

ひかり 光とレンズ

1 導入

この講義で最重要なのは、レンズを「像を作る装置」として、光線がどこで交わるかを幾何的に追うことです。

光学で不親切になりやすいのは、いきなり $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ だけを覚えさせて、像がなぜその位置に出るのかを見せないことです。この講義では、まず光線図で像の意味を押さえ、そのあとで公式へ進みます。

2 用語と定義

焦点距離は f 、物体距離は a 、像距離は b とします。

3 方針

光軸に平行な光線、焦点を通る光線、光学中心を通る光線の3本を使って像を決めます。計算だけでなく、実像か虚像か、倒立か正立かを同時に判断できるようにするのが目標です。

→ [講義 鏡と像の基本](#) [lecture](#) [physics](#) [optics](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/optics/鏡と像の基本-講義/>

→ [講義 図形と方程式の基本](#) [lecture](#) [math](#) [geometry](#)
<https://study.bem130.com/lecture/math/geometry/図形と方程式の基本-講義/>

→ [講義 スネルの法則の基本](#) [lecture](#) [physics](#) [optics](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/optics/スネルの法則の基本-講義/>

4 直感的な説明

像とは、「物体の1点から出た光が、レンズを通った後にどこで集まるか、あるいはどこから出てきたように見えるか」で決まります。したがって、像を調べる時は光線を1本ではなく、性質の分かった2本か3本で交点を見ます。

5 厳密な説明

5.1 1. レンズの公式

薄い凸レンズを考えます。物体の上端から出た光について、

- 光軸に平行に進む光線は、レンズ通過後に焦点を通る
- 光学中心を通る光線は、薄いレンズではほぼ直進するとみなせる

とします。この2本の交点が像です。
物体の高さを h とすると、相似から

$$\frac{h}{a} = \frac{h'}{b}$$

です。また、焦点を通る光線についてもう1つの相似を作ると

$$\frac{h}{a-f} = \frac{h'}{f}$$

です。 h' を消去すると

$$\frac{b}{a} = \frac{f}{a-f}$$

なので、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

です。

5.2 2. 倍率

倍率は像の高さ h' と物体の高さ h の比なので

$$m = \frac{h'}{h}$$

です。さきほどの相似から

$$m = \frac{b}{a}$$

です。

5.3 3. 具体例

$a = 30, f = 10$ とすると

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{b} = \frac{1}{10}$$

より

$$\frac{1}{b} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15}$$

なので $b = 15$ です。

この結果から、像はレンズの反対側にできる実像であり、 $m = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$ なので大きさは半分になります。

6 別の見方

6.1 幾何光学の見方

レンズの公式は数値計算の道具ですが、光線図は像の性質を一目で判断する道具です。この2つを分けずに一緒に使えるようになると、問題がかなり解きやすくなります。

6.2 波動光学とのつながり

→ 講義 ホイヘンスの原理の基本 [lecture](#) [physics](#) [optics](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/optics/ホイヘンスの原理の基本-講義/>

大学物理では、レンズは単に光線を曲げる道具ではなく、波面に位置ごとの位相差を与える装置としても見えます。ここでは幾何光学を主役にしてはいますが、その背後に波面の見方があると考えると、像ができる理由がより深く見えます。

7 見分け方

- 実像か虚像か、倒立か正立かを問われたら、まず光線図を描きます。
- 数値計算なら $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 、見た目の判断なら光線図です。

8 どこまで成り立つか

ここでの公式は薄いレンズ近似を使っています。厚いレンズや収差まで考えると、もっと丁寧な扱いが必要です。また光線として扱うのは、波長がレンズの大きさや像の変化する尺度に比べて十分小さいときの近似です。

9 最終形

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$m = \frac{b}{a}$$

10 一言でいうと

- レンズでは、光線を3本追えば像の位置と性質が見えます。

11 関連リンク

→ 講義 反射と屈折 [lecture](#) [physics](#) [optics](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/optics/反射と屈折-講義/>

→ 講義 波の基本 [lecture](#) [physics](#) [waves](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/waves/波の基本-講義/>

→ 講義 ホイヘンスの原理の基本 [lecture](#) [physics](#) [optics](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/optics/ホイヘンスの原理の基本-講義/>