

2021年度
洛星中学高等学校
オープンスクール
技術家庭科体験授業

ケプラー式望遠鏡を 作ってみよう

【技術科体験授業説明書】

1 材料をあつめよう

【100均ショップですべてそろいます】

- ① 老眼鏡（度数+2.5 レンズ幅が広いものが望ましい セリアにて入手）
- ② ルーペ（4倍以上が望ましい セリアにて約4倍ルーペを入手）
- ③ 黒い画用紙（35cm×25cm以上の長方形 セリアにて入手）
注：黒色が一番見やすくなります
- ④ チップスターの筒

注：現在、ダイソーの高倍率ルーペが手に入りにくい状況なので、今回は比較的入手しやすいセリアの4倍ルーペを使用しました。2021年10月20日現在、セリアならば在庫も豊富で、一か所で全てそろえることができます。条件さえ合えば、他の100均ショップのものでも問題ありませんが、ダイソーとセリアのものが加工しやすいので、小学生の皆さんにはお勧めです。（アマゾンや楽天でもそろいますが、値段が高く加工がしにくいです）

2 道具を用意しよう

- ① はさみ
- ② カッターナイフ
- ③ セロハンテープ
- ④マジック
- ⑤ 定規（30cm程度）
- ⑥ 500円硬貨
- ⑦ プラスドライバー

3 つくってみよう

製作過程説明動画を参考に、つくってみてください。

4 ケプラー式望遠鏡について

① ケプラー式望遠鏡の特徴

ケプラー式望遠鏡は、ドイツの天文学者 J. ケプラーによって考案された望遠鏡で、凸レンズを2枚使って作ります。前方の凸レンズ（対物レンズという）の焦点距離と、後方の凸レンズ（接眼レンズという）の焦点距離を足した距離だけ離してレンズを配置すると、遠くのもののがはっきりと見えます。なお、この望遠鏡は観察する像が上下さかさまの倒立像になって見える特徴があります。

② ケプラー式望遠鏡の原理

②-1 凸レンズとは？

ルーペや老眼鏡に使われるような、真ん中がふくらんでいるレンズを凸レンズ（とつレンズ）といいます。断面は右図のような形です。

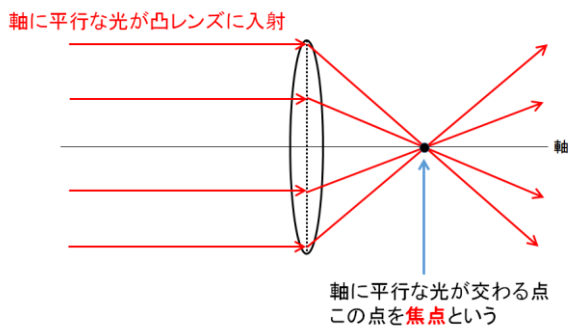


ガラスやプラスチックでできているので、光が凸レンズに入ると（入射すると）屈折します。

②-2 焦点とは？

凸レンズの中心を通る真横の直線を「軸（じく）」と言います。この軸に平行な光を凸レンズに入射させると、必ず **ある1点** を通るように屈折します。

この点を **焦点（しょうてん）** と言います。



小学校の理科の授業で、虫眼鏡を使って黒い紙をこがしたことはありませんか？

黒い紙をこがしたとき、凸レンズによって太陽光は屈折し、紙の上にか所に集中して集まっています。つまり黒い紙の焦げたところは、焦点のところになっていて、太陽光が集中しています。通常太陽の光は拡散しています。その拡散している光を受けただけでも、体がポカポカあつたかくなる経験を皆さんはしたことがあると思います。それが一か所に集まっているのですから、温度が異常に高くなるのは容易に想像できると思います。凸レンズで太陽光を集めた場合、焦点では太陽の熱が集まって1000℃近い温度になっています。それで紙がこげて（燃えて）しまうのです。だから「焦げる点」と書いて焦点と呼ぶのです。

②-3 焦点距離とは？

②-2で書いた通り、はるか遠くにある物体からの光が集まる点を「焦点」と呼びますが、この焦点からレンズまでの距離を **焦点距離** と言います。

一般的に焦点距離は、厚いレンズほど短く、うすいレンズほど長くなります。

②-4 ケプラー式望遠鏡の原理

ケプラー式望遠鏡は、**焦点距離が違う** 2つの凸レンズでできています。対物レンズには焦点距離が長い凸レンズを使います。遠くにある物体から出た光は、距離を進むごとに拡散し弱くなります。その弱くなった光を凸レンズで集め、焦点で明るくまとめます。まとめた光は明るい小さな画像となります。レンズが大きければ大きいほど、通過する光の量が多くなるので、焦点で集まった光（画像）は、よりはっきりとしたものとなります。この対物レンズで集めた光（画像）を、焦点距離の短い凸レンズの接眼レンズ（ルーペ）で拡大してみるとというのが、ケプラー式望遠鏡の仕組みです。よって、接眼レンズの拡大率が大きいほど、より物体は大きく見えます。

5 今回作るケプラー式望遠鏡の設計について

ケプラー式望遠鏡は、対物レンズの焦点距離と接眼レンズの焦点距離を足した距離だけ離してレンズを配置することで、遠くのものをはっきりと見える（＝ピントが合う）望遠鏡です。今回作るケプラー式望遠鏡は、対物レンズに老眼鏡を、接眼レンズにルーペ（虫眼鏡）を使います。この二つのレンズの焦点距離をまず知ることが大切です。

ところで、焦点距離はどのようにすればわかるのでしょうか。一番簡単な方法は、右図のようにレンズで太陽の光を収束させて、紙が焦げ始める時に、レンズと紙の距離を測ることでわかります。



しかし、老眼鏡もルーペも規格にのっとり作られているので、度数や倍率から焦点距離を

求めることができます。老眼鏡の度数は、下の（ア）式で定められています。

$$\text{（ア）式：老眼鏡の度数} = 100 \text{ cm} \div \text{老眼鏡の焦点距離}$$

この式を老眼鏡の焦点距離について解くと（この方法は中学1年生で習います）

$$\text{老眼鏡の焦点距離} = 100 \text{ cm} \div \text{老眼鏡の度数}$$

となり、対物レンズの焦点距離は下の表のように求めることができます。

老眼鏡の度数	対物レンズの焦点距離
1.0	$100 \text{ cm} \div 1 = 100 \text{ cm}$
1.5	$100 \text{ cm} \div 1.5 \approx 66.7 \text{ cm}$
2.0	$100 \text{ cm} \div 2.0 = 50 \text{ cm}$
2.5	$100 \text{ cm} \div 2.5 = 40 \text{ cm}$
3.0	$100 \text{ cm} \div 3.0 \approx 33.3 \text{ cm}$

一方ルーペの倍率は、下の(イ)式で定められています。

$$(イ) \text{ 式} : \text{ルーペの倍率} = 25 \text{ cm} \div \text{ルーペの焦点距離} + 1$$

この式をルーペの焦点距離について解くと(この方法は中学1年生で習います)

$$\text{ルーペの焦点距離} = 25 \text{ cm} \div (\text{ルーペの倍率} - 1)$$

となり、接眼レンズの焦点距離は下の表のように求めることができます。

ルーペの倍率	接眼レンズの焦点距離
2.0	$25 \text{ cm} \div (2 - 1) = 25 \text{ cm}$
3.0	$25 \text{ cm} \div (3 - 1) = 12.5 \text{ cm}$
4.0	$25 \text{ cm} \div (4 - 1) \doteq 8.33 \text{ cm}$
5.0	$25 \text{ cm} \div (5 - 1) = 6.25 \text{ cm}$
6.0	$25 \text{ cm} \div (6 - 1) = 5 \text{ cm}$
9.0	$25 \text{ cm} \div (9 - 1) = 3.125 \text{ cm}$

ここで、

$$(\text{老眼鏡の焦点距離}) + (\text{ルーペの焦点距離}) = (\text{望遠鏡の筒の長さ})$$

となるので、今回は二つの表から、100均ショップで手に入る部品を組み合わせ、小学生の皆さんにちょうど良い大きさとなるように、ルーペ4倍、老眼鏡+2.5度を選びました。表から計算すると、今回の組み合わせでは、望遠鏡の長さは設計上

$$(\text{望遠鏡の筒の長さ}) = (\text{老眼鏡の焦点距離}) + (\text{ルーペの焦点距離})$$

$$\doteq 40 \text{ cm} + 8.33 \text{ cm} \quad \text{となります。}$$

しかし、実際の焦点距離を測ってみると、老眼鏡はおおむね40cmですが、ルーペの倍率にばらつきがあり(5倍程度のものが多い)、焦点距離が4cm~6.5cmとなりますので、紙の筒を伸縮させてよく見える場所を探し当ててください。

6 今回作るケプラー式望遠鏡の倍率について

望遠鏡の倍率は、下の(ウ)式で求められます。

(ウ)式：望遠鏡の倍率＝対物レンズの焦点距離÷接眼レンズの焦点距離

今回作る望遠鏡では、対物レンズの焦点距離は40 cm、接眼レンズの焦点距離は6 cm程度となり(望遠鏡の倍率 = $40 \text{ cm} \div 6 \text{ cm} \approx 6.7$ 倍)となります。

右の写真は、今回の作るケプラー式望遠鏡を使って、洛星中学高等学校の5階廊下から約6キロ離れた京都タワーを撮影したものです。(京都タワーが約2 cmの高さで逆向きに確認できます。カメラのピントは合わせず解放し、ルーペ全体に像がうつるよう、少し離れて撮影しています。)



像が、接眼レンズの中心に来ない場合は、老眼鏡のレンズの中心がずれているので、少しずつ貼りなおしてみてください。うまく作ればこの望遠鏡でも、月のクレーターを見ることは十分可能です。

7 今回作るケプラー式望遠鏡の注意点

- ◎ 絶対に太陽を見ないこと (失明する可能性があります)。
- ◎ 水銀灯など、まぶしい光を直接見ないこと (目のけがの恐れ)。
- ◎ ピントが合う位置は44 cm～46 cm前後と個体差がある。
- ◎ 接眼レンズから少し目を離すと、像が見えやすくなる。

接眼レンズにあまり目を近づけすぎないこと。

8 最後に

今回の望遠鏡は、100円均一ショップで手に入る部品をベースに作りました。

全ての実験材用はみなさんの身近にあり、比較的入手しやすいものばかりです。

ぜひ、材料調達から自分で取り組み、自分で作ったもので天体観測などを楽しんでください。お金を出せばもっと精度の高い望遠鏡を買うことはできますが、自分で仕組みを理解して作ったものを使うことも、なかなか楽しいと思います。

今回つくった望遠鏡は、2021年10月20日現在、最も手に入りやすい材料で作れることを基本として設計しました。部品を交換すれば、まだまだ改良できる余地はあります。(例えば、接眼レンズの倍率を上げる・対物レンズを大きくするなど……)

目の前にある望遠鏡をよりよくするために、どのような工夫をすればよいのか。

恐れずにチャレンジし、もっといいものを作ってやるぞ……!!!

洛星中学高等学校は、そんな知的好奇心をもった生徒諸君が入学してくれることを、心より願っています。



学校法人 ヴィアトール学園
洛星中学校 洛星高等学校

603-8342 京都市北区小松原南町33

電話(075)466-0001 (代) FAX(075)466-0777

<https://www.rakusei.ac.jp/>