

中等教育研究開発室年報 第35号（2022年3月31日発行）別冊電子版  
2021年度 授業実践事例

理科 中学校第3学年

脊椎動物の目はどのように変化してきたか（パフォーマンス課題）

授業者 井上 純一

（教育研究大会 公開授業）

広島大学附属中・高等学校

## 中学校 理科（第2分野） 学習指導案

指導者 井上 純一

- 日時** 令和3年11月27日（土） 第2限 10:35～11:25
- 場所** 第1生物教室
- 学年・組** 中学校3年C組44人（男子23人，女子21人）
- 単元** 生命の連続性（生物の種類の多様性と進化）
- 目標**
1. 生命の連続性に関する事物・現象の特徴を理解するとともに，観察，実験などに関する基本的な技能を身に付けている。（知識・技能）
  2. 生命の連続性に関する事物・現象について，見通しをもって観察，実験などを行い，その結果や資料を分析して解釈し，生命の連続性に関わる特徴や規則性を見いだして表現することができる。（思考・判断・表現）
  3. 生命の連続性に関する事物・現象に進んで関わり，問題を見いだして解決したり探究の過程を振り返ったりして，科学的に探究しようとしている。  
（主体的に学習に取り組む態度）

### 指導計画（全25時間）

- |     |              |             |
|-----|--------------|-------------|
| 第一次 | 生物の成長と殖え方    | 8時間         |
| 第二次 | 遺伝の規則性と遺伝子   | 10時間        |
| 第三次 | 生物の種類の多様性と進化 | 7時間（本時 6/7） |

### 授業について

平成29年告示の学習指導要領から，単元「生命の連続性」の内容に「生物の種類の多様性と進化」が加わった（単元「生物の体のつくりと働き」からの移行）。ここでは，脊椎動物を中心に扱い，「現存の多様な生物は過去の生物が長い時間の経過の中で変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連づけて理解させるとともに，生物の間のつながりを時間的に見ることを通して進化の概念を身に付けさせる」ことがねらいとされている。また，科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するために，第3学年の[生命]・[地球]領域においては，指導における重点事項として「見通しをもって観察，実験などを行い，その結果（や資料）を分析して解釈し，[特徴，規則性，関係性]を見いだして表現すること。また，探究の過程を振り返ること。」が明記されている。これらのことをふまえ，本実践では，「脊椎動物の目（カメラ眼）」を教材化し，生徒に「課題の把握（発見）」→「課題の探究（追究）」→「課題の解決」といった探究の過程を踏ませることで，高等学校での課題研究に必要な「科学的に探究する力」を伸ばさせたいと考えた。

本実践では，パフォーマンス課題として「脊椎動物の目はどのように変化してきたか」を設定した。はじめに「脊椎動物の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか」という課題に対して，哺乳類と魚類の眼球をそれぞれ解剖観察し，どちらもカメラ眼としての共通したつくりを持つ一方で，水晶体の形状（凸レンズ状／球状）や性質（弾性があり厚みが変わる／硬くて厚みがほとんど変わらない）が異なることを導出させる。次に，観察結果をふまえ，「それぞれの目でどのようにして眼底に像を結ぶのか」という新たな課題を見いださせ（課題の把握（発見）），それぞれの目の自作モデルを作成させて検証実験に取り組ませる（課題の探究（追究））。それにより，哺乳類では水晶体の厚みを変えることで光を屈折させ，遠近調節を行っているが，魚類では，球形の水晶体を前後に動かして光を屈折させ，遠近調節を行っていることを見いださせる。最後に，「脊椎動物の目はどのように変化してきたか」という問いに対して，陸上生活をする生物は水中生活をするものから進化してきたことに気付かせるとともに，脊椎動物の目がそれぞれの環境（水中，陸上）に適したつくりになっており，陸上進出に伴って目のつくりを変化させてきたことを導出させる（課題の解決）。本時は，目の自作モデルを作成して検証実験に取り組む時間とする。

**題 目** 脊椎動物の目はどのように変化してきたか（パフォーマンス課題）

**本時の目標**

哺乳類と魚類の目の自作モデルを用いて実験を行い、それぞれの水晶体の形状や性質と関連付けて、眼球内で光を屈折させて像を結ぶ（遠近調節の）しくみを見いだして表現することができる。（思考・判断・表現）

**本時の評価規準（観点／方法）**

哺乳類と魚類の目の自作モデルを用いた実験により、次の2点を見いだして表現している。

1. 哺乳類では、水晶体の厚みを変えることで光を屈折させ、遠近調節を行っている。
2. 魚類では、水晶体を前後に動かして光を屈折させ、遠近調節を行っている。

（思考・判断・表現／パフォーマンステキストへの記述による）

**本時の学習指導過程**

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価(●)
課題の把握 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">見通す</div>	○本時の学習課題を確認する。 自作モデルを用いて「それぞれの目でどのようにして眼底に像を結ぶのか」を推論するための実験を行う。	○前時までに学習班ごとに哺乳類・魚類の自作モデルを考案・作成させるとともに、必要な実験道具を準備させておく。
課題の探究 ○実験 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">試行錯誤する</div>	○予想される実験方法 ・哺乳類:凸レンズ形の水晶体を模した水の膨らみをつくり、遠くにある物体や近くにある物体の像のでき方を調べる。水の量を変化させたときの像のでき方の違いについても調べる。 ・魚類:球形の水晶体を模したガラス玉を用いて、遠くにある物体や近くにある物体の像のでき方を調べる。ガラス玉の位置を変化させたときの像のでき方の違いについても調べる。	○哺乳類は陸上生活であると想定させ、光が外界(空気中)→角膜・水晶体→ガラス体(水中)と進むことを見いださせる。 ○魚類は水中で生活しており、光が外界(水中)→角膜・水晶体→ガラス体(水中)と進むことを見いださせる。
○結果 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">比較する</div>	○予想される実験結果 ・哺乳類:遠くの物体は水の量を減らすことで像が結ばれ、近くの物体は水の量を増やすことで像が結ばれる。 ・魚類:遠くの物体はガラス玉の位置を近づけることで像が結ばれ、近くの物体はガラス玉の位置を遠ざけることで像が結ばれる。	○各学習班で実施した実験方法およびその結果を全体で共有させ(外化)、他班との共通点や相違点を見いださせる(内化)。
課題の解決 ○考察・推論	○予想される考察 ・哺乳類:水晶体の厚みを変えることで、光の屈折を大きくしたり小さくしたりして、遠近調節を行っているのではないか。 ・魚類:水晶体を視軸に対して前後に移動させることで、光の屈折を大きくしたり小さくしたりして、遠近調節を行っているのではないか。	●哺乳類と魚類における水晶体の形状や性質の違いと関連付けて、遠近調節のしくみを見いだして表現することができる。（思考・判断・表現／パフォーマンステキストへの記述による）
<b>備考</b>	使用教科書:未来へひろがるサイエンス3(新興出版社啓林館) 副教材:パフォーマンステキスト(パフォーマンス課題用の自作教材)	

令和3年度 中学3年【理科2】  
パフォーマンス課題（2学期）

SAMPLE

中学 3 年（      ）組（      ）番

名前 \_\_\_\_\_

## パフォーマンス課題

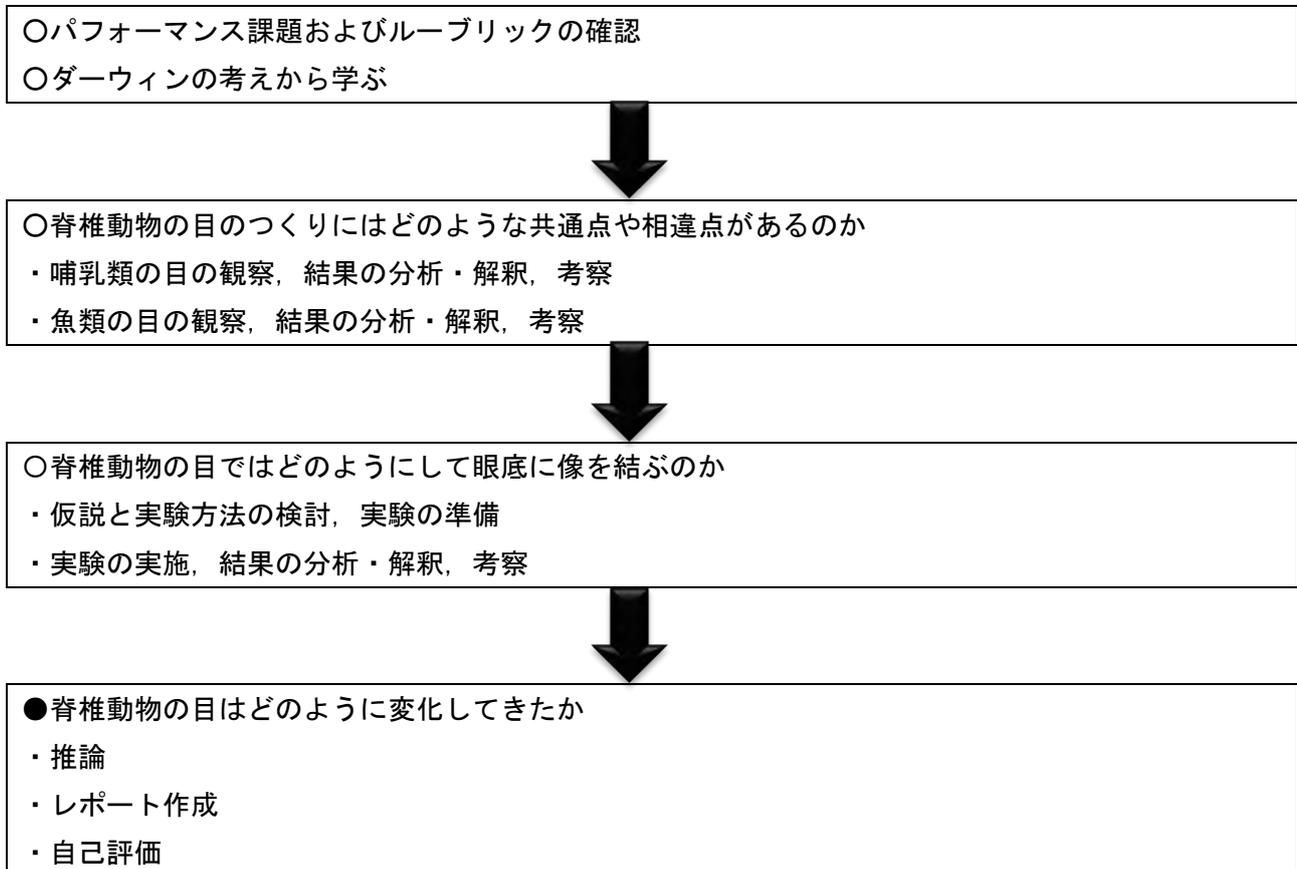
脊椎動物の目はどのように変化してきたか

### パフォーマンス課題のルーブリック（評価指標）

パフォーマンス課題は個人の「思考・判断・表現」を評価するものです。観察・実験や結果の分析・解釈はグループで取り組みますが、グループでの議論を経て、個人で最終的な考察・推論を行い、成果物として報告書を作成し、提出します。報告書を評価材料として、次の4段階で評価します。

レベル	基準
4	レベル3の基準を満たした上で、これまでの理科（1分野，2分野）の学習内容が十分に活用された説明となっており，進化について深く理解できていることがうかがえる。
3	次の①，②の視点をふまえて「脊椎動物の目がどのように変化してきたか」について推論したことが説明されている。 ①脊椎動物の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか ②脊椎動物の目ではどのようにして眼底に像を結ぶのか
2	レベル3の基準のうち，②の視点が不十分な説明となっている。
1	レベル3の基準のうち，①，②のどちらの視点も不十分な説明となっている。

### パフォーマンス課題の流れ



## ダーウィンの考えから学ぶ

### (1) チャールズ・ロバート・ダーウィン (1809 - 1882)

1809年にイングランド西部、ウェールズとの国境に近い小さな商業都市シュルーズベリで生を受けた。16歳でエジンバラ大学医学部に入学するが、わずか一年半で退学し、半年後にケンブリッジ大学へ入学し直した。卒業後、22歳のときに、イギリス海軍測量艦ビーグル号乗船の誘いを受け、5年間の航海へと旅立った。ビーグル号の任務は南アメリカ東岸の海図作成だったため、南アメリカ東岸沿いを何度も往復した。その間、ダーウィンは適宜上陸し、内陸部の探検や標本収集、化石発掘を精力的にこなした。航海前は神による天地創造を信じて乗船したダーウィンであったが、航海後は、この世の生きものは神によって創造されて以降に姿を変えることはなかったとする創造説に疑念を抱く進化論者となって下船した。

1839年に「ビーグル号航海記」を出版した。また、ビーグル号の航海から帰還後すぐに生物進化について考察する秘密のノートをつけ始め、1842年には草稿をまとめた。1858年に、アルフレッド・ラッセル・ウォレスから送られてきた一編の論文（ダーウィンが密かに育んできた「自然淘汰説」とうり2つの内容）をきっかけとして、大著「自然淘汰説」の執筆を中断し、それに代わる「要約」の執筆にとりかかった。それからおよそ1年後の1859年11月22日に発売されたのが「種の起源」である。

[引用] ダーウィン (著)・渡辺政隆 (訳), 「種の起源 (上)」, 光文社古典新訳文庫, 2009年, pp.406-414.

### (2) 「種の起源」における「目の進化」の取扱い

第6章「学説の難題」の項目「完璧な器官」において、「極度に完成度が高く複雑な器官 (Organs of extreme Perfection and Complication)」として「目の進化」を取り上げ、自論を展開している。

次ページからの「種の起源」の原著を読み、キーワードを抽出するとともに、ダーウィンの目の進化に対する考えをまとめよう。

キーワード
考えの要約

[引用文献]

- Darwin, C. (1872). *The origin of species by means of natural selection, or, The preservation of favoured races in the struggle for life* (6th Ed.), pp. 143-146. London, UK: John Murray.

## 脊椎動物の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか（課題の把握）

### 1. 哺乳類（ブタ）の目のつくり

#### (1)観察の方法

[引用文献]

- ・大阪府高等学校生物教育研究会,「高等学校生物実習書」, 2003年, p. 56.

[参考文献]

- ・日本動物学会関東支部編,「生き物はどのように世界を見ているか さまざまな視覚とそのメカニズム」, 学会出版センター, 2001年, pp. 32-35.

#### (2)観察の結果：スケッチまたは観察記録



#### (3)考察：観察結果から、哺乳類の目のつくりについて明らかになったこと



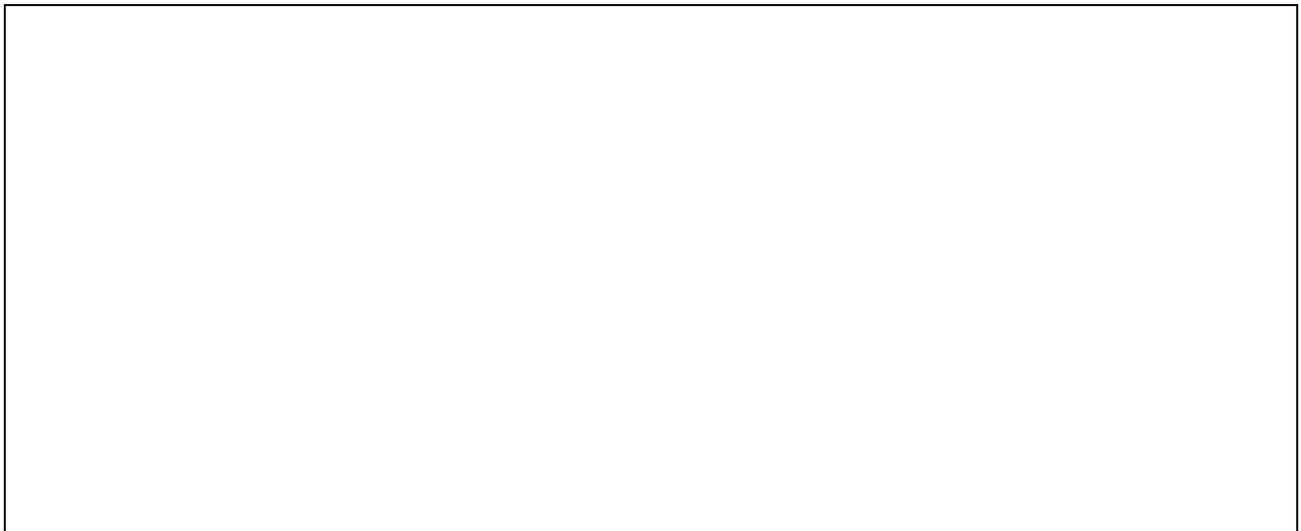
## 2. 魚類（レンコダイ）の目のつくり

### (1)観察の方法

[参考]

- ・ 日本動物学会関東支部編, 「生き物はどのように世界を見ているか ささまざまな視覚とそのメカニズム」, 学会出版センター, 2001年, pp. 32-35.
- ・ 高橋恭一, 「魚眼の構造と機能ー水晶体の役割を中心にしてー」, 『人間環境学研究』, 第19巻, 広島修道大学ひろしま未来協創センター, 2021年, pp. 1-42.
- ・ 廣瀬一美ほか, 「新版 水産動物解剖図譜」, 成山堂書店, 2006年, pp. 114-119.

### (2)観察の結果：スケッチまたは観察記録

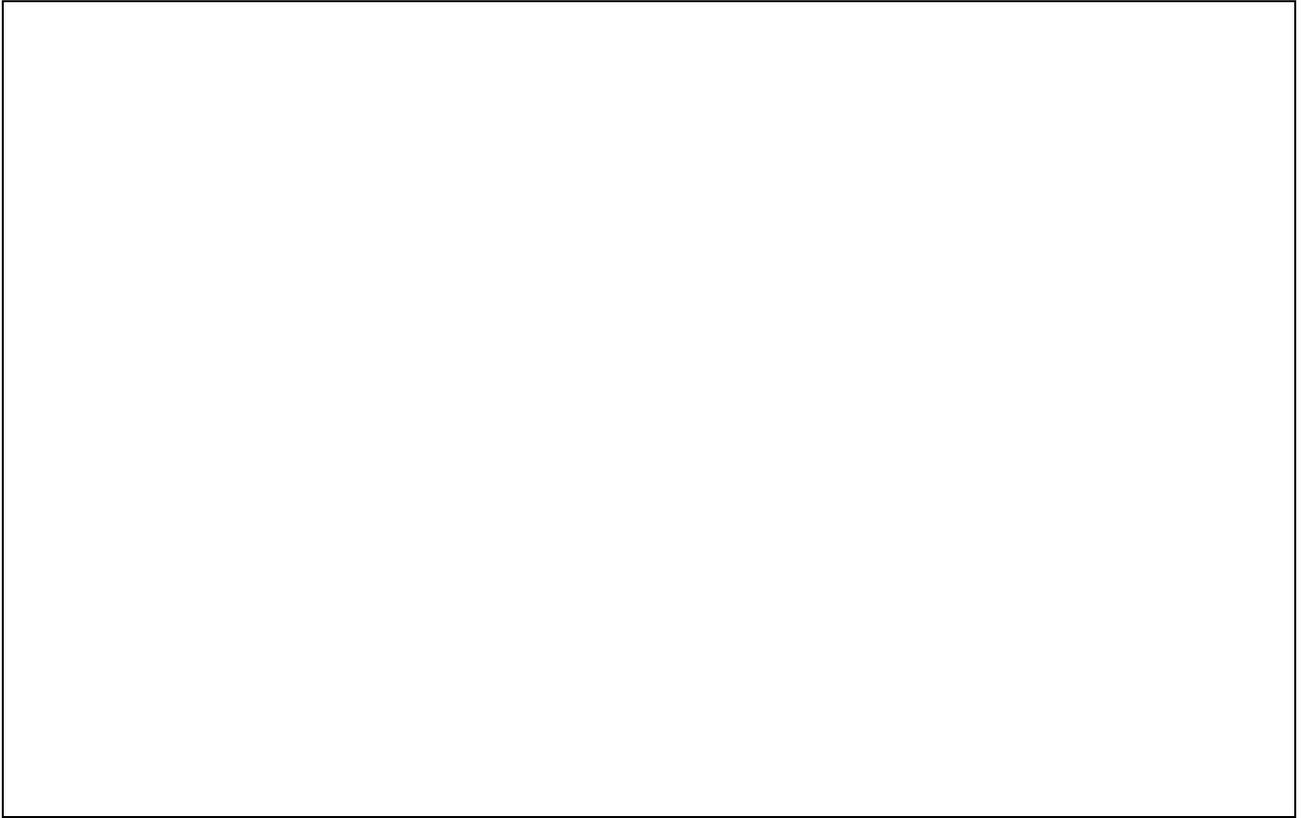


### (3)考察：観察結果から、魚類の目のつくりについて明らかになったこと

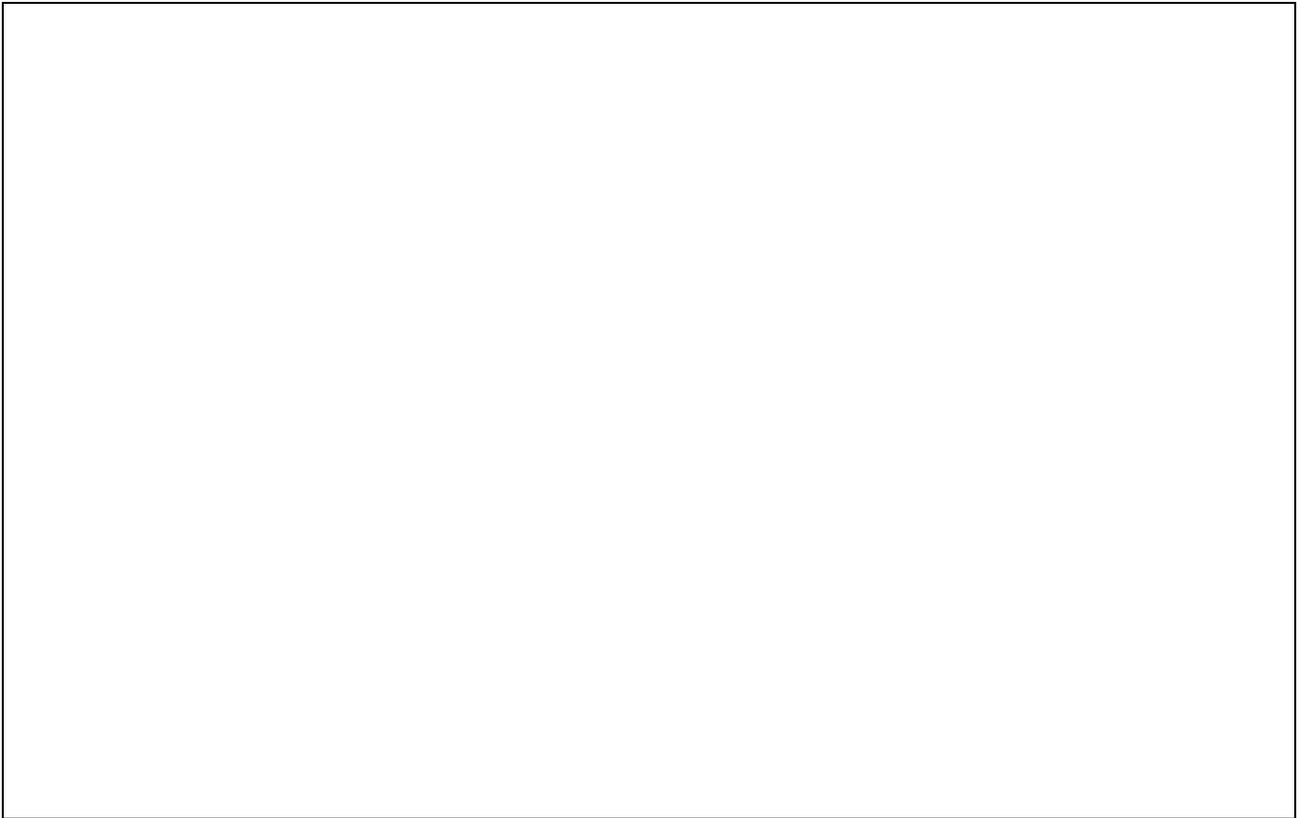


### 3. 観察結果の比較, 総合的な考察

(1) 哺乳類と魚類の目のつくりの共通点



(2) 哺乳類と魚類の目のつくりの相違点



## それぞれの目でどのようにして眼底に像を結ぶのか（課題の探究）

### 1. 仮説

(1)哺乳類の目の場合

(2)魚類の目の場合

### 2. 仮説を検証するための実験

(1)材料・器具について

①学校で用意しているもの（班ごとに1セット）

- |                                     |                                   |                                   |                                    |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ホールスライドガラス | <input type="checkbox"/> ガラス玉     | <input type="checkbox"/> LED懐中電灯  | <input type="checkbox"/> 方眼シート（透明） |
| <input type="checkbox"/> 実験用スタンド    | <input type="checkbox"/> 画用紙（白・黒） | <input type="checkbox"/> ピペット・注射器 | <input type="checkbox"/> ピンセット     |

②各班で準備するもの

(2)実験方法

①哺乳類の目の場合

自班
他班 (参考)

②魚類の目の場合

自班
他班 (参考)

(3)実験結果, 結果の分析・解釈

①哺乳類の目の場合

自班
他班 (参考)

②魚類の目の場合

自班
他班 (参考)

### 3. 仮説の検証（考察）

#### (1) 哺乳類の目の場合

自班
他班（参考）

#### (2) 魚類の目の場合

自班
他班（参考）

**脊椎動物の目はどのように変化してきたか（課題の解決）**

（1 枚目）

(2 枚目)

## パフォーマンス課題を終えて（探究の過程の振り返り）

（１）自己評価（あてはまるレベルの数字に○）

レベル	基準
4	レベル3の基準を満たした上で、これまでの理科（1分野，2分野）の学習内容が十分に活用された説明となっており，進化について深く理解できていることがうかがえる。
3	次の①，②の視点をふまえて「脊椎動物の目がどのように変化してきたか」について推論したことが説明されている。 ①脊椎動物の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか ②脊椎動物の目ではどのようにして眼底に像を結ぶのか
2	レベル3の基準のうち，②の視点が不十分な説明となっている。
1	レベル3の基準のうち，①，②のどちらの視点も不十分な説明となっている。

（２）パフォーマンス課題を振り返って

（３）教師の評価 あなたの評価は  です。

中学3年（            ）組（            ）番

名前 \_\_\_\_\_

## 実践上の留意点

### 1. 授業説明

本実践は、「脊椎動物の目（カメラ眼）」を教材化し、中学第3学年第2分野の単元「生命の連続性（生物の種類の多様性と進化）」におけるパフォーマンス課題「脊椎動物の目はどのように進化してきたのか」として実施したものである。

#### (1) 魚類と哺乳類の目のつくり

本実践では、脊椎動物の中でも特に、魚類と哺乳類の目に着目した。どちらもカメラ眼（水晶体（レンズ）によって光を屈折させ、眼底にある網膜（スクリーン）上に像を結ぶ）としての共通の特徴（共通性）をもつが、水中と陸上という異なる生活環境に適応するための工夫（進化の結果）として、いくつかの違い（多様性）が見られる。魚類は外界と眼球内がともに水であるため、光の屈折率をより大きくするために球状の水晶体（魚眼レンズ）をもつ。水晶体に付随した水晶体筋を動かすことで、水晶体を視軸に対して0.5mm程度前後に移動させて遠近調節を行っている。また、水中では水の光吸収や粒子・微生物等による光散乱が大きく、光量の変化も少ないため、光量を調節する虹彩をもたない。一方、哺乳類は外界が気中であるため、薄い凸レンズ状の水晶体をもつ。また、気中では水中に比べて光吸収と光散乱が少なく、より微妙な遠近調節が必要となるため、水晶体が弾性で丸くなるという性質をもち、輪状毛様体筋の収縮によって水晶体の厚みを変えて焦点を調節している。さらに、カメラや顕微鏡の「絞りに相当する虹彩をもち、目に入る光の量を瞬時に調節している。

#### (2) 科学史の視点—ダーウィンの考え—

本実践では、生徒に「脊椎動物の目はどのように進化してきたのか」を探究させるにあたり、科学史の視点を取り入れた。ダーウィン（1859）は著書「種の起源」において、「極度に完成度が高く複雑な器官（Organs of extreme Perfection and Complication）」として「目の進化」についての自身の見解を述べており、①動物の目のつくりには多くの段階が存在すること、②各段階の目はそれぞれの動物種にとって有用であること、③完璧で複雑な目が「自然選択（natural selection）」によって形成されたこと、を主張している。

#### (3) 学習指導要領における内容の系統性・関連性

本実践では、「脊椎動物の目」の教材化にあたって、学習指導要領における内容の系統性・関連性を考慮した。まず、「進化」に関しては、平成29年告示の学習指導要領から、第3学年第2分野の単元「生命の連続性」の内容に「生物の種類の多様性と進化」が加わった（単元「生物の体のつくりと働き」からの移行）。この内容では、脊椎動物を中心に扱い、「現存の多様な生物は過去の生物が長い時間の経過の中で変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連づけて理解させるとともに、生物の間のつながりを時間的に見ることを通して進化の概念を身に付けさせる」ことがねらいとされている。次に、「目のつくり」に関しては、第2学年第2分野の「動物の体のつくりと働き」において、目、耳等の感覚器官がそれぞれの刺激を受け入れるつくりになっていることを学習している。また、「光の屈折」や「凸レンズの働き」に関しても、第1学年第1分野の「光と音」において学習している。「光の屈折」では、①光が空気中からガラスや水に進むときは入射角よりも屈折角が小さくなるように進み入射角を変化させるにつれて屈折角が変化すること、②光がガラスや水から空気中へ進むときは空気中からガラスや水へ進む経路の逆をたどり入射角よりも屈折角が大きくなるように進むこと

の2点を学習している。「凸レンズの働き」では、①焦点、②凸レンズと物体の距離、凸レンズとスクリーンの距離、像の大きさ、像の向きの定性的な関係、③実像・虚像、の3点について学習している。

#### (4) 探究の過程

平成29年告示の学習指導要領においては、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するために、第3学年の〔生命〕・〔地球〕領域においては、指導における重点事項として「見通しをもって観察、実験などを行い、その結果（や資料）を分析して解釈し、〔特徴、規則性、関係性〕を見いだして表現すること。また、探究の過程を振り返ること。」が明記されている。本実践では、学習指導要領で一例として示された「資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ」をふまえ、パフォーマンス課題を通じて、「課題の把握（発見）」→「課題の探究（追究）」→「課題の解決」の順に探究の過程を踏ませることとした。また、パフォーマンス課題の最後には、ルーブリックに対する自己評価と課題の振り返りを行うようにした。

#### (5) パフォーマンス課題の流れと実践の結果

上記(1)～(4)をふまえ、パフォーマンス課題を以下の流れで実施した。

- ① 教師からルーブリックを提示し、「これまでの1分野・2分野の既習事項と（観察・実験等による）新しい知識を組み合わせる最終的な推論を行うこと」を確認させた。
- ② 教師から、ダーウィンの「種の起源」において「目の進化」に触れていることを説明し、「種の起源」の原著の該当ページを和訳させた。今から160年以上も前のイギリス英語を読むのに生徒は大変苦労していたが、興味をもって取り組んでいた。生徒から「自然選択」や「変化・変異」等のキーワードが抽出されたことを受けて、ダーウィンの「自然選択説」について概説した。
- ③ 「脊椎動物の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか」を課題として提示し、哺乳類と魚類の眼球をそれぞれ解剖観察させた。本実践では、ブタ（哺乳類）の眼球とレンコダイ（魚類）の眼球を用いた。ブタ（眼球のみ、200円程度）は食肉市場、レンコダイ（250円程度）は食料品店でそれぞれ入手した。どちらも安価で、中学生でも解剖操作が容易な材料である。解剖観察の結果、どちらもカメラ眼としての共通した特徴（内部が黒色である、ガラス体で満たされている、眼底に網膜がある、水晶体や虹彩がある、視神経が貫通している等）が見られる一方で、水晶体（凸レンズ状で弾性があり厚みが変わる／球状で硬く厚みが変わらない）や虹彩（単純なフレーム状／少し複雑で筋肉のようなものが付随している）には違いが見られることを導出することができた。
- ④ 解剖観察の結果から、「脊椎動物の目ではどのようにして眼底に像を結ぶのか」という新たな課題を見いださせ、学習班ごとに自作装置を用いたモデル実験によって両者の遠近調節のしくみの違いを検証させた。最初に立てた仮説では、これまでの学習内容や解剖観察の結果をもとに、多くの班が「哺乳類では水晶体の厚みを変えてピントを調節している／魚類では水晶体を動かしてピントを調節している」ことを挙げていた。モデル実験では、始めに教師から、哺乳類の水晶体を想定したメダカ卵観察用のホールスライドガラス（中央部分に注射器で水のふくらみをつくることのできる）や魚類の水晶体を想定したガラス玉（径18mm）、透明の方眼シート（見える対象物）、LED懐中電灯等の材料・器具をいくつか提示するとともに、各学習班に必要な材料・器具を準備させるようにした。また、モデル実験を行うにあたり、「単純かつ再現可能な実験」を行うように指導した。哺乳類の目を想定した実験では、すべての班がホールスライドガラスに加える水の量を注射器で微妙に

変化させることで白色用紙（網膜を想定）に鮮明な像を投影し、遠近調節のしくみを再現することができていた。一方、魚類の目を想定した実験では、多くの班がガラス玉でピントを合わせるのに試行錯誤していた。また、班によっては、水を用いて目の内部がガラス体（液体）で満たされていることを再現したり、黒色画用紙を用いて虹彩が光の量を調節していることを再現したりしていた。実験後に、他班が行ったモデル実験の方法と結果を確認・共有させたうえで、学習班ごとに実験で「分かったこと（推論のための根拠となること）」「分からなかったこと（さらに探究が必要なこと）」を整理させた。「分かったこと」として「哺乳類の目は、水晶体の厚みを変えることによるピント調節が容易で、ある程度の距離まで調節が可能である。一方、魚類の目は、水晶体を前後に動かすことによるピント調節が可能だが、ごく短い距離でしか調節できない」ことを挙げていた。また、「分からなかったこと」として「虹彩によってどのように光の量を調節しているのか」を挙げていた。

⑤ 上記②で得られた知識、③と④で得られた根拠をもとに、「脊椎動物の目はどのように変化してきたか」を推論させ、課題（問い）の答えとなる説明文を作成させた。ルーブリックでは、魚類と哺乳類の目のつくりの共通性と多様性、両者の遠近調節のしくみの違いを、既習の知識を活用して丁寧に説明できているか、また、ダーウィンの考えをふまえて、脊椎動物の目がそれぞれの生活環境（水中、陸上）に適したつくりになっていること、陸上生活をする生物は水中生活をするものから進化し、陸上進出に伴って目のつくりを変化させてきたことを具体的に説明できているかどうかを指標としている。また、事後の振り返りにおいて、パフォーマンス課題を通じて分かったことだけでなく、「両生類、ハチュウ類、鳥類の目のつくり（水晶体）はどうなっているのか」「脊椎動物以外（無脊椎動物）の目のつくり（水晶体）はどうなっているのか」等、次の探究へつなげる問いが表出することを期待している。

#### (6) 教材としての汎用性

中学校では、第2分野の「動物の体のつくりと働き」において、哺乳類（ブタ）と魚類（タイ）の眼球の観察のみでも実施が可能である。「両者の目のつくりにはどのような共通点や相違点があるのか」等の問いを設定して、目のつくりの共通性と多様性を見いださせる授業が考えられる。また、第1分野の「凸レンズの働き」においても実施が可能であり、「目ではどのようにして眼底に像を結ぶのか」等の問いを設定して、水晶体によるピント調節について探究する授業が考えられる。

高等学校では、「生物」の単元「生物の進化」で実施が可能である。中学校の内容に比べて「受容器としての目のはたらき」や「進化が起こるしくみ（進化論）」についての高度な知識を使用できるため、例えば、ピンポン玉の半球等を用いて、より複雑な目のモデルを考えさせたり、「ダーウィンの自然選択説をふまえて動物の目の進化を説明しなさい」等の問いを設定したりすることが考えられる。

#### [引用・参考文献]

- ・日本動物学会関東支部編、「生き物はどのように世界を見ているか さまざまな視覚とそのメカニズム」, 学会出版センター, 2001年, pp.32-35.
- ・高橋恭一, 「魚眼の構造と機能—水晶体の役割を中心に—」, 『人間環境学研究』, 第19巻, 広島修道大学ひろしま未来協創センター, 2021年, pp.1-42.
- ・中学校学習指導要領（平成29年告示）解説（理科編）, 文部科学省.

## 2. 研究協議より

- ・モデル実験の計画において、実験方法・装置を検討させるときに、教師からどのような働きかけを行ったのか。  
→ホールスライドガラス、ガラス玉等、教師の予備実験で使用したものを提示し、各学習班に必要な最小限の個数を配付した。それ以外に、必要な材料・器具があれば班ごとに申し出るようにさせた。日頃から理科の実験等で使用する学校の備品・消耗品を使うことを優先したが、学習班によっては、私物の虫眼鏡や水を入れるための大きな水槽等を持参していた。
- ・研究主題にかかわって、『『探す』ことを通じて『学ぶ』ことにどのようにフィードバックできるのか』を研究課題とされているが、何をフィードバックすることと考えているのか。  
→本実践では、2つの「学ぶ」要素があると考え。1つは、目のつくりを通して進化を「学ぶ」ことである。もう1つは、(科学はどうやって物事を解決していくのかという方法論として) 探究の過程を「学ぶ」ことである。「探す」ことの繰り返しの中で、その都度多様な知識が必要になってくる。「探す」経験を通じて学んだことが活かされてさらに深まり、生きて働く知識になると考えている。
- ・中・高6か年の学びの系統性や深化は、どのようなものなのか。  
→本実践に関連して言えば、「進化」の学習は、中学校・高等学校で内容としての系統性がある(スパイラル構造になっている)。生徒の実態や発達段階に応じて、教師が求める到達レベルを変えて授業を構想していくことが重要であると考え。

