

## 光についての学びを深めるための授業実践 —「偏光」を通して光が波であることにふれさせる—

### Class Practice for Deeper Learning in Light: Learning Waviness of the Light through Polarization

岩崎 和弘\*・島田 透\*\*  
Kazuhiro IWASAKI, Toru SHIMADA

#### 要旨

中学校理科における光の扱いは、幾何学的な規則性に基づいて理解させることをねらいとする。このため、教科書でも扱われるプリズムによる光の分散や雨上がりの空に見られる虹など、光が関係する現象をしっかりと理解させることはできない。そこで、中学校における光に関する学習の最後に、発展的学習として、光が波の一種であることを生徒に伝える授業実践を行った。本授業実践の導入で行った偏光を利用した科学マジックは、生徒の興味や関心を発展的学習に効果的に向けさせることに有効であることが分かった。授業後に回収したワークシートの記述から、光が波の一種であることや偏光について対象生徒の60%がしっかりと理解できたことを確認した。また、日常生活で目にする液晶ディスプレイなど、波としての光の性質を活用した具体例については、ほぼすべての生徒が理解できていたことを見て取ることができた。

#### 1. はじめに

中学校理科第1学年では、「光」の単元において光の性質を取り扱う。ここでは、鏡や台形ガラス・半円形ガラスを用いた実験により、入射角と反射角が等しいことや入射角と屈折角の定性的な大小関係を見出させ、光の反射や屈折について理解させることになっている<sup>1)</sup>。また、凸レンズを用いた実験を通し、像のできる位置、大きさや向き関係を見出させることで、凸レンズの働きや像のでき方について理解させることになっている<sup>1)</sup>。生徒はこれらを理解することで、身近な事象である水面に映った景色、光ファイバーケーブル、眼鏡やカメラなど、光が関わる現象や身の回りの道具や機器に関する理解を深めることが期待される。しかし、中学校における光の扱いは、幾何学的な規則性に基づいて理解させることをねらいとするため、教科書でも扱われるプリズムによる光の分散や雨上がりの空に見られる虹などの現象について、生徒はしっかりと理解することはできない。

そこで本授業実践では、中学校における光に関する学習の最後に、発展的学習として1時間の授業時間を設定し、光が波の一種であることを伝える授業を行うこととした。光が波の一種であることは、高等学校の物理で学習する内容である。このため、すべてを網羅した形で中学生に理解させることは現実的ではない。そこで本実践では、光を波としてとらえることで理解することのできる偏光に着目し、光の波動性について理解させる授業を行うこととした。光の波動性は中学校で学ぶべき学習内容の範囲を超えるものの、このような発展的な学習を通し、日常生活において光がかかわる物理現象の理解がさらに深まり、理科に対する学習意欲が増すことが期待される。また、「光」の単元の直後には、通常「音」の単元を扱う。このため、光の学習の最後に波動性を扱うことは、これらの橋渡しとなることも期待される。

#### 2. 授業および教材の工夫

本授業実践では発展的内容を扱うため、授業冒頭の導入において偏光を利用した科学マジック2つを演示

\* 弘前市立石川中学校 Ishikawa Junior High School, Hirosaki

\*\* 弘前大学教育学部理科教育講座 Department of Science, Faculty of Education, Hirosaki University

することにより、生徒の興味関心を高めることを計画した。演示の1つは、提示した3枚のカードの中から生徒が選んだカードを当てるマジックである（図1）。もう1つは、黒く見える壁を小さな球体が通り抜けるマジックである（図2）。これはブラックウォールとして知られている。マジックの演示後には、生徒一人一人に偏光フィルムを2枚ずつ配布（図3）し、マジックのタネを考えるために自由に実験させるとともに、偏光フィルムを各自が扱うことで実感を伴った深い理解につなげられるようにした。また、生徒各自に配布した2枚の偏光フィルムは、授業後に回収をするのではなく、授業時間内に小型のブラックウォール（図4）を作るための材料となるよう工夫した。このため、2枚の偏光フィルムの配布は、偏光フィルム用粘着テープとともにチャック付きのポリ袋に入れて行った（図3）。チャック付きのポリ袋は、材料の配布を容易にするだけでなく、生徒が作製した小型ブラックウォールを持ち帰らせるための袋としても活用できる。

### カード当てマジック

カード当てマジックに必要なカードの作製は次のように行った。まず、○、□、×のマークを15 cm四方の紙に印刷する。次に、印刷した紙の上に、紙と同サイズに切った偏光フィルムを載せる。印刷した紙と偏光フィルムとを重ねたものの周囲四辺を、偏光フィルム用粘着テープを用いて止める。作製したカードの裏面四隅に、長方形にカットされた小さなマグネットシートを貼り付ける。作製した3枚のカードの偏光軸を確認しながら、長方形のマグネットシートの向きを揃えて貼ることで、表面を覆った偏光フィルムの偏光軸の方向が識別できるように工夫する。作製した3枚のカードの偏光軸の方向を揃え、カード裏面のマグネットシートにより金属性のブックエンドに貼り付ける。完成したものを図1に示す。カード作製用とは別に用意した偏光フィルムを通し、これら3枚のカードを眺めると、偏光軸の方向がカードと一致している場合にはマークを識別することができるが、90度ずれてしまっている場合にはカード全体が黒く見えマークを識別することができない。

本授業実践では、事前に協力者にマジックのタネを伝えるとともに偏光フィルム片を渡しておく。授業時の演示では、生徒を指名しカードを1枚選ばせる。このとき、カードを選択している様子を協力者が見るこ



図1 カード当てマジック



図2 ブラックウォール

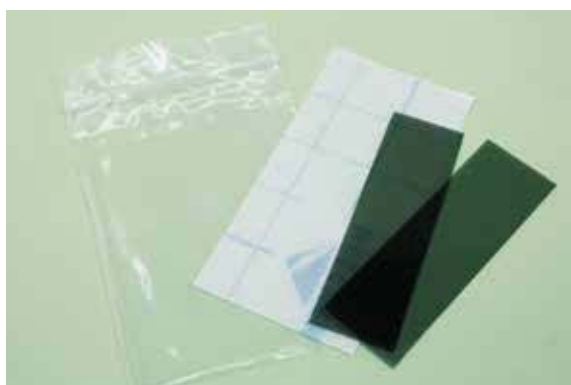


図3 小型ブラックウォール用の材料



図4 小型ブラックウォール

とができないよう、協力者には背を向かせておく。カード1枚が選択された後、選ばれたカードをブックエンドから剥がし、クラス全体に見えるように掲げ、選ばれたマークの確認をクラス全体で行う。掲げたカードを元の位置に戻す際、カードを90度回転させてからブックエンドに貼り付ける。このとき、カードを90度回転させたことを生徒には気付かれないよう注意する。その後、協力者を振り向かせ、選択されたカードを当てさせる。協力者は、事前に渡された偏光フィルムを通し3枚のカードを見ることで、90度回転させられたカードのみが他の2枚のカードと見え方が変わっていることを確認できる。協力者は、他と見え方が変わったカードに記されたマークを言うことで、選択されたカードを言い当てることができる。カードに印刷するマークは、○、□、×以外でもカード当てマジックは行えるが、90度回転させたときに変化しない図形である必要がある。

### ブラックウォール

演示に用いるブラックウォールは次のように作製した。偏光フィルムを6 cm四方にカットしたものを8枚用意する。偏光軸の方向が90度変わるように2枚の偏光フィルムを縦に並べ、中央部を偏光フィルム用の粘着テープでしっかり止める。同じ作業を3回繰り返し、縦12 cm、横6 cmの長方形の偏光フィルム4枚を作製する。作製した4枚の偏光フィルムが壁となるような四角柱状の筒を、偏光フィルム用粘着テープを用いて作製する(図2)。このとき、筒の上部と下部とで偏光フィルムの偏光軸の方向が揃うように注意する。これでブラックウォールは完成である。

偏光軸が90度異なる2枚の偏光子が重なって見えるところ(筒の中央部)は、光が通過できないため真っ黒に見え、あたかもそこに黒い壁があるかのように感じる。作製した四角柱状の筒の真上から、直径3 cmの手芸用発泡スチロール球を落とすことで、球が黒い壁を通過することを演示する。演示の際、教卓付近に生徒を集めてしまうと、筒を上から覗き込んでしまう生徒がでる恐れがあるため、ブラックウォールの演示には書画カメラを利用し、プロジェクタにより大型スクリーンに投影することで行う。書画カメラとブラックウォールの位置関係は、中央の黒壁の見えやすさに影響するため、授業開始前にこれらの位置の調整は済ませておく。位置の決定後は、ブラックウォールを箱で覆い、演示直前まで隠しておく。時間が許せば、生徒を指名し、上から覗き込ませないように注意しながら、発泡スチロール球を落とさせる。

### 小型ブラックウォール

演示したブラックウォールの小型版を生徒一人一人に作製させることで、光の偏光について実感を伴った理解を深めさせる。生徒に作製させる小型ブラックウォールは、図4で示す円筒形のものである。図4で小型ブラックウォールとともに示す鉛筆は、円筒形の小型ブラックウォールの大きさを示すためのものである。円筒形のブラックウォールの作製は、縦長に切った偏光フィルム2枚を偏光フィルム用の粘着テープに隣り合うように並べ、偏光フィルムが内側となるように巻くだけで簡単に行える。作り方は簡単ではあるものの、このような実習を苦手とする生徒も中には存在するため、教室内を巡回し、個々の進行状況を把握しながら活動を行わせるよう留意する。作製が早くできた生徒に対しては、早くできたことを褒めるだけでなく、スムーズに作製できていない生徒への助力を呼びかける。

材料の縦長に切った偏光フィルム2枚と偏光フィルム用の粘着テープ1枚は、チャック付きポリ袋に入れ、生徒の人数分をあらかじめ用意しておく。2枚の縦長の偏光フィルムの偏光軸は、互いに90度異なるようにする。すなわち、2枚の偏光フィルムをぴったりと重ねたときに、偏光フィルムが真っ黒に見えるようにペアを組んで袋に入れる。本授業実践で用意した偏光フィルムのサイズは、縦8 cm、横2.5 cmである。偏光フィルムの縦の長さは、円筒形のブラックウォールを完成させたとき、中学生の指が筒の中を通る太さになるよう決定した。偏光フィルムの横幅は、使用した偏光フィルム用粘着テープの横幅の半分とした。用意した偏光フィルム用粘着テープのサイズは、長さ10 cm、横幅5 cmである。

小型ブラックウォールの作製に必要な偏光フィルム2枚を生徒に配布することで、生徒一人一人が偏光フィルムを回転させながら明暗の変化を確認することが可能となる。また、配布した偏光フィルムを通して、カード当てマジックのカードを生徒に見させることで、協力者の目にはカードがどのように見えていたのかを生徒一人一人に確認させることもできる。

### 3. 授業実践について

#### (1) 対象および実施日

- 対 象 弘前市立石川中学校1年25名(男子10名 女子15名)
- 実施日 令和元年11月13日(水)

#### (2) 指導目標

- 偏光によって起こる現象について科学的に考え、なぜそうなるのか予想することができる。  
【科学的な思考・表現】
- 偏光シートを使ったブラックウォールを作り、偏光の現象を確認することができる。  
【観察・実験の技能】
- 光の基本性質をふまえ、発展的な内容である偏光についても理解することができる。  
【自然現象についての知識・理解】

#### (3) 展開

段階	学習活動	形態	評価 ○規準 【】観点 ◇方法 ◆手立て ※留意点
導入 5分	1 科学マジックを観る。 (1) 「○」「□」「×」, 選んだのはどれか? (2) ブラックウォール → 球が落ちる。  2 教師の説明を聞く。  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                         【学習課題】                          光の性質は日常生活の中でどのように活用されているのだろうか                     </div>	全      全	※マジックの助手を事前にお問い合わせ。 (先生1名) ※生徒数名を指名し、選ばせる。  ※これまで学んだ「光」についての発展的な学習であることを説明する。
展開 35分	3 偏光シートを受け取る。 なぜ「○」「□」「×」がわかったのかがわかる。  4 偏光シートでブラックウォールを作る。 ペンを通してみることで、白い球が下に落ちるように見えた理由がわかる。  5 なぜ、科学マジックのようなことができるのか予想してみる。  6 光の性質 基本の3つを復習する。 (1) 直進 (2) 反射 (3) 屈折  7 今日のような現象がなぜ起こったのか考える。  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                         【発問】                          「なぜ、このような現象が起こったと思いますか？」                     </div> 8 班毎に発表する。 質問や意見があれば、受け付ける。	個   個   個 班   個 班   個 班   個 班   個 班	《小学校3年》 「光は、まっすぐ進む」 「鏡を使うと、日光をはね返すことができる」  <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">                         ○ブラックウォールを作ることができる。                          実験によって光の基本の性質を復習し、理解できる。                          【観察・実験の技能】                          ◇生徒の様子を観察。                          ◆机間指導。                     </div>  <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">                         ○自分なりの予想をもち、更に班内での話し合いで深めている。                          【科学的な思考・表現】                          ◇生徒の様子を観察。話し合いへのアドバイス。                          ◆個別指導、                          班への話し合い指導。                     </div>

ま と め 10 分	<p>9 教師の説明を聞く。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>光には、偏光という性質があります。日常生活の中にはサングラス、カメラの偏光フィルター、液晶ディスプレイなど、偏光を利用したものがたくさんあり、生活を便利にしています。</p> </div>	個	<p>※理科の面白さに触れる。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>○光の基本の性質をふまえ、発展的な内容である偏光についても理解することができる。  <b>【自然現象についての知識・理解】</b>  ◇ワークシートの点検。  ◆今日の学習を思い出させる。</p> </div>
	<p>10 今日の授業の感想をワークシートに書く。</p>	個	<p>※時間に余裕があれば、単元全体のふりかえりも書かせ、時間がなければ家庭学習とする。  <b>【視点：</b>  ①光の性質の学習でわかったこと、  ②自分や友人の学習の様子。】</p>

#### 4. 生徒のワークシートから

授業中に書かせたワークシートから、「今日の授業でわかったこと・感想等」および「これまでの光の学習を振り返って」の項目に対する記述を以下にまとめる。表現は異なっても、同様の意味として読み取れる記述は同じものとして扱い、その回数を丸括弧内に示す。

##### 「今日の授業でわかったこと・感想等」

- 光は波とわかった。(15)
- 偏光シートが日常生活でも使われているのがわかった。(6)
- 楽しみながら授業を受けることができた。(2)
- 偏光シートを使った実験が楽しかった。(2)
- 先生の光の説明がわかりやすかった。(2)
- 光はすごいと思った。(2)
- 新しい理科の言葉を知った。(2)
- 偏光のしくみがわかった。(2)
- 最初のマジックで楽しく学べた。(1)
- 実験や手品が驚いた。(1)
- まだ習っていないことを知ることができて得をした。(1)
- 光についてもっと知りたいと思った。光はおもしろいし、不思議だ。(1)
- 今まで習ったことよりたくさん光のことを知ったので楽しかった。(1)
- 最初のマジックは簡単でわかった。だんだん意味がわからなくなったけど、しっかり理解できてよかった。(1)

##### 「これまでの光の学習を振り返って」

- 光は波だとわかった。(7)
- 光は不思議だ。もっと知りたい。(4)
- 教科書に載っていないことを知ることができてよかった。(2)
- 普段身近にあった光の仕組みや、なぜ鏡の前に立つと自分の姿が見えるのかなどを知ることができてよかった。(2)
- 身のまわりの光の性質がわかった。(2)
- 偏光を知ることができた。(2)
- 楽しかった。(2)

- 深い関心をもった。(1)
- 光の性質に興味深かった。(1)
- 日常で思った疑問の答えがわかってよかった。(1)
- 鏡のくわしいことや目の見え方などが分かった。焦点距離の関係でスクリーンに上下左右の像ができるのが不思議だと思った。(1)
- 偏光が決まった方向に振動する光ということを知った。(1)
- 光の実験は全部驚いた。(1)
- 凸レンズの実験で焦点などがわからなかった。(1)
- 光の性質の作図とかが難しかった。(1)

## 5. 考察

授業中に書かせたワークシートの「今日の授業でわかったこと・感想等」および「これまでの光の学習を振り返って」の項目に、光が波であることもしくは偏光について記述した生徒は21名(84%)であった。このうちの6名は、単に「光は波だとわかった。」あるいは「偏光のことがわかった。」という記述のみであり、しっかりとした理解を伴っていたかについての判断はできなかった。これに対し、残る15名(60%)の生徒の記述は、ワークシートの他の項目に記述された内容と合わせて判断すると、しっかりとした理解を伴うものであったことを推測することができた。ワークシートにおいて、光が波であることもしくは偏光について84%の生徒が触れることができているものの、しっかりとした理解を伴うと判断される生徒の割合が60%にとどまってしまったのは、頭では理解はできていたが、書く力すなわち表現力(記述力)が不十分だったことが原因の1つとして考えられる。今後の授業においては、実験を終えた後に、考えたことやわかったことを具体的に記述させる場面をこれまで以上に設定し、表現力を高めていくことが必要であると思われる。また、しっかりとした理解を伴うと判断される生徒の割合が60%にとどまってしまったもう一つの原因として、グループでの話し合い活動の時間や、生徒のつぶやきを授業者が拾いより丁寧に説明する時間が短かったことが考えられる。

本時の授業は発展的学習であったこともあり、しっかりとした理解をクラス全員にさせることは難しく、光が波としてとらえられることを理解できたのはクラスの一定数にとどまる結果となった。しかし、生徒のワークシートには、「楽しかった。」「わかりやすかった。」という記述が多くあり、生徒たちは興味関心をもって授業に参加していたことをうかがうことができた。また、「(光は)すごいと思った。」や「光についてもっと知りたいと思った。」や「光はおもしろいし、不思議だ。」といった、ワクワク感や新しいことを学んだことに対する感動が伝わってくるような記述も多く見られた。さらには、ワークシートへの記述のみならず、生徒のワクワク感や感動は授業を通して常に感じることができた。とくに、マジックを演示したときの生徒の目の輝きや「これから何が始まるのだろうか?」というワクワクした表情、カード当てマジックでマークを言い当てたときの生徒の歓声、驚きの表情は大変印象的であった。

今回の授業では、サングラス、カメラの偏光フィルター、液晶ディスプレイなどの日常生活における偏光の活用は、教師による説明が中心となってしまった。しかし、生徒のワークシートの感想には、「日常生活で使われているのがわかった。毎日使われているものまで使われていてとても驚きました。」「偏光シートはいろいろなものに使われているのがわかりました。」「偏光は日常生活の中にたくさんあることを知れました。」「意外に日常生活でもいろんなことに使われていてびっくりしました。」など多数記述されていた。また、ワークシート中の「日常生活のどんなところで偏光は活用されているのか」という問いに対しては、スマホの画面、魚釣りのメガネ、サングラス、デジタル腕時計、携帯電話、カメラのフィルター、液晶パネルなどの記述が見られ、多くの生徒がその活用を具体的に理解したことも見て取ることができた。

今回の授業の導入において、科学マジックを行ったことは、いきなり「偏光」という言葉から入るより、学習への興味関心を向けさせる上での効果は絶大であったと考えられる。教科書には記載されていない発展的な内容ではあったものの、生徒は1時間を通して集中力が途切れずに学習に向かうことができていた。

本実践授業は校内研修における研究授業として実施し、多くの先生にご参観いただいた。授業後に行われた事後検討会では、次のようなアドバイスやコメントなどをいただいた。同内容で複数いただいたアドバイ

スやコメントについては、その回数を丸括弧内に示す。

#### 事後検討会でいただいたアドバイスやコメント

- 感動，ワクワク感が感じられ，生徒の表情が豊かであった。(2)
- 手品など実験や実演で生徒は興味を持って参加していた。(2)
- 「不思議だ!」「おもしろい!」と感じさせる内容が多かったので，学習の先には興味深いことがあると感じさせ，今後の学習意欲にもつながる授業だった。(2)
- 一人一人が偏光シートを手にとり，その性質を見つけたのが良かった。(1)
- 実験することで，学習内容が定着された。(1)
- 既習内容を先に確認したことで，「偏光」への驚きが大きくなった。(1)
- 偏光シートと光の説明のモデルがわかりやすかった。(1)
- 日常生活の中で，どんなものに利用されているかを考えることで，さらに理解度が深まった。(1)
- グループでの話し合いが活発にされていた。(1)
- 導入の科学マジックと学習課題に整合性がない。(1)
- 答えがわかった生徒にじっくりと説明させる場面があればよい。(1)
- 波の説明の時，生徒のつぶやきを拾い上げ説明させる。(1)
- まとめと振り返りに工夫が必要。(1)

事後検討会でいただいたコメントは概ね良好なものであった。特に，導入の科学マジックについては，生徒の興味・関心を高める上で絶大であったなどと高く評価された。参観された先生からのコメントの中には，実験結果について授業終了後も意見交流をしていた班が見られたというものもあった。授業者も授業終了後の生徒たちの様子を見ていたが，しばらく理科室に留まり，学習内容について自由に意見を出し合って交流をしていた班を見ることができた。このことは，本授業に対する生徒の興味や関心が高かったことの現れだと考えられる。また，ブラックウォールを一人一つずつ作製させたことについても高く評価された。班実験ではどうしても率先してやる生徒と，ともすれば傍観的な立場になってしまう生徒が生じる。本授業では，小型ブラックウォールを各自に作製させたことで，生徒一人一人に活動を確実にに行わせることに成功した。さらには，小型ブラックウォールの作製に必要な偏光フィルム2枚を生徒一人一人に配布したことで，偏光フィルムを重ね合わせたときの明暗の観察やマジックのタネの予想を，生徒各自のペースで進めることを可能にした。

参観者の一人からは，「演示の科学マジックの部分から考えると，今日の学習課題が唐突に出てきた感じがする。なぜ○や□がわかったのだろう，秘密を探ろう，とかも考えられるのではないか」というコメントをいただいた。今回の授業実践においては，科学マジックから学習課題提示の流れに問題はなく，授業をスムーズに進めることができたと感じている。授業の流れについてくることができず，「何のこと?」というような表情の生徒は見受けられなかった。しかし，指摘をいただいたような唐突感を感じる生徒が出てしまう可能性は否定できないため，今後の授業実践の課題としたい。

#### 6. まとめ

本授業実践では，光が波の一種であることを理解させることにより，中学校で学習する幾何光学的理解だけでは説明のできない日常生活における物理現象を理解させることを目指した。光の性質のうち，偏光に着目することで，光を波の一種としてとらえるきっかけを生徒に与えられるよう授業の構築を行った。中学校の範囲を超える発展的内容の取扱いに際し，授業の導入において偏光を利用した科学マジックの演示をすることで，生徒の興味や関心を高めることに成功した。この成功により，生徒の集中力を1時間切らさずに授業を行うことができた。光が波の一種であることや偏光についてしっかりと理解した生徒は60%程度にとどまってしまったものの，日常生活における光の性質の活用については多くの生徒に理解させることができた。本授業により，日常生活における光がかかわる物理現象の理解が深まったことで，他の単元を含めた理科に対する学習意欲が今後さらに増していくことが期待される。また，高等学校に進学し，物理を履修しない生

徒にとっては、光の波動性について学習する機会は無いため、中学校において発展的授業として光の波動性についてふれさせることの意義は大きいものと考えている。

#### 参考文献

- 1) 文部科学省「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編」.