



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	報告：ピンホールカメラを用いた光の学習
Author(s)	石川, 優珠; 江口, 大和
Citation	教授学の探究, 29, 163-177
Issue Date	2015-01-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57893
Type	departmental bulletin paper
File Information	AN10116428-29_163-177.pdf



報告：ピンホールカメラを用いた光の学習

石 川 優 珠（3年）

江 口 大 和（4年）

（北海道大学教育学部教育方法学ゼミ）

0. はじめに

北海道大学教育学部では、毎年8月開催のオープンキャンパスで、高校生が大学のゼミや講義を体験する「高校生限定プログラム」を実施している。2014年に、筆者らは参加した高校生と共に授業プランの検討を行った。高校生には生徒役になってもらい、筆者らが作成した授業プランを使って模擬授業を実施した。模擬授業終了後に、授業プランに対する意見と模擬授業や本企画の感想を書いてもらった。

筆者らが使った授業プランは、2014年の1学期に教育学部で開講されている「学校教育実習」で作成したものである。この講義のおおよその流れは以下の通りである。4月に、教育方法学ゼミの学部生によって作成されたこれまでの授業プランを検討した。5月は、授業書『ばねと力』¹を具体例として、仮説実験授業について学んだ。そして、6月から8月にかけて、本授業プランと実験教材²を作成した。

授業プランのテーマは中学理科の第1分野の光の学習とした。筆者の石川が、中学卒業後も正しく理解できずにいた教育内容である。理解できずにいる原因を明らかにすれば、さらにわかりやすい授業プランを作成できると考えたからだ。特にわかりにくいと感じていた内容は、凸レンズを用いてスクリーンに物体の像を映す実験であった。中学校理科の教科書³には、光の道筋を線で表した図を使った説明が書かれている。その図には、物体のある1点から出た3本の光線が凸レンズの異なる場所を通過して屈折し、再びスクリーン上に集まる様子が描かれている。この図を見て、生徒はスクリーンに像を映すためには凸レンズ全体を光が通る必要があると誤解する。凸レンズの一部を隠しても、スクリーン上の像が欠けてしまうことはなく、ただ暗くなるだけであることを多くの生徒がわかっていない。このような誤解を解くために、ピンホールカメラを使って、凸レンズが映ることをはじめに学び、その後で凸レンズを使用した実験結果を理解していくという方針で授業プランを作成した。

本稿では、まず次節で中学生に誤解を招いている原因は何かを考察する。第2節では、授業プランの構成について説明する。最後に、本授業プランを高校生に対して試験的に実施した結果と、それに対する考察を述べる。

1 板倉（1974：85-137）、板倉・上廻・庄司（1989：38-63）

2 ピンホールカメラの作成は、林（2010）と、大阪府教育センター（発行年不明）を参考にした

3 たとえば、塚田ほか『未来へひろがるサイエンス1』（2012：169）

1. 中学生が誤解をする原因についての考察

光の学習は小学校から始まる。⁴ 小学校の理科では、光はまっすぐ進み、鏡に当たるとはね返されること、凸レンズに光を当てたときの明るさとあたかさを学ぶ。中学校理科では、反射の法則や、ものが見えるわけ、乱反射を学ぶ「反射」と、異なる物質の境界面での光の進み方と屈折、全反射を学ぶ「屈折」と、凸レンズを通った光の道筋や凸レンズを通した光がつくる像の規則性について学ぶ「凸レンズのはたらき」の3つを学ぶ。この節では、「光の直進と反射」、「凸レンズのはたらき」の2つの内容について中学生がどのように誤解しているのかを考察する。

1.1 光の直進と反射

普段私たちが感じている光は、大きく2つに分けることができる。光源から出てくる光と、光源から出た光が物体の表面で反射した光である。レーザーポインタなどを使えば、光源から出てくる光の道筋を実際に目で見て確認することが簡単にできる。これに対し、鏡面ではない物体の表面で反射した光は、レーザーポインタの光のように直進しているかどうかを簡単に確認することができないため、あらためて直進しているかどうかを問われると迷ってしまう。

生徒が反射の法則を学習するときは、鏡とレーザーポインタを使用する。入射角と反射角が等しいという反射の法則を目で見て確認することができるからだ。反射の法則は、鏡の表面だけではなく、その他の物体の表面でも成り立っている。鏡以外の物体の表面には微小な凹凸があり、光はそれら微小な凹凸の表面でさまざまな方向に反射する。これを乱反射という。乱反射した光がどのように進んで行くのか、どのようにまわりに広がっていくのかを考えなければ、スクリーンに像が映るしくみを理解できない。

しかし、反射の法則を実験で確認するときにレーザーポインタの光と鏡だけを使用していることが多いため、生徒は反射の法則を鏡やレーザーポインタといった状況と結びつけてしまう。鏡以外の物体の表面で乱反射している光の様子、ふるまいについては、理解した気になっており、あらためて考えることをしない。

1.2 凸レンズのはたらき

屈折を学習するときにも、レーザーポインタなどの直線のように進む光を出す光源が使われる。レーザー光が異なる物質（空気とガラス、空気と水など）の境界面で屈折する様子を実験で調べる。教科書には、光線が異なる物質の境界面で折れ曲がる様子描かれている図⁵を使った説明が書かれている。そして屈折について学んだ後、凸レンズの性質を学習する。凸レンズの学習でも、凸レンズを通った光の道筋を光線で描いた図が使われている。その図では、凸レンズの端を通る光線、中心を通る光線などが一点に集まるように描かれている。そのため、凸レンズの全体を通過した光線がスクリーン上に集まって像全体を映していると考えてしまい、凸レンズの一部を隠すと、その部分を通ってくる光線がスクリーンに届かず、スクリーンに映る像が欠けるという勘違いが起きる。

4 塚田ほか『未来へひろがる サイエンス1』(2012: 158-173)

5 たとえば、塚田ほか『未来へひろがる サイエンス1』(2012: 166)

2. 授業プランの構成

中学生がもっている誤解を解くためには、凸レンズを使ってスクリーンに物体の像を映すことができるのはなぜかを、光の直進性、乱反射の概念を使って理解できるようにしなければならない。そのために、ピンホールカメラを使用した授業プランを検討した。

2.1 ピンホールカメラの利用

第1節で述べた中学生のもっている誤解を解くためには、以下に挙げる2つの事項を正しく理解する必要がある。

1. 物体の表面で乱反射した光も、光源からでた光と同様に直進性をもっている。
2. 凸レンズを使用しなくても、スクリーンに像は映る。凸レンズは光を屈折させて1つの鮮明な像を映す役割をしている。

上の二つの内容を教授するために、この授業プランでは、ピンホールカメラを利用することにした。ピンホールカメラとは、物体から乱反射してきた光を針であけたような小さな穴を通して、レンズを使うことなくスクリーンに物体の像を映し出すことができる。ただし、ピンホールを通過する光はわずかであるため、スクリーンに映る物体の像は暗い。ピンホールを大きくすると、スクリーンに映る物体の像は明るくなるが、ぼやける。

ピンホールカメラでは、スクリーンに上下左右が反転した物体の像が映る。物体の表面で乱反射した光が直進し、ピンホールを通過していることを理解していなければ、像が上下左右反転することを説明することはできない。ピンホールカメラを使えば、光の直進性や物体の表面で起きる乱反射と、スクリーンに像が映る現象とを関係付けて考えることが生徒にも容易にできるだろう。

2.2 授業プランの構成

模擬授業で使った授業プランのねらいは、ピンホールカメラでスクリーンに物体の像が映る現象を、光の直進性と乱反射の概念を使って理解することである。中学校の授業で扱われる反射の法則（入射角と反射角は等しい）や異なる物質の境界面で光が屈折することについては既習事項であるとし、「光が直進すること」と「物体の表面に当たった光は無数の方向に反射する」ということが、スクリーンに像が映るという現象とどのように関係するのかを理解させることに内容を絞った。さらに、凸レンズについても、焦点距離や実像、虚像などの事項を学習する前に、スクリーンに像を映す時に「凸レンズがどのような役割を果たしているか」を教えることに内容を絞った。

授業形式は以下の通りである。用意した三題の選択問題を順番に提示する。問題はプリントで配布をし、選択した解答の記号とそれに対する自分の考えをプリントに記入してもらう。その後一度班で討論をしてもらい、そのうえでもう一度解答と自分の考えをプリントに記入してもらう。次に、その問題にある実験を実際に行い、生徒に確認させた後、その実験の解説を行うという形式である。問題1の実験については、班ごとに牛乳パックで作成した小さなピンホールカメラを

配布し、生徒に直接実験をして確認をさせた。問題2と問題3の実験は、筆者が段ボール箱で作成した大きなピンホールカメラを使用し、生徒全員に演示した。

今回は時間数の都合から、問題1に入る前に、生徒にピンホールカメラを使用してもらい、レンズがなくとも像がスクリーンにうつること、スクリーンに映った像は実際の像と上下左右が反転していることを確認してもらった。次に、ピンホールカメラの原理を説明し、光は物体にあたると無数の方向に反射することと、物体の表面から反射した光は直進することを説明した。その後、問題1のプリントを生徒に配布した。

<問題1>

ピンホールカメラにあけた穴を1つから2つに増やすと、スクリーンに映る像はどうなりますか。それぞれから一つ選び、予想してみましょう。



正面（目の方）から見た図

予想
(ア)

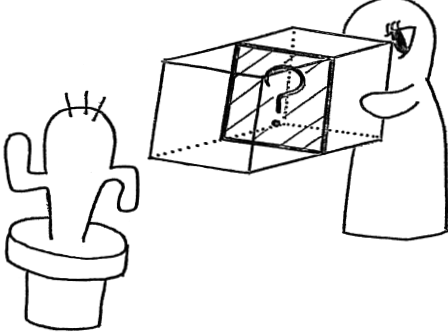


同じ向きの像が2つできる

(イ)



スクリーンの真ん中に像が1つできる

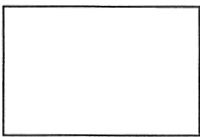


(ウ)



異なる向きの像が1つずつできる

(エ)



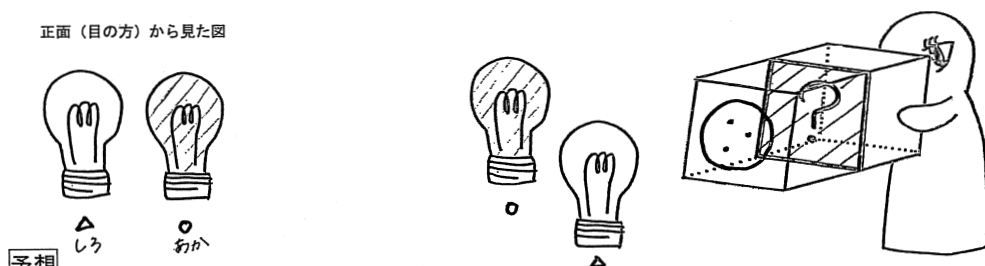
ぼやけてスクリーンに何も映らない

この問題では、はじめに行ったピンホールカメラの説明が正しく理解されているかどうかを確かめることを目的とする。正しく理解できていれば、穴が2つに増えることでスクリーンに映る像も2つに増えると答えることができるが、物体から反射した光が無数の方向に反射し進んでいくことや、光の直進性を理解できていなければ、正しい選択をすることはできない。

<問題2>

複数の穴があいています。そして、スクリーンには複数の像が映っています。穴の前に（スクリーン側に）凸レンズをかざすと、スクリーンに映る像はどうなりますか。問題1を踏まえ、予想してみましょう。

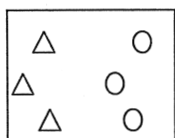
正面（目の方）から見た図



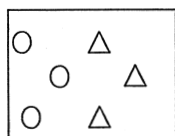
予想

- (ア) スクリーンには、上下左右の向きが変わった複数の像うつる
- (イ) スクリーンには、上下左右の向きが変わった1つの像うつる
- (ウ) スクリーンには、向きの変わない1つの像うつる
- (エ) 一点になる

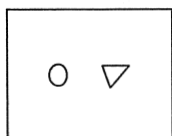
(元の像)



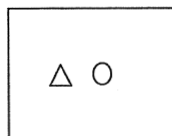
(ア)



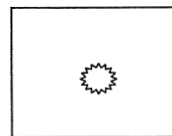
(イ)



(ウ)



(エ)

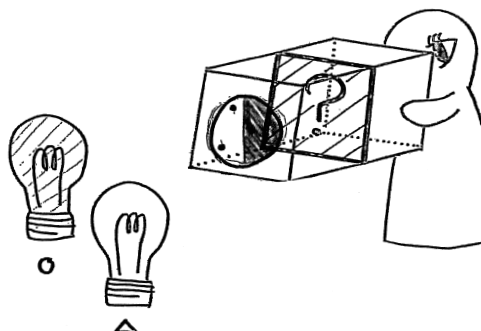
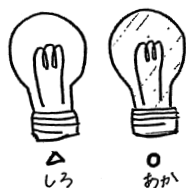


この問題では、凸レンズがどのような役割をしているかを理解することを目的としている。ここでの凸レンズの役割とは、物体の表面から反射してきた無数の光を屈折させて、鮮明な1つの像としてスクリーンに映すことである。この問題の選択肢には、生徒がこれまでの光の学習でどのような理解をしてきたかを確認するために、像が上下左右反転する選択肢や像が1つの点になる選択肢を含めた。これは中学校で学習する、焦点や凸レンズにおける光の屈折をどのように生徒が理解しているのかを知るためである。この問題では、物体の上下左右が反転した、1つの像がスクリーンに映ることが答えられれば正しく理解しているとみなした。

<問題3>

問題2の凸レンズを右半分隠したら、スクリーンに映る像はどのように変化しますか。また、明るさはどのように変化しますか。予想してみましょう。

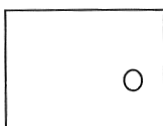
正面（目の方）から見た図



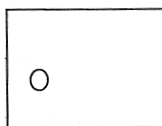
予想

- (ア) 右半分だけの像がうつる
- (イ) 左半分だけの像がうつる
- (ウ) 像全体がうつり、明るくなる
- (エ) 像全体がうつり、暗くなる
- (オ) なにもうつらなくなる

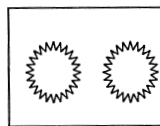
(ア)



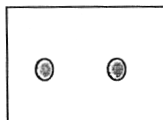
(イ)



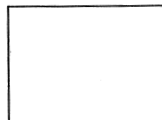
(ウ)



(エ)



(オ)



この問題では、問題2で凸レンズは光を屈折させて、凸レンズを通った複数の像を、明瞭な1つの像として映す役割があることを理解しているかを確認することを目的としている。そして、凸レンズを半分隠しても、スクリーンには像全体が映る仕組みを正しく理解するという目的も持つ。

3. 実験授業の結果

3.1 実験授業の流れ

実験授業は2014年8月3日に行われ、14名の高校生が参加した。石川が授業を行い、江口が授業補助と生徒の様子を記録した。授業時間は約60分であった。生徒に問題用紙3枚と感想用紙1枚を配布する際に、それらのプリントは授業実践の検討に用いることと、その他の目的に使用しないことを伝えた。配布したプリントには通し番号がつけられており、毎回同じ番号のプリントが同じ生徒に配布されるようにした。プリントはすべて無記名で回収した。プリントには選

択肢を記入する欄とそれに対する考えを記入する欄を設けたが、考えを記入しない生徒が大半であった。

授業内にグループで討論する時間を設けたが、お互いに初対面だったためかうまくいかなかった。そのため、当初、設問に対する考えを討論の前後で答えてもらう予定だったが、討論前のみ答えてもらうこととした。

問題2については、実験の解説のみの予定であったが、なぜ凸レンズを通った光が映す像とピンホールカメラに映った像が同じ向きであるかを理解していない生徒が多かったため、実験の解説後、黒板を用いて、凸レンズを通った光が映す図がピンホールカメラの映す像の図と同じ方向である理由を説明した。

3.2 実験授業の結果

以下の表1は、本授業の問題に対する高校生（14名）の解答の分布を示した表である。

表1. 各問題における生徒の解答の分布

	(ア)を選択	(イ)を選択	(ウ)を選択	(エ)を選択
問題1	6名	6名	1名	1名
問題2	3名	7名	0名	4名
問題3	1名	1名	0名	12名

※正解の選択肢に網かけをしている

まず問題1についてである。この問題では、正解選択肢である（ア）、そうではない選択肢（イ）共に6名ずつが回答している。（ア）、（イ）ともに上下左右が反転した像ができるという選択肢であることから、ピンホールを通過した光がつくる像の向きについては多くの高校生が理解していたと思われる。（ア）を選択した生徒の理由として多いものとしては、「ピンホールが2つあるので実際にできる像も2つである」というように、穴の数に比例して像も増えるという理由によるものであった。一方で、（イ）を選択した生徒は、「2つの穴から一点に光が集まるために像は一つしかできない」や「物体は一つだから像も一つ」などを理由に挙げていた。

次に問題2では、（イ）を選択した生徒が7名と最も多く、次いで（エ）の4名、（ア）の3名となった。正解選択肢である（ウ）を選択した生徒は1人もいなかった。（イ）を選択した生徒は、凸レンズによってスクリーンに映る像がひとつになることは理解していたようだ。しかし、凸レンズによって物体の像が反転すると考えたためか、元の像（凸レンズを使用する前にスクリーンに映っていた像）から像が反転している選択肢（イ）を選択していた。このことは、生徒が記述していた「凸レンズを使うことで、（物体の）元の形に光を集めることができる」という理由からもわかる。（エ）を選択した生徒は「凸レンズによって光が一点に集められる」という理由を記述していた。

問題3では、正解の選択肢である（エ）を選んだ学生は12名であった。その解答の理由としては「凸レンズの右半分が隠されたことにより光の量が減り、スクリーンに映る像は暗くなる」というものであった。

生徒の解答については、問題1と3が合っていたのが5名、問題1のみ合っていたのが1名、問題3のみ合っていたのが7名、すべて間違っていたのが1名であった。問題1と3が合ってい

た生徒については、授業を受ける前から、乱反射した後の光の直進性については理解していたが、凸レンズの役割については理解していなかったと考えられる。問題3のみ合っていた生徒は、授業を通して乱反射した後の光の直進性と凸レンズの役割を理解したと考えられる。残りの2名は、この授業プランでは理解できなかったのだと推測される。

3.3 生徒の反応に対する考察

各問題に対して、プリントに書かれていた選択肢を選んだ理由をもとに、生徒の反応から授業プランの教育効果について考察する。

問題1

問題1を提示する直前に、ピンホールカメラでは、スクリーンに映る物体の像は上下左右反転することを確認していたためか、像の向きについては理解をしている生徒がほとんどであった。しかし、ピンホールの数とスクリーンに映る像の数が比例することを理解している生徒は約半数であった。問題1では、選択肢を選んだ理由を書いていた生徒は7名いた。

表2. 問題1における生徒の解答とその理由

ア	2名	光源（穴）が2つあれば、像は2つ
イ	2名	「勘」「なんとなく」
	3名	「像は一つなのでふえて見ることがないから」 「光が集まる点は1つで、像は1つ」 「2つの穴から光が合わさって1つになるから？」

（イ）を選択した生徒は、問題1を解答した時点では、物体の表面からピンホールに入った光がどのような道筋をたどるのか理解していないことがわかる。つまり、物体の表面から反射した光が直進することを理解していなかったと言える。正解の（ア）を選んだ生徒のうち2名は、「光源（穴）が2つあれば、像は2つ」と解答していた。この2名は問題3でも正しい選択肢を選んでいたので物体の表面で光が乱反射したあと、どのように進むのかを理解していたと推測される。

問題2

正解者が1人もいない問題であった。問題1と問題2の大きな違いは凸レンズの有無であるため、やはり凸レンズの役割がよくわかっていないと言える。特に、解答が集中した（イ）は、凸レンズを使用していない場合の像と、凸レンズを使用した場合の像は反転する、という理解によるものであると考えられる。問題2では、選択肢を選んだ理由を書いていた生徒は5名いた。

表3. 問題2における生徒の解答とその理由

ア	1名	「<問題1>と同じようになると予想したから」
イ	1名	「凸レンズを使うことでもの形1つに光を集めることができる」
エ	1名	「なんとなく」
	2名	「レンズによって多数の光が1点に集まると思うから」 「たくさんあるから1点に集まる」

(イ) を選択した生徒の理由からは、凸レンズが像を反転させていることが読み取れる。これは中学校の理科教育において、凸レンズによってスクリーン上に作られる実像は上下左右反転すると学習していることで、凸レンズが像を反転させていると誤った理解をしている生徒が多いためだと考えられる。(エ) を選択したうち2名の生徒が「レンズによって多数の光が1点に集まると思うから」という理由を記述していた。これは中学校の理科教育で学習する、凸レンズを通った光は屈折し焦点で一点に集まるという意味を誤って理解しているからだと考えられる。確かに、凸レンズは、レンズに平行に入った光を焦点で一点に集めるが、物体のある一点から反射した光が凸レンズを通った後再び一点に集まるのは焦点ではない。この違いは以下の2つの図の違いである。

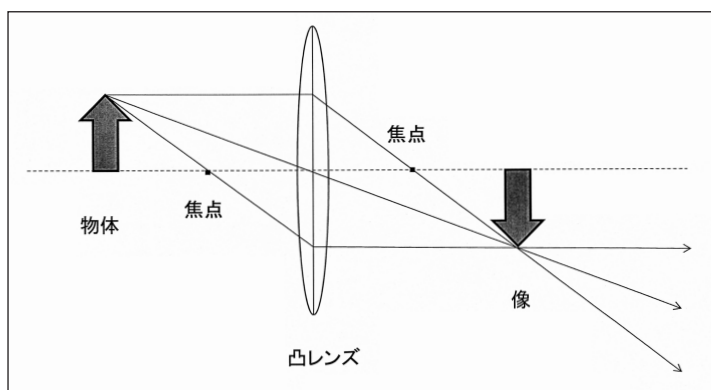


図1. 物体のある一点から反射した光の凸レンズにおける進み方

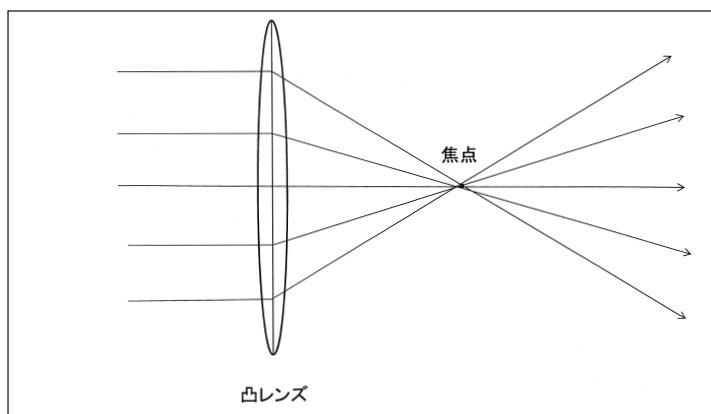


図2. 凸レンズに平行に入った光の進み方

2つの光が凸レンズを通ったあとの進み方の違いを理解していない生徒が（エ）を選択したのだと推測される。

問題3

この問題では、ほとんどの生徒が正解していた。問題3では、選択肢を選んだ理由を書いていた生徒は6名いた。

表4. 問題3における生徒の解答とその理由

ア	1名	「反転して、うつるから」
エ	5名	「集められる光量が減るだけ、というのを物理でやった気がするから」 「レンズ全体で集めていた光が半分をかくすことによって光の量が減るだけだから」 「レンズに入る光の量が少なくなるため」 「光が当たる部分が減るので暗くなる」 「スクリーンに届く光の量が減るから」

（エ）を選択した理由を書いていた生徒は皆、上の表のように、凸レンズを隠すことでスクリーンに届く光の量が減るのだという理由を挙げていた。これらの生徒はこの授業プランを通して、物体の表面で乱反射した光も、光源からでた光と同様に直進性を持っていることと、凸レンズは光を屈折させて1つの鮮明な像を映す役割をしていることを理解することができたと推測される。しかし、（ア）を選択した生徒の理由にあるように、凸レンズは物体を反転させて像を映すという理解している生徒がまだいるということは、この授業プランではまだ不十分な部分があると言える。

問題2で正解者がいなかったことは、授業プランの改善を考えるうえで重要である。問題1は、問題の前にピンホールカメラの原理を説明する中で、物体の表面から反射した光の進み方について説明したことが、問題1を考えるためのヒントになったと考えられる。問題3では、問題2で凸レンズの役割を確認したことが問題3を考えるためのヒントになったと考えられる。しかし、問題2の前には、解答を考えるためのヒントとなるものがなかったため、正解を考えるのが難しかったのではないかと推測される。

問題2での生徒の反応からも考えられるように、凸レンズに平行に入った光の進み方と、物体の表面から反射した光が、凸レンズに入ったときの進み方の2つの違いに対する理解が足りない。問題2の前には、この2つの違いに気がつくための問題または説明を入れる必要があると考えられる。

3.4 感想文と課題

授業の終了後、生徒に自由記述方式で感想文を書いてもらった。感想文の集計の結果、以下のようにまとめることができる。なお、感想は授業全体に対するものであり、個別の問題それぞれに対する感想記述欄は設けていない。感想文のうち、授業内容や教材に対する評価を述べていたのは11名で、そのうち肯定的な評価のみを記述していたのが4名、否定的な評価のみを記述

していたのが1名、残りの6名は肯定的な評価と否定的な評価の両方を記述していた。以下に、実際に生徒が記述した感想を挙げる。できる限り原文をそのまま転載しているが、明らかな誤字・脱字は修正した。

まず、本授業プランに対する、肯定的な評価をいくつか挙げる。肯定的な評価は主に、光の学習が深まったことを評価するものと、実験がわかりやすかった、面白かったと評価するものの2つに分けることができる。

- ・「今回の一日体験授業のおかげで、前々から疑問だった光が通る道筋（ピンホールカメラの穴とか）が、複数ある場合どうなるのかのなぞが解けてよかったです。」
- ・「像が暗くなった時の見え方は私も暗記していただけだったのでより深く理解できて良かったです。」
- ・「今までほとんどカンで説いていた問題のさらに深いところまで説明を入れながら進んでいく授業方法はわかりやすかった」
- ・「光の分野がもともと苦手で理解しづらかったのですが、中学とは少し違った方法で実践的に光の学習ができ、前よりは難しかったのですが理解することができました。」
- ・「自分も苦手だった光について理解を深めることができて良かったです。」
- ・「今日の話は中1の内容で、中1の時は授業をまったく聞いていなかったから少しだけ学びなおしができてよかったなと思いました。あと、最後の問題は初めて聞きました。ピンホールカメラのは白黒でうつるんだなと思った。」

これらは、光の学習への理解が深まったことに対する評価である。生徒の感想のなかに、「カンで解いていた」「暗記していた」とあるように、光の学習はよく理解をしていなくても、用語や教科書に出てくる図を覚えることで、おおよその問題を解くことはできる。しかし、本授業プランで扱った凸レンズの一部を隠す実験のように、正しい理解を必要とするものもある。そのような問題を暗記やカンではなく、理解した上で解くことができるようになったことは、この授業の成果であると言える。

- ・「教育方法についてのゼミで光の性質についての学習の仕方などを学びました。ピンホールカメラや凸レンズを使った実験はとても面白かったです。」
- ・「実験をしながら問題を解くというのは楽しかったです。」
- ・「実験器具などを使った説明がすごくわかりやすくて、中学で学習済みの光のことがより深く分かった」

これらは実験に対する肯定的な評価である。本授業プランでは、中学校で行う実験とは異なり、焦点距離と像の大きさや像の種類の関係には注目せずに、スクリーンに映る像が凸レンズによってどのように変化するのかに注目した。そのため、生徒が中学校で一度学習している分野ではあったものの、実験方法や実験の焦点をあてる部分を変えたことで、わかりやすい、面白いという評価が得られたのだと考えられる。

次に、本授業に対する否定的な評価をあげる。ここで得られた改善点はこの授業を展開していく際に考慮すべき課題であろう。否定的な評価は、実験器具の不備や実験の見づらさに対するものと、問題2の文言や図に対するものであった。

- ・「実験器具はもう少しピンホールを大きくしてもらえると、より多くの人に像を見てもらえたのではないかなと思います。」
- ・「ちょっとキツイこと言うと、分かりづらい（見えづらい）って分かっているんだったら、（実験を）分かりやすくやるか、やらない方が良くと思う。」
- ・「実験がもう少しわかりやすく見ることができれば、より理解が深まったと思います。」

実験器具については、生徒に配布したピンホールカメラの見え方が不鮮明だったために、スクリーンに映る像が上下左右反転することを実際に確認できない生徒がいた。筆者が生徒全員に実験を見せるために使用した実験器具についても、生徒のしている位置によって見え方が異なるため、全員に実験の結果を見て確認してもらうことができなかった。最後に挙げた生徒が述べているように、実験は説明を聞くだけでなく、実際に見ることで理解を深めることができるものであるので、これらは改善しなくてはならない点である。

- ・「＜問題2＞のプリントで（ア）の予想図は上下が逆になっていない気が…？予想をするときに『あれ？』と少し戸惑ったので…。」
- ・「（問題2の選択肢は）「どこを基準に」かを書いた方がいい。勘違いした。」

上記で挙げられているように、問題2のプリントには、明らかな図の間違いや、文の意味がわかりづらい言い回しがあった。（ア）の図については、左右は反転していたが、上下が反転していないままであった。文言についても、物体自体を基準とするのか、凸レンズをかざす前にスクリーンに映っている像を基準にするのかを明記していなかった。これらも改善しなくてはならない点である。

※ 1994年以降教育方法学ゼミで行われた授業実践の題名は、以下のものである。

94年：「ゼネコンで遊ぶ」、95年：「沖縄戦を考える」、96年：「創氏改名」、97年：「公共事業」、98年：「日本に移り住んだ外国人」、99年：「小数とは何か」、00年：「進行形入門」、01年：「生類憐みの令」、02年：「抑制を考える」、03年：「 n 進法」、04年：「英語の態の指導」、05年：「アルゴリズムとは何か」、07年：「比較表現の比較・検討」、09年：「聞き手と敬語の関係」、10年：「Yes! We 冠詞!」、13年：「産業革命」

<参考文献>

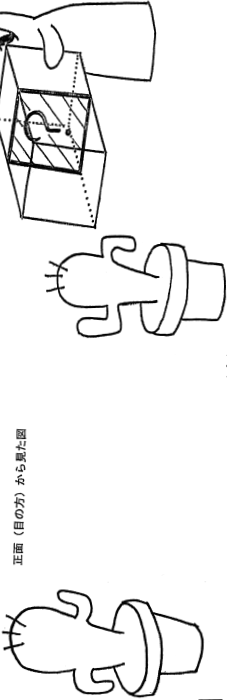
- 板倉 聖宣（1974）『仮説実験授業—授業書「ばねと力」によるその具体化』仮説社.
- 板倉 聖宣・上廻 昭・庄司 和晃(1989)『仮説実験授業の誕生 1963年－1964年論文集』仮説社.
- 林 敏弘（2010）「第1章 ピンホールカメラの仕組み」,
- < http://www.toshi-photo.com/Tutorial/Tutorial_01.html > 2014年11月18日アクセス.
- 大阪府教育センター（発行年不明）「－ピンホールカメラを作ろう－」,
- < <http://www.osaka-c.ed.jp/kate/rikal/h20kensyuu/tyouki/pinholecamera.pdf> >
- 2014年11月18日アクセス

<教科書>

- 塚田 捷・山極 隆・森 一夫・大矢 禎一ほか 57名『未来へひろがる サイエンス1』（2012）
啓林館.

<問題 1 >

ピンホールカメラにあげた穴を1つから2つに増やすと、スクリーンに映る像はどうなりますか。それぞれから一つ選び、予想してみましょう。



正面（目の方）から見た図

予想

(ア)

(ウ)

同じ向きの像が2つできる

異なる向きの像が1つずつできる

(イ)

(エ)

スクリーンの真ん中に像が1つできる

ぼやけてスクリーンに何も映らない

<1度目>

<2度目>

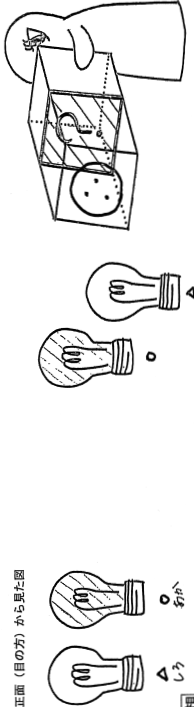
考え

[]

[]

<問題 2 >

複数の穴があいています。そして、スクリーンには複数の像が映っています。穴の前に（スクリーン側に）凸レンズをかざすと、スクリーンに映る像はどうなりますか。問題1を踏まえ、予想してみましょう。



正面（目の方）から見た図

予想

(ア)

(イ)

(ウ)

(エ)

(ア) スクリーンには、上下左右の向きが変わった複数の像がうつる

(イ) スクリーンには、上下左右の向きが変わった1つの像がうつる

(ウ) スクリーンには、向きの変わらない1つの像がうつる

(エ) 一点になる

(元の像)

(ア)

(イ)

(ウ)

(エ)

<1度目>

<2度目>

考え

[]

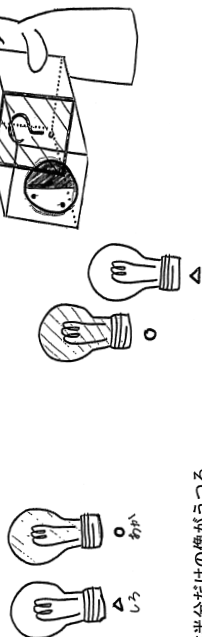
[]

- 176 -

<問題3>

問題2の凸レンズを右半分隠したら、スクリーンに映る像はどのように変化しますか。また、明るさはどのように変化しますか。予想してみてください。

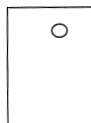
正面（目の方）から見た図



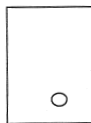
予想

- (ア) 右半分だけの像がうつる
- (イ) 左半分だけの像がうつる
- (ウ) 像全体がうつり、明るくなる
- (エ) 像全体がうつり、暗くなる
- (オ) なにもうつらなくなる

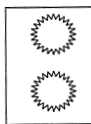
(ア)



(イ)



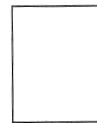
(ウ)



(エ)



(オ)



考え



<感想>



ありがとうございました。