

## ウイルスと架空生物を題材とした系統樹作成教材の開発

筑波大学附属駒場中・高等学校 生物科  
内山智枝子

# ウイルスと架空生物を題材とした系統樹作成教材の開発

筑波大学附属駒場中・高等学校 生物科

内山智枝子

## 要約

高等学校生物基礎の導入では、脊椎動物の特徴に着目し、系統樹上でそれらの特徴が現れた位置を推測する学習が提示されているが、中学校で脊椎動物の分類として学んだ内容を再び扱うことで、単なる知識の再確認の場に成りかねない。この問題の解決とともに、三中<sub>1</sub>のいうところの系統樹思考を同時に育むことはできないかと考え、まず、既存の知識を活かすことができないと思われる架空生物を基に系統樹を作成する授業を実施し、続いて現存の生命体とウイルスというまだまだ謎多き生命体を観察対象にした、系統樹を作成する授業を展開した。その結果、既存の知識のみに頼ることなく時間軸を意識して系統樹を作成し、共通性と多様性をもつ理由について考察する様子が見受けられた。

キーワード：系統樹 推論 高等学校生物基礎 進化 ウイルス 架空生物

## 1 はじめに

高等学校生物基礎では、「様々な生物の比較に基づいて、生物の多様性と共通性を理解する」ために、「生物のあるグループに共通する性質が共通の祖先に由来することを考察させること」が現行の学習指導要領<sub>2</sub>で求められ、具体例が次のように挙げられている。

- ・原核生物と真核生物の共通点と相違点を挙げさせ、起源の共有と関連付けさせる。
- ・脊椎動物を例として 系統樹上でそれらの特徴が現れた位置を推測させる

この具体例に基づき、原核生物と真核生物の構造を比較する図と、脊椎動物の系統樹が検定教科書には示されている。この問題点として、まず、中学校で脊椎動物の分類として学んだ内容を再び扱うことで、単なる知識の再確認の場に成りかねないことが考えられる。また、共通の祖先から多様化していく道程を理解するためには、「系統樹的思考<sub>1</sub>」の育成が必要であるが、教科書記載のプログラムでは難しいことも予想される。さらに、既に〇〇類で分類された脊椎動物の比較では、対象物の観察や資料の読み込みを念入りに行わずに、既存の知識から演繹的に推論して結論を求める「分類的思考」を働かせることに終始してしまう可能性も考えられる。

そこで本研究では、これらの問題点を解決するため

に、以下の2点を本研究のねらいとして設定し、教材の開発と授業実践と検証を行った。

- 1) 高等学校生物基礎「生物の多様性と共通性」の単元の学習で活用する「様々な生物の比較に基づいて、生物の多様性と共通性を理解する」ための教材として、ウイルスを題材とした絶対解のない問いに挑むことによって、生徒が単なる知識の再確認ではなく、観察を通して非演繹的推論の中でもアブダクション(図1)を起こすことを目指す。
- 2) 「系統樹的思考」を育むためのミニレッスンとして架空生物を活用した系統樹作成を行い、単元の学習の理解を促す。

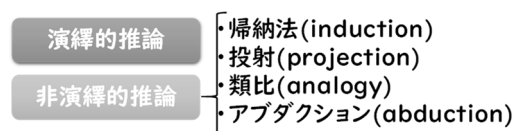


図1 推論の種類

## 2 教材開発

### 2.1 ウイルスを含めた生命体の構造を比較する学習プログラムの作成

高校生物基礎で初めて学習する「原核生物」と「真核生物」に加え、光学顕微鏡でも観察が可能な巨大ウイルスの構造を比較することにより、系統樹上の分岐

Development of teaching materials to learn phylogenetic trees based on virus and fictitious organisms.

した位置を考察する学習プログラムを作成した。既存の知識の再生にならないように工夫した点は、以下の通りである。

①ウイルスの中でも DNA を遺伝物質として持つミミウイルス (図2) を選択した。また、事前に核酸を染色する試薬を用いて、様々な生物と同じようにウイルスも核酸を持っていることを確認し (図3)、共通性を意識させた。

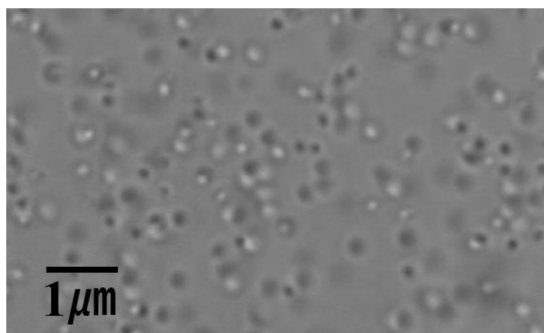


図2 光学顕微鏡 (1500倍) で観察したミミウイルス (宿主はアメーバ)

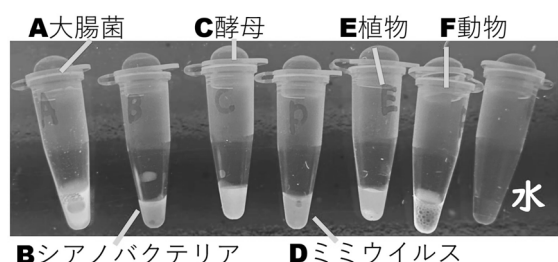


図3 核酸の検出

簡易抽出 (加熱やボルテックスミキサーによる粉碎による抽出) した DNA に、GR-Green (パイオクラフト) を加えて UV トランスイルミネーター (UPV LMS-20E) で蛍光を確認した。

②顕微鏡写真とスケッチを併用することにより、着目点を強調した。また、構造を比較せずに細胞小器官の名称から分類するだけで終わることがないように、極力、名称は記入せず、文章で形状を説明した (図4)。

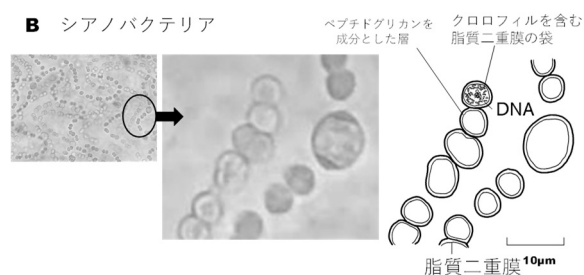


図4 シアノバクテリアの構造を示す資料

③細胞の定義や細胞共生説を意識させるために、脂質二重膜の形状を強調した。また、脂質二重膜の特徴を捉えるために、水中シャボン玉や人工合成膜を作る実験<sub>3</sub>を事前に導入した (図5)。

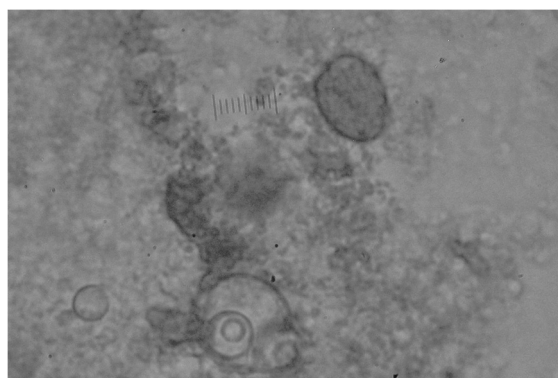


図5 人工膜作り

以上の3点に留意して、次のような6種類の生命体の構造を比較するための資料1を作成した。この6つの生命体の構造の比較により作成される系統樹の解説例を資料2に示す。ミミウイルスの持つ脂質二重膜をどのように解釈するかによって数パターンの系統樹が完成する。クロロフィルと脂質二重膜の重なり注目することにより水平伝播に気づかせ、細胞内共生の説明に繋げることが可能である。

## 2.2 「系統樹的思考」を育むためのミニレッスン

架空の生物題材とした系統樹作成の教材は、Sokal が作成した、一見昆虫のように感じる架空生物<sub>4</sub>をはじめ、架空の魚を題材としたものなどがあるが、いずれも2次元で示されたものである。系統樹作成の流れの説明には適していると考えられるが、実際によく観察し試行錯誤することを促すために、手に取って3次元の構造を確認が可能な2種類のハンズオン教材を作成した (図6・図7)。

①パスタを題材としたミニレッスン  
13種類のパスタ(図6)を架空生物(*P.suta*)として系統樹を作成することを試みた。

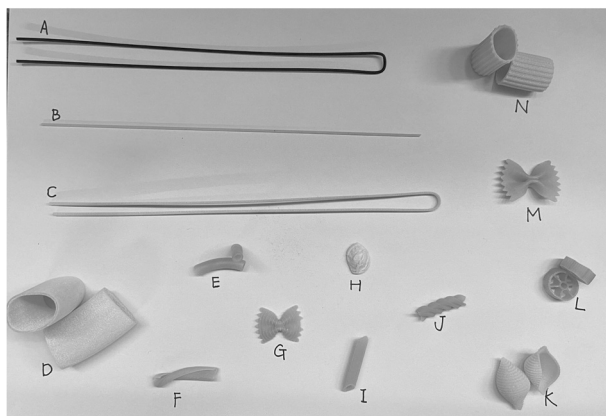


図6 架空生物 (*P. suta*)

②金物を題材としたミニレッスン  
21種類の釘やねじ等の金物(図7)を架空生物(*M.ta*)として系統樹を作成することを試みた。

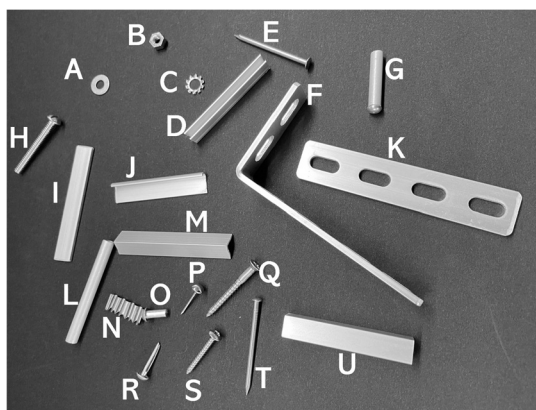


図7 架空生物 (*M.ta*)

### 3 授業実践

#### 3.1 高校1年生対象の授業実践

2021年度と2022年度に筆者が担当する高等学校生物基礎を履修する高校1年生を対象に実施した。2021年度は82名(2クラス)を対象、2022年度も82名(2クラス)を対象に、4月から5月に実施した。授業の流れを図8に示す。

なお、架空生物の系統樹作成では、生徒の日常の興味や関心を全体的に考慮し、より既存の知識が少ない

と考えられる①パスタを用いたミニレッスンを選択して実施した。この活動では、生徒2人につき1セットの*P.suta*が配布され、生徒は手に取ってよく観察しながら表を完成させた後、表を基に系統樹を完成させた(資料2)。

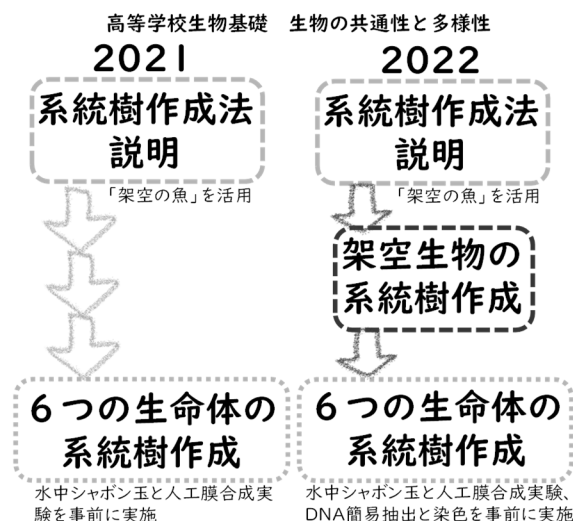


図8 授業の流れ

#### 3.2 授業における生徒の様子

##### 3.2.1 ウイルスを含む6つの生命体の構造の比較を通じた系統樹作成

6つの生命体の構造を示す資料は生徒2人につき1セット配布した。それぞれじっくりと資料を見て必要に応じて対話しながら、図9のような系統樹を完成させていた。また、生徒によっては図10のような記述も見られ、進化に関する気づきを得るきっかけとなる教材であることが示唆された。

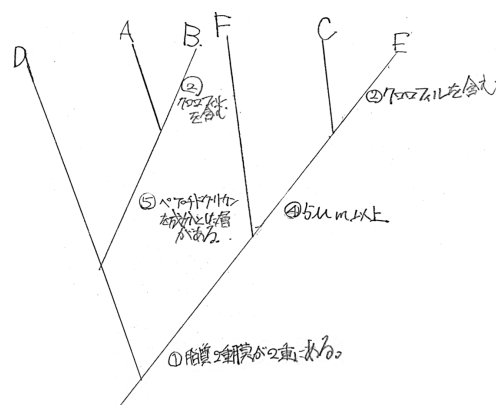


図9 生徒が作成した系統樹の例

膜に囲まれていて、DNAを持っているもの。膜で外側と区別されているのが生物としての最大の特徴で、A・Fは1つの起源から進化したと思われる。

「～を得る」だけでなく「～を失う方向の進化(?)」あることが分かった。

生物は進化の中で多くの機能を失っている。各生物にとって必要な機能は共通している。過去に存在していた機能も失ったものもある。その後に共通した機能も得ることもある。考えた、進化の進化もね。

図10 生徒の気づきの例

特徴	A	B	C	D	E (10)	F (10)
DNA がある	○	○	○	○	○	○
脂質二重膜が2重	X	X	○	X	○	○
脂質二重膜が1重 5μm以内の細胞 透過性	X	X	○	X	○	○
多糖を主成分として 層がある	○	○	○	X	○	X
100nm以内の脂質 二重膜の袋がある	X	○	X	X	○	X
タンパク質が10nm 以内	X	X	X	○	X	X

図11 系統樹作成の過程の様子

### 3.2.2 系統樹的思考を育むミニレッスン

系統樹の作成のために表を完成させる過程で必要になる「特徴の抽出(図11枠内)」に着目してミニレッスン実施の影響を確認した。資料には記載されていない項目を記入した生徒の人数は図12のように変化したことから、単に生命体名から核や光合成の有無を演繹的に判断して記入することなく、資料に記された構造により着目して最適解を得ようとしていたと考えられる。

2021 核・核膜(22名)  
細胞壁(2名)  
光合成(4名)



2022 核・核膜(7名)

図12 生命体の構造の特徴の抽出の変化

## 4 今後の展望

系統樹的思考を身に付けることは、定向進化などの生物の進化について学習する際に起こりやすいとされる誤概念を、生徒に生じさせないことに役立つのではないかと考える。また、既存の知識だけでなく、目の前にある対象物の観察を通して推論することは、高校生だけでなく、中学生から育むことが可能なスキルである。今後は、中学生を対象とした授業を検討し、実践につなげていきたいと考える。

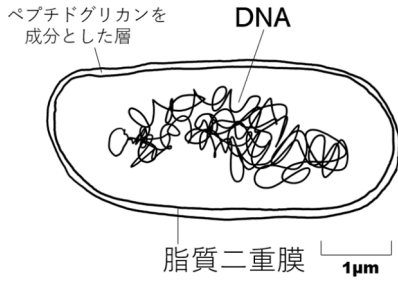
### 【参考文献】

1. 三中信宏(2006)『系統樹思考の世界—すべてはツリーとともに』講談社。
2. 文部科学省(2019)高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 実教出版。
3. 藤崎慎吾(2019)『我々は生命を創れるのか 合成生物学が生みだしつつあるもの』講談社。
4. Sokal, R. R. (1983). "A phylogenetic analysis of the Caminalcules. I. The data base". *Systematic Zoology*. **32** (2): 159–184.

# 資料I 6つの生命体の構造の比較

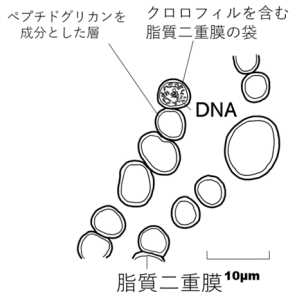
※実際には、全ての資料に写真が記載されている

## A 大腸菌

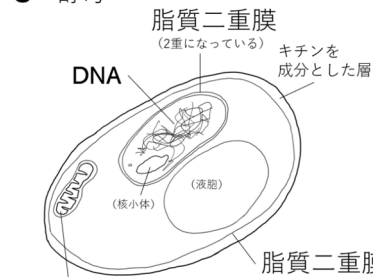


<https://rika-net.com/outline.php?id=80040200&top=1>

## B シアノバクテリア



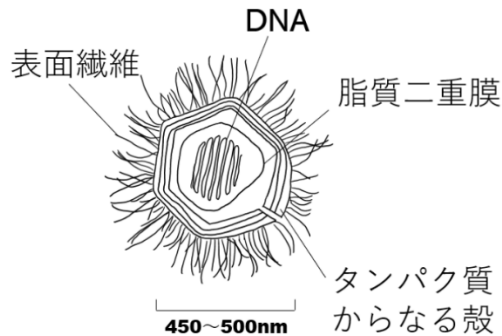
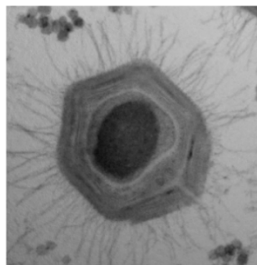
## C 酵母



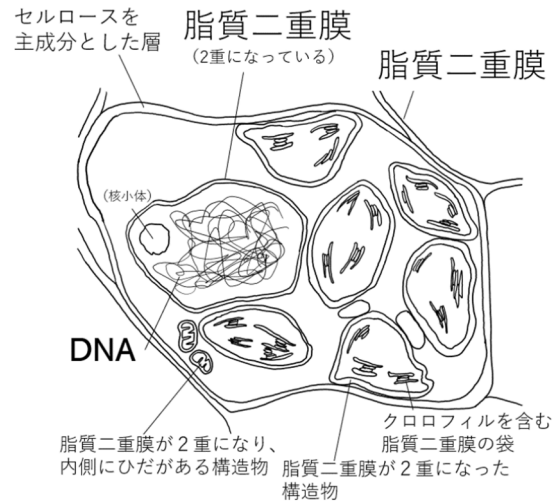
脂質二重膜が2重になり、内側にひだがある構造物

<https://rika-net.com/ou>

## D ミミウイルス

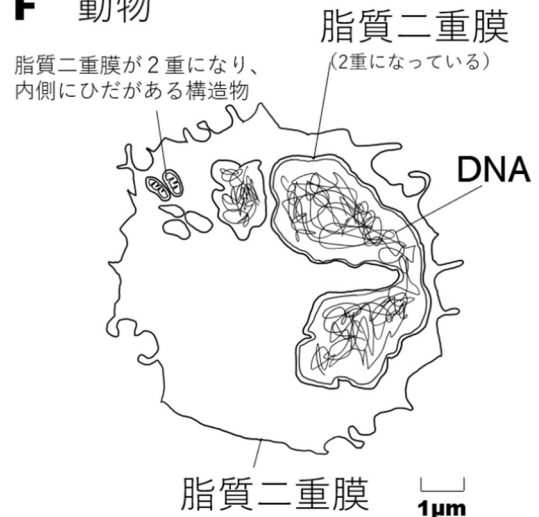


## E 植物



<https://rika-net.com/outline.php?id=80040120&top=1>

## F 動物



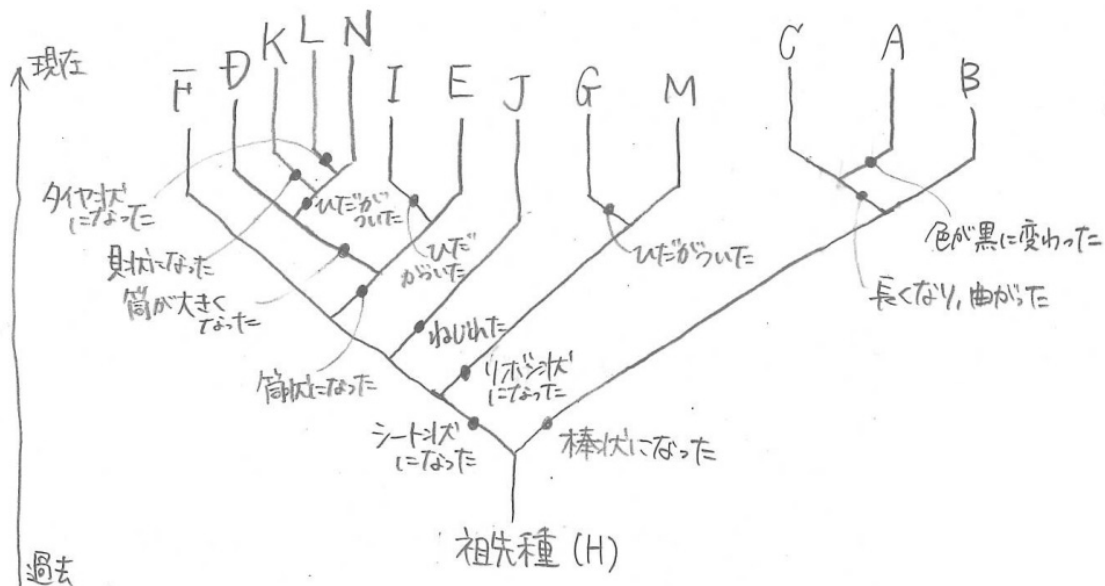
<https://rika-net.com/outline.php?id=80042480&top=1#>

## 資料2 パスタを用いたミニレッスンの学習例

A3 架空生物 *P.suta* の化石をもとに、系統樹を作りました。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
筒状である	X	X	X	O	O	X	X	X	O	X	(O)	O	X	O
ひだがある	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	O	O	X	O
シート状である	X	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
長い(棒状)	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
リボニ状	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X

( )は“ほぼ”



どの種類の形でも、ひだがあるものがあるのど、  
ひだは収斂進化によるものだと考えた。  
祖先種はHで、その以外は今も存在している。