

これで準備OK!

# 7月22日 部分日食を安全に見る

部分日食となれば、多くの人が太陽を見上げる。しかし、太陽の光は強烈で、とてもまぶしい。そのまま無理に見続けければ、眼の中の光を感じる網膜が、回復不能なダメージを受けることもある。そこで、「日食メガネ」や、家庭にあるアイテムを使って、安全に日食を見るいろいろな方法を紹介しよう。

(株)アストロアーツ/星ナビ編集部

## ●「日食メガネ」で欠けた太陽を安全に観測する

### 危険なのは目に見えない赤外線

日食のたびに、十分な知識と準備がないまま、日食で欠けゆく太陽を観察し続けて、眼の網膜に損傷を受けてしまったということが報告されている。網膜はものを見るための光を感じる部分。その網膜が損傷を受けると、最悪の場合、失明することも考えられる。こうした事故のないように、太陽を見るときには、強烈な光を弱めるための工夫が必要になる。そのひとつが減光フィルターだ。しかし、光が弱められているように見える素材のすべてが、減光フィルターとして利用できるとは限らない。日食での事故には、太陽の観察に適さない素材を減光フィルターとして使ったことが原因となっているものも少なくない。

人の視覚は、可視光（かしこう）と呼ばれる電磁波によるものだ。一般的な「光」とは、この可視光を指す。可視光の波長は、およそ380〜700nm（ナノメートル）で、虹の色としておなじみの紫〜青〜緑〜黄〜橙〜赤として識別できる。光を放射したり反射している物体の「色」は、さまざまな波長の光が混ざり合っただけで知覚されるというわけだ。

太陽からやってくる光には、可視光以外にも、紫外線（しがいせん）や赤外線（せきがいでん）と呼ばれる光も含まれている。太陽を観察する際にやっかいなのがこの紫外線と赤外線だ。なにしろ、これらの光は目に見えないために、いったいどの程度の強さの光が当たっているのかわからないからである。

紫外線は、可視光よりも波長が短い光だ。身近な事象では日焼けの主原因となっている。短時間に強い紫外線を眼に浴びると、眼球の表面の角膜に傷ができて痛みを感じる「雪目」となり、弱い紫外線でも長期的に浴び続けると白内障などの疾病を引き起こすとされている。ただし、紫外線は眼のレンズの役割をする水晶体で吸収されるので、網膜へダメージを与える可能



性は少ない。さらに、ガラスやプラスチックなどは、紫外線を透過しにくい性質を持っているので、こうした素材を減光フィルターに用いれば紫外線を弱めることができる。赤外線は、可視光より波長が長い光だ。赤外線は「熱線」とも呼ばれ、過度の赤外線が人体に当たれば悪影響を及ぼす。赤外線が網膜に当たると、強度や時間にもよるが、やけどと同様のダメージを受けられる可能性がある。もともと、皮膚などに比べて網膜はきわめて脆弱で、内部の組織まで影響が及ぶこともある。目に見えない（まぶしくない）のに炎症を起こすほどのエネルギーを持っているという意味で、もっとも注意しなければならないのが赤外線というわけだ。

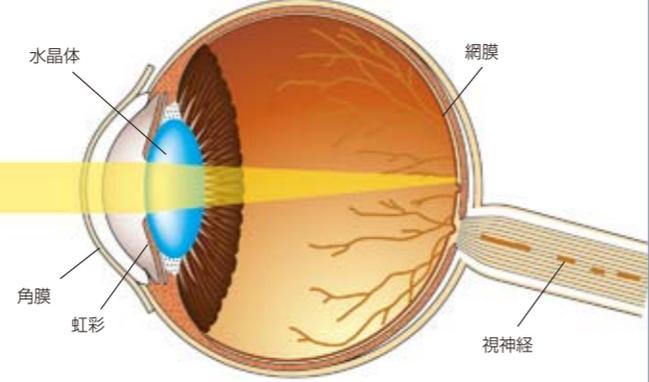
### ■有害な光線をブロックする「日食メガネ」

信用のおけるメーカーの「日食グラス」や「日食メガネ」は、眼で見える可視光（波長380〜700ナノメートル）だけでなく、紫外線（波長200〜380ナノメートル）や赤外線（波長700ナノメートル〜1000マイクロメートル）を反射したり吸収したりするように設計されている。しかし粗悪な日食メガネの中には、可視光はブロックしていても有害な赤外線を多く透過してしまうものもある。



### ■眼のしくみ

物が見えるのは、光が角膜や水晶体によって集光し、眼の底部にある網膜に像を作るからだ。紫外線は水晶体を通過しないので、網膜には影響がないが、強い可視光や赤外線が網膜に届くと網膜を損傷することがある。



●モデルになっていただいた木下久子さん&遥渚ちゃんが手に持って太陽を覗いているのは、世界天文年2009日本委員会推奨ビクセン製「日食グラス」のアストロアーツオリジナルデザインバージョン。アストロアーツのオンラインショップで販売中。



この日食メガネは「日食観測マニュアル」付属のものです

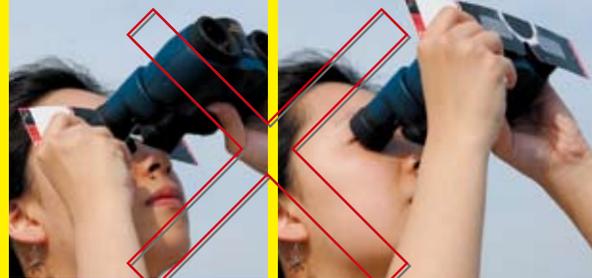
# 「日食メガネ」の使い方 必ず読んでください



両手で「日食メガネ」をしっかりと持ってください。

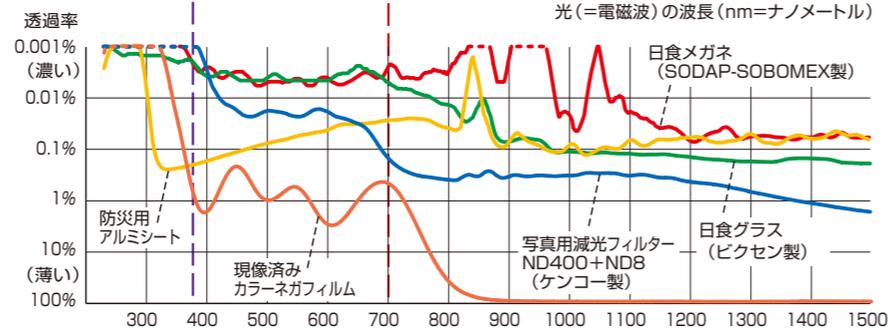
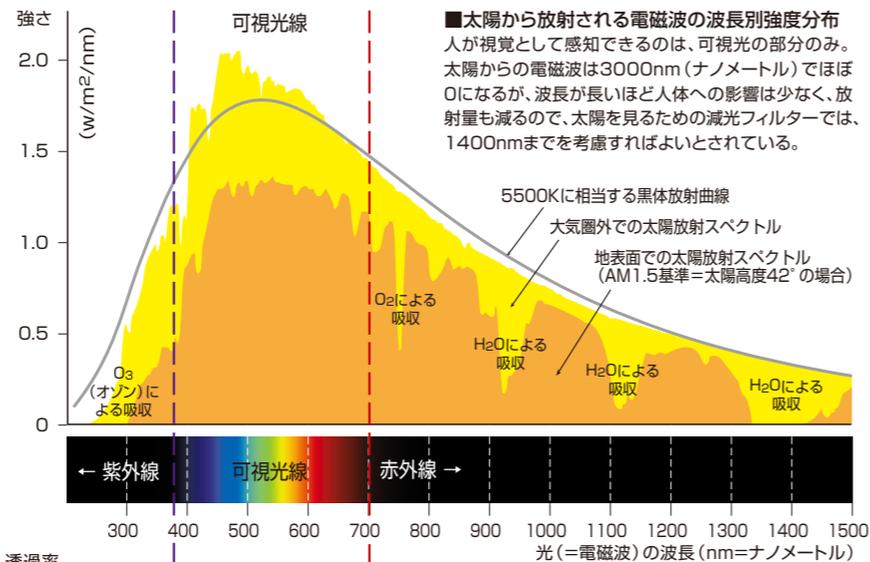
「日食メガネ」や「日食グラス」は、減光フィルター部分を眼にかざして太陽を見るためのものですが、長い時間連続して見てはいけません。日食メガネを使う時は両手でしっかり持ってください。「日食メガネ」を使って望遠鏡や双眼鏡で太陽をのぞくことや、双眼鏡や望遠鏡の対物レンズにかざして太陽を見ることは危険です。絶対にやめてください。小さな子どもだけで太陽を見てはいけません。かならず大人の人といっしょに観察してください。なお、減光フィルターは、素材の性質から太陽がややにじんで見えることがあります。

「日食メガネ」を使って双眼鏡をのぞかないでください!



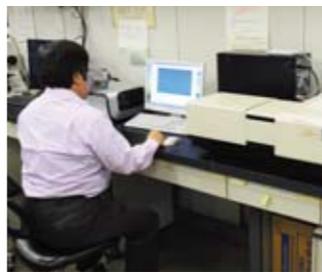
「日食メガネ」を使って望遠鏡をのぞかないでください!

**絶対  
ダメ**

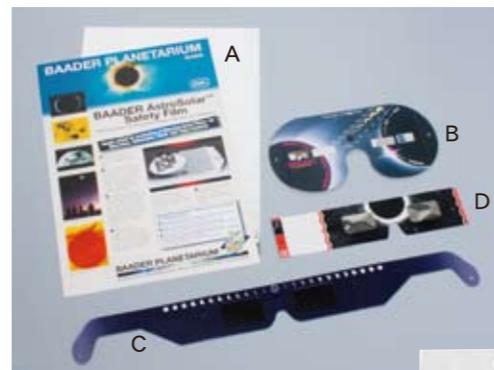


## ■太陽観察用減光フィルターの安全性を検証

減光フィルターの測定は、大阪府立産業技術総合研究所にて、島津製作所製のUV-3150PC型ダブルビーム分光光度計で行った。測定では、光源や検出器をいくつか切り替える必要がある。切り替えの波長で、数値が大きく変動することもあったが、その場合は前後のデータで補完した。また、透過率が0.001%以下となる部分は、光の量が極端に少なくなり、測定不能のために点線としている。測定結果のグラフ(縦軸は対数)を見ると、付属の「日食メガネ」やビクセン製「日食グラス」以外の代用品や、写真用NDフィルターは赤外線を危険なレベルで透過していることがわかる。



左の写真で紹介している日食メガネや日食グラス類は、赤外線を安全なレベルまで弱めているので、問題なく部分日食を観察できる。「日食観測マニュアル」や「欠ける太陽を見よう!」に付録の日食メガネも、ドイツCE規格準拠の太陽フィルターを使用しているので安心だ。



- A: アストロソーラーシート 眼視用 ND-5 (バーダープラネタリウム社製 価格:2,800円)
  - B: アストロアーツ日食グラス (アストロアーツ製 価格:1,480円)
  - C: 太陽日食観察メガネ (アイソテック製 価格:399円)
  - D: 「日食観測マニュアル」と「欠ける太陽を見よう!」付録の日食メガネ
- ※いずれもアストロアーツオンラインショップで発売中



上: 日食観測マニュアル (アストロアーツ製 価格:980円)  
左: 欠ける太陽を見よう! (星の手帖社製 価格:500円)  
※いずれも全国の書店で発売中

安全な減光フィルターの光の透過率の指針としては、NASAのウェブサイトの日食関連ページにカナダ・ウオーターloo大学のラルフ・チヨウ准教授が寄った論文が、絶対には使用してはいけない。

現像済みのモノクロフィルム(銀塩タイプ)が減光フィルターに利用できるが、カラーネガやカラーのスライド用フィルムは赤外線を通してしまふ。写真撮影用として市販されているNDフィルターも、プロ向けの機材なので安全だと思いがちだが、やはり赤外線を通す。防風・防寒用として市販されている防災用やキャンプ用のアルミシートは、赤外線は透過しないが、反対に紫外線を多く透過してしまふ。コンパクトディスクやフロッピーディスクも、肉眼では適度に減光して太陽の形がわかる。しかし、安全性の確認ができないものは、絶対には使用してはいけない。

安全な減光フィルターの光の透過率の指針としては、NASAのウェブサイトの日食関連ページにカナダ・ウオーターloo大学のラルフ・チヨウ准教授が寄った論文が、絶対には使用してはいけない。

また、天文雑誌「星ナビ」のスタッフが大阪府立産業技術総合研究所に赴き、実際に紫外線、可視光、赤外線の透過率を測定したが、紫外線は測定限界以下で、まったく透過しないに等しく、可視光と赤外線も前述のラルフ・チヨウ准教授の推奨する安全値をクリアしていることが検証されている。

ただし、赤外線が網膜に及ぼす影響には個人差がある。そのため、日食メガネを使う時でも太陽を見るときは、連続して3分以上眺め続けてはいけない。さらに、太陽を見たら30秒は目を休めるようにして、安全に留意しながら観測してほしい。

安全性が検証された日食メガネを使う

赤外線は、身のまわりにある多くの樹脂製の物質を透過してしまう。プラスチック製の黒い下敷きや黒いビニール袋などは、可視光をほとんど透過しないが、赤外線では透明といってもよいほど透過してしまうものさえある。つまり、こうした素材を使って日食の観測を行うと、眼にはまぶしく感じなくても、太陽を見続けられれば赤外線によって眼に重大なダメージを与えることになってしまふ。日食を肉眼で眺めるには、赤外線の透過しにくい素材を使った減光フィルターが必須なのである。

稿している解説がある。それによれば、可視光では0.003% (およそ3万分の1) 以下、赤外線では700〜1400ナノメートルで0.5% (およそ200分の1) 以下の透過率なら安全とされている。しかし、赤外線の透過率は容易には測定できない。したがって、信頼できるデータを公表しているメーカー製の「日食グラス」や「日食メガネ」などを購入するのが、もっとも現実的な安全策である。

「日食観測マニュアル」付属の日食メガネは、フランスのSODAP・SOBOMEX社製である。EU(欧州連合)の「個人用身体防護器具に関する指示」である89/686EECに準拠して作られ、ドイツの工業規格であるDIN EN 1836:2005という安全規格をクリア。すべてのEU加盟国の基準を満たすCEマークを与えられたものだ。

太陽の光を直接見ると、眼に障害を残すことがある。必ず、信頼できるメーカーの「日食メガネ」や「日食グラス」を使用しよう。また、子どもだけでなく大人の人と一緒に観察するようにしよう。ちなみに、ビクセン製「日食グラス」の解説書では、ツバのある帽子をかぶって観察することを推奨している。

にっしょくらす にっしょくめがね つか たいよう み とき おとな ひと かんざつ  
「日食グラス」や「日食メガネ」を使って太陽を見る時は大人の人といっしょに観察してください!

**絶対  
ダメ**



# ●「ピンホール」で欠けた太陽を見る

ピンホールカメラ（針式写真機）をご存じだろうか。箱に開けられたピンホール（針穴≪小さな穴≫）から入った光が、箱の内部の面をスクリーンにして外の景色を像として映し出すというものだ。いわゆるカメラの原理となった仕組みである。

このピンホールを使えば、日食で欠けた太陽のようすを投影することができる。レンズの代わりの役目をするピンホールに太陽の光を通し、ピンホールの後ろにスクリーンとなる面を置くことで、太陽を直接見ることなく、簡単かつ安全に欠けた太陽の形を観察することができるというわけだ。

ピンホールは、特に用意しなくても、身のまわりで日食観察に利用できるものがある。木立の影の中の「木漏れ日」は、葉と葉の隙間がピンホール、地面がスクリーンになって、太陽の形を投影している。ふだ

んはぼやけた丸い形なので気がつかないが、部分日食の時に観察すると、木漏れ日のひとつひとつが欠けた太陽の形をしていることがわかる。今回の部分日食では、日本の多くの地域で太陽が三日月型にまで欠けるので「三日月型の木漏れ日」を見ることができ

画用紙や段ボールに小さな穴≪ピンホールを開けて太陽の光を通してみるだけでも太陽の形を見ることができるとはいえ、小さい穴なら何でもよいわけではない≫

穴の形はできるだけ真円に近いほうが、きれいな像ができる。したがって、紙に押しピンなどで穴を開けたら、裏側に飛び出た余分な紙をカッターナイフなどで切り取っておきたい。始めから小さい穴の開いたものを流用するのもよい。交通機関のプリペイドカードやテレホンカードなどのパンチ穴は、理想的な円形をしている。

ピンホールはレンズのようにきれいな像を作ることにはできないが、穴の形状、穴の大きさ、さらにスクリーンまでの距離によって像のシャープさが決まってくる。

ピンホールとスクリーンまでの距離を一定にして考えると、ピンホールが小さいほど太陽の像はシャープになるが、明るさは暗くなってしまう。反対に、ピンホールの大きさを一定にして考えると、スクリーンまでの距離が短いほど明るくシャープになるが、太陽の像そのものが小さくなるという関係にある。スクリーンには白い大きな画用紙やスチレンボードなどを用意した方がわかりやすい。



■カードのパンチ穴を使ったピンホール  
カードのパンチ穴は、理想的なキレイな円形の小さな穴を提供してくれる。下はカードのパンチ穴による部分日食の像。カードのままだと小さな影しかできないので、大きめの穴を開けたボール紙にカードの穴の部分を切り取って貼り付けると大きな影ができる。



太陽の像の大きさは、ピンホールからスクリーンまでの距離に比例し、この距離のおよそ100分の1の大きさになる。ピンホールからスクリーンまでの距離が1メートルの時は直径約1センチ、30センチの時は直径約3ミリの太陽の像ができる。スクリーンに結ばれた太陽像は、天地が逆さまでさらに左右が入れ替わった倒立の鏡像になって見える。



■ピンホール文字  
厚紙に書いた字をなぞって穴をあけると、部分日食の欠けた太陽の形の字が浮かび上がる。(2006年3月29日の皆既日食の時に、エジプトで撮影)

■欠けた太陽の形の木漏れ日  
金環日食の時の部分日食が木漏れ日となって見えたもの。もちろん皆既日食の前後の部分日食や、7月22日の部分日食でも同様に欠けた太陽の木漏れ日を見ることができる。(2005年10月3日の金環日食の時に、スペインで大越 治・和子さんが撮影)



## 筒型のピンホールをピンホールスコープを作る



1 材料を用意する

半透明のレジ袋

押しピン

輪ゴム2本

アルミホイル

食品用ラップなどの芯

2 レジ袋を適当な大きさに切る

3 レジ袋を引っ張り、筒の一方に輪ゴムでとめる

3



4 同様にアルミホイルを筒のもう一方に張る

4



5

アルミホイルに押しピンでピンホールを開ける



6 完成



太陽の像の大きさは、ピンホールからスクリーンまでの距離に比例し、この距離のおよそ100分の1の大きさになる。ピンホールからスクリーンまでの距離が1メートルの時は直径約1センチ、30センチの時は直径約3ミリの太陽の像ができる。スクリーンに結ばれた太陽像は、天地が逆さまでさらに左右が入れ替わった倒立の鏡像になって見える。

### 台所用品でピンホールスコープを作る

ここで、望遠鏡風なスタイルで欠けた太陽の形を安全に見ることができる「筒ピンホールスコープ」の工作方法を紹介しよう。材料は食品用ラップなどの筒状の芯と、アルミホイル、スーパーマーケットやコンビニエンスストアのレジ袋である。

作り方はいたって簡単。アルミホイルとレジ袋を10センチ角ほどに切って筒の両端にかぶせ、輪ゴムで固定する。さらにアルミホイルの中央に画鋲や押しピン

などで、ピンホールを開けるだけである。ピンホールの直径は0.5〜1ミリほどがよい。これを太陽に向けてレジ袋側から見れば、太陽の像がレジ袋をスクリーンとして投影されている。筒の後ろ側から透過した像を見るので、まるで天体望遠鏡を使っているような感じになる。ちなみに「筒ピンホールスコープ」の像は、欠けている太陽の形とは天地左右が逆さまの倒立像となって見える。

押しピンを使う場合は、日食当日よりも前に、実際に太陽の像をスクリーンに映しながら、小さな穴からすこしずつ広げて、シャープで明るく見えるバランスのよいところを探っておくとよい。

またスクリーンとして使うレジ袋には、厚さや素材にいろいろな種類があり、なかには像がにじんだように見えるものもある。いくつか質感の異なるものを用意して、太陽の丸い像がもっともきれいに見える素材を探すとよいだろう。もちろん、スクリーンの素材はレジ袋でなくても、習字に使う半紙やトレーシングペーパーのような半透明な薄い紙などでもよい。ただし、シワにならないようにピンと張るには、柔らかい樹脂製のシートが好都合だ。

# 箱型のピンホールスコープを作る



1 材料を用意する

## 段ボール箱で工作

もうひとつ、筒の代わりに大きめの段ボール箱を利用した「箱ピンホールスコープ」の作り方も紹介しておこう。

「箱ピンホールスコープ」は、段ボール箱の一面の中央にピンホールを開け、ピンホールを開けた面に向かい合う面に白い紙などを貼り付けてスクリーンとしたものだ。もちろん、このままフタを閉じて箱にしてしまうと中のスクリーンが見えないので、側面に穴を開けて、ここから中を覗いて投影された太陽の像を観察するというしくみだ。

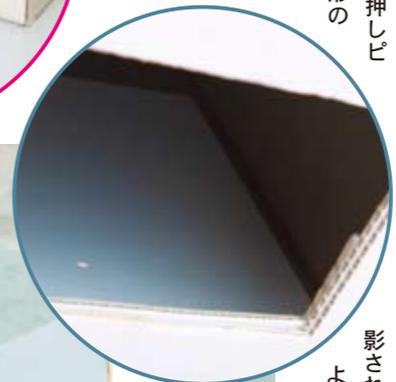
ピンホールは、段ボールに直接穴を開けてもよいが、厚みがあったり紙が二重になっていたり、なかなかうまくきれいな円形の穴が開かない。そこで、2センチ程度の大きな穴を開けておき、その上にアルミホイルをセロハンテープで貼り付け、ここに押しピンや画鋏で穴を開けることで、きれいな円形のピンホールを得ることができる。



2 2センチ角ぐらいの穴を開ける

4 段ボール箱の内側に白い紙を貼る

5 側面に覗くための穴を開ける



ピンホールの開いている面を太陽に向ければ、太陽の像が箱の中のスクリーンに投影される。観察用の穴が開いているとはいえ、スクリーンが箱に囲まれているために周りからの光が遮られ、コントラストのよい太陽像を見ることが出来る。また、スクリーンとなる面が「筒ピンホールスコープ」よりもはるかに広いので、太陽の像をスクリーン上に導入するのが簡単というメリットもある。

投影される太陽の大きさは、先に説明したようにピンホールの面からスクリーンの面までの長さのおよそ100分の1になる。工作例に使った段ボールでは、45センチの長さがあり、直径5ミリ弱の太陽像ができる。大きな段ボール箱を使えばそれだけ大きな太陽像を得ることができるが、その場合のピンホールは直径1〜2ミリと少し大きめの方が良い。

「筒ピンホールスコープ」の場合もこの関係は同様で、筒が長いほど大きな太陽像を得ることができる。筒や箱が1メートル前後にもなる場合は、投影された太陽像が暗くなりすぎないようにピンホールの大きさも直径2ミリぐらいにした方がよい。

## 鏡で反射させて太陽像を投影する

「筒ピンホールスコープ」も「箱ピンホールスコープ」も、手で持って扱えるようなものではなく、筒の長さや箱の大きさに制限があるので、太陽の像も小さい。とはいえ、大きな太陽の像を作るために、巨大なピンホールスコープを製作するのはたいへんだ。そこで「鏡ピンホールプロジェクト」の登場となる。

ピンホールスコープで太陽の像ができるのは、小さな穴（ピンホール）がカメラのレンズと同じ働きをするからだ。それなら、小さな面積の鏡で太陽の光を反射させても同じことになる。しかも、反射の角度を変えれば太陽の像を作るスクリーンの場所は自由自在。おまけに、鏡から投影するスクリーンまでの距離を長く取れば、比較的大きな太陽の像を作ることが可能になる。

こうした仕組みは、日食情報センターの大越治氏によって「鏡ピンホール」と命名されている。「鏡ピンホールプロジェクト」とは、この鏡ピンホールを利用して太陽の像を投影するというもので、ピンホールスコープと同様に、日食のようすを安全に見ることができる。

作り方と使い方はとても簡単。手鏡などの鏡の部分の上に、穴を開けたマスクを貼り付け、太陽の光を建物の日陰部分の白い壁などに向けて反射させるだけでよい。最近では、100円ショップなどで、手鏡や穴開けパンチを手軽に入手できるので、日食の工作用に新たに購入しても数百円ですむはずだ。穴開けパンチは、直径5〜6ミリのきれいな円形の穴を簡単に開けられるので便利な道具である。

「鏡ピンホールプロジェクト」の原理は基本的にはピンホールスコープと同じなので、マスクの穴はきれいな円形が望ましいが、スクリーンまでの距離が2メートルよりも長くなれば、マスクの形状にかかわらず太陽はほとんど円形の像になる。十数メートルも離れたビルの壁面に投影するなら、四角い手鏡でもじゅうぶ

# 鏡ピンホールプロジェクトを作る

1 材料を用意する



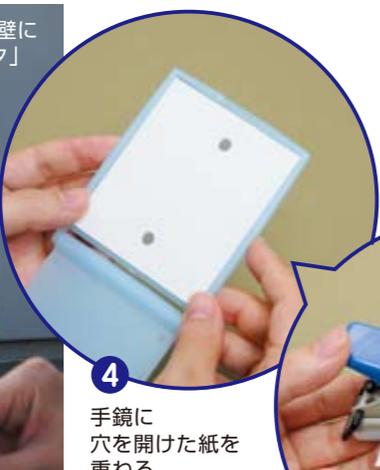
手鏡は、やや凹面になっていて拡大されて見えるものも試してみたが、像がゆがんで鏡ピンホールには適さなかった。「穴開けパンチ」を使えば、きれいな穴が簡単に開けられる。最初から穴の開いた、「とじ穴補修シール」を鏡に貼ってしまうのもよい。いずれも100円ショップで購入。

んだらう。とはいえ、ピンホールスコープと同様にマスクや鏡の大きさと投影された太陽像の明るさの関係もあるので、日食の前の晴れた日にあらかじめ実験しておくことが望ましい。いうまでもないが、鏡で人の顔に太陽光を反射させて遊ばないように！

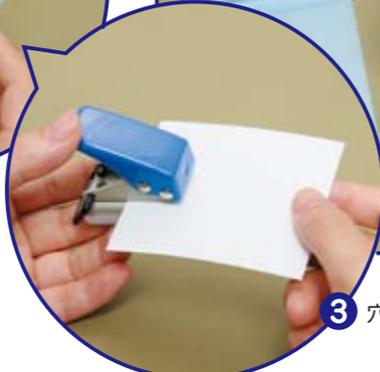
観察する時には、鏡を手で持ったままでいるのはたいへんだし、太陽像が揺れるので、卓上用のスタンド付き化粧鏡のようなものを使って鏡の向きを固定するなどのくふうをしよう。



2 手鏡の大きさに紙を切る



4 手鏡に穴を開けた紙を重ねる



3 穴開けパンチで紙に穴を開ける

日陰になっている白っぽい壁に「鏡ピンホールプロジェクト」で太陽の像を映す。

