

小学校理科の授業で天体望遠鏡を使おう！

—— 初心者によくあるトラブルとその対策 ——

土橋 一仁*・下井倉 ともみ*・西浦 慎悟*・中田 正隆*

宇宙地球科学分野

(2017年5月29日受理)

DOBASHI, K., SHIMOIKURA, T., NISHIURA, S. and NAKATA, M.: Typical Troubles when using Astronomical Telescopes at Elementary Schools. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., **69**: 129-135. (2017) ISSN 1880-4330

Abstract

In this paper, we introduce typical troubles when using astronomical telescopes for science education at elementary school, and discuss how the problems can be prevented. There are two major troubles which school teachers and children tend to have if they are not familiar with the telescopes; one is on the usage of clamps and screws to fix devices such as a valance weight, and the other is on the treatment of objective lenses and eyepieces. It is easy to avoid these troubles with simple training, and we encourage school teachers who are not familiar with the telescopes to learn how to use them and to utilize them in science classes at elementary school.

Keywords: astronomy education, astronomical telescope, elementary school

Department of Astronomy and Earth Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 本論文では、小学校理科の授業で天体望遠鏡を活用することを念頭に、天体望遠鏡の扱いに不慣れな小学校教員や児童にありがちなトラブルの例を紹介し、その対策や留意点について論じる。望遠鏡に不慣れな初心者によくあるトラブルは、天体望遠鏡の姿勢や部品を固定するためのクランプやネジに関することと、対物レンズ・接眼レンズの取り扱いに関することに大別される。どちらのトラブルも簡単な練習で克服できるので、天体望遠鏡に不慣れな小学校教員もその操作法を習得し、「月と星」(第4学年)や「月と太陽」(第6学年)などの授業で天体望遠鏡を活用して欲しい。

* 東京学芸大学 広域自然科学講座 宇宙地球科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

1. はじめに

天体を観察するために望遠鏡を覗き込めば、大人でも心踊るような興奮を覚えるであろう。太陽の黒点、月のクレーター、木星とガリレオ衛星、土星の輪などは、小口径の望遠鏡でも見応えのある観察対象である。筆者らも、子どもの頃にこれらの天体を初めて望遠鏡で観察した時の驚きを今でも鮮明に憶えている。現在では、探査機から送られてくる惑星表面の詳細な画像や、ハッブル宇宙望遠鏡等の大型観測装置によって得られる銀河や星雲の美しい画像を、インターネット上で容易に閲覧することができる。これら最先端の観測機器によってもたらされた科学画像は衝撃的であり、見る者の知的好奇心を掻き立てる。一方、小さな天体望遠鏡を覗き込んだ時の興奮は、不思議なことに最新の科学画像がもたらすものとは一味異なるように思われる。天体が発した電磁波を自分の網膜に直接映し出しているという自覚が、より大きな感動を生み出すのかもしれない。あるいは、野外で星空を眺めながら、見たいと思った星に自分の意思で自由に望遠鏡を向けるという能動的な動作が、一種の満足感を生み出すのかもしれない。

子どもの頃に自然の美しさや面白さに感動を覚えるという体験は、自然科学を学ぶ上でしばしば決定的な動機付けとなる。事実、筆者らと交友のある地学分野の研究者に尋ねると、小学生の頃に星、化石、鉱物などを観察する機会があり、それがきっかけとなって自然科学に強い興味をもつようになったという体験を語る者が多い。また、専門的な研究者でなくても、そのような感動を伴う体験を得て自然科学に興味をもち、もっと自然を知りたいと考えるようになったという者も少なくない。小学校理科の授業は、こうした体験を与えるための重要な場になり得る。

小学校理科の天体や天文現象に関連する項目としては、「太陽と地面の様子」(第3学年)、「月と星」(第4学年)、「月と太陽」(第6学年)がある。小学校教員が児童にこれらの項目を学習させる際には、単に知識の理解・習得にとどまるのではなく、ぜひ自然の面白さや美しさにも気付かせるよう促して欲しいと考える。理科の授業で天体望遠鏡を活用することは、そのための有効な方法の一つであろう。多くの小学校では小口径の天体望遠鏡を保有していると思われるので、日中に行える太陽黒点の観察を日常的な授業に取り入れることは比較的容易であろう。また、林間学校等の野外活動の機会を利用すれば、惑星観察等の機会を作ることすらそれほど困難ではないはずである。さらに、

広い地域で観察できる日食や月食は、事前にテレビや新聞などのニュースでも大きく取り上げられるので、児童やその保護者の興味関心も高い。これらのイベントを授業の一環として天体望遠鏡で観察する機会をつくれば、児童の心に強烈なインパクトを与えられるものと思われる(例えば、下井倉・土橋 2013)。

しかし、残念なことに、諸々の機会に現職の小学校教員と理科の授業について話してみると、天体望遠鏡を実際の授業で活用することは、まずほとんどないことが伺える。天体望遠鏡の使用頻度に関する定量的なデータは持ち合わせていないが、おそらく、全国のほとんどの小学校では、天体望遠鏡は理科室の一角で埃をかぶったまま放置されており、全く活用されていないものと思われる。教える側の教員自身が天体望遠鏡の使い方を知らないことが、その主な理由であろう。事実、筆者らが隔年で開講している教員免許更新講習会の「天体望遠鏡実習」に参加する現職の小学校教員に講習会への参加理由を尋ねると、大抵の場合、「授業で使ってみたいと長年考えていたが、使い方がわからない。是非この機会に学びたい」という趣旨の回答が返ってくる(下井倉ほか 2010)。また、東京学芸大学の理科選修(初等教育教員養成課程)および理科専攻(中等教育教員養成課程)の1年生対象の「地学実験」では、毎年150人程度の受講生に天体望遠鏡の操作法を教えているが、受講前から望遠鏡の操作をある程度知っている受講生はごく僅か(150人中の若干名以下)で、その他の受講生の多くは天体望遠鏡に触ったことすらない。簡単なアンケート調査をしてみると、天体望遠鏡で一度でも星を観察したことのある受講生は、全体の2割程度にとどまる。本学の理科を専門とする教員志望の学生ですらこのような状態なので、理科を専門としない教育学部の学生の大部分は、天体望遠鏡の扱い方をほとんど知らないまま(少なくとも扱い方を習得しないまま)教員になっているのが実情であろう。

天体望遠鏡の使用法を学ぶ最も効率的な方法は、各地の大学で実施されている教員免許状更新講習会や、科学館等が主催する観望会に参加して、実際に天体望遠鏡を操作してやることである。このような機会が身近になれば、解説本を片手に独学で学んでもよい。小口径の天体望遠鏡の構造や扱い方については、読みやすい解説本が多数市販されている(例えば、藤井 2007b, 松本ほか 2010)。また、小学校の理科の授業や林間学校等での観察に適した天体を紹介した本(藤井 2007a)や、その時々々の星空情報を解説しているウェブサイトも多い(例えば、国立天文台のホーム

ページの「星空情報」)。さらに、最近では、天体望遠鏡の扱い方を紹介した動画も適当なウェブサイトで見つけることができる。天体望遠鏡に馴染みの薄い小学校教員も機会を捉えて天体望遠鏡の扱い方を習得し、是非、児童に天体観察の面白さを伝えて欲しい。

教員のみならず児童も含め、実際に初めて天体望遠鏡を使ってみると、思わぬトラブルに見舞われることがある。これらのトラブルの多くは短期間の講習会では見落とされがちであり、望遠鏡の解説本にも書かれていない。一度トラブルを経験すれば、天体望遠鏡を扱うときにどのようなことに留意すべきか、よく理解できるはずである。しかし、高価な望遠鏡に致命的なダメージを与えたり、大怪我につながるようなトラブルは、もちろん無い方がよい。

本論文では、初心者になりがちな「よくあるトラブル」と、その対策について論ずる。続く第2章では、本論文を理解する上で知っておくべき望遠鏡各部の名称について紹介する。第3章では、東京学芸大学で筆者らが取り組んでいる一般市民向けの観望会（多数の児童を含む）、現職の小学校教員を対象とした免許状更新講習会、理科選修・専攻の教員志望学生を対象とした地学実験等での経験を通して気付いた初心者によくあるトラブルを列挙し、それらを回避するための留意点について述べる。本論文のまとめを、第4章に示す。

2. 天体望遠鏡

多くの小学校で所有しているのは、図1のような赤道儀付きの小口径屈折式天体望遠鏡（口径6～8cm）であろう。本論文では、図1のような望遠鏡を想定して、初心者になりがちなトラブルについて論じる。天体望遠鏡の詳しい構造や具体的な操作方法については、他書に譲る。本論文の理解に最低限必要な天体望遠鏡各部の名称を、以下に紹介する。

図1のような天体望遠鏡は、主に鏡筒、架台、および三脚からなる。鏡筒の先端には対物レンズが固定されており、接眼部には容易に交換できる接眼レンズ（アイピース）が付いている。天体を観察する際には、ピント調節ハンドルを回してドロチューブを出し入れし、ピントを合わせる。径の異なる接眼レンズや、オプション的に使用する太陽投影板や天頂プリズムを取り付けるためには、これらの部品をドロチューブに取り付けるためのアダプターが必要となる場合がある。また、鏡筒にはより小型の望遠鏡であるファインダーが設置されている。

架台は、天体の日周運動の追尾に適した赤道儀と、初心者でも操作が容易な経緯台の2種類に大別される（図1の2つの望遠鏡の架台は、両方とも赤道儀である）。赤道儀の場合、望遠鏡のバランスをとるためのバランスウエイトが取り付けられている。また、赤経軸を地球の地軸に合わせるための極軸望遠鏡や、天体を日周運動に合わせて自動追尾するためのモータードライブがついているものも多い。さらに、望遠鏡の方向を手動で少しずつ変えるための微動ハンドルや、望遠鏡の姿勢を固定するためのクランプ（止めネジ）が、赤経軸・赤緯軸に1箇所ずつ付いている。モータードライブと微動ハンドルを同時に取り付けられないタイプの望遠鏡もあるので、注意が必要である。

三脚は、3本の足を伸縮して高さを調節できるようになっている。3本足の中央に、天頂プリズムや接眼レンズ等の部品を一時的に置いておくためのアクセサリートレイが取り付けられているタイプのものもある（図1a）。

3. よくあるトラブルとその対策

我々が気付いた初心者によくあるトラブルを、以下に列挙する。これらのトラブルは、ネジに関するもの（3.1～3.6節）、レンズに関するもの（3.7節～3.9節）、その他（3.10節～3.11節）に大別される。

3.1 ネジの締めすぎ

太陽投影板等の取り付けには、大抵、ネジ山がついたアダプターを鏡筒のドロチューブに脱着する必要がある（図1bd, 図2）。脱着の際、初心者になりがちな失敗としては、アダプターを力任せに回して締め付け、外せなくしてしまうことである。このようなネジは手で軽く回して固定すれば十分であり、必要以上に締め付けると破損の原因になる。もし締め付けすぎて素手では外せなくなってしまった場合には、プライヤー等の工具を使って外すしかない。その際、傷を付けないようにアダプターをゴム板や厚紙等で養生しておくといよい。

3.2 噛み合っていないネジを無理に締める

天体望遠鏡に使われているネジはピッチが小さく、沢山のネジ山が短い間隔で並んでいるものが多い。3.1節で述べたドロチューブのアダプターや太陽投影板の支柱についているネジも同様である（図2）。これらを取り付ける際には、ネジの山と谷がぴったり

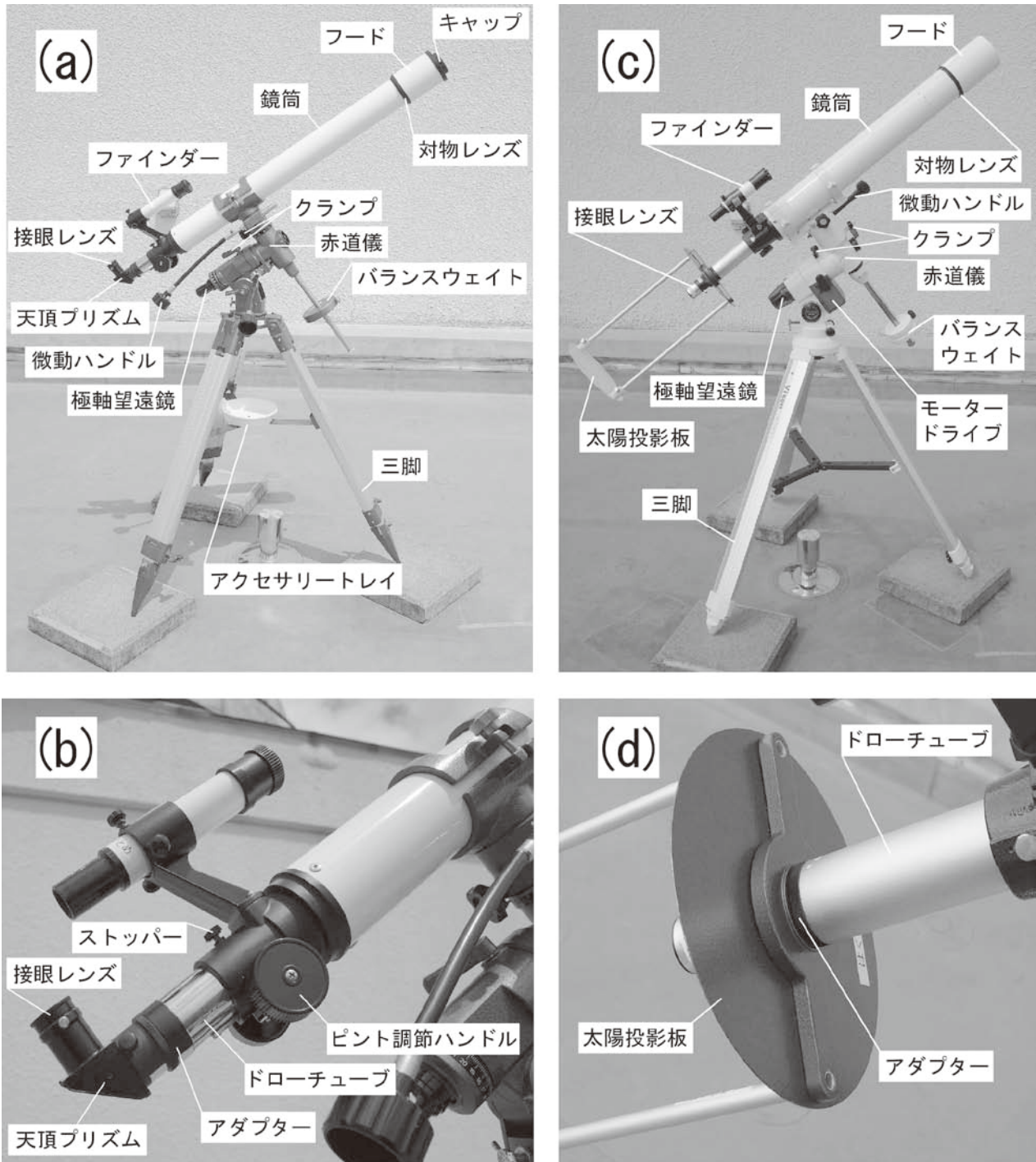


図1 (a) 6cm屈折式天体望遠鏡 (アストロ光学社製) と, (b) 接眼レンズ付近の拡大図。(c) 太陽投影板を装着した8cm屈折式望遠鏡 (ビクセン社製) と, (d) 接眼レンズ付近の拡大図。

噛み合っていることを確認しながら回すようにする。しかし、初心者の中には、ネジの山と谷が噛み合っていない状態でも無理やり回して押し込んでしまう者もいる。これでは、ネジ山が潰れてしまう。天体望遠鏡の部品には、加工の容易さと軽量化のために、柔らかいアルミで作られている物もある。ピッチの小さいアルミ製のネジは破損しや易いので、特に注意が必要である。

3.1 節の問題と同様に、これはネジを扱った経験

の少ない初心者が多いトラブルである。ネジ山を潰してしまえば、その部品を自力で修理することは困難で、交換が必要になる。ネジの扱いに不慣れな教員や児童は、天体望遠鏡に触る前に、安価なものでよいので大きめボルトとナットでネジを回して締めたり緩めたりする練習を行い、感覚を身につけるとよい。

3.3 ピント調節ハンドルを無理やり回す

ピントの調節は、ピント調節ハンドルを回してド



図2 ドロチューブとアダプター

ローチューブを鏡筒から出し入れして行う。ドロチューブには、位置を固定するためのストッパー（図1b）が付いている。初心者になりがちなトラブルとしては、ストッパーを締めたままピント調節ハンドルを無理やり回してドロチューブを動かそうとすることである。これを何度も繰り返すと、ピント調節ハンドルとドロチューブをつなぐ歯車が摩耗し、ハンドルが空回りしてドロチューブを動かせなくなる。ピントを調節する際には、必ずストッパーを緩めてからピント調節ハンドルを回すようにしなければならない。

3. 4 クランプを締めたまま無理やり動かす

天体望遠鏡の方向を大きく変えるときには、赤経軸・赤緯軸を固定しているクランプを緩めてから、鏡筒に手を添えて手で赤経軸・赤緯軸の周りに回転させ、目標の方向に望遠鏡を向けたら再度クランプを締めて固定する（図3）。しかし、初心者の中には、クランプを締めつけたままの状態でも無理やり天体望遠鏡の方向を変えようとする者もいる。力任せに無理に動かすと天体望遠鏡を破損することもあるので、必ずク

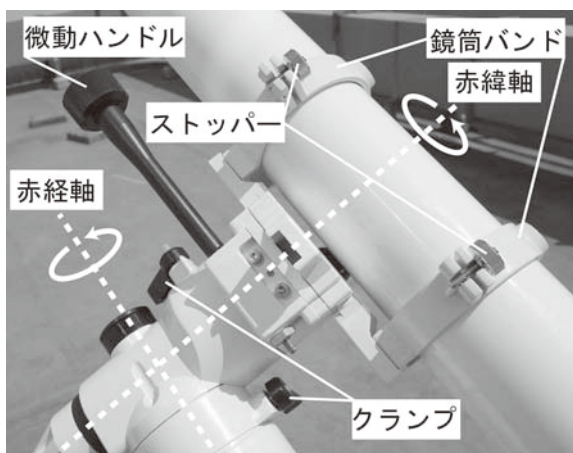


図3 赤経軸・赤緯軸のクランプと、鏡筒バンドおよびストッパー

ランプを緩めてから天体望遠鏡を動かすようにしなければならない。なお、微動ハンドルはクランプを締めた状態でないと効かないので、混乱しないよう注意して欲しい。

3. 3節のトラブルと共通しているのは、何かを固定するためのネジを締めたまま無理に天体望遠鏡を動かすことである。自動車の運転に例えるなら、ブレーキを踏んだままアクセルをふかすようなものである。初心者でも何度か練習すれば、ネジ（ストッパーやクランプ）を緩めてから天体望遠鏡を動かす、またネジを締めて固定する、という操作に、すぐに慣れることができる。

3. 5 バランスウエイトを落とす

バランスウエイトは天体望遠鏡のバランスをとるための重りであり、ウエイト軸にネジ式のストッパーで固定されている（図4）。天体望遠鏡に太陽投影板などの重量物を取り付ける際には、赤経軸の左右にかかる重量のバランスをとるために、赤緯軸（あるいは図4のウエイト軸）を地面に対して水平にした状態でストッパーを緩め、バランスウエイトを移動し、バランスがとれる位置で固定する。その際、ストッパーを締め忘れる初心者は多い。ストッパーを締め忘れたまま天体望遠鏡を動かす、図4のようにウエイト軸を地面に向けると、バランスウエイトがウエイト軸を滑り落ちる。一応、ウエイト軸の先端には落下防止のためのネジが付いているが、バランスウエイトが勢いよくこれに衝突すると、ネジが壊れてバランスウエイトは地面に落下する。バランスウエイトはかなりの重量があるので、操作している児童の足を直撃すると思わぬ大怪我をするかもしれないので、注意が必要である。

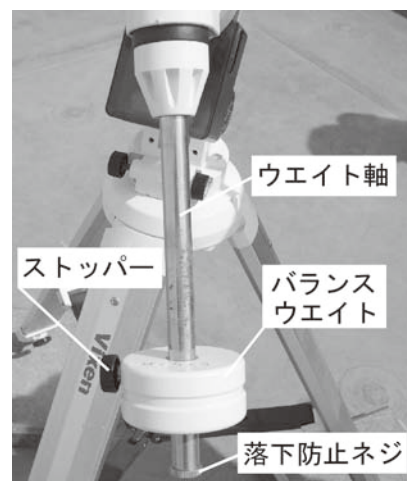


図4 バランスウエイト

3. 6 鏡筒を落とす

鏡筒は、鏡筒バンドで架台に固定されている(図3)。バランスウエイトの場合と同様に、太陽投影板等を取り付ける際には、赤緯軸の周りのバランスをとるために、鏡筒バンドのネジ式のストッパーを緩めて鏡筒の固定位置を変える必要がある。その際、初心者は鏡筒を地面に落下させてしまうことがある。これを避けるためには、固定用のネジは鏡筒バンドが少し開く程度に緩め、鏡筒をバンドに挟んだままずらすようにするとよい。固定用のネジを完全に外して鏡筒バンドを全開にしてしまうと、バンドを外した瞬間に鏡筒がポロリと落下する怖れがある。万一の落下に備えて鏡筒に手を添えながら作業することは必須であるが、鏡筒が常に下から支えられるよう、赤緯軸を地面に対して平行にせず45度程度傾け、バンドの蝶番が鏡筒の下側にくるようにして作業する等の工夫をするとうい。

3. 7 接眼レンズを分解する

初心者の中には、望遠鏡を片付ける際に接眼レンズ(図5)を分解してしまう者がいる。接眼レンズは、複数の合わせレンズから構成されている精密部品である。1枚1枚のレンズには裏表もあるので、分解してしまうと元に戻すのに苦労する。接眼レンズは分解せずに、図5のようなそのままの状態でもケースに入れて保管するようにする。

3. 8 対物レンズや接眼レンズを汚す

対物レンズや接眼レンズに素手で触ると、手の油脂がレンズの表面に付着して汚れ、きれいな像が得られなくなる。ファインダーも含め、基本的にレンズには一切手を触れないようにする。レンズの表面が埃や油脂で汚れた場合には、カメラ用のプロアでシュッシュッと軽く埃を吹き飛ばし、必要なら市販のレンズペーパーにレンズ用クリーナーを少量つけて軽く拭き取るとよい。レンズの汚れを発見するとティッシュで



図5 接眼レンズ。右はHM20mm, 左はPL20mm。

ゴシゴシ拭く初心者もいるが、これをやるとレンズの表面に傷がついてしまう。また、対物レンズも合わせレンズなので、クリーナーや水などの液体をレンズに直接かけると、レンズのつなぎ目に液体が入り込み使い物にならなくなることがあるので、決してやってはいけない。レンズの清掃は、必要な時だけ専用の道具を使って慎重にやるようにしてほしい。

3. 9 太陽観察時のトラブル：レンズのキャップと接眼レンズ

太陽は、日中でも手軽に観察できる人気の高い観測対象である。太陽観察中に接眼レンズを直接覗き込むと目に致命的なダメージを負うので、必ず太陽投影版に投射して観察するようにすることは、言うまでもない。幼い児童の場合には、望遠鏡を設置した時点で急に接眼レンズに飛びついて覗き込もうとする者もいるので、教員は特に注意してほしい(下井倉・土橋2013)。失明の危険を伴うような重大な注意事項については、国立天文台のウェブサイト等にも出ているので、適宜参照されたい。ここでは、その他のよくあるトラブルに関する注意事項について、2点述べる。

1つ目のトラブルは、レンズのキャップに関することである(図1a)。天体を観察する際には対物レンズと接眼レンズに付いているレンズキャップを外す必要があるが、うっかり接眼レンズのキャップを外し忘れてしまう初心者もいる。このような状態で太陽を投影板に映そうとすると、接眼レンズのキャップに太陽光が集光し、キャップが加熱し、溶けたり炎上したりする。また、太陽観察中には、ファインダーのレンズキャップについては、外さずに付けたままにしておくようにする。外しておく、ファインダーで集光された太陽光が太陽投影板を覗き込んでいる観察者の頭部や服にあたり、火傷を負う可能性がある。

2つ目のトラブルは、接眼レンズに関することである。接眼レンズには、太陽観察にも使えるものと、使えないものがある。太陽観察に使えるか否かを確認してから使用しないと、レンズが白濁して使えなくなってしまう場合がある。複雑な構造をもつ接眼レンズは、しばしば複数のレンズを接着剤で貼り付けて作られているが、接着剤の耐熱性が低い時代に作られた古い接眼レンズの場合、この接着剤が加熱により白濁するのである。手持ちの古い接眼レンズが太陽観察に使えるか否かわからない場合には、接眼レンズの刻印を見て判断するとよい。接眼レンズには、「HM20mm」というように、型式を表す文字とmm単位の焦点距離が書かれている(図5)。H(ハイゲンズ)、MHまた

はHM (ミッテンゼーハイゲンス), R (ラムスデン) の文字で始まる接眼レンズは接着剤を用いていないので, 太陽観察に使えるであろう。逆に, Or (オルソスコピック), K (ケルナー), PL (プレスル) などの文字で始まる接眼レンズは, 太陽観察には使わない方が無難である。ただし, これらの型式の接眼レンズでも, 最近購入したものであれば太陽観察に使えるものも多いので, メーカーに問い合わせるとよい。

太陽観察の場合, 休憩等のために席を外す際には, 望遠鏡の方向を変えて太陽像を投影板から外したり, 対物レンズにキャップを装着するなどして, 望遠鏡の各部 (特に接眼レンズ部) の不要な加熱を防ぐようにする。

3. 10 三脚で床材に穴を開ける

天体望遠鏡の三脚の先端は, 意外と尖っている (図6)。小学校等の屋上には, 防水等のためか, 最近では柔らかい床材を使用しているところも多い。屋上を利用して天体観測をする際には, この柔らかい床材を傷つけないよう, 天体望遠鏡を設置するときに三脚の足元に木の板やコンクリートブロック等を敷いて, 床を養生するとよい。養生しないと, 屋上の床材にグッサリと大きな穴が開いてしまうことがあるので, 注意が必要である。

3. 11 鏡筒をバズーカ砲代わりにして遊ぶ

少々元気のよい初心者の中には, 鏡筒をバズーカ砲のように構えて撃ち合う真似をして遊ぶ者も時々いる。鏡筒にはファインダーが付いていて, 見た目は確かにバズーカ砲に似ている。さすがに教員研修では見かけないが, 学部生対象の地学実験では, そのようにしてふざける者を時々見かける。鏡筒を振り回すと周囲の人にぶつけて怪我をさせたり, 大切な鏡筒を無駄

に破損することにもなる。高価な精密機器である天体望遠鏡を遊具代わりにすること自体不謹慎なことなので, 小学校の授業で望遠鏡を活用する際には, 児童にもそのような真似をしないよう, 必要に応じて注意を促してもらいたい。

4. まとめ

本論文では, 小学校での授業や林間学校等で天体望遠鏡を活用することを念頭に, 初心者によくあるトラブルとその対策について論じた。初心者にありがちなトラブルは, アダプターやクランプ等のネジに関することと, 対物レンズや接眼レンズの取り扱いに関することに大別される。どちらのトラブルも, ちょっとした注意や短時間の練習で簡単に回避できるものなので, 天体望遠鏡に不慣れな小学校教員や児童もその操作法を習得して理科の授業等で活用して欲しい。本論文が, 全国の小学校で天体望遠鏡がもっと活用されるための一助になることを望む。

謝 辞

本研究の一部は, 科学研究費補助金 (Nos.17K00963, 17H02863, 16K12749, 16K1270, 26287030, 26350186, 2661004) の援助を受けて行いました。ここに感謝致します。

引用文献

- 下井倉ともみ・土橋一仁 (2013), 東京学芸大学の教員志望学生を対象とした金環日食観察会とその教育効果, 地学教育, Vol.66, pp.1-11.
- 下井倉ともみ・土橋一仁・秋里昂 (2010), 免許状更新講習を活用した教員対象の天体望遠鏡実習の効果, 地学教育, Vol. 63, pp.79-88.
- 藤井 旭 (2007a), 月・太陽・惑星・彗星・流れ星の見かたがわかる本, 株式会社誠文堂新光社, 東京.
- 藤井 旭 (2007b), 天体望遠鏡の使いかたがわかる本, 株式会社誠文堂新光社, 東京.
- 松本 桂・蜂谷正雄・塩津朱里・生川朱美 (2010), 福江 純編, 天文マニア養成マニュアル (第6章 望遠鏡は華奢じゃない! —望遠鏡のしくみと使い方—, pp.127-144), 株式会社恒星社厚生閣, 東京.

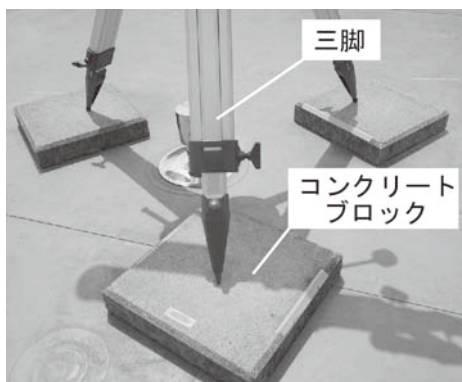


図6 三脚の先端とコンクリートブロック