

高校第2学年総合（アートサイエンス）学習指導案

期 日：令和7年12月17日

時 間：第6校時

対 象：第2学年D組11名

（生命科学コース生徒）

学校名：私立清心女子高等学校

授業者：田中福人（理科）

1 単元（題材）名

「光をデザインする授業 ― 干渉・回折がつくる構造色アート ―」

2 単元（題材）の目標

- (1) 理学と芸術を融合させた学習を通して、複数の分野を横断し、新たな価値を創造する発想力・思考力を身につける。
- (2) 複合的な課題を解決するため、自分なりの視点と発想をもって、問題の解決方法へと導く姿勢を身につける。
- (3) 構造色の発生原理を理解し、それを活用した測定技術についての理解を深める。
- (4) 学習を通して、主体的及び協働的に考える態度を養う。

3 単元（題材）の評価規準

基準	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
A	干渉・回折による構造色の原理を正確に説明でき、用語や手順を適切に用いて観察・制作・記録ができる。	目的や条件を踏まえて材料・方法を自ら選択し、根拠を示して工夫・改善しながら表現できる。結果を論理的に整理し、自分の言葉で説明できる。	課題に意欲的に取り組み、試行錯誤を継続しながら学びを深めている。協働においても役割を果たし、対話を通じて改善につながっている。
B	構造色の原理を概ね理解し、用語や手順を概ね適切に用いて観察・制作・記録ができる。	目的や条件を踏まえて材料・方法を選択し、一定の工夫をして表現できる。結果を概ね整理し、説明できる。	課題に取り組み、必要に応じて試行錯誤や協働を行っている。対話を学習に生かそうとしている。
C	構造色の原理の理解が不十分で、用語や手順の扱いに課題があり、観察・制作・記録が十分にできていない。	材料・方法の選択や工夫が目的と結びつかず、表現や説明が十分でない。結果の整理が不十分である。	課題への取り組みが消極的で、試行錯誤や協働が十分でない。対話や振り返りを学習に生かせていない。

4 指導観

(1)単元（題材）観

本校生命科学コースの「総合的な探究の時間」では、SSH 学校設定科目として「アートサイエンス」を設定している。本授業は、理学と芸術を融合した学習を通して、複数分野を横断しながら新たな価値を創造する発想力・思考力を育成することをねらいとしている。

授業の導入では、まず「アートとは何か」という問いを立て、生徒が自分なりの定義や答えを導き出すためのアート思考の訓練を行ってきた。複合的な課題に対しては、解決のための方法が一つに定まるとは限らない。そ

のため、本授業では、生徒が自分なりの視点や発想をもって対象を捉え、試行錯誤を通して解決方法や表現へとつなげていく姿勢を重視する。

課題研究をはじめとする他の SSH 事業が、課題解決のための科学的思考力や、協働して研究を進める力の育成に重点を置くのに対し、本授業では「自分なりの見方で意味を立ち上げる」ことを軸に据え、新たな価値を生み出す力や、意味を構成する力の育成を図る。

新たな価値の創出にあたっては、既存の価値同士を組み合わせる「掛け算」の発想が取り組みやすいと考える。これは、異なる文脈で成立している価値を結び付けることで、新しい見方や表現を生み出す手法である。そのためには、素材となる既存の価値を理解することが不可欠である。これまでの授業では「美しさ」をキーワードに、ヒト（脳）が美しいと感じる形や構造、その要因について生物学的観点から学習を進めてきた。加えて、「レオナルド・ダ・ヴィンチの「解剖手稿 A」や透明標本の作製を通して、生物の体に見られる構造美も扱ってきた。さらに、黄金比を題材に、比や比例といった数学的關係が生み出す秩序や調和に着目し、数式や数学的表現の中に内在する美しさについても取り上げている。

(2)教材観

今回の授業では「構造色」を題材とし、構造色がどのような光学的原理（干渉・回折）によって生じるのかを、事前知識が少ない生徒にも理解可能な形で扱う。加えて、構造色が自然界の現象にとどまらず、日常製品や技術にも広く応用されていることを示し、学びが社会や生活と接続していることを実感させたい。本授業は、理学的な現象を「表現（アート）」へと接続することで学習の動機づけを図る点に特色がある。1～2学期に扱った複数のテーマを踏まえ、3学期には生徒が関心に応じて題材を選び、より主体的に深める探究活動へとつなげる構想である。今回の構造色は、その探究テーマ設定に資する重要な題材の一つとして位置づける。

干渉・回折は高等学校「物理」で扱われる内容であるが、本授業の受講生の中で物理選択者は少なく、また選択者であっても当該単元を未習である。そのため、数式や用語に触れる場面は設けるものの、公式を用いて計算問題を解くことを主眼とはせず、前半の“つくる活動”と最後の応用事例の紹介と合わせて授業を構成し、科学的な興味・関心を高めることを優先する。本時に至る導入としては、100円ショップで購入できる虹色スプーン（表面の薄い膜による干渉で色が見えるもの）や、モルフォチョウの標本等を提示し、「なぜこのような色に見えるのか」を自由に考えさせてきた。その後、薄膜干渉および回折（回折格子）という2つの代表的な原理を、観察と対応づけながら簡潔に紹介している。

授業の最後では、構造色の応用例として、次の二点を取り上げ、学習内容が身近な製品や社会的課題と結び付いていることを確認する。第一に、メガネやカメラレンズに施される反射防止コート（反射防止膜）を扱う。薄い膜の厚さを調整することで反射光どうしが打ち消し合い、反射が低減されること、また膜厚や条件によって見え方（色味）が変化し得ることを示し、薄膜干渉の原理が機能性材料として利用されている点を理解させたい。授業では薄膜により光が強め合う点に焦点が向けられるが、逆に弱め合う場合の紹介と位置付ける。第二に、紙幣・クレジットカード・商品パッケージ等に用いられるホログラムを扱う。表面の微細構造が回折格子として働くことで見る角度により色が変わって見えること、さらにそれが偽造防止といった社会的要請に基づく技術であることを示し、回折現象が実社会で活用されている点へと学びを接続する。

(3)生徒観

2年D組は、その約半数が生命科学コースの生徒で構成されている。生命科学コースの生徒は全員が理系カリキュラムを選択しており、授業に対して真面目に取り組む姿勢が見られる。加えて、グループ活動においても発言や相談が比較的活発で、互いに協力しながら課題に取り組もうとする傾向が強いため、協働的な学習活動を組み入れやすい集団である。

本校では高校2年生から本格的な課題研究活動を行っており、生徒はそれぞれテーマを設定し、研究を進めている段階にある。課題研究では、実験計画の立案や手法の選択・改善において、多様な視点から試行錯誤することが求められる。本授業で扱う「構造色」の学習は、理学的現象を観察・解釈し、表現へとつなげる過程を経験

できる点で、課題研究を進める上での発想の幅を広げる契機になることが期待される。

また、生き物や自然現象に関心をもつ生徒が多く、教材提示（標本や身近な構造色の例など）に対して意欲的に反応する様子が見られる。一方で、物理分野に苦手意識をもつ生徒も一定数おり、数式や専門用語が前面に出ると理解や意欲が低下しやすい傾向がある。そのため本授業では、観察・制作・対話を中心とした活動を通して、事前知識の差に左右されにくい学習過程を設定し、物理が得意でない生徒も「わかる／できる／面白い」と感じられる授業展開を工夫したい。

5 単元（題材）の指導計画と評価計画（全3時間+α）

時	★目標 ○学習内容 ・学習活動	■評価規準（評価方法） 【知識技能】【思考判断表現】【主体的に学習に取り組む態度】
第1時	<p>★構造色の概念を理解し、色素色との違いを説明できる</p> <p>○構造色ってどんなもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「色が見える理由」を色素色（吸収による）と構造色（微細構造による）に大別して整理する。 ・構造色が主に干渉や回折（回折格子）によって生じることを、身近な例と結び付けて理解する。 ・虹色スプーン（薄い膜による発色）の観察を行い、「なぜ虹色に見えるのか」を班で自由に考察し、仮説を言語化する（共有・比較）。 	<p>【知技】構造色／色素色の区別や用語を概ね理解している。</p> <p>【思判表】観察にもとづき、色の要因について仮説を立てて説明しようとしている。</p> <p>【主体的】観察・対話に積極的に参加し、問いをもとうとしている。</p>
第2時	<p>★光の干渉・回折の基本的な考え方を理解し、簡単な条件式を用いて説明できる。</p> <p>○光の干渉・回折の考え方（ヤングの実験）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヤングの実験（2重スリット）を題材に、光路差と明暗の関係を概念的に理解する。 ・干渉条件（明線・暗線）を、図や簡単な数式として整理する（入射はほぼ垂直、近似を明示）。 ・短い演習問題を通して、「どの量が変わると明線の位置が変わるか」を確認する。 	<p>【知技】干渉・回折、光路差、明暗条件の基本を理解している。</p> <p>【思判表】図や条件式を用いて、結果を筋道立てて説明できる。</p> <p>【主体的】疑問点を確認しながら学びを深めようとしている。</p>
第3時	<p>★薄膜干渉および回折格子による構造色の原理を理解し、現象と理論を対応づけて説明できる。</p> <p>○薄膜干渉と回折格子</p> <ul style="list-style-type: none"> ・薄膜干渉について、反射での位相変化を含めて、反射光が強め合う／弱め合う条件を式で整理し、膜厚t・屈折率n・波長λの関係を確認する。 ・回折格子について、格子定数dと明線（次数）の条件式を整理する。 ・理論式を用いた演習問題に取り組む。 	<p>【知技】薄膜干渉・回折格子の原理と条件式の意味を理解し、必要な量を読み取って計算できる。</p> <p>【思判表】現象（見える色・明線の位置）と理論式を対応づけ、求めた値の妥当性を説明できる。</p> <p>【主体的】演習や議論に粘り強く取り組み、他者と確認しながら理解を深めようとしている。</p>
第4時（本時）	<p>★干渉・回折の原理にもとづいて構造色を制作し、観察結果から膜厚等を推定して説明できる。</p> <p>○制作・検証：干渉・回折で「構造色をつくる」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・薄膜干渉による構造色づくり（シャボン膜） ・回折格子による構造色づくり（回折シート転写） ・観察→記録→考察 ・演習：干渉条件から膜厚を求める等 ・応用例（反射防止コート／ホログラム等）と結び付け、学びを日常・社会へ接続する。 	<p>【知技】薄膜干渉および回折格子による構造色の原理を理解し、観察・記録・作製活動を適切な手順で行うことができる。</p> <p>【思判表】観察した構造色の特徴（色の変化、角度依存、表面状態など）を根拠に、薄膜干渉と回折格子のいずれの原理によるものかを判断し説明できる。</p> <p>【主体的】試行錯誤を通してよりよい結果を得ようとし、必要に応じて条件や手順を調整しながら課題に取り組むことができる。</p>

6 指導に当たって

○使用した材料（特筆）

- ・回折格子シート：ケニス(株)が扱っている分光シート 10 枚組（大きさ：10×10cm、厚さ：約 0.05mm、格子ライン：約 250 本/mm、材質：PET）を使用。定価 3000 円弱。授業後は折り曲げないようにやさしく水洗いすれば何度でも使用できる。
- ・チョコレート：市販のもので問題ない。回折格子による反射が見えやすいのは、より黒色に近いもの（ビター）ものであるが、ホワイトチョコでなければ問題ない。今回は 100 均で市販されているものを利用。

○各思考法と本授業のとの関わりについて

- (1)ラテラルシンキング：回折色を強く出すために、薄くする・密着させる・気泡を減らす・冷やし方を変えるなど、複数のやり方を試して改善する過程で育つ。
- (2)クリティカルシンキング：転写がうまくいかない、色が弱い、計算値が納得しにくい場面で、仮定や条件（気泡・ツヤ・厚みムラ・光の当て方など）を点検し、説明や手順を修正する過程で育つ。
- (3)ロジカルシンキング：観察した事実を整理し、薄膜干渉・回折格子のどちらかを根拠を示して判断し、式で膜厚を推定して説明する過程で育つ。

7 本時の授業展開

(1)本時の目標

干渉・回折の原理にもとづいて構造色を制作し、観察結果から膜厚等を推定して説明できる。

(2)本時の展開

時間	○学習内容 ・学習活動	・指導上の留意点など	■評価規準（評価方法）
導入 (3分)	○前時の振り返りと本時の課題を確認する。 ・本時のゴール確認。制作物は「科学的観察の対象」として扱うことを共有し、衛生・安全（熱湯、こぼれ、試食はしない等）を確認する。	チョコは試食しない、湯せんは火傷防止のため教員の指示に従うように注意する。	
展開 (次頁の内容含め40分)	○活動①：回折シートの格子をチョコに転写（班） 回折シートの上に型を置き、溶かしたチョコを流し入れる。気泡をつぶし、表面を薄く均一にならして密着をつくる。その後、トレーに載せて冷却（準備室の冷蔵庫に入れる）し、固化を待つ。固化待ちの間は、転写後の予想を立てさせる。 ○活動②：シャボン膜の構造色観察（班） 黒背景の上で膜を作り、色の帯や時間変化を観察する。上部と下部で色が異なること、色が移動することなどを記録し、膜厚が場所・時間で変化していると推測する。班内で「膜厚が厚い/薄いのはどちらか」も含めて言語化する。	冷却は時間がかかるため、ここで必ず冷却を開始させる。 可能なら保冷剤や冷却トレー、冷蔵庫を用意し、固化を促進する。 シャボン液がこぼれた場合は拭かせる（床にこぼれると滑りやすい）。 観察のポイントを具体化：「上部と下部で色が違う」「時間で色が移動する」など見るべき現象を提示し、記録欄に対応させる。	■役割分担を行い、手順の工夫（薄く・密着・気泡処理など）を意識して試行錯誤しながら制作に取り組んでいる。 【主体的】。 ■必要な情報（色・位置・時間変化など）を適切に記録できている。 【知技】 ■色の帯や時間変化などの観察事実をもとに、「膜厚の違い」と見え方の関係を推測し、班内で根拠を示して説明している。【思判表】

<p>展開</p>	<p>○演習：観察色から膜厚を推定（個→班）。 前時までに扱った式を扱いながら、指定した条件における、波長や膜厚について計算する。計算後、「実際の膜では何がずれるか」を一言でまとめる。</p> <p>○活動③：チョコの転写面を剥がして観察（班） 固まったチョコを回折シートから丁寧に剥がし、白色光の下で角度を変えて観察する。虹色が見える場合は、回折シートと同様に角度依存があることを確認し、格子が転写されたことと見え方の関係を説明する。うまく虹色が出ない場合は、表面のツヤ・気泡・ムラなど原因を推定し、改善案を記録する。</p>	<p>数式が負担になる生徒がいる場合、前提を明示して認知負荷を下げる（例：正面観察、$m=0$ 固定、$n=1.33$ など）。 「計算は“膜厚が変わると色が変わる”を定量的に確かめるため」と目的を再確認する。 剥がし方を短く指示。成功の見え方として「角度によって色が変わる」ことを必ず確認させる。 虹色が弱い班が出た場合、学習保証として回折シートそのものの観察を再度行わせ、角度依存だけは全班が押さえるようにする。</p>	<p>■与えられた前提（屈折率、波長、次数など）を読み取り、公式を用いて膜厚を計算できている。【知技】</p> <p>■角度依存や虹色の現れ方を根拠に、回折格子（表面の微細構造）と見え方の関係を説明できている。【思判表】</p>
<p>まとめ (2分)</p>	<p>○本時の学習内容を振り返る。薄膜干渉と回折格子を、①原因となる構造、②見え方の特徴、③応用例（反射防止コート／ホログラム等）で短く整理する。</p>	<p>記述の枠を提示し、短時間でも全員が書けるようにする</p>	

※授業プリントについては、授業場所において配布いたします。

※授業場所には、この授業でこれまでに扱ってきた内容（ワークシート等）や、授業の中で生徒が作成した作品等も展示しています。