

金環・部分日食を 安全に観察する

2012年
8月28日
まで、あと **18** か月

太陽の光は強烈で直接見ることはできない。しかし、日食（金環食や部分食）を観察することは、その太陽を見ること。一步間違えば強い光で目に傷害を残す危険性がある。日食の安全な観察方法を理解して、5月21日の天文ショーをしっかりと楽しむことにしよう。

解説／大越 治・星ナビ編集部

危険な太陽

毎日欠かさず光と熱を地球に送ってくれる太陽は、私たち地球に生きる生命にとって、生活に欠かせない大切な天体です。しかし、いざ太陽を観測しようとするとき、この光と熱は私たちの安全にとって無視できないものになります。太陽が発する電磁波は紫外線から電波まで幅広く地球上に届きますが、人間に影響を与えるおも

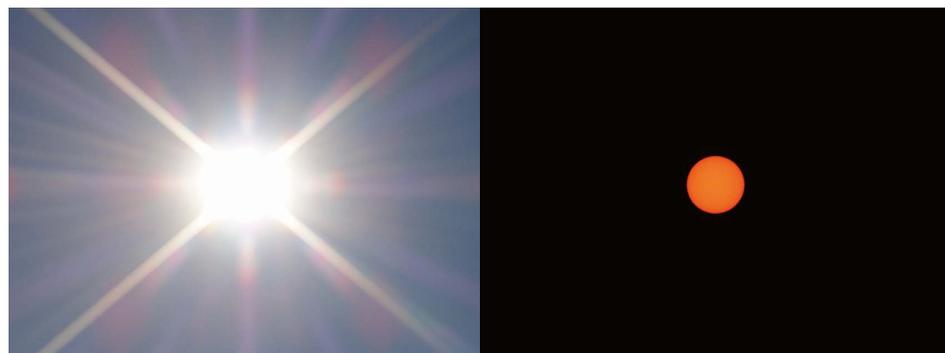
なものは、可視光、紫外線、赤外線の3つです。金環食や部分食では太陽の一部が月に隠され、ふだんよりも明るさが落ちてはいますが、それでも目にダメージを与えるにはじゅうぶんすぎる強さがあります。人間の目は、強烈な光にとても弱くできているのです。海外ではしばしば、日食の後で多くの人々が「日食による失明」や「日食による網膜症（炎）」になったという報道がされています。上記の中で目に感じるものは可視

光だけです。太陽を観察しようとするとき、目で見て暗く見えればよいと思いがちです。

しかしそれは非常に危険な考えです。まぶしさは感じなくても、紫外線や赤外線をたくさん受けると、目は大きなダメージを受けてしまいます。紫外線は白内障の原因になりますし、赤外線はその熱作用で網膜を焼いてしまいます。何より網膜の受けるダメージは痛みを伴わない点で始末が悪いと言えます。日食の観察で一番気をつ



まぶしくて危険な太陽も、適切な観察方法で見れば目に傷害を受けることはない。



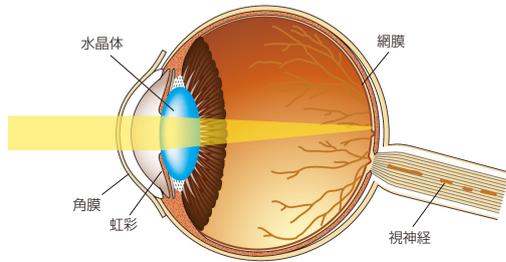
減光フィルターを通さない状態で見る太陽は、大変まぶしいという目に有害な波長の光が含まれている。右は、本誌付録の「日食観察プレート」を通して、目に安全なレベルまで減光された太陽。赤みがかかった色に見えるのは素材の特性による。

かしろ 可視光	人間が目で感じることができる光。波長ではおよそ 350nm（紫）～800nm（赤）とされている。
紫外線	可視光より波長が短く、およそ 10nm より長い波長の電磁波。人間の目には感じない。エネルギーが高いので化学作用が強く、日焼けの原因になったり殺菌に利用されたりする。
赤外線	可視光より波長が長く、およそ 0.1mm より短い波長の電磁波。人間の目では感じられないが熱作用が強く、熱線と呼ばれることもある。

けなくてはならないのは、なによりも「目の安全」なのです。

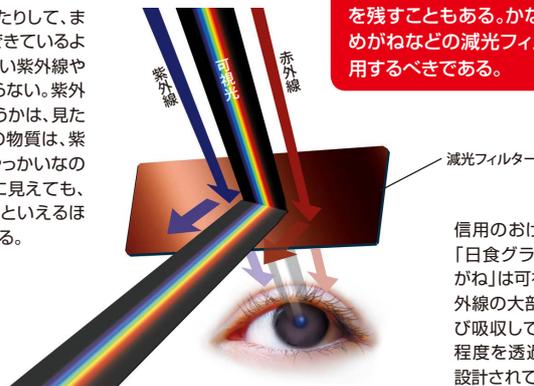
金環食や部分食を観察するには、双眼鏡や望遠鏡などの「太陽像を拡大して見る道具（光学機器）」を使う方法と、それらを使わずに、肉眼や簡単な器具だけを使う方法があります。

次ページからの適切な観察方法は、みなさん自身の眼の安全を守るために、そしてまた、周囲の人たちの眼のためにも活用してほしいと思います。本誌付録の日食観察プレートを使って安全な見方を紹介したり、観察教室を開いてみたり、といった「安全な観察方法」をアピールすることは、“天文ファンとしての社会貢献”であり義務といえるかもしれません。なお、個人や同好会で観察会を催す場合は、万が一のことも考えて「イベント保険」や「ボランティア保険」とよばれる、個人でも加入できるタイプの保険に入ることをおすすめします。太陽観察はきわめて特異で危険がともなう行為なので、くれぐれも安全に注意して、みんなで「(金環)日食を見る」という素晴らしい感動を分かち合いたいものです。



物が見えるのは、光が角膜や水晶体によって集まり、眼の底部にある網膜に像を作るからだ。紫外線は角膜や水晶体で吸収されるので、網膜には届かないが、激しい痛みを伴う「雪目」症状を起こしたり白内障の原因になったりする。痛みは太陽を見た数時間後に出ることが多いので、その場合はすぐに眼科を受診しよう。一方、可視光や赤外線は角膜や水晶体を通して、網膜に到達する。強い可視光や赤外線が網膜に届いて像を結びと網膜を損傷することがある。

一見可視光を反射したり吸収したりして、まぶしい太陽の光を弱めることができているように見える物質でも、目に見えない紫外線や赤外線も弱められているとは限らない。紫外線や赤外線が透過しているかどうかは、見ただけではわからないのだ。多くの物質は、紫外線をほとんど透過しないが、やっかいなのは赤外線だ。可視光では真っ黒に見えても、赤外線に対してはほとんど透明といえるほど、反射も吸収もしない物質もある。



太陽の光を直接見ると、目に障害を残すこともある。かならず、日食めがねなどの減光フィルターを使用すべきである。

信用のおけるメーカーの「日食グラス」や「日食めがね」は可視光・紫外線・赤外線の大部分を反射および吸収して、10万分の1程度を透過させるように設計されている。

一億総「安全日食」計画に参加しよう

報告／原 智子

今回の金環日食は、極端に言えば「日本人みんなが太陽を見上げる」ともいえる。だからこそ、子どもからお年寄りまでみんなが「安全に」観測してほしいと、さまざまな団体が呼びかけを行っている。

日本天文協議会のワーキンググループである「2012年金環日食日本委員会」は、発足以来「様々なメディアを通じて日食観察に関する知識を周知する」「安全知識の基礎となる日食メガネなどの観察方法に関する調査研究」「日食関連イベントなど観察の機会提供に関する情報を収集・発信」「シンポジウムを開催し日食に関心をもつ方々の情報交換

財団法人日本眼科学会、社団法人日本眼科医会、日本眼科啓発会議、日本天文協議会による、日食に関する啓発ポスター。



学校向け資料『2012年5月21日(月)日食を安全に観察するために』。教育目的であれば自由にダウンロードして利用できる。

国立天文台が開催した『記者のための天文学レクチャー』には32社57名が参加し、テレビや新聞など各方面から大きな関心を集めた。国立天文台の縣秀彦准教授は「日食を安全に観察して、科学に興味をもつきっかけに」と説明。

の場を創出する」…この4つの方針を掲げ活動を展開してきた。海部宣男委員長のもと16名のメンバーが多くのミーティングを重ね、3回の『金環日食シンポジウム』開催や『日本天文学会2012年春季年会』での記者発表を行った。また、これまでに委員会の活動とも軌を一にして、後述のように各団体が具体的な行動を起こしている。

国立天文台は、公式サイトに「安全な観測方法」を掲載するとともに、動画投稿サイトを通じて金環日食の解説と安全な観察方法を紹介。また、4月5日には「2012年金環日食」をテーマに『記者のための天文学レクチャー』を開催し、新聞・テレビ・雑誌を中心とした科学記者やメディアに「安全な日食の楽しみ方」を告知するよう働きかけた。また、教育関係者に向けて「通学途中や誤った方法の観察は極めて危険。当日は登校にあたっての配慮、事前の適切な観察方法の指導を」と呼びかけ、教育現場で使える配付用資料を用意している。教育現場に対しては、日本天文協議会・日本眼科学会・日本眼科医会も文部科学大臣宛に「2012年5月21日の金環日食に関する要望書」を提出。あわせて学校向け資料を制作し、文部科学省より各都道府県・指定都市教育委員会等へ通知した。埼玉県所沢市では、全小・中学校での金環日食観察会開催を決定。市内に本社のあるピクセンはこの観察会の趣旨に賛



同し、同社製の日食グラスを学校に寄附する。

日食観測学習連絡会では、児童・生徒の日食観測を成功させる手引書となるワークシートをインターネット上で公開している。指導する教職員の参考になる『解説書』や『クイックガイド』も提供。大越治さん(2012年金環日食日本委員会)によると「このテキストは教育現場だけでなく、一般や高齢者の団体など生涯教育の現場からの要望も受けて公開している。素材は自由にアレンジできるので、それぞれが利用しやすいように活用して」とのこと。

世間が盛り上がるにつれ、現象の一面だけを紹介し、危険性をしっかり解説しない報道や広告も増えてくるだろう。そんな中、星ナビ読者は周囲への働きかけをぜひ進めてほしい。家族や職場へ安全なグッズを紹介したり、地域の学校や公共施設に啓発ポスターを紹介するといった形でアピールしてみてもどうだろうか。

方法 1

フィルターを使って 肉眼で見る

専用の減光フィルターを必ず使う

直接見てはいけない太陽を見るのにもっとも手軽な方法は、肉眼での太陽観測専用で作られた減光フィルターです。さまざまな種類の減光フィルターが販売されているので、どれを購入したらよいか迷ってしまいますが、ひとつの目安としては可視光、紫外線、赤外線透過率（何%透過するか）がデータとして示されている製品を選ぶことです。可視光域で0.003%以下、近赤外域で0.5%以下を目安として考えるといいでしょう。ただし、あまりに小さな透過率を示す数字は逆に信用できないと考えるべきです。

現在、日本には太陽観測用減光フィルターの規格は存在せず、多くのメーカーはJIS（規格番号T8141「遮光保護具」に関する規格）を満たすように作っています。また、本誌付録の「日食観測プレート」のように、ヨーロッパ等海外の規格に準拠したものも多く販売されていますので、減光フィルターを選ぶ際に判断材料のひとつになります。

ただし、減光フィルターは減光性能だけが

大事なわけではありません。減光フィルターを保持する枠にも注意が必要です。枠も含めて一定の大きさがあり、両方の目を確実にカバーできるかどうかを確認しましょう。もし不安なら、顔全体を覆うように、ボール紙などで自作の枠を作るのもいいでしょう。また、枠と減光フィルターの間がすき間があって太陽光が漏れるようなものは避けた方がいいでしょう。もし、購入した後にそれに気づいた場合には、やはり丈夫な紙などですき間をふさぐように補修する必要があります。

読者の中には、かつて購入した太陽観測専用の減光フィルターを今回の日食にも使おう

と考えている人もいることでしょう。その場合は、事前にフィルターが劣化していないかどうか確認しておくことが必要です。前回使用時にフィルター面にキズがついてしまったかもしれません。また、湿気の多い場所に保管していたりすると、フィルターが劣化して当初の性能を保っていない場合があります。プラスチックやガラス基板のフィルターは、太陽を見たときにムラがあったりゆがみが見えたら廃棄し、アルミ蒸着シートのフィルターは、太陽にかざしたときにひとつでも小さな穴があったら（光の点として見えます）廃棄すべきです。

望遠鏡販売店やカメラ量販店だけでなく、最近ではコンビニや書店、スーパーマーケットやドラッグストア、駅の売店などでも「日食グラス」や「日食メガネ」などの製品名で入手することができ、値段も100円台から1500円程度のものであり、理科教材を取り扱っている店では「遮光板」という呼び名で入手可能。プラスチックを基板にしたものやガラスを基板にしたもの、アルミ蒸着を施した薄いシートも出回っている。



金環直前 覚え書き

解説 / 石井 馨(日食情報センター)

いよいよ金環日食の当日が近づいてきた。まだ観測機材すら決まっていないう方もいるかもしれないが、日食の前日になって観測準備の最終点検をするのではなく、できれば大型連休中には点検を行ってほしいものである。そんな駆け込み組の準備と心得について紹介しよう。

◆ 天候情報の確認

当日の観測場所は、天候情報を眺みながら晴れの予報の場所に移動して観測をしたい、とお考えの方も少なくないだろう。そのような方がまず注目するのは天候情報である。5月のように日本列島を周期的に移動性の高気圧や低気圧が通り過ぎていく季節では週間予報の精度もそれほど悪くはない。おすすめのサイトは気象庁の「週間天気予報」と「GPV 気象予報」である。気象庁では予報の信頼度をA、B、Cの3段階に分けて表示しているの、予報に加えてこれらの指標も参考になる。筆者もよく利用する「GPV 気象予報」では、「週間予報の信頼度」も表示されるので便利だ。遠征計画を立案する際には、これらの情報をうまく活用してほしい。

◆ 観測場所の確認

観測場所は天候次第と考えて具体的な観測場所を定めていない方は、少なくとも方位と高度の確認作業に慣れておいてもらいたい。また、地図上でわからない場所で観測を考えている場合、駐車場やトイレの確認も兼ねて、大型連休などを利用して候補地探しをしておくとも良いだろう。私有地に無断で入って観測することは厳禁だが、公共の場所を利用する場合でも通行の邪魔にならないように配慮するのは当然のことである。また、イベントや工事が予定されている可能性もあるので、できれば管理事務所などに事前に確認を行っておいた方がよい。

今回の日食は月曜日の朝、通勤、通学の時間帯に起こるので、人通りの多そうな場所も避けるべきである。通行人が多い場所で望遠鏡やカメラを持ち出して日食観測をしていると人が集まることは予想しておくべきだ。通勤、通学の途中で「ついでに見てしまうおう」と考える一般の方々も多いだろうし、路上の歩行者の多くが立ち止まって同じ方向を見ている光景に遭遇したときに、好奇心と誘惑に打ち勝てず同じ方向を見てしまうドライバーも出てくるだろう。都市圏での観測を検討されている方は、脇見運転による事故の誘発原因にならないように気をつけたい。

■ GPV 気象予報 <http://weather-gpv.info/>
地図上に5kmまたは20kmメッシュの詳細な気象予報を表示するサイト。5kmメッシュ詳細予報では1時間毎の予測を33時間先まで、20kmメッシュ広域予報では192時間先まで表示できる。サイト左上のメニューで「広域(192時間)」を選択し「雨量・雲量」とあるメニューのすぐ左側にある、**■**マークをクリックすると「雲量予報信頼度」の表示になる。この表示では、グレーの濃淡による雲量(%)に対して士何%の予報誤差が含まれるかが等値線で描かれる。

モテリ: ● 詳細(33時間) ● 広域(192時間) エリア: 日本

● 雲量予報信頼度 ● 気温・湿度 ● 気圧・気象 ● 沿岸波浪(7時間) ● 低気圧・台風進路 ● 海水相情報予報

GPV 気象予報

● 週間予報の信頼度 (A: 高信頼度, B: 中信頼度, C: 低信頼度) ● 週間予報の信頼度 (A: 高信頼度, B: 中信頼度, C: 低信頼度) ● 週間予報の信頼度 (A: 高信頼度, B: 中信頼度, C: 低信頼度)

正しい使い方が大事

よほどの粗悪品でない限り、キズや劣化のない太陽観測用減光フィルターを使えば安全に日食を観察できるはずですが、十分な性能の減光フィルターを持っていないと、というわけにはいきません。

2009年の日食のあとで、目の障害についての調査が行われました(※注)。これを見ると、太陽観測用減光フィルターを使っているのに目に障害を受けた人がいることがわかります。つまり、安全な減光フィルターも正しい使い方をしなければ役に立たないのです。減光フィルターの説明書をよく読むことが大切です。その上で、つばのある帽子をかぶる、減光フィルターを目にできるだけ近づけて使う、サイドを手で覆って横から光が入るのを防ぐ、太陽の方を向きながら減光フィルターをはずさない、などの注意が必要です。

危険なブルーライト

以前は、太陽観察(日食観察)による目の障害というと、赤外線による網膜の炎症が主な注意の対象でした。もちろん今でも赤外線の危険性には変わりはありませんが、近年はもうひとつの危険要素である「ブルーライト」が注目されています。

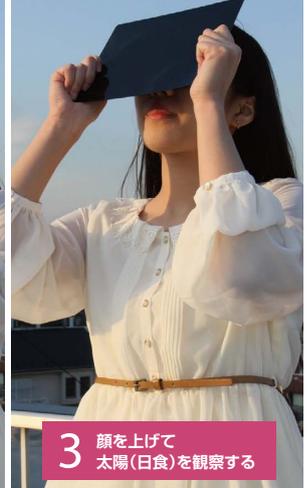
付録「日食観察プレート」の安全な使い方



1 顔を伏せて太陽方向に体を向ける



2 「日食観察プレート」を顔の前にかざす



3 顔を上げて太陽(日食)を観察する

ブルーライトとは主に波長 400 ~ 500nm の可視光で、色でいえば紫から青緑の領域です。光は波長が短いほど持っているエネルギーが大きいという性質があります。つまり、ブルーライトは可視光の中でも高エネルギーの光だということになります。このブルーライトが網膜に強く当たると、そのエネルギーによって網膜の細胞内の色素成分が化学変化を起こしてしまい、網膜が腫れたり裂けたりという障害が起こるのです。損傷した網膜の

太陽観察専用のフィルターや日食めがねでも、使い方を間違えば安全性は保証されません。上は、本誌付録の「日食観察プレート」の安全な使い方だが、ほかの日食めがねなどでも基本的な使い方は同じである。顔を覆う面積が少ないものは、つばのついた帽子をかぶったり日食めがねの周りに自分でボール紙を貼り付けるなどの工夫をして、より広い範囲を覆うようにすれば、万が一めがねがずれても目に光が入りにくくすることができる。

注 日食観察による目の障害等発生に関する調査(天文教育普及研究会) <http://tenkyo.net/iyaeclipse/report2.pdf>

少しでも金環食帯の中心線近くで観測したい、という目的で移動するのであっても予報線の線上にはあまりこだわらないことだ。予報線から数 km 程度南北にずれても、その差を判別できるほどの精密な観測は難しいからである。

一方で限界線観測を行う場合は観測場所が限られてしまうが、これも厳密に予報線の線上にこだわる必要はない。2011年12月号で紹介したように、最

近では「限界線がどこを通るか」ではなく「限界線の南北でどのようなベイリースビーズが見られるか」という、より高度な予報レベルになってきている(図1)。エクリプスナビゲータ2.5で「かくや」の月縁データを使ってさらに高い精度で「かすり日食」のシミュレーションが確認できるので、観測地の座標データと観測時刻データの精度が高ければ、どこで観測しても意義のある観測データは得られる。予報線の線上にこだわることで、無理がある場所や危険な場所で観測することは絶対に行わないように注意していただきたい。

◆観測計画の確認

直前まで観測や撮影について具体的に計画していない場合でも、インターバル(撮影間隔)などはあらかじめ決めておくべきだろう。ベイリースビーズが見られる第2接触と第3接触の前後は撮影のために動かす機材や視野の調整、ビデオのスタートとストップのタイミングなど操作する項目が多くなるため、事前にリハーサルを行い、どの時刻に何をすべきかを洗い出しておき、これを元におおよそのタイムスケジュールを作成した方がよい。多重露光による写真撮影

によって日食の経過を記録したい場合には、太陽が画面の対角線上に並ぶように向きを調整しなければならないので、そのような確認作業も事前に行っておくべきである。

◆観測結果の報告

「観測が成功したら成果を報告しよう」とお考えの方もいると思うが、初めから報告することを前提として観測準備を行った方が、後になって「しまった!」と思うことが少ない。例えば金環日食限界線研究会では、参加する方のレベルに応じて誰でも共同観測に参加できるテーマを準備しているので、このような研究会への報告を前提として準備するのも良いだろう(下参照)。

とはいえ何事にも縛られないこともアマチュアならではの天文現象の楽しみ方である。それぞれのスタイルに合わせて日食観測の準備を進めよう。

■金環日食限界線研究会

みんなで日食マップをつくろう!

<http://www.eclipse2012.jp/project.html>

・観測テーマ

チーム R: 日食メガネによる限界線観測

チーム B: ベイリースビーズ観測による太陽直径の決定と限界線の詳細位置決定

チーム M: 多地点日食画像撮影と教育映像作成

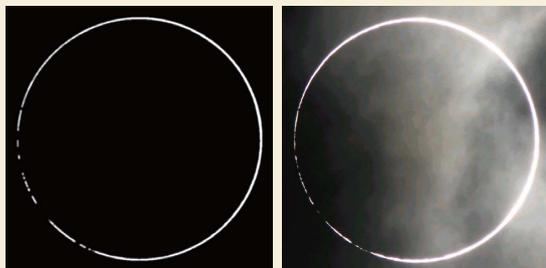


図1 ベイリースビーズの事前予測(左)と観測結果(右) 2005年4月8日のパナマにおける金環日食の例。どのようなビーズ状態になるかということに関しては、ほぼ予測通りであったが、細かい部分で比較すると、予測シミュレーションで用いたソフトウェア(Occult Ver.4)は古典的なワッツの月縁データを利用しているために、小さな谷による光点、或いは小さな山による環の寸断ヶ所に、若干の差異が出ている。「かくや」のデータを使った「エクリプスナビゲータ2.5」ではシミュレーションと観測結果の差異はさらに小さなものとなるであろう。

細胞は再生しません。日食でない（欠けていない）太陽をフィルターなしの裸眼で見た場合、わずか1秒でも障害を起こす可能性があるという研究もあります。

ブルーライトも可視光の一部ですから、十分な性能の太陽観測用減光フィルターであればブルーライトもカットされます。しかし、正しい使い方をしなければ、減光フィルターの周囲から光が目に入ったり、減光フィルターをうっかり外して目に光が入ったりすることになるのです。「ちょっとくらいはいだらう」は大怪我のもとです。特に小さなお子さんに減光フィルターを使わせる場合には、正しい使い方でお観察できるように、注意に注意を重ねることが必要です。

薄雲が出たとき

2009年の日食のときには、日本の多くの地域で曇り空になりました。所によっては雲を通して減光フィルターなしの裸眼で欠けた太陽を見た人も多かったようです。しかし先の調査では、雲を通して裸眼で見たことによる障害例も報告されています。

雲が出た場合、太陽観測用減光フィルターを使ったのでは、フィルターが濃すぎて太陽が見えず、つい減光フィルターをはずして裸眼で見てしまいがちです。雲はフィルターと違って一定の濃度ではなく、風に流されることによって絶えず濃さが変化しています。雲が薄くなればすぐにでも危険な光量に達してしまいます。

それでは、「雲が出て減光フィルターを使ったのでは太陽が見えない。影もできないので、木漏れ日やピンホールも使えない。でも裸眼では欠けた太陽の形が見える。」というときにはどうしたらいいのでしょうか。この場合、「こうしたら安全だ」という基準は示すことができません。雲の厚さやムラの具合、そして雲の移動の仕方は千変万化であり、その場そのときで状況が全く違うからです。

完全に曇ってしまい太陽の位置すらわからない場合はそもそも観察ができないが、薄曇りの場合や雲が流れて太陽が見え隠れするようなときは要注意だ。特に右のように雲の濃さにムラがある場合は、風で雲が流れて急に太陽が顔を出し、まぶしい光が眼を直撃する危険がある。



減光フィルターを使うと太陽が見えず、使わないと眼に危険なほどまぶしいという場合は、無理に観察するのをやめて雲が通りすぎるのを待つか、ピンホール投影法（次ページ）など、直接太陽を見ない観察方法に切り替えよう。

選択肢のひとつは「見ない」ということです。目の安全を第一に考え、勇気を持って見ないという決断をするのです。

もうひとつの選択肢は、「液晶画面で見る」ことです。ビデオカメラと数種類のNDフィルター（写真用でOK）を用意し、雲の厚さに応じて適切なNDフィルターに取り替えながら、ズームで拡大した太陽像を「液晶画面で見る」わけです。画面上の太陽像は目にとって危険はありません。

最後の選択肢は、太陽観測に慣れていない人には決してお勧めできませんが「あえて見る」です。基本は「まぶしければ見ない」「見るのは一瞬」ということになります。原理的に、まぶしくなければそれだけ十分に減光されているということですから、ブルーライトもそれなりに少なくなっていると考えられま

す。しかし、まぶしくない状態が続く保証はありませんし、人の目は順応のせいで緩やかな変化を感じないことがあります。つまり、少しずつ明るくなっても気づかないことがあるのです。網膜が受けるダメージには蓄積性がありますから、短時間であっても何回も刺激を受けるとやがて危険な値に達し、障害が発生します。ですから、「まぶしければ見ない」「見るのは一瞬」ということになります。また、雲があっても紫外線は降り注いできますので、その対策も必要です。

危険な代用フィルター

写真用のND（ニュートラルデンシティ）フィルターや偏光フィルターは、「写真」の専門器具であって人間の目に安全ということではありません。ビデオカメラやデジタルカメラに取り付け、その液晶モニターを見るのであれば害はありませんが、カメラの光学ファインダーを通して見たり、目の前に直接かざして見るのは非常に危険です。

また、現像済みのカラーフィルムやCD、CD-ROMなども、太陽の光を弱めているように見えても実際はまぶしかったり、紫外線や赤外線などの眼に見えない有害な光を透過している場合がありますから、決してこういったもので代用せず、かならず「肉眼で見るための専用減光フィルター」を使うようにしてください。



写真撮影用のNDフィルターや、お菓子や冷凍食品の包装紙、アウトドア用品や園芸用品として販売されている銀色のシートなどは、濃度が適切でなかったり、赤外線を多く透過するものもあるので使ってはいけません。



方法 2

ピンホールを 利用する

ピンホールの太陽像

小さな穴の後ろにスクリーンを置くと、逆さまの像が写ります。これをピンホールカメラといいます。ピンホールカメラはレンズを使わず、穴のあいた紙とスクリーンさえあれば簡単にできますし、直接太陽を見ることもないので金環食や部分食を安全に観察することができます。

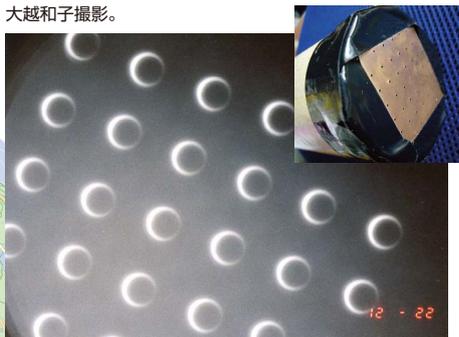
「簡単にできる」と書きましたが、欠けた太陽像をきれいに見ようとすると、ちょっとした工夫が必要です。その1は「きれいな穴をあけること」。その2は「穴の大きさとスクリーンまでの距離」です。きれいな穴とは、なるべく真円に近く、縁にギザギザがないという意味です。コンパスの針で穴をあけたような場合、裏側に飛び出た紙のギザギザはナイフ等できれいに取り去ってください。出来合いのきれいな穴としては、プリペイドカードのパンチ穴（直径約1mm）がありますので、これを利用することもできます。ただ、きれいな穴でなければ太陽像が見られないわけではありません。四角い穴でも三角の穴でも、欠けた太陽やリングになった太陽の形は一応見るすることができます。

きれいな太陽像を見るためには、穴の大きさとスクリーンまでの距離も重要です。ピンホールカメラでは穴の大きさが一定の場合、スクリーンまでの距離が近いほど像は小さいですが明るくシャープに、距離が遠くなると像は大きくなりますが暗くなります。スクリーンまでの距離が一定の場合は、穴の大きさが小さいほどシャープな像を結びますが暗くなり、穴が大きいくほどボケた像になります。明るくなります。

そもそも、ピンホールカメラはレンズを使ったカメラのようにシャープには写りません。なぜなら、できる像は小さな穴を通った小さな光の円の集合体だからです。像をシャープにするにはスクリーン上の小さな光の円を小さくすればよく、小さな光の円を小さくするためには穴を小さくすれば良いのですが、穴を小さくしすぎると回折現象のため反対に像がボケてしまいます。

では、どのくらいの穴をあければ一番良い像が得られるのでしょうか。ピンホールカメラには、普通のカメラのようなレンズの焦点距離というものはありませんが、ここでは穴

0.5mmのピンホールを長さ19cmの紙筒につけ、金環食を撮影。オート露出で撮影したもの。金環食の太陽はリングになっても明るいため、手持ちで十分に撮影できる。2010年1月15日、モルジブにて大越和子撮影。



プリペイドカードのパンチ穴は、理想的なきれいな円形の小さな穴を提供してくれる。地面よりも白地の紙などに投影した方がわかりやすい。

からスクリーンまでの距離を、仮に「焦点距離」と呼ぶことにします。すると穴の大きさと焦点距離との間には、次の式で表されるような最適な組み合わせがあることが知られています。

最適な穴の直径 (mm)

$$= \sqrt{2.44 \times \text{焦点距離 (mm)} \times \text{波長 (mm)}}$$

ここで波長を可視光の中心付近の550nm (0.00055mm) とすると、

最適な穴の直径 (mm)

$$= 0.0366 \times \sqrt{\text{焦点距離 (mm)}}$$

という式になります。この式に従って穴をあければよいことになります。

ただ筆者の経験では、この式で求めた値より少し大きめの穴の方が見やすい像になる気がしますので、何種類かの穴を作ってテストをしてみるのがいいでしょう。できた太陽像を見やすくするためには、像の周りを紙や布で囲んで、大きな影を作り、スクリーンに直射日光が当たらないようにすることが大切です。

ピンホールカメラでできる太陽像の大きさはあんがい小さく、直径は焦点距離の約1/100です。1mの焦点距離の場合、できる像は直径約1cmにしかありません。ちなみに、前記の式によると、この場合の穴の直径



2005年10月3日、スペインのマドリッドで金環食が見られたときの木漏れ日のようす。



「ピンホール望遠鏡」（東急コミュニティ製）。組み立てタイプの工作セットで、重ねた筒の長さを調節して太陽像を見やすい大きさにする。



木漏れ日は理想的なピンホール像を結ぶが、近くに木がない場合は指を交差させることでピンホールを作ることができる。粗く編まれた麦わら帽子やベルトの穴などでも試してみよう。



紙に書いた字をなぞって穴をあけた部分食の「星ナビ」。ボール紙製の弁当ケースにボールペンの先で穴をあけて製作した。日付や観測地名で作るとよい記念になる。2006年3月29日、エジプトにて星ナビ編集部撮影。

は1.16mmが最適値ということになります。自分の必要とする太陽像の大きさをもとに、焦点距離と穴の大きさを決めてください。

自然にできるピンホール像としては、「木漏れ日」があります。日食に備えて、事前に木漏れ日がきれいに丸くなっている木を探しておくといでしょう。また、身の回りを注意して見ると、天然のピンホールが案外つかります。もし何も無いときには、開いた両手を指が交差するように重ねるだけでピンホールの代わりを作ることできます。

鏡ピンホールカメラ

ピンホールカメラは安全性が高い方法ではありますが、大きな像が得にくいという欠点があります。これを解消する方法のひとつに、「鏡ピンホールカメラ」があります。「鏡ピンホール」という呼び名は一般的なものではありません。筆者が仮に名付けたものです。

まず、小さな鏡を用意します。黒い色画用紙に、1cmくらいの丸や三角、星形の穴をあけて鏡の上にのせます（なるべく画用紙と鏡がぴったりくっつくように）。鏡で太陽の光を反射させて、離れた壁や別の紙をスクリーンにして写してみましょ。壁や紙にはどんな形が写りましたか？



鏡ピンホールの一例。1cm角に切ったアクリルミラーを両面テープで厚紙に貼り、それをマイクスタンドに貼り付けて像を安定させる。小さな鏡がピンホールと同じ原理で太陽像を作る。



鏡ピンホールを複数作って投影した金環日食の太陽像。2006年9月22日、ギアナにて筆者撮影。

いずれの場合も、鏡とスクリーンの距離が近いときには、紙にあけた穴の形の反射光がスクリーンに写ります。しかし、ある程度以上、鏡とスクリーンの距離を離すと、どの場合にもスクリーンに写る像は「丸い」形になります。1cm程度の図形の穴の場合、スクリーンまでの距離が50cm～1mくらいまでは何となく穴の形がわかるような反射像になりますが、2mも離れると、どんな形の穴でも区別がつかないくらい丸い像になります。

図形（穴）の大きさを大きくすると、像が丸くなるまでの距離が伸びますが、図形の大きさの、およそ200倍くらいの距離を離せば、丸い形の像が得られるようになります。この丸い形は太陽の形なのです。つまり、小さな鏡の反射像はピンホールカメラと同じ動きをします。

ホームセンターなどでアクリル製の鏡を入手することができます。これを1cm角くらいの切り分け、持ちやすいように両面テープで

厚紙に貼り付けます。アクリル製の鏡は、アクリルカッターなどで簡単に切り分けることができます。切り口が鋭く尖ることがありますから、周辺や角をヤスリで磨いてなめらかにしておく、思わぬケガを防ぐことができます。これで太陽光を反射すれば、大きな太陽像を多くの人数で一度に観察することができます。

鏡を手を持っていては不安定ですから、固定するのがいいでしょう。たとえば、自由に動くマイクスタンドがあれば、その先に鏡を貼り付けた厚紙を付けておくと、太陽が動いてもスクリーンに写る位置を調整できます。マイクスタンドの代わりに、水道工事で使う「フレキ管」と洗濯ばさみを利用して、同じようなものが作れます。

ただし、鏡に反射した光を絶対に目に入れてはいけません。強い反射光は直接見た場合と同じように目に害があります。鏡の位置を目の高さより上にとすると安全に観察できます。

2年前を超える日食狂騒曲！

報告／編集部

5月21日まで1か月となった執筆時点で、すでに世の「金環日食商戦」は過熱の一途をたどっている。日食めがねの類いを付録にした関連本は10種を軽く超え、日食めがね単体もネットショップで検索すると何十という店舗から販売されている。

「見る」ための道具だけでなく、天気は左右されない雲の上を目指すフライトや、太平洋へ出るクルーズ、宿泊先から見られる部屋を売り出すホテル、早朝特別オープンを謳う展望レストランといった「どこで見るか」も商品企画側の関心を集めている。千葉県「CHIBA 金環日食プロジェクト2012」のように、県が主導となって各市町村へ地域のカラーを出した観望イベントを促している県もある。

変わったところでは、金環日食と黄金のリングをかけて特別な記念となる日の結婚式を企画しているホテルや、名物の金柑を使った限定グルメのスタンプラリー、動物たちとともに(?)見上げる早朝開園を企画する動物園など。

2年前のトカラ列島皆既日食を超える騒ぎに一天文ファンとして驚くばかりだが、これは「はやぶさ」に続くチャンスである。おもいっきり楽しみつつ、新しい天文ファン誕生の芽吹きに注目すべし。



大量の金環ガイドブックたち。



金環をテーマにした結婚式プランでは、金環を模したケーキが登場（提供／大阪新阪急ホテル）。



イルカウォッチング船が1日金環クルーズ船へ変身。イルカと一緒に金環食を見られるかも？（提供／銚子海洋研究所）

▶家電量販店の一角で大ブッシュ中の日食めがね。



江戸の天文方・渋川春海を描く映画「天地明察」は、9月15日（土）全国ロードショーだが、公開前のキャンペーンとして金環日食の観望を呼びかけている（詳細はp55）。



方法 3

双眼鏡・望遠鏡で見る

双眼鏡や望遠鏡はその口径だけ光を集める能力が高いので、観察には細心の注意を払う必要があります。双眼鏡でも望遠鏡でも、直接太陽を見るのは危険です。絶対にしてはいけません。

双眼鏡を使う

双眼鏡で太陽を見るには、減光フィルターを使う方法と、スクリーンに投影する方法があります。減光フィルターを使用する場合、望遠鏡販売店などで「双眼鏡専用」として販売されている減光フィルターを使います。くれぐれも写真用フィルターは使わないこと。肉眼専用の減光フィルター（「日食グラス」や「日食めがね」など）は、一般に光学系を使って多くの光を集めることは想定していません。光学機器に装着した場合の安全性は保証されていないので、使わない方が無難です。また、減光フィルターは必ず対物レンズの前に装着してください。

スクリーンに投影する場合には減光フィルターは不要です。ピンホールで投影する場合と比べ、レンズを通すので格段にシャープで大きな像が得られます。ただ、双眼鏡は内部構造が複雑で、熱に弱い部品が使われていることがあります。ゴム見口等は外しておきましょう。また、プリズムの貼り合わせがダメになることもありますので、大切にしている双眼鏡は投影に使わない方がいいでしょう。

望遠鏡を使う

望遠鏡は双眼鏡よりもさらに集光力（光や熱を集める能力）が高いので、より一層安全に配慮することが必要になります。この場合も減光フィルターを使う方法と、スクリーンに投影する方法があります。望遠鏡専用の減光フィルターには撮影用と眼視用があり、濃度が異なります。目で覗くときには必ず「眼視用」を使いましょう。

双眼鏡と同じく、減光フィルターはかならず対物レンズの前に装着してください。フィルターを接眼レンズの後ろに置くと、レンズが集めた一層強烈な熱のため、フィルターが破損して取り返しのつかないダメージを目に受けてしまいます。減光フィルターの取り付けは、人が触れても簡単に外れないような工夫が必要です。大勢が望遠鏡の周りに集まる時には、うっかりはずれないようにガム

双眼鏡を手に持ち、対物レンズを太陽に向けて、接眼側に白い紙などを置くと太陽像が写る。大勢が一度に観察できるが、子どもがいる場合には不用意に双眼鏡をのぞき込んだりしないよう、十分に注意を払うことが必要だ。

双眼鏡用フィルター枠。通称「ブタの鼻」



ビクセン製「太陽投影板」。ポルタ経緯台 A80Mf 鏡専用の A セットと、各種変換リングがセットになっていて各種望遠鏡に取り付けることができる B セットがある。太陽の導入は鏡筒（投影板）の影の形で判断できる。



太陽光を 10 万分の 1 に弱めるシート状の減光フィルター「アストロソーラーシート」（パーダープラネタリウム製・国際光器扱い）を自作の枠に貼って、望遠鏡の対物レンズにかぶせた例。



テープなどで固定しておくことより安心です。これは双眼鏡にも使えることですが、双眼鏡・望遠鏡専用の「眼視用」減光フィルターであっても、長時間（数分以上）見続けることはやめましょう。

太陽像を投影する場合には、専用の投影板を使うのが安全です。天頂プリズムを併用するタイプと、接眼鏡からの光をストレートに投影するタイプのものがあります。どちらでもかまいませんが、投影板に直射日光が当たらないようにすると、コントラストが付いて見やすくなります。

投影板は安全な観察法だと考えられていますが、注意すべき点もあります。ひとつは「ファインダーは外しておくこと」。星を観測するときには役に立つファインダーですが、太陽観測には必要ありません。むしろファインダーのキャップが外れていたりすると、レンズを通った熱で思わぬ場所（頭や肩など）に火傷をすることがあります。キャップをするよりも最初から外しておきましょう。太陽



組み立て式卓上太陽望遠鏡「ソーラー Scope」（ジスコ扱い）。対物レンズの像を凸ミラーで箱内に反射させて約 115mm の太陽像を得ている。2 人用の「パーソナル」と 4 人用の「グループ（写真）」があり、筐体となっている箱の大きさが違う。

に望遠鏡を向けるには望遠鏡の影を利用します。地面や壁に映る望遠鏡の影が最も小さくなったとき、正しく太陽の方向を向いていることになります。

もうひとつは「のぞき込みに注意すること」。投影された太陽像そのものを見るのは安全ですが、接眼鏡を通過した光は減光されていません。うっかり接眼鏡をのぞき込んだりしたら瞬時に目が焼けてしまいます。接眼鏡のすぐ後に指を持ってきたりする人もいます。紙を置くと燃えだすくらいの熱がありますから、決してこのようなことを周りの人にさせてはいけません。

おわりに

何よりも目の安全を強調して解説してきましたが、危険性をじゅうぶん意識した上で安全に注意を払いさえすれば、何も恐れることはありません。まさに天から与えられた絶好の機会を活かし、少しでも多くの人に日食を楽しんでほしいと願っています。