

科学教育実践セミナー「物理・天文学実習」および

夏休み自由研究「望遠鏡をつくろう」実施報告

長谷川 能三*

概要

2008年夏に教員向け研修・科学教育実践セミナーにおいて物理・天文学実習「かんたん望遠鏡づくり」を行なった。また、その実践として自らも小中学生対象に夏休み自由研究「望遠鏡をつくろう」を行なったので、あわせて報告する。

1. はじめに

天体望遠鏡は高価なこともあり、特殊なものという印象があるかもしれない。しかし望遠鏡は今から400年前に発明されたものであり、その基本的な仕組みは簡単なものである。

そこで、望遠鏡でものが大きく見える仕組みを勉強しながら、安価で身近な材料を使って望遠鏡づくりを行なうことで、望遠鏡の原理を理解してもらおうと企画した。

尚、科学教育実践セミナーについては、午前中に大阪教育大学定金晃三教授の望遠鏡についての「物理・天文学講義」があり、午後の「物理・天文学実習」として「かんたん望遠鏡づくり」を担当した。

2. 実施日・参加者等

2-1. 科学教育実践セミナー

実施日：2008年7月29日・30日

対象：大阪市立学校教員

参加人数：1日目33名

2日目13名

2-2. 夏休み自由研究

実施日時：2008年7月31日 14時～15時30分

対象：小学4年生～中学3年生

参加費：500円

参加人数：36名

3. 内容

教員を対象とした「科学教育実践セミナー」と、小・中学生を対象とした「夏休み自由研究」では、テキストはそれぞれ別のものを作ったが、基本的な内容は同じである。主な内容は以下のとおり。

3-1. 望遠鏡の発明

まずは望遠鏡の歴史について簡単に紹介した。

望遠鏡は、1608年にオランダのメガネ職人のリッペルスハイが発明したと言われている。また翌1609年には、ガリレオ・ガリレイが望遠鏡を使って天体観測を行っており、これを記念して2009年は世界天文年にも制定されている。

3-2. 「ものが見える」ということ

ものが見えるのは、そのものから来た光が目に入るからである。自ら光を出しているものもあるが、多くのものは太陽や電灯などの光を乱反射しており、その光が目に入って見えているのである。しかし、ものに光があたって見えていても、そのものから光が来ているとはイメージしにくい。

そこで、スポットライトを用意し、部屋を暗くして天井のごく一部分だけにスポットライトをあてた。この状態で天井の光のあたっている部分を見ても、ふつうに天井が見えているという印象しかない。しかしまわりを見渡してもらくと、まわりの人や部屋の中が見えるようになっていく。これは天井にあたった光が乱反射して、そこから部屋中に光が来ているからである。また、輪郭はぼんやりしているが、この光で影ができていくのがわかる。この実験により、「ものが見えている」というのは「そのものから光が来ている」からであることを実感できる。

*大阪市立科学館 学芸課 学芸員
hasegawa@sci-museum.jp

3-3. カメラオブスキュラ

「カメラオブスキュラ」は暗い部屋という意味で、カメラの語源になっている言葉である。部屋を暗くして窓に1ヶ所だけ穴をあけて外の光が入るようにすると、外の景色が壁に逆さまに映るのである。今回は部屋の広さと人数の関係で、窓から1～2mのところトレーシングペーパーでスクリーンを作り、裏側から見るようにした。



写真1. 窓の穴とスクリーン



写真2. スクリーンに映った外の景色

カメラオブスキュラは、窓の穴を大きくするとスクリーンに映った景色は明るくなるがぼやけてしまう。逆に穴を小さくすると景色はシャープに映るが暗くなってしまう。そこで、穴の部分に凸レンズを取り付けると、明るくかつシャープな像を映すことができる。しかし、対象物の距離と凸レンズの焦点距離、スクリーンの位置によってピントを合わせが必要となる。

3-4. 望遠鏡の簡単な考え方

屈折式天体望遠鏡で一般的に用いられているケプラー式屈折望遠鏡は、簡単にいうと上記の凸レンズを取り付けたカメラオブスキュラで出来た像を、虫メガネで拡大してみるようなものである。

但し、望遠鏡の場合にはスクリーンは無く、空中に実像が出来ている。また、窓の穴に取り付けた凸レン

ズが望遠鏡の対物レンズ、スクリーンを拡大してみる虫メガネが接眼レンズに相当する。

また、ニュートン式やカセグレン式の反射望遠鏡等の場合、ケプラー式屈折望遠鏡の対物レンズに相当するのが、凹面鏡と平面鏡や凸面鏡を組み合わせたものであり、接眼レンズについてはケプラー式屈折望遠鏡と同じである。

しかしガリレオ式屈折望遠鏡の場合には、カメラオブスキュラで言えばスクリーンより向こう側に接眼レンズとなる凹レンズを配置することになるため、カメラオブスキュラから望遠鏡の原理を考えることができない。

3-5. 簡単望遠鏡の製作

このように、凸レンズが2枚あれば望遠鏡を作ることができる。そこで安価に入手できる凸レンズとして、いわゆる100円ショップで販売されている老眼鏡のレンズとルーペを用いて望遠鏡を製作した。

使用した老眼鏡は度数3.0のもので、ペンチやニッパでフレームを切ってレンズを取り出した。またルーペは2枚レンズのもので、以前100円ショップで販売していたのを見つけたものだが、今回、通信販売で入手した。材料は他に、A5サイズ程度の黒画用紙2枚とセロハンテープのみである。

まず画用紙1枚を丸め、直径2cm程度、長さ20cmあまりの筒を作り、セロハンテープでとめる。さらにこの筒のまわりにもう1枚の画用紙を巻いて丸め、わずかに直径の太い筒を作り、同様にセロハンテープでとめる。細い方の筒にはルーペを、太い方の筒には老眼鏡のレンズをセロハンテープでとめ、太い方の筒に細い方の筒を差し込めば望遠鏡の完成であり、2本の筒を抜き差しすることにより、ピント合わせをすることができる。また、接眼レンズをレンズ1枚にするか2枚にするかで、倍率を変えることができる。覗くときのコツとしては、接眼レンズにあまり目を近づけすぎずに、1～2cm離すことである。また、最初は接眼レンズを1枚にして、低倍率で見た方が、覗き方やピント合わせがわかりやすい。



写真3. 製作した望遠鏡を覗く参加者(教員)

3-6. 望遠鏡の倍率

望遠鏡の倍率は、「対物レンズの焦点距離÷接眼レンズの焦点距離」で計算できる。対物レンズに用いた老眼鏡の焦点距離は「1m÷度数」であり、今回用いた度数3.0の老眼鏡では33cmである。もっと焦点距離の長いレンズ(度数の小さい老眼鏡)を用いれば倍率が高くなるが、その分実視野が狭くなり工作も難しくなることから、このレンズを用いた。また、今回接眼レンズに用いたルーペは、レンズ1枚では焦点距離が約4cm、レンズ2枚では約2cmであった。これより、今回製作した望遠鏡の倍率は、レンズ1枚で約8倍、レンズ2枚では約16倍となる。

筒は簡単に作りかえることができるので、例えば台所用ラップの芯や塩化ビニルのパイプなどを用いれば、頑丈でかつこいい望遠鏡にすることができる。

最後に、科学教育実践セミナーおよび夏休み自由研究のテキストを、以下に掲載する。

4. まとめ

この簡単望遠鏡は、1人分200円程度と非常に安価でできる。ただ、その分レンズの精度は悪く、遠くの景色を見るだけではあまり気にならないが、天体を見るには精度が不足していて、月のクレーターなどもよくわからない。また、短時間で工作できるように画用紙とセロハンテープを用いたが、このままではレンズがはずれたり、筒がつぶれたりしやすい。ただ、レンズさえあれば

2008年7月 日

科学教育実践セミナー

物理・天文学 実習

大阪市立科学館 学芸課

長谷川 能三

〒530-0005 大阪市 北区 中之島 4-2-1

Phone 06-6444-5184

Fax 06-6444-5657

E-mail nozo@sci-museum.jp

Web <http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~nozo>

1. 望遠鏡の誕生

今からちょうど400年前の1608年、オランダのメガネ職人リッパルスハイが、レンズを組み合わせると遠くのものが大きく見えることを発見。これが望遠鏡の誕生だとされています。

翌1609年から、ガリレオ・ガリレイが望遠鏡を使って天体観測をしており、

- ・月にクレーターがあること
 - ・天の川が星の集団であること
 - ・木星のまわりを4つの衛星がまわっていること
 - ・土星が変な形をしていること
 - ・金星が薄ち欠けしていること
- などを発見しました。来年は、ガリレオが望遠鏡を星に向けてからちょうど400年であることを記念して、「世界天文年」となっています。

2. 「ものが見える」ということ

太陽や電球などからは「光が来ている」ということがイメージしやすい。

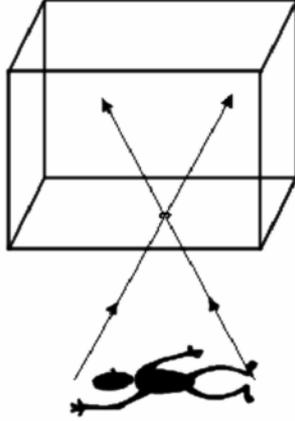
「ものが見える」ということは、そのものから来ている光が目に入っているが、「ものが見えている」と「ものから光が来ている」ということは、イメージしにくい。

ものに光が当たって乱反射されていることは、暗い部屋の中で、照明をものに当て、その反射光でまわりのものが照らされていることを見ると、理解しやすい。

3. カメラオプスキュラ

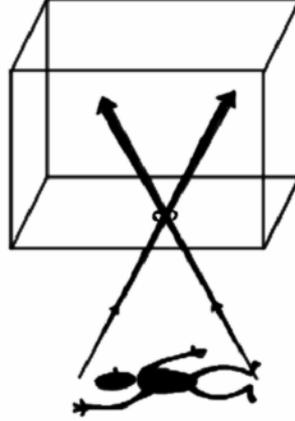
「カメラ」という言葉は、暗い箱という意味の「カメラオプスキュラ」が語源になっている。

箱に1ヶ所穴をあけると、外の景色が逆さまになって、箱の内側に映る。

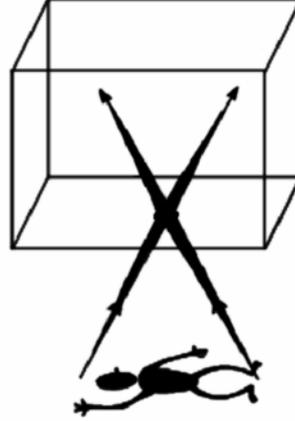


穴が小さいと、入ってくる光が少ないので、映った像は暗くなります。

穴を大きくすると、入ってくる光は多くなり、像は明るくなりますが、ぼやけてしまいます。



穴に凸レンズを取り付けることで、明るく鮮明な像ができますが、ピントを調節しなければならず、しかも一部分にしか合わないというデメリットもあります。



4. 望遠鏡の簡単な考え方

双眼鏡（オペラグラスを除く）や天体望遠鏡などでは、ケプラー式望遠鏡という方式がよく使われています。

ケプラー式望遠鏡は、

- ・対物レンズ（のぞき口とは反対側のレンズ）は凸レンズ
- ・接眼レンズ（のぞき口のレンズ、アイピースとも言う）は凸レンズ

になっています。

大雑把には、レンズを使ったカメラオプスキュラの像を、虫眼鏡で拡大して見ているようなこととなります。但し、一旦スクリーンに像を映さず、空中の像をそのまま拡大して見えています。

望遠鏡には他にもいろいろな方式があります。

ガリレオ式望遠鏡

- ・対物レンズは凸レンズ
- ・接眼レンズは凹レンズ

※逆さまにならないため、オペラグラスではこの方式がよく使われています

ニュートン式望遠鏡

- ・対物レンズの代わり（主鏡）は凹面鏡
 - ・接眼レンズは凸レンズ
 - ・主鏡と接眼レンズの間に、斜鏡という平面鏡が入っている
- ※望遠鏡の横からのぞくこととなります

カセグレン式望遠鏡

- ・対物レンズの代わり（主鏡）は、中央に穴のあいた凹面鏡
- ・接眼レンズは凸レンズ
- ・主鏡と接眼レンズの間に、凸面鏡（副鏡）が入っている

などなど

5. 単筒望遠鏡の製作

材料

対物レンズ：老眼鏡のレンズ（凸レンズ）

接眼レンズ：拡大鏡（凸レンズ）

鏡筒：黒の画用紙

老眼鏡は、100円ショップでも販売しています。

また、今回使用した拡大鏡は、12個1050円で購入したものです。
(<https://www.100enshop.com>)

6. 望遠鏡の倍率

望遠鏡の倍率は、

倍率＝対物レンズの焦点距離÷接眼レンズの焦点距離

で計算できます。

老眼鏡のレンズの焦点距離は、度数の逆数（m）です。

度数	焦点距離
0.5	2 m
1.0	1 m
1.5	67 cm
2.0	50 cm
2.5	40 cm
3.0	33 cm
3.5	29 cm
4.0	25 cm

今回接眼レンズに使用した拡大鏡の焦点距離は、レンズ1枚で4 cm、2枚で2 cm くらいです。

天体望遠鏡やフィールドスコープなどでは、接眼レンズを交換することで、倍率を変えることができます。

夏休み自由研究

望遠鏡をつくろう

2008年7月31日



大阪市立科学館

〒530-0005 大阪市北区中之島4-2-1

電話：06-6444-5656

ホームページ：<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~nozo>

担当：長谷川 能三



- 1 -

望遠鏡の発明

1608年、オランダのメガネ職人のリッヘルスハイが、レンズを組み合わせた遠くのもの大きく見えることに気がついて望遠鏡を発明。



1609年、ガリレオ・ガリレイは、望遠鏡でいろいろな天体を観察して、月にクレーターがあること、

天の川が星の集団であること、木星のまわりを4つの衛星が回っていること、金星が満ちかけるすことなどを発見。



ガリレオの望遠鏡

月のクレーターのスケッチ

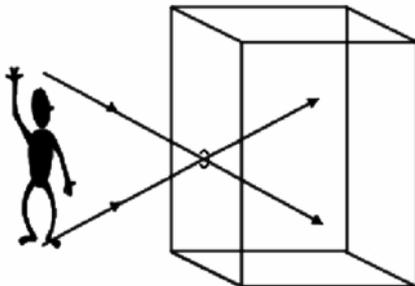
- 2 -

望遠鏡…でもその前に

○光はまっすぐ進む

○ものが見えるのは、ものにあたった光がはね返って、自分の目に入るから
…ということは、ものに光があたると、いろいろな方向に光をはね返している（乱反射）

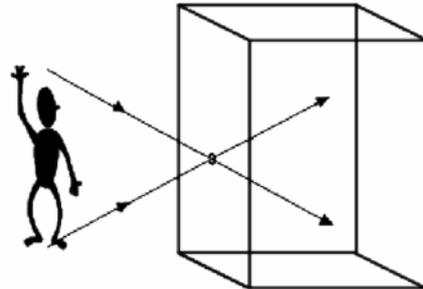
箱に小さな穴をひとつあけると、穴から入った光はどうなるでしょう？



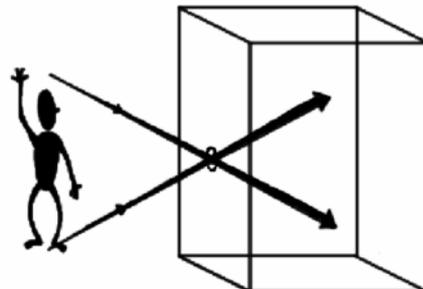
- 3 -

穴の大きさを変えてみよう

穴を小さくすると…



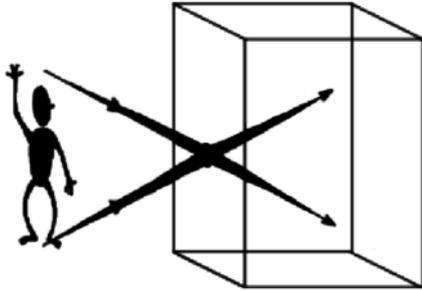
穴を大きくすると…



- 4 -

レンズを使ってみよう

凸レンズには光を集める性質があります。
大きな穴にレンズをとりつけてみよう。



さて、どうなったかな？

望遠鏡は…

スクリーンに映った景色を、さらにルーペで拡大して見るようなもの。

もしスクリーンがなかったら？

みなさんもリップルズハイになったつもりで、2枚のレンズを組み合わせるだけで、スクリーンなしでも遠くのものが大きく見えるかな？

うまく見るコツは、

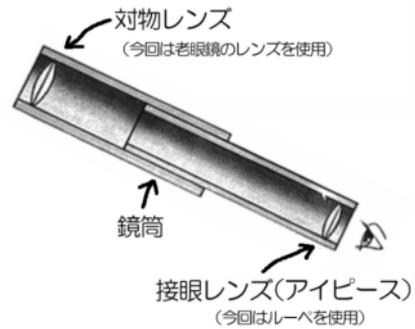
いよいよ望遠鏡づくり

- 材料：老眼鏡のレンズ 1枚
(老眼鏡には凸レンズが使われています)
ルーペ 1個
黒画用紙 2枚
セロハンテープ

たったこれだけの材料で、本当に望遠鏡ができるでしょうか？

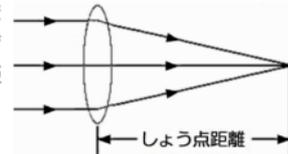


望遠鏡の各部の名前



レンズの「しょう点距離」

たとえば、レンズで太陽の光を小さく集めたときに、レンズから光が集まっているところまでの距離がしょう点距離になります。



老眼鏡のレンズのしょう点距離は、度数から
しょう点距離 = 100cm ÷ 度数
と計算でもとめることもできます。

望遠鏡の倍率

望遠鏡の倍率は、

$$\text{倍率} = \frac{\text{対物レンズのしょう点距離}}{\text{接眼レンズのしょう点距離}}$$

…ということは、

対物レンズのしょう点距離が長いと

倍率は () になって、

対物レンズのしょう点距離が短いと

倍率は () になります。

接眼レンズのしょう点距離が長いと

倍率は () になって、

接眼レンズのしょう点距離が短いと

倍率は () になります。

みなさんに渡したレンズの焦点距離

接眼レンズ（レンズ2枚組のルーペ）の焦点距離

- ・レンズ1枚のとき () cm
- ・レンズ2枚のとき () cm

老眼鏡のレンズの焦点距離

- ・度数3.0のレンズ () cm
- ・度数2.0のレンズ () cm
- ・度数1.5のレンズ () cm
- ・度数1.0のレンズ () cm

このレンズで作った望遠鏡の倍率

対物レンズ	接眼レンズ	倍率
度数 3.0 の老眼鏡	レンズ 1枚	倍
度数 3.0 の老眼鏡	レンズ 2枚	倍
度数 2.0 の老眼鏡	レンズ 1枚	倍
度数 2.0 の老眼鏡	レンズ 2枚	倍
度数 1.5 の老眼鏡	レンズ 1枚	倍
度数 1.5 の老眼鏡	レンズ 2枚	倍
度数 1.0 の老眼鏡	レンズ 1枚	倍
度数 1.0 の老眼鏡	レンズ 2枚	倍

こんなところを工夫してみよう

今日作った望遠鏡に工夫をこらして、もっといい望遠鏡にしてみよう！

○倍率を高くしたい

- ・時間内に作った望遠鏡でも、接眼レンズがルーペのレンズ1枚のときと2枚のときで倍率が違うぞ
- ・接眼レンズを違うルーペに変えるとどうなる？
- ・対物レンズも変えるとどうなるかな？

○倍率は高ければ高いほどいい？

- ・倍率が高い方が本当によく見えるのだろうか？
- ・倍率がいろいろと違う望遠鏡を作って、見くらべてみよう。遠くの看板の文字が読めるかどうか比べるとわかりやすいぞ。

○しっかりした台を作ってみよう

- ・望遠鏡がちょっとグラグラすると、そのグラグラも大きく拡大されてしまいます。
- ・手で持ったのぞいたときと、しっかりした台にのせたときでは、違いはあるのかな？

○もっと望遠鏡らしくしたい

- ・ラップやアルミホイルの芯のパイプや、ホームセンターで売っている塩ビのパイプなどを使ってみよう。
- ・筒を白くぬると望遠鏡らしく見えるかな？
- ・でも、筒の内側は黒い方がいいぞ。黒画用紙を丸めてさしこんだり、黒くぬったり、黒い布を貼りつけたりしてみよう。

○逆さまにならないようにするには？

- ・ガリレオの望遠鏡は、凸レンズと凹レンズを組み合わせていて、逆さまになりませんでした。ガリレオは凸レンズと凹レンズをどう組み合わせたのだろうか？
- ・たいていの双眼鏡は、中に鏡のようなものが入っていて、光を何度も反射させています。対物レンズと接眼レンズの間に、鏡をどんなふうに入れると、逆さまにならなくなるのかな？

他にもどんな工夫をしたら、もっといい望遠鏡になるのだろうか？