

# 日食観察用「ピンホール式太陽投影機」を作ろう

初版：2012年4月7日

作成：久保庭敦男（つくば星の会・茨城県おもしろ理科先生）

この資料は大人向けに書いてありますが、工作自体はこども（小学校以上）でも十分に可能なものとして考えました。ぜひご家庭や学校でご利用ください。なお天文現象そのものやピンホール投影の仕組みに関する説明はありませんのでご了承ください。工作は刃物や尖った道具を使いますので、ケガをしないようご注意ください。道具をうまく使えない児童に対しては大人の方が行ってください。

## 【はじめに】

2012年5月21日に日食（多くの地域では金環日食）、続いて6月6日には金星の太陽面通過という珍しい現象が日本で見られます。多くの方に観察してほしいと願っています。ところで、天体の観察と聞いてすぐ思いつくのが「望遠鏡で見る」という方法ですが、この二つの現象は相手が太陽のため、直に望遠鏡で観察することは極めて危険です。

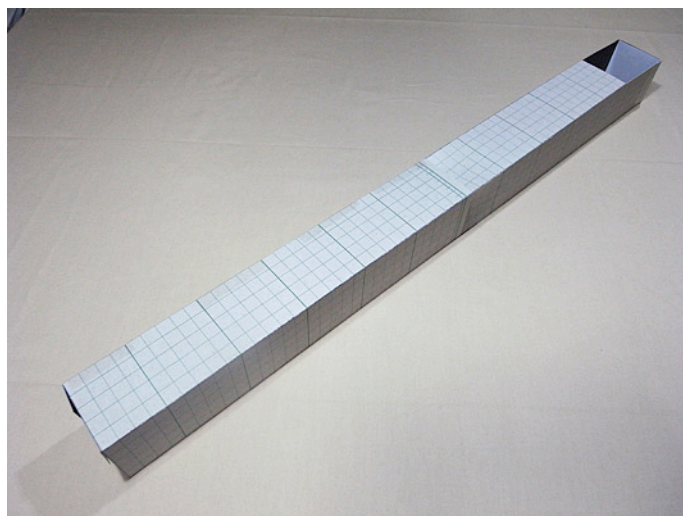
「日食観察シート」のようなものが市販されていますが、なかには粗悪品もありますし、幼児のみなさんや目に病気ををお持ちの方など、直接太陽の方向を向いて観察する（させる）には支障がある方々もいらっしゃるでしょう。

そこで、どなたでも安全に観察できる

「ピンホール式太陽投影機」を作ってみましょう。と言っても大げさなものではなく、30分ほどで作れますので、休日に親子で作ったり、学校の先生が授業中に生徒さんと作ることができます。

全体の形は細長い筒状になります。先端には小さな穴が空いており、穴から入った光が底の部分に小さな像を結びます。それを側面の観察窓から観察するので

す。太陽の像は小さいですが、間接的な像の観察なので安全です。



この資料ではなるべく身近なものを使い、かつ簡単な作業で作れるようにしていますが、工夫次第で様々な材料を利用した複雑な観察装置に仕上げることもできます。作り方をマスターしたら、ぜひ改良してみてください。今回は学校などの授業でも扱えるように、小学生にはおなじみの「方眼マス目の入った工作用紙」という定型の材料を利用します。大人の方や学校の先生などの指導者の方向けに、巻末に工夫のポイントも掲載しましたので、併せてご一読ください。

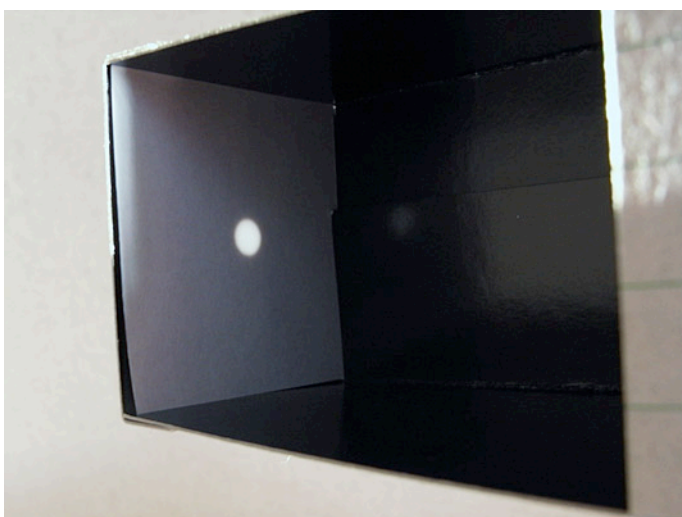
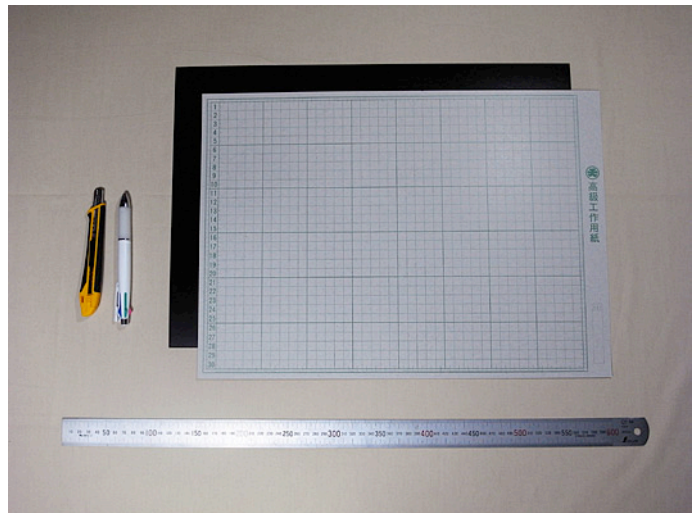
## 【ピンホール式太陽投影機の作り方】

### 【用意するもの】

- ・方眼マス目の入った工作用紙（方眼部分が30×40cm、1枚）
- ・アルミホイル（約3×3cmが1枚あれば十分です）
- ・画鋏（小さな丸い穴が開けられるものならなんでも可）
- ・白い画用紙（約5×5cm、1枚）
- ・ハサミまたはカッター
- ・定規
- ・セロテープ
- ・その他工作に必要な道具

### 【作る前にチェック！】

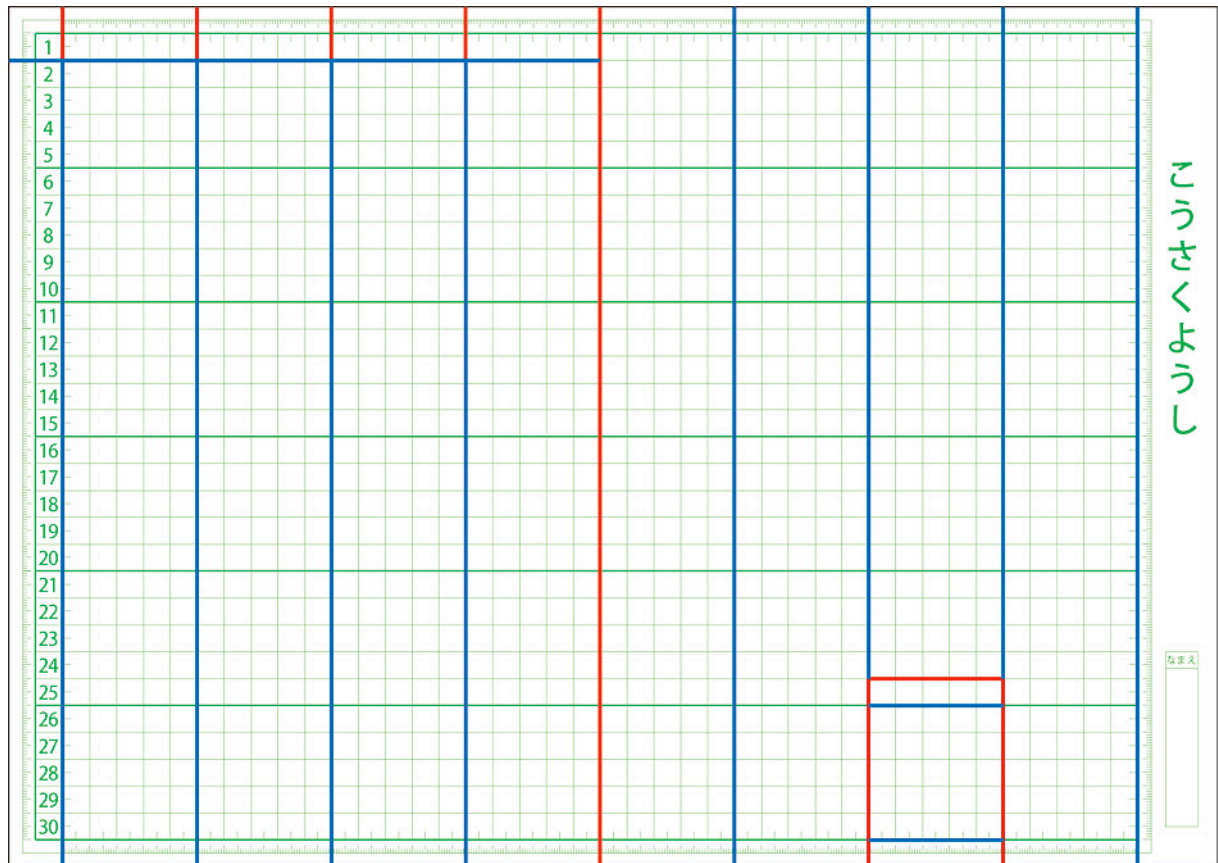
- ・工作用紙は余白を含めると32×45cmの一般的なものです。1枚数十円程度ですね。方眼マス目は切り取りに便利というだけで、必ず無くてはいけないものではありません。光を通さない程度の厚みがある一般的なボール紙でOKです。画用紙はうっすらと光が通るのでお勧めしませんが、作れることは作れます。
- ・少しでも見やすくしたいのであれば、工作用紙は片面が黒、もう片面が灰色で、灰色側に方眼マス目があるものがお勧めです。通常は片面が白、もう片面が灰色で、白色側に方眼マス目がありますが、これでも構いません。（工夫のポイント参照。）
- ・アルミホイルの代わりに、屋根や水道を補修するためのアルミテープもお勧めです。丈夫なので破けてしまうことがありませんし、それ自体がシールになっていますので失敗しても貼り直しが容易です。幅5cm、5mから10m巻のものが数百円で売っています。ただし使うのは3×3cm角程度です。



投影機で映し出された太陽の像。

## 【作り方】

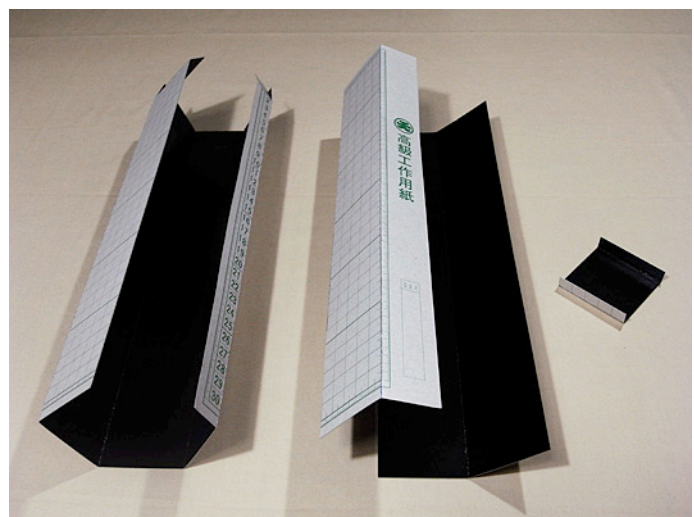
< 1 > 工作用紙を下図の赤い線の通りに切ります。ハサミでも切れますが、できればカッターを使ってまっすぐ切りましょう。青い線はあとで折るところですから、間違っても切らないでください。



< 2 > 切り取ると三つのパーツに分かれます。この段階で青い線のところをボールペンで強めになぞっておきましょう。そうするときれいに折ることができます。パーツのうち大きいもの2枚は、折り線で折ると5 cm角の筒になります。セロテープを使って筒に仕上げてください。

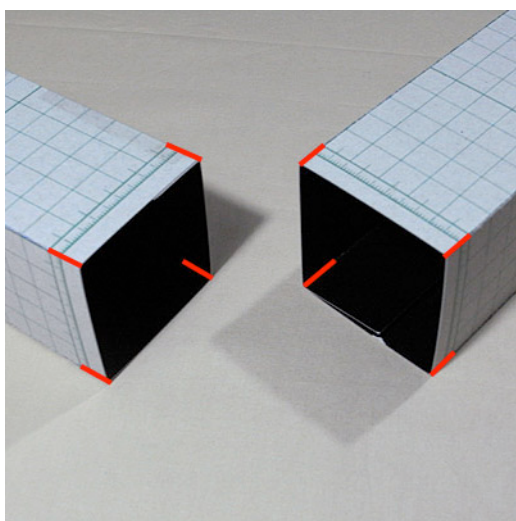
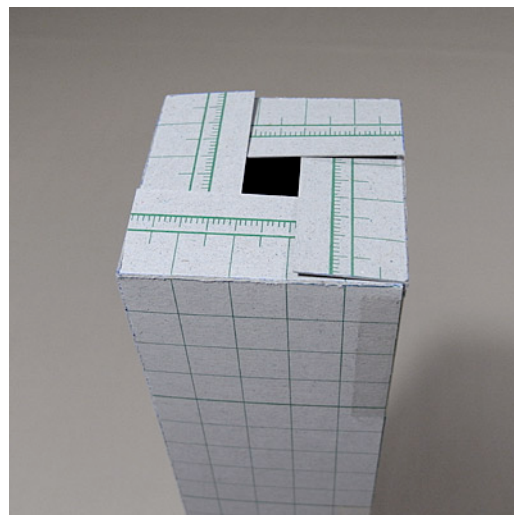
筒のパーツはのりしろが含まれているので、ボンドや両面テープで留めることもできます。見た目にもこだわる方はご利用ください。

折っている途中のパーツです。マス目が描いてないほうを内側にして折ります。



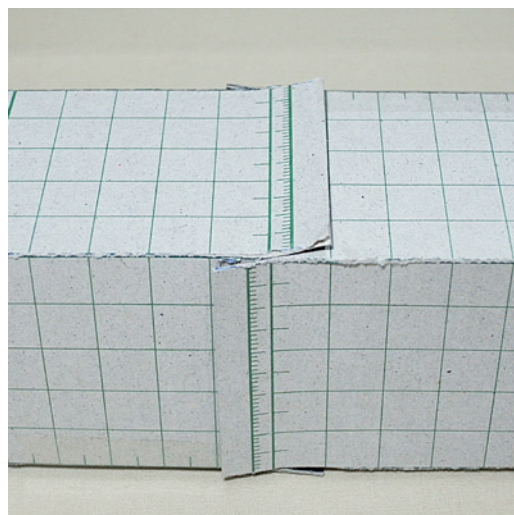
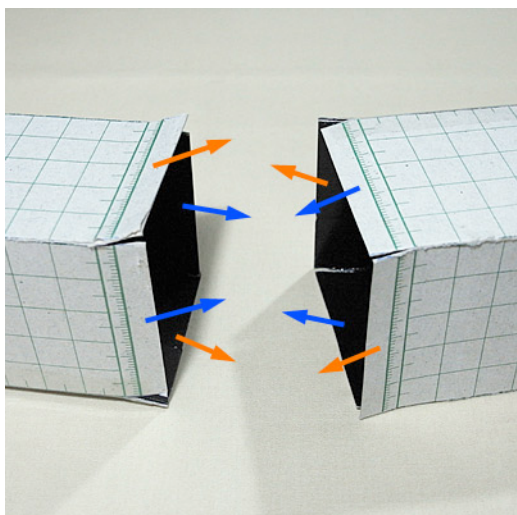
< 3 > 先端に四カ所の切り込みがある筒のほうは、折りたたむとフタのようになります（フタの中央は1 cm角ほどの四角い穴になります）。フタもしっかりとセロテープで留めましょう。ただし穴はふさがないようにしてください。

四角い穴以外のところを全てセロテープで覆っておくと、あとで筒を痛めずにアルミホイルの交換がしやすいでしょう。



< 4 > 筒が二つともできたら、組み合わせて1本の長い筒にします。まず左写真の赤線のところを角にそってハサミで1 cmほど切り込みを入れてから、下写真のように組み合わせてみましょう。組み合わせるのが面倒なら、切り込みを入れずに筒同士を2 cmほど差し込むだけでも構いません。

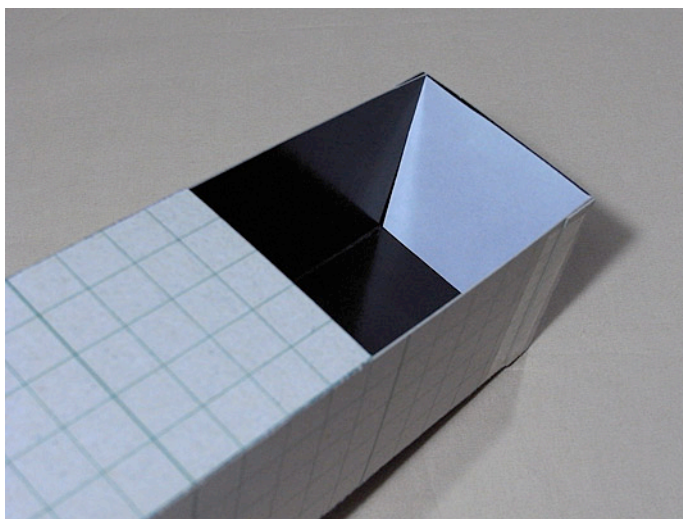
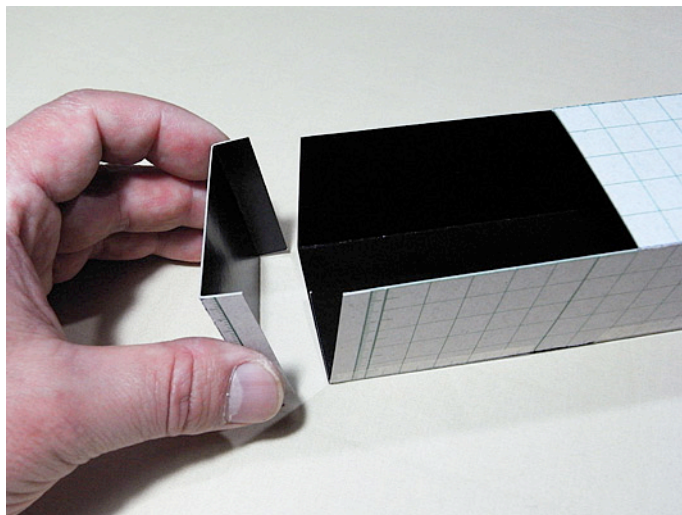
長い筒がまっすぐになるようにして、ガムテープや色付きビニールテープなどをグルリと巻いてください。隙間ができないように、また変形しないようにしっかり留めてくださいね。



差し込むときに、青い矢印は相手側の中に入れるように、またオレンジの矢印は相手側の外に出すようにして、互い違いにしましょう。こうすると隙間なくしっかり組むことができます。難しかったら単純な差し方でもOKです。その場合は切り込み不要です。

<5>残った小さなパーツは底の部分になります。1 cm折り曲げたところを使って、右写真のような向きにセットして、セロテープで留めてください。

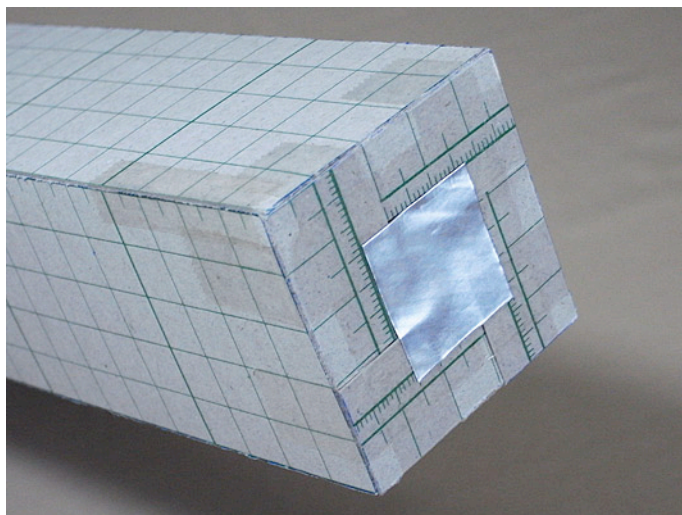
底のパーツの内側になる部分には、下写真のように5 cm角（若干小さめ）に切った白い画用紙を貼っておきましょう。この部分に太陽像が映ります。



白い画用紙はデコボコにならないように平らに貼ってください。シワになるので液体状のノリは使わないほうがよいでしょう。

<6>先端のフタの中央、小さな四角い穴を覆うようにアルミホイルまたはアルミテープを貼ります。アルミホイルは破れやすいので気をつけてください。

貼り終わったら、中央に画鋏で小さな穴（ピンホール）を開けます。直径1 mmくらいの、できるだけきれいな丸い穴にしましょう。開け終わった穴には触らないでください。



<7>これで完成です。筒の先端（アルミホイルのほう）を太陽に向けて、筒の底の白い画用紙に太陽の像を映してみましょう。丸い像が見えたらOKです。この丸い像は穴の形そのものではなく、太陽の形なのです。日食のときはこの丸い像の形がだんだん変わってきます。また金星の太陽面通過のときは、もしかしたら丸い像の中に極小の黒い点（金星の影）が見えるかも知れません。観察したらスケッチや写真に残してくださいね。

## 【架台も作ってみよう】

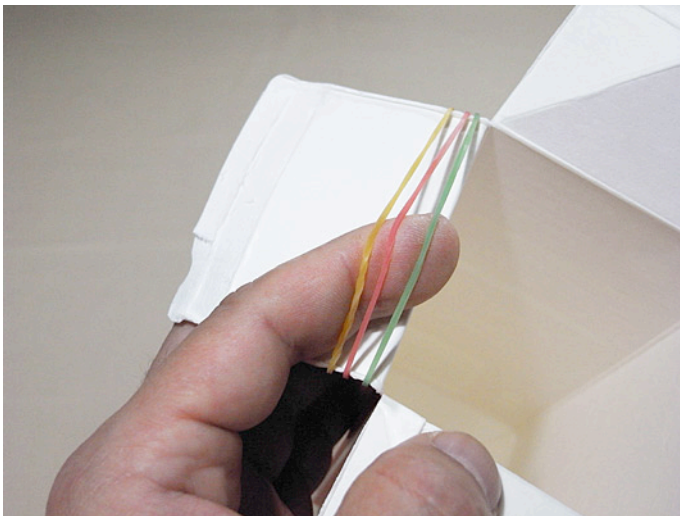
ピンホール式太陽投影機は手持ちでも観察できますが、ゆらゆらしてうまく太陽に向けられないかも知れません。カメラ用三脚がある場合はそれにガムテープで固定すると良いでしょう。三脚がない場合は、もし観察当日に小さなテーブルを用意できるなら、投影機を傾けたまま置いておける「架台」を作っておくと便利です。日食がいちばん良く見える（欠けた部分がいちばん大きくなる）ときに合わせ、牛乳パックで作ってみましょう。

### 【用意するもの】

- ・牛乳パック（1リットルタイプ、1個）
- ・輪ゴム（予備含め数本）
- ・ハサミ
- ・定規
- ・セロテープ

### 【作り方】

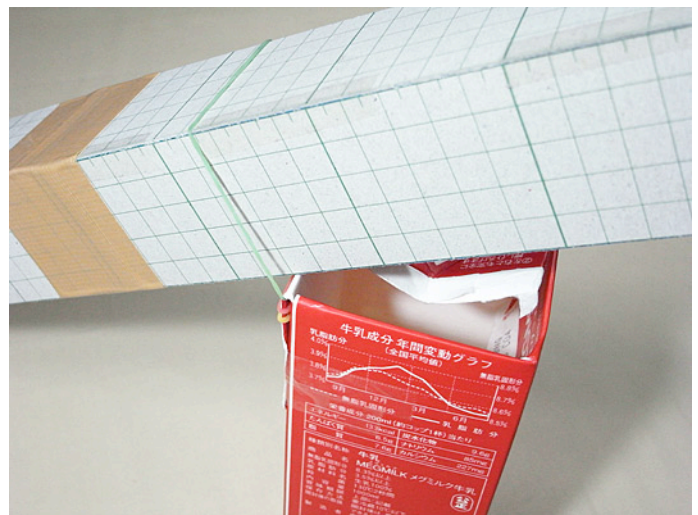
<1>牛乳パックの上側を、角に沿って右写真のように切り開きましょう。



<2>切り取ったところのうち1カ所に輪ゴムをかけ（左写真）、セロテープでフタを留めます。残り3カ所のフタは牛乳パックの中に折り入れてください。

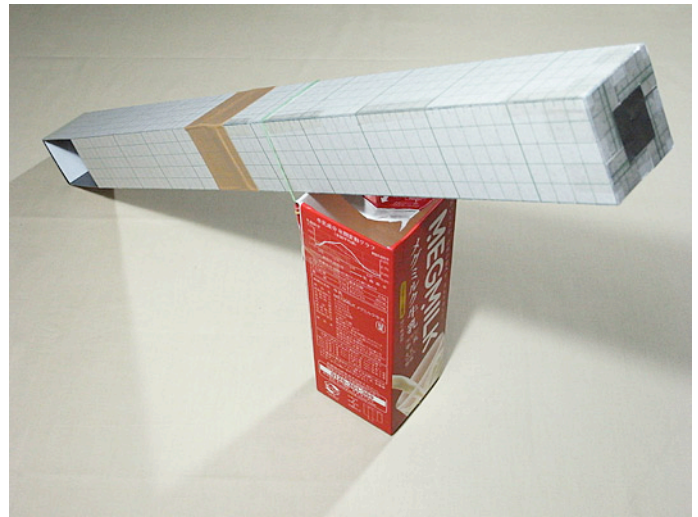
輪ゴムは写真のように2、3本まとめてかけておくと、1本が切れたときでもすぐ交換できて安心です。

<3>輪ゴムにピンホール式太陽投影機を差し込んで完成です。輪ゴムの位置は観察の時に動かすので、本体に固定しないでください。また、片付けておくときは外してしまっても大丈夫です。



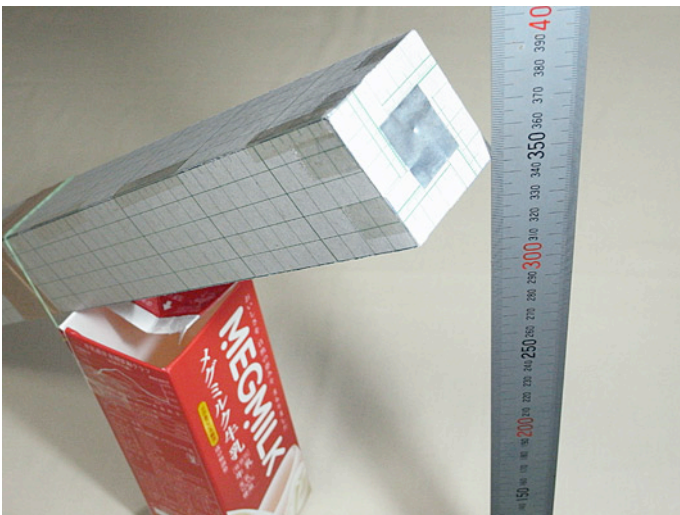
## 【セットの仕方】

5月21日の日食のとき、日食がいちばん深くなるころの場合のセット方法をご紹介します。牛乳パックの架台の中に、中身が入った500mlのペットボトルを入れておくと安定します。日食がいちばん深くなるころの太陽の高さは、関東で35度前後になります。（関東以外の場合は後述。）輪ゴムを投影機の先端から25cmあたりにして、水平なテーブルに置いてください。すると投影機が30度ちょっとの傾きになります。投影機の長さが60cm弱、テーブルが水平としておおよばに計算すると、高度40度くらいまでなら投影機先端を1cm上げると約1度ずつ高くなりますので、つまり



テーブルから投影機の先端までの高さ（cm）＝高度（度）

となります（あくまでだいたいの目安です！）。例えば高度35度の太陽に向けるには、筒先端の高さを35cmくらいにすればよいのです。定規で測りながら架台のゴムの位置を前後させて調整しましょう。日食前1週間以内くらいに、同じ時間の太陽で練習しておくといいですね。観察中も太陽は少しずつ高さや方向を変えますから、5分から10分おきに調整が必要です。



金環日食中の太陽像は細くて見え辛いため見失ってしまうことがありますので、調整に慣れておくことは重要です。この定規を使う方法は見当を付けるのに便利です。風が強い場合に備え、投影機全体をテーブルにしっかり固定する方法も考えておいてくださいね。

日食がいちばん深くなるころの太陽の高さは、日本全体で見るとかなり変わります。最も高い地方（北海道の根室など）では約42度、最も低い地方（先島諸島の石垣など）では15度くらいです。詳しくは巻末の資料1と資料2の地図を参考にしてください。牛乳パックの下に本を敷いたり、パックを二段にするとか500mlの小さいものに変更して各地の状況に合わせてと良いですね。また、日食の全経過を見たい場合は、高さが自由に調整できるような架台を作ってみましょう。6月6日の金星の太陽面通過は長時間にわたって観察できますので、架台の工夫が必要です！例えば割り箸や太めの竹ひごを使って「つかえ棒」を作るのもいいですね。

## 【工夫のポイント】

ここでは、この資料の工作を指導してくださる大人の方や先生向けに、工夫や考察が必要なポイントを書いておきます。

### ★ピンホールの穴について

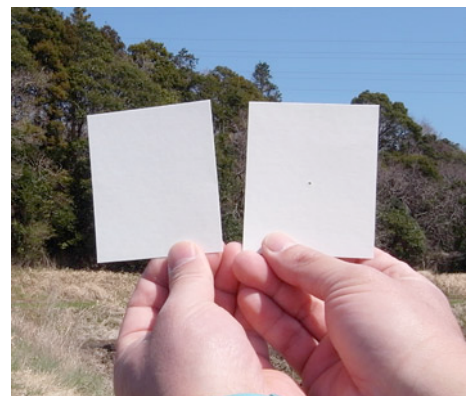
開ける穴が小さいほど鮮明な像になりますが、暗い像になります。逆に穴を大きくすると明るい像になりますが、不鮮明になり太陽像ではなく穴の形そのものが映ってしまいます。撮影が目的の「ピンホールカメラ」だと0.2mmから0.3mmという極小の穴にして像の鮮明さを追求しますが、今回の場合は太陽像しか映さない精度なので、0.5mmくらいで十分です。こどもが工作することを考えると、0.5mmの穴でもなかなか難しいでしょう。今回はアルミホイルを用いていますが、実際にこどもたちに作らせてみるとちょっと手がすべって1mmを越えたり、真円にならなかつたりします。これはアルミ箔が柔らかすぎるのも原因ですね。試してみると直径2mmくらいの穴までなら太陽像としてちゃんと確認できますから、直径に関してはあまり細かく気にしなくても良さそうです。

可能ならアルミテープの利用をお勧めします。アルミホイルより厚くて丈夫であり、真円の穴を開けやすいためです。画鋏で開けづらい場合は、シャープペンの芯（0.5mm）を利用できます。アルミテープの場合はすぐに貼り替えができるので、違う大きさの穴のものを何種類か用意しておくのも良いでしょう。例えば空に薄雲がかかって太陽光が弱いときなど、0.5mmの穴では像が暗すぎることもあるからです。

アルミ材でなくてはいけないのか、という質問もあるでしょう。金属材を使うのは「穴を開けた後、変形しにくいから」および「遮光に優れている」という理由です。画用紙などでピンホールを作っても紙の繊維が戻ってふさがったり、その繊維による「回折」という現象で像がぼけてしまうことがあるのです。でも、高精度の道具を目指して作るのでないなら「画用紙で1mmの穴」でも十分観察可能です。工作する当事者の年齢や技量に応じて変更してあげれば良いと思います。最近見かけなくなりましたが、テレホンカードなどはとても良い素材です。

### ★工作用紙の色について

今回の写真例では片面が黒のものを利用しました。これは、筒内での余計な光をなるべく減らして、太陽像を見やすくしたかったからです。そこまでこだわるほどの劇的な変化はありませんが、もし材料費が許すのであれば（ほんの10円程度の差ですが）使ってみてください。ちなみに星空を観察する天体望遠鏡は同様の理由で筒内が真っ黒に塗られています。



筒状の投影機を作らなくても、ピンホール投影はできます。白い画用紙を2枚用意して片方に穴を開け、その穴から通った太陽光をもう一枚に映してあげればいいのです。



### ★筒を長くしてみましょう

工作用紙1枚で作ることにしたため、今回は筒の長さが約60cm、太さは5cm角になりました。もっと長くしたり太くしても大丈夫です。太陽像は筒の長さの約100分の1の大きさになるので、例えば2mの筒にすれば約2cmの大きな像で楽しめます。

長い筒にすると途中で曲がりやすくなりますので、もっとしっかりした別の材料を使いましょう。わざわざ工作用紙を使わなくても、ポテトチップの筒やラップの芯、牛乳パックなどを利用できますね。（注：牛乳パックは光が透けます。そのままだと筒内が明るく、太陽像が少し見づらいです。）でも筒が長いとちょっとした揺れでも像が動きますから、丈夫な架台が必要です。また、長い筒ほど像が暗くなりますので、観察する底の部分の周囲を十分暗くする必要も出てきます。東に面した窓がある部屋で観察が可能なら、筒だけ外に出してカーテンを閉め、部屋を暗くして観察できそうですね。（もっともそれなら筒すら不要かも知れません。）

### ★穴はひとつでなくてもよい！？

アルミホイルに穴を開けると、5mmほど離してふたつ開けたらどうなるでしょうか？そう、二つの太陽像が雪だるまのように映ります。金環日食が見える地域ではピンホールで「オリンピックのマーク」を作れるかも知れません。そんな挑戦も楽しいですね。

### ★その他

観察窓に余計な光が差し込まないように、窓周囲に「ひさし」を付けたり、ピンホールを自由に交換できるよう、先端を「キャップ」のように取り外し式にしたり、あるいは本体に楽しい絵を描くのもステキです。日食そのものだけでなく、こうした工作を通して自分なりの工夫をするところにも楽しみがいっぱいあります。



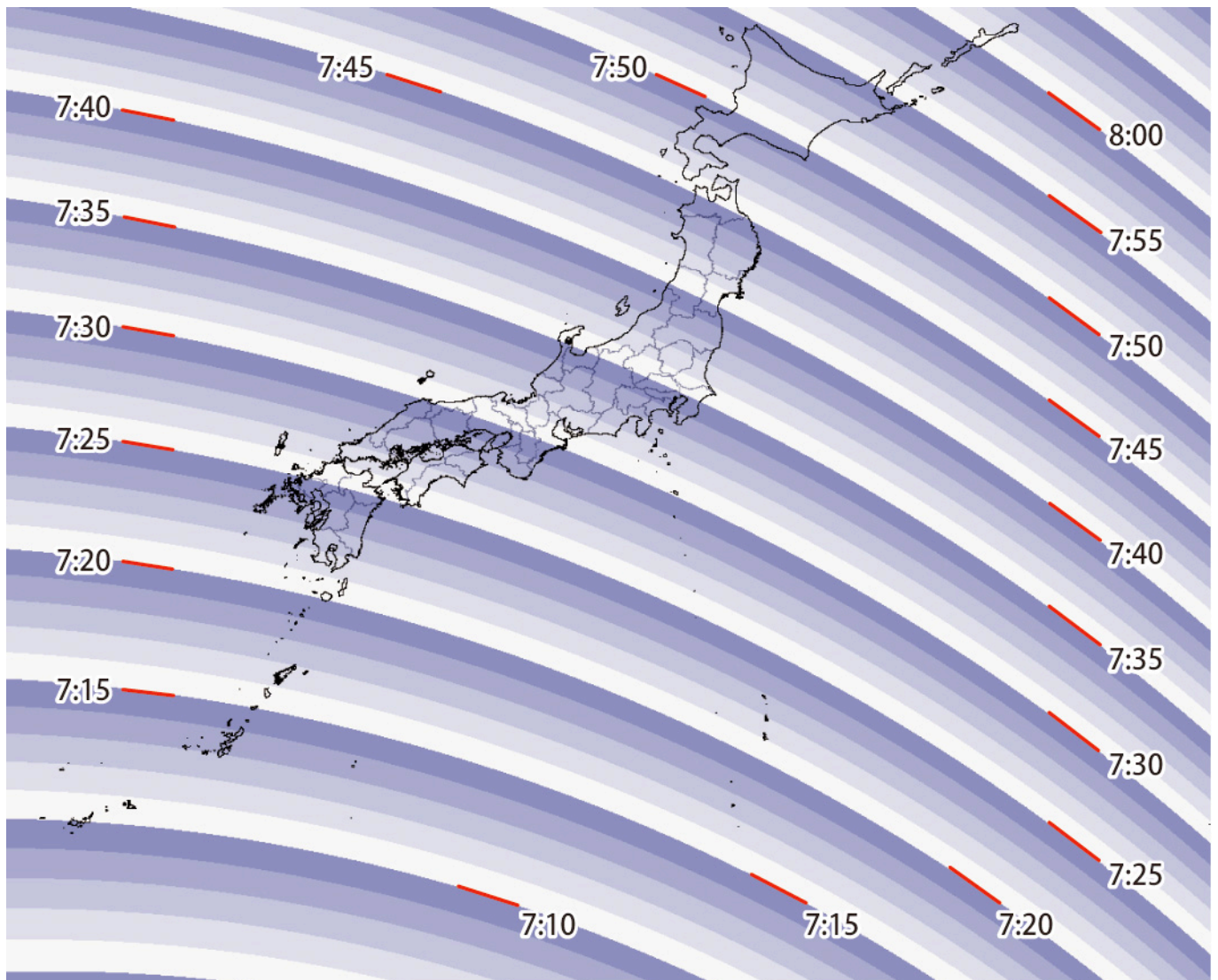
高さを変えられる割り箸の架台にしてみました！載せているのはキャンプ用のテーブル。

資料作成にご協力くださった方々に感謝します。実際に工作や観察をしたみなさんからのご意見やご感想をぜひお聞かせください。本資料は非営利の範囲で自由にお使いください。

つくば星の会 久保庭敦男（メール：cosmy@nifty.com）

## 【資料1】日食最大時の時刻

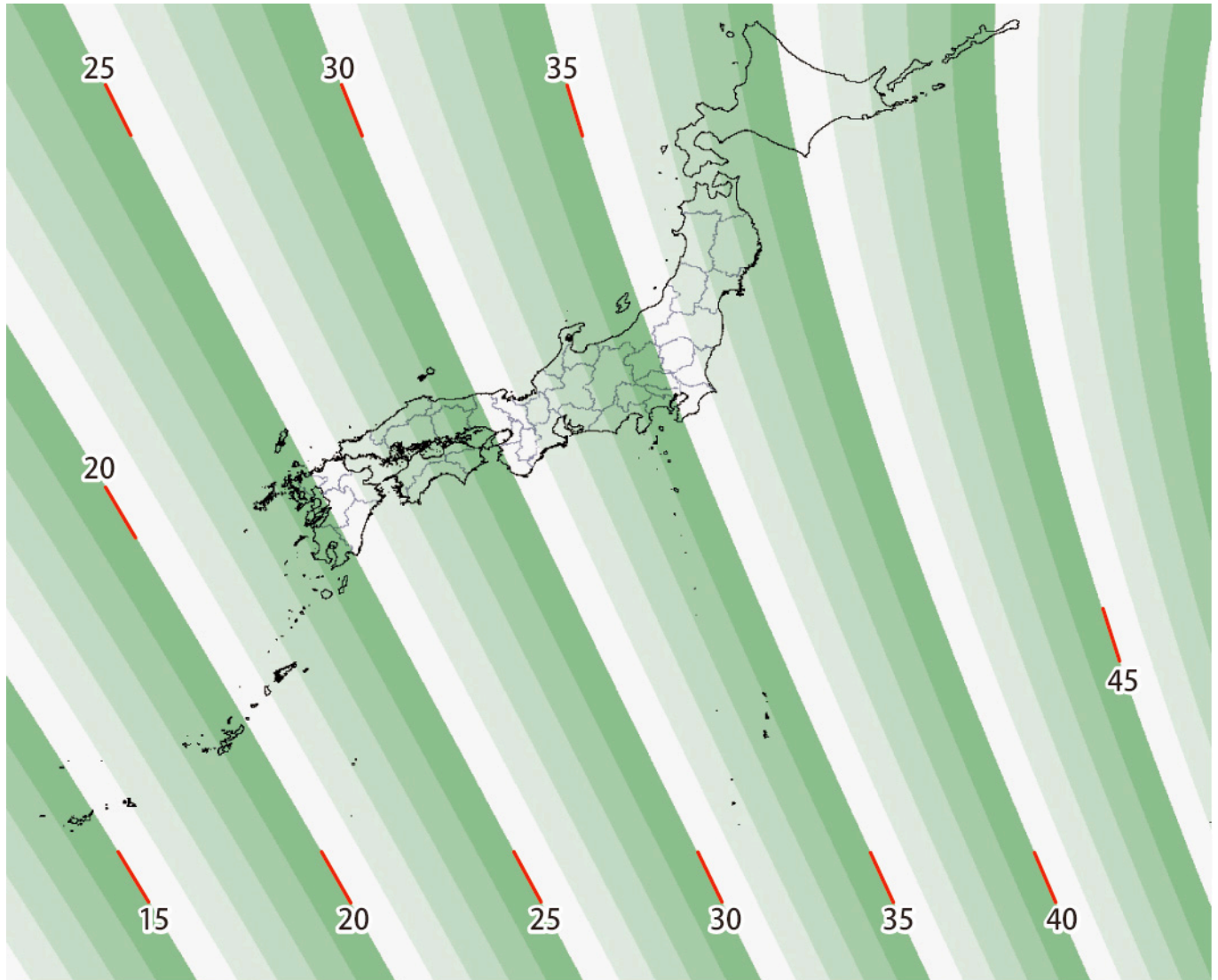
2012年5月21日の日食での最大時、つまり太陽と月が最も近くなる時（日食が最も深くなる時）の時刻を地図にしました。みなさんの地域が何時頃になるかの目安にしてください。地図内の時刻は日本時間です。



- ・色分けされた帯は1分刻みになっています。おおよその目安として読み取ってください。南西側ほど早く、北東側ほど遅くなります。
- ・この地図の全ての地域で日食になります。金環日食になる範囲は各自でお調べください。金環日食にならない地域は部分日食として楽しめます。
- ・計算は自作プログラムで行いました。国立天文台などが発表している時刻と比べて、最大で10秒程度の誤差があります。

## 【資料2】日食最大時の高度

2012年5月21日の日食での最大時、つまり太陽と月が最も近くなる時（日食が最も深くなる時）の見える高度を地図にしました。高度とは見上げる方向を水平から計った角度で表します。みなさんの作った太陽投影機を向ける目安にしてください。地図内の数字の単位は角度の「度」です。



- ・色分けされた帯は1度刻みになっています。おおよその目安として読み取ってください。南西側ほど低く、北東側ほど高く見えます。観察場所から見て邪魔になる建物や樹木などがいないか事前に確かめておきましょう。
- ・資料1に提示した時刻のとき、太陽がこの地図の高さになるわけです。また方角はだいたい真東になります。太陽は刻々と位置を変えますので、日食の全過程を見るためにはこの地図の高度を含む、高低を変えられる太陽投影機にする必要があります。
- ・計算は自作プログラムで行いました。わずかですが誤差を含みますのでご了承ください。なお地図は直交座標で描いています。