

# A study on students' cognition of light and development of the teaching materials in a lower secondary school

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/24692">http://hdl.handle.net/2297/24692</a>

# 中学生の「光」の認識とその教材化に関する研究

松原道男 松山智明\*

## A Study on Students' Cognition of Light and Development of the Teaching Materials in a Lower Secondary School

Michio MATSUBARA

Tomoaki MATSUYAMA

### はじめに

日本においては、全国いたる所で学習指導要領に定められた目標と内容のもとに毎日授業が行われているが、その目標、内容に基づいた授業はこのようにすればよいといった一般的なものをあまり聞くことはない。これは、授業に関わる要因が多いため、学習指導要領による一定の目標と内容といった共通した文脈においても、授業を行っているその地域性といった文脈、学習者個人のもつ認識の文脈、用いる教材の文脈によって、授業の効果が異なってくるからであると考えられる。

実際の授業は、このような様々な文脈の中で行われるため、授業研究は、どのような文脈や要因を対象にして行っているかを明確にしておく必要がある。ところが、実際に行われている授業研究においては、研究の中心になっている問題について具体的に明記されず、「～のような子どもの育成を目指して」といった漠然とした目標が立てられたものが多い。したがって、問題に対する先行研究の分析が十分でないとともに、授業者の経験とカンだけに頼って授業設計

が行われているものもみられる。

以上のことから、授業研究においては、具体的問題設定を明確にするとともに、関連する先行研究について分析を行う必要があると考えられる。

### I 目 的

現代の理科教育においては、結果的な知識だけでなく、自然を通した子どもの見方や考え方の形成が指摘されており、特に、子どもの見方や考え方について構成主義の立場から研究が行われている。その結果、子どもは、「オルタナティブフレームワーク」などと定義されるように、学習していないことに対しても子どもなりの筋の通った考え方をもっており、それは学習においてもなかなか変更されないことが明らかにされている。本研究では、これらの研究の見地に立って、中学校理科の「光」の教材を対象に、生徒のもつ見方や考え方に基いた授業設計や教材開発を行うとともに、そのような立場からの授業研究のあり方についても考察を行うことを目的とした。

## II 教材の分析

光の教材に関して、教育的意義、子どもの認識、教材開発、指導工夫について、これまでの研究から次のようなことが指摘できる。

### 1. 光教材の変遷

光の教材の中で、光の進み方に関するものは、学習指導要領に取り入れられたり、削除されたりと比較的変動のある内容である。その変遷については、大塚の研究<sup>(1)</sup>が詳しい。特に、昭和52年の中学校学習指導要領の改訂における光教材の削除については、幾何学的になりやすいこと、エネルギー的な内容の方が重視されたことなどが原因としてあげられる。平成元年の改訂において、再び中学校の学習指導要領に光の教材が取り入れられたが、指導書においては、幾何的な図解に深入りしないことが指摘されている。

昭和52年の改訂における削除に対し、それに反対する意見としては、光は外界の事象の情報を伝達する主役の一つであること、反射や屈折の光線が目はどう入るかは視点移動の重要な例であることなどがあげられる<sup>(2)</sup>。また、眼の構造を知らずしては理解できないことが、高校の実験で取り上げられていること<sup>(3)</sup>、探究しやすく誤差が少ないため理科の学習に適していることなどの指摘もある<sup>(4)</sup>。

光が眼にはいることを考慮して光を扱うことが従来は少なかったが、平成元年の学習指導要領の改訂にともない、最近の教科書にはそのことが考慮されてきたことが評価されている。しかし、一方では、幾何光学的な取り扱いをあまりにも軽視していることが指摘されている<sup>(5)</sup>。

以上の経緯をみていくと、光の進み方の教材については、本来身近であるべき教材が、実験室の中での器具に固執し、問題解決であるべき活動が、料理本的な測定実験になったこと<sup>(6)</sup>、また、光が眼にはいるといった基本的な問題を扱わず、光線としてのみ光を取り扱ったことなどの問題点があげられる。

### 2. 光の認識に関する研究

光の認識に関する研究においては、ドライヴァー<sup>(7)</sup>、オズボーン、フライバーグ<sup>(8)</sup>のものが参考になる。これらの研究の中で指摘されている子どものオルタナティブフレームワークをまとめると、次のことがあげられる。

#### ①光の所在について

- ・光は光源そのものである。あるいは、光は光源の結果、状態である。
- ・同じ子どもでも状況に応じて使い分けたり、同じ子どもが同じ現象で考え方を変えたりする場合がある。

#### ②光の伝播

- ・空間における光の運動は、非常に大きな距離の場合だけに限られている。

#### ③光と物体の相互作用

- ・光は減らすことができ、消失することができ、逆に増やすこともできる。
- ・光が見られない事実と、光が止まるという考え方を結び付ける。
- ・光の放射と物体の色とを結び付けない。色とは物体の固有の特性と考える。
- ・光は紙の上ではとどまるが、鏡は光を反射する（光は強い光を意味する。光が知覚するのに十分なくらい強くないと、全く存在しない）。

#### ④電灯、昼光

- ・光は電灯の光と考え、昼光は、光としてあまり指摘されない。これは、光を光源と考えることによるものと考えられる。
- ・日光を直接受けない光についての考えがあいまいである。

#### ⑤視覚

- ・光は物質を見るために必要であるが、必ずしも目には届いていると考えない。
- ・ほとんどの子どもは、目と物質の間に媒介をもたらししていない。
- ・光を視覚にとって必要な要素と考えるが、光は物体を照らすのに役立つだけか、物体と観察者を取り巻く昼光を構成するものである。

#### ⑥虫めがね（凸レンズ）

- ・虫メガネは光をより大きくする。
- ・虫メガネの後ろの方が、より多くの光がある。
- ・虫メガネの前後で、同じくらいの光線があるが後の方がより強い。

以上をまとめると、子どもは、光の存在そのものに対して、科学的な見方や考え方とは異なる見方や考え方をもっていることがわかる。そのため、従来の光線を中心に扱った展開では、子どもの見方や考え方が変容しないように思われる。

### 3. 光に関する教材の開発

光に関する教材開発については、光線を用いる場合に子どもに見えやすいように工夫したものが多くある。レンズについては、レンズを大きくするように工夫したものがあげられ、塩化ビニルによる水レンズ<sup>(9)(10)(11)</sup>、ゼリーを用いたものなどがある<sup>(12)</sup>。光源装置としては、白熱球の利用<sup>(13)</sup>、懐中電灯の利用<sup>(14)</sup>、高輝度LED<sup>(15)</sup>を用いたものがあげられる。また、光学実験箱を工夫することによって光の通り道を分かりやすく工夫したものがあげられる<sup>(16)(17)(18)</sup>。説明のために工夫したものとして、黒板演示用に工夫したものがあがる<sup>(19)</sup>。また、高校レベルであるが、身近な教材としてCDを利用したもの<sup>(20)</sup>があげられる。

### 4. 光の授業に関する指導の工夫

指導展開としては、実験の方法について解説したもの<sup>(21)(22)</sup>、興味をもたせるために、反射屈折を自由試行にしたもの<sup>(23)</sup>、モジュール学習にしたもの<sup>(24)</sup>、ビデオによって各班の実験の様子を紹介したもの<sup>(25)</sup>、コンピュータを用いたもの<sup>(26)</sup>、日常生活の中の現象にじっくり取り組ませるもの<sup>(27)</sup>などがあげられる。

光の進み方についての実験は、ある程度固定されているのか、以上のような展開は、多くは解説型の実験に近いものであり、子どもに主体性をもたせるために、学習方法の工夫（自由試

行、モジュール、コンピュータ）を行っているにすぎない。子どもの主体性は、学習方式の目新しさよりも、子ども自身が問題意識をもって解決するということが重要であり、以上あげた指導展開の研究においては、そのような視点が乏しいように思われる。

## III 授業計画

### 1. 授業設計の視点

従来の学習では、光線を中心に授業を展開し、光線をとらえる実験器具の工夫が行われてきた。しかし、子どもの認識研究からは、光そのものの存在についての科学的な見方や考え方ができていないこと、また、光線というものは光と違って特殊なものと考え、見えることと光の働きについて関係性をもっていないことなどがあげられる。

そこで、本研究では、見えることと光の進み方を関連させながら学習することに焦点をおき、単元を通して、「どうして、～のように見えるのか」、「～のように見えるようにするにはどうしたらよいか」といった問題意識をもたせて、光の進み方と見えることとの関係に意味をもたせ、学習効果を図ることを授業設計の中心においた。そのため、単元構成としては、この問題意識を単元全体にもたせる構造にし、教材開発もその点から行った。また、学習者の問題意識の形成と学習展開の構成のために、光に関する認識について調査を行うことにした。

学習効果については、ワークシートにおける記述、生徒の主体的な実験への取り組み、レポート、ペーパーテスト等により評価することを考えた。

### 2. 学習の概要

- (1) 単元名  
光の世界
- (2) 単元目標  
鏡やレンズを用いて、ものが実物とは違う

ように見えたり、物を実物とは違うように見せたりすることについて進んで考え、実験を行い、鏡における光の反射やレンズにおける光の屈折、空気と透明な物体との境界面における光の進み方についてのきまりを理解するとともに、光の進み方と像との関係について理解する。

### (3) 学習評価

学習の評価は次の2点から行った。

- ① 単元を通して、「どうして、～のように見えるのか、～のように見えるようにするにはどうしたらよいか」ということを進んで考えているか、発言やワークシート、ノート、レポートをもとに評価する。
- ② 光の鏡における反射やレンズにおける屈折、空気と透明な物体との境界面における光の進み方についてのきまり、光の進み方と像の関係についての最終的な理解は、ノート、ワークシートの記述、ペーパーテストなどによって評価する。

### (4) 対象

金沢大学附属中学校第1学年4クラス、男子79人、女子79人、計158人を対象に行った。

### (5) 学習時期

1993年10月～11月に7時間かけて行った。

## 3. 教材開発

見えることと光の進み方を関連させながら学習することを研究の中心においたため、次のような二つの教材の開発を行った。

### (1) 鏡を用いた教材

図1に示したように、鏡にもものが映る位置を測定する実験器具を開発した。楊子などの細い棒を2箇所におき、1つの棒からみて鏡に映ったもう1つの棒が重なったところが鏡に映っている位置である。棒の位置と鏡に映る位置などは、番号が打ってあり測定しやすいようにしてある。また、本実験装置は光線の鏡による反射実験にも用いることができる。

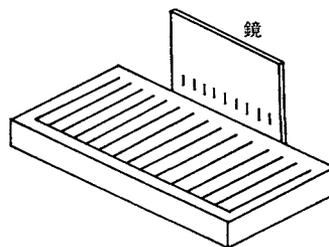


図1 鏡による光の反射と見え方に関する教材

### (2) レンズに映る像の教材

図2に示したようにレンズを通して映る像に、レーザー光線をあて、ピントが合っているときと、合っていないときの光の進み方の違いについて示す実験器具を開発した。

ピントが合っているときは、レーザー光線がレンズのどこを通過しても、対応した像のところにいくが、ピントが合っていないときは、対応していないところにもいく。

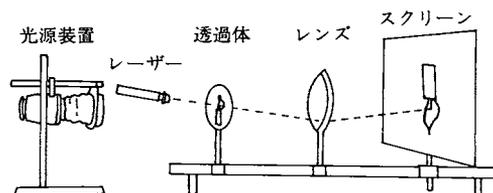


図2 レンズに映る像と光線との関係に関する教材

## 4. 光に関するイメージ調査

### (1) 調査問題

光に関する生徒の学習前のイメージを明らかにして授業設計に役立てるとともに、調査そのものを授業における予想として用いることを考え、図3に示した問1～問6の調査を考えた。各問題は、大きくは次に示す3つの内容から構成されている。

#### ① 鏡に映る位置 (問1, 問2)

鏡で映るイメージについて明らかにするとともに、授業における予想として用いる。

#### ② 日中や夜間の光の存在 (問3, 問4)

これまでの外国の研究において明らかに

【問1】

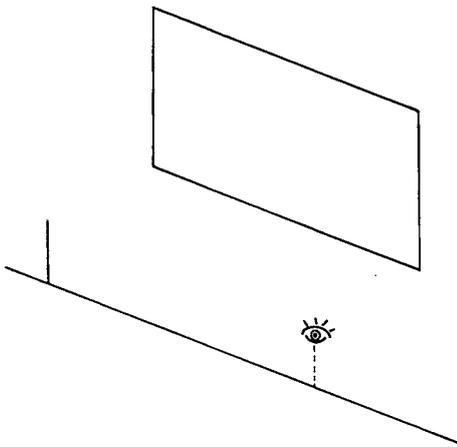
下の図Aは、鏡の前に棒を立てて、「目」と書いてあるところから、鏡に映る棒の位置を観察しているところを示したものです。図Bは、それをわかりやすいように、上の方から見たところを示しています。

図Bの10と書いた「○」のところに棒をまっすぐ立て、25と書いた「○」のところから見ると、鏡のどの番号のところ、棒が映って見えますか、あるいは、鏡には映りませんか、答とそう考えた理由を書いて下さい。

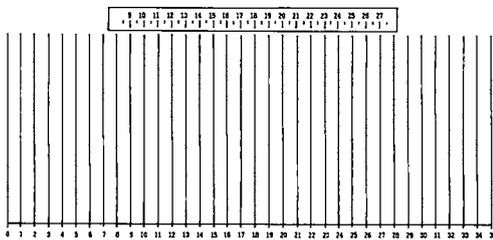
【問2】

同じく、図Bの15のところ、棒を立て、32のところから見ると鏡のどの番号のところ、棒が映って見えますか、あるいは、鏡には映りませんか、答とそう考えた理由を書いて下さい。

図A



図B



【問3】

図Cは、昼間、電灯がついているのを見ているところです。電灯の光はどこまで届いていると思いますか。図の中に記入したり、言葉で説明して下さい。

図C



【問4】

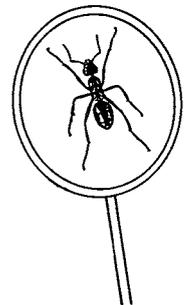
図Dは、今度は、夜、電灯がついているのを見ているところです。電灯の光はどこまで届いていると思いますか。図の中に記入したり、言葉で説明して下さい。

※ 図略

【問5】

図Eは、虫めがねを用いて、アリを見ているところです。虫めがねで見ると大きく見えるのは、どうしてだと思いますか。図や言葉で説明して下さい。

図E



【問6】

問5の虫めがねをもう少しはなしていくと、ピントがボケてしまいます。どうしてだと思いますか。図や言葉で説明して下さい。

図3 光の認識に関する調査問題

されている、「光の存在」についての生徒のオルタナティブフレームワークについて明らかにする。

- ③ レンズで大きく見えたり、ピントがずれる理由(問5, 問6)

レンズのイメージについて明らかにするとともに、授業における予想として用いる。

## (2) 調査対象および調査時期

学習対象となる金沢大学附属中学校第1学年4クラス, 男子79人, 女子79人, 計158人を対象に調査を行った。調査時期は学習前の1993年10月である。

## (3) 調査結果

まず, 問1と問2の結果について, 生徒の回答結果をまとめたのが表1である。表1より, 正答(回答④)した生徒は, 60%~70%である。棒の位置と同じに見えるという生徒

表1 問1と問2の回答結果

棒に見える位置	問1	問2
①棒の位置より左	5.3%	4.1%
②棒の位置と同じ	9.2%	12.2%
③棒の位置から中間点の間	6.6%	10.8%
④中間点(正答)	73.7%	66.2%
⑤中間点から目の位置の間	0%	0%
⑥目の位置	1.3%	1.4%
⑦その他	3.9%	5.4%

(回答②)が約10%である。また, 中間点より棒の位置の方に見えると考えている生徒が(回答①~③)多いことがわかる。

次に, 問3と問4の昼と夜の電灯について, 生徒の記述をまとめたのが表2である。問3, 問4とも半数の生徒が部屋全体まで光が届くとしているが, 昼は太陽の光が邪魔をして, 夜は太陽の光が邪魔をしないので昼よりは遠くまでとどくとする生徒が多いことがわかる。

問5, 問6の虫めがねについて, 生徒の記述内容を示したのが図4である。生徒はレンズが光を曲げるということを理解しているが, その曲がり方に対していろいろな考え方をしているとともに, 大きく見えたり, ピントがボケることについてもいろいろな考え方をしていることがわかる。ピントについては, 焦点の位置でしか見られないような考え方をもち生徒もあり, これは日常生活において, 「焦点がずれる」といった言葉を使う影響もあると考えられる。また, わからない生徒が, 30%ほどと多いことがわかる。

以上のことから, 単元構成においては, 先行研究の分析からも指摘できたように, 見えることと光線の進み方を関連づけることを生徒に意識化させるとともに, 身近に経験している鏡や虫めがねで見える現象を工夫しながら展開を考えることにした。

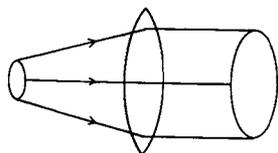
表2 問3と問4の回答結果

記述内容	問3	問4
①部屋全体までとどく	51.0%	53.6%
②弱くなっていくが部屋全体までとどく	6.6%	7.8%
③光が見えるところまでとどく	0.7%	1.3%
④(弱くなって)途中でとどかなくなる	15.2%	4.6%
⑤太陽の光が邪魔をして途中でとどかなくなる	19.2%	—
⑥太陽の光が邪魔をしないので昼より遠くまでとどく	—	24.2%
⑦昼より届かない	—	2.0%
⑧その他	4.0%	3.9%
⑨わからない	3.3%	2.6%

【問5】

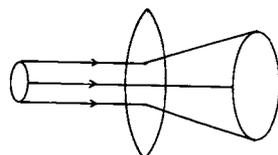
①焦点（光が集まるところ）の位置付近にアリがあるので光が拡大する。光を焦点に集めることができたのでその反対になる。

30.3%



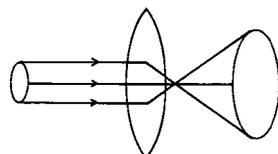
②レンズの中で光が広がり拡大する。

18.1%



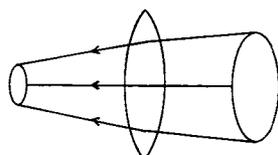
③レンズが光を集めて、その後広がる。

7.7%



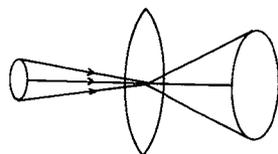
④アリに光が集まる。

6.5%



⑤レンズに光が集まり、通過後に光が広がる。

3.9%



⑥その他

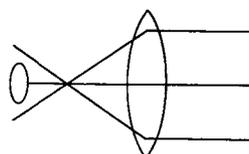
6.5%

⑦わからない

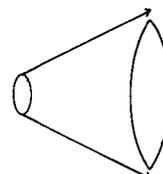
27.1%

【問6】

①焦点（光が集まるところ）からアリがずれる。  
25.8%

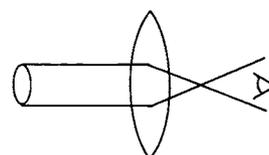


②アリからの光が広がりすぎてレンズに入らない  
11.6%

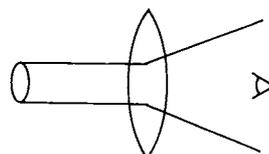


③光が遠くなると、だんだん薄れて光がレンズにとどかなくなる。太陽の光で邪魔される。  
11.6%

④見えているところがレンズと合わなくなる。目が焦点（光が集まるところ）からずれる。  
5.1%



⑤目に入らないほどアリの大きくなる。  
4.5%



⑥大きくなったアリの形がゆがむ（湾曲する）。  
1.9%

⑦その他  
8.4%

⑧わからない  
30.3%

図4 問5と問6の回答結果

## 5. 単元構成

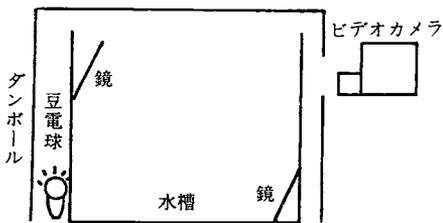
指導計画 (総時数 7時間)

- ・第1次 光の反射と屈折 3時間
  - ・第2次 レンズによる光の屈折と像 4時間
- 《第1次》

○1時間

(提示) なぞのボックス

- ・ボックスの窓からのぞくと何が見えるか、ビデオカメラでのぞく。



- 〈見た豆電球はどこにあるか考えてみよう〉
- ・豆電球のある場所の提示 (予想と反した場所にある)
- 〈ボックスがどうなっているのか考えてみよう〉
- ・鏡が入っているのでは
- (提示) ボックスの中身の提示

鏡を使うと実際にはそこにはないものがあるようにみせることができる。

- 〈他に実際とは違った見え方をするものはあるか〉
- ・映画, テレビ, レンズを用いた器具
- 《単元を通して, 常に次のことを考えよう》
- どうして, ~のように見えるのか?
- ~のように見えるようにするにはどうしたらよいか?
- 〈物は鏡のどの位置に映って見えるか, 前に書いてもらったことを確かめよう〉
- (実験) 鏡に映る位置 (図1の実験装置)

- ・物と見るところの中間点
- ・物と見るとこの角度が同じところ

○2時間

〈どうして鏡のそのような位置に見えるのか〉

(予想)

- ・光がそのように進むから

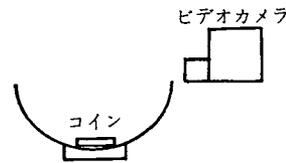
(実験)

- ・光源装置, レーザーを用いた光線の軌跡
- ・なぞのボックスでの検証

鏡で映るのは, 光がそのように進むからである。

(定義) 入射角, 反射角

〈おわんに入っているものをみるための鏡の角度はどうしたらよいか〉



- ・光の進み方から考える
- (提示)
- ・おわんに水を注いで中のものが見えるようにする
- 〈光は, どう進むと考えたらよいか〉
- (実験)
- ・実際そうになっているか, 水槽を使った光線の実験。

- ・光が水から空気へ進むときは屈折する。
- ・光は, 屈折するだけでなく水面で反射する。

○3時間

- 〈光がガラスを通して進むときはどうなるか〉
- (予想)
- ・屈折する, 反射する
- (実験)
- ・入浴剤を入れた容器の実験

- ・光が空気からガラスに入射→境界面から離れるように屈折
- ・光がガラスから空気へ進む→境界面に近づくように屈折
- ・ガラスから空気への入射角を大→全反射

〈いろいろなものが見えることを光が進むことから考えよう〉

- ・ものが見えるとは
- ・光源による光と反射による光
- ・昼間の光、夜の光

## 《第2次》

## ○1時間

(提示) 針穴写真機

- ・針穴写真機はどのようにうつるか？

(実験)

- ・針穴写真機(穴が小)で景色をうつしてみる

像は左右・上下が反対にうつる

筒が長いと大きくうつる

&lt;明るい像にするためにはどうすればよいか&gt;

- ・穴を大きくすればよい

(実験)

- ・針穴写真機の穴と像の関係について調べる

穴を小さく→はっきりするが暗い  
穴を大きく→像が重なるが明るい

&lt;どうしてそのように見えたのか、光の進み方を考えてみる&gt;

- ・筒が長いと、光が広がる
- ・穴が大きいと、たくさんの光が入る
- ・穴が大きいと、光が広がる

&lt;明るくて大きな像をうつそう&gt;

- ・光を集めることが必要→レンズで集める

(実験)

- ・針穴写真機にレンズをつけて像をうつす
- ・使い捨てカメラでレンズの有無によるうつり方を比較をする

## ○2時間

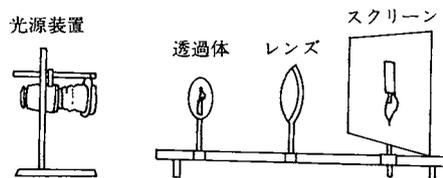
&lt;レンズを使って、大きくうつす道具は？&gt;

- ・虫めがね、OHP、顕微鏡などをピントを合わせて使う

&lt;像を大きくするにはどうすればよいか、考えてみよう&gt;

(実験) 凸レンズによる像のでき方を調べる

- ・光源からレンズまでの距離と、像の大きさの関係
- ・どのように見えるか、自分の目でも確認する



(まとめ)

- ・凸レンズによる像は実像と虚像がある
- ・像の種類や位置、大きさは、光源と凸レンズの距離によって決まる

- ・像を大きくするには

光源をレンズの焦点距離に近づける

スクリーンをレンズから離す

- ・凸レンズが焦点距離より近いときは虚像が見える
- ・実像と虚像をビデオカメラをとおして見る

## ○3時間

&lt;どうしてそのように見えたのか、光の進み方から考えよう&gt;

- ・1点からでた光のうち、どれだけの光が、どんな道を通って集まったのか？

(実験) 実像ができる光の進み方

- ・像をうつし、光源の後ろからレーザーをあて、光の進み方を調べる(図2の実験装置)。

光源からでた光がレンズを通ると決まった位置に集まる

- ・1点に集まらなると、像がぼやける

(まとめ)

- ・実像ができる光の進み方について作図

&lt;虚像ができる光の進み方を考えよう&gt;

(まとめ)

- ・虚像ができる光の進み方について作図

## ○4時間

&lt;いろいろな装置で像をうつしてみよう&gt;

(発展実験)

- ・針穴写真機にレンズをつけて像をうつす
- ・凸レンズを半分かくして像をうつす

- ・凸レンズ2つで像をうつす

(まとめ)

- ・結果を報告書にまとめ、発表する

#### IV 考 察

本授業について、生徒のワークシートによる記述やレポート、ペーパーテストから次のような結論を得ることができた。まず、鏡の教材については、日常生活において正面でしか見えないことが多いことから、本教材を通して鏡に映るきまりが実感でき、実験そのものに興味をもって取り組むことができた。そして、ワークシートやペーパーテストから、ほぼ全員が物体の見え方についてのきまりを理解したと考えられる。

レンズを通した像についても、レーザーを用いることによって、像が結ぶことと、結ばないことについて、光学実験台を通した各自の実験もあわせて、理解することができたことが、ワークシートやペーパーテストの分析から明らかになった。

単元を通した目標を設定し、生徒に常にそれを問いかけることによって、毎時間考えることが明確になったため、実験の意味が容易に理解できるとともに、単元の最後の7時間目の発展学習においても、各生徒がいろいろな考え方をもち、レンズを通した像の映り方や見え方についての実験を行っていることが、ワークシートの記述結果から明らかになった。

学習展開については、鏡で見える現象を光線から考えていくときに、光線で考えなければならない意味が理解しにくいことが明らかになった。これは、先行研究および今回の調査からもいえるように、見えることと光の進み方との関連づけが十分できないことが原因であることが考えられた。本研究では、この点について、留意して教材の開発と授業展開、生徒にもたせる目標の設定を行ったが、さらなる工夫が必要であることが考えられた。今後は、光線と見えることに関する関連づけを、もう1時間ほど簡単な教材を通して学習することが必要であると思われる。

以上のような課題もあるが、全体として、生

徒の見方や考え方を生かした学習という本研究の目的は、本研究で開発した教材、学習展開、生徒にもたせる目標によって、ある程度達成できたと思われる。

授業研究のあり方としては、単元の最初の授業を公開授業として、授業後、説明会および討論会を行ったが、授業の意図、研究の意図が明確であるため、その点に絞って授業に対する意見を交換することができ、発展的なものになったと思われる。

#### 参考文献

- (1) 大塚誠造：「理科教育における「光」教材の変遷」, 理科の教育, 1984. 1, 14-19
- (2) 栗田一良：「「光」教材を見なおす」, 理科の教育, 1984. 1, 9-13
- (3) 藤島一満：「現行学習指導要領における「光」教材の問題点と課題 高等学校」, 理科の教育, 1984. 1, 28-31
- (4) 金山広吉：「現行学習指導要領における「光」教材の問題点と課題 中学校」, 理科の教育, 1984. 1, 24-27
- (5) 広瀬正美：「「光」を教材として取り上げることの意義」, 理科の教育, 1991. 11, 8-11
- (6) (3)と同書
- (7) ドライヴァー他編, 内田正男監訳：「子ども達の自然理解と理科授業」, 東洋館, 1993, 23-48
- (8) オズボーン, フライバーグ編, 森本信也他訳：「子ども達はいかに科学理論を構成するか」, 東洋館, 1988, 18-21
- (9) 全国理科教育センター研究協議会：「身近な素材を生かした物理教材の研究」, 東洋館, 1988, 48-51, 202-203
- (10) 久保美喜男：「光の進み方とレンズの働きを調べる教具—光学実験セット—」, 理科の教育, 1992. 4, 56-59
- (11) 久保美喜男：「身近な材料で作る光教材の教具—塩ビ板で作る凸レンズ(水レンズ)の活用—」, 理科の教育, 1991. 11, 68-71

- (12) 川北一彦他：「ゼリーによる光の実験」, 理科の教育, 1985, 9, 64-65
- (13) 大塚明郎他編：「実験観察教材教具」, 東京書籍, 1978, 70-73
- (14) 栗田一良他編：「小学校・中学校 物理実験の基本操作法」, 東洋館, 1979, 130-133
- (15) 立沢比呂志：「主体的な探究活動を促す「光」に関する教材・教具」, 理科の教育, 1992, 6, 48-51
- (16) 同上
- (17) 中嶋博和他：「面白実験ブック やってみようリサイクル実験」, 東洋館, 1991, 106-109
- (18) 中嶋博和他：「面白実験ブック やってみよう100円玉実験」, 東洋館, 1989, 114-123
- (19) 西岡正泰：「光の実験・観察」, 理科の教育, 1990, 6, 48-53
- (20) 福岡敏行：「CDを使った光の実験」, 理科の教育, 1990, 1, 42-45
- (21) 西博孝：「新しい観点に立った「光」教材の指導 中学校」, 理科の教育, 1984, 1, 36-39
- (22) 小石川秀一：「新しい観点に立った「光」教材の指導 小学校」, 理科の教育, 1984, 1, 32-35
- (23) 藤原凡人：「小学校「光の進みかた」の指導」, 理科の教育, 1983, 1, 36-39
- (24) 片山敏彦：「モジュール方式による「光」教材の指導」, 理科の教育, 1991, 11, 36-39
- (25) 鈴木宗一：「小学校5年「光の進み方」の指導」, 理科の教育, 1983, 3, 25-28
- (26) 土橋永一：「小学校5年の「光の進み方」の学習におけるコンピュータの利用」, 理科の教育, 1988, 5, 26-29
- (27) 外山正志：「子どもの思考を重視した理科指導 5年「光の進み方」の指導」, 理科の教育, 1987, 3, 62-66