

## 事例1 「基礎的・基本的な内容を重視したレンズの学習」

### 1 指導の工夫

高等学校における凸レンズの学習の内容は、中学校での学習内容の復習に当たる部分が多く、理屈が一見単純であるだけに、生徒の興味・関心を引き出すのが難しい分野である。一方、機械的な作図によって像を求めることができる生徒でも、実像や虚像が点光源の集まりとみなせ、光学的にはそこに現実の物体があるのと同等の性質をもつことなどを理解していないことが多い。

本事例では、実験・観察を多く取り入れた体験的な学習によって、レンズや像の基礎的・基本的な性質を理解させることを目的とした。

### 2 指導計画

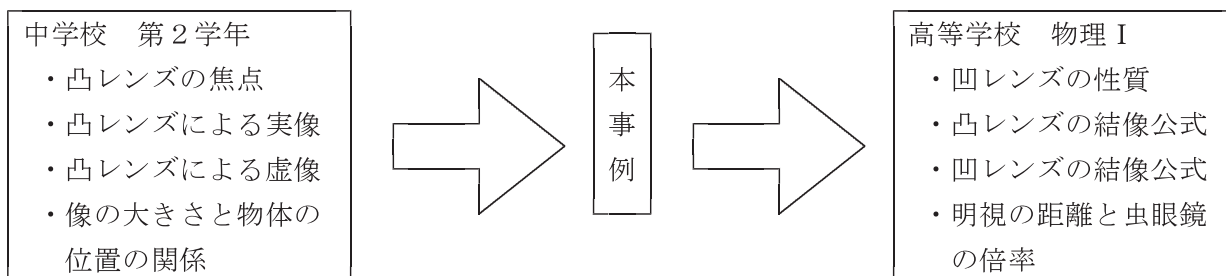
[第1時]

- ① 中学校での学習内容を復習し、レンズに関する基本的な用語（焦点、焦点距離、実像など）を理解させる。
- ② 凸レンズを通過する3つの代表的な光線について、進行方向についての基本的な規則を理解させる。
- ③ 凸レンズによって実像ができる様子を、作図によって理解させるとともに、生徒実験で確認させ、実感をもたせる。
- ④ ピンホールカメラの原理を説明し、演示実験を行う。

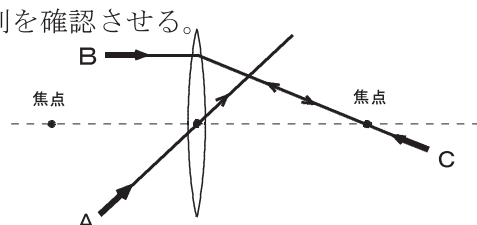
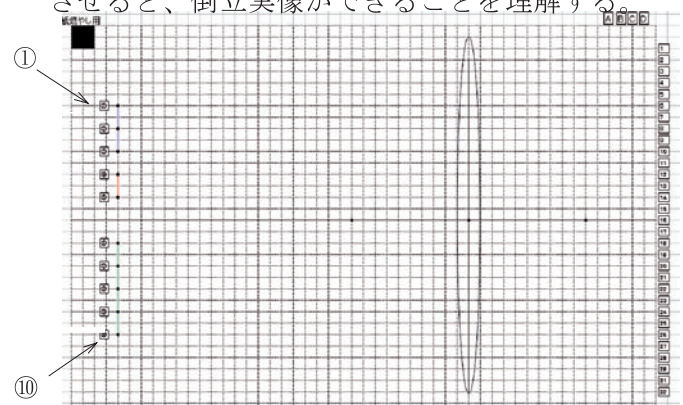
[第2時]

- ① 生徒にピンホールカメラで写真撮影をさせることによって、ピンホールカメラの原理を確認させる。
- ② 凸レンズによって、実物よりも大きな虚像ができることを作図によって理解させるとともに、生徒実験で確認させ、実感をもたせる。
- ③ 組み合わせ凸レンズによるケプラー式望遠鏡の原理を、作図によって理解させるとともに、生徒実験によって確認させ、実感をもたせる。

### 3 他の内容との関連

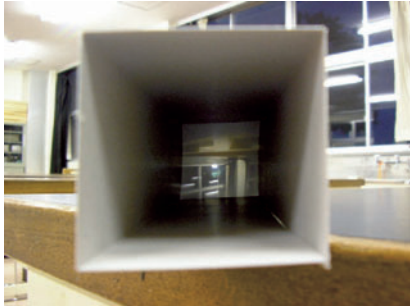


[第1時] 授業展開

指導内容	学習活動
<p><b>○発問1</b> 「今までに、レンズを用いた実験としてどんなことをやったことがありますか。」</p>	<p>＜生徒の答え＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽光を集光しての紙燃やし</li> <li>・実像と虚像を作る実験</li> <li>・ものを拡大して見る</li> </ul>
<p><b>○生徒実験1（太陽光を集める）</b> ・太陽光を凸レンズで集めることにより、紙を焦がして見るよう指示する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各自、学習プリント1と凸レンズを持って窓際に移動し、太陽光を凸レンズで集光して学習プリント1の黒塗りの部分を焦がして見る。</li> </ul>
<p><b>○発問2</b> 「太陽光と同じように、蛍光灯の光も凸レンズを使って一点に集めることができますか。」</p>	<p>＜生徒の答え＞（数字は、挙手した生徒の割合）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・できると思う(23%)</li> <li>・できないと思う(70%)</li> <li>・分からない(7%)</li> </ul>
<p><b>○生徒実験2（蛍光灯の光を集める）</b> ・天井の蛍光灯の光を凸レンズで集めさせ、一点に集まらないことを確認させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽の場合も、蛍光灯の場合も、紙の上には実像が映るが、太陽の像は小さいために光が一点に集まったように見えたことを理解する。</li> </ul>
<p><b>○凸レンズの性質の復習</b> ・凸レンズと通過する3本の代表的な線を黒板に図示し、その進路に関する規則を確認させる。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中学校で学習した、以下の凸レンズの性質を復習する。 A：レンズの光軸に平行に入射した光線は、反対側の焦点を通過する。 B：レンズの中心を通過する光線は直進する。 C：焦点を通過してからレンズに入射する光線は、レンズ通過後は光軸に平行な向きに進む。</li> </ul>
<p><b>○作図1（凸レンズによる実像）</b> ・生徒配付の学習プリント1を用い、点光源を表す①から⑩までの番号のうち、自分の班の番号と等しい点から出た3本の光線A、B、Cについて、その経路を線で記入させる。 ・黒板に模造紙（学習プリント1と同じもの）を貼り付け、班の代表者に、3本の光線A、B、Cの交点の座標を発表させ、模造紙に記入する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・焦点距離より遠い物体からの光を凸レンズで屈折させると、倒立実像ができることを理解する。</li> </ul>  <p>(学習プリント1)</p>

### ○生徒実験 3 (カメラオブスキュラ 1)

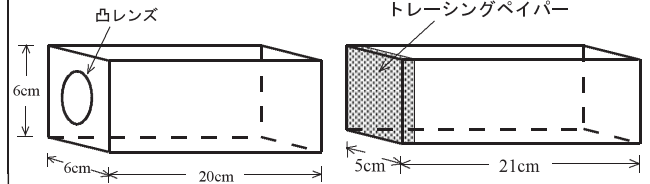
- ・カメラオブスキュラを班毎に配付し、教室にあるものや外の景色などをスクリーンに映して観察させる。



- ・作図 1 で確かめた、凸レンズによって実像ができる様子を実験によって確認する。

#### 【カメラオブスキュラについて】

本来のカメラオブスキュラは、レンズがなくピンホールからの光をスクリーンに映すものであるが、この授業では、凸レンズを用い、実像がトレーシングペーパーに映るようにしたものを目指す。



### ○発問 3

「カメラオブスキュラの凸レンズの下半分を黒いビニールテープ紙で隠すと、実像の様子はどうなると思いますか。」

- ・作図 1 で用いた模造紙を使って、レンズの面積が減っても像の形が変わらないことを説明する。

<生徒の答え> (数字は、挙手した生徒の割合)

- ・下半分しか映らないと思う (11%)
- ・上半分しか映らないと思う (17%)
- ・全体が映ると思う (61%)
- ・像は映らないと思う (11%)

### ○生徒実験 4 (カメラオブスキュラ 2)

- ・凸レンズの下半分に黒色ビニールテープを貼り付けてから像を観察させ、像の形は変わらず、暗くなることを確認させる。

- ・レンズの面積が半分になると、その実像の形、大きさは変化しないが、明るさが半分になることを理解する。

### ○演示 (ピンホールカメラの原理)

- ・黒板に別の模造紙を貼り付け、レンズの代わりにピンホールのみでも実像ができることを作図によって説明する。

- ・凸レンズで実像ができている場合、レンズの面積をしだいに小さくしていくと、レンズを通過する光線は中心付近を直進するもののみになることから、ピンホールで実像ができることを理解する。

### ○演示実験 (教室ピンホールカメラ)

- ・暗幕等を用いて教室内を暗室とし、ピンホールからの外の景色をスクリーンに映して観察させる。

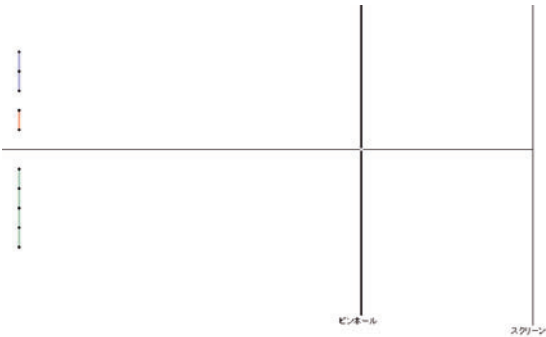


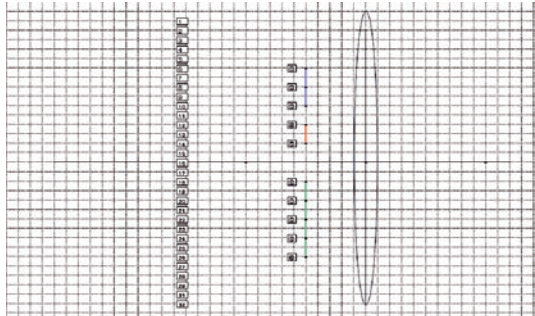


(スクリーンに映った景色)

#### 【教室ピンホールカメラについて】

- ①教室の暗幕を完全に閉め、隙間はガムテープでふさぎ、光が入ってこないようにする。
- ②明るい景色が外に広がっている方の暗幕の一部を丸く開けて、画用紙をくりぬいて作ったピンホール (直径 4 mm) をガムテープで固定する。
- ③白色半透明のポリ袋を枠 (100 cm × 50 cm) に貼り付けてスクリーンとし、ピンホールから 2 m 程度の位置に置く。

[2時間目] 授業展開

指 導 内 容	学 習 活 動
<p><b>○作図2 (ピンホールカメラの原理)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・黒板に貼った模造紙を用いて、ピンホールを通過した光線が実像をつくることを説明する。</li> <li>・学習プリント2で各自作図するよう指示する。</li> <li>・穴の大きさが大きすぎると、像がにじんでしまうが、逆に小さすぎても、回折の影響で解像度が悪くなることを説明する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図により、ピンホールカメラの原理を復習する。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">(模造紙)</p>
<p><b>○生徒実験5 (ピンホールカメラ撮影)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラの使い方を説明し、班毎に好きなものを撮影させる。</li> <li>・レンズ付きのカメラと異なり、光を集める作用がないため像が暗くなってしまいが、原理的にすべての距離にピントが合うため、近いものと遠いものを一枚の写真に、共に鮮明に写せることを説明する。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">(生徒作品の例)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「ポラロイド ピンホール80」を用いて好きなものを撮影し、現像して観察する。</li> </ul> <p><b>【使用したピンホールカメラとフィルム】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本ポラロイド株式会社製「ポラロイドピンホール80」(定価9800円)を使用。</li> <li>・カラーのポラロイドフィルム「タイプ89」を使用し、室内での露光時間は40秒～90秒、現像時間は90秒程度。</li> </ul> 
<p><b>○作図3 (凸レンズによる虚像)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・学習プリント3を用いて、凸レンズの焦点距離より近い物体から出た光線がレンズで屈折することによって、虚像ができる様子を班毎に作図させ、班の代表者に3本の光線A、B、Cの交点の座標を発表させる。</li> <li>・黒板に模造紙(学習プリント3と同じもの)を貼り付けて各班の結果を記入し、レンズの手前に正立の虚像ができることを説明する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凸レンズの焦点距離より近い物体から出た光線がレンズで屈折すると、レンズの手前に正立の虚像ができることを理解する。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">(学習プリント3)</p>

<p><b>○発問 4</b></p> <p>「凸レンズによる虚像には、前回学習した実像と比べてどのような違いがありますか。」</p>	<p>＜生徒の答え＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大きい。</li> <li>・逆さまになっていない。</li> <li>・スクリーンに映らず、レンズの手前にできる。</li> </ul>
<p><b>○虫眼鏡の原理を説明</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・凸レンズは、焦点距離より近いものであれば、実物より大きな正立虚像をつくることができ、ものを拡大して観察するのに利用できることを説明する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凸レンズによってできる虚像の大きさは、物体が手前側の焦点に近づくほど大きくなり、物体とレンズ間の距離が焦点距離と等しいときは、物体から出た光線は、レンズ通過後に平行光線となることを理解する。</li> </ul>
<p><b>○発問 5</b></p> <p>「焦点距離より遠くの物体を拡大して観察するにはどうすればよいでしょうか。」</p>	<p>＜生徒の答え＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分からない（全員）</li> </ul>
<p><b>○ケプラー式望遠鏡の原理説明</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・焦点距離よりも遠い物体を拡大して観察するには、一枚目の凸レンズでつくった実像が二枚目の凸レンズの焦点距離のわずかに内側にできるようにすればよいことを説明する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケプラー式望遠鏡は、焦点距離の長い対物レンズによる実像を、接眼レンズという虫眼鏡で拡大して観察するものであることを理解する。</li> <li>・二枚のレンズの焦点を一致させて、無限遠に虚像をつくって使用することも多いということを理解する。</li> </ul>
<p><b>○生徒実験 6（カメラオブスキュラ 3）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラオブスキュラのスクリーンに実像が映るようにピントを合わせておき、その実像を虫眼鏡で拡大して観察するよう指示する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラオブスキュラの内側の筒に切れ込みを入れておき、虫眼鏡をその切れ込みに差し込むことにより、スクリーンに映った実像を観察する。</li> <li>・倒立虚像が観察できることを確認する。</li> <li>・スクリーンは必要がないことを理解する。</li> </ul>
<p><b>○生徒実験 7（ケプラー式望遠鏡）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・焦点距離の大きな凸レンズを対物レンズとし、焦点距離の小さな凸レンズを接眼レンズとして観察した後、二枚のレンズを入れ替えて観察する。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対物レンズとしては焦点距離の長い凸レンズを用いて大きな実像をつくり、接眼レンズとしては焦点距離が短く、倍率の高い凸レンズを用いることによって望遠鏡としての倍率を大きくすることができることを理解する。</li> <li>・実像はスクリーンに映っていない状態でも空間にできており、光学的には実際の光源と同等のはたらしきをもつことを実感する。</li> </ul>

**第1時の授業の様子を、教師（T）と生徒（S）の会話で示す。**

T：今日のテーマはこれ。そうレンズです。凸レンズについては中学校でも学習しましたが、今回はその復習をしながら、レンズの利用法についても考えてみたいと思います。ところで、レンズはどんなものに使われているでしょう？

S：望遠鏡、顕微鏡

S：カメラ、DVDドライブ

T：そうですね。レンズは様々な場面で利用されており、身近で重要なものです。皆さんの机の上にレンズがありますから、手にとってみてください。横から見るとこんな風にふくれているので、これを凸レンズといいます。逆にへこんだ形の凹レンズというものもあって、これについては後で学習します。ところで、「**今までに、レンズを用いた実験としてどんなことをやったことがありますか？**」（発問1）

S：虫を拡大して観察しました。

S：実像とか虚像とかをつくる実験をしたような記憶があります。

S：太陽の光を集めて紙を燃やしました。

T：紙燃やしの実験などはよくやられるでしょう。そう書いた人どれくらいいますか？（31名が挙手）

T：この実験は小学校3年生でやることになっているので、大部分の人がやったことがあるようですね。それでは、凸レンズの役割は一言で言うと何ですか？

S：光を曲げる。

S：光を一点にあつめる。

T：入ってきた光を一点に集めるとする人どれくらいいますか？（34名が挙手）  
なるほど、分かりました。ではやってみましょうか？

**○生徒実験1（太陽光を集める）**

（レンズと、生徒配付プリント2を持って窓際に移動させる。そして紙が焦げたら自分の席に戻るよう指示する。）

T：確かに光が集まって、まぶしいくらいになり、紙が燃えましたね。それでは、レンズの役割が光を一点に集めるということならば、どんな光でも一点に集められるのでしょうか。例えば、教室の天井にある**蛍光灯の光も一点に集めることができますか。（発問2）**  
集められると思う人？（9名が挙手）では、実際にやってみましょう。

**○生徒実験2（蛍光灯の光を集める）**

T：出来ましたか？蛍光灯の光をうまく1点に集められたという人どれくらいいますか？  
（だれも挙手しない）

S：出来ません。

T：では一点に集まる代わりに何が起きましたか？

S：蛍光灯が映りました。

T：どうやら凸レンズはどんな光でも一点に集められるわけではないようですね。では、逆に何で太陽の光の場合は一点に集まったのでしょうか？

S：??

T : (ちょっと間をおいて) 分かりませんか。では、太陽光の実験をやったときの、あの光輝く点の正体は何ですか。蛍光灯の光を集めようとしたら、蛍光灯が映ったことから考えてみてください。

S : あ、もしかして太陽が映っただけ？

T : そうです。あれは太陽なんです。小さくて丸いので点のように見えただけなのです。紙に映った輝く太陽や蛍光灯を実像とよぶことは、中学校で学習しましたよね。この凸レンズの性質はカメラに使われています。たとえば、レンズを使って景色を紙に映しておき、長時間経てば紙が日焼けしてこの紙に景色が残るかもしれません。実際には、そんなに気の長いことはしてられないので、フィルムを使うわけです。フィルムはものすごく日焼けしやすい紙だと思ってください。だから、一瞬でハッキリクッキリ写るわけです。目の構造も似たようなものです。目には角膜や水晶体という凸レンズが入っています。目の奥には網膜という景色を映すスクリーンがあって、そこに映った景色が神経を刺激して、「見える」という感覚が生まれるわけです。

### ○凸レンズの性質の復習

T : では、さらに授業を進めます。ここまでの流れで、凸レンズは光を操作して像を作る道具だということが分かりました。次は、なぜ凸レンズがそんなはたらきをするのか、という点に注目して、レンズの性質を調べていきたいと思います。ここで中学校の復習をしましょう。凸レンズに入射した光線がその後どう進むか、を整理してみると

A : レンズの光軸に平行に入射した光線は、反対側の焦点を通過する。

B : レンズの中心を通過する光線は直進する。

C : 焦点を通過してからレンズに入射する光線は、レンズ通過後は光軸に平行な向きに進む。

こんな3つの性質がありましまよね。レンズは周囲の空気とは違う材質で出来ているので、光は空気中からレンズに入るときと、レンズから空気中に出るときの2回屈折して曲がります。屈折の法則についてはこの前学習しましたね。あの法則を使えばレンズの性質が説明できるんですが、かなり複雑になりますから今回は踏み込まないことにします。

T : この3つの性質を利用すれば、例えば凸レンズの左側にある光源から凸レンズに入射した光が、レンズを通過後どうなるかなどを作図によって簡単に調べることができます。それではプリント1を出してください。これから、指示に従ってそのプリントに作図をしてもらいます。(生徒は4人で1班、全部で10班に分かれている) まず、物体に書かれている番号に注目してください。自分の班の番号と同じ番号から出た光について、その進路を表す直線をかいてみてください。具体的には、**そこから出た光のうち、先ほど説明したA、B、Cの3本の光線について、作図をしてください。(作図1)**

T : 作図は終わりましたか。3本の光線はどうなりました。

S : 一点に集まりました。

T : そうです。こうして、凸レンズの焦点距離より遠くの一点からでた光は、レンズを通過した後、再び一点に集まるという性質があるのです。これが凸レンズの真の役割であり、実像をつくる仕組みなのです。ちなみに、物体から出てレンズに入射する光線は無数にありますが、この3本だけが進路を作図しやすいために、像の作図のときよく用いられます。実際にはこの3本のうちのいずれかの2本だけで像の作図はできます。

T：ここで、みなさんの結果を模造紙に集めてみます。班の代表の人、光が集まった座標を教えてください。その座標をこの模造紙に書き込んでいきましょう。

T：それでは、これを見てください。レンズの向こうにあった光の点の集合が、レンズのこちら側に再現されましたね。皆さんの結果を全部合わせることによって実像が作図できました。

### ○生徒実験3（カメラオブスキュラ1）

T：では作図で確かめたことを実際に実験してみたいと思います。カメラオブスキュラという道具が机の下にあります。こんなものです。仕組みを説明しますので、見ながら理解してください。（簡単な原理の説明、ピント合わせの説明をした後）では、実際にいろいろな物の像を映してみてください。どうですか？

S：うお～、マジ映ってる。

S：映画みたい。でも逆さまだ。

T：逆さまに映ることは、さっきの作図で分かっていたよね。ここで質問をします。こんな事したらどうなると思いますか。実際にはやらないで予想してくださいね。

**「カメラオブスキュラの凸レンズの下半分を黒いビニールテープ紙で隠すと、実像の様子はどうなると思いますか。」（発問3）**

S：下半分しか映らない。

S：上半分。

S：変わらない。

T：さっき作図した模造紙を使って予想してみましょう。このレンズの下半分を通る光線がカットされるとしたら…、どうですか？像は出来そうですか？

S：あ、普通に出来る。

T：そうですね。さっきとの違いは、集められる光の量が半分になってしまったということだけです。だから、像の形は変わらないが、像の明るさが半分になります。

### ○生徒実験4（カメラオブスキュラ2）

S：本当だ。ちょっと暗くなるけど形は変わらない。

T：一点からでた光を一点に集めることが可能ならば、大きさが小さくなったとしても、レンズは像をつくることのできるのです。これが理解できると、景色を映すにはレンズさえもいらぬことがわかります。凸レンズの中心だけを残し、それ以外の部分に黒いビニールテープを貼り付けたらどうなると思いますか。光線はレンズの中心しか通れなくなります。レンズの中心を通過する光線は直進するだけですから、レンズはあってもなくても同じです。

T：ではこんなものを用意しましょう。（工作用紙を取り出し、小さな穴をあける）これがレンズの代わりをしてくれます。これをレンズの代わりにおいて、作図してみましょうか。

### ○演示（ピンホールカメラの原理）

T：どうですか？

S：あ、確かに一点から出た光が一点にしか行きようが無い。でも集まった訳じゃないけど。



T：別に一点から出たすべての光が集まらなければ像が出来ないわけではありません。とにかく一点から出た光が向こう側の一点に行けばいいのです。このようにして単なる穴でカメラのように景色を写すことができ、これをピンホールカメラとよびます。ただ、欠点があります。何でしょうか？

S：暗い。

T：そうです。凸レンズなら、レンズを通過する光線を全て一点に集めることが出来ます。しかし、ピンホールカメラでは、この穴に向かって進んできた光線しか通さないのです、必然的に像は暗くなります。レンズと比べると、とことん暗い。しかし、像は映る。

T：でも、本当に単なる穴で像をつくれることを信じられますか？実際に見たくないですか？そこで、今日のメインイベントを行います。教室ピンホールカメラの実験です。

### ○演示実験（教室ピンホールカメラ）

T：こんな風に教室を暗室にして、さっき工作用紙でつくったピンホールだけから校庭からの光が入ってくるようにします。スクリーンは、この半透明の大きなポリ袋を切り開いて枠に貼り付けたものを使います。

T：それでは準備ができたので、誰か蛍光灯のスイッチを切ってください。

T：どうですか？何か映ってますか？

S：おああおお。

S：マジ？

S：やべえ。

T：ね？映ったでしょ？ここ印画紙を置けば写真だって撮れます。実際、次の時間にはレンズの代わりにピンホールを使ったカメラ、ピンホールカメラを使って皆さんに本物の写真を撮影してもらおう予定です。その他に、2枚の凸レンズを組み合わせることによって、おもしろい実験をやってみようとも考えていますので、楽しみにしてください。