

## 実験 7. 薄レンズの焦点距離

### 目的

レンズの性質を理解し、その焦点距離を求める。

「予習課題」： テキストをよく読み、後に付した予習課題の空欄を埋めてくること。  
ホームページを見て感想を書いてくること

### レンズと焦点距離

ガラスやプラスチックなどの透明な板の両面を凸または凹の曲面に研磨したものをレンズという。レンズは入射した光束を収束または発散させて像を作る。レンズを透過した光が収束して一点に集まる場合は**実像**、光線が発散してその逆向きの延長が一点に集まる場合は**虚像**である。中央部が縁よりも厚いものを**凸レンズ (convex lens)** といい、光を収束させる性質がある。また、中央部が縁よりも薄いものを**凹レンズ (concave lens)** といい、光を発散させる性質がある。レンズの両曲面の曲率中心を結ぶ直線は**光軸**と呼ばれる。

厚さの薄い単レンズを考え、**光軸に平行な光線を入射させると**、レンズを透過した後、光束は光軸上の一点に収束したり (凸レンズ)、あるいは一点から放射されたように発散する (凹レンズ)。これらの点をレンズの**焦点 (focal point)** といい、**レンズから焦点までの距離をレンズの焦点距離**という。

\*レンズによる像は、**レンズの収差**によるぼけ、色づき、ゆがみや、さらに光の波動性によるぼけ (回折) などのために、物体の忠実な再現ではない。しかし、**光軸近傍 (近軸域)**にある**光線 (近軸光線)**に対しては、物体の一点から拡散していく**無数の光線**はレンズを透過した後、一点に集まる。この点を**像点**といい、この場合、像は鮮明でぼけることがない。

### 語源

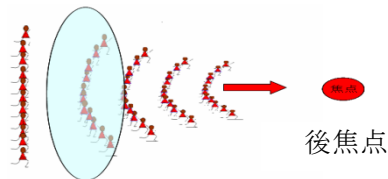
レンズ豆 (ラテン名: レンズ) がレンズの語源

マメ科一年草 凸レンズの形をした 5 mm 前後の種子 (右の写真 →)



### 1. 凸レンズ (Convex lens)

平行な光束の波面が凸レンズにより湾曲し、レンズの焦点に収束する様子

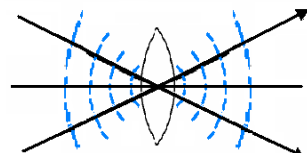
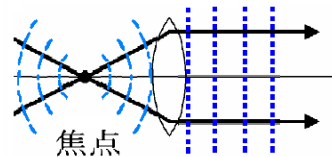
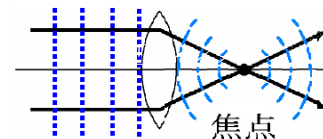


平行光



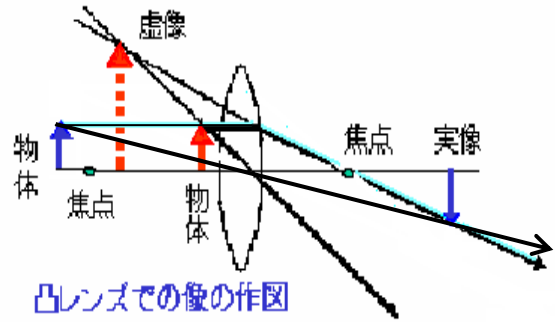
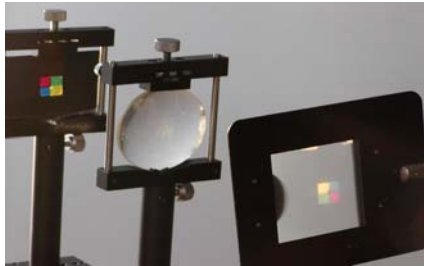
凸レンズの性質

- 1) 光軸に平行な光束はレンズの焦点に集まる。
- 2) 逆に、焦点を通過した光はレンズを透過後、光軸と平行となる。(光線逆進の原理)
- 3) レンズの中心を通る光線は直進する。



## 1.-1 凸レンズによる結像

物体をレンズの焦点の外に置くと、倒立の**実像** (Real image) ができる。



物体の色の配列と実像の色の配列は上下左右が逆になる。

また、物体をレンズの焦点の内側に置くと正立の**虚像** (Virtual image) ができる。

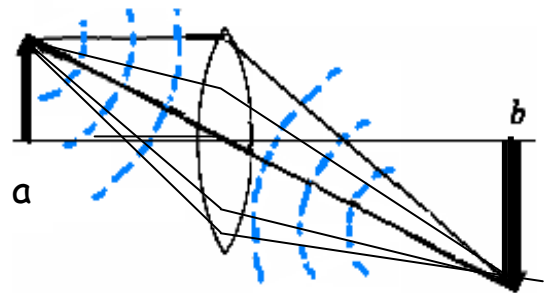
## 1.-2 レンズの公式

焦点距離  $f$  のレンズから物体までの距離を  $a$ 、レンズから像までの距離を  $b$  とすると、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

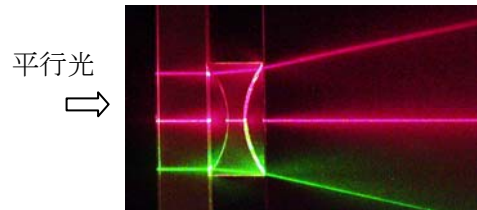
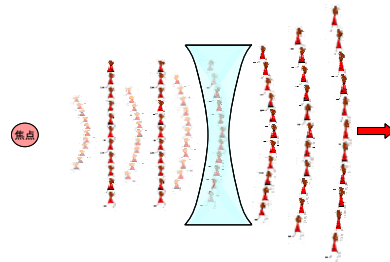
が成り立つ。

ここで、凸レンズの焦点距離は正と約束する。



## 2. 凹レンズ (Concave lens)

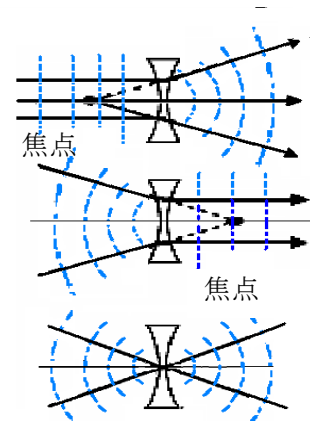
平行な光束の波面が凹レンズにより湾曲し、レンズの焦点から出たかのように発散する様子



凹レンズ

凹レンズの性質

- 1) 光軸に平行な光束はレンズの焦点から出たかのように発散する。
- 2) 逆に、焦点に収束する光線はレンズを透過後、光軸と平行となる。(光線逆進の原理)
- 3) レンズの中を通る光線は直進する。



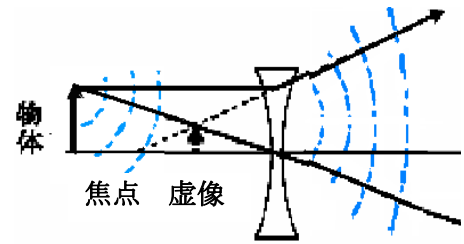
## 2-1 凹レンズによる結像

焦点距離  $f$  のレンズから物体までの距離を  $a$ 、レンズから像（虚像）までの距離を  $b$  とすると、凸レンズの場合と同様に、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{-b} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

が成り立つ。

ここで、凹レンズの焦点距離は負と約束する。



凹レンズでの像の作図

## 2-2 凹レンズの焦点距離の測定

測定手順

### 1) 第一段階

凸レンズにより光源の像を作る。

### 2) 第二段階

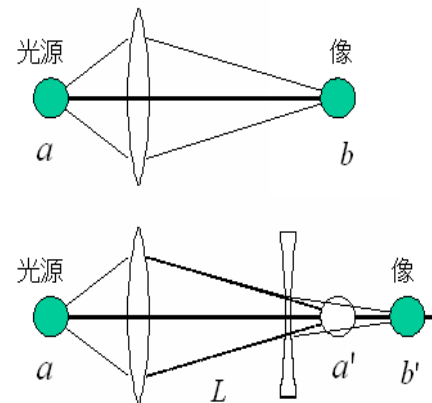
凸レンズと像の間に凹レンズをおき、新たに像のできる位置  $b'$  を測定する。

このとき、最初の像の位置が凹レンズにとっての光源となる。従って、凹レンズの焦点距離を  $f$  とすると、

$$\frac{1}{-a'} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

の関係が成り立つ。

ここで、凸レンズと凹レンズ間の距離を  $L$  とすると、 $a' = b - L$  である。また、 $b'$  は像の凹レンズからの距離である。



物体と像の位置および焦点距離の符号についての一般的な約束

物体がレンズの前にあるときは正、レンズの後ろにあるときは負とする。

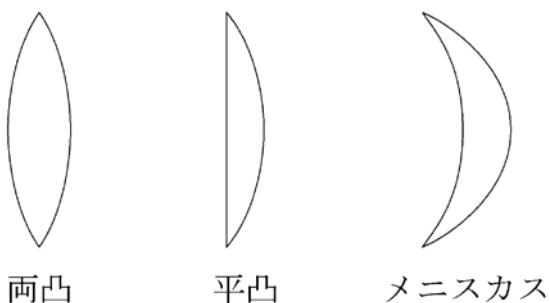
像はレンズの後ろにあるときは正、レンズの前にあるときは負とする。

レンズの焦点距離は凸レンズの場合は正、凹レンズの場合は負として表わす。

これらの約束に従えば、凹レンズの式 ((2)と(3)) におけるマイナスの符号は不要となる！

## 3. さまざまなレンズ

### 凸レンズの種類



両凸

平凸

メニスカス

### 凹レンズの種類



両凹

平凹

メニスカス

## 4. 実験

### 4.-1 凸レンズの焦点距離

#### 1) 測定手順

まず十字板と凸レンズ、それにスクリーンの中心を、ランプの明るいところに合わせる。

位置を測定するには、A、L、Bの、ベンチの赤線の物差しの値を読み取る。

図-1のように光源ランプと十字板の位置Aは初めから終わりまで固定しておく。

凸レンズLを任意の位置に置き、スクリーン上に十字板の像を結ばせるようにスクリーンを動かす。

(像が写らない場合には凸レンズの位置を変え、スクリーンを動かすことをくり返す。)

図-1

スクリーン上に十字線のピントが合っている時、A、L、Bの位置を読み記録する。またスクリーン上の図形についても記録せよ。スクリーン上に映る像は**実像**である。

$$a = L - A \quad b = B - L$$

として、レンズの公式(1)より焦点距離  $f$  が求まる。

凸レンズの位置Lを変えて、測定をくり返しなさい。

A = \_\_\_\_\_ の場合

a	b	1/a	1/b	1/f	f	像の見え方

#### 2) データ処理

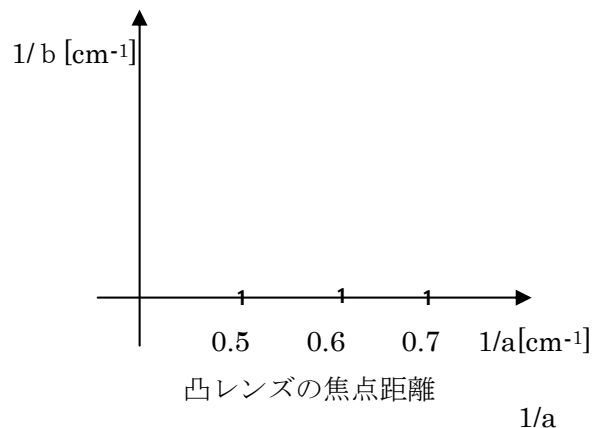
$1/a$  を横軸、 $1/b$  を縦軸にとって、方眼紙にデータをプロットし、グラフを書く。測定した点は直線上に分布するので、測定点が直線の両側に均等に分布するように直線を引く。

$1/a=0$  のとき、 $1/b=1/f$  となるから、グラフより  $1/b$  を読み取り、焦点距離  $f$  を求めなさい。

#### 3) 凸レンズの測定結果

計算により平均を求めた場合

グラフの切片から求めた場合



## 4.-2 凹レンズの焦点距離

実験の手順は2段階に分かれている。

第一段階は収束光線を作りその収束点を求めること。

第二段階は凹レンズの焦点距離を求めることを目的とする。

### 1) 測定手順

#### 第1段階

凹レンズは使用しないで凸レンズの実験と同じ配置(図-1)で行う。

十字板と凸レンズをある位置に固定して、スクリーンを移動させて像のピントの合う位置を正確に求める。A、L、Bを読み取る。

#### 第2段階

凹レンズを凸レンズとスクリーンの間の任意の位置に置く。

この結果ピントが合わなくなるのでスクリーンを動かして再びピントを合わせる。

このとき凹レンズとスクリーンの位置L'、B'を読み取る。

第1段階のレンズの位置Lを動かさず第2段階の凹レンズL'を数cm動かしてピントを合わせ直し、f'を求める(凹レンズはLB'の間で動かす)。

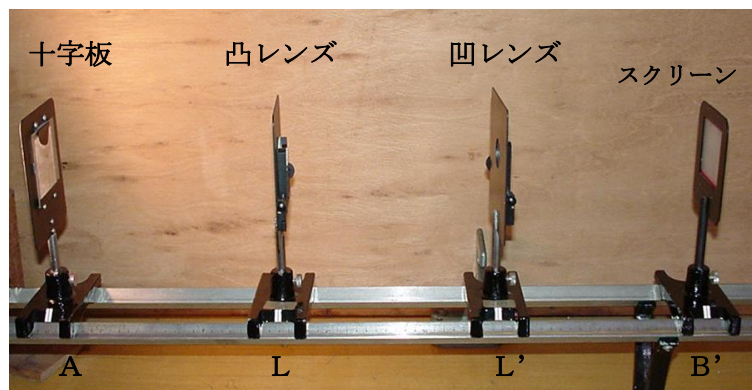


図-2

凹レンズL'から仮想の物体位置までの距離  $a' = B - L'$

凹レンズL'から像までの距離  $b' = B' - L'$

であり、またa'とb'と焦点距離f'との関係は式(3)である。

L = \_\_\_\_\_ の場合、

a'	b'	1/a'	1/b'	1/f'	f'	像の見え方

### 2) データ処理

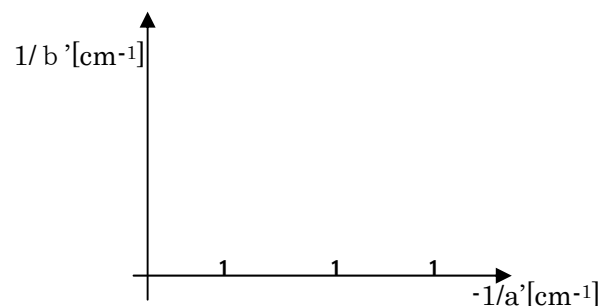
1/a'を横軸、1/b'を縦軸にとって、方眼紙にデータをプロットし、グラフを書く。測定した点は直線上に分布するので、測定点が直線の両側に均等に分布するように直線を引く。

1/a'=0のとき、1/b'=1/f'となるから、グラフより1/b'を読み取り、焦点距離f'を求めなさい。

### 3) 凹レンズの測定結果

計算により平均を求めた場合

グラフの切片から求めた場合



凹レンズの焦点距離

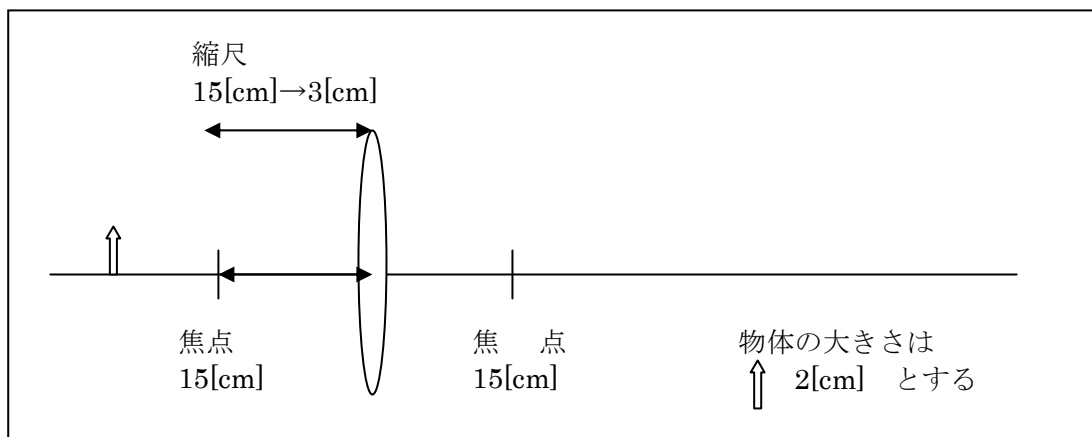
## 5. 考察および課題

- \* 像はどのようにみえましたか？（形、大きさなど図形の様子について、言葉や図を使って説明してください。）
- \* 凸レンズにより、実像ができる場合と虚像になる場合について作図で説明してください。  
（各自、行った実験データのひとつを選び、縮尺して描いてみるとよい→チャレンジ考察）
- \* レンズの焦点について理解したことを箇条書きにしてください。
- \* 凸レンズを黒紙で半分覆ったとき、像はどうなりましたか？  
（予習のときと結果は一致しましたか？それとも異なっていましたか？）  
理由について説明できますか？

誤差の原因と改善方法があれば描きなさい。

レンズの種類について調べなさい。

レンズの収差について調べなさい。



レポート作成後の感想


# 実験 7. 薄レンズの焦点距離

学籍番号

氏 名

「予習課題」： ホームページを見て感想を書いてくること。下記の空欄を埋めること。

< 第 1 回目の実験が実験 7 から始まる班は、実験 6 も読むこと。 >

1. 中央部が縁よりも厚いものを  といい、光を  させる性質がある。  
また、中央部が縁よりも薄いものを  といい、光を  させる性質がある。
2. レンズの両曲面の曲率中心を結ぶ直線は  と呼ばれる。
3. 光軸に平行な光線を入射させたとき、レンズを透過した後、光束が光軸上の一点に収束するものを  レンズと呼び、一点から放射されたように発散するものを  レンズという。
4. レンズから焦点までの距離をレンズの  という。
5. レンズを透過した光が収束して一点に集まってできる像を  と呼び、光線が発散してその逆向きの延長が一点に集まってできる像を  と呼ぶ。
6. 実際の光は一本の線ではない。無数の光線の集まりである。これを  と呼ぶ。
7. 凸レンズで物体  の実像ができる様子を図に示しなさい。



8. 物体が左側の焦点からさらに左にある場合、物体の像の大きさはどうなるか。  
(大きくなる / 小さくなる)
9. レンズを半分隠したとき、物体の像は ( 見える / 見えない )  
見え方は 隠す前と ( 変わらない / 変わる )  
→ なぜそう思うか。  
見えない → なぜそう思うか。

感 想 (HP について)