮体（スクレロチウム）に変化し、休眠する。この皮体は、菌核とも言われる。皮体は変形体に核を数個含むような仕切りができた状態である。皮体は環境の変化に耐え、1年以上も生きることが出来る。皮体は、また好ましい環境になれば変形体に戻り、餌を探して動き出す。

餌がなくなり飢餓状態になると、変形体は光の当たる乾燥したところへ移動する。そこで光を浴び、いくつもの小さい塊に分かれ、子実体を形成して休眠する。子実体の大きさは数mm程度でキノコやカビのような多数の胞子を含む袋状の構造である。また、子実体は多細胞生物である。変形体から子実体に変化するまでには約10時間程度かかり、この過程は無性生殖である。

粘菌のライフサイクルに関するフィードバックに問題点は挙げられなかった。

(文責: 大水碧)

3.4 構造

ここでは粘菌の黄色いアメーバ状の体の中を詳しく説明することを目的としている。粘菌の体や、動く仕組みを知ってもらうことで粘菌への興味を引き立てたいと考えた。ここから粘菌の構造で記述した内容を示す。

粘菌の構造では、粘菌が脈打ちながら広がっていく仕組みを記述した。変形体が広がっていく仕組みは実は未だによくわかっていない。しかし、粘菌はモデル生物として色々な研究に使用されてきており、その動く仕組みについても調べられている。以下、中垣氏の一説を元に粘菌の構造を解説する。

真性粘菌の一種であるモジホコリの変形体は、一見マスタードを塗り広げたような質感である。その体の構造は、大雑把に言うと外側がゼリー状のゲル（外質）で、内側がコロイド状の溶液としてのゾル（内質）である。ゲルとは、高粘度で流動性のない、寒天やコンニャクなどのゼリー状のものである。また、ゾルとは低粘度で流動性のある、卵白やマヨネーズのようなスライム状のものである。ゲル質でできた袋の中にゾル状の原形質が流れている状態である。このゾルとゲルの化学成分はほとんど同じで、ゾルが固まってゼリー状になるとゲルと呼ぶ。

変形体の中にはたくさんの管のネットワークが張り巡らされている。その管の中は栄養や信号が流れており、ヒトでいう血管網や神経系のようなものである。また、粘菌自身の体も管の中を流れるので、運動器官とも言える。管の中を流れる物質は、原形質といわれるネバネバした液体である。流れる原形質の量が多ければ管が太く、流れが少なければ細くなる。管の中の流れを顕微鏡で観察すると、前進と後退を周期的に繰り返していることがわかる。その周期は約2分ほどで、一定のリズムを刻んでいる。そしてそのリズムに伴って、変形体の体型は変化していく。タイムラプスビデオで撮影すると、ピクピクッとゆっくり震えているのがはっきりわかる。変形体は、周期的に収縮・弛緩運動を繰り返すことで前方に流れ、大きく広がっていく。この震えは、ゲルの一部が

収縮し、圧力で流されたゾルが他方のゲルを押し返し、押されたゲルが膨張することで起きているものである。

変形体が動く力の源となるのは、タンパク質の運動である。ヒトの筋肉を構成するアクトミオシン（アクチンとミオシンの複合体）というタンパク質と同種のタンパク質が変形体にも存在し、力を生み出している。また、リズムの源、すなわち時計となるのは化学反応が創りだすリズムである。アクトミオシンの収縮運動を調節する因子、カルシウムイオン、アデノシン三リン酸などの濃度が振動することで、リズムが作られている。

粘菌は先端部のゾルを前方へ押し出し、ゆっくりとゾルを吹き出している。吹き出されたゾルはやがてゲル化する。これは、すでに出来ている道路が後ろからベルトコンベアのように動いて伸びるのではなく、道路建設のように先へ先へ作り足していくようなものである。図 3.2 は粘菌の先端部を模式図で示したものである。先端はスポンジ状、後方は中空になっている。ゲルの皮は先端で薄く、後方は厚い。薄皮ゲルは蓋のようなもので、変形体が成長するたびに内側から供給され、再生される。ゾル部分にはカルシウムイオンなどの高活性のゾル化因子がある。ゲルはタンパク質が編みあがり、太くなることで流れにくくなっているが、活性化したゾル化因子はゲルの要素であるアクチンやミオシンというタンパク質の構造を切断する。よってゾルは流れやすくなる。また、分解された薄皮ゲル部分は浸透圧が高くなるため、周囲から水分が入り、膨張する。膨張が引き金となり、カルシウムも流入する。流入したカルシウムによってさらにゾル化が進み、浸透圧が上がり膨張することを繰り返す。こうして薄皮ゲルはゾル化因子によって分解され、ゾル化して前方へ広がる。頑固ゲルはゾル部分からゾル化因子が先端に移動することでできる。ゾル化因子の濃度が枯渇しているため、薄皮ゲルとは違いゾルに戻りにくい。そのため、後方にゾル化は進まない。頑固ゲルはやがて普通のゲルに戻る。



図 3.2 粘菌先端部断面の模式図

この項目では以下のようなフィードバックをもらった。

- ゾル・ゲルの仕組みについて箇条書きとなっているため、高校生は理解できないと思います。

フィードバックに基づき、以下のように修正を行った。

- ゾル・ゲルの説明を箇条書きから文章での説明に変更、更に図解する
- 図 3.2 の変更
- 図 3.3 の削除

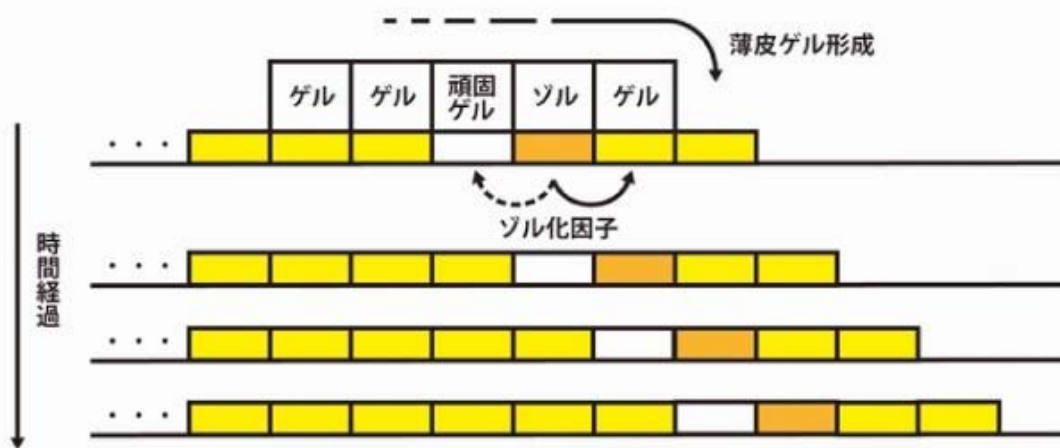


図 3.3 先端部形成略図

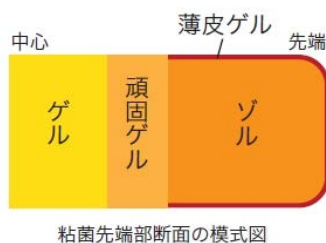


図 3.4 図 3.2 変更後

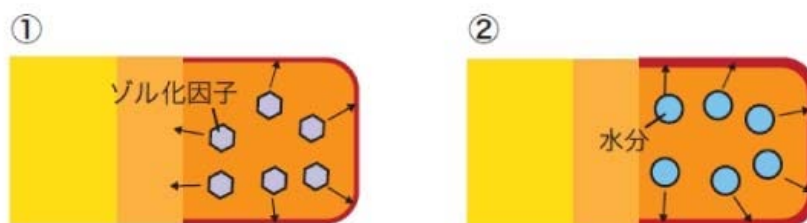


図 3.5 図解例

(文責: 大水碧)

3.5 認知機能

ここでは、粘菌の認知機能について説明している。この項目は主に、中垣俊之先生が著者である「粘菌 その驚くべき知性」という書籍を参考に制作した。粘菌を学ぶにあたって、面白い部分である好き嫌いがあることや学習能力があることについて書かれている。以下、手引書に書かれている粘菌の性質について紹介する。

まず、粘菌には好き嫌いがあることを挙げる。ここでの好き嫌いの判断を、粘菌に刺激を与えたときの反応で判断した。与えた刺激に対して寄り付いた場合は「好き」、避けた場合は「嫌い」と

定義する。

- えさ

粘菌は、市販されているオートミールをえさとして食べる。これを粘菌の上に撒くと、オートミールに覆いかぶさるように広がり、養分を吸収する。粘菌はその他の食べ物も食べる。好きな食べ物は、キノコ、ブドウ糖であり、嫌いな食べ物は、醤油やピーナッツ、刺激物などである。恐らくピーナッツの油分と、ドライフルーツの高い濃度の糖分が苦手なのではないかと考えられている。

- 嗅覚

粘菌は、人間のような感覚器官を持たないが、嗅覚のような機能が存在することがわかっている。これにも好き嫌いがあり、粘菌は気体状の水分子によく反応するため、湿度の高いところをよく好み、逆に乾燥したところ嫌う。また、お酒（エタノール）の匂いや、バニラの香り（バニリン）、タバコの煙が苦手である。

- 触覚

粘菌は物体表面を触って物理的な性状を感知する能力を持っている。粘菌を針でつくと、すぐに反応を示し、粘菌が起こしている原形質流動が停止する。だがしばらくすると、流動は復活する。また、粘菌が這っている寒天ゲルに電気を流すとこれも反応を示し、陽極（+）側への進行を止めて、陰極（-）側への移動を行う。

- 光 粘菌は光を見分ける受容体を少なくとも4つ持っていることがわかっている。250～460nmの波長（遠紫外線・近紫外線・青色）に対しての光は避けるように逃げる。また、波長700nmの赤色や波長780nmの赤外線（赤外線）の光については、粘菌は形態形成を引き起こす。

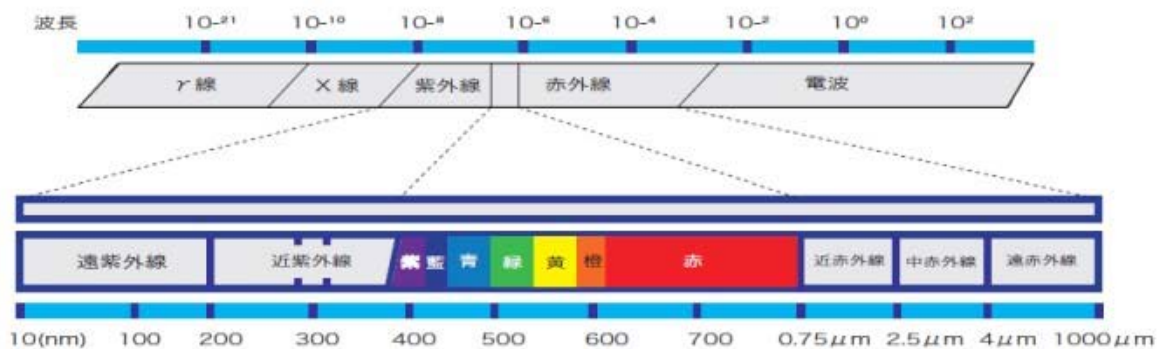


図 3.6

次に、「粘菌の逡巡行動を示す実験」について紹介する。これは、細長いレーンを用意し、そのレーンの片端に粘菌を移植する。そしてレーンの途中に、キニーネという粘菌の嫌いな化学物質を置き、粘菌の動きを観察する実験である。前述の通り、粘菌には好き嫌いがあり、嫌いなものに対しては避けるように振舞う。しかし、この実験では細長いレーンを使用しているため、粘菌にキニーネ帯を避けて前に進むスペースはない。この環境で、粘菌がキニーネに対してどのように対処するかが注目すべき点である。

実験を始めると、レーンの片端に置いた粘菌は、レーンに沿って前に進んだ。そしてキニーネ帯の前までくると、移動を止め、その場で数時間立ち止まった。しかし、あるとき突然、移動を開始した。そのときに起こした行動には3タイプあった。1つ目は、キニーネ帯を乗り越えて、通過するタイプ。2つ目はキニーネ帯から引き返すタイプ。3つ目は、体の一部が通過し、分裂した残りの一部が引き返すタイプである。

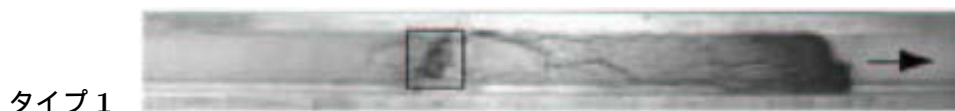


図 3.7



図 3.8



図 3.9

1つ目と2つ目のタイプから共通して言えるのは、移動速度はキニーネ帯の前に立ち止まる前と同じということである。また、3つ目のタイプの分裂することを決めた粘菌の場合は、その両方向へ進む速度の和が、全体の速度と同じであった。これらの行動は、粘菌が考えた末に根拠をしっかりと持ち、その後は迷わず行動に移したかのように見える。粘菌も人間のように行動を移しているのだろうか。同じ条件下で実験を行っているのに、粘菌が起こす行動がさまざまなのはなぜなのか、不思議である。

これまでで、粘菌は好き嫌いをしたり、さまざまな考えを持つような振る舞いをするのがわかった。このような行動は、まるで人間のものである。つまり、粘菌にも知性があると考えられないだろうか、記憶や学習能力は知性の一つではないだろうかと考えた。ここでまた一つ、「周期的環境変動を予測することを示した実験」を紹介する。前回の実験と同じく、細長いレーンを用意し、その片端に粘菌を置く。そしてそのレーンに、湿度と温度が調節できる機器を入れるのだ。ここから順番に湿度と温度を調節し、粘菌の先端部の進む速度を測っていく。はじめに、摂氏25、湿度90%に設定した。そうすると、粘菌はほぼ一定の速度で進んだ。このことから、設定した湿度と温度が、粘菌にとって好ましい環境であることがわかる。次に、摂氏20、湿度90%に設定した。そうすると粘菌は動きを止めた。これは粘菌にとってあまり好ましくない環境になったということが読み取れる。そしてまた、摂氏25、湿度90%に設定すると、粘菌は再び動き出した。このように、粘菌にとって好ましくない環境と好ましい環境を交互に変えていく刺激を1時間に1回ずつ(約10分間)合計3回繰り返した。粘菌は刺激がある度に、立ち止まり、そして動き出した。そして、3回の刺激のあとに、ずっと好ましい環境(摂氏25、湿度90%)にしておいた。そうすると、粘菌は4回目の刺激のタイミングで止まった。(減速する場合もあった。)刺

激を与えていないのに、粘菌は自発的に立ち止まったことになる。

4回目の刺激のタイミングで粘菌が自発的に止まったのは、「また刺激が与えられる」と粘菌が自分自身で予測したからではないだろうかと考えた。1時間に1回の周期で刺激が与えられ続けていたのを、からだのどこかで記憶していたのだろう。そう考えるのが自然ではないだろうか。過去の出来事を記憶し、それをもとに、これからの行動に生かした粘菌は知性を持っていると言っても過言ではない。

これらの手引書の内容をモニターの方へ確認していただいたところ、以下のようなフィードバックが得られた。

- 「与えた刺激に対して群がった」というのは「与えた刺激の方へ進んだ」とした方が良い。
- 「粘菌は、えさとして市販で売られているオートミールを食べる。」は、「粘菌は、市販されているオートミールを餌として飼うことができる。」の方が良い。(オートミールは粘菌の餌として市販されているわけではことから)
- 粘菌のえさの好き嫌いの「好き」の方に納豆が入っているが、納豆は好きではないことが言われているため、省いた方が良い。(納豆の臭いに関係する成分が嫌いとのこと)
- えさ、嗅覚、触覚、光の項目について、好きなもの・嫌いなもの等を全て掲載するのではなく、一部のものが好きか嫌いを実験により確認するよう促す内容だと一層よい。好き・嫌いを確認する実験方法を写真を掲載して説明すれば、高校生でもすぐに実験できるだろう。
- 光に関する図の、遠紫外線、近赤外線、中赤外線、遠赤外線に引かれている2本の波線の意味がわからない。凡例を掲載すべきである。
- この「粘菌の性質」の項目は、粘菌の刺激の受容や行動など認知機能に関する内容なので、第2章から独立させ、第3章とした方が良い。

得られたフィードバックから、改善を加えた点が以下となる。

- 「与えた刺激に対して群がった」という文章を「与えた刺激の方へ進んだ」と変更した。
- 「粘菌は、えさとして市販で売られているオートミールを食べる。」という文章を、「粘菌は、市販されているオートミールをえさとして食べる。」と変更した。
- 粘菌の好きなえさに納豆が含まれていたが、事実と違ったため、削除した。
- 粘菌のえさの好き嫌いを確かめる実験を、ユーザーの方にも実際にしていただけるように、実験方法を記載した。また、それぞれ好きなもの・嫌いなものの項目の部分に、その様子の画像を載せ、説得力のあるものにした。
- 光に関する図は、2本の波線を取りやめ、数値もわかりやすく振り、より見やすいものにした。
- この項目は、第2章の1つの項目として取り扱っていたが、第2章の他の項目とは異なる内容のため、新しく章を作り独立させた。

(文責: 岡野楓)

3.6 先行研究

先行研究では、粘菌についての研究を紹介する。この手引書は実験キットに付属するものである。そのため、実験キットを使用してもらう人に粘菌についての興味深い研究を知ってもらうという目的である。

以下では、私が粘菌についての研究を文章にまとめたものを記載する。

- 粘菌から学んだ変幻自在ロボット

この研究は、東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻の石黒章夫教授が行った研究である。石黒教授は、粘菌のように変幻自在に形態を変えることができるロボットを開発している。石黒教授は粘菌のような動きを実現するために、モジュラーロボットというロボットに着目した。モジュラーロボットとは、モジュールと呼ばれる機械ユニットが複数個集められて構成されており、ヒューマノイドやマニピュレータのような固定型のロボットとはまた違ったロボットである。このロボットの動きは、単純に目的地にたどり着くというものだが、粘菌の様に群れを成しながら変形するという性質を持ち、なおかつ障害物などの環境に適応しながら行動することができる。

- 粘菌に色をつける

この研究は、イギリス西大学のアンドリュー・アダマツキー氏が行った研究であり、粘菌の餌であるオートミールに赤、緑、青などの色をつけ、その餌を粘菌に食べさせて粘菌自体に色をつける。そして、それぞれ違う色の粘菌を同じ実験皿の中に置いて色の違う粘菌が侵食し、混ざり合って新たな色ができる（例えば黄色と青が混ざって緑など）様子を観察するものである。

- 細胞リズムの研究

この研究は、世界の粘菌研究におけるパイオニアの神谷宣郎氏が行った研究である。この研究の手順を以下で説明する。まず最初に、ビーカーに少量の水を入れ、ビーカーの内側の側面に水で湿らせた布をはる。フックを取り付けたふたに、粘菌の管をつるし、ビーカーにふたをする。(3.10 参照) 粘菌の管の先端に小石や髪の毛をつるすと、動きの観察がしやすくなる。結果として、粘菌の管が原形質流動によって伸縮する様子や斜めに動く様子が見て取れる。

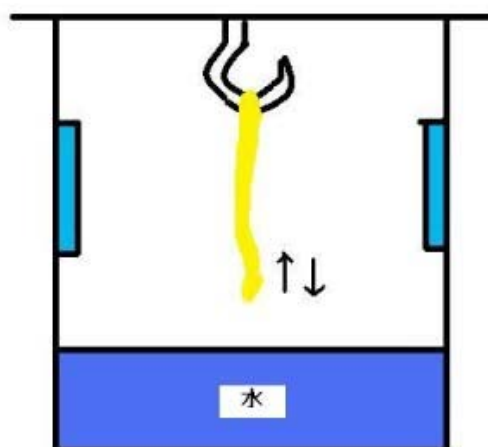


図 3.10 細胞リズムの実験

- 複室法

この研究は 1940 年に、神谷宣郎氏が行った実験である。複室法は神谷氏が、原形質流動が粘菌の体内に生じる圧力の局所的な差によって起こるということを解明し、その圧力の差を測るために開発した実験方法である。1940 年時点で、それ以前に粘菌体内の圧力差（原形質流動の原動力）を測ったという前例が無かったため、この実験方法は神谷氏の代表的な研究となった。

ここからは実験方法を紹介する。

まず最初に、管でつながった粘菌がのっているガラス板 G と 2 つに分けた部屋 A と B が用意する。そこに、溶かした寒天を固まらないうちに分けた部屋に流し込み、上からガラス板 G をのせる。そうすると、次第に寒天が固まり、管でつながった粘菌が 2 つの部屋にまたがる。寒天が固まっているので 2 つの部屋は空気が漏れないように密閉された状態になる。(3.11、3.12 参照)

もし、A と B の部屋の気圧が等しければ、原形質は 2 つの部屋をまたがる管を通過して a と b の間を往復流動する。しかし、圧力調整ポンプのねじをまわすことで圧力を自由に操作できるので、a から b に向かって流動が起こっているときに、B 室の気圧を下げると流れは速くなるが、気圧をあげると流れは遅くなり、どこかでちょうど止まるときがある。(3.12 参照) そのとき、2 つの部屋 A・B 間の圧力差と粘菌が発生する力がバランスをとっている。これが、粘菌体内の圧力差ということになる。

ストップコックを閉めたまま圧力調整ポンプをまわすと、目盛りのついた U 字管の水が上下する。水の高さから、2 つの部屋 A・B の間にどれ程の気圧の差があるのかわかる。(3.12 参照)

そして最後に、粘菌体内の圧力差を時間に対してどのように変化するかを見るために、ガラス板 G の粘菌の管の部分に顕微鏡をあてて流動を観察しながら、流動がいつも静止するように圧力を調節する。その間に、U 字管の水が上下するので 5 秒か 10 秒ごとに目盛りの高さを計測する。

結果として、粘菌体内の圧力の差は刻々と変化し、波形を描いて交互にプラスになったり、マイナスになったりする。

この研究により、粘菌体内の圧力差の定量化と、細胞リズムの定量的開拓に成功した。それ以来、一連の細胞生理学的研究が世界各国で始まることになった。そして、粘菌が細胞運動や細胞リズムを研究するためのモデル生物になった。

- 粘菌の迷路解き

中垣教授は、粘菌に迷路を解かせるという研究を行った。

この実験は粘菌がどれほど賢いのかを測るために行われた。賢さを測る手段として、生物が行う採餌行動と迷路を利用する。

ここから実験方法を紹介する。

まず最初に粘菌を迷路いっぱい敷き詰めた状態にする。(3.13 参照) 迷路のスタート地点とゴール地点に粘菌の餌を置き経過を見ていくと、行き止まりの経路にある体を引っ込め、餌の上に伸びだす状態になる。(3.14 参照) そして最後には、最短経路だけにある体が残る。(3.15 参照)

なぜ、粘菌が最短経路で餌場所をつなぐのかというと、餌を吸収したい、そして 1 匹だけでなく、他の粘菌ともつながってほしいという生理的欲求を満たすためである。

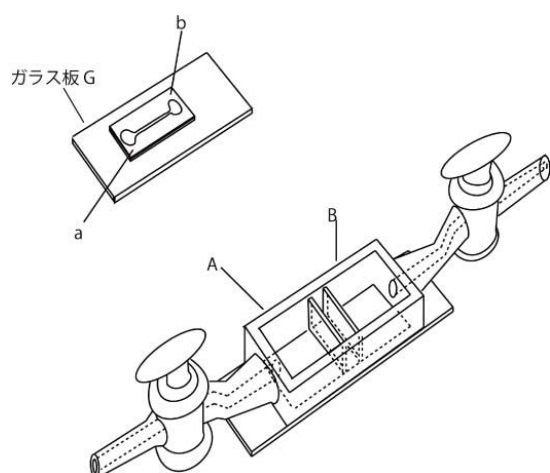


図 3.11 複室法 1

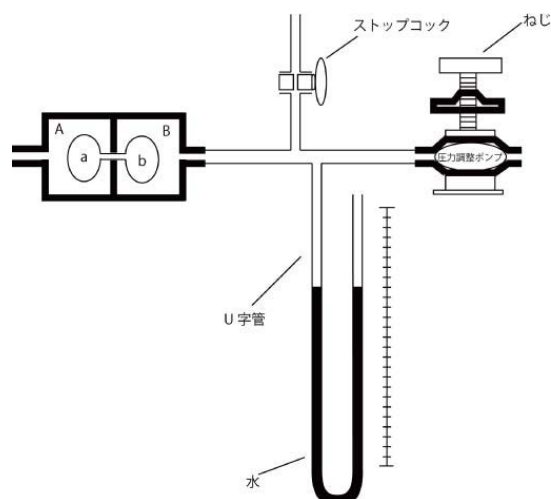


図 3.12 複室法 2

粘菌の体の主な部分は2つに分かれた餌場の上に置かれている。その2つを科学信号や物理信号を流して交換し、体内でコミュニケーションをする。原形質という粘り気のある物質が狭い管の中を流れるので、流れの抵抗はかなり大きい。その抵抗は物理的な考察から、管が太くて短いほど低くなる。よって、太くて短い管は体内の通信効率が良いということである。これらの理由から、粘菌は2つの餌場を最短経路で結ぶという結果につながるということである。

この実験では、重要な要因が2つある。1つ目は粘菌の量と餌の量のバランスである。もしも粘菌の量が多すぎると迷路の壁を越えて2つの餌場所をつないでしまう。逆に餌の量が多すぎると、最終的に2つの餌場所に分裂する。2つ目は、湿度である。湿度が高すぎても迷路の壁を越えて2つの餌場所をつないでしまうという失敗例もある。

粘菌が迷路を解くおもしろさは、粘菌の管がそれぞれ自律的に餌場所に動いているにも関わらず、全体的に最短経路をとっているというところである。もちろん粘菌が自体が上から全体を見下ろして指令をしているという訳ではない。

この実験のように粘菌の賢さを測る研究は、脳に代表される生物の情報処理機能の解明に深く関わっている。粘菌はまたとない実験材料となり、将来的に生物の情報処理機能が解明される日が来るかもしれない。

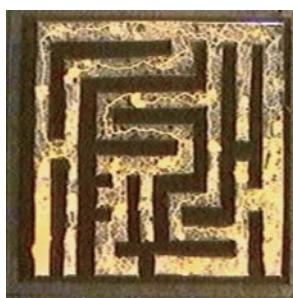


図 3.13 迷路 1

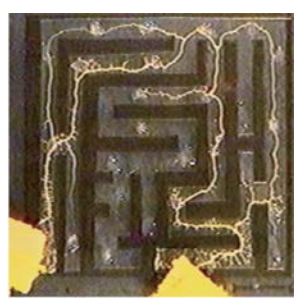


図 3.14 迷路 2

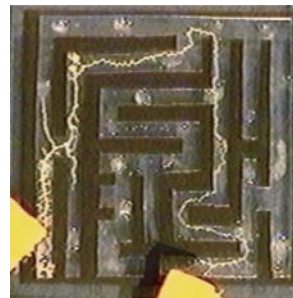


図 3.15 迷路 3

- 関東圏の鉄道網を粘菌に設計させる

中垣教授は粘菌に迷路をとらせる研究の他に、関東圏の鉄道網を粘菌に設計させるという

研究も行っている。

迷路の研究では2つの餌場所だったが、餌場所を増やしても最短経路をとることができる。このように、粘菌はたくさんの餌場所を多機能的につなぐ。その性質を利用して、鉄道のように人間が作ったネットワークをもし、粘菌が設計したらどのようなものになるのか。それらを比較するためにこの研究は行われた。

ここからは実験方法を紹介する。まず最初に、30センチ四方の寒天のプレートを用意し、その上に関東地方の地図を描く。関東圏の周りの海の部分は、フィルムを貼る。(フィルムには水分が無いので、粘菌が進まなくなる) 関東圏の街を30ほど選び、それぞれの街の場所に餌を置く。このとき餌の量をどの場所も均等にする。

ここで、現実に鉄道を敷設するには、地形を考慮しなければならない。山岳地帯や河川や湖沼は、極力横切らないようにする。この実験では、上記の地形の場所に粘菌が嫌いな光をあてるようにする。河川や湖沼や海岸線がある場所には強い光をあてる。土地の標高が高い場所は標高があがるにつれて、より強い光をあてていく。

これらの事を踏まえて次に進む。次に、東京の位置に粘菌を移植する。移植する粘菌は、餌の上にたくさん盛り上がっているものにする。

結果として、1~2時間程経過すると移植した部分から粘菌が伸びだしていく。粘菌はだんだん広がっていき餌場所に到達すると、餌の上に盛り上がり、養分を吸収する。餌の上に体を残し、さらに伸びていく。(強い光を当てている部分は避けながら) 粘菌の先端部分が餌場所を通過していくにつれて、通過した餌場所付近にたくさんあった粘菌の細かい管が次々と消失していく。そして、何本かの管だけが太くなって残る。しばらくすると、ほんの何本かの太い管だけが残り、餌場所をつなぐ。全体を見てみると、全ての餌場所が少数の管でつながれていることがわかる。(3.16 参照)

これをJRの路線図と比較した考察を紹介する。始めに、粘菌が作った路線図と実際のJRの路線図を比較してみると、よく似た特徴が見られる。1つ目は、海岸線や谷筋に沿って経路が作られていること。2つ目は、河川などの水域を避ける傾向があることである。(3.17 参照)

次に、鉄道ネットワークの多機能性において大切な要因が3つある。1つ目は全長の長さ(コスト)、2つ目は耐故障性、3つ目は連絡距離(効率)である。この3つの要因に注意しながら2つの路線図を比較する。JRの路線図の方は、上の3つの要因が程よくみたまわっている。粘菌の路線図の方は、どの全長でも、耐故障性や連絡距離(効率)がほぼ最適に近い値を示す。(3.18、3.19 参照) 図からもわかるように、JRが作ったネットワークは粘菌が作り出したネットワークの1つにすぎない。

この研究の興味深いところは、人間がこのネットワークを構築するために費やした膨大な時間が、粘菌にかかれば1日程度でネットワークを構築できることである。

この研究がさらに進めば、ネットワークの最適化と構築が容易に行える日がくるかもしれない。

以下より手引書の先行研究分野の製作過程について記載する。

始めに粘菌についての研究を本やインターネットで調べた。学内の図書ライブラリーや中央図書館に行って粘菌の研究について記載されている本を探し、それらの本から研究内容だけを抽出していった。洋書もあったので、英文を翻訳してから同様の作業を行った。またインターネットからは、粘菌についての研究に関する知識は1つか2つくらいしか得ることが

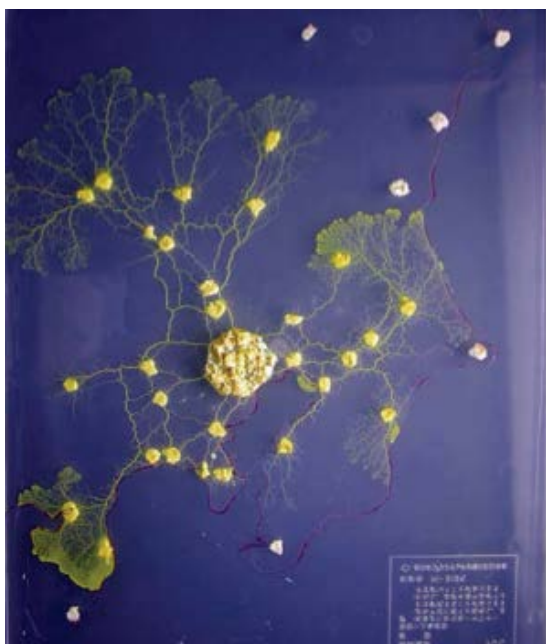


図 3.16 エサを繋いだ粘菌

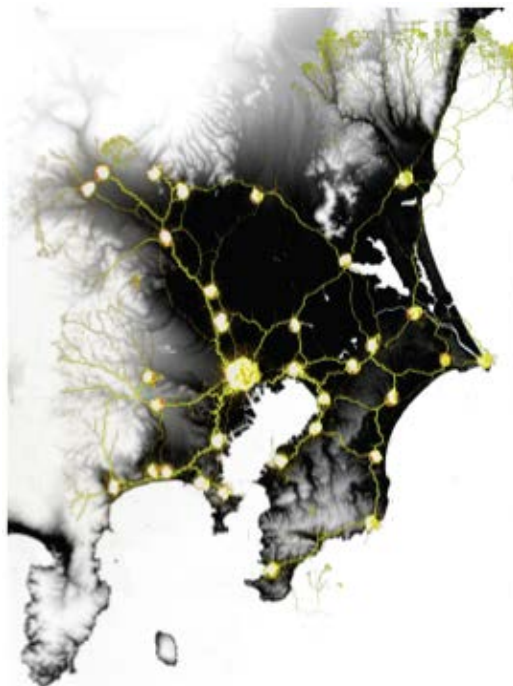


図 3.17 関東圏の地図との比較

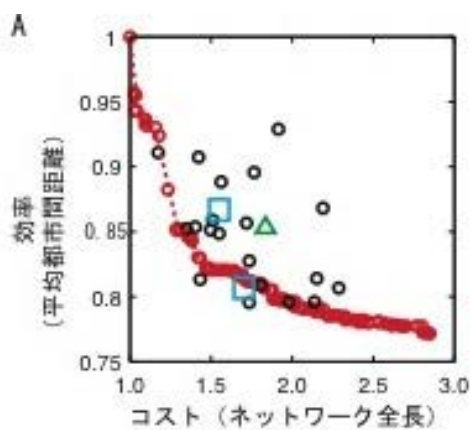


図 3.18 効率

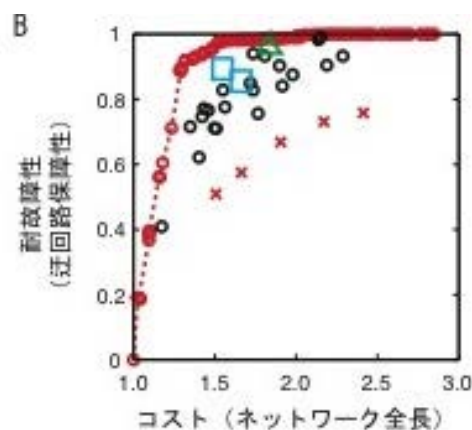


図 3.19 耐故障性

できなかった。

次に、担当教員から粘菌の研究についての講義を受けて知識を深め、手引書に記載する研究を決定した。

最後に、手引書に記載する研究について、詳しい内容を記載するために本やインターネットで詳しく調べた後、文章を作成した。

手引書に記載した文章について、モニターの方から頂いたフィードバックを以下に記載する。

- 誤字や脱字があった

このフィードバックを受けて以下の内容を訂正した。

- 誤字や脱字を訂正した

これらの製作過程を経て、手引書をより良いものに改善していった。

3.7 粘菌の人

粘菌は一般によく知られているとは言い難い生物である。しかし、粘菌に関わる人物は多く存在する。そこで、その中でも高校生が関心を持てるような人物を8名(中垣俊之教授、伊沢正名氏、石黒章夫教授、南方熊楠氏、昭和天皇、ハインリヒ・アントン・ド・バリー氏、神谷宣朗氏、リスター父娘)を選び、この項目で紹介した。”粘菌の人”を読むことで、粘菌がどんなことに活用されているのか、そして、粘菌には大きな可能性があり、様々な人物が粘菌に魅了されてきたことを知ってもらいたい。

ここで、この項目で挙げられている7名の偉人について詳しく紹介していく。

- 中垣俊之教授

中垣俊之教授は、生物の行う情報処理を研究している生物物理学者である。単細胞生物である粘菌を主なモデルとして、様々な研究を行っている。

中垣教授らの研究は、イグノーベル賞を2度受賞している。イグノーベル賞とは、人々を笑わせ、そして考えさせてくれる研究に対して送られる世界的な賞である。イグノーベルとは、「くだらない」という意味の ignoble と、ノーベル賞をかけた造語である。この由来から、イグノーベル賞の受賞を快く思わない人も少なくない。実際、中垣教授も自分の研究がふざけてやっていると見られることを危惧し、イグノーベル賞を受けるべきか迷ったという。では、なぜイグノーベル賞を受けたのだろうか。その答えは、本手引き書の関連書籍でも紹介した『猫楠』にあった。中垣氏お気に入りの漫画である『猫楠』には、「するとおめえ“研究”ということに名をかりた“学問の遊び人”だな…」という猫の台詞がある。授賞式では、参加者が楽しんで笑うイグノーベル賞。遠い存在に思われがちな科学を、身近なものに感じさせようとの賞を受けたのだろう。

一度目は2008年、認知科学賞をしている。粘菌に迷路路を解く能力があることを発見した功績を讃えられての受賞であった。2度目は2010年、粘菌が鉄道網の整備にも役立つとした研究で交通計画賞を受賞している。2度目の授賞式では粘菌に成り代わってスピーチをするなどユーモアたっぷりだ。

現在は、粘菌の研究は交通網・カーナビや、インターネット・脳科学などの分野に可能性が広がると考え、記憶・予測能力を研究している。

- 伊沢正名氏

伊沢正名氏は、菌類と隠花植物を専門とする日本の写真家である。微小な被写体を自然光の長時間露光で撮影することを得意とする。関連書籍で紹介した「日本変形菌類図鑑」や「粘菌 - 驚くべき生命力の謎」で使われている写真も、彼が撮ったものである。きのこの写真家として日本の第一人者であり、粘菌の写真家としてはパイオニア的存在である。

現在は、「糞土師(ふんどし)」を名乗り、糞を土に還すことを通して、現代社会の不自然さを告発し、自然のサイクルに従った生き方を提唱している。2007年からは「野糞掘り返し調査」を実施した。この調査は、ウンコが土に還るまでの過程を生々しく記録するという、今までにない試みである。

伊沢氏の著書である『くう・ねる・のぐそ?自然に「愛」のお返しを』には、食べること

ばかり関心をもち、排泄物には興味を持たない、表層的エコロジーブームへの強烈なアンチテーゼが熱く語られている。

伊沢氏のホームページとして、『くう・ねる・のぐそ ?自然に愛のお返しを?』というものがある。そこには、「のぐそ検定」や「禁断の ギャラリー」などインパクトのあるコンテンツがある。興味のある方は是非試してみてほしい。

- 石黒章夫教授

石黒章夫教授は、東北大学大学院工学研究科でロボティクスを研究している。多くの人が描くロボット像は、人間を模した形状の人型などではないだろうか？そんな中、石黒教授の研究では粘菌のような小さな単細胞生物をモデルとしたロボットを研究している。この研究は、世界唯一であり、今後のロボットの常識を大きく変える可能性を秘めている。

粘菌、それはロボットとは遠い存在のように思える。それでは何故、石黒教授は粘菌に着目した研究を始めたのだろうか。それは、粘菌の単純な構造にあった。石黒教授が興味を持っているのは、粘菌の知能や機能というわけではない。むしろ、単純なものがくさん集まり、うまく相互作用することで、全体として物凄い機能が出てくるということに興味を持っているのである。

研究の1つに、モジュラーロボットの研究がある。単純な小型ロボットを複数集めることで、粘菌のように自由自在に進むことのできるロボットを作ろうと考えているのだ。実際に、100個、1000個ものロボットを用いて、障害物回避の実験や、一部のロボットが故障した状態での実験が行われている。その結果として、単純な仕組みだけで、様々な状況や故障に強いシステムを作ることができることが証明されている。

- 南方熊楠氏

南方熊楠氏は、国際的学者である。博物学、民俗学、細菌学、天文学、人類学、考古学、生物学など様々な分野に精通していた。”ひとつの分野に関連性のある全ての学問を知ろうとする”という南方の学風からこのような知識の網が産まれた。そのすさまじい記憶力と知識欲から、”生きた百科大事典”とも呼ばれるほどであった。その実績から、アメリカ農務省から省内に入って欲しいと要望書が届いたこともあった。そんな天才だが、実は高学歴ではない。むしろ生涯定職することなく無職であった。現代で言えばまさに”ニート”である。

また、南方の言動は奇抜で人並みはずれたものであった。そのため、南方に関する数えきれないほどの逸話が残されている。逸話の一つに、自宅の柿の木で粘菌新属を発見したという話がある。それまで粘菌は、腐木に生息するものだと言われていたため、この発見は快挙であった。発見された粘菌は、長い糸の南方の粘菌という意味を持つ、“ミナカテラ・ロンギフィラ”と命名された。

また、粘菌標本をキャラメルの中に入れて昭和天皇に献上したという話もある。後年、昭和天皇はあのキャラメル箱の衝撃は忘れられないと話していたようだ。

この2つだけでも、”南方熊楠”の奇抜さが見えてくるのではないだろうか。是非、他の逸話も調べてみてほしい。

- 昭和天皇

昭和天皇は、日本の第124代天皇である。生物学者として海洋生物や植物の研究にも力を注いでおり、赤坂離宮内に生物学御研究室が創設するほどであった。粘菌とヒドロ虫類(ヒ

ドロゾア)の分類学的研究をしており、在野の粘菌研究第一人者である南方熊楠氏のもとを訪れて進講を受けた。昭和天皇の研究成果の多くは、戦後発表されている。

- ハイน์リヒ・アントン・ド・バリー氏

ハイน์リヒ・アントン・ド・バリー氏はドイツの菌学者である。植物病理学の父と呼ばれている。また、近代的な菌類学の基礎を築いた。変形菌を孢子から培養し、変形菌の生態は動物的であることがつきとめ、初めて詳細な生活環を発見した。子実体、細毛体、孢子の形成など、発生学的なことも観察している。そして、1858年に変形菌に”Mycetozoen(”現在の”Mycetozoa”)という名を与えた。

- 神谷宣朗氏

神谷宣朗は植物学、細胞生理学を専門とする日本の生物学者、理学博士である。また、粘菌研究を世界に広めた人物でもある。代表的な実験としては、複室法である。この実験では、圧力が粘菌の原形質流動に及ぼす影響を調べた実験である。この実験については、本手引き書の先行研究で詳しく説明されている。

- リスター父娘

アーサー・リスターとグリエルマ・リスターは、19世紀後半から20世紀前半にかけて活躍したイギリスの粘菌研究者である。父アーサーは、粘菌ブドウフウセンホコリの培養を行い、その成果に基づく粘菌の原形質流動についての報告をリンネ協会で行った。娘グリエルマは、早くから父の粘菌研究を助けていた。父アーサーは著書『粘菌モノグラフ』で「私の粘菌研究と、図版の準備期間を通じて、ずっと娘グリエルマ・リスターの援助を受けた」と記している。

(文責: 波多野単)

3.8 粘菌とエンターテイメント

項目「粘菌とエンターテイメント」では、読者に粘菌をより身近に感じてもらえるよう、粘菌が登場するエンターテイメント作品を紹介した。粘菌が登場するエンターテイメント作品は数少ない。今回は、その数少ない作品の中から漫画作品を中心に3作品選んだ。選んだ漫画作品は、『風の谷のナウシカ』、『猫楠』、『もやしもん』である。以下、各作品の紹介文を記載する。

- 風の谷のナウシカ

漫画『風の谷のナウシカ』は、『月刊アニメージュ』の1982年2月号から94年2月号まで、何度かの休載を挟み13年にわたって描かれた。単行本7巻まで発売され、発行部数は累計1200部を超えている。ジブリ映画として有名である映画版は、漫画原作の単行本2巻までをまとめたものである。基本設定は同じだが、細かい部分は大きく異なっている。

映画では、トルメキア軍の侵略によって風の谷の姫であるナウシカは、人質としてペジテ市に同行させられる。一方、漫画版ではトルメキアと土鬼(ドルク)という2つの帝国の戦争に参加する設定になっている。

粘菌が登場するのは物語の中盤(4巻?5巻)である。粘菌は、土鬼の科学者がトルメキアを倒すために開発した植物兵器として描かれる。トルメキアの空中戦艦の中で巨大に成長した粘菌は、空中戦艦を覆い尽くし溢れ出した後に土鬼の領地を侵食し、あっという間に直径

数キロもの姿になる。本物の粘菌の変形体が餌を求めて活動するのと同じく、粘菌はあらゆるものを吸収し成長し続ける。

ナウシカはこの事態を収集するべく、腐海で粘菌を採集したことを思い出す。粘菌をガラスピンに移したとき、粘菌は不安そうに悲鳴をあげていた。しかし、他の菌に合流させた後はその菌と融合し落ち着きを取り戻していた。ナウシカは、手に負えないほど成長してしまった巨大な粘菌も同じではないかと考える。事態を招いた人間はどうすることも出来ず、森に任せることしかなかった。

10年以上も前に、粘菌が心を持っているように描かれている漫画版は、ぜひ読んでほしい作品である。

● もやしもん

漫画『もやしもん』は、青年漫画誌『イブニング』（講談社）2004年16号より連載されている。菌・ウイルスと農業大学生生活を主のテーマとしており、現在単行本10巻まで発売されている。

東京にあるとされる「某農業大学」に入学した主人公・沢木惣右衛門直保（さわきそうえもんただやす）は、菌やウイルスを肉眼で視認し、会話する事ができるという不思議な能力を持っていた。その能力から彼は、菌やウイルスに関する様々な騒動に巻き込まれていく。直保の見える菌たちは、デフォルメされたキャラクターとして描かれており、菌をより身近に感じることができる。

粘菌が登場するのは2巻。フィサルム・ポリセファルムという粘菌を使って迷路を解く実験の様子が描かれている。脚注には、「フィサルム・ポリセファルム：真性粘菌モジホコリ。多数の核と流動する原形質で生成される。DNA 情報だけで動いている。五感があるという説も。」という説明と共に、デフォルメされたイラストが掲載されている。

このように、もやしもんで登場した菌・ウイルスの名称、作者なりの説明、そしてイラストが描かれている。フィサルム・ポリセファルムとは、飼育方法が確立している粘菌であるため、研究や教材に使われることが多い粘菌である。温暖な地域を好み、春から秋に腐った木やキノコ、草などの上に発生することがある。変形体は白色や黄色っぽい色をしている。

『もやしもん』は、第12回手塚治虫文化賞マンガ大賞、第32回講談社漫画賞一般部門、平成20年度醤油文化賞受賞作などの賞を受賞している。また、テレビアニメ・テレビドラマも作られている。粘菌を始めとする菌・ウイルスを身近に感じるエンターテインメントとしては優良な作品だろう。

● 猫楠

漫画『猫楠』は、『ミスターマガジン』（講談社）にて1991～92年に連載された。現在は角川ソフィア文庫から単行本1巻が発売されている。

南方熊楠の一生を、『ゲゲゲの鬼太郎』などで有名な水木しげるが描いたものである。全編を通して「猫楠」という猫が登場し、熊楠の生涯のパートナーのような存在として描かれている。（ちなみに、「猫楠」と名付けたのは熊楠自身）作中では、熊楠は猫の言葉を話することができるという設定であり、自由に猫と言葉を交わしている。猫楠の他にも様々な猫が登場し、それぞれが人間のように会話をしている。猫特有の可愛らしい仕草をしつつも、人間のような仕草をするというギャップが、また可愛らしい。猫漫画として紹介されることがあるほど、猫好きにもオススメな一冊である。

所々、下品な話が登場してくるため少し注意が必要である。しかし、熊楠を語る上で下品

さは必要不可欠なのだ。むしろ、下品さこそが熊楠の魅力なのだ。そして、水木しげるは熊楠をしっかりと下品に描き、同時に熊楠の魅力も上手く描いている。今作を描くにあたって、熊楠の事を十分に調べ上げたのだろう。

巻末には水木しげると中沢新一の対談、荒俣宏・中沢新一による解説、そして水木しげるによるあとがきを収録されている。そちらもぜひ読んでもらいたい。

水木しげるといえば、妖怪漫画や戦記漫画について多く語られているだろう。その点では、この『猫楠』は水木しげるの作品の中では異色である。しかし、前述した通りに南方熊楠への強い思い入れが感じられる。文字だけの伝記を超えた伝記と言っても過言ではないだろう。

本作の他に水木しげるが南方熊楠を描いた作品は、「怪少年」、「てんぎゃん」、「快傑くまくす」の3つである。

ここから、本項目の製作過程を記載する。

本項目は、粘菌が登場する漫画作品を紹介することで「粘菌を身近に感じてもらいたい」という理由から手引書に取り入れることになった。本プロジェクトのメンバーに聞いたところ、上記の『風の谷のナウシカ』と『もやしもん』の二作は、漫画自体は知っていたが粘菌が登場することは知らなかった、という学生が多かった。知らず知らずのうちに粘菌に触れていた可能性があるということだ。よって、本項目の狙いのひとつに、粘菌という存在を思い出してもらい、再認識してもらうという狙いもある。

文章を執筆するにあたって、まず3つの作品をひと通り読んだ。読み終えた後、関連書籍やインターネットを参考にして、作家のプロフィールや漫画作品の連載期間など、作品自体からは得られない情報を収集した。

プロジェクト内で何度か推敲を行った後、大学内の数名に文章を読んでもらい評価してもらった。このように、推敲と評価を繰り返し完成させていった。

外部にモニター依頼をした際に得たフィードバックは以下のようなものである。

- 誤字・脱字があった
- 紹介されている筆者の別作品があれば知りたい

これらのフィードバックを受けて、以下のような訂正を加えた。

- 誤字・脱字の訂正
- 『猫楠』において、水木しげるが南方熊楠を描いた作品を紹介

(文責: 庭山和真)

3.9 関連書籍

現在、粘菌に関する様々な本が出回っている。しかし本の内容・形態は様々であるため、各々にあった本を探すのは容易ではない。そこで、目的にあった本を探す手助けをするために、“関連書籍”では粘菌に関する書籍を紹介している。紹介する書籍を選ぶにあたっては、入手が容易にできることを大前提とした。1冊目として、「粘菌 - 驚くべき生命力の謎 - 」を紹介している。2冊目として「日本変形菌類図鑑」を紹介している。3冊目として「猫楠」を紹介している。そして最後、4冊目として「粘菌 - その驚くべき知性 - 」を紹介している。“関連書籍”の項目の中で、でこれ

らの書籍を紹介することによって、粘菌への興味が深めてもらいたい。その興味は粘菌の生態への興味のみにとどまらず、粘菌の美しさや人間社会への可能性など様々な面を感じてもらいたい。

ここで、この項目で掲載した書籍について紹介していく。

「粘菌 - 驚くべき生命力の謎 - 」



図 3.20 粘菌 - 驚くべき生命力の謎 -

29.6 x 20.8cm という大きなサイズの本である。250 点余りに及ぶカラー写真が収録されている。写真は細部にわたって粘菌、子実体の姿が観察できる大きな写真である。そのため絵本を読むかのように気軽に楽しむことができる。

「日本変形菌類図鑑」

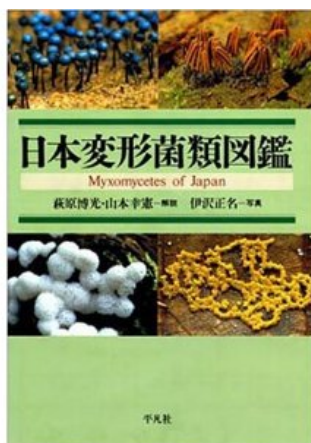


図 3.21 日本変形菌類図鑑

粘菌の生態や収集・飼育方法が詳しく書かれている。巻末に用語の解説、和英・英和の用語対照表、学名索引、和名索引等があり、粘菌の教科書とも言えるだろう。粘菌の生態について詳しく知りたいと感じた人には是非読んでいただきたい1冊である。

「猫楠」

粘菌研究の第一人者とまでいわれた南方熊楠氏の生涯を熊楠の飼い猫の目を通して描いた自伝的な漫画である。天才の奇矯さ、生き活きとした人物像が魅力的な1冊である。粘菌への興味がさらに大きくしてくれるのではないかと考えている。



図 3.22 猫楠

「粘菌 - その驚くべき知性 - 」



図 3.23 粘菌 - その驚くべき知性 -

「知性とは発達した大脳皮質をもつ生きものだけが持てるものである」。この本を読むことによって、この常識は覆されることとなる。粘菌が周囲の環境変化に反応する様子を人間社会での現象に置き換えて考える。粘菌への更なる可能性や、人間社会との共通点を見いだすことができるのではないかと考えている。

(文責: 波多野 単)

第4章 キット

4.1 飼育キット

4.1.1 背景

粘菌飼育キットというものが世の中に存在する。しかし、既存の飼育キットは値段が2万円弱と非常に高い物もある。7千円の飼育キットを購入・使用してみると、粘菌の菌核（スクレロチウム）は小指の爪ほどの大きさで、飼育に関する説明書はA4一枚であった。説明書は非常にわかりづらく、簡単にしか書かれておらず、飼育に関する情報はないに等しいくらい既存の飼育キットの説明書の情報量は乏しい。また、粘菌を培養し、増殖させる技術というものは意外と難しいのである。さらに、普段粘菌という生き物に携わらない人々にとっては、どのような状態が飼育が成功しているのか、あるいは、失敗しているのかわからないものだ。

（文責: 渡邊悟史）

4.1.2 概要

既存の飼育キットではわかりづらい飼育の準備から粘菌への餌の与え方、飼育環境などを写真を多用し、幅広くわかりやすく説明書を制作してある。また、菌核（スクレロチウム）の量を合計A6サイズほど付属することにより、飼育を何度も行えるようにしている。また、既存の飼育キットと違い、飼育のみについてくわしく記載してある。

（文責: 渡邊悟史）

4.1.3 活動内容

事前

プロジェクト開始時、メンバー全員が粘菌というものが「どんな姿形をしているか」「どんな匂いなのか」「どのように飼育するのか」「どのように増殖するのか」「どのような環境下で飼育するのか」などのことを全く想像できていなかった。そのため、まずは担当教員の指導のもとメンバー全員で実験室を使用し粘菌を飼育した。担当教員の指導のもとで飼育したため、見事培養は成功した。しかし、初めから培養が成功したために、培養の難しさというものを実感することはできなかった。また、寒天や水、餌や飼育環境はどれも担当教員の経験上、粘菌飼育に適した物を使用した。そのため、どのような飼育の仕方が失敗の原因になるかということはわからなかった。そこで、それら全ての問題を解決し、かつ、どのような説明書が使用しやすいのか、どのような項目や説明があると良いかなどを明確にするために、制作に向け、以下のことを行なった。

制作

- 各自、自宅で粘菌飼育を行う
- 粘菌飼育を行う上で、あえて失敗する方法も探してみる
- 粘菌飼育の成功例の写真だけでなく、失敗例の写真も撮影しておく
- 粘菌飼育を行う上で、気になったことなどを列挙する
- メンバー全員で、粘菌飼育の状況や気になったことなどの情報交換を行う

(文責: 渡邊悟史)

4.1.4 内容物

- 説明書
- 菌核(スクレロチウム)
- 餌(オートミール)
- 寒天
- 滅菌シャーレ
- スパーテル

説明書

説明書の制作過程

まずは粘菌について各自学習した。その後、入門書作成を行うために、入門書にどんな項目を載せるか話合った。そして、粘菌飼育という項目ができた。しかし、粘菌についての知識はあまりなく、粘菌を飼育したことがなかった。そこで、指導教員のもとメンバー全員で、1週間粘菌飼育をした。1組3人のグループを3つ作り、グループでローテーションしながら飼育をした。粘菌飼育の知識は皆無だったので、飼育に関して詳しく細かく指導教員に教えて頂いた。「どの容器を使用するのか?」「どの寒天を何g使用するのか?」「どんな水を使用するのか?」「スクレロチウムをどのように置くのか?」「どんな場所に保管するのか?」「餌は何か?」「餌をどのように与えるのか?」「飼育をする上での注意点は何か?」「新しい培地にはどのように移すのか?」「スクレロチウムはどのように作るのか?」「作成したスクレロチウムはどのように保管するのか?」などを教えて頂き、飼育担当したグループがその日の飼育状況を撮影した。そこまでの飼育過程を全て、メモした。粘菌飼育は大成功だった。最初に使用したスクレロチウムから、およそ3~5倍近くのスクレロチウムを作成でき、かなりの量を培養することができた。実は、粘菌の培養というのは高い技術が必要で、担当教員の下で行なったので飼育は成功したのだった。飼育キットでは、誰が行なっても飼育が成功するようにしなければならない。そのため、プロジェクトメンバー全員が自宅で各自粘菌を飼育した。飼育するにあたり、飼育道具一式を準備した。その中身は、「寒天培地が敷いてある滅菌シャーレ5個」「培養済みの粘菌」「スパーテル」「オートミール」であった。これを袋に入れメンバー全員に配布した。このセットが飼育キットの原案となった。その後は、各自で粘菌を飼育し、各自好きに飼育環境や餌を変え、あらゆる飼育方法を試した。そこでの飼育失敗例や、飼育をする上で気になったことを列挙していき、説明書を作成していった。自宅で粘菌を飼育する際どのように飼育環境を変化させたかを記載する。シャーレの蓋を締め切ってしまうと湿度が上がり雑菌が繁殖するので、実際に蓋を締め切ってしまうと雑菌を繁殖させたまま飼育することをした。その

他には、寒天に水を入れて置き、蓋を締め切って飼育する。他には、餌を大量に与えて、蓋を締め切って飼育する。他には、餌を与える度に、粘菌をスパーテルでひっくり返したり、混ぜたりして飼育する。他には、粘菌はタバコの煙を嫌うことが分かっていたので、タバコの葉を餌として与える。他には、寒天培地の半分には料理酒を付け、もう半分にはジャムを置いて置き、飼育する。他には、粘菌が広がるには好き勝手に進めないように寒天培地を切り抜き、迷路のようにして飼育する。他には、粘菌が蓋からはみ出してしまったので、あえてそのまま飼育する。これら、遊び心も含め、あらゆる飼育方法を試した。そして、多くの失敗例が得られた。これらの失敗例は、説明書の「粘菌飼育の失敗例&粘菌の死亡」という項目に写真を載せ、原因も載せてある。特に、「粘菌が白くなる？」という項目に関しては、粘菌が白くなるというのは粘菌飼育の失敗例だと知らない人が多いということもわかった。この粘菌飼育の失敗例を載せるというアイデアは指導教員からも好評であった。説明書の制作をしていく上で、「写真を多様しわかりやすくする」「成功例だけでなく失敗例も記載する」「気になったことは全て調べ記載する」「Q & A を載せることで、説明書の情報の中で比較的重要な部分を復習できる」などの工夫をした。また、豆知識という項目を作り、粘菌を食べてはいけないという注意点があるが、粘菌を食べている民族がいたなどの粘菌の面白さを伝える項目も載せた。この項目は、最終的には入門書に移した。

説明書作成後、メンバーや指導教員に添削や、文字の大きさや文章の書き方、見やすさなどたくさん意見の頂き、およそ5回くらい何度も作成し直した。指摘して頂いた具体的な内容は、当初は赤い文字で強調する部分が多かったが逆に重要度が下がる、全ての文字の大きさが同じなので補足内容は文字を小さくするなどの工夫をする、写真の下には写真番号と写真の名前を記載する、写真と文字の配置についてなどであった。また、寒天培地を作るときの寒天の溶かし方などを載せるのは詳しすぎるので省いてはどうかという意見も出たが、普段の生活の中で寒天を溶かすことがある人は少ないだろうという考えから詳しく記載することにした。

説明書作成に関して、前半は OpenOffice.org Writer を使用していたが、後半からは Adobe Illustrator を使用した。Illustrator の使い方に慣れるまでに時間がかかったが、Writer に比べ、写真や文字の配置・大きさなどが用意に変更できたので、多くの改善点を反映できた。指導教員やプロジェクトメンバーだけでなく、粘菌に興味を持っている友人や、逆に粘菌に興味など全くない友人など多くの方々にも読んでもらった。意味がわかりにくい文章や、構成の仕方、デザインに関してなどの改善点を指摘して頂いた。そうした度重なる添削を行なった後、説明書は仮完成した。後期の活動では、高校の教師の方々にもモニターになって頂き、粘菌を詳しく知る松本淳さんに添削をして頂き、プロジェクト関係者が気付かなかったことなどの改善がなされ、説明書は完成した。

以下に、完成した説明書を記載する。しかし、フィードバックで指摘して頂いたことによる改善が、モニターに出す前と出した後で変化した部分が多い部分に関しては、どのように変化したのかを比較できるように、あえて改善前の文章となっている。

(文責: 渡邊悟史)

用意するもの

飼育するには以下の物が必要である。

スクレロチウム・寒天・水・オートミール・スパーテル・シャーレもしくは蓋付きの容器・鍋・ヘラ

飼育環境

飼育する上で必要な環境のポイントは3点である。各ポイントに対しての補足も記載する。

粘菌に光が当たらないように暗所で飼育する。

粘菌が容器から出てしまっても大丈夫のように箱の中などで飼う。缶やプラスチックの箱でも良いが、空気の流通がない密閉された箱の場合、容器から粘菌が出てきてしまいやすいのでダンボールが良い。黒いカーテンを使用して暗所を作り、粘菌を飼育する方法もある。粘菌にエサを与えずに飢餓状態にし、1～2時間光を当てると子実体の形成が始まる。子実体から放出された胞子は水分の多い所で発芽し、アメーバの状態になる。しかし、このアメーバ状の細胞は生きたバクテリアを餌とし、オートミールで飼うことはできず、変形体に成長させるのは困難となる。

湿度が高く、じめじめしている所が望ましい。

飼育温度は25℃が最も良い。

25℃でなくても大丈夫なので真冬以外はあまり気にしなくて良い。真冬の場合は、温度調節すると良い。例えば、湯たんぽにお湯を入れてクーラーボックスに入れて温かくするなど工夫した温度調節を考えると良い。

飼育準備

粘菌を培養するための培地を作る。寒天を使った培地のことを寒天培地と呼ぶ。寒天培地の代わりに湿らせたペーパータオルやろ紙を使って粘菌を飼うこともできる。準備の手順は主に次の4つである。

1%の寒天を作る

1%とは水100gに対して寒天1gである。寒天と水を鍋に入れ、火にかける。火加減を中火もしくは強火にして、寒天が焦げ付かないようにヘラでかき混ぜながら温める。煮立ったら10秒ぐらいで火を止める。鍋を手で触っても火傷しないぐらいの熱さまで鍋を冷やしておく、容器に寒天を入れた後の寒天を冷ます時間が短縮できる。

容器に5～10mmぐらいの厚さになるように寒天を入れる。

寒天の中にすごく大きな泡ができた場合は、泡をつぶす。寒天を室温まで冷やし、蓋をした時に水滴が付かないぐらいにする。

適当な大きさのスクレロチウムを寒天の端に置く。

最初に5～10分放置し粘菌に水を吸収させる。粘菌と水が馴染んだら余分な水は捨てる。粘菌に水を馴染ませるためなので、水の量は多めで良い。

蓋を少しずらした状態で蓋を閉め、暗所に置く。

容器の中の湿度が高くなりすぎることを防ぐため、少しずらして蓋をする。一晩経つ粘菌が出てくる。この状態になったらスクレロチウムの紙を捨てる。

餌の与え方

餌はキットに付属されているオートミール(クエーカー社製、雪印乳業販売の「クエーカー・オーツ」)である。漂白剤の使っていないものなら、そば粉やパン粉なども餌となる。1日2回、朝と夕方に与えると良い。餌の与え方のポイントは主に次の3つである。

粘菌の上に餌をまんべんなく置いていく。

粘菌は食べ残した餌を再び食べることはない。そのため、粘菌の量に応じて餌の量を増やすと良い。しかし、餌の量が多いとカビが発生しやすくなる。

置いた餌が湿る程度にまんべんなく水をかける。

蓋を少しずらした状態で蓋を閉め、再び暗所に戻す。

餌は粘菌の上だけに置くのが良い。粘菌のいない所に餌を置くと、粘菌が餌を求めて移動する姿を見ることができる。しかし、寒天培地は粘菌だけでなく雑菌にも生活しやすい環境である。粘菌

がない所やスクレロチウムが置いてあった所に餌を大量に置いてしまうと、雑菌やカビが繁殖し、悪臭がしてしまうことがある。

粘菌を別の培地に移すには

粘菌を別の新しい培地に移す時は、付属のスパテルで、粘菌を新しい培地の上に置く。寒天が乾いた場合は、粘菌のみを移しても良いし、餌ごと粘菌を移しても良い。また、寒天ごと粘菌を移しても良い。粘菌を移す際は、できるだけ粘菌の体を傷つけないようにする。

スクレロチウムを作る

十分に濡らしたペーパータオルやろ紙の上に粘菌を移し、徐々に乾かすと菌核を形成し休眠する。この粘菌の休眠体がスクレロチウムである。スクレロチウムはビニール袋に入れ、冷蔵庫にしまっておけば1~2年は休眠させておくことができる。スクレロチウムを作る時は、粘菌の量に応じて使用する容器を変える必要がある。

粘菌が少ない時、シャーレを使用

十分に濡らしたペーパータオルやろ紙を寒天の上に置く。粘菌がペーパータオルやろ紙の上に上がってきたら、ペーパータオルやろ紙を取り出す。取り出したものを暗所で自然乾燥する。

粘菌が多い時、バケツを使用

バケツの底に寒天ごと粘菌を置く。十分に濡らしたペーパータオルやろ紙をバケツの側面に貼り付ける。粘菌がペーパータオルやろ紙の上に上がってきたら、ペーパータオルやろ紙を取り出す。取り出したものを暗所で自然乾燥する。

特に注意することは、十分に濡らしたペーパータオルやろ紙と、寒天やバケツの側面の間に空気が入らないようにすることである。バケツの側面に貼り付ける時は、端を少し重ねると良い。粘菌の乗っているペーパータオルやろ紙を乾燥させる時は、暗所でゆっくり乾燥させることが重要である。ドライヤーなどを使用して急速に乾燥させてはいけぬ。急速に乾燥させると、菌核の形成が間に合わず粘菌は死んでしまう。

粘菌の飼育をやめる

飼育をやめる時は、主に次の3つが挙げられる。

スクレロチウムを作り、保存する。

粘菌飼育が失敗したり、粘菌が死んでしまった場合は、熱湯をかけるなどして滅菌処理を施してから捨てること。生ゴミ処理機がある場合には、寒天ごと処理機に入ると良い。

粘菌を森林に置いてくる。

粘菌飼育での注意事項

粘菌飼育での注意事項は主に次の2つである。

粘菌を食べたり、舐めたりしてはいけぬ。

粘菌を野外に放してはいけぬ。

元気な粘菌・弱った粘菌

元気な粘菌の特徴は、リズムを刻みながらよく動き、色が綺麗なレモンイエローであり、管がたくさんあることである。弱った粘菌の特徴は、全然動かず、色がレモンイエローではなく、明らかな悪臭がすることである。弱っているかどうかは飼育しながら様子を見て、注意する。弱っている

場合は、新しい培地に移したり餌を与えたりすると、回復する場合もある。

粘菌飼育の失敗&粘菌の死亡

匂いや色が普段と違ったり明らかな悪臭がした場合は、残念ながら粘菌の飼育の続行は無理である。衛生上良くないので粘菌の飼育を中断し、熱湯をかけるなどして滅菌処理を施してからシャーレや寒天培地ごと捨ててください。粘菌飼育での失敗例は次の7つである。どのような状態なのかだけでなく、どのようにして次のような状態になってしまったのかの原因も記載してある。



図 4.1 カビに侵される



図 4.2 粘菌が白い？



図 4.3 粘菌が赤い？



図 4.4 粘菌の周りに赤い枠



図 4.5 粘菌の腐敗



図 4.6 粘菌の逃走

- カビに侵される

- 粘菌がカビに侵され、カビが繁殖している。蓋を閉め切った状態で餌を与えないとこのような状態になってしまう。



図 4.7 寒天培地に雑菌繁殖

- 粘菌が白い？
 - － 粘菌が白くなったように見える。しかし、粘菌が白くなったのではない。白い部分は粘菌ではなく雑菌である。粘菌の通ったあとの粘物質は雑菌の餌となるため、粘菌が通った部分に雑菌が繁殖し、白くなった。
- 粘菌が赤い？
 - － 粘菌が赤くなったように見える。しかし、粘菌が赤くなったわけではない。赤い部分は粘菌ではなく雑菌である。蓋を閉め切った状態で餌を大量に与えたとこのような状態になってしまう。
- 粘菌の周りに赤い枠
 - － 粘菌の周りに赤い枠ができています。赤い部分は雑菌である。蓋を閉め切った状態で餌を与えないとこのような状態になってしまう。
- 菌の腐敗
 - － 粘菌が腐敗してかなりの悪臭がする。寒天培地に水を張った状態で、粘菌に餌を与えないとこのような状態になってしまう。
- 寒天培地に雑菌繁殖
 - － 寒天培地の上にコロニーという雑菌の巣ができたものである。寒天培地を作った際に、蓋に水滴が付いた状態で保管しておくことこのようになる。このような状態の寒天培地では、粘菌飼育はできない。新しい寒天培地を作ると良い。

豆知識

粘菌を飼育しながら気になったことを調べる中で面白いと感じた記事などを4つ載せてある。

粘菌を食べていた人がいた。

メキシコでは粘菌を食料とする先住民がおり、トルティーヤというものに混ぜて焼いて食べていた。大型のドロホコリやススホコリの若い子実体を焼いて食べたり、フライの衣として使用されていた記録もある。このような記録はあるが、絶対に真似してはいけない。

なぜ寒天を使用した培地を使うのか？なぜゼラチンではないのか？

寒天は多糖類でできているが分解できる生物はほとんどいない。そのため寒天はカロリーゼロとして扱えるので栄養素を追加し培地として扱える。しかし、ゼラチンはタンパク質なので生物に分解され栄養素として利用されてしまうため、ゼラチンを使った培地は使用されることはない。

粘菌が農業を営む。

キイロタマホコリカビという粘菌は、エサとなる細菌が減ると、細菌を食べ尽さずに一部を体に取り込む。そして、胞子を拡散する時に細菌も一緒に拡散する。新天地で胞子から生まれた粘菌は一緒にばら撒かれた細菌が増殖するのを待ち、増えた細菌を食べ成長する。細菌の一部を種とし、

新天地で増殖させてからエサとすることは原始的な農業といえる。

粘菌が地球を救う。

ダイオキシンで汚染された土地に粘菌を撒くと、粘菌が一度に 80 %のダイオキシンを除去する。日本では国会議員の反発でこのデータの公表はストップされている。このデータは海外の研究機関のフランス系カナダで微生物を活用して土を浄化する研究で発見された。

Q & A

Q & A は次の 7 つである。これらは特に注目して頂きたいことを記載してある。

Q1. 粘菌は直接触って大丈夫？

大丈夫です。粘菌を触ったあとは必ず手を洗いましょう。比較的刺激に弱い皮膚に付いた場合は、すぐに洗い流してください。

Q2. 子供やペットが誤って粘菌を食べてしまった場合はどうすればいい？

絶対に食べないでください。身体に影響を与える可能性があります。すぐに病院に行きましょう。

Q3. 粘菌の飼育で使う水は水道水で大丈夫？

水道水で大丈夫です。滅菌の必要もありません。

Q4. 粘菌飼育での寒天培地の作成時、どんなメーカーの寒天でも大丈夫？

基本はどんなメーカーの寒天でも大丈夫ですが、その時々で良い悪いがあるため実際に寒天培地を作り粘菌の飼育をして調べてみてください。

Q5. 粘菌の飼育が失敗してしまった。粘菌が死んでしまった。どうすればいい？

「粘菌飼育の失敗例&粘菌の死亡」の項目のようになってしまった場合や粘菌から悪臭がしたり、何日経っても粘菌がほとんど動かないなど粘菌が死んでしまっている可能性がある場合、衛生上良くないです。そのため、粘菌の飼育を中断し、熱湯をかけるなどして滅菌処理を施してから捨ててください。生ゴミ処理機を使うのも良いです。また、野外に放すことだけは絶対にしないでください。生態系へ悪影響が及ぶ可能性があります。

Q6. 粘菌が容器からあふれてしまった。どうすればいい？

粘菌が容器からあふれてしまった場合、あふれた粘菌を新しい培地に移すと良い。紙の上などに粘菌があふれた場合は、そのまま菌核（スクレロチウム）を形成するまで見守ると良い。

Q7. 粘菌飼育でわからないことがあったらどうすればいい？

粘菌飼育や粘菌についてなどでわからないことがあれば、入門書の関連書籍の項目で紹介してある本を読んだり、インターネットで調べると良い。公立はこだて未来大学中垣俊之教授もしくは中垣研究室あてにメール等で問い合わせても良い。

(文責: 渡邊悟史)

フィードバック

高校教師の方や松本淳さんによるフィードバックは以下の 6 個であった。このフィードバックを元に説明書を改善した。

① p.3 の飼育準備の写真 5 の容器は写真 6 ~ 写真 8 の容器と異なるので、高校生はとまどうと思います。写真 5 の容器を写真 6 ~ 写真 8 と一致させたほうがよいと思います。

② p.8 の写真 17 とその説明は、p.3 の飼育準備に移し、雑菌が入らないように注意喚起した方がよいと思います。

③ p.9 の下から 2 行目で、国会議員の話が掲載されていますが、このことに関する確実な証拠があるのでしょうか。例えばこの飼育編がマスコミに取り上げられたときに、思いがけないハレーションが起き、皆さんが窮地に立たされるおそれがあるのではないかと懸念します。もちろん確実な証拠を皆さんがお持ちであれば問題ありません。

④ p6、粘菌の飼育をやめる：下の二つ、「粘菌を森林の倒木や落葉においてくる」と「粘菌飼育が失敗したり、粘菌が死んでしまった場合は生ごみとして捨てる。」はやってはいけません。実験で使っている「モジホコリ」はアメリカで採集され、実験室内で管理されて増やしたものです。決して野外に放ってはいけません。また、逃げ出さないように十分に注意して飼育すべきです。野生化してしまえば、アライグマやブラックバスなどと同じように、日本の生態系へ悪影響を及ぼしかねません。生ゴミとして捨てる場合も、熱湯をかけるなど、滅菌処理を施してから捨てるようにしましょう。

⑤ p9、粘菌が農業を営む？：これは、真正粘菌類ではなく、細胞性粘菌類についての研究です。

⑥ p9、粘菌が地球を救う？：「国会議員の反発で...」とありますが、どういう経緯か、ちょっとわかりません。何か国家的陰謀の臭いがする書き方になっていますが、どうなのでしょう？書き方について指導教員と相談してみてください。ところで、生き物の代謝を利用して有害物質を取り除く手法は bioremediation と言いますが、粘菌を使って、土壌中の有害物質（とくに重金属）を除去しようという試みは幾つかあります。

（文責：渡邊悟史）

改善点

①に関して

寒天の厚さを示す容器がシャーレに対して、その他の写真が蓋付きの大容器であったのが問題だった。寒天の厚さは記述してあるので、混乱を招いてしまうのであれば、あえて写真を載せる必要ないと判断し、写真を記載するのを取りやめ、文章とその他の写真のバランスを整えた。

②に関して

本来は粘菌飼育の失敗&粘菌の死亡の項目にあった、寒天培地の雑菌繁殖を、飼育準備の項目に記載し、雑菌が繁殖しないように注意喚起した。

③と⑥に関して

ハレーションが起きる危険性のある記述だったのが問題だったため、後半部分を次のように変更し、bioremediation についての記載も次のように追加した。

ダイオキシンで汚染された土地に粘菌を撒くと、粘菌が一度に 80 %のダイオキシンを除去する。このデータの公表はあまりされていない。このデータは海外の研究機関のフランス系カナダで微生物を活用して土を浄化する研究で発見された。このように生き物の代謝を利用して有害物質を取り除く手法を bioremediation という。粘菌を使って、土壌中の有害物質（とくに重金属）を除去する試みもある。

④に関して

粘菌の飼育をやめるという項目にあった、粘菌を森林に置いてくるという記述が問題だったため、飼育キットに使用するモジホコリについて記載し、次のように変更した。

粘菌を決して野外に放してはいけない。飼育キットで使用する粘菌はモジホコリで、これはアメリカで採集され実験室内で管理され増やされたものなので、野外に放してはいけない。もし、野外に放し、野生化してしまうと、日本の生態系に悪影響を及ぼす可能性があります。

⑤に関して

真正粘菌類ではなく、細胞性粘菌類についての研究であったことが問題だった。今回、題材としているのは真正粘菌類なので、この記載は削除した。また、豆知識という項目は入門書に記載すべきと考え、飼育キットの説明書での記載は取りやめ、入門書に記載した。

(文責: 渡邊悟史)

4.2 採集キット

4.2.1 背景

本プロジェクトの背景にもあるように“粘菌”という生物があまり知られていない事と、実際に実験をしたり外で遊んだりする機会がない事、この二つの根底をもとにこの二つを最も満たすキットはどんなものかを考えた結果採集キットを作ることにした。キットを採集目的にすることにより必然的に自然に触れることができ、また粘菌という生き物も知ってもらえる。その中で自然に触れる喜びや粘菌の面白さを知ってもらいたい。

(文責: 川眞田亘)

4.2.2 概要

このキットは”実際に自然に触れること”を目的に”粘菌の採集”を行なってもらうもの。何の予備知識もないまま採集に出かけてもおいそれと粘菌を見つけるのはなかなか難しいです。それによりまずはキット付属の手引き書やDVDで採集に関してある程度学び、そのあとに付属されている図鑑を手元に採集に出掛けられるようになっている。図鑑に関しては実際に何かしら見つけたものが粘菌かどうか分からないといった点をカバーするべくして持ち運びやすいサイズとして同梱している。更には採集ができたなら、それを使い標本作りもできるようになっている。標本に関しても保存、持ち運びしやすいような標本箱や、イメージがつきやすいように標本サンプルも一緒にはいつている。

(文責: 川眞田亘)

4.2.3 活動内容

事前

まずはじめに粘菌についての生態やライフサイクルなどを学習したり、担当教員から講習を受けたりして前期のうちに採集に出かけた。そこで私たちは偶然にも粘菌が落葉の上に出ていてそれを採集し戻ってから観察をした。その後は採集に行く予定だったが、あいにく天候や日程の都合に恵まれなくそのまま夏期休講に入った。夏期休講では都合のいい者同士の活動や個別の活動になったのだがその中で各自採集キットをどのようなものにするか、どのような工夫をすればいいのかを考え、また採集を試みた。後期に入りグループ内での話し合いを数回設けその中で採集キットを

どのようなキットにするかをかためていった。採集キットを作成するにあたり福井総合植物園の園長であり、採集のスペシャリストであられる松本淳さんに来ていただき、まず粘菌に関してや採集に関しての講義をしていただいた。この時に合わせて採集キットグループで時間を頂き、インタビュー形式で質問などを行った。その後指南を頂くために一緒に採集に出かけた。その中で粘菌のいる場所の木や草などを教えていただいた。その後各割当てをしてキットの製作にかかった。

制作

- 説明書製作
- DVD 製作
- 図鑑製作
- 標本箱製作
- モニター
- 製作物の改善

詳しくは次の章の内容物にて。

(文責: 川真田亘)

4.2.4 内容物

- 説明書・・・採集から標本に至るまで、分かりやすくかつ詳しく記載
- DVD・・・手引書の補足として、映像と音声を用いての採集～標本の説明
- 図鑑・・・採集に行った先で粘菌かどうか判断する指針となるもの
- 標本箱セット・・・簡単に組み立てることができ、持ち運びや保存がしやすいもの
- 標本サンプル・・・標本の指標となるもの
- 乾燥剤・・・標本をするとき使用
- 防虫剤・・・標本を作るとき使用

(文責: 川真田亘)

説明書

説明書の制作過程

前期では、入門書の作成の項目として採集という項目が挙げられた。日本変形菌図鑑の採集の項目を参考に採集に関しての説明書を作成した。しかし、採集に関してはごく簡単にしか書かれておらず、採集風景の写真も記載されていなかった。そこで、指導教員のもとプロジェクトメンバー全員で粘菌の採集を行った。説明書だけでは分からないことが多く、粘菌採集は失敗に終わったが、子実体形成のために落ち葉の上に移動した粘菌の変形体を運良く採集することができた。粘菌の採集を通して、「どのような場所を探せば良いか」「何が必要か」「採集のコツは何なのか」「気をつけることは何か」「どのように標本にすれば良いのか」といった疑問が生じた。また、入門書の中の項目とするよりはキットとして内容が濃いものとした方が良いという考えから、採集キットの作成をすることにした。後期では、採集キット作成にあたって、誠文堂新光社の「粘菌～驚くべき生命力の謎～」と平凡社の「日本変形菌図鑑」を参考に前期で作成した説明書を改善しながら作成した。そこで、粘菌の採集のスペシャリストである松本淳さんにご協力を依頼した。松本さんにご

協力を依頼する上で、どのようなキットにしていくのか、どのようなことを質問するのかを議論した。どのようなことを質問するのかを決めるために、松本さんに来て頂く前に複数回、採集キット班で粘菌の採集に行った。晴れの日だけでなく、雨の日、雨上がり、夕方に採集に行き、函館市にある「四季の杜」や「大沼公園」で採集を行った。雨上がりに採集に行った際、足元がかなり滑り危険であった。四季の杜に夕方に採集に行った時は、薄暗く足元も見えづらかった。そして、森の中なので、熊などの野生動物に遭遇する危険性もあった。大沼公園で採集をした時は、急な坂の上で粘菌を探したり、池や小川などの水回りを探したりし、足元が滑りやすく危険な場所が多々あった。また、採集にばかり集中していたので、自分が今居る場所はどこか、どのように帰れば良いのかがわからなくなり、遭難の危険性があった。複数回の採集を通して、「粘菌採集のために探す場所」、「必要な器具」、「具体的な採集の仕方」、「採集した物の標本の作り方」、「危険防止について」を知る必要があることがわかり、インタビューの質問項目を作成した。インタビューの質問項目決定において、採集キット班のメンバーが予め考えた質問項目を全て書き出し、「どういう所で採集する」、「季節、時間、天候」、「その他」、「松本さんの主観」の4つの項目分けをした。どういう所で採集するのかの項目では、「木や草がない人工的な所にもいる?」、「地域によって見つかるものは違う?」の2つであった。季節、時間、天候の項目では、「季節ごとの(種、探す時間の)違いは?」、「雨の日にも採集できる? - 晴れの日との違い(場所)」、「雪が降っていたら可能か?」、「雪が積もっていたら可能か?」、「総合的に良く見られる種は?(段階をつけて)」の5つであった。その他の項目では、「粘菌と判断する(決定点はある)?」、「間違えやすいものは?」、「カビとの見分け方は?」、「粘菌は群れて生息しているか?」、「採集のコツは?」、「採集の際、気をつけることは?」の6つであった。松本さんの主観の項目では、「粘菌の魅力は?」、「粘菌にした理由は?(どのような経緯で粘菌の写真を撮り始めたか)」、「採集の面白さは?」、「採集の時間は?」、「採集の時の格好は?」、「見つけられないことはある?」、「粘菌なのかどうか(例えばカビ)見分けられないことがあった場合はどうする?」、「お勧めスポットは?」の8つであった。この他に、インタビューする前には何が必要かを考え、その準備として、「プロジェクトの意図や目的、採集キットの作成物を説明」、「撮影許可と録音許可」、「可能ならボイスレコーダーを首からかけてもらう」、「質問文を言う 少し間を空けてもらう 回答 のように事前に打ち合わせ(質問者の声をカットしてテロップに差し替えするという編集しやすいように)」と4つが挙げられた。松本さんには公立はこだて未来大学に3日間来て頂き、粘菌についての講義、粘菌の採集、インタビューをしていただき、全ての工程で録音と撮影をした。公立はこだて未来大学からすぐに行くことのできる「四季の杜」で粘菌の採集を行っていただいた。松本さんの胸ポケットにボイスレコーダーを入れて頂き、松本さんの発した言葉は何一つ聞き逃さないように工夫した。粘菌の採集の撮影に関しては、松本さんの行動のほぼ全てを斜め前アングルから撮影し続け、どのような場所をどのように探し、どのように採集し、どのように標本作りしているのか、粘菌採集のスペシャリストの行動の全てをわかりやすく伝えられるように工夫した。撮影開始後、松本さんはすぐに粘菌を見つけた。その後も次々と粘菌を採集していくが、どこを探せば良いかを熟知している松本さんはあらゆる所を探しており、撮影を斜め前アングルから松本さんの行動の全てを撮影することは難しかった。しかし、斜め前アングルで撮影することを心掛け、採集風景としては申し分ない撮影をすることができた。採集中、松本さんは採集に関してのあらゆる情報を話しており、胸ポケットにボイスレコーダーを入れて頂いたおかげで全てを録音することができた。インタビューでは、事前に用意した質問項目だけでなく、松本さんの回答から深く掘り下げた質問なども追加し、合計90分に渡ってインタビューをさせて頂いた。松本さんにインタビューした質問項目と松本さんのインタビュー内容の書き出しを数日かけて行い、インタビューや撮影した映像、作成した説明書を基に、新たに説明書を作成し直した。説明書を作成

する上で、「写真を多用しわかりやすい説明書にする」「探す場所ではポイントだけでなく、なぜ粘菌がその場所を好むのかという理由や注意点を記載する」「Q & A の項目でインタビュー内容をくまなく利用する」という工夫をした。さらに、標本箱と標本台紙を複製できるように、見取り図と組み立て図を載せ、少しでも危険が伴う可能性がある部分は危険防止に関する注意事項を記載した。以上の工夫によって、準備・探す・採集・標本作りという流れや、採集を行う上での注意点などがわかりやすく、粘菌の採集を楽しんで頂ける説明書を作成することができた。説明書の仮完成後、プロジェクトメンバーと指導教員に添削して頂き、誤字脱字・わかりにくい文章を改善し、松本さんと高校教師の方々にモニターと添削をして頂いた。添削結果を元にさらなる改善をしていき説明書が完成した。以下に作成した説明書を記載する。

(文責: 渡邊悟史)

導入

粘菌は変形体の時と子実体の時では好む環境が違う。そのため、粘菌が好む環境を学習した上で探すのが良い。また、採集する際には、倒木や落ち葉などをじっと眺めたりと普段行うことが少ない作業をする。しかし、この作業を繰り返していれば必ず粘菌を見つけることができる。粘菌を見つけることは難しくない。見つからないと思っ込んでいただけだ。まずは見たことも無いよう所をじっくり観察してみよう。キット面白い生き物に出会えるはずだ。

(文責: 渡邊悟史)

採集場所

粘菌がどのような場所を好むのか。どこを探せば粘菌を見つけやすいのか紹介する。粘菌を見つけやすい所は主に4つである。倒木の樹皮の上や裏・落ち葉の裏表・藪の中の腐植・生きている木の樹皮である。粘菌は、孢子・粘菌アメーバ・接合体・変形体・子実体という姿が違うもののサイクルで生きている。粘菌の採集で注目するのは、変形体と子実体である。しかし、採集する際は変形体よりも子実体を探す方が良い。なぜならば、変形体では種類が特定しにくいからである。変形体を採集した場合、子実体まで育ててみると良い。また、粘菌は至る所に出現するので、紹介する所以外も探すと面白いだろう。粘菌を見つける最大のコツは、「粘菌の性質を知る」ことであり、「とにかくじっくり眺める」ことである。

「変形体の好む環境」

変形体の時期は湿気がないと身動きが取れないが、水が流れている所だと、変形体は流されてしまう。粘菌アメーバの時期は水がないと生きていけない。また、生きたバクテリアを食べて成長する。以上のことから、変形体の好む環境は「比較的じめじめした環境」である。

「子実体形成に適した環境」

子実体を作るときは光に反応して、乾燥が必要であり、明るさも必要である。池のような場所だと雨が降って増水した場合に、粘菌が水没してしまい子実体を形成できない。以上のことから、子実体形成に適した環境は、「比較的明るく乾燥した環境」である。

要するに粘菌採集で探す場所は、「変形体の好む環境」と「子実体に適した環境」とが隣合わせになっている所である。次の3つの特徴がある場所が良い。1つ目は、十分に土壌が安定していて、土の栄養が水で流出しない。2つ目は、有機物である「落ち葉や枝」がたくさん溜まっている。3つ目は、少し出れば乾燥した場所がある。以上の3つの特徴がある場所とは、倒木・落ち葉・樹皮

の裏側や藪の中の腐植である。以下では、粘菌を見つけやすい場所について詳しく説明する。

(文責: 川真田亘)



図 4.8 倒木上



図 4.9 落ち葉



図 4.10 木苺の下



図 4.11 生木の樹皮



図 4.12 雪溶けした葉っぱの上

倒木上に発生する

ポイントは以下の3つである。

- 腐朽の進んだ倒木の表面を注意深く探す。
- 樹皮で覆われていても、コケ等がはびこっていても構わない。
- 樹皮が素手でも簡単に外せるような腐り方をした倒木が良い。腐り過ぎているものには粘菌はいない。

樹皮をめくってみると良い。樹皮の裏側や倒木の内皮に粘菌がいることもある。樹皮が硬いと粘

菌が入り込めないで、粘菌はあまりいない。また、逆に腐り過ぎて土のように柔らか過ぎると含水量が高く、粘菌が住むには都合が悪いので粘菌はあまりいない。容易に手で樹皮がはがせるぐらいの腐りかけの物だと粘菌や他の生物がたくさんいる。シロアリに喰い荒らされた倒木には粘菌は少ないので、シロアリがいない倒木を探すと良い。

落ち葉や枯れ草に発生する

ポイントは以下の3つである。

- 落ち葉の上や、落ち葉をひっくり返して注意深く探す。
- 林内の日光がよく差し込む大きな沢に沿った道の近くに溜まっている落ち葉を探すと良い。
- 落ち葉を覆う草の茎や葉にまで子実体を作ることもある。

上に木がないと乾燥してしまうので、森の中を探す。しかし、森の奥で暗い所には粘菌はあまりいない。道沿いの近くの落ち葉が溜まっている所を探すと良い。実は、ちょっと人手が加わって荒れたりしている所や結構日光が当たる所に粘菌は子実体を作るのだ。木が倒れた後は樹幹が開けて少し明るくなっている。そのような場所の落ち葉を探すと良い。また、窪地の上にはあまり木がないので、窪地に溜まっている落ち葉を探すと良い。さらに、側溝のような場所に溜まっている落ち葉も探すと良い。

木苺の下に発生する

ポイントは以下の2つである。

- 地面が低い木で覆われている藪の中の落ち葉や枝を注意深く探す。
- 森の奥ではなく道沿いの明るい場所を探すと良い。

粘菌が木苺を好きというわけではない。木苺の下というのは、低い機が覆いかぶさって湿度が高い。つまり、木苺が乾燥から守ってくれる。また、適当に葉っぱが落ち、有機物が溜まる。この有機物は粘菌の餌となる。さらに、木苺の間は森の奥ではなく道沿いなどの少し明るい所に生える。つまり、木苺の下から少し出れば光が当たり乾燥できる。粘菌が子実体を形成するときは光に反応して乾燥が必要となる。要するに、木苺の下は粘菌アメーバ・変形体・子実体というサイクルが回しやすく、粘菌にとって住みやすい環境である。藪の下を探すのも良い。

生木の樹皮にしか発生しない粘菌もいる

ポイントは以下の2つである。

- 木の種類によって粘菌の種類が多少違う。
- 学校の校庭や寺院の境内、公園等に植えられたイチヨウやクスノキ、ヒノキ等の樹皮の荒い大木によく発生する。

針葉樹が好きな粘菌もいれば、広葉樹が好きな粘菌もいる。このような違いは樹木による違い、もしくは、針葉樹にはヤニがあり広葉樹よりも酸性が強いので、微生物などの働きによる粘菌の住みやすい環境へと変わる速度が違うのかもしれない。なぜ木の種類によって見つかる粘菌の種類が多少違うのかははっきりとわかっていない。

雪溶けした葉っぱの上などに発生する

ポイントは以下の2つである。

- 雪が溶けたときの笹の葉などを探すと良い。
- 残雪に接した地面の落ち葉や落ちた枝を探すと良い。

雪が溶けると子実体が乾いて出てくる。このような粘菌を好雪性粘菌という。ルリホコリやキラホコリの仲間が多い。

季節ごとに粘菌の探す場所の違い

粘菌を見つけやすい季節は夏・秋・春先である。この3つの時期でどういった所を重点的に粘菌を探すと良いかを説明する。夏の特徴は、雨が降った後や初夏の頃は、落ち葉を重点的に探すと良い。しかし、あまりにも暑いと粘菌がいなくなってしまうことである。

秋の特徴は、秋になると落ち葉に子実体を形成する粘菌の種類は極端に少なくなり、あまり良いターゲットではないことである。そのため、大きい倒木や少し太い倒木を重点的に探すと良い。

春先の特徴は、だいたいの目安として3ヶ月ぐらい雪が根雪として残っている所を探すと良い。しかし、季節というよりは雪があるかどうかが重要である。例えば、低い山なら4月終わり～5月初めが良いシーズンである。夏でも雪渓が残っている標高の高い山なら設計の残っている周りで粘菌を見つけることができる。

ルーペを使って、じっくり観察する。

何かを発見したら、まずはじっくり観察しよう。ルーペを使うと良い。ルーペは目と平行になるようにしてできるだけ近づけ、観察するものを前後に動かし観察する。観察するものを前後に動かさない場合、ルーペと目の距離を保ったままルーペを前後に動かし、観察する。

採集で気をつけなければいけないこと

フィールドワークの基本は、怪我をしない・遭難しないことです。まず、よく知っている場所や遊歩道が整備されて安全な場所で観察しましょう。また、しっかりとした装備をする・計画を立てるなど安全第一で採集をしましょう。主なポイントは以下の4つである。

- 雨が降っている時と雨上がりは採集に行ってはいけない。
 - ・・・地面が雨で滑りやすく、体温も下がるため危険である。
- 夕方などすぐに暗くなる時間帯は採集に行ってはいけない。
 - ・・・暗くなると遭難や怪我につながり危険である。
- 獣道ばかり通って採集してはいけない。
 - ・・・獣道ばかり通ると迷ってしまう。また、地面が見えにくく危険である。
- 周りにしっかり気をつける。
 - ・・・自分の通る道、刃物、獣に気をつけ、怪我をしないように注意すること。

器具

採集や標本作りで必要なものを紹介する。

- ルーペ・・・10倍以上のもので、視野が明るく見やすいものが良い。
- ヘラ・・・倒木上に見つかった年金を倒木ごと剥ぎ取るのに使用する。
- ハサミ・・・大きさを整えたり、不要な部分を切り落とす時に使用する。

- ピンセット・・・指を使い、誤って粘菌を潰してしまわないように、粘菌のいる落ち葉や樹皮を持ち上げる時に使用する。
- 懐中電灯・・・太い樹木だと、日中でも側面や下側は暗いことがある。LED を使った小型で明るく電池持ちの良い物が便利である。
- タッパー・・・粘菌を持ち帰る時に使用する。密封できるものが良い。
- 標本台紙・・・画用紙、あるいはそれより丈夫な上質紙を用いる。
- 標本箱・・・画用紙、あるいはそれより丈夫な上質紙を用いる。
- 接着剤・・・採集物を標本台紙に貼り付ける時に使用する。速乾性が良い。セメダインは乾きが早く便利である。木工用ボンドは、水を含んでいるため多少乾きが遅いが、切り取った倒木などが水分を含んでいても使用でき、仕上がりが美しい。
- 乾燥剤・・・シリカゲル。ホームセンターなどで市販購入可能である。
- 防虫剤・・・ナフタリン。ホームセンターなどで市販購入可能である。
- 乾燥器・・・乾燥器は2種類ある。以下に乾燥器について説明する。標本を長持ちさせるためには、十分に乾燥させなければならない。そのために乾燥器を使用すると良い。乾燥機はいろんな箱で簡単に自作できるため、自分に合った使いやすいものを製作すると良い。ただし、ここで紹介したものは簡易的なものである。”火災が起こらないように厳重に注意”すること。

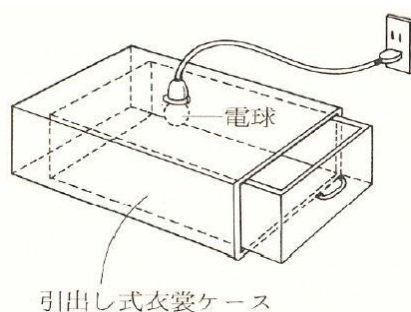


図 4.13 山本式乾燥器

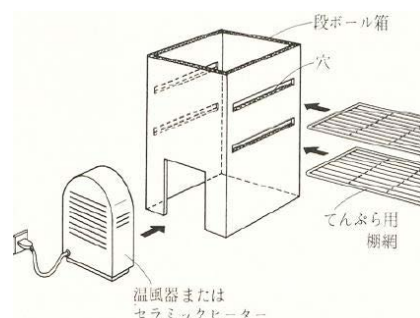


図 4.14 キノコ簡易乾燥器

「山本式乾燥器」

引き出し式のプラスチック製の衣装ケースの上に丸い穴を開け、その中に電球を差し込む。乾燥の際は少し引き出しを開け、換気できるようにしておく。また、中には防虫剤を入れておくと殺虫も同時にできる。

「キノコ簡易乾燥器」

適当な大きさの段ボール箱に、カッターナイフなどでスリット状の穴を開け、天ぷら用棚網を差し込む。温風器（あるいはセラミックヒーター）から出る風が当たる部分にも穴を開けて完成である。

粘菌が見つかったら粘菌を採集しよう。ここでは採集の仕方を説明する。

「倒木の柔らかい樹皮の上に粘菌を見つけた場合」のポイントは2つである。

- ヘラなどで粘菌の周りに切れ目を入れ、採集する。
倒木の樹木の柔らかさや硬さに気をつける。樹木がどれくらいの硬さでどのくらいの力を加えれば良いかなどしっかり考えないと怪我の原因になってしまう。また、樹皮が割れて粘菌が分断されてしまわないように注意すると良い。また、粘菌がいる部分より大きく切れ目を入れる。これは樹皮が割れた場合に粘菌が分断されないようにするためである。また、ヘラやナイフを使用するときは、怪我をしないように十分に注意する。
- 切り取った樹皮ごと採集する
タッパーなどの容器に採集したものを入れる。ここで注意すべきことは、採集した物の上に採集した物を重ねないことである。また、セロハンテープを丸めて落ち葉や倒木の裏につけ容器に仮止めすると良い。これらは、粘菌を傷つけないようにするためであり、容器内で粘菌が潰れて胞子を出さないためである。採集した物をすぐに標本にし、標本箱に入れていくもの良い。持ち運びも簡単で粘菌を傷つけにくくなる。標本については別の項目で説明する。

「倒木の硬い樹皮や生木の上に粘菌を見つけた場合」のポイントは3つである。

- ナイフで切れ目を入れる。
倒木の樹皮の柔らかさや硬さに気をつけ、粘菌がいる部分より大きく切れ目を入れる。
- ヘラで粘菌の周りに切れ目を入れ、採集する。
- 切り取った樹皮ごと採集する。
タッパーなどの容器に採集したものを入れる。ここで注意すべきことは、採集した物の上に採集した物を重ねないことである。また、セロハンテープを丸めて落ち葉や倒木の裏につけ容器に仮止めすると良い。これらは、粘菌を傷つけないようにするためであり、容器内で粘菌が潰れて胞子を出さないためである。採集した物をすぐに標本にし、標本箱に入れていくもの良い。持ち運びも簡単で粘菌を傷つけにくくなる。標本については別の項目で説明する。

「落ち葉やコケなど容易に切れる物の上に粘菌を見つけた場合」のポイントは4つである。

- 落ち葉やコケごと採集する。
- 必要あればハサミ等で大きさを調整する。
- 刃を動かす向きと、支えの手や指の位置に気をつける。
- 力の入れ方に気をつけ、ゆっくり切る。

標本作り

採集した粘菌を粘菌を標本にする方法を説明する。

1. 採集した物を標本台紙に貼り付ける。

標本台紙ののに接着剤をつけ、採集した物を貼り付ける。採集した物が湿りすぎているとせ接着能力が低下するため、ある程度乾燥させると良い。採集中に標本台紙に貼り付けていく



図 4.15 採集の仕方

と持ち運びも便利で、粘菌を傷つけないで済む。標本箱に書き込んだデータと照らし合わせるために、標本台紙に標本番号と採集者を記入する。

2. 標本箱にデータを書き込み、標本台紙をしまう。

データがわからなくなる前にデータを書き込むと良い。書き込むデータは主に5点である。データは詳しいほど良い。標本番号が重複しないようにし、標本番号を書く。どのように書くかわかるように以下に画像の記載する。

- ・粘菌の名前
 - ・採集した場所（住所や森の名前）
 - ・日付
 - ・採集者の名前
 - ・標本番号
- （・可能であれば、粘菌がいた木などの名前）



図 4.16 標本のデータ

3. 乾燥器を使うなどして、しっかり乾燥させる。

4. 防虫剤を使用して虫が寄らないように管理する。 標本箱は密閉できる大きい箱に入れて保存し、その箱の四隅に乾燥剤と防虫剤を入れておくと良い。

標本サンプルを付属するので、ぜひ参考にしてみてください。

標本台紙・標本箱の見取り図

標本箱と標本台紙は5点付属してあります。足りないようであれば、標本台紙と標本箱を複製して下さい。厚紙で簡単に作成することができます。組み立て図は見取り図の次にあります。

見取り図の画像は下のページに記載する。

標本台紙と標本箱の組み立ての説明

見取り図をコピーし、切り取る。厚紙に写し、切り取り、組み立てると、下図のように3つのA・B・Cができる。

見取り図の画像は下のページに記載する。

Q & A

Q1. これは粘菌だという見分け方はある？

見分け方はある。間違えやすいカビやキノコは細胞壁というものを持っているため、ちょっと触ったぐらいでは壊れない。しかし、粘菌の子実体は分泌物でできており、また、胞子を飛ばすという目的のため、もともと子実体は壊れやすいようにできている。ちょっと触れるだけで壊れたり、形が変わったり、毛がモヨモヨと出てきたりして胞子を飛ばすことが粘菌だと確信する方法である。

Q2. 粘菌の採集のコツは？

倒木や落ち葉をじっくり眺める。普段行うことの少ない作業だが、繰り返すことで周りや細かい所まで見れるようになり、見つかる。見つからないと思ひ込まないこと。

Q3. 粘菌の標本のコツは？

乱暴に扱わない。湿っていると接着剤が付きにくいので乾かすこと。しっかり乾燥させないと長持ちしない。虫が集まりやすいので防虫剤を使う。ドライヤーで一気に乾かすことはしてはいけない。

Q4. 粘菌の採集においてお勧めのスポットはある？

適度に腐朽した倒木や落ち葉が溜まっている場所なら、粘菌を見つけられる可能性は高い。また、時期さえ良ければ、どの都道府県でも粘菌を見つけることはできる。東京都では皇居や明治神宮などでも粘菌が見つっている。木が生えていれば粘菌は必ずいる。西表島などではシロアリによって倒木が食い荒らされており粘菌を見つけにくいこともあったので、シロアリがいたら別の場所を探すと良い。

Q5. 雨が降った場合はどこを探せばよい？

雨が降っている時や、雨上がりの日は採集に行ってはダメです。滑りやすく、体温も下がるなど危険要素がたくさんあるので、雨の日は採集に行かないでください。夕方などすぐに暗くなる時間帯も採集に行かないで下さい。また、獣道ばかり通るのも危険です。危険がないようにしっかり計画を立てると良い。

協力者

松本淳(福井総合植物園 園長) ・ 中垣俊之(公立はこだて未来大学 教授)

参考文献

松本淳、伊沢正名： 粘菌～驚くべき生命力の謎～ 誠文堂新光社(2008)

萩原 博光、山本 幸憲、伊沢 正名： 日本変形菌図鑑 平凡社(2009)

日本変形菌協会 <http://henkeikin.org/>

松本淳さんの紹介

昔は昆虫少年で顕微鏡を覗くことが好きだった松本さん。粘菌を見たくて採集を始めた。高校生

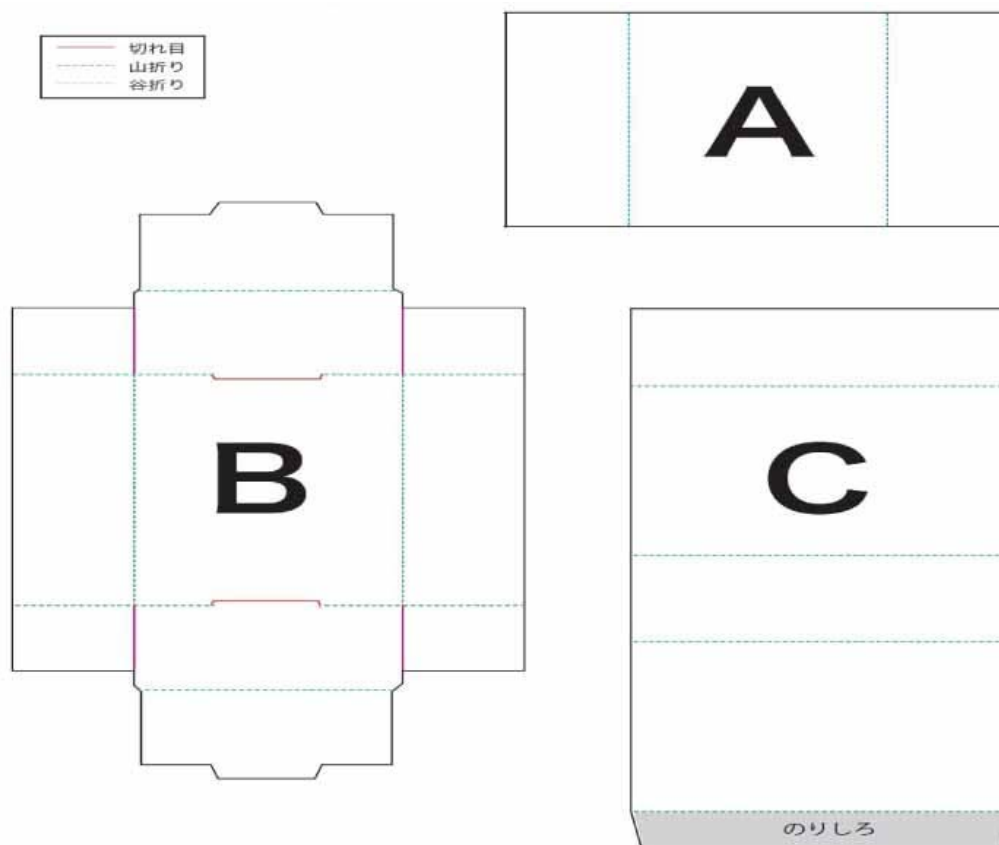


図 4.17 標本台紙・標本箱の見取り図

の頃はコレクターであったが、粘菌がどこにいるか、どんな生活をしているのか、どんな構造をしているのかという分析的な興味を持ち、現在では高校生の頃とは違う見方になっている。もっと珍しいものを見たいという欲求は根底にあるが、どういう構造か、その構造は粘菌にとってどのように役立っているのか、なぜこんな形に進化したのかということに興味を持っている。粘菌採集は昆虫採集みたいな楽しみ方ができ、実際に手に取って見るのは楽しい。海岸に粘菌がいると考え、採集するためにいろいろ行動し、場合によっては温室培養し、予想通り粘菌が見つかったと嬉しいという職業的な楽しみもあると語る。今までに採集した粘菌の標本数は1万点を超えるという。国内では青森・秋田・岩手以外は粘菌採集に行き、皇居も調査した。イギリス・アメリカ・北米・メキシコ・タイ・マレーシア・韓国・中国・ベルギー・オランダ・スペインにも調査に行ったそうだ。

DVD

採集のスペシャリストである松本淳さんに来て頂き、採集風景を撮影しました。その映像を使い、手引書だけでは伝えることが難しいことをDVDでわかりやすく解説しています。ぜひ、ご鑑賞ください。

(文責: 川真田亘)

フィードバック

高校教師の方や松本淳さんによるフィードバックは以下の14個であった。このフィードバックを元に説明書を改善した。

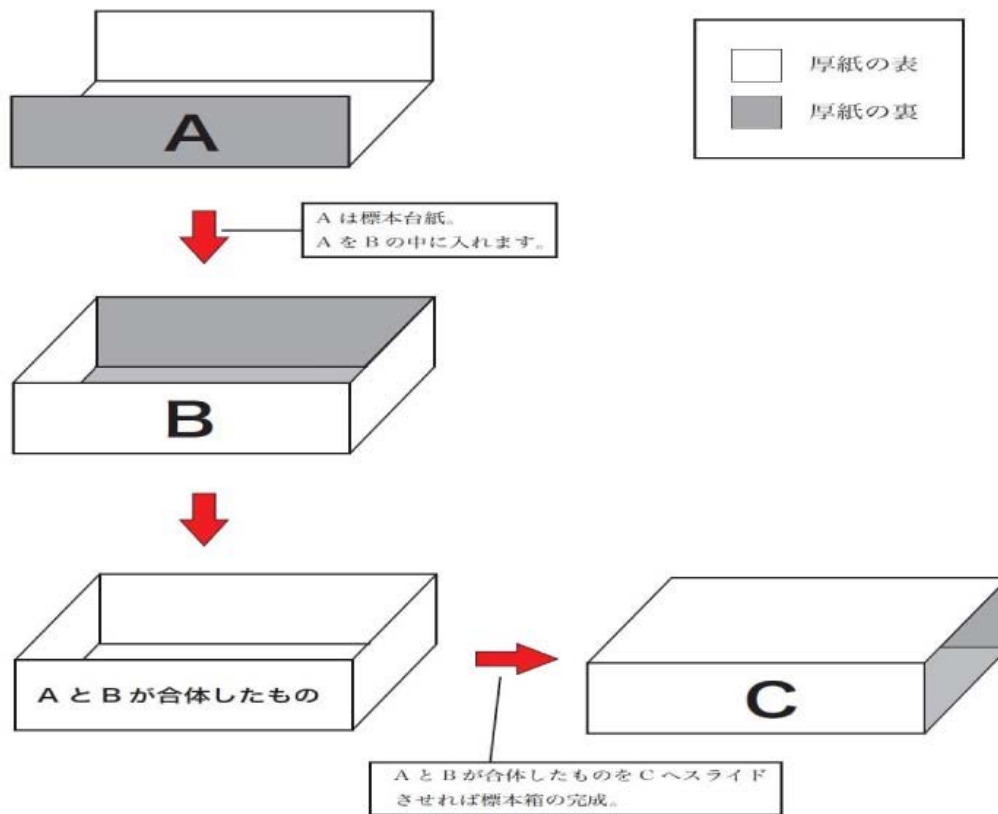


図 4.18 標本台紙と標本箱の組み立て図

- ① p.2 本文 5 行目 「必ず粘菌は」 「必ず粘菌を」
- ② p.6 生木の・・・の Point の 3 行目 「ヒノキ等に」 「ヒノキ等の」
- ③ p.7 中央部 「季節ごとでの」 「季節ごとの」
- ④ 「木苺」が繰り返して出てきますが、これはちょっと誤解されたかもしれませんが。ある研究で、土壌を採集するときの指標としてキイチゴ類が使われたことがあります。それを強調するつもりはありません。p6 は、「藪の中の腐植に発生する」とした方が良いでしょう。キイチゴに限らず、低木やつる植物に覆われた場所の下に溜まった腐食は変形菌の良い住処です。とくに、草本が枯れて腐ってたまっている場所には、樹木の落葉とは違う種類が見られます。誤解されそうなので、「木苺」は削除した方が良いでしょう。
- ⑤ p4、囲みの中右側：「子実体の好む環境」ではなく、「子実体形成に適した環境」とした方が良いでしょう。
- ⑥ p5、Point の囲みの中：腐り具合は樹種や倒木の大きさで違いますので、「7 年目ぐらい」としてしまふのは誤解を生みます。とくに、コナラやミズナラなどの直径 20cm くらいの倒木は、5 年くらいで腐り果ててしまいます。「樹皮が素手でも簡単に外れるくらいの腐り具合の倒木が良い。腐り過ぎているものには少ない。」とした方が良いでしょう。
- ⑦ p5、中ほど：「シロアリがいると太い木がない」というのはおかしいので、「シロアリに喰い荒された倒木には変形菌は少ない。」とした方が良いでしょう。⑧ p5、下段のまん中後半：「林樹幹」は、「樹冠」の誤り。
- ⑨ p7、秋の囲み記事：「秋になると落葉は極端に少なくなっていて...」は、「秋になると落葉に子実体をつくる種類は極端に少なくなり、...」として下さい。

⑩ p8、下段：ちょっと大きさになってしまいましたね。初心者は逆に、そんなに険しいところに行かなきゃいけないのか？と思ってしまいます。「絶対に生きて帰る」は削除していいと思います。その代わりに、「まず、よく知っている場所や遊歩道が整備されて安全な場所で観察しましょう。」を「...遭難しないことです。」の後に入れて下さい。

⑪ p9、ルーペ：「10倍以上のもので、視野が明るく、見やすいものが良い」にして下さい。倍率が低いものはあまり意味がありませんが、倍率が高ければいいというものでもありません。

⑫ p12、乾燥器：実は、これは紹介した方が良いのかどうか迷います。火災の危険が伴うので、販売者側は、電球や温風機をこういう風には使ってほしくないと思います。「火災が起こらないように厳重に注意して下さい。」と入れた方が良くないかなと思います。

⑬ p19、Q4：「お勧めスポットはない。」というのは誤解を生みますね。削除して下さい。その代わりに、「適度に腐朽した倒木や落ち葉が溜まった場所なら、粘菌を見つけられる可能性は高い。」を入れて下さい。

⑭ 「標本を長持ちさせるためには、十分に乾燥させなければならない。」を「乾燥器はいろんな箱で・・・」の前に入れて、最後に、「ここで紹介した乾燥器は簡易的なものなので、十分な監視ものとて、火災にならないように注意しましょう。」を入れてはどうでしょうか。

(文責: 渡邊悟史)

改善点

①②③⑤⑥⑦⑧⑨⑩ ⑪⑫⑬⑭に関して

誤字脱字や助詞などの使い方は指摘して頂いた通りに変更した。

④に関して

木苺の下というのを強調したのが問題だったため、藪の中の腐植に発生すると変更した。しかし、木苺のことを全て削除することはしなかった。よって、以下のように変更した。

低木やつる植物に覆われた場所の下に溜まった腐植は粘菌の良い住処である。特に、草本が枯れて腐っていたものが溜まっている場所には樹木の落ち葉とは違う種類の粘菌を見つけることができる。藪の中というのは、低い木が多いかぶさって湿度が高い。つまり、乾燥から守られている。また、適当に葉っぱが落ち、有機物が溜まる。この有機物は粘菌の餌となる。さらに、森の奥ではなく道沿いなどの少し明るい所を探すと良い。なぜなら、粘菌は藪の中から少し出れば光が当たり乾燥できる。粘菌が子実体を形成するときは光に反応して乾燥が必要となる。要するに、藪の中の腐植は粘菌アメーバ・変形体・子実体というサイクルが回しやすく、粘菌にとって住みやすい環境である。また、木苺の下を探すのも良い。

「その他の改善」

乾燥器の記述を変更した際に気になったことを松本淳さんにご質問させていただいた。その回答を参考に、以下の記述を乾燥器の説明に追加した。標本作成では、必ず乾燥器を使用しなければならないというわけではない。乾燥器を使用することで、短時間で乾燥でき、熱によってカビや虫を殺すことができる。乾燥までに時間がかかると、その間に虫に喰われてしまったり、カビが生えてしまうことがある。しかし、大気の湿度が低めの所だと一晩くらいで十分に乾燥できる。

(文責: 渡邊悟史)

DVD

説明書の制作過程

先にも述べているように、何の予備知識もなく採集に出かけてもそう簡単に粘菌は見つかるものではない。それと経験として一体どのような場所をどのようなところまで探せばよいのか、実際に何かしら見つかったものは粘菌であるのかどうか分からないというのが採集における最も難しいところだといってもいいことがわかっている。これらの問題を解決するために説明書の作製を決定した。しかし、そこで思われるのが文字や写真だけでこれらの問題が解決できるのであろうか、また活字を読むということ自体苦手な人に入らないという人たちもいる。そういったことに対応すべく映像を使った要点だけを伝えるための何かの必要性を感じ、DVDの作製を決めた。

初めはどのような内容にするか迷い具体的に文字や写真だけで分かりにくいことは何か、DVDで説明した方が分かりやすいものは具体的に何か、これに絞り考えをまとめていった。一方で採集のキットを作ることを決めたころから担当教員の知り合いの方で粘菌に携わっている方々を招き指導いただく話があった。その中には採集に関してスペシャリストである方もいるとのことだった。DVD作製を始め採集キットを作るにあたってこれを利用しない手はないと考えた。よって、来ていただくスペシャリストの方に講習や個別に時間をとっていただきインタビューをし、更には翌日採集にも一緒に出かけていただき細かい指導を受けた。この採集では許可を頂きビデオを回させてもらい、これをDVD編集の映像に利用しようと考えた。思惑通り良い映像が撮れ、それをもとにDVDの作製を手掛け始めた。まず全ての映像をMacコンピュータに取り込み、その後Macコンピュータ内にあったiMovieを使って編集を試みた。ほとんど使ったことのないソフトだったので初めはかなり手探り状態で多々戸惑うこともあり、多少の時間を要した。時間がかかったことがもう一つある。それはパソコンに映像を取り込むことだった。リアルタイムの時間がかかり、映像は全部で2時間にも及んだので無理もない。製作初めはこの2点に時間を取られ、少々スケジュールが押し気味であった。そんなこんなで製作を始め約1ヶ月を要し、第一号となるDVDの試作が出来上がった。

出来上がったDVDの中身はというと、まずスタイルとしては映像をたくさん盛り込んだ映像中心のものにした。これは映像をより多く使うことによってさまざまなパターンのシーンを見せることができ、その方が分かりやすいと思ったからである。DVD製作に関して、必要であると思われる部分をまずは切り抜き、場面切り替えなどの効果を付け、大量に繋げた。この工程でもとデータの3分の1程度の時間にすることができた。しかし、まだまだ時間数が多いと考え、大きく四つのパートに分けた。それは「探す」「観察する」「採集する」「標本作り」である。各パートではどの映像が適しているか、余分な部分はないか、手ブレやその他の影響で映像が見えづらい部分はないかなどを細かく見ていった。そして、およそ半分の15分という時間で完成した。映像作成していく上で、シーンが変わるごとに場面切り替えの効果を使用し、パートごとの時間に合うBGMを探し、挿入していった。最後にナレーションを入れ映像は完成した。

「探す」では先にも述べたように実際に粘菌を探す上でどのようなところをどのような感じで探していけばいいのかを示唆しているパートである。主に粘菌を探すポイントとなるのは倒木が積み重なっているところの倒木を裏返してみたり、外皮をめくった内皮の上を見たりことや道沿いや森の中で溜まっている落葉の上や裏を見たり、生きている木の上や中、藪の下を覗いてみたりするところである。藪の下と同じような感覚で木イチゴというのも探す指標の一つである。詳しくは説明書のほうで記述されているが、大体粘菌が主に生息しているのは上記の四点だ。この中で最も見つけやすかったのが倒木上になるが、ここにも一つ大きなポイントがある。それは倒木の腐り具合である。倒木は腐り過ぎていても腐ってなさ過ぎてても粘菌はそこにはいないのだ。ちょ

うどいい腐り方をしている倒木を探さなくてはならない。ちょうどいい腐り方をした倒木の中には1つの倒木で多種類の粘菌を見つけることも可能である。DVDではそれを記録した季節が秋ということもあり、秋に良い目安となる倒木の映像が中心的になっているが倒木を持ち上げているシーンや裏返して見ているシーン、下の方から引っぱり出しているシーン、外皮をめぐり取ってから内側を見ているシーン等の数パターンの探し方を数種類のせてみた。

次に「観察する」では実際に見つけたものが粘菌かどうか判断するための大きなポイントの一つになる。私たちが言っている“粘菌”という生き物は乾燥しない限り触感は割と柔らかい作りになっている。これは判断の一つとして観察してみたり、また触ってみたりして判断するのが良いとされる。もし粘菌ではなくカビなどほかの菌類のものであれば表面は割と固く、それらを判断するに「観察する」ということが非常に大事になってくる。この時ルーペなどを利用するとより判断しやすくなるだろう。ルーペ自体は十倍くらいの物があれば十分である。ルーペを使って観察する時にはルーペを目のすぐ近くに置き、対象の物の方を近づけたり遠ざけたりしてピントを合わせるのである。従って当然2パターンの観察の仕方があり、時には自分自身が木などに近づき観察しなくてはいけない事もあるのである。しかし、どうしてもそれが難しい時にはそのもの自体を先に採集してみたら観察してみるのが良いだろう。

次にメインとなってくる「採集する」に関してである。ここでは見つかった粘菌を採集する時の採集の仕方を幾通りか挙げている。大きく分けると二つになっていて、一つは倒木の表皮等の上で簡単に採集できる時である。この時には映像のほうでは非常に使い勝手に良い金属性のヘラのようなものを使用している。これを使い慎重に彫刻等のような感覚で表面のみをこそぎ取るだけである。これは割と危険も少なく簡単な方だ。もう一つは見つかった粘菌が太めの木の枝の際等にあった場合、これは簡単にヘラだけで取ろうとしてもなかなか難しいものがあります。このようなときにはノコギリのようなものを使い、ヘラと併用してうまく使う。結局総じて言えるのは、どちらの場合でも力の入れ具合や手の位置などに気をつけて、万が一でも危険や怪我のないようにすることである。粘菌の発生した場所によってはかなりの力を加えなくてはならない事もある。そのため十分な注意が必要なのだ。この採集に関してDVDの映像でヘラだけで簡単に採集できるパターンの物やノコギリを使わないと難しいもの、ヘラだけでいいのだが対象の倒木の表面が固く力を加えなくてはならないものと各パターンを数種類のせてある。

最後に「標本する」に関してである。標本に関しては採集したものをコレクター感覚で集める楽しさや粘菌は色や形状など微細な違いにより数多くの種類が存在するのでそれらを次々集めることの楽しさを感じてもらえたらと思い盛り込んだものになっている。この標本では付属として標本箱をつけている。これは簡単に組み立てができるような仕様の組み立て式の標本箱セットになっている。この標本箱にはいくつか利点がある。まず小型で同じ形状なのでコレクションしやすく、採集の際に同時に標本を作ることもできそれをする事によって持ち運びに非常に便利である。というのも、粘菌を採集して持ち帰る場合タッパーのような物などに詰めて持ち帰るのだが、何種類もの粘菌を一つの容器に入れたりして持ち帰ると中で崩れて良い保存状態で持ち帰ることができなくなってしまう。一種類を入れたとしても容器の割合に対して少なくなってしまうので、中で崩れてしまうことがある。DVDの映像では採集と同時に標本を作っているパターンのものを扱っていて、その中で先に書いた標本箱を利用している映像にした。

これらがDVDの主な中身となる内容である。なお、この他にも初めと終わりにオープニングや概要、エンドロールを用意している。エンドロールには協力者として福井総合植物園の園長である松本淳さんの名前も掲載している。そして全体を通していくつかのBGMをつけていて、これのうちいくつかはインターネットで著作権フリーのものを扱っていてこれのレファレンスもつけてい

る。以上の工程で多々時間を取られ一カ月近くも時間がかかっている。しかし最も難しく辛かった作業がこの後の“ナレーション”である。DVDは作っているうちに15分近くの長さになり、内容もそこそこ良いものができたと思っていた。しかし、逆にこの長さがナレーションを入れる上での大きな壁となった。

ナレーションは時間こそたったの一日で入れたのだが、約七、八時間もの時間で何回も同じ内容を永遠とやり続けた。この時には嘔んだりしない、聞きやすいようにはっきり聞こえる、聞いていて単調にならないように抑揚を考えることに焦点を置きやりこんだ。もちろん部分部分で小分けにすればやりやすいだろうし、やる時間もぐっと短くなるのだが、音量や周りの雑音が一定しく、一つの映像に思えなくなってしまうことが問題になった。これを改善するより一発取りをした方が総合的な時間がかからないと考えたためであった。そういう意味でDVD製作の中で一番苦労したといっても過言ではない。最後にとったナレーションを動画に合わせて全体の調整をし、完成という形を迎えた。

映像が完成した時点で、指導教員やプロジェクトメンバーに映像を見て頂き、採集の映像によって、採集風景がわかり、採集の手順や要点がわかるかを確認して頂いた。

この後フィードバックをもらうためにこのDVDを付属したキットをモニターしてもらうために北海道理化研究センターの方や高校などに依頼した。以下が返ってきたフィードバックの採集のDVDに関しての主な内容である。

(文責: 川真田亘)

フィードバック

高校教師の方や松本淳さんによるフィードバックは以下の10個であった。このフィードバックを元にDVDを改善した。

- ① 7分までは、画像に単純にナレーションを沿えて作成しているようですが、ナレーションにあわせて、ナレーションに整合した画像を配置するほうがよいと思います。また、ナレーションに整合した画像を厳選することにより、全体の時間を短縮できると思います。
- ② 15分はやや長いと思います。
- ③ 「補足となっています。」 「補足資料です。」
- ④ 「映像に関しては」 「映像は」
- ⑤ 「つくった」 「撮影した」
- ⑥ 3分付近で、「樹皮の中に変形体、樹皮の上に子実体がある」という説明がある。ここで樹皮の中の変形体や樹皮の上の子実体を画像で示すとよいと思います。9分付近の画像が使用できるのではないのでしょうか。
- ⑦ 5分30秒付近で、「ホイチゴ」について触れている。ホイチゴを知らない高校生は多いと思われるので、ホイチゴの画像を入れるとよいと思います。
- ⑧ 7分40秒付近で粘菌が発見されているようです。ナレーションや画面の表示でこのことを示した方がよいと思います。
- ⑨ 助詞の不適切な使用がいくつかあるので再確認してください。例 9分40秒付近 「樹皮の硬いときには」 「樹皮が硬いときには」
- ⑩ 10分10秒付近のノコギリの使い方が不適切です。このように手を添えるとけがをします。粘菌の位置に対して体の位置を180度変えてノコギリをあてると安全に倒木を切れるのですが。器具の安全な使用法の説明には特に気を配ってください。この部分の映像はカットした方がよいと思

います。11分30秒付近の映像を活用するとよいと思います。刃の向き、手の位置について、良い例と危険な例をそれぞれ理由とともに示すとよいと思います。

(文責: 川真田亘)

改善点

以上のフィードバックを受けてこのままでは良い教材とはいけないと思い構成や映像など一からの構成を考え直した。まず上記で述べた苦労して作ったDVDを改善するのではなく初めから作り直すことにした。フィードバックのほうで「全体が長い」ことや、「動画中心ではなく、画像中心にした方がよい」ということを受けて大本の土台が良くないとのことなので一から作り直す他なかった。そうして新しいDVDの製作にかかった。

できあがったDVDはオープニングにこそ遊び心を加え少し凝ってはみたものの、基本的にはフィードバックで言われた通り画像中心の物にした。そして全体の長さを約半分くらいである七分ほどにまとめた。土台こそ変わりはしたが、構成はその前に作ったものとほぼ同じになっていて強いて言うのであれば“動画中心でナレーションをつけたもの”であったのが“画像中心でナレーションを入れていた部分の一部を画像の一部にテロップとして加えこんだもの”にした。もちろんナレーションは健在である上での話だ。製作し直したDVDでは、各項目の説明を画像中心で説明後、実際の採集風景を流すという構成にした。改善前の映像では、単にBGMを流していただけであった。しかし、製作し直した映像では、シーンごとにBGMを変え、テロップの登場・項目の切り替え・映像への切り替えなどに対して、効果音を付ける工夫を行なった。これらの工夫により単調でない映像に仕上げた。

他のフィードバックに対しても当然改善を試みていて、細かな日本語の文法の直しはもちろん、他にも「木イチゴを知らない人がいるから写真を入れたほうがよい」とあったので木イチゴの写真の途中で入れることにした。あと大きなところでは「ノコギリの使い方が不適切です。このように手を添えるとけがをする」、「映像はカットした方がよいと思う」というところで私たちの感覚では高校三年生以上の大人向けであるし、ナレーションでも十分に危ないということを伝えているので大丈夫であろうと勝手に思い入れた部分ではあったのだが、自分たちの認識の甘さに気付かされこの映像はカットした。その代わりと言っては何だが、ノコギリなど刃物を使わなくてはならない事は確かにあり危険性があるのも否めないなのでその部分をナレーションにして危険を十分に伝え、また安全を心掛けるように促している。

映像を一から再構成し、作り直すという映像作成のみの作業をプロジェクト時間外に40時間以上費やした。また、ナレーションに関しても、改善前と同様に7~8時間費やした。新しく作成した映像は、改善前のナレーションをそのまま使用できるはずもなく、ナレーションを取り直すことになった。言葉を噛まない、聞きやすい、単調にならないように抑揚を付ける、音量や雑音を一定にさせるなどの工夫のため、一発取りを行い、改善前の映像のナレーション取りと同様の時間を費やした。

作成し直した映像を、採集のスペシャリストの松本淳さんにもう一度見ていただいた。「すごく良くなっています。宣伝に使いそうです。」というコメントを頂いた。

(文責: 川真田亘)

粘菌ミニ図鑑

採集キットに付属するための粘菌ミニ図鑑を Adobe illustrator を用いて製作した。採集した粘菌の種類をその場で調べられるような粘菌ミニ図鑑の製作を目指した。目標を達成するために、粘菌ミニ図鑑には採集を行っている最中でもユーザーが簡単に使えるようにするための7つ工夫を施した。

1つ目の工夫として、粘菌ミニ図鑑に載せる粘菌を日本の野山に頻繁に見られる24種類に絞った。

24種類に絞るにあたっては、各目から1種類以上の粘菌を選出するよう注意した。最終的な決定をするにあたり、松本淳氏、中垣俊之教授に意見をいただいた。実際に粘菌ミニ図鑑に載せた粘菌は以下の24種類である。

ツノホコリ目からは、ツノホコリ (*Ceratiomyxa fruticulosa*) 計1種類である。

コホコリ目からは、クモノスホコリ (*Cribraria cancellata*)・フシアミホコリ (*Cribraria intricata*)・アシナガアミホコリ (*Cribraria microcarpa*)・フンホコリ (*Lindbladia tubulina*)・タチフンホコリ (*Lindbladia cribrarioides*)・マンジュウドロホコリ (*Reticularia lycoperdon*)・マメホコリ (*Lycogala epidendrum*) 計7種類である。

ケホコリ目からは、ムレウツボホコリ (*Arcyria stipata*)・ハチノスケホコリ (*Metatrichia vesparium*)・エツケホコリ (*Trichia decipiens*)・ヘビヌカホコリ (*Hemitrichia serpula*)・トゲケホコリ (*Trichia persimilis*) 計5種類である。モジホコリ目からは、シロエノカタホコリ (*Didymium squamulosum*)・ヤニホコリ (*Mucilago crustacea*)・キノウエホネホコリ (*Diderma chondrioderma*)・ジクホコリ (*Diachea leucopodia*)・ハイカタホコリ (*Didymium dubium*)・ハイイロフクロホコリ (*Physarum cinereum*)・ススホコリ (*Fuligo septica*)・キカミモジホコリ (*Physarum flavicomum*) 計8種類である。ムラサキホコリ目からは、ムラサキホコリ (*Stemonitis fusca*)・オオムラサキホコリ (*Stemonitis splendens*)・キンルリホコリ (*Lamproderma scintillans*) 計3種類である。

2つ目の工夫は、図鑑を B6 サイズで作ったことだ。採集は野山や公園などの屋外で行う。そこでポケットに入れられるサイズで粘菌ミニ図鑑を製作することにした。かつ、粘菌ミニ図鑑のに掲載する写真の判別が可能なサイズとして B6 を選んだ。

3つ目の工夫は、粘菌に関するデータを項目にわけて記述したことである。具体的な項目は、粘菌の和名・学名・分類(目、科、属)・特徴・発生場所・発生時期の6つである。特徴・発生場所・発生時期では内容を箇条書きにすることで、瞬時に内容を理解することが出来るようになった。特徴では子囊の色や子実体の大きさ、変形体の色などを記述した。これによって粘菌の種の判定を行うための具体的な特徴を提示することができた。発生場所では子実体が見られる場所を具体的に記述した。これによって、見つけた粘菌の種を判定するだけでなく粘菌を探す際の目安としても粘菌ミニ図鑑を活用できるようになった。発生時期では四季を用いて発生時期を記述した。これによってユーザーに具体的なイメージを与えられるようになった。

4つ目の工夫は、種類ごとに大きなカラー写真を載せたことである。

粘菌1種類につき1枚から3枚のカラー写真を載せた。カラー写真を選ぶにあたっては、子実体の特徴がつかめるかどうか、出現場所がわかるかどうかに重点をおいた。これによって、3つ目の工夫で記述した粘菌の特徴や発生場所の理解をスムーズに行うことが出来るようになった。

5つ目の工夫は目次を付けたことである。

目次を付けることによって簡単に見たいと思った種類の粘菌を簡単に見つけることが出来るようになった。

6つ目の工夫は、粘菌ミニ図鑑で使われている専門用語を表紙を用いて説明したことである。



図 4.19 粘菌ミニ図鑑 中身

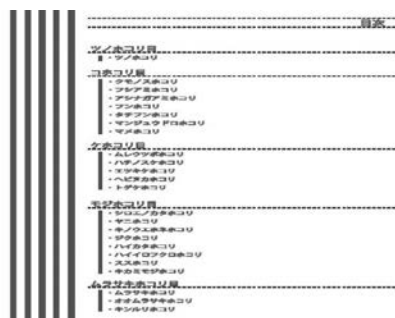


図 4.20 粘菌ミニ図鑑 目次

具体的には子実体の部位の説明を行った。粘菌ミニ図鑑を製作するにあたり、子実体の部位などの専門用語を使わずに粘菌ミニ図鑑を製作することは困難であった。そこで、子実体の部位などの名称を用いる代わりに、それらの説明を行うことにした。説明は誰もが一番最初に目にするであろう表紙で行った。表紙で説明を行うことで、ユーザーが簡単に子実体の部位の説明のページを見つけてくれるようになっていく。子実体の部位を説明するにあたっては、文章は使わずに、単純な図を用いた。子実体の図として、子嚢壁裂開前のものと子嚢壁裂開後のものを製作した。これによって、表紙としてのデザイン性を損なわないだけでなく、瞬時に子実体の部位の名称がわかるようになった。具体的に説明した子実体の部位は、子嚢・子嚢壁・柄・変形膜・軸柱・石灰節・線毛体、計7つの部位である。

7つ目の工夫は粘菌ミニ図鑑をモノトーンを使いシンプルなデザインに仕上げたことである。

実際の粘菌ミニ図鑑のデザインはカラー写真以外は灰色と白の2色の直線や点を用いたデザインになっている。これは特徴的で美しい粘菌のカラー写真を生かすための工夫である。粘菌の子実体の色や形は様々である。例えば、アシナガアミホコリ (*Cribraria microcarpa*) の子嚢の色は黄褐色から赤色をおびた黄や土色をしており、マメホコリ (*Lycogala epidendrum*) は子嚢の色は桃色がかかった灰色・黄褐色・または暗褐色をしている。ヘビヌカホコリ (*Hemitrichia serpula*) は円筒状の管が網を張ったような形状となっている。粘菌の子実体の色や形以外にも、光沢などの質感にも特徴が現れている。これらの特徴を写した粘菌のカラー写真を際立たせるために、粘菌ミニ図鑑のデザインを灰色と白のモノトーンで製作した。これによって、粘菌ミニ図鑑をスタイリッシュでありながら粘菌を生かすデザインにすることができた。

以上7つの工夫によって、実用性、そしてデザイン性に優れた粘菌ミニ図鑑を製作することが出来た。ここで完成した粘菌ミニ図鑑は、他の製作物同様モニターに送ることができた。そしてそこで実際にユーザーに使用していただき、フィードバックを頂くことが出来た。ここでそのフィードバックならびにそのフィードバックに対して行った改善点を紹介する。

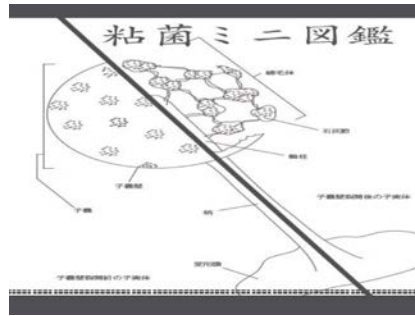


図 4.21 粘菌ミニ図鑑 表紙

(文責: 波多野 単)

フィードバック

モニターからのフィードバックを以下に示す。

・ p10 : 右側の写真はハチノスケホコリっぽくはないですね。たぶん、*Trichia verrucosa* だと思います。添付した画像のどちらかを使って下さい。

(松本 淳氏からのフィードバック)

・ 目次の裏側に、図鑑の解説があると良いです。

「この図鑑では山野で普通に見られる 24 種類の真正粘菌を紹介しています。真正粘菌は、子実体の特徴で分類されています。子実体の各部分の名称は、表紙の図を参考にして下さい。」といった具合のもの。

(松本 淳氏からのフィードバック)

(文責: 波多野 単)

改善点

次にフィードバックに対して行った改善を以下に示す。

・ ハチノスケホコリ (*Metatrachia vesparium*) の写真の差し替えを行った。

改善前、粘菌ミニ図鑑のハチノスケホコリ (*Metatrachia vesparium*) のページでは、2 枚の写真が使われていた。しかし、松本 淳氏から粘菌ミニ図鑑に載せたハチノスケホコリ (*Metatrachia vesparium*) の写真が間違っているとのご指摘を頂いた。それと同時に、ハチノスケホコリ (*Metatrachia vesparium*) の画像を頂いた。そこで、粘菌ミニ図鑑で使われているハチノスケホコリ (*Metatrachia vesparium*) の写真を松本 淳氏から頂いた画像に入れ替える作業を行った。

・ 粘菌ミニ図鑑の一番最初のページに序文を付け加えた。

改善前には、粘菌ミニ図鑑の前書きのようなものは一切存在しなかった。しかし、松本 淳氏に、目次の裏側に図鑑の解説があると良いとのご指摘を頂いた。そこで、粘菌ミニ図鑑の一番最初のページに序文を付け加えた。序文として以下の 3 つの点を書き加えた。1 つは本粘菌ミニ図鑑には 24 種類の真正粘菌を紹介していることを示す文章。もう 1 つは表紙の図を用いて子実体の各部位を紹介していることを示す文章。そして最後に、本粘菌ミニ図鑑を制作するにあたってご指導を頂いた松本 淳氏、そして中垣 俊之教授に感謝の意を表す文書である。具体的には以下のとおりである。

序文

この図鑑では一般に山野で見られる24種類の真正粘菌を紹介しています。真正粘菌を変形体の特徴で分類することは難しいため、子実体の特徴で分類されています。子実体の各部分の名称については、表紙も図を参考にしてください。この図鑑を完成させるにあたり、松本淳氏、中垣俊之氏には多大なるご指導を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

以上の改善を経て粘菌ミニ図鑑を現在の形まで完成させることができた。

(文責: 波多野 卓)

標本箱

採集キットに付属するための標本箱を厚紙を用いて製作した。標本箱は松本淳氏も使用している日本変形菌で作られているものを参考に製作した。今回製作した標本箱にはいくつかの特徴がある。これからその特徴について詳しく説明していく。

1つ目の特徴は、組み立て式になっており持ち運びや収納に便利だということである。組み立て前は全て平らになるため、ファイルなどに挟んで収納することも出来る。組み立て後も、幅約6.5 cm、奥行き約4.5 cm、高さ約2 cmの直方体となる。そのため標本を積み重ねておくことも出来、標本を整理して保管することが出来る。

2つ目の特徴は、採集した子実体を、ボンドを用いて標本台紙に固定できるという点である。これによって、乾燥して壊れやすくなっている子実体の標本を衝撃から守ることが出来る。採集した子実体をボンドで固定する利点はそれだけではない。標本になっている子実体を標本台紙ごと標本箱から取り出すことで様々な角度から子実体を観察することが出来る。標本台紙の折り曲げ方を工夫することによって観察の幅が広がるのである。シャーレの上に置いただけでは作ることの出来ない角度で粘菌を固定することが出来る。この状態のまま顕微鏡を使って観察することや写真を撮ることも出来る。これによって標本の楽しみ方を広げることが出来た。

3つ目の特徴は標本箱の上面に標本に関するデータを書き込むことが出来るということである。



図 4.22 標本台紙

書き込むデータは標本にする粘菌の名前、採集した場所(住所や森の名前)、採集した日付、採集者の名前である。これは基本的なデータである。そのため採集者の好みに応じてそれ以外のデータを書き込むことも出来る。4つ目の特徴は、厚紙の折り目の溝を作ったことである。何も加工されていない厚紙を折ると、折り目がゆがんでしまったり、折り目が避けてしまったりして綺麗に折ることができない。そこで折り目に溝を作り、厚紙を綺麗に折ることが出来るよう工夫した。

以上4つの特徴を本採集キット付属の採集箱は採集中、そして採集後の観察・保管の全ての場面で使いやすいものになっている。



図 4.23 データ記入例

(文責: 波多野 単)

4.3 流動実験キット

4.3.1 背景

粘菌の基礎的な知識として原形質流動が挙げられる。原形質流動は粘菌を学ぶに当たって必ず知ることで、必要不可欠なものである。また、粘菌の原形質流動は他の生物では見られにくい往復流動が容易に観察しやすいほか、原形質流動を起こす独特な現象が見られるなど、魅力溢れることや面白いと思えることが多いのである。魅力溢れる原形質流動に興味を持った本グループでは、粘菌の面白さを伝えるとともに、粘菌に初めて触れる人でも理解できる実験キットを製作した。

(文責: 加藤貴宏)

4.3.2 概要

原形質流動に重点を置いた本キットでは伸縮運動の観察、原形質流動の観察、ImageJ を用いた原形質流動の観察を行うことができる。伸縮運動の観察と原形質流動の観察はさほど手間の掛かる実験ではないが、ImageJ を用いた原形質流動の観察のみ難度を少し高くしている。難度を少し高く設定することで、原形質流動をより深く知ることができるようにしたが、ImageJ での実験を行わずとも原形質流動について知ることができるようになっている。本キットで紹介する実験は原形質流動を知るための一部の方法なので、粘菌について深く知りたいと思えるきっかけを与えられればと感じている。

(文責: 加藤貴宏)

4.3.3 活動内容

事前

B2 グループは細胞リズムを観察する実験を行った。細胞リズムとは、粘菌の体型の変化からリズムを読み取る実験である。まず、十分に成長した粘菌から管を採取する。次に、ピーカーなどのガラス瓶を用意し、中の湿度を保つため底に水を薄く張り、側面に粘菌を観察しやすいように水

で濡らしたろ紙を貼る。次に、ピーカーの上に乗せられる蓋のような物を用意し、粘菌の管を貼り付ける。粘菌を吊るし、ピーカー内に垂らす。この後、時間の流れによって管の長さが変化するので、長さを計測する。結果として、粘菌の管の伸縮運動が一定のリズムを刻む。

複室法は 3.1.3.1 の「先行研究」で詳しく紹介されているので、B2 グループが実際に行った実験の手順を説明する。まず最初に、十分に成長したモジホコリの先端部から変形体の一部を、また細めの粘菌の管を採取する。採取した変形体の一部と粘菌の管を特殊な容器に入れる。ここで、この特殊な容器は 2 つの粘菌が収容できる空間があり、その空間に気圧を変えるための空気穴が各空間 1 つずつ開いている。そして、空気の移動がこの空気穴によって変化できるように容器を密閉する。密閉後は粘菌の管と変形体の一部が接合されるため、少し時間を置く。次に、時間を置いた容器を顕微鏡にセットし、往復流動しているかを調べる。流れているならば、空気穴に変圧器を取り付けて圧力を変化させる。結果として、圧力の変化により往復流動の向きが圧力の高い方から低い方に流れる。

また、発展的な内容として画像解析ソフトである「ImageJ」を用いた流動観察実験を行った。まず粘菌の広がり様をカメラで撮影し、実験用の写真を用意する。その後、ImageJ のリスライスとグラフ化機能を用いて、原形質流動を観察する。ここで言うリスライスとは、複数の画像から一部分を抽出して、一枚の画像に加工することである。リスライス機能を使用することで、原形質流動の規則性を見ることができる。グラフ化の実験では原型質量をグラフの高低で表すことで、原形質が移動していることが観察できる。以上の実験から B2 グループは流動観察を中心とした実験キットを製作することにした。キットの内容として以下の順に実験を行わせる。

- 1. 伸縮運動の観察実験
- 2. 往復流動の観察実験
- 3. ImageJ を用いた流動観察実験

細胞リズムの観察実験については、リズムを読み取ることに取っ付き難さを感じたため、リズムを読み取るまでは至らせずに、粘菌の伸縮運動を実際に観察し、粘菌の流動に対する理解の足がかり的な実験となるようにシンプルな伸縮運動の観察実験を採用した。

次に往復流動の観察実験とは粘菌の原形質流動を観察する実験である。観察方法としては、まずシャーレに粘菌を 2 つ置き、粘菌の管で 2 つの粘菌をつなぐ。少し時間を置いた管の上に薄いガラス板で押しつぶす。つぶしたところを顕微鏡で確認すると、原形質流動が確認できる。実際のキットではこの方法をより簡略化し、シャーレで培養した粘菌の管を直接顕微鏡で観察する方法を紹介している。

最後に ImageJ を用いた流動観察実験についてだが、これは幾分発展的な内容となっている。粘菌の広がり様をカメラで撮影し、実験用の写真を用意する。写真を用意した後は、ImageJ のリスライスとグラフ化機能を用いて、原形質流動を観察する。ここで言うリスライスとは、複数の画像から一部分を抽出して、一枚の画像に加工することである。リスライス機能を使用することで、原形質流動の規則性を見ることができる。グラフ化の実験では原型質量をグラフの高低で表すことで、原形質が移動していることが観察できる。

以上の 3 つの観察実験の手順をわかりやすく説明するために B2 グループ内で協議した結果、1. 伸縮運動の観察実験及び、2. 往復流動の観察実験については、紙上で説明するには描写し辛い作業もあるため、実際の実験手順を動画で撮影し、視覚的な理解を迫ることとした。

実験手順動画は、プロローグ、伸縮運動の観察実験、往復流動の観察実験の三部構成となってお

り、チャプターで分けることによって、最初から実験動画を見ずとも、見たい実験動画を選択できるよう工夫した。また実際に観察できる実験結果も動画として収録しており、実験に対する意欲向上や、どうなれば成功なのかといった指標に役立つようになっている。

3.ImageJ を用いた流動観察実験については、発展的な内容であるということもあり、前述の2つの観察実験とは別に手引書を作成し、ImageJ の入手方法から、最終目標のリスライス、グラフ化まで持っていけるよう順序立てて説明している。この実験では粘菌の広がり様をカメラで撮影した写真の用意に難がある環境の場合、実際に B2 グループが実験で使用した写真を DVD に用意することで対応した。また、この DVD にはデフォルト状態の ImageJ では少し手間取る作業を簡略化するためのプラグインも添付している。

製作

- 解説 DVD
- ImageJ 説明書

4.3.4 内容物

内容物一覧

- 解説 DVD
- ImageJ 説明書
- ImageJ 実験補足 DVD

(文責: 富本朗文)

解説 DVD

解説 DVD を作成した目的は、流動キットを使用する人が実験を容易に行える様にするためである。一般にある紙を用いた説明書では、実験手順や実験結果がわかりづらい物が多いので本グループでは実験の説明を映像化し、DVD にまとめた。

以下に解説 DVD の製作過程について記載する。

まず始めに、解説 DVD の台本を作成した。どの様にしたらわかりやすく実験の説明を行う事ができるか、どの様なナレーションを入れるか、また実験での注意点など細かく打ち合わせをしながら台本を作成した。

以下に、台本の内容案を記載する。

細胞リズムの観察

ここでは、粘菌の体の伸縮からリズムを読み取るという実験をおこないます。

この実験で使用する器具について紹介します。

- ビーカー
- ふた
- スパーテル
- ろ紙

ここからは実験方法について説明します。

実験を始める前に、準備をしていきます。このように、ビーカーの中にもろ紙を入れ、ろ紙を湿ら

せた後、ビーカーに少量の水を入れます。(粘菌が乾燥しないようにするため)このように準備できたら次に進みます。

次に、この様に培養した粘菌から管を取り出します。

注意点：粘菌の管は切れやすく、寒天と癒着しているの、管が切れないように慎重に寒天からはがす点です。

次に、取り出した粘菌の管をふたに取り付けます。(テープを用いて)この様につるした粘菌の管の先端部分に小石や髪の毛などをつけておくと、粘菌の動きが見やすくなります。

粘菌体内の原形質流動を観察する

粘菌体内の原形質流動を観察してみましよう。この実験で使用する器具について紹介します。

- 寒天培地
- スパーテル
- プレパラート

ここから実験方法を説明します。用意した寒天培地に、粘菌の管を置きます。

次に、寒天培地の上に置いた粘菌の管の上にプレパラートをかぶせます。

最後に、顕微鏡で観察します。

このように粘菌体内の原形質流動を観察することができます。

(動画挿入)

次に、本キットで採用した実験を実際に自分たちで行った。本グループが行った実験の方法について以下に記載する。

- 伸縮運動の観察

実験器具は、スパーテル、ビーカー、ろ紙、シャーレ、水、培養した粘菌を用意する。次に、ビーカーに少量の水を入れ、ビーカーの内側の側面に水で湿らせたろ紙を貼り付ける。この水は、粘菌を乾燥させない様にするためである。次に、培養した粘菌から粘菌の管を取り出す。このとき、粘菌の管は適度に太いものを選ぶ。取り出した粘菌の管をふたに取り付け、ビーカーに被せる。この時、ぶら下げた粘菌の管の先端に髪の毛などを付けておくと運動の様子が見やすくなる。最後に、粘菌の管が入ったビーカーをビデオカメラでコマ撮りすると粘菌の管が伸びたり、縮んだり、回転したりする様子が観察できる。

- 原形質流動の観察

実験器具は、シャーレ、寒天、スクレロチウムを用意する。次に、熱湯で溶かした寒天をシャーレに適量流し込み、寒天培地を作る。寒天培地が冷え固まったら、スクレロチウムを5mm四方に切り取り、切り取ったスクレロチウムを寒天培地の上に置き、水をかける。この時粘菌に餌は与えない。この状態から1日ほど置いて、粘菌が寒天培地に広がった状態にする。最後に、広がった粘菌の管の内部の流れを顕微鏡で観察する。原形質流動を観察すると、流動の向きが変わったり、流れが止まったりする様子が観察できる。

これらの実験を行いながら、解説DVDに挿入するための映像を撮影した。撮影の際には、台本で打ち合わせした映像を撮影するだけでなく、撮影しているときに新たに気づいて点なども取り入れて、撮影を行った。

次に、学内の共用のパソコンにインストールされている imovie というソフトを使って、撮影した映像の編集を行った。パソコンに撮影した映像を取り込み、台本を元に映像の割り振りなどに注意しながら、一通り動画を作成した。

以下に imovie の詳細について記載する。

imovie とは、Apple 社が制作した MAC 対応の動画編集ソフトである。このソフトは、デジタルビデオカメラから動画を読み込み、ビデオ、音声、字幕、タイトル、場面の切り替えの編集、ビデオカメラへの書き出し、web への公開などができるものである。

次に、作成した動画にナレーションを入れるため、音声の録音を行った。このナレーションは、実験の目的、実験方法や実験での注意点について解説するためのものである。このとき、作成した動画を見て、場面に合わせながら録音を行った。スムーズに作業を進めるために、全ての台詞を一度に録音するのではなく、場面ごとに切りながら録音を行った。録音の際は、各自で所持している推奨機に音声を録音した。

次に、録音したナレーションを学内の共用のパソコンに取り込み、作成した動画とナレーションが合うように調整を行った。また、楽しく解説 DVD を見てもらうためにナレーション以外に効果音を入れた。このとき、ナレーションが聞こえなくなってしまうように、効果音の音量を下げ、ナレーションの音量を上げるという工夫を行った。

次に、完成した動画を他のパソコンでも共有できるようにするために HD 画質に変換するという作業を行った。しかし、学内の共用パソコンだったので、変換する際に空き容量の不足等のエラーが出た。

以下に、imovie の作業時に出たエラーについて記載する。

- 公開用プロジェクトの準備ができません
- エラーが発生したため、プロジェクトを公開用に準備できませんでした

これらのエラーが発生したが、他のパソコンに動画を移して変換作業を行ったところ、エラーが出ずに HD 画質に変換することができた。

最後に、変換した動画を DVD に編集するために、iDVD というソフトを用いて作業を行った。編集した動画の挿入やタイトルの編集などの作業は、容易だったが、編集したデータを DVD に書き込む時に、エンコードのエラー等が発生した。

以下に iDVD について詳しい内容を記載する。

iDVD とは、Apple 社が開発した MAC 対応の DVD コンテンツを作成するためのソフトである。このソフトは、ムービーファイルや静止画ファイル、テキストファイルなどを編集して、ひとつの DVD を作成できるものである。

以下に iDVD の作業時に出たエラーについて記載する。

- レンダリング/エンコード中のエラー
- メニュー/スライドショーのレンダリング/エンコード中にエラーが発生しました。ディスク作成処理はキャンセルされました。

これらのエラーに対処するため、編集したデータを DVD に書き込むという作業は、研究室のパソコンを使って作業を行った。

以上の製作過程を経て、解説 DVD を完成させた。

解説 DVD について、モニターの方から頂いたフィードバックを以下に記載する。

- 細胞リズムの観察というタイトルは、実際に細胞のリズムを読み取る実験を行っていないので、タイトルを変えるべき。
このフィードバックをもとに以下の様に改善した。
- 細胞リズムの観察というタイトルを伸縮運動の観察というタイトルに変更した。

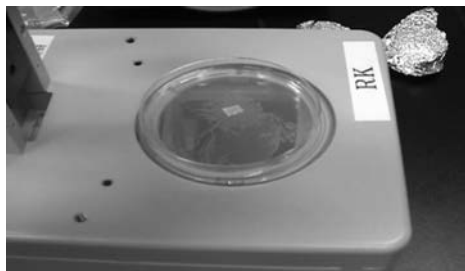


図 4.24 伸縮運動の観察

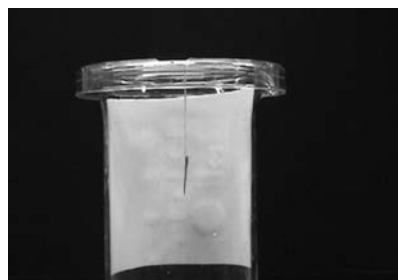


図 4.25 原形質流動の観察

(文責: 川本和哉)

ImageJ の実験説明書及び実験補足 DVD

ImageJ を用いることのできる実験についての説明書と実験を補足するための DVD である。複室法の実験が想像以上に難度が高いため、複室法の実験の代用として本キットの実験として導入された実験である。導入した理由として、原形質流動に関する実験であることと肉眼とは別の視点からの観察ができるためである。また、実験の準備に手間が掛かるが実験自体にはさほど時間は掛からないという点でも採用の対象となった。ImageJ の説明書に記している内容は以下のとおりである。

- 本実験の概要
ImageJ を用いた実験についての概要と ImageJ についての説明
- 実験を行うに当たったの必要なものの準備
ImageJ のインストールの仕方や粘菌の画像の撮影の仕方から注意点の説明
- 実験の共通工程
画像の展開からスタックの作成など
- 実験方法
各実験の方法や注意点

また、実験補足 DVD には実験を簡潔にするための内容が含まれている。この Image J を用いた実験を通して原形質流動を深く知れると共に、粘菌の面白さを伝えればと考えている。以下に Image J の実験説明書と実験補足 DVD の製作過程と内容について説明する。

まず最初に ImageJ について学習することから始めた。主にプロジェクト担当教授による講義や

インターネットを使用して調べた。調べた内容が以下になり、説明書の内容である。

ImageJ とは NIH (アメリカ 国立衛生研究所) で開発された、オープンソースの画像解析ソフトウェアで、Java で書かれているため Windows、Mac OS、Mac OS X、Linux で使用することができる。また、画像を解析するための機能も豊富に備わっており、世界中で使用している研究者が独自にプラグインを開発して公開しているため、科学研究を目的とした画像解析によく使われている。

また、画像解析ソフトウェアは ImageJ 以外に NIHImage など、画像解析ソフトウェアは多く存在しているが

- 対応 OS が多い
- 演算処理が明確である
- オープンソースであるため無料で使用できる
- 個人で機能を自由に作成することができる

という理由から、本キットでは ImageJ を使用することにした。ImageJ の学習後は本キットに用いる実験を考案した。本キットに用いる為の条件として、

- 複室法の実験よりも簡易で手間のかからない実験であること
- 原形質流動に関する実験であること

以上の2つである。その2つの条件より本キットで紹介する実験として、ImageJ の機能を用いた「リスライス」、「グラフ化」の実験 (実験の詳細については後に説明する。) を採用した。

実験の決定後は実際に実験を行った。実験を行うに当たっての注意点とその実験の要旨を把握するためである。本実験は粘菌の画像が必要になるので、最初は粘菌の撮影を行った。本実験では粘菌の変化を観察するため、複数の画像が必要である。粘菌の画像は以下の構図で撮影を行った。

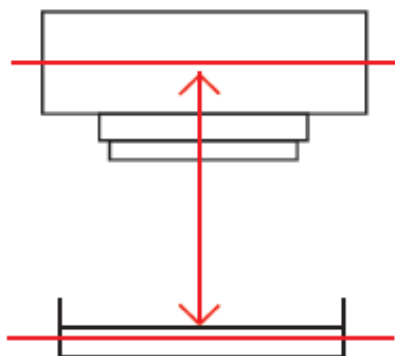


図 4.26 カメラと粘菌の構図

カメラと粘菌が向かい合うこと、画像がずれないようにカメラを固定することに注意して撮影することで、以下の要点を得た。

- 3~5 秒に一枚。

粘菌の変化を利用した実験になり、一枚一枚の画像にも変化を入れることが必要になるため。原形質流動は常に生じているため、時間は短くとも大量に粘菌の画像を撮影するか、粘

菌の画像が少なくとも長めに時間の間隔を取るかになる。本グループでは複数回の施行の末、3~5秒に一枚の粘菌の画像を撮影するのがよいと判断した。

- 総枚数として 50~100 枚がいい。

使用するパソコンによっては ImageJ に読み込む事のできる画像の総容量（画像の読み込みには各 PC のメモリを使用する。）が限られているためである。また、画像の枚数が多い程 ImageJ に粘菌の画像を読み込むことに時間がかかる。本グループでは一般的なメモリの容量（ここでは 2GB と想定した）を含めて複数回の施行の末に、粘菌の画像の総枚数は 50~100 枚がよいと判断した。

画像の撮影後は ImageJ で実験をするための準備を行った。準備としては ImageJ のインストール、粘菌の画像のフォルダ分け、プラグインである。

- ImageJ のインストール

インストールする際の注意点やインストールファイルがあるサイトの URL を確認するためにいった。OS の種類によっては bit の選択があるので、そこを注意点とした。

- 粘菌の画像のフォルダ分け

ImageJ の画像の読み込み方は 1 枚だけ読み込む方法とフォルダ内の粘菌の画像を読み込む方法があり、本実験ではフォルダ内の粘菌の画像を読み込む方法をとっている。フォルダ内の粘菌の画像を読み込む際には名前の昇順から読み込むため、実験に使用する粘菌の画像全てを 1 つのフォルダにしておけないのである。そのためフォルダ分けを行うのだがその分け方が次になる。実験に使用する全ての粘菌の画像をコピーして 2 セットにする。その後片方のフォルダの最後方から粘菌の画像を複数枚削除する（以降、これを ” ” とする）。一方のフォルダでは最前列から、 で削除した枚数と同じ枚数分粘菌の画像を削除する（以降、これを ” ” とする）ことで粘菌の画像のフォルダ分けが完了である。このフォルダ分けをした 2 つのフォルダを使用することで、本キットの ImageJ を用いた実験を行うことができる。以下にフォルダ分けのイメージを載せる。

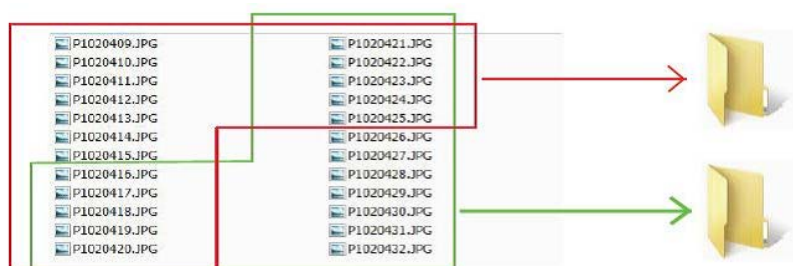


図 4.27 フォルダ分け

この作業は手間が掛かるため、撮影する場所がない場合やよく理解できない人のために、本キットで同封の実験補足 DVD に本グループで使用した粘菌の画像をフォルダ分けして、サンプルとして収録している。

- プラグイン

ImageJ の実験をより容易に行うために使用した。このプラグインを使用せずとも実験は行えるが、手間が掛かることと細かい数値の訂正ができないため、プラグインを使用するこ

ととした。このプラグインはプロジェクト担当教員の知人が製作したプラグインで、使用するうえでの許可も得ている。また、このプラグインは実験補足 DVD に収録している。

実験の準備後は実験に取り掛かった。まずは各実験での共通の工程についてである。最初は ImageJ に画像を取り込むことを行った。前述にも書いたが、フォルダ、 を取り込む作業である。取り込む際には画像複数を 1 つに扱う、スタックとして表示される。スタックとは、動画のように画像を再生させるもので、イメージとしてはパラパラ漫画のようなものである。以下にスタックの簡単なイメージを載せる。

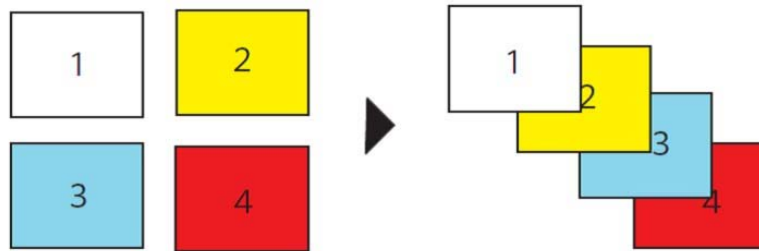


図 4.28 スタックイメージ

2 つのスタックの展開後は、スタック同士の演算を行う。スタックの同枚数同士を演算するため、計算するスタックは互いに同じ枚数でなければいけない。以下にその計算式を載せる。

$$=(-) * k1 + k2$$

上の数式はプラグインを用いることで使用することの出来る数式で、 は演算後のスタックを表している。変数 $k1$ 、 $k2$ には数値を代入できる。ここで変数 $k1$ は 10、変数 $k2$ は 128 という数値を代入する。変数 $k1$ に代入する 10 という値は、数値の桁上げに使用される。展開された 2 つのスタック同士を演算した場合、スタックに使用されている画像の数値に大きな差はない（差はあっても 1~10 や正負の数値という極僅かな差）ために変数 $k1$ に 10 を代入して桁上げを行ない、スタック間の差がわかりやすくなるようにしている。また、変数 $k2$ に代入する 128 という数値は、PC の 8bit カラー色の半分の数値である。PC におけるカラーは 256 色なので中間値の 128 を足す事によって基準値が設けられることと、プラグインを使用せずにスタックを演算する場合は全体的に画面が暗く見づらいために $k2$ を代入した。これらの工程を行うことによって、本グループでは以下のスタックを得ることができた。

このスタックを使用することで、本キットでの実験を行うことができる。演算後は各実験を行う。本キットでの実験は「リスライス」と「グラフ化」の実験である。

- リスライス

本実験ではリスライスの機能を使用して、原形質流動を部分的に観察することを目的としている。リスライスとは ImageJ に搭載されている機能のことで、範囲指定したスタックから範囲指定部分を複数に分解して、一つのスタックに再構成することである。簡単なイメージとして病院での検査に使用する MRI と同様のものを想像すると良い。実験手順として範囲指定後、リスライスの機能を使用するだけである。範囲指定には線分と四角形の二つがあるが、本実験では四角形の範囲指定を用いた。線分の範囲指定でも本実験を行うことはできるが、線分の範囲指定では一枚画像として再構成される。そのため、データを多く得るため

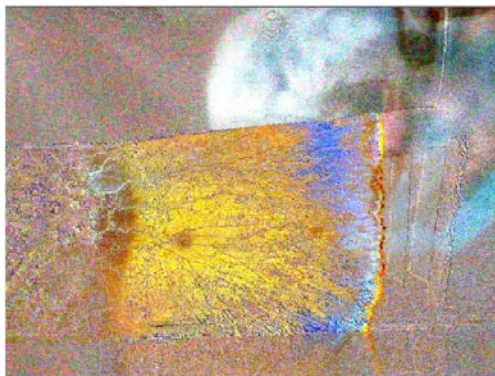


図 4.29 スタック

に四角形の範囲指定を採用した。四角形の範囲指定の場合では行分解（画像を横に分解）もしくは列分解（画像を縦に分解）が使用できる。分解の方法については範囲指定のサイズによって変わる。範囲指定が横長の場合は行分解、縦長の場合は列分解が良い（スタックに使用している画像の枚数が 50～100 枚の場合）。本実験では範囲指定が横長なので行分解を使用している。リスライスの機能を使用した場合、本実験では以下のスタックが得られた。

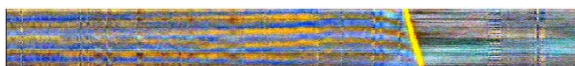


図 4.30 リスライスの結果

本文章では画像として表示しているが、実際には一つのスタックとして展開されている。このスタックの y 軸はその部分に関する経過時間を上側から下側に向けて表している。このスタックからは以下のことが読み取れる。

- 原形質流動は規則的に生じている。

スタックの色は原形質の濃度を表しており、青色は原形質の濃度が薄く、黄色は原形質の濃度が濃いことを示している。この青色と黄色が交互で等間隔に並ぶことから原形質流動は規則的に生じている。

- 粘菌の広がりがわかりやすい。

スタックの中心より右側に生じている斜めの白線は粘菌と寒天の境目（粘菌：境目から左側、寒天：境目から右側）である。画像上側から下側に向けて時間の経過を表すため、粘菌の広がりを確認できる。

- グラフ化

ImageJ に搭載されている機能を使用して、演算後のスタックからグラフを表示し、グラフの観点から原形質流動を観察する実験である。リスライスの実験と同様に範囲指定をする。線分の範囲指定は使用せずに四角形の範囲指定を使用する。グラフは範囲内に存在する全ピクセルの平均を取るため、線分の範囲指定ではできないからである。そのため四角形の範囲指定を使用するが、範囲を取る際には以下の注意点がいく。

- － 範囲内には粘菌のみを入れる

範囲内の平均を取るということは、この実験のみに限るが、「原形質の濃度の平均を取る」ということと同じであるため。また、範囲内に寒天が存在する場合、正確な値が

取れなくなるため寒天を入れないようにする。

以上の注意点を踏まえグラフ化を行うと、本グループでは以下のグラフを得た。

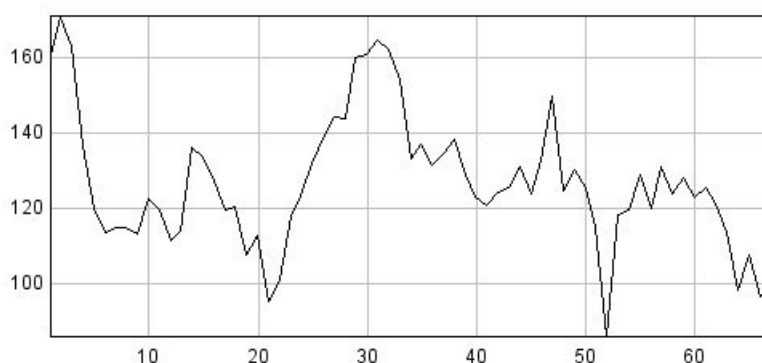


図 4.31 グラフ

グラフの y 軸は原形質の濃度を表し、x 軸は時間の経過（または画像の枚数）を表す。このグラフの y 軸が高いときは原形質の濃度が濃く、y 軸が低いときは原形質の濃度が薄いことを表している。この y 軸の高低の差から原形質が移動している、つまり原形質流動が生じていることが読み取れる。

実験後は学習から実験までの、全工程における注意点や実験方法を一つの説明書として製作する作業に移行した。説明書の内容についてはこの節の始まりで説明しているので、ここでは割愛する。ImageJ の説明書の製作には Illustrator を使用した。また、同時に実験補足 DVD の製作も行った。内容は本グループで使用した粘菌の画像のサンプルとプラグインの収録である。ImageJ の説明書と実験補足 DVD を製作後、フィードバックしてもらった。以下が ImageJ を用いた実験のフィードバックでの評価で、

- わかりやすくできている。
- 画像処理の技法は他の研究の応用として活用できそうで、価値が高い。

という評価を得た。悪い評価を得たわけではないので良い教材なのだろう。しかし、評価の数が少ないのでもしかしたら読むこと自体が難しく感じたのかもしれないと考えた。そこで上の評価を参考にし、ImageJ の実験説明書を何度も読み返し、難しい内容をより簡単にする作業を行った。内容についてはほぼ変わらずであったが、何度も読み返すうちに誤字脱字を数個確認できた。粘菌の原形質流動についてある程度深いところまで知ることができ、粘菌の面白さを伝えられる内容だと思われる。

（文責: 加藤貴宏）

4.4 迷路実験キット

4.4.1 背景

粘菌を題材とした研究は、イグノーベル賞を 2 回受賞している。2008 年には迷路実験で認知科学賞、2010 年にはその迷路実験を応用した交通網実験で交通計画賞を受賞した。その迷路実験を体験してもらいたく、キットのテーマとして選定した。

4.4.2 概要

本キットは、粘菌の迷路実験を行うことができる。粘菌の、エサとエサの間を最短経路でつなぐという性質を利用した実験である。説明書とDVDを付録し、文字・写真・映像によって詳しく説明している。加えて、ユーザーの考えた迷路を粘菌に解かせることもできる。また、迷路実験が交通網実験に発展したように、ユーザーによって新たな実験を発想してもらいたいという狙いもある。

(文責: 庭山和真)

4.4.3 活動内容

事前

迷路実験キットグループでは、迷路と交通網を題材とした実験キットの製作を目指した。粘菌は前述の通り、知性があり、迷路を解かせると最短経路をとる性質を持っている。そのためこの実験キットでは、その粘菌の賢さを実際に目にして見ることができる。ここでは迷路実験キットを製作するまでのプロセスを説明していく。

まず、実験キットの仮構成を決めた。迷路の実験は、グループ編成前に一度行っているため、その経験を基に大まかな枠組みを決めた。その後、実験キットを想定した迷路の実験を実際に行った。

実験では、シャーレを用いた寒天培地、スパーテル、OHPシート、オートミールが必要になる。はじめに、粘菌が通る迷路の経路を作成する。OHPシートに迷路を書き、粘菌が通る経路の部分を取り取る。取り取ったシートは、寒天培地の上に載せ、図1のように経路の部分に等間隔で均等な量の粘菌を置いていく。その後、粘菌が経路全体に広がるまで3時間前後待つ。広がった状態が図2である。粘菌が全体に広がったら、図3のようにスタートとゴールに、10mm × 5mm × 5mmのオートミールを混じった寒天を置く。これで粘菌が迷路を解く準備が完了である。

ここから、経過を観察していく。今回の迷路の実験では、初めて約1時間毎にカメラで撮影し、粘菌が迷路を解き始めて10時間後からは、30分ごとの自動撮影を行った。その結果が以下の通りだ。

実験を行って、改善点が数点出てきた。まず1つは、粘菌を経路上に、均等な量かつ等間隔に置くことを重要と考えなくてはならないことだ。均等な量を等間隔に置かないと、経路上で偏りが発生し、場所によっては粘菌が経路から外れてしまう場合もある。また実験中は一定の間隔時間ごとで、粘菌の経過を確認し、必要に応じ手直しをしなくてはならない。実際の実験では、粘菌を置いたあとに、多少の偏りがあり、粘菌が経路から外れて広がってしまった。その際にさじを使い、外れてしまった分の粘菌を掻き取った。正確な実験結果を得るためにも気を付けないといけない点であった。次に、オートミールを混ぜた寒天の作り方に改善の余地があることだ。一度目の実験では、スタートとゴールに寒天を置き、その近辺にオートミールを置いていたが、今回の実験では寒天を作る際にオートミールを混ぜて、それを固めた物を置いてみた。オートミールはハンドミキサーで粉末にし、固める前の寒天が入ったビーカーに混ぜた。その後、ビーカーの中身を平たく固

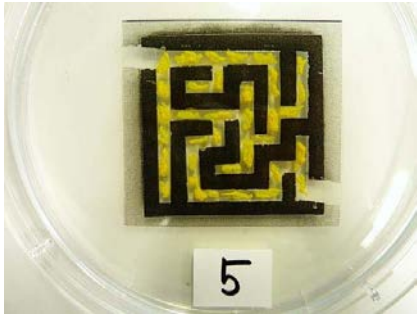


図 4.32 小さく切った粘菌

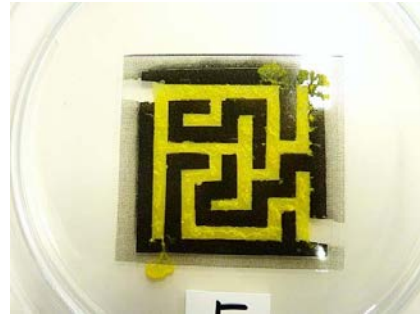


図 4.33 迷路に広がった粘菌

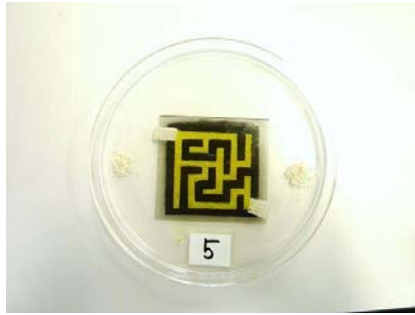


図 4.34 2箇所へえさを置いた状態



図 4.35 2時間後

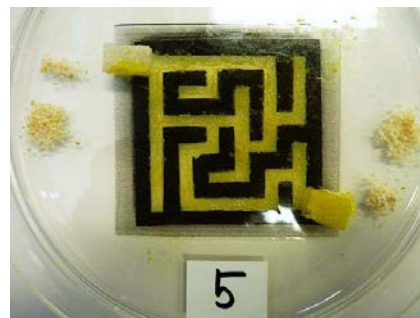


図 4.36 3時間後

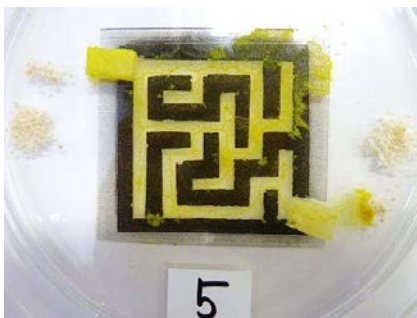


図 4.37 4時間30分後



図 4.38 6時間後

めるためにシャーレに移した。しかしこの過程で、オートミールを粉末にしたものの、重みで沈んでしまい、移す際に少量のオートミールしか流れなく、思った通りの寒天が作れなかった。どう改善するかはキット制作の段階での課題となった。二つ目は粘菌の通る経路の幅を広く設定することだ。経路が細いと粘菌を均等に置くことが困難であることを身にしみて感じた。粘菌に触れることが初めてなユーザーであれば、尚更難しいと感じるだろう。また、経路の幅を広くすると、粘菌が脱走することも最小限に防ぐことができるため、改善することを考えた。

これらの反省を基に、キットの構成を決めた。キットの付属品として、フィルム2種類と無地のフィルム、大きめのシャーレを用いた寒天培地、オートミール、スパーテル、説明書、説明DVDを同封することに決めた。フィルムは我々が事前に切り取ったものを2種類用意し、そのほかにユーザーが好きなように迷路を作成できるように、切り取っていない無地のフィルムも用意する。寒天培地は、大きめのシャーレを用いることに決めた。説明書には、迷路実験の成功例や、迷路の経路のサンプルを載せることを決定した。説明DVDには、文章だけでは伝わりにくい迷路実験の手順や実験経過を盛り込むことになった。そのためユーザーにDVDを見ながら、実験を行ってもらう形をとってもらうことを想定して製作することにした。

(文責: 岡野楓)

製作

- 迷路実験
- 説明書製作
- DVD 製作
- モニター依頼
- フィードバックを元に改善

(文責: 庭山和真)

4.4.4 内容物

- 迷路フィルム
- スパーテル
- シャーレ
- OHP シート
- 実験説明書
- 実験説明 DVD

(文責: 大水碧)

迷路フィルム

迷路フィルムは、粘菌が通るための迷路を OHP シートを使って作ったものである。キット1セットにあたり、OHP シートを迷路の経路に切り取ったもの(迷路フィルム)を2種類を用意した。迷路フィルムは1種類は経路の幅が広く、迷路自体も単純なもの、もう1種類は経路の幅は少々狭く、迷路がやや複雑なものを作成した。作成方法について説明する。

まず、A4 の用紙を用意する。そして、用紙に 5cm × 5cm の枠を6つ書き、それぞれの枠内で

黒のペン等を使って迷路を描く。次に描きこんだ用紙を、印刷機を使って OHP シートに印刷をする。そして印刷された OHP シートを、切り取る作業に入る。はじめに 5cm × 5cm の枠の外側を余裕を持って切り取る。そして、粘菌が通る経路をカッターを使い切り取ると、完成である。

工夫点は、迷路の経路に粘菌を配置しやすいように、経路の幅が広いフィルムを用意したことである。初心者にとっては、粘菌を経路に置くことは少し難しいため、初めて実験をする際は、経路の幅が広い方の種類の迷路フィルムを使うと良い。

モニターの方に迷路実験を行っていただき、以下のようなフィードバックを得ることができた。

- 迷路フィルムの迷路の経路が込み入っているのもっとシンプルにしたらどうか。

得られたフィードバックから改善を加えた点は以下である。

- 迷路フィルムの迷路の経路をシンプルにすることで、粘菌が迷路を解き終わる時間が早くなるわけではない。だがシンプルにすることで、ユーザーの方が粘菌を配置することが簡単になるという点と、実際にフィルムに粘菌を置くことが難しかったという意見が多々あったことから、内容物には今ある中で、経路の広い迷路フィルムを用意することにした。

(文責: 岡野楓)

OHPシート

キット1セットにあたり、何も印刷をしていない OHP シートを1枚用意した。これは、ユーザーの考えた迷路をこの OHP シートにプリントし、迷路の経路を切り取って、実際に粘菌に解いてもらうためである。また、迷路実験キットの説明書で紹介している交通網実験を行う際に、関東圏の地形に切り取ったフィルムが必要であるため、そのような場合もこの OHP シートを使うことができる。ちなみに迷路フィルムの作成方法は、内容物・迷路フィルムの項目で説明しているので、参考にさせていただきたい。

モニターの方に迷路実験を行っていただき、以下のようなフィードバックを得ることができた。

- OHPシートを1枚入れられても戸惑ってしまうので、5つぐらいの迷路のパターンを載せておいてほしいと感じた。

得られたフィードバックから改善を加えた点は以下である。

- フィードバックを得た後、いただいたフィードバックの通り、こちらでも自分で迷路を作成するのは難しいと考えた。実現していないが、説明書などに迷路のパターンを載せるとよいのではないかと考えている。

(文責: 岡野楓)

実験説明書

実験方法の解説では、読み手の必要としている情報を見極めることに重点をおいて作成した。実際に何度も実験を行い、自分達が戸惑った、または不思議だと感じた過程を記録し、読み手の目線で内容を構成していった。粘菌に関する知識が全くない人にでもわかりやすく、面白いと感じて

もらえるものを目指した。実験方法には道具と手順、さらに粘菌が迷路を解く様子を記載した。手順は 8 段階、粘菌が迷路を解く様子は写真で表した。

内容で工夫した点は、まず見やすさとわかりやすさを意識して実験手順ひとつひとつに写真と見出しをつけたことである。掲載する写真は付属する説明 DVD のキャプチャ画像を用い、DVD と説明書を参照出来るようにした。さらに、なぜその実験手順を踏まなければならないのかという理由を一段階ごとに記載した。これには 3 つの意図がある。1 つ目は、ただ実験をこなすだけでなく内容を理解してもらえるようにしたいということ。2 つ目は、内容を理解することでユーザーが実験に工夫を加える際、実験手順を変更してもいい点がわかるようにするため。3 つ目は、実験が失敗してしまった際にどこが悪かったのかわかるようにするためである。

デザイン面で工夫した点は、まず写真をただ貼り付けるだけでなく、ポラロイド風にしたことである。見出しをポラロイドのコメント記入部に手書きで書きこむことで難しさを感じさせないことを意識した。実験手順を踏まなければならない理由は、ポイントとして粘菌のキャラクターのふきだして説明した。これも難しさを感じさせないことを目的としている。



図 4.39 実験手順説明

ここからは手順の 8 段階について解説する。

手順の 1 段階目は粘菌を出すことである。迷路実験を行う前日に、飼育キットに同封されているスクレロチウムから粘菌を出して置かなければならない。ここで粘菌の出し方を細かく記載すると大きなスペースが必要になるため、「飼育」の本を参照することとした。ポイントは元気な粘菌を出すための環境として、高湿度で気温 25 程度の暗所で粘菌を出すことである。写真は「飼育」の本と同様のスクレロチウムの画像を使用した。

手順の 2 段階目は寒天を作ることである。ここで作る寒天は迷路実験の土台の寒天培地となる。寒天の詳しい作り方に関しても、細かく記載すると大きなスペースが必要になるため「飼育」の本を参照することとした。迷路実験には一般的な大きさのシャーレではなく、直径 15 程度の大きなシャーレを使用する。さらに後の段階で必要な寒天の橋のため、小さなシャーレにも寒天を作っておく。ここで作っておくことで後の段階を効率良く進めることができる。ポイントは小さい

シャーレを使用すると実験結果に影響が出るため大きなシャーレを使用しなければならないということである。写真は「飼育」の本と同様の寒天を作る際の写真を利用した。

手順の3段階目はフィルムを置くことである。先ほど作ったシャーレを用いた寒天培地の中心に迷路フィルムを置く。ポイントは、フィルムを置く意義である。粘菌は湿ったところを好む。そのため、乾いたフィルムの上に粘菌が出てくることはなく、湿った寒天の上のみに粘菌が広がるのである。

手順の4段階目は迷路に粘菌を置くことである。1段階目でスクレロチウムから出しておいた粘菌から、スパーテルを使用して粘菌だけを小さく切り出して寒天培地の上の迷路に置いていく。切り出す粘菌の大きさは迷路の幅に合わせ、5mm程度隙間をあけて等間隔に迷路に置いていく。このとき、粘菌を潰しすぎないように気をつけなければならない。切り出す粘菌の量が実験結果に関係してくるが文章ではイメージしにくいいため、DVDでわかりやすく説明することとした。ポイントは粘菌を潰しすぎない理由である。粘菌を潰しすぎてしまうと次の段階で粘菌が迷路全体に広がるのが遅れてしまうのである。

手順の5段階目は粘菌が広がるのを待つことである。迷路と粘菌を置いた寒天培地のシャーレに蓋をして暗所に3時間程度置き、粘菌が迷路全体に広がるのを待つ。粘菌を順調に成長させるためには高湿度で気温25程度の暗所にシャーレを置くことが大切である。また、シャーレの蓋を少し開けて湿度が高くなりすぎないように気をつける。粘菌の好む環境については手順1のポイントでも記載したが、ここでもう一度説明した。粘菌に詳しい者ならば粘菌は常にそういった環境で飼育しなければならないということは当たり前でも、粘菌について知らない者は段階ごとにどのような環境に粘菌をおけばいいのかわからないからである。しかし粘菌の好む環境に置くと説明したのに、粘菌が高湿度を好むこととシャーレの蓋を開けて湿度を下げるということは矛盾している。よって、ポイントはシャーレの蓋を少し開ける理由である。シャーレの中の湿度が高くなりすぎると迷路フィルムも湿ってしまい、迷路フィルム上に粘菌がはみ出してしまうからである。

手順の6段階目は寒天の橋を作ることである。粘菌が迷路全体に広がったら2段階目で小さいシャーレに用意しておいた寒天から10×5mm程度の大きさの寒天を切り出す。切り出した寒天は、迷路フィルムのスタートとゴールの位置に置く。この作業によって粘菌はスタートとゴールの位置を知る。寒天の橋を渡って粘菌が迷路の外に這い出す。ポイントは寒天の橋をフィルムを跨ぐようにして迷路の内側と外側の寒天に触れるように気をつけることである。寒天の橋とシャーレの寒天の間に隙間があると、乾いたフィルムを嫌って粘菌が移動しなくなってしまうのである。

手順の7段階目はエサを置くことである。粘菌に迷路を解かせるため、エサのオートミールを迷路フィルムを置いた寒天培地のシャーレの上に置く。粘菌はエサから栄養を吸収することを目的として迷路を解く。エサは迷路の外側の、スタートとゴールのから少し離れた位置に置く。ポイントはエサを離して置く理由である。寒天の橋を渡り、一度迷路から這い出た粘菌が、時間が経過するとまた迷路に入ってしまうことがある。しかし、エサをスタートとゴールから少し離れた位置に置いておくと迷路から這い出た粘菌はエサの上にとどまり、迷路内に粘菌が逆流するのを防ぐことができる。

手順の8段階目は粘菌が迷路を解くのを待つことである。5段階目と同じようにシャーレの蓋を少し開けた状態で暗所に6時間程度置き、粘菌が迷路を解くのを待つ。このときも粘菌の好む環境にしておく。ポイントは「6時間程度」とあっても、実際実験を行ってみると粘菌が迷路を解く時間は前後するため、放置している間に時々覗いてみることである。さらに粘菌は進むスピードが非常にゆっくりしているため、時々覗くだけでも粘菌がだんだんと迷路を解いていく様子がわかるのである。

以上が手順の 8 段階の詳細である。次に粘菌が迷路を解く様子のページを解説する。

ここでは粘菌が迷路を解いていく様子を時系列で示した。ユーザーが放置している粘菌を観察するタイミングのヒントとなり、また実験が順調に進んでいるか確認する目安となればと考えた。先ほどの手順の 8 段階目で放置を始めてから 2 時間後、粘菌が全体に広がっていた状態からだんだんと全体に筋が見え始める。さらに 2 時間後（放置開始から 4 時間後）行き止まりや距離の長い経路から粘菌が引いていき、筋が消えて行く。そのさらに 2 時間後（放置開始から 6 時間後）最短経路が出る。そして時間が経過しすぎると迷路から這い出た粘菌がもう一度迷路内に入り、経路が崩れてしまう。ここでの大きなポイントとして粘菌が迷路を解く理由を解説している。粘菌が迷路を解くのは生理的欲求によるものである。粘菌には、1 度の多くのエサを吸収したいという欲求と、ひとつの体で繋がってほしいという欲求がある。迷路の最短経路をとることが、この両方の欲求を満たすのに一番効率がよいと言える。

実験手順についてのフィードバックは、高評価なものだけであり、問題点を指摘されることはなかった。

（文責: 大水碧）

「迷路実験を応用を応用して」の項目では、迷路実験で明らかになった「最短経路をとる性質」を利用して、ユーザー自身に新しく、迷路以外に粘菌にできることを探してもらおうという目的で制作した。そこで新しい発見への手助けとして、手引書では鉄道網実験とカーナビゲーションの 2 つを例に挙げて説明を行った。この 2 つの例は既に、研究者らの中で考えられているものであり、その中で鉄道網実験（鉄道網など都市のインフラ整備を行う際、真正粘菌を用いて、輸送効率に優れた最適なネットワークを設計する研究に対して）は 2010 年に中垣俊之先生らによって、イグノーベル賞「交通計画賞」を受賞している。この賞を受賞する 2 年前には迷路実験（単細胞生物の真正粘菌にパズルを解く能力があったことを発見したことに対して）で、イグノーベル賞の認知科学賞を受賞されており、交通網実験は、迷路実験を応用し 2 度目の受賞にこぎつけた経緯がある。そんな迷路実験・交通網実験には多くの可能性が広がっていることからこの項目が生まれた。これから、2 つの例である鉄道網実験とカーナビゲーションの詳しい説明をしていく。

交通網実験は、粘菌に関東圏の鉄道網を設計させたら、どのようなネットワークを形成するのかを観る実験である。実験方法は、まず 30cm^2 の程度の大きさの寒天培地を用意し、関東圏の地形に切り取ったフィルムを貼る。そして大きな街 30 ヶ所程に粘菌のエサであるオートミールを置く。次に東京の位置にエサの上に沢山盛り上がっている粘菌を置く。そこから粘菌が伸び出していくので、その後の経過を観ていく。現実的に、山岳地帯や海、湖沼、河川には鉄道を敷設することはできないため、該当箇所には粘菌が嫌がる強い光を当て、その部分を粘菌が避けるようにする。土地の標高に合わせてより強い光を当てるなどの工夫が必要である。そして 26 時間程経過すると、次の図のようなネットワークが形成される。

実験結果から、粘菌が作った鉄道網と JR の鉄道網では、よく似た特徴があることがわかる。目で見て取れる特徴としては、海岸線に沿って経路が作られていることと、谷筋に沿って路線が伸びていることである。また粘菌が作った鉄道網では、路線のコスト（全ての経路の長さが最も短い）や輸送効率（2 点間の距離が短く効率的）、耐故障性（一部が切れたときに代替ルートがある）の 3 点が JR の鉄道網よりバランスよく満たすパターンを見出していることがわかっている。粘菌に最短経路をとる性質があるのなら、粘菌に道案内をしてもらおう「粘菌カーナビ」は考えられない

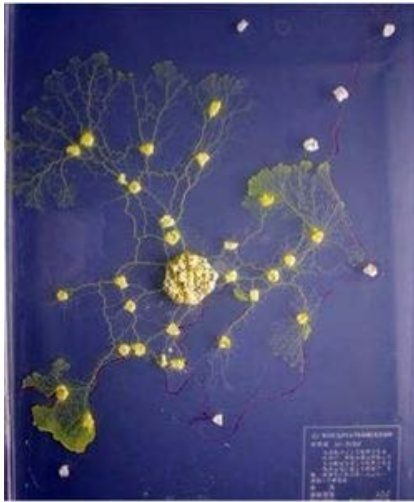


図 4.40 粘菌が作った鉄道網

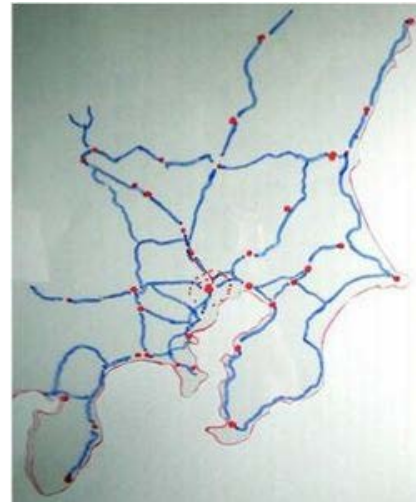


図 4.41 JR の鉄道網

だろうかと考え、カーナビゲーションも例に挙げた。既にカーナビゲーションへの応用は考えられている話である。粘菌カーナビの特性として2点あり、1点目は明らかに悪い経路から消滅できること、2点目は時々刻々に変わる渋滞に適応できることである。この特性を1つずつ詳しく説明していく。

特性その1：明らかに長い経路から消滅する 粘菌は最終的に最短経路をある1本のルートに決める。その1本に決めるのに、驚くような過程を踏んでいる。迷路実験の結果までの時間経過を見ると分かる通り、経路を決める過程で、経路の数がだんだん減っている。スタートとゴールまでの経路全体を大雑把に見て、使わないだろうと思われる経路から消滅していく傾向があるのだ。この思考は、人間とよく似ている。「これはどう見ても長いルートだ。このルートは却下。」と粘菌も考えているのかもしれない。この性質について詳しいことは分かっていない。だが、人間と似たような感覚を持っている可能性は少なからずあるようだ。

特性その2：時々刻々かわる渋滞に適応できる 粘菌カーナビには大きな強みがある。それは「渋滞への適応」である。ドライブの最中、あらかじめ決めていた経路の先で交通事故が発生してしまったとする。そんな状況に遭遇してしまうと、その経路では渋滞が発生、または通行止めになってしまい、通ることができなくなってしまうだろう。そのような時、粘菌カーナビは役に立つ。鉄道網の項目で記した粘菌の性質「耐故障性」だ。経路が途中で切れてしまっても、迂回路を作り、また流れを作り出すのだ。頭でっかちな機械とは違い、臨機応変に対応できるのは大きな強みと言えるだろう。

ちなみに、現行のカーナビゲーションは、ダイクストラ法というアルゴリズムを使い、経路探索を行っている。このダイクストラ法について、次の図をを使って説明する。

1. A からつながっている経路は、A B,A C,A D の3つである。この3つの経路の中で最短経路をとるのは、距離3の A B,A D であるので、それぞれ進む。
2. B からつながっている経路は、B A,B E である。B A は、スタート地点に戻るため最短経路をとるとは考えられない。したがって B E の経路をとる。D からつながっている経路は、D A,D C,D F である。この中で短い距離は D A であるが、スタート地点に戻るため、その次に短い距離である D C の経路をとる。
3. 前段階で、A D C の経路をとっていたが、この経路の距離は7である。一方、A C

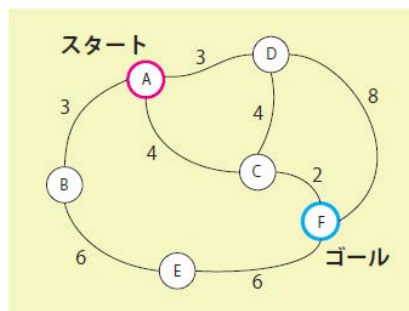


図 4.42

の経路の距離は 4 である。したがって、C 地点までの最短経路は A → C に更新する。

4. D からつながっている経路は、D → A, D → C, D → F であるが、現在残されている経路は、D → F である。結果、A → D → F の総距離は、11 である。C からつながっている経路は、C → A, C → D, C → F であるが、現在残されている経路は、C → F である。結果、A → C → F の総距離は 6 である。E からつながっている経路は、E → B, E → F であるが、現在残されている経路は、E → F である。結果、A → B → E → F の総距離は、15 である。よって最短距離の経路は、距離 6 の A → C → F である。

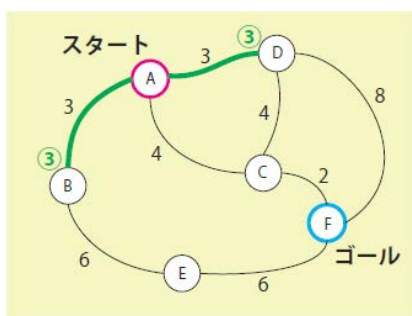


図 4.43 Step1

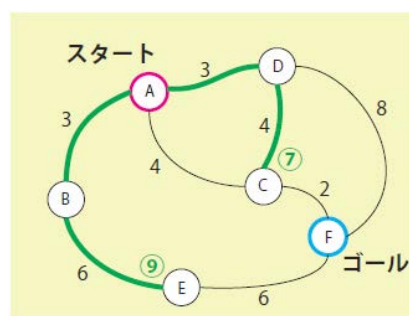


図 4.44 Step2

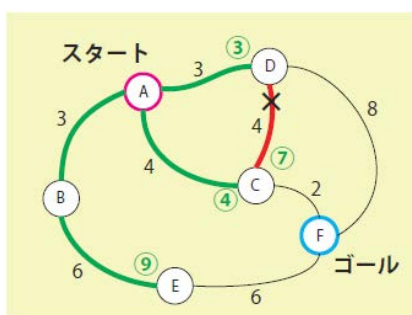


図 4.45 Step3

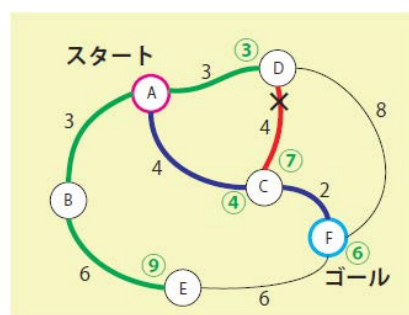


図 4.46 Step4

モニターの方に迷路実験を行っていただきフィードバックを得たが、迷路フィルムについての改善すべき点の指摘はなかった。そのため、特に改善は加えていない。

(文責: 岡野楓)

実験説明 DVD

迷路実験の手順は、文章だけでは説明しきれない部分があることが問題であった。そこで我々は文字では伝えきれない部分を補うため、DVD を付属することとした。DVD には実験手順の他、粘菌が迷路を解いている間の動画や実験成功・失敗例も収録した。ナレーションとテロップをつけることでわかりやすさを追求し、粘菌が脈動しながら成長する姿を撮影することで粘菌の面白さを感じてもらえるようにした。また、説明書と DVD を参照できるようにするため、実験手順とチャプターのタイトルは説明書に沿って作成した。

DVD に収録する実験動画が必要だったため、自分達で実験を行い撮影を行った。撮影準備として、実験前日にスクレロチウムから粘菌をだし、実験当日に大学内で実験に使用する寒天培地を作成しておいた。

迷路実験に使用する実験道具（シャーレを用いた寒天培地、スパーテル、迷路フィルム、オートミール）と前日に用意した粘菌、撮影に使用するビデオカメラ 2 台、カメラ固定のための三脚 2 つ、そして光を遮るためのダンボール（暗室の代用品）さらに段ボール内で撮影に必要な明るさを得るため懐中電灯を用意した。迷路実験の撮影は長時間に及ぶ為、これらの道具を家に持ち帰って撮影を行った。粘菌は 1 時間に 1 センチというゆったりとしたスピードで成長していくため、粘菌が迷路全体に広がる間と、粘菌が迷路を解く間の映像は 30 秒に 1 コマの間隔で撮影した。テープに録画した動画を AD 変換し、PC で編集できるようにした。2 台のビデオカメラで撮影した映像を切って繋ぎ合わせて動画を作成した。動画編集には iMovie、DVD 作成には iDVD を使用した。

DVD 作成にあたって工夫した点を、実験手順に沿って以下で説明する。

粘菌に触れたことの無い人にとって、粘菌を迷路に置く段階の粘菌の量や間隔がわからない、また「粘菌を切り出す」という作業が上手く想像出来ないなど不安に思う点が多くあると考えた。そのため、迷路に粘菌を置く段階の映像は細かく作成した。実際にスクレロチウムから出した粘菌の変形体から小さく粘菌を切り出す様子と、迷路に粘菌を置いていく様子を 2 台のカメラを使用して同時に撮影を行った。2 つの映像を切り替えながら収録することで、手元がわかりやすく、手順もわかりやすい映像にすることが出来た。また、一度詳しく見せた後は同じ作業の繰り返しとなるため、200 倍速で収録することで時間を短縮した。そして、粘菌が脈打ちながら成長していく映像により、粘菌に興味を持ってもらうことができると考えた。そのため粘菌が迷路全体に広がる映像を 200 倍速で収録することとした。また、寒天の橋の大きさや置く位置、またエサの量や位置もわかりやすいように撮影した。粘菌が迷路を解く段階では、粘菌の成長に伴ってナレーションすることで、細かい筋が見えにくい映像でも状況がわかるようにした。説明書の画像とは違い、映像では粘菌が脈打ちながら成長し、最短経路だけを残すまでがはっきりとわかる。そのため、粘菌の面白さを感じてもらえるのではないかと考えた。迷路実験を始めて行った人は、どのようになれば実験が成功なのか失敗なのか判断しかねると考えた。そこでユーザーが実験の結果を判断する材料として実験失敗例を収録した。実験失敗例は粘菌がスタート側にだけ這い出たまま、正確に迷路を解くことができていない映像を収録した。さらに最後に迷路から這い出た粘菌がもう一度経路内に入り、経路が崩れてしまうという、粘菌が迷路を解いた後に起こる状態も収録した。

実験説明 DVD に関するフィードバックは高評価なものだけであり、改善点は挙げられなかった。

（文責：大水碧）

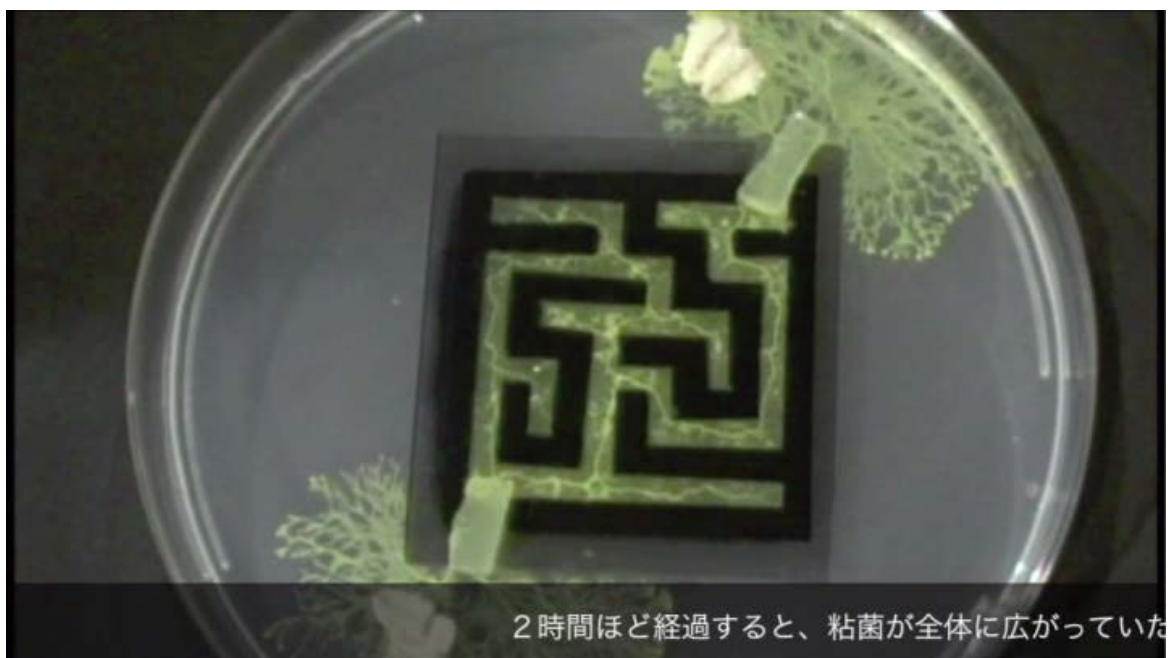


図 4.47 DVD 映像

第5章 モニターとフィードバック

成果物を制作するにあたり、何度も推敲・再構築を行った。当初は、プロジェクトメンバー同士で評価し合い、改善点などを話し合った。しかし、私たちの制作した教材は、使用者が必ず存在するものである。外部の人に評価してもらうことで生の声を聞き、それを最終成果物へと繋げることが必要だと考えた。そのため、外部の人物・機関にモニターを依頼し、改善点などのフィードバックをもらった。そのフィードバックを基に成果物を訂正・改善を行うことで、より使用者のことを考えた成果物を目指した。

モニターを実施する際に送付した内容物は以下の通りである。

- 概要等を記載した仕様書
- 粘菌ガイドブック 入門書
- 飼育キット（スクレロチウム、オートミール、寒天粉）
- 採集キット（説明書、DVD、標本箱、防腐剤）
- 流動実験キット（説明書、DVD）
- 迷路実験キット（説明書、DVD、迷路フィルム）
- 評価シート

モニターを引き受けてくれた人物・機関は以下の通りである。

- 越前町立福井総合植物園プラントピア園長 松本淳 様
- 北海道立教育研究所附属理科教育センター主査 北澤新 様
- 市立函館高等学校教諭 渡辺儀輝 様
- 市立函館高等学校生徒 4名
- 福井県立高志高等学校生徒 2名

以下より、評価者の情報といただいたフィードバックの要約を記載する。

- 松本淳 様

福井総合植物園は、越前町丹生山地の自然の地形と植生を生かした植物園である。生きた植物と標本の収集、研究活動、教育普及活動をバランスよく行う研究植物園として、全国屈指のアクティビティーを誇っている。今回協力していただいた松本淳様は、この福井総合植物園の園長を務めている。粘菌採集においては、日本中で右に出る者はいないであろう。プロジェクトは別件で大学を訪問していただいた際に、粘菌採集に関する講義を行っていただいた。その後粘菌採集を実際に四季の杜で行い、経験に基づいたプロの技を教授していただいた。この際にも成果物の評価をいただいたが、成果物自体がまだ未完成だったことや、評価の時間が短かったことなどから、成果物完成後に再度モニターを依頼した。

特別な評価シートは用意せず、自由に評価してもらった。粘菌の専門家であるため我々が間違っていて認識していた箇所の指摘を多くしてもらった。飼育の手引書において、粘菌の飼育のやめ方というものがあり、そこで「粘菌を森林の倒木や落葉においてくる」と記載していた。しかし、「実験で使っている「モジホコリ」はアメリカで採集され、実験室内で管理されて増やしたものであり、決して野外に放ってはいけません。」との指摘があり、修正を加

えた。また、粘菌採集のプロであるため、採集キットに関する指摘が数多くあった。

- 北澤新 様

北海道立教育研究所附属理科教育センターは、理科教育にかかわる教員研修事業や、北海道の理科教育に関する実態調査を行なっている研究機関である。夏休み期間中に、「粘菌の知られざる能力 ? 探究活動の教材としての可能性?」と銘打った理科特別研修講座がひらかれた。1日かけて、粘菌の実験や採集などを行い、粘菌の教材としての可能性について議論するものであった。中垣教授のサポートをする為にプロジェクトの代表者2名が参加した。この講座の企画・進行を行なっていたのが北澤新様である。研究者としての観点で評価してもらいたく、モニターを依頼した。

特別な評価シートは用意せず、自由に評価してもらった。全ての教材を深く読み込んでいただいたようで、言葉の間違いや言い回しの訂正などを多く指摘してもらえた。また、入門書の粘菌の認知機能の項目について「好きなもの・嫌いなもの等を全て掲載するのではなく、一部のものが好きか嫌いかわかると実験により確認するよう促す内容だと一層よいと思います。好き・嫌いを確認する実験方法を写真を掲載して説明すれば、高校生でもすぐに実験できると思います。」という指摘があった。使用者に対して理解の幅を持たすことは必要であると考え、これを採用した。教材研究者の観点での指摘もいくつかあり、「国会議員の話が掲載されていますが、このことに関する確実な証拠があるのでしょうか。例えばこの飼育編がマスコミに取り上げられたときに、思いがけないハレーションが起き、皆さんが窮地に立たされるおそれがあるのではないかと懸念します。」という我々では考え付かない指摘があった。

- 渡辺儀輝 様

渡辺先生は、市立函館高等学校の化学担当教諭である。函館では、テレビ番組(様々な化学実験を行うもの)を持つほど有名な人物である。高校教諭の立場から、また化学実験のプロの立場から評価していただきたく、モニターを依頼した。

特別な評価シートは用意せず、自由に書いてもらった。高校教諭としての立場からの評価が多く、「高校の授業は50分間しかないの、準備には多く時間をかけることはできない。また、高校教員も忙しいので、授業の前に準備をすることもできないと考えていた方がいい。」や「教育の観点で考える必要がある。学習指導要領・カリキュラムを踏まえた上での教材開発。教育現場のことを考えて開発してほしい。」などがあった。

- 市立函館高等学校生徒 4名

この高等学校は、松本様にモニターを依頼し評価をしていただいた際に紹介してもらった。こちらでも理科クラブの学生2名にモニターとなってもらった。

教材全般と粘菌に関する質問を9つ設けた評価シートを使用した。2名とも全体的に好評価であり、加えて粘菌の繁殖にも成功したようだった。また、「キットの手引書などを読んだら粘菌の実験をすぐにしたくなった。」や「粘菌の実験を行うことで、もっといろいろな生物の実験をしてみたいと思った。」などの意見があり、教材開発の目的を達成できたことを実感した。

- 福井県立高志高等学校生徒 2名 渡辺先生にモニターを依頼する際に、同時に学生へのモニターも依頼した。渡辺先生の受け持つ理科クラブの学生4名にモニターとなってもらった。

手引書、DVD、その他という3つの観点に絞り質問を設け、回答してもらった。手引書に関しては、「飼育の手引書の粘菌を繁殖させる過程の説明が曖昧だったと思う。DVDがなければ実験を進めることができなかった。」という指摘があった。DVDに関しては、全体的に好評価であった。その他では、モニター実施の時期が冬だったために室温の管理が難しかったという感想がいくつかあった。しかし、全員とも粘菌の繁殖に成功していた。

(文責: 庭山和真)

第 6 章 発表会

6.1 中間発表

6.1.1 発表方法

中間発表会ではスライドを中心に説明を行った。10 分程度のプレゼンの後、成果物や実物の粘菌を自由に見てもらった。

作成した入門書と飼育書、生きた粘菌、原形質流動を見てもらうための顕微鏡、迷路実験の実物等を用意した。実物を見てもらうことで、粘菌の魅力を伝えることができた。

(文責: 大水碧)

6.1.2 ポスター

波多野 暲

中間発表に向け、メインポスター 1 枚とサブポスター 2 枚の計 3 枚のポスターを制作した。メインポスターでは、概要、粘菌とは、活動内容、今後について説明した。活動内容では、さらに学習、手引書、実験・講義・採集、キット案の 4 つの項目に分けて説明した。そして、手引書とキット案についてサブポスターを用いて詳しく説明した。

ポスター制作は見易さを重視して進めていった。具体的な工夫としては以下の 2 つである。1 つ目の工夫としてメインカラーを決め、色を使いすぎないように心がけた。メインカラーを決めることでポスターの印象を固定し、まとまりのあるデザインにすることができた。しかし、色が単調になり地味なポスターになってしまった。2 つ目の工夫は配置である。図や文字の間隔やサイズのバランスを調節することによって、項目が混同しないように心がけた。これらの工夫によってシンプルで見やすいポスターを制作することができた。

(文責: 波多野 暲)

6.1.3 スライド

スライド製作にあたって、スライド班をつくり、発表する内容も含め全ページを全員で作成した。スライド発表の流れは、背景・目的、これまでの流れを踏まえた活動内容、今後の順にした。分かりやすくするために、スライド内は簡潔にまとめ、画像などを多く入れた。

その結果、私達が活動してきた流れとその成果が分かりやすいものになっている。

以下、スライドの詳細を記載する。

1. 背景・目的について

本報告書の第 1、2 章で書かれている内容をまとめた物である。また、ここで簡単に粘菌についての説明もふれている。

2. 活動内容

ここでは、流れにそって私達が活動してきたことを、勉強、手引書、実験・講義・採集の順に記してある。中間発表までの活動として、手引書には特に力を入れている。この手引書は高校生以上を指標にし、これまでにないような、簡単で分かりやすい内容になるように努力した。

3. 今後について

中間発表までの活動で、最終的に話し合っていたキット案を基に、今後どのようなキットにしていくかその具体性を記している。

(文責: 川真田亘)

6.1.4 フィードバック

成果発表の目的のひとつに、プロジェクトの進行状況などを評価してもらうことがある。私たちのプロジェクトでは、評価シートを用いて発表見学者に評価をしてもらった。評価してもらった項目は、以下の2つである。

- 「発表技術について」(プロジェクトの内容を伝えるために、効果的な発表が行われているか)
- 「発表内容について」(プロジェクトの目標設定と計画は十分なものであるか)

結果として、約 50 人に評価をしてもらうことができた。その中でも、とりわけて参考にしたフィードバックが以下のものである。(一部修正などを加えてある)

- 実物も多数用意されていたので、良い発表だったと思います
- 声の大きさも丁度良く、カンペを見ることもなく、素晴らしかった
- ポスターの内容が薄すぎる
- 発表内容が多く感じたため、要点を絞って分かりやすくしてほしい
- ポスターセッション形式にしてください

これらのフィードバックを参考にして、最終成果発表に向けて準備をした。

(文責: 庭山和真)

6.2 最終発表

6.2.1 発表方法

中間発表の際、スライドを用いてプレゼン形式で発表を行ったが、ポスターセッションという形式から離れてしまっていた。そのため、最終発表はポスターセッションをメインとする発表方法に変更した。

発表開始 5 分程度でプロジェクト全体の背景や目標、前期での活動をスライドを用いてプレゼンし、そこから実験キットグループごとに 3 つに分かれ、聞き手に自由に移動してもらいながらポスターセッションを行った。

前期の活動で作成した入門書、飼育書は会場中央に置いておいた。各グループスペースにはポスターの他、キット一式、実験説明書見本、実験見本、顕微鏡、粘菌の標本などを用意した。また、

作成した DVD を再生しながら説明を行った。実際に生きた粘菌や粘菌の標本、実験の見本を見てもらうことで、聴衆の興味を引くことが出来た。

6.2.2 ポスター

成果発表に向けて我々は6枚のポスターを製作した。1枚目として本プロジェクト全体について説明するメインポスターを作成した。2枚目として採集キットの概要を示したポスターを作成した。3枚目として採集キットの概要ポスターを補足するポスターを作成した。4枚目として流動観察実験キットの概要を説明するポスターを作成した。5枚目として流動観察実験キットの概要ポスターを補足するポスターを作成した。6枚目として迷路実験キットの概要を説明するポスターを作成した。これらのポスターにはプロジェクト内で統一感をだすための工夫、そして、キットごとにポスターを区別しやすくするための工夫を施していった。ここで今回行った工夫について説明していく。1つめの工夫としてデザインの統一を行った。タイトル、見出しの背景は黒一色で統一した。それと同時に本プロジェクトのロゴを作成しポスターの右上に提示した。しかし、このままではキットごとのデザインの変化がなくなってしまう。そこで各キットごとにテーマカラーを設定し、ロゴなどのカラーとして適用した。このテーマカラーは各キットの手引書の表紙と同じカラーになっている。採集キットのテーマカラーは緑である。流動観察実験キットのテーマカラーは青である。迷路実験キットのテーマカラーは赤である。そしてメインポスターのテーマカラーとしてはオレンジ色を用いている。それぞれのテーマカラーを用いてタイトル、そして見出しの部分に縦のラインを入れた。

2つ目の工夫として各キットの概要を示すポスターの内容の統一した。背景・活動内容・キット概要という項目でを統一した。さらに、活動内容では、時間軸に沿った矢印を用いた説明を行うことで更なる統一を目指した。

これら2つの工夫によって、プロジェクト全体の統一感を保ちつつ、キットごとの区別も明確な6枚のポスターを作成することが出来た。

(文責: 波多野 暁)

● メインポスター

「粘菌とは」、「教材開発の目的」、「活動内容」の3部構成で製作した。「粘菌とは」では、粘菌を知らない人に興味を持ってもらうこと、粘菌が他の生物とは異なること、を考えて記述した。ただ不思議な生物と記載するだけでなく、「動物的であり植物的な」という形容詞を加えて具体性を持たせた。また、粘菌の特異な生活スタイルの図を載せることで、他の生物との差別化を図った。「教材開発の目的」では、プロジェクトメンバーと話し合い、なるべく複雑にならないようにまとめた。「活動内容」では、前期・後期の活動の中で主だった6つを、写真と説明文で記載した。

(文責: 庭山和真)

● 採集キットポスター

採集キット班では、2枚のポスターを製作した。1つは採集キット全体の概要を説明するポスター、もう1つは採集について詳しく説明するためのポスターである。これからそれぞれのポスターについて詳しく説明していく。

1枚目のポスターとして採集キットの概要を説明するポスターについて説明していく。



図 6.1 メインポスター

このポスターでは、背景・活動内容そしてキット概要が説明されている。それぞれの内容については全てを示さずに大雑把な枠組みを説明することで、採集キットの概要を短時間で理解できるようにした。そうすることで聴衆とプロジェクト生がディスカッションする時間の確保を図った。ここで各項目について詳しく説明している。

まず始めに背景について説明する。背景は瞬時に読み込めるよう短文で説明した。短い中にも、自然に触れることが出来るキットであること、そしてこのキットを通して通して自然環境の密接な関わりを感じ取ってほしいということが明確に伝わるような文章になっている。

次に活動内容について説明していく。活動内容には実際に採集キット班がキット作成に向けて行った活動を時系列に沿って紹介している。具体的には、採集・キット案製作・粘菌ミニ図鑑作成・DVD作成・標本箱作成・モニター依頼・キット改善などの項目に分けて紹介した。それと同時に活動中の写真を入れることで、実際の活動の様子や成果がわかるようになっている。

最後にキット概要について説明する。キット概要ではまず始めに、大まかな採集キットの



図 6.2 採集キットの概要を説明したポスター

説明を行った。この採集キットを使うことで何ができるのか、そして何を感じ取ることができるのかを説明した。以下に実際にポスターに提示したキット概要を示す。

またキット概要では3つの製作物についても紹介している。1つ目として、手引書を紹介している。手引書の特徴を簡潔な説明と手引書の表紙の写真を載せた。これによって、手引書を使って何ができるのかを瞬時に把握することが出来るようになっている。2つ目として、解説DVDを紹介している。解説DVDについては、実物のDVDではなくフリー素材のDVDアイコンを説明用の画像として使用した。これによって他の製作物の画像と雰囲気をあわせることができた。DVDの説明は、DVDの中身や特徴などがわかるような簡潔な文章となっている。3つ目として粘菌ミニ図鑑を説明している。粘菌ミニ図鑑の特徴を簡潔に記した文章と粘菌ミニ図鑑の表紙を載せた。

次に2枚目のポスターとして、採集について詳しく説明するためのポスターを紹介する。

このポスターには採集キットに関する具体的な内容がわかりやすく書かれている。”探す”、”採集”、”標本作り”の3つをキーワードとしてポスターを展開していく。説明は単調な文章だけでなく、たくさんの写真やイラストを用い行われている。これによって、飽きることなくスムーズにポスターを読み進められるようになっている。ここで3つのキーワードごとにこのポスターを詳しく説明していく。

1つ目のキーワードは”探す”である。”探す”では粘菌が生息する場所を説明している。5枚の写真を組み合わせることで、粘菌の居場所をわかりやすく説明している。粘菌を”探す”ことに興味を持たせるきっかけを作っている。次にキーワードである”採集”について説明する。ここでは採集方法について簡潔に説明している。画像を多く用いることで説明を補っている。最後のキーワードである”標本作り”について説明する。ここでは標本



図 6.3 採集キットの概要を説明したポスター

作りについて説明している。人形を使うことで、簡潔な文章でわかりやすく説明することに成功している。

これら2つのポスターを見ることによって、採集キットに関する興味をもつことができるようになっていく。また、ポスターで採集キットの全てがわかるのではなく、発表会場でプロジェクト生を相手にポスターセッションを繰り返し広げることによって採集キットの内容がわかっていくようになっていく。

(文責: 波多野 単)

● 流動実験キットポスター

流動キットグループは2枚のポスターを製作した。1枚目は共通項の、背景、活動内容、キット概要の3つについて書いた。2枚目には実際のキットで行える実験過程をシンプルに示している。

一番はじめには、この流動キットが制作されることになった背景について書いた。背景には、このキットは粘菌の動く仕組みや原形質流動について取り扱っており、これらは粘菌の基礎的な知識として必要不可欠なものである。また粘菌に初めて触れる人でも理解しやすく、取り掛かりやすいもので、粘菌のおもしろさを伝えることに適していると考えたため、と記してある。

次に活動内容について書いた。活動内容には、流動キットグループとして編成してからの活動がシンプルに時系列に沿って書かれている。この一見してわかりやすいデザインは統一感を出すために、迷路キットグループ・採集キットグループのポスターでも共通して使われ



図 6.4 流動ポスター 1

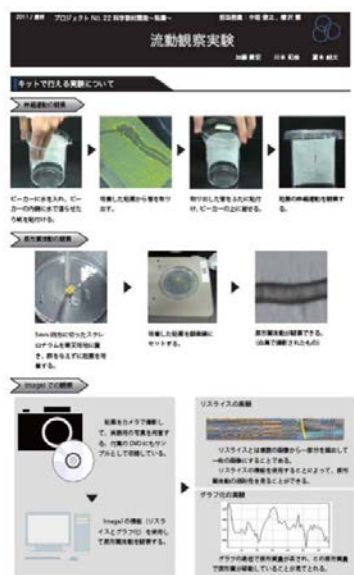


図 6.5 流動ポスター 2

ている。

次にキット概要について書いた。キット概要には、本キットを使ってできる実験の内容と、その内容物について書かれている。実験内容は単純に名称だけをここでは記しておく、2枚目でもう少し具体的な説明をしている。キットの情報をシンプルにまとめることで、わかりやすく、かつ相手からの質問を引き出せるようなデザインを目指した。ポスターセッションの場で実際にキットで体験できる映像や実験器具と連動するような内容を目指し、どちらにも興味を持っていけるようなデザインを目指した。これらの工夫によってシンプルで見やすく、粘菌の実験に興味を持ちやすいポスターを制作することができた。

(文責: 富本朗文)

● 迷路実験キットポスター

迷路キットグループは、1枚のポスターに成果発表をまとめた。内容は、背景・活動内容・キット概要の3つに分けて書いた。これから、ポスターの詳しい内容を説明していく。

一番はじめには、この迷路実験キットが制作されることになった背景について書いた。背景には、迷路を題材とした研究がイグノーベル賞を2度受賞しており、その研究を体験してもらいたいということ、数ある粘菌の実験の中で迷路実験を選定した理由として書いている。

次に活動内容について書いた。活動内容には、迷路実験キットグループとして編成してからの活動が書かれている。活動は9月から始まったため、9月・10月・11月のそれぞれの活動を時系列に並べて書いた。またここで使われているデザインは、見てわかりやすいデザインを心がけた部分の1つでもあり、採集キットグループ・流動キットグループのポスターでも共通して使われている。

次にキット概要について書いた。キット概要には、本キットを使ってできる実験の内容と、その内容物について書かれている。実験内容は独自で作成したイラストを用いて、説明している。この粘菌迷路実験は、人間が迷路を解くようにスタートから始まってゴールを探

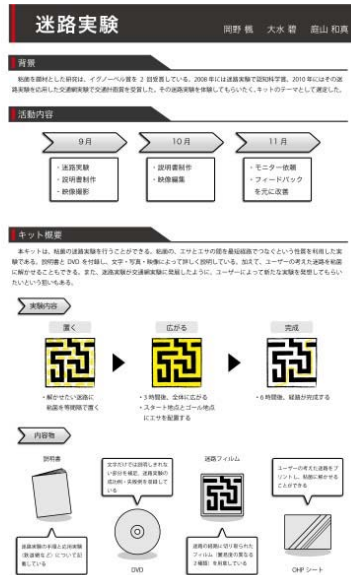


図 6.6 迷路キットグループのポスター

し出していく方式ではなく、粘菌を迷路を全体に広がらせてから、スタートとゴールに粘菌のえさを置き、そこから1本の経路を導き出していく方式である。この違いを理解していただくために、わかりやすく3段階に分けてイラストを用意し、簡単に説明した文章を加えた。イラストは、文章を読まなくても情報を読み取れるものを作ろうと心がけた。また、内容物の項目では、同封している内容物を一つ一つ、イラストと吹き出しを使って説明している。吹き出しの中には、その内容物を使ってできることやわかることが書かれている、こちらも見てわかりやすいデザインを心がけた部分である。

(文責: 岡野楓)

6.2.3 スライド

最終発表会において、本プロジェクトの活動や成果を聴衆の人にわかりやすく伝えるという目的でスライドを作成した。

また、最終発表では、ポスターセッション形式に重点を置くために全体の発表で用いるスライドを中間発表のときよりもボリュームを減らし、わかりやすく簡潔にまとめた。

以下に最終発表会で使用したスライドの製作過程について記載する。

始めに、本プロジェクト内でどのようなスライドを作成するか話し合いを行った。前述した通り、ポスターセッション形式に重点を置くため全体の発表で用いるスライドを中間発表のときよりもボリュームを減らす必要があったため、中間発表で用いたスライドから重要な部分だけを抽出し、後期のプロジェクト活動と合わせて特に伝えたいことを絞り込んだ。

中間発表のスライドから引き継いだ点について以下に記載する。

- 粘菌についての紹介
- 本プロジェクトの背景と目的について
- 活動内容について

最終発表会のスライドから新しく追加された項目について以下に記載する。

- 活動内容の評価という項目
- 3種類の実験キットについて

次に、話し合った内容を元に最終発表会で使用するスライドを作成した。中間発表で使用したスライドを雛形として用いた。また、最終発表会から新しく追加された項目についてのスライドは、内容を理解しやすくするために、情報デザインコースのメンバーとスライド作成の担当で打ち合わせを行いながらそれらのスライドを作成した。

以下にスライド作成について注意した点について以下に記載する。

- 背景や目的を意識したスライドを作成する
- スライドを見てすぐに理解できるようにする

これらの制作過程を経て、最終発表会のスライドは完成した。

(文責: 川本和哉)

6.2.4 フィードバック

中間成果発表会と同様に、評価シートを用いて発表見学者に評価をしてもらった。評価してもらった項目は、以下の2つである。

- 「発表技術について」(プロジェクトの内容を伝えるために、効果的な発表が行われているか)
- 「発表内容について」(プロジェクトの目標設定と計画は十分なものであるか)

結果として、約80人に評価をしてもらうことができた。その中でも、とりわけて参考にしたフィードバックが以下のものである。(一部修正などを加えてある)

- 今後のことなどもききたかった
- 技術よりなにより対象がおもしろそうなのがよくわかった
- これだけおもしろい研究なら教育に広げても良いと思う
- このプロジェクトは何をしたかったのか。粘菌を広めたいのか、粘菌を利用した何かしらのツールを作りたいのか
- どうして粘菌を知ってほしいのかよく分からなかった
- 粘菌自体は面白いけど「面白かった」で終わらせないような何か目標みたいなものがあれば良いと思います
- このプロジェクトの目的は、教材の開発である。各グループともにその目的、方法、結果、考察ができていなかった。粘菌自体の説明や実験の説明ばかりで「教材開発」のプロセスやポイントに関する説明がまったくなかった。各教材の目的「?を理解する」ために、その方法が適切であったのかどうかをまったく考察していないのは残念
- この研究では何が分かるのか、何となく曖昧に見えた。目的や成果の定義を分かりやすく示すともっと理解度が上がると思う
- 迷路に代わるものを来年度は考えてほしい。迷路はすでにやられていて有名なので、学生独自に考えたものを扱ってほしい

Development of science teaching materials -Myxomycete-

これらのフィードバックを参考にして、来年度以降のプロジェクト学習において改善をしようと考えている。詳しくは、第 8 章今後の課題と展望にて記載してある。

(文責: 庭山和真)

第7章 結果

7.1 プロジェクトの結果と成果の評価

本プロジェクトの最終目標として、「実際に触れて楽しめる粘菌のキットの作成」と設定した。前期では実験キットの構想を考案するまでに至ったが、具体的な内容を考案するまでには至っていないところもあった。後期では実験キットを形にするという目標を持ち、実験キットごとにグループで別れ、前期での不十分な点を踏まえて取り組んだ。前期での不十分な点については以下のとおりである。

- 手引書の製作
ほぼ完成の段階にまで至ったが、前期の時間の大半を手引書に集中していたためにフィードバックをしていない。
- キットの構想
実験キットの構想をするのみになってしまい、実験キットの製作に取り掛かっている。
- 粘菌を使用した実験
実験キットに用いられる実験もあるが、実験を行っただけで終わった。

最終目標を達成するために、後期では以下を設定した。

1. 手引書の完成
2. 実験から想定した実験キットの構想
3. 粘菌を使用した実験
4. 実験キットの製作
5. フィードバック

各項目については以下のとおりである。

1. 手引書の完成
粘菌の基礎的なことについて取りまとめたものである。粘菌での実験をするには、粘菌について知る必要があると考えたために製作した。前期で製作した手引書を本プロジェクト内で添削を繰り返し、10月下旬に完成した。各グループでの実験キットが完成次第、フィードバック（フィードバックの対象は同章の「5. フィードバック」の項にて説明する。）を行った。フィードバックをした結果、全体的には「見やすい」という評価が得られた。しかし、誤字脱字や文法の間違いが目立つ結果になった。その後、本プロジェクト内での添削を行い、手引書を完成した。
2. 実験から想定した実験キットの構想
前期での実験から、迷路、採集、原形質流動の3点を重視して、それぞれ3名ずつの配置することによって実験キットの構想をした。また、配置した人員をグループと見立て、迷路グループ、採集グループ、原形質流動グループを構成した。その後、各グループごとに重視しているものから、迷路の実験キット、採集の実験キット、原形質流動の実験キット（各キットについては別項にて説明があるのでそちらを参照）を構想した。

3. 粘菌を使用した実験

各グループの実験キットの構想において、実験キットに必要な実験を行った。プロジェクト担当教員監修のもと、迷路グループは迷路の実験、採集グループは粘菌の採集、原形質流動グループは原形質流動、といった各グループに係る実験を行い、各実験の要点を得ることができた。

4. 実験キットの製作

各グループが実験の要点を得た時点で、実験キットの製作に取り掛かった。全グループともに紙媒体だけでなく、DVDも付属している。実験の場合、紙媒体で実験を教えることよりも実際に実験を行なっている様子を見せるほうが、教材としての価値があると判断したためである。実験キットが完成次第、フィードバックを行った。フィードバックの結果、「見やすい」などの評価を得られた。中には不適切な表現などの評価があったため、全グループで添削と確認を行い製作した。

5. フィードバック

製作した実験キットと手引書を実際にフィードバックしてもらった。フィードバックの対象として、高校の理科教員とその生徒数人、粘菌に通ずる植物園園長、理科研究センターを対象にした。結論として実験キットによって好評と不評が偏ることにはなつたため、全実験キットをフィードバックを基に改善を試みた。また、フィードバックでは「授業で使えるかはわからない」などの評価が多かつたため、改善する点があるとしたらその部分になるだろう。

(文責: 加藤貴宏)

7.1.1 担当分担課題の評価

庭山和真

前期では、手引書製作と発表会用のポスター製作を行った。手引書において、「粘菌とエンターテインメント」という項目を担当した。文章を執筆する際に、「言いたいことを伝える努力を怠らない」という信念を持ちながら作業をした。結果として、粘菌をより身近に感じられるようなページを書けたと自負している。評価をしてもらうために、プロジェクトメンバー以外の知人に文章を読んでもらった。その際に、「作品を読みたくなる」、「作品中における粘菌の役割がよく伝わってくる」などの評価を得ることができた。発表会用のポスター製作においては、大きな失敗をしてしまった。発表会におけるポスターの存在意味を履き違えていたことが原因である。ポスターはプロジェクトの概略だけが分かれば良いと考えていたが、実際はそうではなく、ポスターだけを読んでプロジェクトの情報が十分に把握できるものにしなければいけなかった。その結果として、他のプロジェクトに比べてあまり内容のないポスターを製作してしまった。

後期では、実験キット製作と発表会用のポスター製作を行った。実験キット製作において、デザイン面を中心に作業を行った。説明書のデザインの大部分を担い、読み手に言いたいことを伝える能力を身に付けることができた。文章面では、グループメンバーが書いてきた文章の推敲を行った。前期と同様、「言いたいことを伝える努力を怠らない」という信念を持ちながら作業をした。結果として、読み手にとって親切な説明書が製作できたと感じている。発表会用のポスター製作においては、メインポスターと迷路ポスターを担当した。中間発表での反省を生かし、ポスターを見ただけでプロジェクトの情報が十分に把握できるものを目指して製作した。結果として、成果発表会では中間発表会に比べて多くの人にポスターを見てもらうことができた実感している。

(文責: 庭山和真)

川真田 巨

前期では活動の中で、勉強、手引書、実験、採集、発表とやってきたことは自分なりに悔いのないようなできたと思っている。特に話し合いのときなどでは、できる限り自分の思っていることを積極的に述べるようにしていた。加えて、採集にあと数回行けたら良かったと思う。後期では前期でやってきたことに加えて話し合いなどでは意欲的に意見やとりまとめをしていた。キット作製に関しては担当である DVD の製作に尽力した。使ったことのないソフトを使いながら初めての動画作りには正直骨が折れたが、結果的には目的を達成できるような物ができたと思う。発表に関しても前期とは違った形式のスタイルで当面戸惑ったこともあるが結果的には精いっぱいできる事をやり遂げた。

(文責: 川真田 巨)

富本 朗文

手引書の項目では「粘菌とは」を担当した。手引書製作にあたり、一人では考えあぐねてしまうこともプロジェクトメンバーにアドバイスを貰うことで改善していったように思う。また、グループで分かれて製作するキット案の内、「流動」キットを担当した。これは担当教員にアドバイスを貰い段階を踏んで難易度を分けるといった方法を取るつもりでいたが、やはり複室法は手軽さに欠けていることもあり、代わりに発展的な内容として ImageJ という画像解析ソフトを用いた実験を収録した。キット作成において B2 グループ内で DVD 製作と、ImageJ 手引書の二班に分かれ、DVD 製作を担当した。具体的な担当としては実験撮影や DVD のナレーションを担当した。成果発表会ではポスターセッション形式ということで聞かれたことはしっかり応答出来たように思った。ただしアプローチに欠けたため、今後プロジェクト外でも改善していきたい。

(文責: 富本 朗文)

川本 和哉

私は、前期の活動で手引書の「先行研究」という項目の文章構成と中間発表のスライド作成、流動キットグループにおいてキット案を構成した。また後期の活動では、流動キットグループで実験キットに付属する解説 DVD を作成した。全体の活動を通して、プロジェクトの目標を達成することができた。また反省点として、計画通りに効率よく時間を使うことができなかつたので今後のプロジェクト以外の活動で活かしていきたいと考えている。

(文責: 川本 和哉)

渡邊 悟史

前期の活動では、飼育キットの説明書作りを担当し、手引書班として手引書の最終調整を行った。後期では、採集キットの説明書と補足 DVD の作成を担当した。前期での説明書作りや手引書の最終調整では初めて使用するソフトに悪戦苦闘したが、その結果後期での説明書作りでの技術が上達した。飼育キットと採集キットの説明書では、少しでも読みやすく分かりやすくする工夫

をし、何度も添削を行い、根気のいる作業を長時間続けた。補足 DVD は一から作り直しをし、効果音を付けたり、場面切り替えを統一したり、場面と時間に合った BGM 挿入したり、オープニングを作るなど様々な工夫して、単調ではなく分かりやすく、採集の楽しさの伝わる映像にした。

(文責: 渡邊悟史)

加藤貴宏

後期では原形質流動グループリーダーと、原形質流動キットにおける ImageJ を用いた実験の製作を主に担当した。ImageJ での実験については内容の濃いものでやりがいがあったが、ImageJ に時間を掛けがちだった。また、自主性が少なく、グループリーダーとしての自覚が足りなすぎたと感じている。さらに、一年間通して積極的に発言していないことが多かったことを後悔している。未来大におけるプロジェクトはこれで終わりだが、今後このような機会はあると思うので、このプロジェクトでのことを思い出したいと思う。

(文責: 加藤貴宏)

大水碧

手引書の「粘菌のライフサイクル」と「粘菌の構造」、迷路実験キットの作成を担当した。手引書については、粘菌にしかない面白さや不思議さを伝えることの出来る内容に出来たと自負している。迷路実験キットでは実際に実験を行い、問題点を明確にした上で制作に取り組むことで読み手の必要な情報を見極めることが出来た。キットに付属する説明 DVD の撮影から編集までを行い、モニターからも「DVD があり、非常にわかりやすかった。」との評価を頂いた。

(文責: 大水碧)

岡野楓

前期では、手引書の作成に力を入れた。手引書では「粘菌の知性」の項目を担当し、粘菌の好き嫌い、学習能力について紹介した。前期のはじめの時点では、粘菌について無知に等しい状態であったため、学内の情報ライブラリーや指導教官からお借りした書籍や、インターネットを使用して、粘菌についての学習に努めた。この段階で、ある程度の知識を得ることができたので、手引書の作成は効率的に進めることができた。また私の担当した項目は、粘菌の面白さが存分に詰まっている部分の 1 つでもあり、ユーザーを実験キットに惹きつけさせることができるかどうかが決まると思っていたので、時間を掛けて作成した。

後期では、迷路実験キットの説明書の作成に力を入れた。私は説明書で、迷路実験において粘菌が最短経路をとるという性質を応用してできることを提案すること、そしてユーザーに新しい発見をしていただく手助けとなるページの作成を担当した。どのように、粘菌のもつ可能性を伝えることができるかをよく考え、プロジェクトメンバーにもいただきながら、多くの時間を掛けて作成した。現時点では、モニターの方に迷路実験キットを使っていたいただき、迷路実験の段階までしか使っていないだけでなく、応用してみたというフィードバックはいただけていなく残念だが、これからでも迷路実験への理解を深めて、応用実験に進んでいただきたいと考えている。ページはわかりやすく、かつ奥深く書かれたものができたと思う。

波多野 暲

このプロジェクトに入って初めて粘菌という生き物について勉強した。粘菌という生き物は今までに出会った生き物とは全く異なる性質を持った変わった生き物であった。植物のような性質だけでなく、動物のような性質を持っていることに面白さを感じた。プロジェクト開始時にはそれらの性質に興味を持ち、独自に調べていった。書籍やインターネットを用いて調べるだけでなく、実際に中垣教授など様々な知識を持った人と話をする事ができた。

話を聞くうちにそれだけでは物足りなくなり、実験室を使わせてもらい実験をさせていただく事ができた。実験は、本に載っていたものや話聞いたこと、そして自分で疑問に思ったことを行っていった。ここで粘菌に関する雑談や実験に飽きずに付き合ってくれた方にはとても感謝している。夏休み前には四季の杜公園に行って採集を行うようになった。しかし、実際に自然に生きる粘菌を探すことは難しく、採集に対するイメージをもつことは出来ななかつた。それとは対照的に、実験で使っていたモジホコリが自然の中を動き回る事、そして、粘菌のライフサイクルをまわすことに対する興味やイメージが膨らんでいった。それをきっかけにモジホコリを水槽に作った小さな自然環境の中で飼育してみるなどの実験を行うことが出来た。

この経験から粘菌に対する興味、そして自然の密接な関わりに興味を持つことができた。たくさんの方に自然の中に生きる粘菌に興味を持ってもらい、様々な体験をしてもらいたいと感じ、私は採集キット班に入ることを選びました。流動キット班にも迷路キットできないことを採集キットで成し遂げたいと感じた。

実際に採集キットに配属されてからは、粘菌と同時に自然を楽しんでもらえるような工夫をしていきたいと感じ、活動していった。粘菌ミニ図鑑の製作を主に担当した。採集を繰り返すことによって、採集中に使いやすい図鑑について考えを深めることが出来た。そしてそこで深めた考えを実際に形にすることが出来た。

プロジェクト全体で考えても、プロジェクトでやりたいことが具体的になったことをきっかけに、プロジェクトに対してより積極的になれたと感じている。積極的になることで、他の人の意見を聞くことができた。他の人の意見を利くことで、お互いに理解し合いそれぞれのよさを生かすことが出来た感じています。後期に入り、前期以上にプロジェクトに集中できた。

1年を通して粘菌や自然に触れることを楽しめたの良かった。それと同時に意見を伝えること、聞くことの重要性を理解することができた。これからは他のことにも興味を持って取り組んで行きたい。

(文責: 波多野 暲)

第 8 章 今後の課題と展望

本プロジェクトは、来年も活動を行う予定である。そのため来年度のプロジェクトメンバーに今年度の反省点や課題を引継ぎ、今年度より充実した活動を行ってほしいと考えている。

そこで、中間発表会と最終発表会のフィードバックを参考にして今後の課題について話し合い、まとめた。それらを以下に記載する。

- 最終発表会では、グループ毎のポスターセッション形式にしたためか、グループで作成した実験キットの目的や結果が伝わりにくかった。
- 既存の実験ではなく、自分たちで新しく考えた実験を行うべきであった。
これらの課題から、来年度の活動で改善してもらいたい点について以下に記載する。
- 実験キットを制作する際に、既存の実験ではなく、自分たちで独自に考えた実験を組み込んでほしい。
- 高校の授業カリキュラムに組み込めるような実験キットを作成してほしい。
- 実際に「販売」や「実用化」を想定して、実験キットを作成してほしい。
- 成果発表会では、常に「目的」を意識して発表をしてほしい。

以上の点を来年度のプロジェクトメンバーに引継ぎ、本プロジェクトをより良いプロジェクトにしてもらいたい。そして将来的には、公立はこだて未来大学の「顔」となる様なプロジェクトに成長してもらいたいと考えている。

(文責: 川本和哉)

参考文献

- [1] Andrew Adamatzky, Leon O. Chua. Physarum Machines: Computers from Slime Mould: PHYSARUM MACHINES(World Scientific Series on Nonlinear Science: Series A) . World Scientific Pub Co Inc, 2011 年.
- [2] 松本 淳, 伊沢 正名. 粘菌 驚くべき生命力の謎. 誠文堂新光社, 2007 年 4 月
- [3] 中垣 俊之. 粘菌 その驚くべき知性. PHP 研究所, 2010 年 4 月
- [4] 神谷宣郎. 細胞の不思議. ブレーンセンター, 1989 年