

特集

日食フィルターに統一基準を！

～安全な日食観測のための指針と課題～

青木 満（サイエンスライター）

1. はじめに

今年（2012年）は、金環日食、金星日面経過と、太陽観察の機会が続き、天文学者、天文ファンに限らず、広く一般の方々も含めて太陽に注目が集まった。

その際、観察に欠かせない「日食フィルター」「日食メガネ」と呼ばれる減光フィルターに関して、看過できない問題が山積みとなっているのが現状で、ひとつ間違いが生じると最悪失明する危険性のある観察だけに、今後の日食観測などのためにも、いま、きちんとした安全指針、統一基準を制定することは急務かつ必要不可欠な状況にある。

本稿においては、現状の日食フィルターの問題点を洗い出し、新たな安全基準作りの指針を示した上で、製造業者・販売店・行政・エンドユーザー各々がなすべき点などを考えていきたい。

※本稿では、太陽観察に用いるフィルター、メガネの類を便宜上「日食フィルター」と記す。

2. 日食フィルターの必須条件

日食フィルターに求められる必須条件は、次の2点に集約されよう。

- 1) 強烈な太陽光を、満月の明るさ（約40万分の1）程度に減光できること。
- 2) 有害な波長域（紫外線・赤外線）を安全なレベルまで遮断できること。

以下、これらの必須条件が市販の日食フィルターに反映されているのかを見ていく。

2.1 可視光域における減光条件

可視光域においては、「眩しすぎず、暗す

ぎず」に、太陽光を一定レベルに減光する必要がある。その際、参考基準となるのが、「満月」の明るさと言えるだろう。満月を見て目が眩んだ、目を痛めたという話は聞いたことがないからだ。

両者の光度差（約14等級）から概算すると、先のとおり約40万分の1程度に減光する必要があるが、肉眼でも容易に表面の模様を視認できる月と異なり、太陽では、たとえ巨大な肉眼黒点の出現中や、金星日面経過においても、それらの視直径は月面の模様より遙かに小さいため、その位置やおおよそのかたちの確認にはより長時間太陽面を見つめる必要があるだろう。

とならば、日食フィルターにおける可視光域の減光率は、上記理論値よりももう少し濃度を上げて（50万分の1程度）、より安全性を高めた方が無難だろう。

2.2 見えない波長域こそ危険！

一方、目には見えないものの有害な波長域に関しても、目に障害を与えることのないレベル以下に抑える必要がある。むしろ、こちらの方が重要である。

この点では、かねてから赤外線に対する注意喚起はなされてきたが、紫外線を含めた短波長域（「ブルーライト」と呼ばれているもの）の危険性は、ここ数年取り沙汰されるようになったもので、まだまだ不明の点が多い。

しかし、いまや可視光域だけに十分な減光を施せばよい時代ではなく、その周辺の波長域も含めた対策が求められている。

本稿では、眼視での日食観察、太陽観察を

中心に述べるが、太陽光を直視するかたちでの太陽撮影においても、同様の注意を払う必要がある。

その点、昨今普及しているデジタルカメラ、デジタルビデオカメラの電子ビューファインダーやモニター画面での太陽面確認は、太陽光を直接見ているわけではなく、受光素子からの電子信号を映像化したものであるため、たとえ(2)の条件を満たしていないフィルターにおいても危険はないが、光学ファインダーを直視することは厳禁である。

同様に、従来の銀塩カメラでは、一眼レフ、コンパクトカメラ共に光学ファインダーを用いているため、ファインダーを通した太陽光をそのまま直視することは同様に危険であることを認識しなければならない。とくに眼視用・撮影用とに分類されたフィルターで、撮影用のフィルター使用時には、絶対に光学ファインダーを覗いてはならない。

ところで、(2)の安全条件に関しての指針だが、これが確実な決め手となるものがいまだにないことが重大問題となっている。この点に関しては後に詳述する。

3. フィルター種別のメリット／デメリット

日食フィルターは多種多様なものが流通しているが、そのすべてが同一規格・同一製法によるものではない。

従って、使われる素材や減光手段により安全性はもとより、耐久性、利便性などにも自ずと差が出てくる。

日食フィルターのベース素材としては、ガラス、フィルム、樹脂が主で、そのうちフィルム素材のものがもっとも安価であるために大量に出回っている。

一方、減光手段としては、フィルターベース面に金属薄膜を真空蒸着したもの、ベース素材自体にカーボンの微粒子を練り込んだもの、

色素染色したものとに分類できる。

これら、ベース素材と減光手段との組み合わせにより多種多様なフィルターが作られ、それぞれにメリット／デメリットが存在する。(表1・次頁参照)

以下、ベース素材と減光手段、各々の特徴を概観してみよう。

3.1 ベース素材による差異

・ガラスベース

言うまでもなく、落下や衝撃により破損の恐れがあるため、取り扱いには細心の注意が必要。また、ユーザー側での加工(リサイズなど)が困難であるため、目的のサイズに出来るだけ近いもの(必要なサイズよりも多少大きめのもの)を購入し、あとは取り付け方を工夫する。

カメラ用のフィルター同様に、破損を除くと耐久性にすぐれており、高価ではあるが、安心して使えるフィルターと言える。

日食専用(太陽用)のガラスベースのフィルターはかなり高価であるが、1枚で必要な減光率を得られるよう設計されている。

一方、写真撮影用のNDフィルターを流用する場合には、1枚で適正な減光率に達するものがないため、一般に入手し易いND400(露出倍数=400倍)フィルターを筆頭に、濃度の異なるフィルターを複数組み合わせる必要のある減光率を確保しなければならない。

しかし、複数のフィルターを重ねることでフィルター面での乱反射や迷光が生じ易く、ハレーションやゴーストの原因となる。そのため値段は多少張るが、とくに写真撮影用にはできる限りマルチコーティング仕様のフィルターを用いることで、これらの弊害を極力抑えるよう心掛けたい。

ベース素材	減光法	安全性	耐久性	経年変化	カラーバランス	入手	価格	注意事項
ガラス	金属薄膜蒸着	◎	高い	薄膜面の劣化あり	良好	やや困難	高価	落下・衝撃、薄膜面のスリーク、ピンホールに注意
ガラス	カーボン微粒子	○	中程度	影響少ない	やや悪い	やや困難	やや高価	落下・衝撃に注意(長時間の継続使用で割れる恐れあり)
ガラス	色素染色	×	中程度	影響少ない	自由に設定可能	やや困難	比較的安価	使用不可(有害な波長域を遮断できず)
フィルム	金属薄膜蒸着	○	低い	薄膜面の劣化あり	良好	容易	やや高価	薄膜面のスリーク、ピンホール、フィルターの折れに注意
フィルム	カーボン微粒子	○	低い	影響少ない	やや悪い	容易	安価	フィルターの折れ、ピンホールに注意
フィルム	色素染色	×	低い	影響少ない	自由に設定可能	容易	安価	使用不可(有害な波長域を遮断できず)
樹脂	カーボン微粒子	○	中程度	影響少ない	やや悪い	容易	安価	多少のスリークは問題ない(ピンホールは不可)
樹脂	色素染色	×	中程度	影響少ない	自由に設定可能	容易	安価	使用不可(有害な波長域を遮断できず)
宇宙素材	金属薄膜蒸着	極めて高い	極めて高い	※宇宙空間で5年程度	極めて良好	極めて困難	極めて高価	大気中での保存ではより短時間で経年変化を来す可能性あり

表1 各種日食フィルターのメリット/デメリット

※安全性とは、有害波長域の遮断性能の評価を示すもの。

※経年変化は、とくに金属薄膜蒸着面への影響が懸念される。

※いずれのフィルター素材においても、色素染色のものは有害波長域を遮断できないため、太陽観察には一切使用できない。

※宇宙素材とは、衛星や探査機のボディや観測機器を有害な波長域から保護するための薄膜状の素材(太陽観察用には最適な素材だが、極めて高価で入手困難でもある。)

・フィルムベース

フィルム状のため、容易に目的の大きさ、形に加工できるため使い勝手はよいが、「折れ」には注意しなければならない。

また、強風で吹き飛ばされる恐れがあるため、しっかりと固定する必要があるが、その反面、長時間太陽光を浴びることでフィルター自体が熱膨張して歪みを生じるため、その際に生じた隙間から太陽光が侵入しないよう、フィルターの加工、固定には十分留意しなければならない。

薄いフィルム状のために耐久性はなく、使い捨てと割りきって用いるべきで、キズやピンホールが入ったものはもとより、変形したものも使用すべきではない。

・樹脂ベース

下敷き状のプラスチックなどの樹脂に、カーボン微粒子を練り込んで減光するもの。そのため、フィルムベースよりも遙かに厚みがあり、丈夫ではあるが、その反面、フィルター表面、裏面での乱反射を起こし、激しいハレーションを招くことが多い。眼視においてもハレーションは鬱陶しく感じられるくらいで、写真撮影にはまったく向かない。

また、なかには単なる「黒い下敷き」同然のものを「日食フィルター」と称して販売するような悪徳業者も実在したので、後述のとおり、事前の見極めが欠かせない。

3.2 減光手段による差異

・金属薄膜蒸着フィルター

アルミなどの金属を薄膜状にベース素材に真空蒸着して制作するもので、フィルター表面はミラーのようにになっている。

可視光域・有害な波長域共に良好に減光・遮断されているが、フィルター面のスリークやピンホールに気をつけなければならない。可視光域のカラーバランスは一般的に良好。

ただし、蒸着面は経年変化を受けやすく、歳月の経過と共に白濁を生じることがある。その際、可視光域の減光は十分であっても、有害な波長域の遮断性能が低下している恐れがあるため、白濁を生じたものは使用しない。

・カーボン微粒子フィルター

フィルムベースによるものももっとも安価で、流通量も最大。有害な波長域の遮断も一定レベルで可能で、経年変化を受けにくい。

だが、このタイプのフィルターは製造にお

ける性能のバラツキが大きく、ロット単位での不良品が発生することも珍しくはない。それら、本来出回ることがあってはならない粗悪品が、一部の悪徳業者により堂々と出回っていることが大問題と言えよう。

なお、カーボン微粒子の大きさなどの影響で、本来の太陽の色（黄色っぽい色）からかけ離れた発色（オレンジ色や赤っぽい色、緑色など）にカラーバランスがシフトしているものが多い。発色の違いによる目に与える障害はないとしても、見ていて違和感を感じたり、疲労度の差として現れる可能性は否定できない。せめて発色の調整くらいはしてもらいたいものである。

・色素染色フィルター

多種多様な日食フィルターのうち、「絶対に使ってはいけないもの」として挙げられるのが色素染色したものである。これはベース素材にかかわらず、いずれも使ってはならない。有害な波長域を遮断できないためである。

注意して頂きたいのは、撮影用のゼラチンフィルターやアセテートフィルターである。これらも赤外線を素通り状態のため、たとえこれらのフィルターを掛けた状態であっても光学ファインダーを直視してはならない。

・宇宙素材を活用したフィルター

日食マニアにもほとんど知られていない存在ではあるが、“究極の日食フィルター”として考えられるのは、「宇宙素材」を活用したものである。

フィルターのベース素材としては、超軽量かつ丈夫なポリイミドを用いたものが主流となりつつあり、この素材は宇宙ヨット「イカロス」の帆（ソーラー電力セイル）にも使われた実績を有する。

その表面処理により、地上より遙かに強力な紫外線や赤外線などの有害波長域を遮断す

るよう設計されたものであるため、日食フィルターとして最適と考えられる。（可視域においても十分な減光がなされている。）

なにぶん一般に出回っている素材ではないため、その入手は困難を極めるが、不可能ではない。ただし、価格は同一サイズに換算すると、もっとも高価なガラス金属薄膜蒸着フィルターよりも1桁は高いが、有害な波長域の遮断性能は2桁以上すぐれている。

通常、衛星の設計寿命は5年程度のものが多いため、これが経年変化の目安となろう。

極めて高価ではあるが、つつい長時間太陽を見つめてしまうことの多い子どもたちの観察には最適なフィルター素材と言えよう。

4. 玉石混淆の日食フィルター事情

2009年のトカラ列島・小笠原沖における皆既日食、続く今回の日本列島を横断した金環日食のように、国内での大物日食が起きる度に日食フィルターの需要が大いに高まり、その都度、多種多様な日食フィルター、日食メガネが巷に氾濫する。

そのすべてにおいて、一定の安全基準を満たしているかと言えば、残念ながら少なからぬ粗悪品が良品と肩を並べて売られているのが実情である。そればかりか後述のとおり、そもそも「安全基準」と言えるきちんとした指針さえも存在しないのが現状で、いわば、安全性を満たさない粗悪品が野放し状態、無法地帯と化している状態が続いている。

4.1 可視光域の減光率不良

多種多様、大量の日食フィルター、メガネが流通しているが、その中には明らかに減光率が不適切なものも含まれる。

一目見て減光率が足りずに眩しすぎれば、誰しも防衛本能が働いて危険性を察知して使わないだろう。だから逆説的ではあるが、そこまでひどいものはむしろ「安全」と言える

のかも知れない。

ところが、「そこそこに減光されているもの」に当たると、とくに天文に精通していない一般の方ならばそれが「正常」と誤解され、そのまま太陽を見続ける危険性が大である。

逆に、濃すぎるものも存在し、そのようなフィルターでは、少しでも太陽に薄雲がかればたちまち見えなくなってしまう。これまた「失格」と言わざるを得ない。

4.2 有害波長域を遮断していない実例

可視光域での減光率が不適切なものも困りものだが、よりいっそう危険なものとは、たとえ可視域の減光率が適正であっても、有害な波長域が素通し状態のものである。そのようなとんでもないシロモノが、現実に出回っているのである！

・2009年の不適切事例

無作為に選んだ日食メガネ、フィルター計十数種類のうち、明らかに危険と判断できるものが半数近くも存在した。なかには、同一の日食メガネ 50 枚中、実に6割以上が失格という、にわかに信じ難いシロモノまでもが堂々と売られていたのである。

この事例では、ロット単位での不良品が発生していたものと思われるが、それらはわずか2～3秒太陽を見ただけで目が熱くなり、もはや目を開けていられないほどだった。

しかしながら、そのような劣悪品であっても、こと可視光域に関しては十分な減光率を示していたため、赤外線が素通し状態だったと考えられる。

試しに、赤外線リモコンを用いて不良品と判定した日食フィルター、日食メガネを通してリモコン操作をしたところ、いずれも通常通りの動作ができたのである！

筆者が調べたものは、当時流通していた日

食メガネのごく一部分にすぎないが、それでもこのていたらくとは、驚きを禁じ得ない。

・2012年の不適切事例

今回の金環日食では、金環帯内だけでも日本国民の3分の2ほど（約8000万人強）が住んでおり、金環食を見るために金環帯外からの流入者や、さらには金環帯の外の部分日食エリアからの観察者まで含めると、ほぼ全国民が観察者と言っても過言ではなく、日頃、天文にはまったく無縁・無関心の多くの一般の方々も含め、まさに「猫も杓子も金環日食」という大フィーバーぶり。

その全員が日食を眺めたわけではないとしても、ざっと1億人にくらは太陽を見上げたのではと思われる。いずれにせよ、過去に前例のないほど大量の日食フィルターが出回ったことは間違いない。

あまりにも大量の日食メガネ、フィルターが巷に氾濫していたため、筆者は2009年のときのような独自チェックをおこなう気にもなれなかったのだが、このように桁違いに供給量の分母がバカでかい値になれば、故意・過失の別なく不適格品の絶対数も自ずと増大したはずである。

なかでもあまりに劣悪極まりなく、後述のとおり消費者庁が注意喚起に動いた事例として記憶に新しいのがデメテル社が中国から輸入・販売した「デメテル日食観察用グラス」という日食メガネだった。見かけは普通のサングラスだが、何と、実際にこれを装着して蛍光灯を見ると、まさしく普通のサングラス同様に「素通し」状態なのである！（図1）

いくら自社製造品ではないとは言え、出荷前に1つでも自らテストしたならば、このような劣悪品が出回るはずがない。単に右から左へと輸入品を流しただけで、販売業者とし

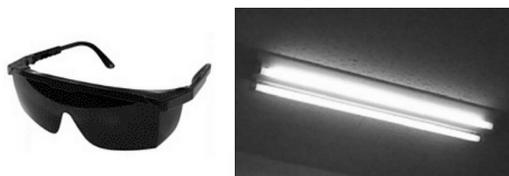


図1 デメテル太陽観賞用グラス（左）

このグラスを通して蛍光灯を見ると、通常のサングラス同様に鮮明に見える（右）。このような劣悪品で実際に太陽を見たならば、失明のおそれもある。

（写真出展：消費者庁プレスリリース）

ての責任感もモラルの欠片もないのだろう。

そして先のとおり、全体の絶対数があまりにも多いだけに、この手の問題商品はこれひとつとは到底考えられない。程度の差こそあれど、必ずやデメテルと同類の粗悪品は他にも出回っていたはず（筆者も複数確認している）で、これは氷山の一角に過ぎない。

5. 粗悪品が出回る要因

では、どうしてこれほどまでに粗悪品が出回るのだろうか？ 故意に粗悪品をつかませる悪徳業者は論外だが、瑕疵の要因としては、主に次の事柄が考えられる。

5.1 メーカーの技術力の問題

日食フィルターは、単に数十万分の1に減光すればよい、と言うわけではないことは既に見てきたとおりである。

有害な波長域を安全なレベルまで遮断する特殊技術が必要となる。

しかし、日食フィルターの製造をになっているメーカーすべてがその技術水準をクリアーしているとは限らない。とくに、海外（なかでも中国）製品には品質的に問題があることが多々ある。海外製（中国製）＝粗悪品とは言わないが、たとえ製造技術は一定レベル

を有していても、品質検査が甘ければ大量の不良品を生み出すことにつながる。これは国内メーカーにおいても同様である。

5.2 流通・販売の問題

日食フィルターを取り扱う販売店は、必ずしも望遠鏡やカメラなど、光学製品の専門店とは限らない。ネット販売も驚異的なのびをしめしている今日、販売店はもとより、ネット販売店においても専門知識を有している者が販売を担当しているとは限らない。むしろ、そのような専門知識を有した店員は極めて少数派と言えよう。

大半が特段の知識もなく、客の求めに応じて商品を売り裁くだけで、販売店側で自分たちが売っている日食フィルターが本当に安全か否かは、まったくと言ってもよいほどに把握していない。従って、よほど信頼できる販売業者以外からの購入には高リスクが伴う可能性が高いことを認識すべきである。

5.3 書籍付録の日食フィルターの問題

今回の金環食では、大手の書籍・雑誌の取次業者の音頭取りで、全国の書店で「金環日食フェア」を実施。店頭の特設コーナーを設け、数多くの金環日食ガイドブックなどが販売され、その多くが付録として「日食メガネ」「日食フィルター」を付けて販売した。だが、その中には明らかに安全性に問題のあるものも含まれていたのである。

それら、付録のフィルターの大半が中国製（中国製＝粗悪品とは言えないが）で、一部には信じ難いほどの激安で粗悪品を卸す輸入業者から仕入れたものを付録として付けただけで、出版社側での事前の安全チェックがなかったものと思われる。

確かに出版社には安全性を確かめる測定装置などあるはずはないが、販売開始前に専門の検査機関に判定を依頼することは可能だ

し、またそうすべきであった。しかしどう考えても、それがなされていない“いかがわしいシロモノ”も出回っていたのもまた事実。

測定装置などなくとも、前述のように実際に太陽を見ても、赤外線リモコンの操作で容易に安全性は確認できるのだが、編集担当者にはそのような予備知識さえもなかったのだろう。天文誌や天文書を担当したことの多い多くの編集者では無理もない。

しかし、そのように天文素人の出版社、編集者が無謀にも自ら執筆し、不適切な日食メガネやフィルターを、メーカーや納入業者の言を鵜呑みにして付録したとするならば、このような結果は当然の帰結と言えよう。（天文誌の付録でさえもロット単位での不良品が出たのだから、一般の出版社からのものはなおさらリスクが高いと言えるのかも知れない。）

5.4 専門家監修の盲点

しかし、多くの日食本では、天文学者や著名な専門家を執筆陣に起用したり、監修を依頼していた。したがって、彼らは専門的な知見から編集担当者にしっかりと安全性の確保、確認方法など、指導監督する義務があるはずだ。それが十分になされておらず、単に書籍・雑誌の執筆、監修に留まり、もっとも重要な付録品のチェックには目が向いていなかったとしたならば「監修者としての資質」を問われることになる。

ただし、お粗末な日食フィルターほど製品のバラツキが多く、その最たるものはロット単位での不良品という事例もあるため、1つ、2つチェックしただけで、すべての責を監修者に負わせるのは酷である。

そもそも、書籍・雑誌の監修と付録の日食フィルターの監修はそれぞれの専門家を起用すべきで、当然、後者は眼科医の意見を聞き、

指導監督を仰ぐべきであった。

5.5 お粗末な監視行政

今回の日食において、唯一消費者庁が注意喚起したものが、先に示したデメテル社が販売した「日食観察用グラス」だった。

このような劣悪品が流通したのは、一にも二にも同社の責が大であるが、今回ほど大きな注目を浴びた日食でありながら、行政の監視がすべてにおいて後手後手に回っていた。確かに出来たての機関であり、マンパワーの問題も多々あろうが、本来の監視体制がきちんと働いていなかったことは否定できまい。

くだんの日食グラスの問題が発覚したのは日食のわずか5日ほど前のこと。それまでは販売業者も消費者庁もまったく認識していなかった。通報によりようやく把握したようだが、その翌日、慌てて審議の上、深夜になって「使用禁止」勧告を発し、同社も回収に動いたものの、日食直前であったため最後まで行方がつかめないものが出てしまった。

多種多様な日食メガネ、フィルターが出回っているのだから、そのすべてを事前にチェックすることは行政といえども物理的に無理がある。しかしながら、いまのようにメーカーや販売業者の言を鵜呑みにして、粗悪品までもが堂々と出回るようなことがあってはならない。たとえ、マンパワーが不足しているとしても、一般ユーザーからの通報体制を確立し、ユーザーからの訴えや問い合わせがあったものは即座に対応し、危険性が確認されたものはメーカーや販売店への事情聴取に時間を取られることなく即刻販売禁止を命じ、未然に被害の防止に努めるべきである。

同時に、悪徳なメーカー、販売店には厳格な行政処分と強制的なりコール、社名発表という制裁的措置も必要だろう。

5.6 エンドユーザーへの安全指導と心得

たとえ安全な日食フィルターを用いても、使い方を誤ったり、保管方法が悪かったならば安全性の確保は難しい。これらの周知徹底と安全指導をどうするか、メーカー、販売店、行政の垣根を越えて、共に真剣に考えていく必要がある。ユーザー側もしかと正しい使い方、保管方法を心得る必要がある。

同時に、当面の自己防衛策としては、少なくとも光学製品とは無縁の会社のものは買わない、過去に粗悪品を出したメーカー、販売店のものは買わない（それらすべてが引き続き粗悪品を売り続けているとは断言できないが）など、身構えることも必要かも知れない。

6. 安全性の統一基準確立を目指して

いまだきちんとした安全基準（JIS・ISOなど）がないことが最大の問題で、唯一の参考基準とされているのが「溶接用遮光板」のJIS規格である。その遮光度13ないしは14が太陽観測の目安と考えられている。

だが、きちんと太陽観測のための安全基準を設ける必要性は誰の目にも明らかであり、次の事柄に対して医学的見地に立った安全基準の確立・統一が急務でと考える。

- 1) 可視光域・有害波長域の医学的統一安全基準の確立と製品への明記
- 2) カラーバランスの規定
- 3) 有害波長域累積観察時間の限界値解明
- 4) 人種（目の色）の違いによる影響把握
- 5) 素材／減光法毎の耐久性・耐用年数ガイドラインの確立
- 6) ISO国際基準としての制定

これら、最低限抑えておくべき基準の確定の他、たとえ眼科医であっても太陽観測における危険性をしかと把握している者は少数派のため、眼科医のコミュニティーへの啓蒙・周知徹底も欠かせないだろう。

7. おわりに「薄雲対策フィルターを！」



図2 薄雲越しの日食（ノー・フィルター）
もっとも危険かつ厄介なシチュエーションであり、薄雲用フィルターの登場を切望する。

最後に、既存の日食フィルターは、すべて晴天を前提に作られているため、薄雲がかかってしまうとフィルター越しに日食を見るのが困難。木漏れ日も期待できない。

しかし、雲越しに眩しくないかたちで欠けた太陽を見ることが出来るため、その危険性を知っていてもついつい直視しがちである。

もちろん、雲越しであっても赤外線はやって来るので太陽を見つめることは危険。

そこで薄めの濃度のフィルターを数種、あるいは緩やかなグラデーションで濃度変化させた眼視用NDフィルターを切望する。

今後の国内大物日食（2030年北海道金環食、2035年北陸－北関東皆既日食）においては、誰もが安心・安全な日食観測が出来るよう、いまから着実に準備を進めるべきだろう。

青木 満