

光による現象の理解を深める自由進度学習の開発と実践



金沢市立高岡中学校／石川県 浅見 拓 真*

目 的

本実践は、学習内容の理解が困難とされる1年生「光による現象」において、『学び合い』による単元内自由進度学習を行うことで、生徒の主体的な学びと学習内容の理解を助けることを目的としている。

日本の労働環境には深刻な課題がある。経済産業省の「未来人材ビジョン」¹⁾によれば、日本企業で働く従業員のエンゲージメントは世界最低水準であり、「この会社で働き続けたい」と考える人が少ない一方で、転職や起業への意欲も低い。その結果、生産性は低迷し賃金も上がらない。さらに、企業は人材投資をほとんど行わず、社会人の自己学習率も世界最低である。こうした状況が人材競争力の低下を招き、若者から将来への希望を奪っている。

この問題は18歳の段階ですでに顕在化している。世界9カ国を対象とした調査²⁾では、日本の高校生のみが「自分を大人だと思う」「責任ある社会の一員だと思う」「国や社会を変えられると思う」と答える割合が著しく低かった。背景の一つとして、日本の学校教育がある³⁾。OECDの「学習者のエージェンシー」⁴⁾が重視する主体性は、日本の学校教育では十分に育まれていない。子どもは「与えられること」に慣れ、主体性を失い、失敗を他者のせいにする傾向を強めてきたのである。過度な支援は子どもを「与えられること」に慣れさせ、主体性を奪ってきた。

生徒を「受け身の学習者」から「主体的な学習者」へと成長させるには、学習観の転換が必要である。認知科学によれば、理解の本質は「記号接地」にあり、言葉や公式が体験や感覚と結びついて初めて「本当の理解」となる。しかし学校教育は抽象的な記号に偏り、実感や体験とのつながりが不足しがちである⁵⁾。この課題を解決する枠組みとして有効なのが「プレイフル・ラーニング」である⁶⁾。これは、

- ①Joyful (楽しい)
- ②Actively Engaging (能動的関与)
- ③Meaningful (意味がある)
- ④Iterative (試行錯誤できる)
- ⑤Socially Interactive (社会的に対話的)

という要素を持ち、記号接地を促進する。

本実践では、『学び合い』による単元内自由進度学習を通じてプレイフル・ラーニングを実現する。『学び合い』は生徒同士の教え合いと対話を促し、理解を深めるだけでなく、知識の整理や社会性の育成にもつながる。本実践の目的は、そのような学習環境を構築し、生徒の主体的な学びを促進して将来を生き抜く力を育むことである。

概 要

本単元の5時間を、『学び合い』による単元内自由進度学習で進めた。授業では、講義は行わず、全ての時間を生徒に委ねた。生徒は端末からアクセスできる教材と、理科室にある教材を活用し、学び合いながら学習を進めた。

単元内自由進度学習を行う上で重要なのは、生徒に『学び合い』の学校観が浸透していることと、好奇心を駆り立てる単元の導入、多数かつ多様な学びの選択肢である。これがなければ、ただの壮大な自習になるか、授業崩壊する。

『学び合い』の学校観については、年度当初から語りや理科通信で伝え続けている。具体的には「学校は人と生きること学ぶためにある」、「人は集団で生きるという進化によって繁栄した生物であるため、どれだけ世界が変化しても人が人と生きていくことは変わらない」、「コミュニケーション能力とは、得意なことや仲間を助け、苦手なことは仲間に助けてもらう能力である」、「社会から求められている力はコミュニケーション能力や主体性である」といったことを伝えている。

主体的な学習を実現するために効果的といわれているのが「駆動質問：Driving Question」⁷⁾である。これは、生徒の興味を駆り立てる問いであり、生徒はこの問いによって自分とは無関係であった学習内容が自分ごとになる。本単元の導入として、円虹を含む様々な虹や、プールで首と身体が離れているように見える動画（海外の有名TikTokerの動画）、チンダル現象によるレーザー光の可視化、水を注ぐと向きが変わる矢印、ホログラムのようなカエル（ボルマトリクス）な

*あさみ たくま 金沢市立高岡中学校 教諭 〒921-8013 石川県金沢市新神田1-10-1

☎(076)291-3177 E-mail takaoka-j@kanazawa-city.ed.jp

ど、光に関する面白くて不思議な現象を体験させ、「これらを説明できるようになるのがこの単元だ」と伝えるところから始めた。

生徒に上記の学校観が浸透し、効果的な単元の導入ができたとしても、交流が班に限定されていたり、使用できる教材が教科書だけでは、単元内自由進度学習は成立しない。多数かつ多様な学びの選択肢が必要である。本実践では、生徒は自由に移動し、オンライン上と理科室内に用意した多数の教材を自由に活用できる。また、生徒が提出したものは常に解放し、他の生徒の解答をいつでも参考にできる（図1）。



図1 『学び合い』による単元内自由進度学習の様子

教材・教具の製作方法

I. オンライン上の教材

本実践では、ベネッセコーポレーションの提供する授業支援ソフト「オクリンクプラス」を活用した。オクリンクプラス上に、本単元5時間分の授業スライドや実験書、動画、シミュレーション等を全て並べ、生徒がいつでもアクセスできるようにした（図2）。



図2 オクリンクプラス上のカード

オクリンクプラス上のカードは以下の6種類であり、カードの色で分けている（図3）。赤色のカードは提出カードで、全員が提出する。緑色のカードは実験書で、全員が実験を行う。実験の結果や考察は、提出カードになっている。黄色はヒントカードで、解説動画やシミュレーションのリンクを貼ってある。応用問題（青色）や入試の過去問題（紺色）も用意した。

生徒には、事前に提出カードや実践書の綴りを個別に送ってある。生徒はここから提出カードを作成し、それぞれの提出BOXに提出する（図4）。提出BOXは提出カードの数だけ用意した。教師は提出BOXを見て、必要があれば個別にフィードバックを行った。

本単元でヒントカードに使用したシミュレーション(図5)

は、全て PhET (The Physics Education Technology Project)⁸⁾ のものを活用した。PhET は、コロラド大学ボルダー校が開発したインタラクティブなシミュレーション教材であり、非常に見やすく、生徒の直感的な理解を助ける。



図3 カードの種類



図4 提出BOX

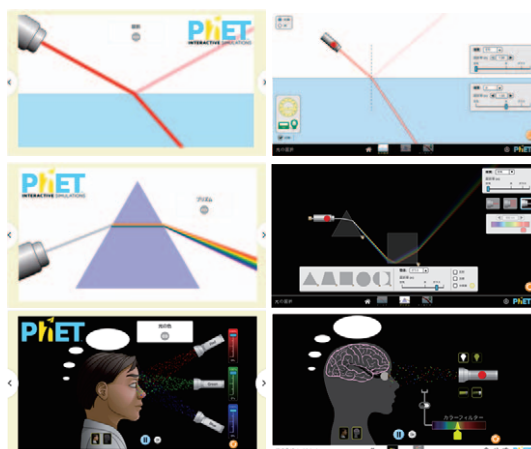


図5 PhET のシミュレーション付きヒントカード

II. 理科室内の教材

理科は実物を体験することにこそ価値がある。理科室の後方を実験の場所として開放し、光源やガラスなどの実験器具、本単元の学習内容に関する実物を多数用意した。

実験器具は、光を1本から3本まで自由に出すことができる光源（8台）、分度器付きの鏡（6セット）、半円ガラスと分度器（6つ）、プリズム（6つ）を用意した。これらを使うことで、本単元必須の実験である「鏡

の反射」、「屈折（空気中からガラス中）」、「屈折（ガラス中から空気中）」、「プリズムによる分光」の全てを行うことができる。

また、本単元の学習内容に関する実物として、オクリンクプラスのカードと対応した教材を用意し、実際に生徒が現象を体験できるようにした。以下に、いくつか例を示す。

1. 鏡の反射の作図（図6）

鏡の前に物体を置くと、鏡の中の、同じ距離だけ奥に像が見える。この現象の作図は、まず像を書き、像と目を直線で結ぶことで作図する。この現象の実物を用意した。物体に光を当てると、光は鏡の中を直進し像に当たっているように見える。作図と実物がつながることで、生徒の直感的な理解を助ける。



図6 鏡の反射の作図

2. プールの中にいる人の首がずれて見える理由（図7）

授業スライドのカードとして、海外の有名 TikToker の動画（プールの中で首がずれて見える現象の動画）⁹⁾ のリンクを貼ったものを用意した。この現象の実物として、ガラスと消しゴムを用意した。斜めから見ると、消しゴムの上部がずれて見える。実際に自分の指で実験し、指がずれて見えることを確認する生徒もいた。

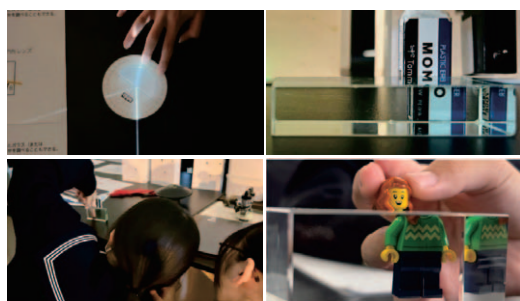


図7 プールの中にいる人の首がずれて見える理由

3. 水を注ぐと見えるコインと消えるコイン（図8）

茶碗の底にコインを入れ、水を注ぐと、光が屈折して、隠れていたコインが見えるようになる。また、ガラスのコップの下にコインを置き、水を注ぐと、コインからの光が全反射してコインが消えたように見える。これらの現象は公立高校入試（2022 東京など）でも頻出であるが、理解するのが難しい。そこで、実物を用意し、何度でも納得のいくまで実験できるようにした。



水を注ぐと見えるコインと消えるコイン



図8 水を注ぐと見えるコインと消えるコイン

4. ノドグロ（赤い深海魚）はなぜ赤色なのか（図9）

地元石川県的高级魚として知られるノドグロは、真っ赤な色をした深海魚である。派手な赤い魚は目立つため生存に不利だと思われるが、実際は逆である。赤色の物体が赤く見えるのは、赤以外の光を吸収し、赤の光だけを反射しているためである。ノドグロのような深海魚がすみ深海には青色の光しか届かないため、ノドグロは光を反射せず、その姿は見えない。この内容は色の学習に最適であるが、難易度が高く、教科書には載っていない。そこで、実際に真っ赤に塗ったノドグロの折り紙を用意し、青いLEDの光の中に入れる実験を用意した。生徒はこの実験により、まず結果を知ってから、既習内容を踏まえて理由を考察することができる。



深海にすむ魚やカニ、エビが、赤い色をしているのはなぜか？

空気中には、白い光で包まれていて、白い光には、赤、青、黄色、緑などの色が含まれてできている。赤い魚には、赤色以外の色を吸収するから、白い光の赤を反射して赤に見える。

↓
深海は青い光で包まれている。だから、赤い魚は、赤以外の色を吸収してしまうから、黒色に見える。だから、赤い魚はほかの魚から身を守るために赤い色をしている。

図9 ノドグロ（赤い深海魚）はなぜ赤色なのか

5. アヒルと鏡 (2013 茨城県公立高校入試問題) (図 10)

早く課題を終えた生徒への発展課題として、他県の公立高校入試問題を3問用意した。生徒は実物に触りながら問題を解き、理解していた。この教材は理科室に置いたままにしているため、休み時間に3年生の生徒が問題に取り組む姿も見られた。

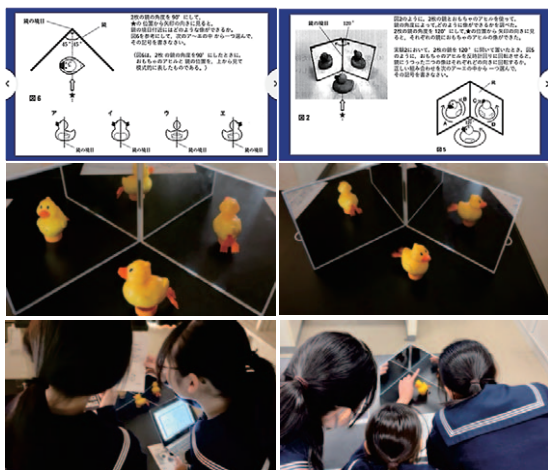


図 10 上段：入試問題のカード
中段：入試問題のカードに対応した鏡とアヒル
下段左：実際に実験する生徒
下段右：休み時間に実験する3年生

この他に、次のレンズの学習につながる教材も用意した。以下に、いくつか例を示す。

6. 水を注ぐと逆を向く矢印 (図 11)

SNSでよく目にする、水を注ぐと向きが変わる矢印の実験を、実際に用意した。この現象自体非常に不思議で、生徒はSNSでよく目にする現象を実際に見て驚いていた。また、この現象自体がレンズそのものであり、次の学習につながる。



図 11 水を注ぐと逆を向く矢印

7. 触れないカエル (ボルマトリクス) (図 12)

凹面鏡を向かい合わせたものをボルマトリクスという。これは、中に置いたものの像を浮かび上がらせることができ、はっきり見えるが触れることができないという不思議な体験ができる。今回はボルマトリクスの中心にカエルのおもちゃを置き、触れることができないカエルを用意した。生徒は何度もカエルに触ろうと試み、不思議がっていた。この現象は面白いだけでなく、光が集まって実像ができるという点で、レンズの学習と非常に関連が深い。

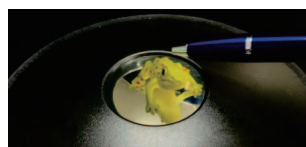


図 12 ボルマトリクス

8. ソーラーライター (図 13)

ボルマトリクスと同じ凹面鏡で、太陽光を利用して火をつけるソーラーライターを用意した。生徒は小学校で、レンズ（虫眼鏡）を使って光を集め、紙を燃やす実験を行なっている。光を集めることは、レンズだけでなく鏡でもできることを示す良い教材である。



図 13 ソーラーライター

学習指導方法

単元の導入 (Driving Question) として、前述の光に関する面白くて不思議な現象を体験させ、「これらを説明できるようになるのがこの単元だ」と伝えた。前述の現象に加え、「鏡の世界だけ色があるサイコロ」や「不可能立体」、「ルーバーレンズ」も演示した (図 14)。

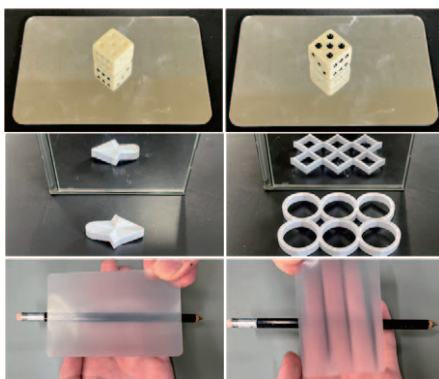


図 14 上段：鏡とサイコロ
中段：不可能立体
下段：ルーバーレンズ

生徒は、オクリンクプラス上の授業スライドやヒントカードを使って学び、提出カードを作成して提出する。生徒には、「何を見ても誰に聞いても良い」ことを伝えており、生徒は自由に移動し、級友と協力しながら理解を進めていく。提出 BOX は全て最初から解放しており、すでに提出した生徒のカードをいつでも参考にすることができる。また、生徒氏名も公開しているため、提出した本人に直接聞きに行くこともできる。生徒は授業スライドやヒントカードを見たり、教

科書やインターネットで調べたり、級友に聞きに行ったりしながら、提出カードを作成していた（図 15）。

黒板にはネームプレートを貼り、それを生徒が進捗に合わせて移動させることで、現在の学習状況を可視化した（図 16）。

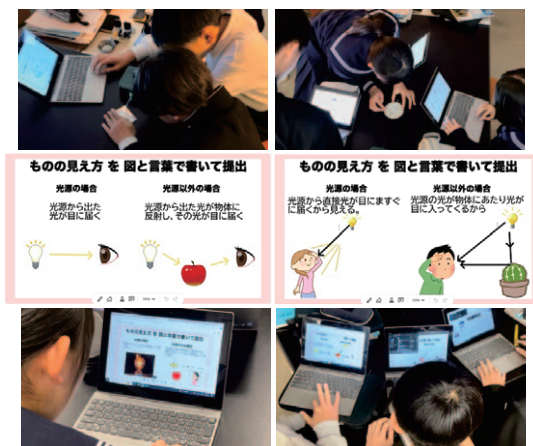


図 15 上段：自由なグループで実験を行っている様子
中段：生徒が作成した提出カード
下段：提出カードを作成する様子

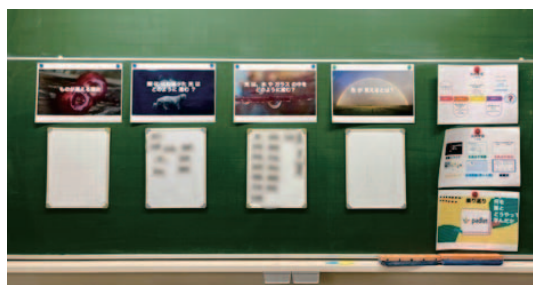


図 16 黒板に貼ったネームプレート

実践効果

本実践では、理科を苦手と感じている生徒でも取り組めるように、全員必須の「提出カード」は基礎的な内容にとどめ、難易度の高い内容は提出任意の「応用問題カード」として扱った。しかし、理科が得意な生徒だけでなく、理科が苦手な生徒も「ノドグロはなぜ赤色なのか」などの応用問題に挑戦しており、仲間と協力しながら実験やカードの作成をしている姿が印象的であった（図 17）。

授業を担当した学級の担任が、「子どもたちが生活ノートに理科の授業のことをたくさん書いてきていますよ」と、生徒たちのコメントを見せてくれた。生徒たちは本実践の新しい学び方に対してたくさんの肯定的なコメントを書いてきていた。

また、端末上で理科の授業の履歴を見た社会科の教員が、「私も単元内自由進度学習をやってみます」と、本実践と同じスキームで授業を行った。自由進度学習を始める際の語りは「理科で（自由進度学習を）やっ

ているよね。同じことをするよ。」とだけ伝えて始め、うまくいったと聞いている。これまで生徒には「なぜ学校に来るのか」「なぜ単元内自由進度学習をするのか」「なぜ『学び合い』をするのか」を語ってきた。他教科で準備なしで同じことができるということは、生徒に学校観が浸透しているということであり、大きな手応えを感じた。

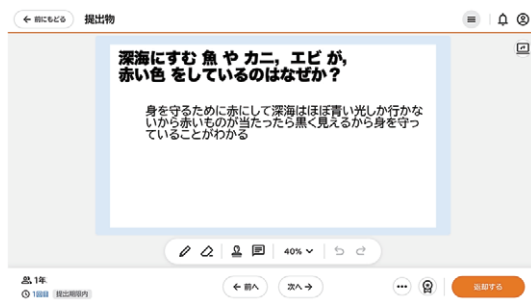


図 17 理科が苦手な生徒が提出した応用問題カード

I. 授業アンケート

学校評価の授業アンケートについて、本校の学校評価は全国学力・学習状況調査と同じ文言となっているため、全国学力・学習状況調査の結果と比較した。

対象群（1年生 2 クラス 58 名）は肯定的な回答が 98.0 % で、国と比較して 22.8 % 高く、 χ^2 検定を行ったところ、有意な差があることがわかった（ $p=.000$ ）。

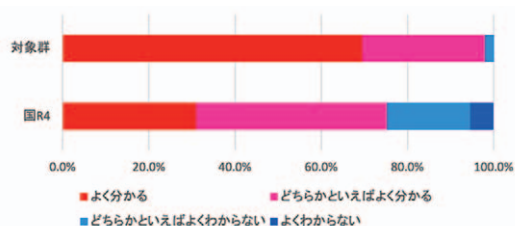


図 18 理科の授業の内容がよく分かる

II. 単元小テスト

単元小テストについて、他県の公立高校入試の問題を出題し、正答率を比較した。

対象群は、正答率が 69.4 % で、他県の受験生の平均と比較して 25.3 % 高く、検定を行ったところ、有意な差があることがわかった（ $p=.000$ ）。

以上より、担当する対象生徒は、授業をわかりやすいと感じており、理解度が有意に高く、本実践が生徒の学習内容の理解につながることがわかった。今後は、本研究のような生徒に委ねる授業実践を続け、さらに生徒の理解と意欲が向上し、主体性を育てる『学び合い』となるように、研究を続けていきたい。

その他補遺事項

本稿に掲載した教科書画像の一部は、啓林館発行の中学校理科教科書を使用している。

使用教科書：未来へひろがるサイエンス 1 (705)〔啓林館〕

なお、当該箇所については啓林館より使用許諾を得ている。

参考文献

- 1) 経済産業省：未来人材ビジョン, <https://warp.ndl.go.jp/web/20230801195933/>
<https://www.meti.go.jp/press/2022/05/20220531001/20220531001-1.pdf> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).
- 2) 日本財団：18 歳意識調査 第 20 回テーマ「国や社会に対する意識」(9 カ国調査), <https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/pr/2019/20191130-38555.html> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).
- 3) 教育立国推進協議会 第 5 回総会, <https://www.youtube.com/watch?v=XyuHqZDh63c> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).
- 4) The OECD Learning Compass 2030, <https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).
- 5) 今井むつみ：学力喪失-認知科学による回復への道筋, 岩波新書 (2024).
- 6) The LEGO Foundation：Learning through play: a review of the evidence, (2017).
- 7) 三宅なほみ, 白水始：学習科学とテクノロジー, 放送大学教育振興会 (2003).
- 8) The University of Colorado Boulder：PhET Interactive Simulations, <https://phet.colorado.edu/ja/> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).
- 9) Memezar：I think my brain is lagging, <https://www.tiktok.com/@memezar/video/6913200009383005441> (2026 年 3 月 19 日最終閲覧).