

## 大阪市立科学館セミナー「かんたん望遠鏡づくり」および

### 夏休み自由研究「かんたん望遠鏡をつくろう」実施報告

長谷川 能三\*

#### 概要

2017年の夏休み期間中、老眼鏡のレンズとルーペを使った望遠鏡作りについて、大阪市立科学館セミナー「かんたん望遠鏡づくり」と題して教員対象の研修を行ない、その実践として小・中学生を対象に夏休み自由研究「かんたん望遠鏡をつくろう」という教室を実施したので、その内容、工夫点等について、ここで合わせて報告する。

#### 1. はじめに

天体望遠鏡は比較的高価であることから、望遠鏡というと特殊なものという印象があるかもしれないが、その基本的な仕組みは案外簡単である。

そこで、望遠鏡でものが大きく見える仕組みを実験を通して学習し、安価な材料で望遠鏡を製作する教員向けの研修、およびその実践として小・中学生向けの教室を行なった。

#### 2. 実施日・参加者等

##### 2-1. 大阪市立科学館セミナー

実施日：2018年7月25日・26日

対象：大阪市立学校の教員

参加人数：1日目 40名

2日目 40名

##### 2-2. 夏休み自由研究

実施日：2018年7月27日 14時～15時30分

対象：小学4年生～中学3年生

参加人数：27名

#### 3. 内容

教員を対象とした「大阪市立科学館セミナー」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り、主な内容は以下のとおりである。

##### 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される。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の観測を行なっている。

##### 3-2. 「ものが見える」ということ

私たちの目でももの見えるのは、物体から出た光が私たちの目に入るからである。電球や星など、自ら光るものはこのイメージがしやすいが、身のまわりの多くものは光るのではなく、照明の光を乱反射することで私たちに見えるようになる。しかし、照明があたったってものが見えるということと、そのものから(乱反射によって)光がきているということが、繋がりにくい人も多い。



写真1. スポットライトをあてた天井からの照り返し

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

そこで、部屋の照明を消し、スポットライトで天井の一部だけを照らした。この天井の照らされた部分だけを見ていると、単に照明で天井が照らされているだけにしか見えない。しかし、自分の後ろにはこの天井からの照り返しで自分の影ができていたり、周囲や明るくなっていることを確認することで、照らされた天井から光が出ていることをイメージしやすくなる。

### 3-3. カメラオブスキュラ

次に、窓の無い部屋で壁にひとつだけ穴があいていたなら、外から入ってきた光がどうなるかを図で示し、カメラオブスキュラやピンホールカメラの原理を説明した。その上で、実際にそうなるのかを実験した。尚、「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。

研修や教室を行なった工作室は、一面のみ窓があるが、これを段ボールで覆って遮光し、直径2cm程度のひとつだけ穴をあけた。窓から1~2mの部分にスクリーンを立てると、外の景色がぼんやりと逆さまに映るのが見える。穴を大きくすると明るく映るが大きくぼやけ、穴を小さくするとシャープに映るが暗くなる。そこで穴に凸レンズをセットすると、明るくシャープに外の景色が



写真2. 小さい穴から入ってスクリーンに映った外の光



写真3. レンズを用いることで、明るく鮮明になる

映るようになる。但し、スクリーンの位置によって、窓の近くがシャープに映ったり、遠いところがシャープに映ったりすることから、ピント合わせが必要なことも実験した。尚、部屋の中でスクリーン映った様子を観察するグループと、窓の外に出て被写体となるグループに別れ、途中で交代するようにした。また、レンズには度数0.5の老眼鏡のレンズ(焦点距離2m)を用いた。

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望遠鏡は、簡単にいうと、この凸レンズでできた像を虫めがね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。ここで、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めがねが接眼レンズに相当する。

また、ニュートン式の反射望遠鏡等の場合、ケプラー式望遠鏡の対物レンズに相当するのが凹面鏡である。しかし、オペラグラス等に用いられているガリレオ式の屈折望遠鏡の場合には、スクリーンに映る前の光を接眼レンズとなる凹レンズで見ることになり、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。

### 3-4. 望遠鏡づくり

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。そこで今回、安価に入手できる凸レンズとして、100円均一ショップで販売されているようなルーペと老眼鏡のレンズを用いて望遠鏡を製作した。

対物レンズとして使用した老眼鏡は、度数3.0および2.0のもので、ペンチやニップでフレームを切ってレンズを取り出す(小・中学生向けの教室では、あらかじめ取り外しておいた)。また、接眼レンズとして使用したルーペは、黒い側から覗くように作られているものであるが、今回、透明な側から覗くようにした。これは、接眼レンズからある程度離れた位置にあるアイポイントに目がなければならぬが、初心者には目をアイポイントに合わせる事が難しい。ところが、ルーペを逆向きに取りつけることにより、ルーペの透明な縁に目をあてるだけで、おおよそアイポイントの位置に目がくるようになるのである。



写真4. 使用した老眼鏡のレンズとルーペ

鏡筒については、水道管等に使用される塩化ビニルのパイプを組み合わせた。塩化ビニルパイプは、さまざまな直径のものがあり、厚さも2種類異なるものがある。また、直径の異なるパイプを繋ぐインクリーザという部品もある。今回、老眼鏡のレンズやルーペの大きさと焦点距離から、以下の組み合わせで使用した。

- ① パイプ V U 50 (長さ約100mm)
- ② インクリーザ 50×40
- ③ パイプ V U 40 (長さ約110mm)
- ④ インクリーザ 40×30
- ⑤ パイプ V P 30 (長さ約175mm)
- ⑥ パイプ V U 40 (長さ約190mm)

これ以外に使用した材料は

- ⑦ 老眼鏡のレンズ
- ⑧ 対物レンズ絞り(ドーナツ型に切った黒画用紙)
- ⑨ 糊付きフェルトパッド
- ⑩ ルーペ
- ⑪ 三脚取り付けネジ(1/4インチ高ナットとボルト)

である。

まず、①と②の間に⑦の老眼鏡のレンズと⑧の対物レンズ絞りを重ねて挟み込んで押し込み、②の反対側に③を押し込む。



写真5. 対物レンズと対物レンズ絞り

次に、⑤の外側と⑥の内側には、小さく切った⑨のフェルトパッドを120度ずつ離して3ヶ所ずつ貼り、⑥の内側に⑤を押し込むことで、ピント調節のために筒の長さを調整できるようにした。

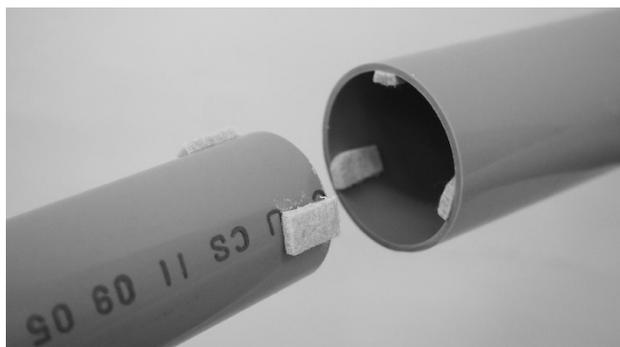


写真6. フェルトパッドを貼って差し込むピント調節部

そして、⑤の反対側には④のインクリーザを押し込み、⑥の反対側には⑩のルーペを押し込んだ。尚、ルーペの周囲にセロハンテープを何回か巻いて太さを調整し、簡単に抜けないようにした。

最後にこの2つを③と④の部分で押し込むことで、かんたん望遠鏡の完成である。



写真7. 完成した望遠鏡

尚、対物レンズとして度数2.0の老眼鏡を使用する場合は、③のパイプの長さを280mmとした。通常望遠鏡の倍率を変えるためには接眼レンズを交換するが、このかんたん望遠鏡では、①②③のセットを替えることにより望遠鏡の倍率を変えることができる。

また、使用した老眼鏡のレンズは、光を反射させるとわかるが、中央部分と周辺部分で表面の形状が異なっている。そのため、中央部分のみを使うようにドーナツ型の対物レンズ絞りを入れた。これにより光学精度が向上した。

写真9は、このかんたん望遠鏡をスマートフォンで覗くことで、コリメート法で撮影したものであるが、実際に肉眼で覗いた様子は、この写真よりも鮮明に見え、ある程度の大きさのクレーターは十分確認することができた。

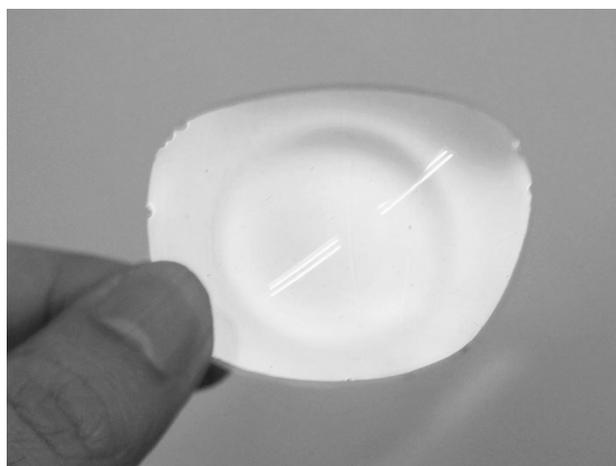


写真8. 使用した老眼鏡のレンズの形状



写真9. かんたん望遠鏡で撮影した月

更に、④のインクリーザに1/4インチの高ナットを取りつけたことで、望遠鏡を三脚に固定できるようにした。但し高ナットの外形が小さいため、三脚に取りつける時は、高ナットと三脚の間に座金を挟む必要がある。

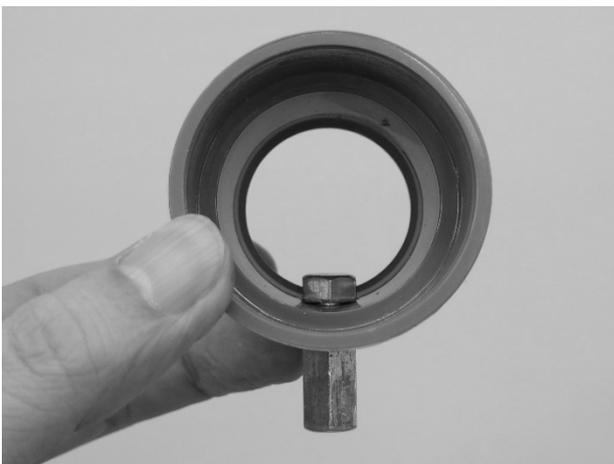


写真10. 三脚に取りつけるための高ナット

#### 【参考】

長谷川能三 「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」  
大阪市立科学館研究報告19, p171 (2009)

長谷川能三 「夏休み自由研究「望遠鏡づくりにチャレンジ」実施報告」

大阪市立科学館研究報告14, p151 (2004)

### 3-5. 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。老眼鏡の焦点距離は「1m÷度数」であり、例えば度数3.0の老眼鏡では約33cmである。また、今回接眼レンズに用いたルーペは、焦点距離が約4cmであった。これより、今回製作した望遠鏡の倍率は、度数3.0の対物レンズで約8倍、度数2.0の対物レンズでは約12倍となる。



写真11. かんたん望遠鏡で見た様子(右)

### 4. まとめ

老眼鏡のレンズとルーペを用いた望遠鏡作りは、これまで2004年と2009年にも行なったが、いずれも鏡筒は黒画用紙を丸めたものであった。望遠鏡の原理としてはこれで十分であり、鏡筒については夏休みの自由研究の一環として、各自工夫して作ってもらえればとされていた。

しかし塩化ビニルパイプを使用したことで耐久性が増し、三脚にも取り付け可能としたことで、望遠鏡として格段に使いやすくなった。このため、参加者に愛着を持ってもらえるようになったのではないと思われる。

また、対物レンズを絞ることで光学性能も向上した。これまでこのクラスの老眼鏡のレンズやルーペでは月のクレーターを見ることはできないと考えていたが、クレーターの観察には十分な性能となった。

最後に、大阪市立科学館セミナーおよび夏休み自由研究のテキストを、次ページ以降に掲載する。

大阪市立科学館セミナー

2017年7月25・26日

## かんたん望遠鏡づくり

大阪市立科学館 長谷川 能三

### 1. 望遠鏡の誕生

1608年、オランダのメガネ職人リッペルスハイが、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言われています。

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
- ・金星が薄ち欠けていること

などを発見しました。

### 2. 「ものが見える」ということ

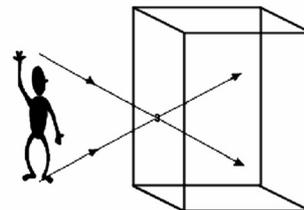
太陽や電球などからは「光が来ている」ということがイメージしやすい。「ものが見える」ということは、そのものから来ている光が目に入っているが、「ものが見えている」≠「ものから光が来ている」ということは、イメージしにくい。

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

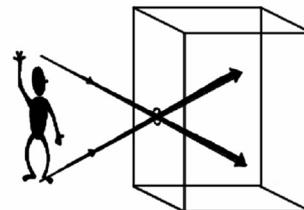
「カメラ」という言葉は、暗い箱という意味の「カメラオプスキュラ」が語源になっている。

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。

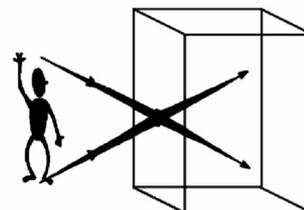


穴が小さいと、入ってくる光が少ないので、映った像は暗くなります。

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）は凹レンズ

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になります。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きになります

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. かんたん望遠鏡づくり

材料

- 対物レンズ：老眼鏡のレンズ（凸レンズ）
  - 接眼レンズ：ルーペや虫眼鏡（凸レンズ）
  - 鏡筒：塩ビパイプを組み合わせる（黒画用紙を丸めたものでも可）
  - その他：必要に応じて、対物レンズの絞りやフェルトパッド
- ※老眼鏡やルーペは、100円ショップでも販売しています。

参考：今回使用する材料

- 対物レンズ：度数3.0の老眼鏡のレンズ
- 接眼レンズ：ルーペ
- 鏡筒：塩ビパイプ VU50×約100mm  
インクリーザ 50×40
- 塩ビパイプ VU40×約110mm  
インクリーザ 40×30
- 塩ビパイプ VP30×約175mm
- 塩ビパイプ VU40×約190mm

### 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

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ルーペの焦点距離は、およそ（ ） cm

図1. 大阪市立科学館セミナー「かんたん望遠鏡づくり」テキスト

夏休み自由研究  
**かんたん望遠鏡をつくろう**

2017年7月27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ペルスハイが、レンズを組み合わせると遠くのもが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。



Galileo's drawing of the surface of the moon as he saw it through his telescope, as reported in his Sidereus Nuncius (1610)

ガリレオの望遠鏡

月のクレーターのスケッチ

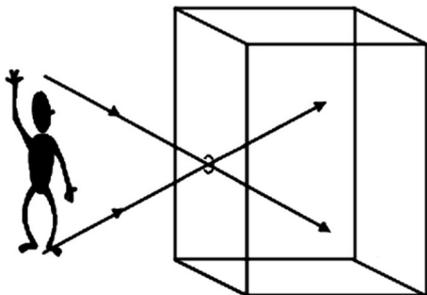
- 2 -

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）

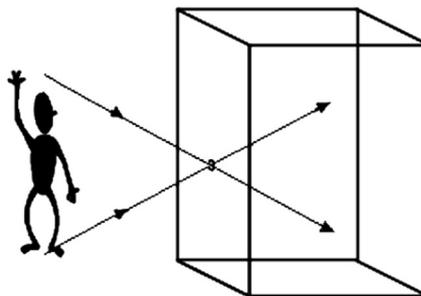
箱に小さな穴をひとつあけると、穴から入った光はどうなるでしょう？



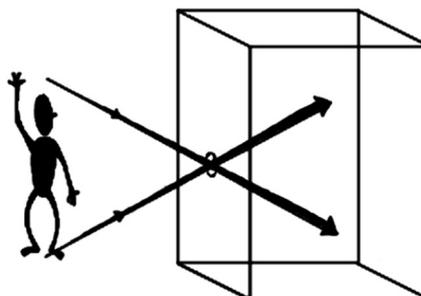
- 3 -

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…

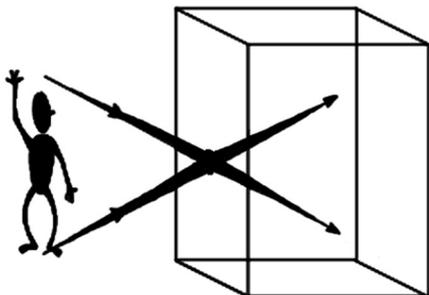


- 4 -

図2. 夏休み自由研究「かんたん望遠鏡をつくろう」テキスト(1)

### 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？

-5-

### 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  
みるようなもの。

もしスクリーンがなかったら？

みなさんもリップス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  
も遠くのもが大きく見えるかな？

うまく見るコツは、

-6-

### いよいよ望遠鏡づくり

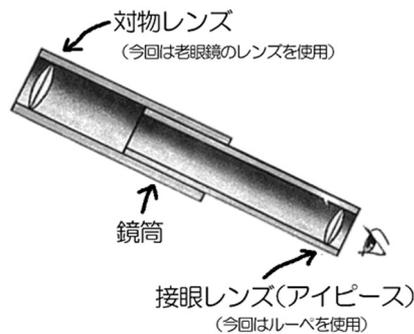
材料：老眼鏡のレンズ 1枚  
(老眼鏡には凸レンズが使われています)  
ルーペ 1個  
塩ビパイプいろいろ

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？



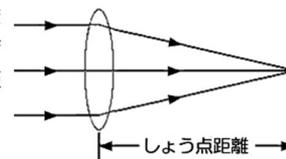
-7-

### 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  
$$\text{しょう点距離} = 100\text{cm} \div \text{度数}$$
  
と計算でもとめることもできます。

-8-

図3. 夏休み自由研究「かんたん望遠鏡をつくろう」テキスト(2)

### 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

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

接眼レンズ(ルーペ)の焦点距離

- ・およそ ( ) cm

今日つくった望遠鏡の倍率は

- ・対物レンズが度数3.0の老眼鏡のとき  
およそ ( ) 倍
- ・対物レンズが度数2.0の老眼鏡のとき  
およそ ( ) 倍

### このルーペをつかった望遠鏡の倍率

対物レンズ	対物レンズのしょう点距離	倍率
度数 4.0 の老眼鏡	c m	倍
度数 3.0 の老眼鏡	c m	倍
度数 2.0 の老眼鏡	c m	倍
度数 1.0 の老眼鏡	c m	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！

#### ○倍率をもっとかえたい

- ・対物レンズを度数の違う老眼鏡にしてみよう。ただし、塩ビパイプの長さもかえないといけません。ホームセンターで切ってもらえるかな。
- ・接眼レンズを違うルーペに変えるとどうなる？

#### ○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。

#### ○三きやくに取りつけてみよう

- ・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。
- ・家にカメラ用のしっかりした三きやくがあったら、望遠鏡を三きやくに取りつけてみよう。間にワッシャーをいれるのを忘れずに。

#### ○天体望遠鏡を作りたい

- ・「コルクキットスピカ」というキットを、ミュージアムショップに置いています(2860円)。紙筒で組み立てるタイプですが、レンズが今日作った望遠鏡よりもいいものを使っているので月のクレーターや土星の環も見えます。

#### ○天体望遠鏡を買いたい

- ・「天文ガイド」や「星ナビ」という天文の雑誌には、天文の情報だけでなく、望遠鏡専門店の広告もついています。まずは、こういった雑誌を購入すること、また、望遠鏡の購入に際しては、望遠鏡専門店で相談することをおすすめします。

図4. 夏休み自由研究「かんたん望遠鏡をつくろう」テキスト(3)