

# 指導資料

## 理科 第267号

— 高等学校，特別支援学校対象 —

 鹿児島県総合教育センター

平成20年10月発行

### 系統性を踏まえた物理 I 『波動 (光)』 分野の指導の在り方について

中教審の「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」(H20.1)によると「中学校と高等学校の接続については，中学校において義務教育段階で身に付けるべき国民としての素養である基礎・基本をしっかりと定着させるとともに，高等学校においては，必要に応じこの基礎・基本を補いながら，高等学校段階の学習に円滑に移行することを重視する必要がある。(以下略)」と中高の系統性を踏まえた学習指導の必要性が述べられている。

図1は，波動に関する小中高の系統性をまとめたものである。特に光の単元は系統性が見られ，高等学校の物理 I で学ぶ基礎・基本を中学校1年で学習していることが分かる。しかし，多くの高等学校が物理 I を2年生で

履修することを考えると，この単元を4年ぶりに学習することになり，ほとんど記憶にない生徒も多く，ゼロの状態から授業を進めている状況があると考えられるなど，系統性を踏まえた指導が十分であるとはいえない。

そこで，中学校と高等学校との「波動(光)」分野の系統性をもとに，中学校での既習内容を生かした物理 I の指導の在り方について述べる。

#### 1 評価規準の系統性

表1は，中学校理科と物理 I の「光」に関する評価規準をまとめたもので，中学校で学習した内容を物理 I のどの場面で生かせるかについての系統性を示している。表の中央は，中学校との系統性や定性的学習を重視した評価規準で，すべての高等学

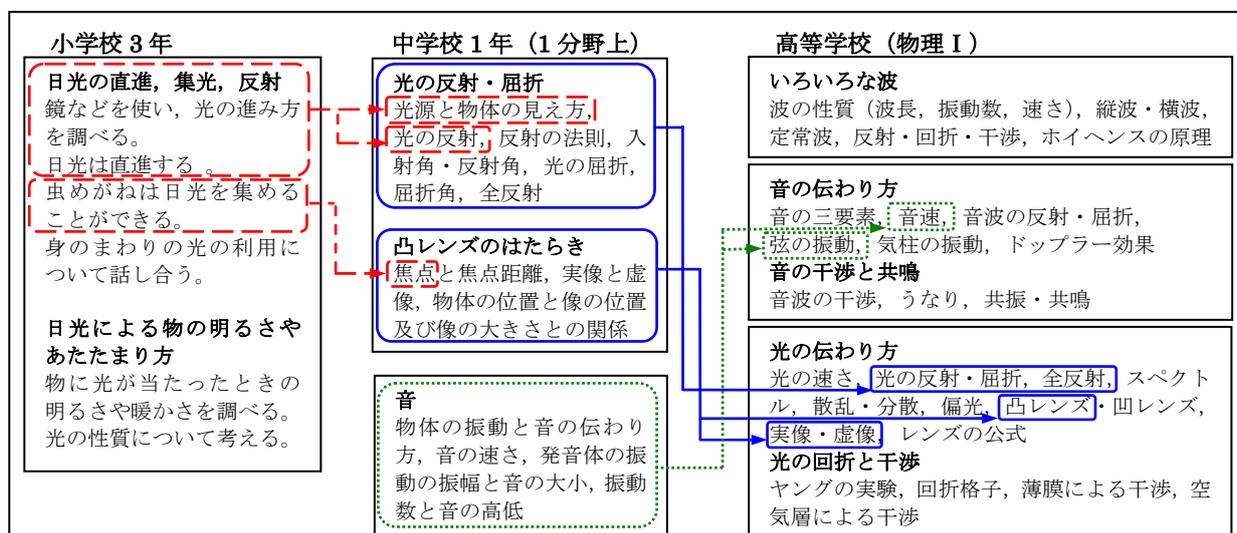


図1 波動に関する小中高の系統図

校で達成させたい規準である。表の右側は、定量的学習を重視した規準であり、発展的な内容を含んでいる。

中学校と系統性のある項目は、授業の前に基礎・基本の理解度を確認し、それが不

十分な場合は、確実にその定着を図るために、生徒の実態に合わせ中学校理科の内容に関する復習(橋渡し)教材を活用したり、授業の導入段階で振り返りの工夫を行ったりする必要がある。また、定性的学習と

表1 評価規準の例(中高の系統性を踏まえた評価規準)

	中学校(基礎・基本)	高等学校(中学校の基礎・基本の確認) 定性的学習を重視した規準	高等学校(標準, 発展) 定量的学習を重視した規準
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>光に関する身近な現象について、興味・関心をもって調べようとする。【関】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鏡やレンズなどを用いて光の進み方や性質など、意欲をもって調べようとする。【関】</li> <li>科学者が光の速さを測定してきた歴史を通して、光の速さが有限の値であることを理解している。【知】</li> <li>フィゾーの光速測定の実験の仕組みを理解している。【知】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光の進み方や波としての光の性質など、科学的な視点から考える光に関心をもち、意欲的に探究しようとする。【関】</li> <li>科学者が光の速さを測定してきた歴史を知り、フィゾーの光速測定の実験の仕組みを通し、光の速さを計算できる。【観】【思】</li> <li>光が波としての性質をもつことを、さまざまな事例から考察できる。【思】</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>物体が見えるとは、光源からの光や反射した光が目に入ることであり、その光の経路について理解している。【知】</li> <li>光の直進について理解している。【知】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光の波の性質や、白色光と単色光の違いを理解している。【知】</li> <li>物体が何色に見えるかについて、光の性質から説明できる。【観】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屈折率について理解し、物質中の光の速さや波長を求めることができる。【知】【思】</li> <li>屈折による浮き上がりの現象について数式を用いて説明できる。【観】【思】</li> <li>全反射について理解し、屈折率の式より臨界角を求めることができる。【知】【思】</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>鏡や透明な物体に当たった光の反射について、調べようとする。【関】</li> <li>光の反射についてどのような規則性があるか調べ、結果をまとめることができる。【観】</li> <li>光の反射について、入射角と反射角が等しいということを理解している。【知】</li> <li>鏡に物体を映したとき、どのように像が見えるか理解している。【知】</li> <li>身近な光の屈折現象について、興味・関心をもって調べようとする。【関】</li> <li>光の屈折を調べ、入射角と屈折角との関係について結果をまとめることができる。【観】</li> <li>光の屈折と全反射について理解している。【知】</li> <li>身近な全反射の現象について関心をもっている。【関】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中学校で学んだ光の反射、屈折、全反射の現象を理解している。【知】</li> <li>光の反射、屈折、全反射について、光の道筋を作図することができる。【観】</li> <li>屈折率と光速の関係から、物質中の光速は真空中より遅いことを理解している。【知】</li> <li>虹や、青空、夕焼けなど、身近な光の現象について調べ、そのしくみを意欲的に考えようとする。【関】</li> <li>光の色と波長の関係、スペクトルの種類について理解している。【知】</li> <li>白色光をプリズムに通すと、赤から紫の連続した色が見えることを理解している。【知】</li> <li>昼間の空が青く見える理由が光の散乱によることを理解している。【知】</li> <li>偏光板の実験を通して、光が横波であることを理解している。【知】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光の色と波長との関係や屈折率と波長の関係、スペクトルの種類について理解し、知識を身につけている。【知】</li> <li>光の散乱の原理を理解し、空が青く見えるなどの自然現象について理由をつけて説明できる。【知】【観】</li> <li>偏光板の構造を理解し、実験を行い、光が横波であることを説明できる。【知】【観】</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>光の屈折による物体の見え方を説明し、屈折後の光の道筋を予想できる。【科】</li> <li>虫眼鏡で見る像について、興味をもって調べようとする。【関】</li> <li>凸レンズの焦点と焦点距離について理解している。【知】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レンズにどのような性質があるか、興味・関心をもって調べようとする。【関】</li> <li>中学校で学んだ凸レンズの基本的な用語や性質、光の進み方や像ができる条件などを理解している。【知】</li> <li>凹レンズの焦点、焦点距離などの基本的な用語や性質を理解している。【知】</li> <li>凸レンズと凹レンズについて、光の進み方や像ができる条件などを理解し、光路を作図することができる。【観】</li> <li>凸レンズによってできる像と物体の位置関係について実験を行い、結果をまとめ、理論値と比較することができる。【観】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レンズに関する用語や、光の屈折による光路変化を理解し、凸レンズ・凹レンズの光路を作図することができる。【知】【観】</li> <li>レンズの公式を理解し、実像ができる条件、虚像ができる条件など、レンズの一般的な性質の知識を身につけている。【知】</li> <li>凸レンズと凹レンズについて、それぞれ作図によりレンズの公式を自ら導くことができる。【観】【思】</li> <li>凸レンズによる実験で実像を結ばせ、凸レンズの焦点距離を求めることができる。【観】</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>実像、虚像について理解している。【知】</li> <li>凸レンズを通る光の進み方について、理解している。【知】</li> <li>凸レンズによってできる像が、物体よりも小さくなる場合の条件を説明できる。【科】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レンズを用いた簡単な光学機器を製作する。【観】</li> <li>狭いスリットから点光源を見るなどの実験を通して光の回折を確かめる。【観】</li> <li>光が波であることをヤングの実験や回折格子の実験で、光の干渉から確かめる。【観】</li> <li>シャボン玉が色づいて見えるのは、薄膜の干渉によることを理解している。【知】</li> <li>空気層による干渉でどのような干渉縞が見られるかを理解している。【知】</li> <li>光に関わる現象を、日常生活の中でどのように活用しているかを考察する。【思】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヤングの実験、回折格子を用いた実験から、光の波長を求めることができる。【観】</li> <li>ヤングの実験などを通して光にも光路差による干渉があることを理解し、図より光路差や干渉縞の間隔を求めることができる。【知】【思】</li> <li>回折格子の構造や、その光の干渉について理解し、光路差から波長を求めることができる。【知】【思】</li> <li>薄膜による干渉について理解し、光路差から波長を求めることができる。【知】【思】</li> <li>空気層による干渉について理解し、光路差から波長を求めることができる。【知】【思】</li> </ul>
	<p>記号の意味</p> <p>【関】: 関心・意欲・態度</p> <p>【思】: 思考・判断(高等学校)</p> <p>【科】: 科学的な思考(中学校)</p> <p>【観】: 観察・実験の技能・表現</p> <p>【知】: 知識・理解</p> <p>□ は項目の系統性を表す。</p>		

定量的学習との比重の置き方を変えながら、定性的なものから定量的なものへと見方・考え方を育成する必要もある。したがって、定性的学習を重視する場合でも、定量的に観察・実験を行い、規則性や法則性を見出させる工夫を大切にしたい。

繰り返し学習することで、理解が深まるスパイラルな指導の効果を考えれば、すべての高等学校において中学校で学習した内容を取り入れてほしい。

## 2 中学校で定着に課題のある学習内容

鹿児島県教育委員会が実施している平成 19 年度「基礎・基本」定着度調査結果によると、中学校 1 年生における「物体と凸レンズの距離を考え、像ができる条件を問う問題」(図 2) の通過率は、30.6% (H18 の類似問題は 29.6%) であり、物理分野全体の平均通過率 61.6% (理科全体は 68.2%) と比べてもかなり低い。

中学校の段階では、物体と凸レンズの距離を変えた時の実像のできる位置や大きさについて、定性的に見出した規則性の理解が課題となっている。

この単位について、中学校理科の学習指導要領には、「(イ) 凸レンズの働きにつ

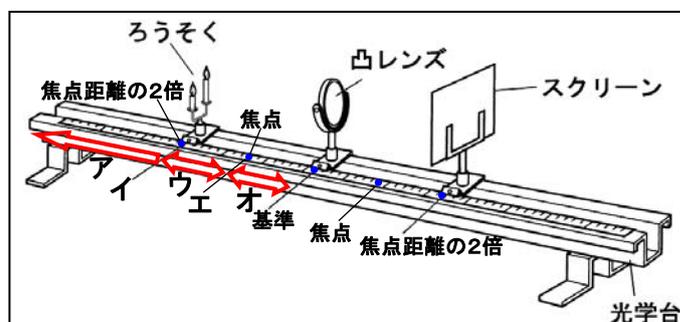


図 3 中学校における光学台を用いた実験  
 いての実験を行い、物体の位置と像の位置及び像の大きさの関係を見いだすこと。」とあり、教科書には、像の位置、像の大きさの関係を定性的に調べるために、次のような実験が示されている。

- (1) 焦点と焦点距離の 2 倍の位置に印を付け、図 3 のようにア～オの範囲を決める。
- (2) 物体(ろうそく)をアの位置に置き、像がはっきり映るようにスクリーンを動かす。そして、①スクリーンと凸レンズとの距離、②物体と比べた像の大きさ、③物体と比べた像の向きを調べる。
- (3) イ～オについても(2)と同様に調べ、スクリーンに像が映らなくなったら、レンズを通して物体を見る。

## 3 系統性を踏まえた実験例

物理 I において凸レンズを学習する際は、中学校からの系統性を踏まえ、実像のできる位置や大きさについて定量的に理解を深め、更に作図によって光の進む道筋をイメージさせながら、基礎・基本を補う必要がある。そこで、次のような実験や考察を行う。(表 1 の B)

- (1) 実験の工夫

像の大きさを測定し、倍率を求めやすくするために、物体に LED を用いた光源を使用し、スクリーンにトレーシング用

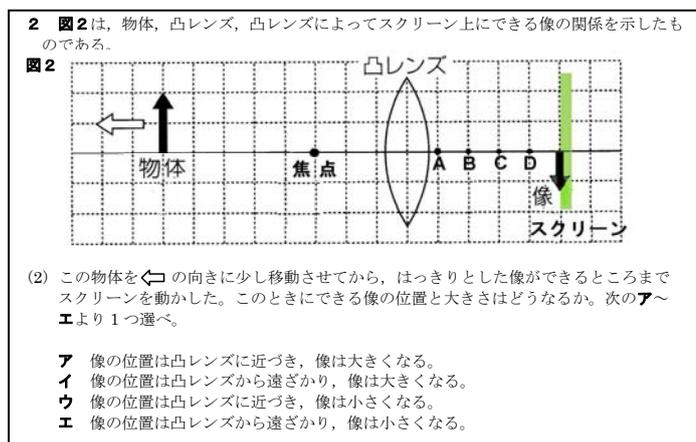


図 2 「基礎・基本」定着度調査

方眼紙を貼り付ける。

(2) 実験の手順

- ① 図3のア～オについて、像の向きや大きさを中学校の学習内容をもとに、定性的に実験の予想を立てる。
- ② 実験を行い、像（スクリーン）の位置と倍率を定量的に調べ、表2にまとめる。
- ③ 公式から求められる理論値と実験値とを比較しながら、定量的に像の位置と倍率を確認する。
- ④ 作図によって、光の進み方と像の位置及び向きを確認する。
- ⑤ レンズの上半分を隠すとどうなるか、予想し実験で確かめる。

表2 凸レンズの実験例

物体の位置 上段：中学校の 範囲に相当 下段：測定位置 の例	ア $a > 2f$	イ $a = 2f$	ウ $f < a < 2f$		エ $a = f$	オ $a < f$
	$3f$	$2f$	$\frac{3}{2}f$	$\frac{4}{3}f$	$f$	$\frac{1}{2}f$
スクリーンの位置 (実験値)						
スクリーンの位置 (理論値)						
倍率 (実験値)						
倍率 (理論値)						

$a$ : レンズと物体の距離  $f$ : 焦点距離

(3) 実験のまとめ

焦点距離の2倍の位置に物体を置いたときにできる像の大きさと向きを中心に、図4のような観点でまとめる。

**まとめ・考察のポイント**

- ・ 像の倍率が1倍となるのはどこか。それはなぜか。
- ・ 物体が焦点距離の2倍の位置から焦点に近づくと、像はどうなるか。
- ・ 物体が無限遠に遠ざかると、像の位置はどうなるか。
- ・ 物体を焦点に置くとどうなるか。それはなぜか。
- ・ 虚像が見られるのは、どこか。

観察される実像

(1倍) イの像

アの像 (1倍より小)

ウの像 (1倍より大)

エの像はない。

オの像は虚像。図は省略。

図4 凸レンズのまとめの例

4 光の道筋の作図

教科書に示されている光の道筋がある特定の光だけのためか、物体に反射した光の反射後の進み方をイメージできない生徒がいる。また、中学校では、補助的にしか作図を学習していない。そこで、光の性質の導入やスペクトルの単元において、中学校からの系統性を踏まえ「物体が見える」ことについて作図を用いて考察できるようにする必要がある。(表1のA) 特に、物体で反射した光は、物体の各部分から四方八方へ広がり、その中の特定の光の経路だけに注目して示していることをしっかりと確認させることが重要である。そうすることで、例えばレンズの上半分を隠したときにできる像について、光の量が半分になり暗く見えることの理解が深まると考える。さらに、「物体が赤色に見えるとは」などのように、物体の色とスペクトルとの関係についての説明も大事である。

以上のように、中学校との系統性をもたせた指導を行うことによって、義務教育段階の基礎・基本を補い、定量的な扱いが多くなる高等学校への円滑な移行が期待できる。

[参考文献]

文部科学省『小学校学習指導要領解説－理科編－』平成16年5月  
 文部科学省『中学校学習指導要領解説－理科編－』平成16年5月  
 文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編理数編』平成17年1月  
 国立教育政策研究所 <http://www.nier.go.jp/kaihatsu/kou/sankousiryu/pdf/1/science.pdf>  
 平成19年度「基礎・基本」定着度調査結果各教科の傾向(中学校)  
 平成20年3月鹿児島県教育委員会  
 (教科教育研修課)