

## この授業のテーマ

粘菌という**不思議**な生物を観察

生き物のイメージ(生命観)をゆさぶる

「生命とは何か？」を考える**きっかけ**に  
= 学びの動機づけ

粘菌の生きるしくみを通して  
**生命のしくみ**を知る

## 授業内容

月日	時限	時間	講義内容	実習
5月18日 (土)	1	9:50~11:20	1:30 粘菌の紹介	変形体の観察
	2	11:35~12:20	0:45 私の研究史	
		12:20~13:05	0:45 培養方法	
	3	14:05~15:35	1:30 変形体の観察	変形体の検鏡
4	15:50~16:35	0:45 変形体の運動		
	16:35~17:20	0:45 粘菌の知性		

- 1時間目: 2つの粘菌を 実物や動画も使って**紹介**
- 2時間目: 私の粘菌研究の歴史・**培養**方法の説明
- 3時間目: 変形菌の**変形体**を**顕微鏡**で観察
- 4時間目: 変形体の動く**しくみ**・その行動が示す**知性**

月日	時限	時間	講義内容	実習
5月19日 (日)	1	9:50~10:35	0:45 子実体の観察	子実体の検鏡
		10:35~11:20	0:45 細胞性粘菌の運動	
	2	11:35~12:20	0:45 共生と進化	
		12:20~13:05	0:45 協力の進化	
	3	14:05~14:50	0:45 発生と誘導	染色した移動体の観察
		14:50~15:35	0:45 再生から分化へ	
	4	15:50~16:35	0:45 粘菌の自己組織化	

- 1時間目: 孢子をつけた**子実体**(しじつたい)を観察  
**細胞性粘菌**のアメーバの**集合**と**移動体**のしくみ
- 2時間目: 生物進化に**共生**が重要な役割を  
生物は**生存競争**しながらなぜ**助けあう**のか?
- 3時間目: 受精卵から成人への変化=**発生**のしくみ  
受精卵からいろいろな組織や器官に**分化**する
- 4時間目: 粘菌が示す 生命や自然界の**不思議さ**

## 評価: レポートの内容

今回は 細かくみると13回の授業があります

- 第1時間目 2つの粘菌~変形菌と細胞性粘菌の紹介
- 第2時間目 ① 私の粘菌の研究史 ② 培養方法
- 第3時間目 変形体の運動の観察
- 第4時間目 ① 変形体の運動 ② そこに見える知性
- 第5時間目 ① 子実体の観察 ② 細胞性粘菌の運動
- 第6時間目 進化のしくみ~① 共生 ② 協力
- 第7時間目 発生のしくみ~① 発生 ② 分化
- 第8時間目 粘菌は自己組織化する

授業について 以下のような内容をまとめてください  
それぞれの題名をつけて(箇条書きでOK)

- ① 理解できたこと 特に興味を引いた授業内容
- ② 疑問が生じた授業内容  
それに対する仮説(こういうことかな?)
- ③ 理解しにくかった 説明も不可解だった授業内容

レポート用紙で 表紙+上の1ページずつで4ページ以上

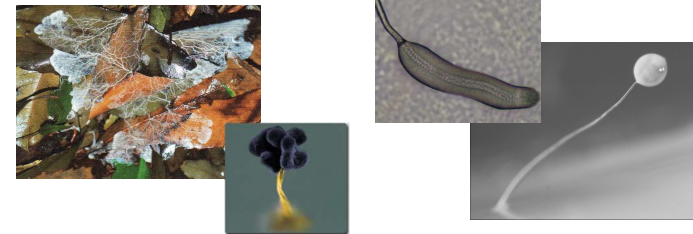
氏名, 番号 ①②③などで3ページ

レポートの締め切りは6月2日(日) メールでの提出も可

放送大学面接授業1 紹介 編

## 2つの粘菌を紹介します

～変形菌と細胞性粘菌～



粘菌は主に2種類



最初に見つかった粘菌 Slime mold は

後に見つかった他の粘菌と区別するため  
真正(性)粘菌 True slime moldと呼ばれた

区別するため **変形菌** Myxomycetesとする

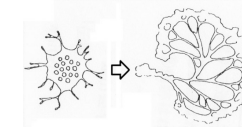
その後に見つかった 近年のモデル生物として  
注目されている **細胞性粘菌**

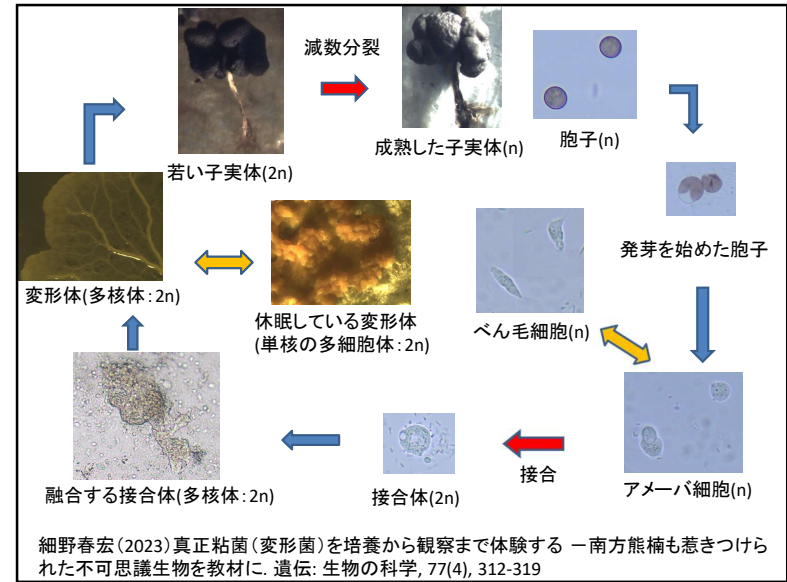
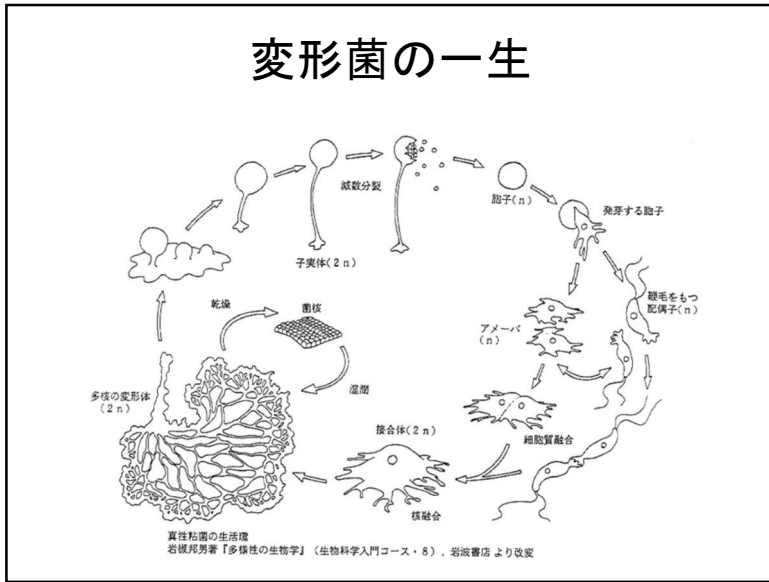
Cellular slime mold

## 最初に見つかった粘菌～**変形菌**

1859年 de Baryによって発見され Mycetozoaと  
命名 Mycet=菌類 Zoe=動物 → 動菌類?

変形菌は アメーバ細胞が食物を食べて大きくなっ  
ても細胞分裂せず 巨大な多核のアメーバに  
= **変形体**に成長していく





### 今回の変形菌の子実体

これは、和名でなく属名  
モジホコリ(フィザルムとも呼ばれる)




*Physarum polycephalum*

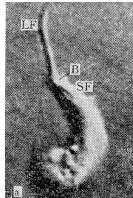
研究によく使われるモデル生物

### アメーバとべん毛細胞の変身

べん毛細胞

中間型

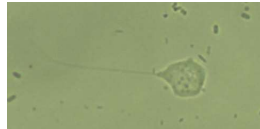
アメーバ



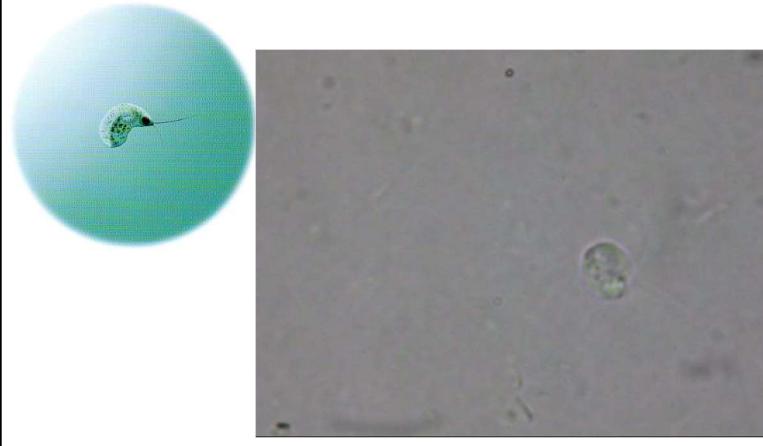


LF: 長いべん毛、SF: 短いべん毛、N: 核

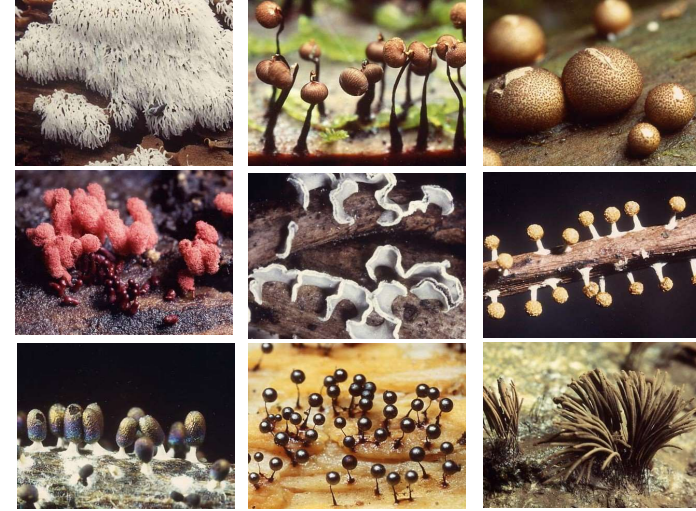
水があると泳ぐ



### べん毛細胞の動き



### さまざまな変形菌の子実体



### あるアニメ映画のオープニング



### ナウシカの腐海(粘菌の森)探検



### 漫画「風の谷のナウシカ」の変形菌



### 「風の谷のナウシカ」と変形菌

工業文明が廃れた未来の地球



変形菌の奇妙な生態が  
ナウシカの不思議な世界を象徴

演劇や映像芸術でいう「異化効果」

### 日本変形菌研究の先駆者～南方熊楠



粘菌は 動物物のいずれとちかめ奇態の生物にて 英国のランカスター教授などはこの物 最初の星界よりこの地に墜ち来たり動物物の源となりしならんと申す。生死の現象 靈魂等のこと に関し、小生過ぐる十四 五年この物を研究罷 まかりあり。



2018年の春にも南方熊楠の企画展が国立科学博物館で！



むしろ広く資料を収集し蓄積して提供しようとした「情報提供者」として評価

## 南方マンダラ

19世紀の科学は

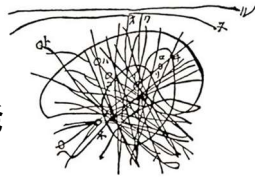
ニュートン力学が支配

→ 因果律～必然性～の発見を究極の目標としていた

生物 特に動物は

機械としてそのしくみ **メカニズム** を探る

これに対し南方熊楠は 自然現象も社会現象も 必然性だけでは捕らえられない と考えた 生物のしくみもではそれは何？



## 粘菌とオートポイエーシス

南方熊楠を研究した哲学者 中沢新一



南方熊楠は 変形菌の中に 現代生物学の新たな考え方 **オートポイエーシス** に近い考えを見出していた



オートポイエーシスは 日本語では「自己創出 自己産出 自動創出」

生物を「自己を形成するシステムを含む」システムととらえる → 機械は自分を形成できない

## オートポイエーシスの生命観

生物は **細胞** でできている

細胞は 水のような小さな **分子** から DNA や タンパク質などの大きな **分子** でできている

その **分子** は 細胞内で常に新しいものと入れかわっている

ほとんどの **細胞** も数日で死に 新しいものに

子供の頃の **あなた** を構成していた **分子** や **細胞** は 入れかわったけど **あなたはあなた**

生物は 変化し (**自動的な自己創出**) 続けることで 同じであり続ける

## 粘菌が導く新しい生命観

オートポイエーシスの一般読者向けに書かれた著作でも **変形菌** と **細胞性粘菌** を例示している

粘菌は 簡単に生物の **オートポイエーシス** = 自己創出 自動創出を観察できる

生物体は **自己組織化** している

自己組織化については最終時間に



### 変形菌の研究でイグノーベル賞 を2回受賞した中垣教授

北海道大学 電子科学研究所 所  
長の中垣俊之教授らは  
変形菌の研究で

2008年に認知科学賞 →  
変形菌には迷路を解く知性がある

2010年に交通計画賞 →  
変形菌は効率的な交通網のモデルをつくる

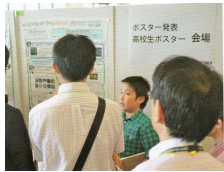


### 小学生の頃の増井真那 君



NHK カラフル 変形菌は ぼくの友だち 2010年7月14日

### 増井真那 君の研究



日本学生科学賞で総理大  
臣賞 学会でも発表



個体性の研究

変形菌は温度変化が苦手 ↓保温




### 高校生の増井真那 君



NHK 又吉直樹のヘウレーカ! 魅力的な単細胞生物「粘菌」の世界 2019年10月12日

## NHKプレゼン番組TEDで



Heather Barnett (ヘザー・バーネット)

## 海外の変形菌の親睦団体 SliMoCoのHP

変形菌の学者や素人ファンのためのオープンで民主的なオンラインネットワーク  
所属や分野を越えて知識や実験法を共有する場



## 日本変形菌研究会には一般人も



詳しくはホームページを

## 細胞性粘菌の学会は研究者向け

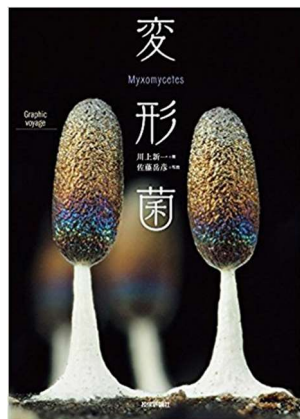


細胞性粘菌とは



## 近年 変形菌の本がぞくぞくと！

粘菌生活のススメ: 奇妙で美しい謎の生きものを求めて 単行本 - 2016/5/6  
 新井文彦 (著), 川上新一 (監修)



変形菌 (Graphic voyage) 大型本 - 2017/8/11  
 川上新一 (著), 佐藤岳彦 (写真)

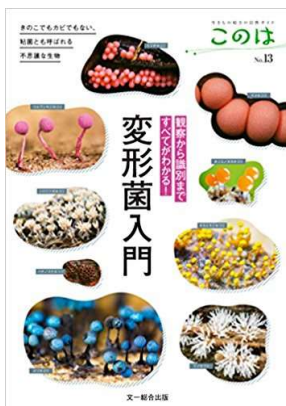
粘菌 知性のはじまりとそのサイエンス: 特徴から研究の歴史、動画撮影法、アート、人工知能への応用まで 単行本 - 2017/12/7  
 ジャスパー シャープ (著), ティム グラハム (著), 川上新一 (監修), Jasper Sharp (原著), & 1 その他



世界は変形菌でいっぱいだ 単行本 - 2017/11/17  
 増井真那 (著)



中学生の研究が詳しく書かれ、  
 培養したい人にはお薦め



もりのほうせき ねんきん (ふしぎいっぱい 写真絵本 33) 大型本 - 2018/5/12  
 新井文彦 (著)



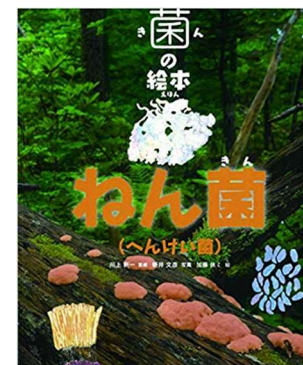
観察から識別まですべてがわかる! (生きもの好きの自然ガイド このは No.13) 単行本 - 2018/1/26  
 川上新一 (著), このは編集部 (編集), 新井文彦 (写真), 高野文 (写真)

美しい変形菌 単行本 (ソフトカバー) - 2018/6/11 高野文 (著)



変形菌初心者でも楽しめる、  
 手のひらサイズの写真集

ねん菌 (へんけい菌) (菌の絵本) 大型本 - 2019/3/22 川上新一 (監修), 新井文彦 加藤 休ミ (イラスト)



きれいで ふしぎな 粘菌 森の小さな生きもの紀行 著者:新井文彦 監修:川上新一




「変形菌は生きている。懸命に、しなやかに、美しく、そのリアルな姿をみんなに伝えたい。」(著者が語る)

20歳の東京新聞記者が小さな生きもののダイナミックな生態を追い求め、20歳の東京新聞記者が小さな生きもののダイナミックな生態を追い求め、日々発見される謎々な生き物の世界、著者の冒険のグラフィックとともに紹介します。

山崎壽一 推薦!

変形菌ミクソヴァース (集英社学芸単行本) - 2021/12/15 増井 真那

文一総合出版 2020/12/21

世にも美しい変形菌 身近な宝探しの楽しみ方 2022/9/30. 川上 新一(監修), 高野 丈(著)




変形菌 発見と観察を楽しむ自然図鑑 単行本(ソフトカバー)山と溪谷社 2022/6/18 川上 新一(著), 新井 文彦(写真), 高野 丈(写真)

2018年の今頃まで!

茨城県自然博物館で企画展が



第71回企画展 変形菌 Myxozoa - Mysterious/Outer Kingdom of Fungi

「ふしぎ?かわいい!森の妖精」

2018 2/17(土)-6/10(日)

茨城県自然博物館

ドイツの変形菌の映画 (予告編)

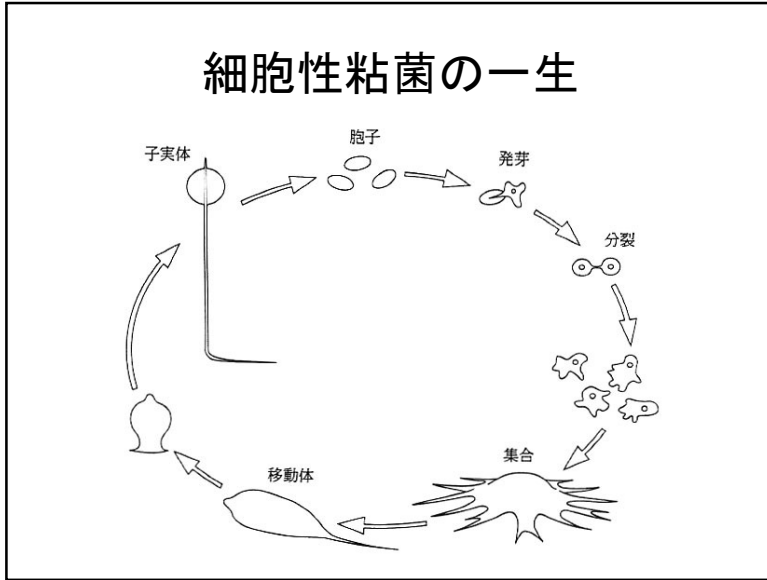


「AN IMPROBABLY DELIGHTFUL DOCUMENTARY」

「PROCESSES TO BEHOLD, BEING SO-FI CLASSICAL LIKE, PUSSES TO AND THE "IN" INTRUSION OF THE BORN ANTICHERY, GOOD-HAPPY BUT NOT DREAMS IN THE RECORD OF SOME, BEHOLDING A BEHOLDING THE BEHOLDING AND FULL, OF THE BEHOLDING, DENNIS HARUEN - VARIETY」

the creeping garden

the creeping garden



### 細胞性粘菌の3属と主要な種

アキストリウム属 <i>Actyostelium</i> 柄が非細胞性	
タマホコリカビ属 <i>Dictyostelium</i> 細胞性の柄が 枝分かれしない か不規則	カビモドキ属 <i>Polysphondylium</i> 細胞性の柄に輪生の枝
タマホコリカビ    ムラサキ タマホコリカビ	シロカビモドキ    ムラサキ カビモドキ

### 科学者でエッセイスト 福岡伸一 さん

細胞性粘菌の生活には3つの謎が！

- 1 バラバラだったアメーバが どうやってうまく**集合**できるのか？
- 2 アメーバが集合してナメクジ状 になっただけで どうやって全細胞を **コントロール**して移動できるのか？
- 3 子実体の柄細胞は 子孫を残せず死ぬ なぜそんな**自己犠牲**が？

### 今注目されている粘菌～細胞性粘菌

変形菌と似たような生活をしながら アメーバ細胞 が集合しても融合はせず

個々の細胞膜を維持している → **細胞性粘菌**

生物**社会**の研究の**モデル生物**として使われるようになり

↓

社会性アメーバ Social amobaeとも呼ばれている

↓

なぜ生物個体は**協力**をするのか？

## 次は分類の話

粘菌の分類学上の位置は？

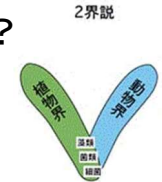
粘菌は植物 動物 菌類？

そもそも分類学って  
今どうなっているの？

## 分類学の進歩と粘菌の位置

1.身近な生物を大きく分けると？

植物界と動物界 = 2界説



2.細胞の数で分けると

単細胞生物と多細胞生物 = 3界説  
= 原生生物

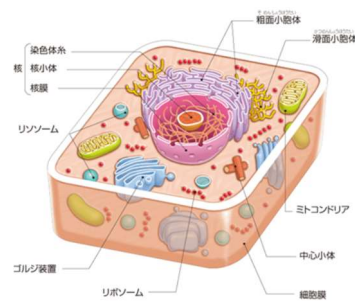
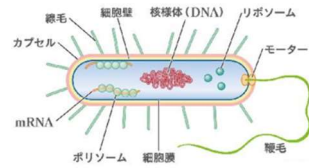
3界説



粘菌も単細胞生物 = 原生生物

## 原核生物と真核生物

モネラ 核膜がない(原始的な核) すごく小さい



4界説

多細胞生物を栄養の取り方で分ける

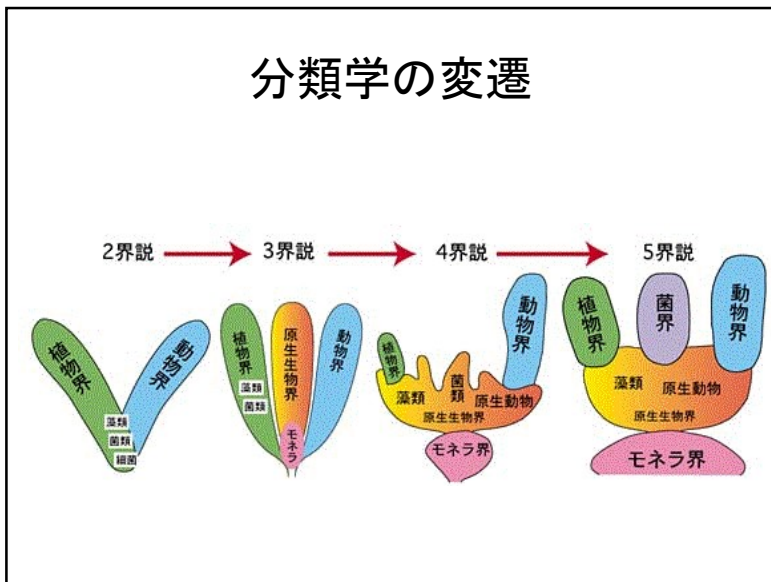
動物と植物以外の生物を知っていますか？

菌類(キノコカビ)

動物か植物か  
という疑問自体に意味  
がない

5界説






### 二河教授が京大の大学院生の頃


動物・植物・菌類が使う酵素など23種類のタンパク質の分子構造を比較

→ 生物の系統を明らかに → **分子系統樹**

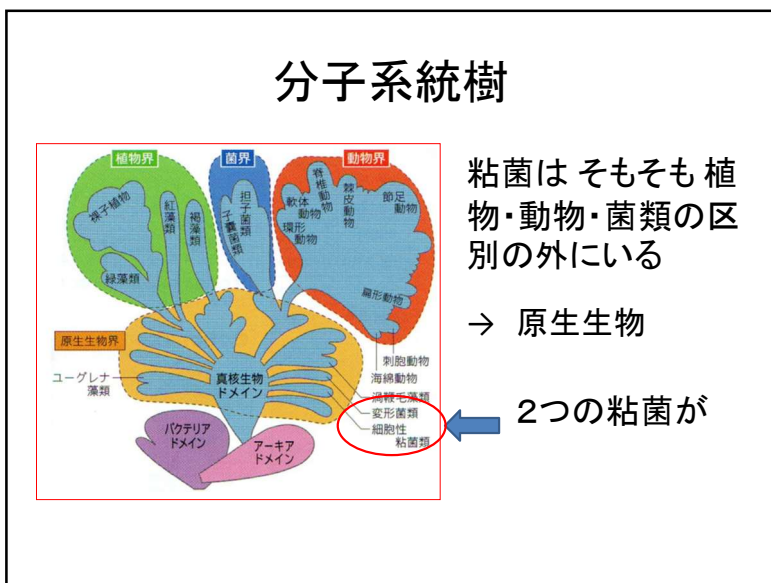
→ 動物は植物よりも菌類に近縁



二河 成男 生命情報科学  
/ 遺伝学 / 教授



分子進化学への招待 DNAに秘められた生物の歴史ブルーバックス / 宮田 隆




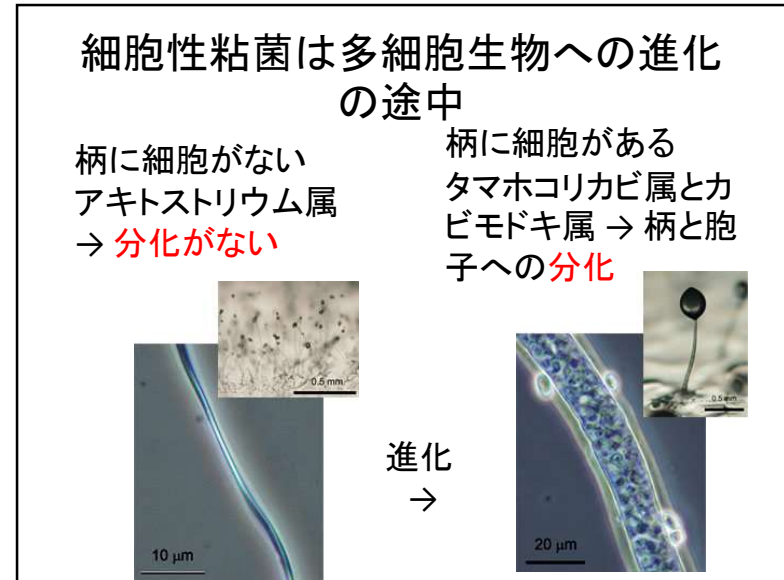
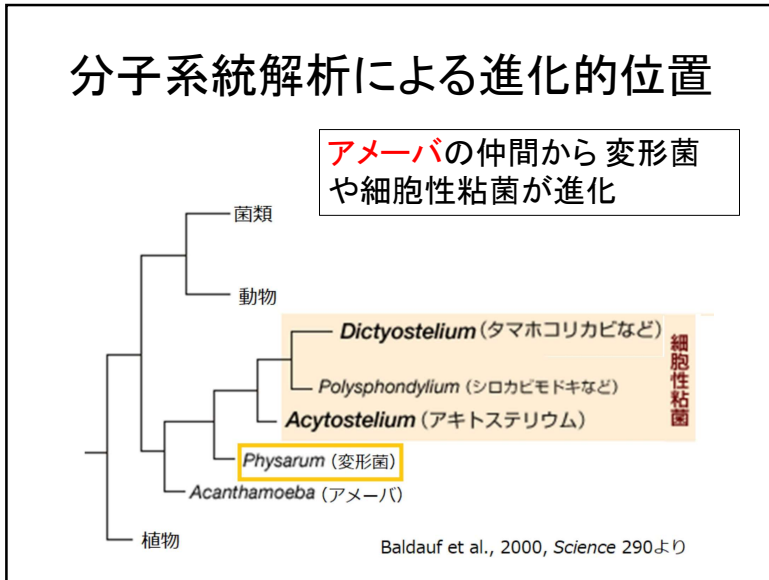
### 最新の研究ではアメーバの仲間に

→ **アメーボゾア** Amoebozoa  
zoa = 動物

意味は アメーバ動物門

いわゆる「アメーバ」の一部と粘菌(変形菌・細胞性粘菌)を含めた分類群





### 粘菌はどんな役に立つの？

変形菌 → 人や身近にいる動植物とは  
**だいぶ異なる生活の仕方**

→ 行動に独自の**知性**があるかのよう

→ 北海道大学の中垣教授  
イグ・ノーベル賞に

**テレビ**に出たり**一般書**や**絵本**も書いている

### 大学等の研究機関が一般社会との科学コミュニケーションの材料として

実際に目で観察する  
動きを見る(動画でも)

生物に対する意識や認識を大きく変える

サイエンス・カフェや中学校・高校などへの出前授業などでの活用

児玉耕太, & 竹本寛秋. (2011). サイエンス・カフェに「粘菌」の実物を持ち込むことから見る, 来場者の意識変化に関する考察: 科学技術コミュニケーションにおける実体験の重要性. 科学技術コミュニケーション= Japanese Journal of Science Communication, 10, 16-32.

## 細胞性粘菌の活用法

細胞性粘菌: 単細胞生物 → 多細胞生物  
アメーバ 柄と孢子

分化

細胞分化の **研究材料** = モデル生物  
= 形態形成(生物のかたちづくり)

柄になるアメーバの **自己犠牲**

→ 人を含めた **生物社会のモデル**

## 医学への応用

腫瘍(**ガン**)細胞は**未分化**でどんどん増殖

細胞性粘菌の生理活性物質

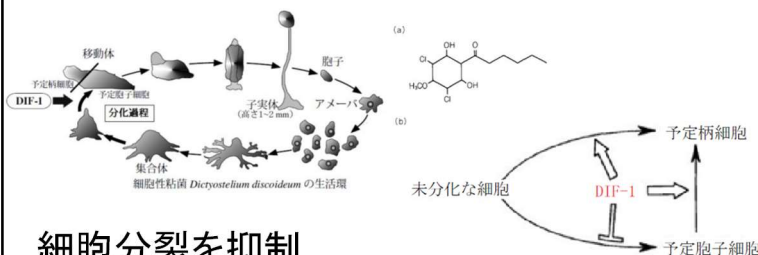
細胞分裂を抑制して増殖を抑え  
**分化**を誘導する(もとの細胞へ)

つまり **制がん剤**として

Kubohara, Y. (1999). Effects of differentiation-inducing factors of Dictyostelium discoideum on human leukemia K562 cells: DIF-3 is the most potent anti-leukemic agent. European journal of pharmacology, 381(1), 57-62.

## 柄細胞への**分化**を誘導する分子

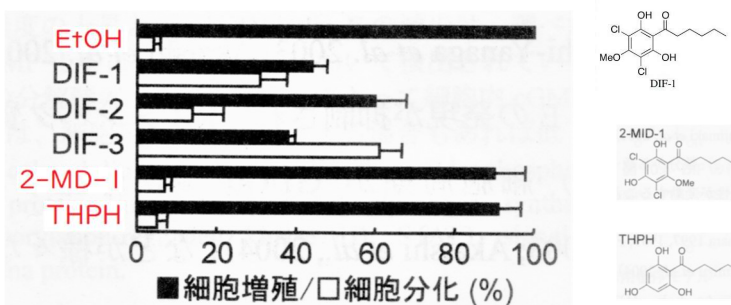
アメーバ細胞を柄細胞に分化させる分子  
**DIF1, 2, 3**が見つかる



細胞分裂を抑制

柄細胞は やがて死ぬ = **オートファジー**

## ヒト白血病細胞の増殖と分化に対するDIF-1, 2, 3の効果



対照実験として 0.2%エタノール **EtOH** で比較 → 効果なし  
**2-MD-1**は DIF1の **異性体** → ほとんど効果なし  
**THPH**は DIF1の合成の**前駆体** → ほとんど効果なし