

身体障害者対応“ユニバーサル天体望遠鏡”の 研究・開発

新井 寿(群馬県立ぐんま天文台 観測普及研究係 指導主事)
高橋 英則(東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター 特任研究員
元ぐんま天文台観測普及研究係 研究員)

身体障害者にも対応した光学装置は、公共施設の大型望遠鏡には備え付けられている場合もあるが、それらは専用品で、他の望遠鏡には取り付けられない。一方、移動・組立式の小型望遠鏡に使用できるようなものは市販されていない。そこで、市販の望遠鏡の接眼部に、回転可能な光路延長用の光学装置を取り付けることで、ベッドに寝たままや車椅子に着座したままでも、覗き口を目の位置に合わせることができるようにした望遠鏡を研究し、製作した。

1. はじめに

2010 年秋、群馬県内のある医療機関において天体観察会を実施した際、呼吸用の補助装置を外せず、ストレッチャーからも起き上がれない患者さんがいた。他の患者さんのようには、持参した望遠鏡の接眼部に目を近づけることができなかった。そこで急遽、筆者の自家用車に載せていた小型の望遠鏡を使ってチャレンジした。苦しい姿勢の状態でもうにか月面のクレーターを観察できた時、その患者さんの目が涙で潤んだ。その後、その時のことが脳裏から離れず、「楽な姿勢のまま天体観察を楽しんでもらえるようにしたい」との思いから、本機材の開発を決意した。

身体障害者に対応した光学装置は、公共施設の大型望遠鏡(ぐんま天文台の 65cm 望遠鏡など)には備え付けられている場合もあるが、それらは各施設の望遠鏡ごとの専用品のため、他の望遠鏡には取り付けられない。その一方で、移動・組立式の小型望遠鏡に使用できるようなものは市販されていない。つまり現状では、専用品を備えた公共施設に行かない限り、身体障害者が望遠鏡を覗いて天体観察を楽しむことは極めて難しい。そもそも、公共施設に行かなければならないことそのものが“壁”である。

そこでぐんま天文台では、市販の天体望遠鏡に特殊な光学機材を追加することで、観察者の目の位置に望遠鏡の覗き口のほうを合わせられるようにした望遠鏡を研究・開発した。車いすを利用している場合や、ベッドに横たわったままでも、無理のない姿勢で天体観察を楽しむことができる望遠鏡である。



写真1 通常の天体望遠鏡(左)とユニバーサル天体望遠鏡(右)

写真の左は、通常の望遠鏡。天体を望遠鏡に導入すると、接眼部(覗き口)の位置は自ずと決まってしまう。そのため、天体の姿を観るためには、自分の目を接眼部にもって行かなければならない。身体障害者にとってはかなり不便である。写真の右が、今回製作したユニバーサル天体望遠鏡。普通の望遠鏡の接眼部に、延長筒を取り付けてある。この延長筒が自由に回転でき、接眼部の位置を調節することができるようになっている。望遠鏡の脚も、短いピラーにした。病院の室内からの観望などの際、窓枠や庇が邪魔をして、地平高度の高い天体が観察できない。架台を低くすることで、高い位置の天体観察がある程度可能になる。

2. 概要と基本的な考え

本機材の開発・製作にあたっての基本的な考えは以下の3点である。

- (1) ベッドに横たわった人や車椅子を利用している人が、楽な姿勢のまま望遠鏡に接近し、安全に観察できること。
- (2) 追加する光学系による天体の像の劣化をなるべく抑え、月面のクレーターはもちろん、土星の輪や木星の縞模様などが確認できること。
- (3) 市販の部品をなるべく多用した構造であること。また取り付ける側の望遠鏡本体に改造を施す必要がなく、他の鏡筒にも取り付けが可能であること。

特に(3)は、本機材の有用性が世間で認められた際、製作にあたって特殊な部品を必要としないことで普及を容易にし、他の施設での2号機、3号機の製作にもつながるようにと考えたものである。

なお本機材は、今回試用した望遠鏡(市販品)とほぼ同等のスペックのもの(2インチサイズのアイピースアダプター付属)であれば、学校などが所有する市販の小型望遠鏡にも取り付けが可能となっている。



写真2 車椅子利用者による、通常の望遠鏡での観察の様子

接眼部が低い位置だと、車椅子を使った場合、上体を大きく前に曲げねばならず、姿勢がかなり苦しい。



写真3 車椅子利用者による、ユニバーサル天体望遠鏡での観察の様子

接眼部を高い位置に調節でき、覗く向きも変えられるので、無理のない姿勢で観察できる。また接眼部が望遠鏡から離れるので、車椅子が望遠鏡と干渉するのを防ぐこともできる。



写真4 ベッドに横たわったままで観察している様子

横たわったまま仰向けの状態で覗き口を自分の目の位置にもってくることができる。望遠鏡の脚部(ピラー)を短くして望遠鏡全体を低くし、室内からの窓越しの観察の可能性を更に高めた。

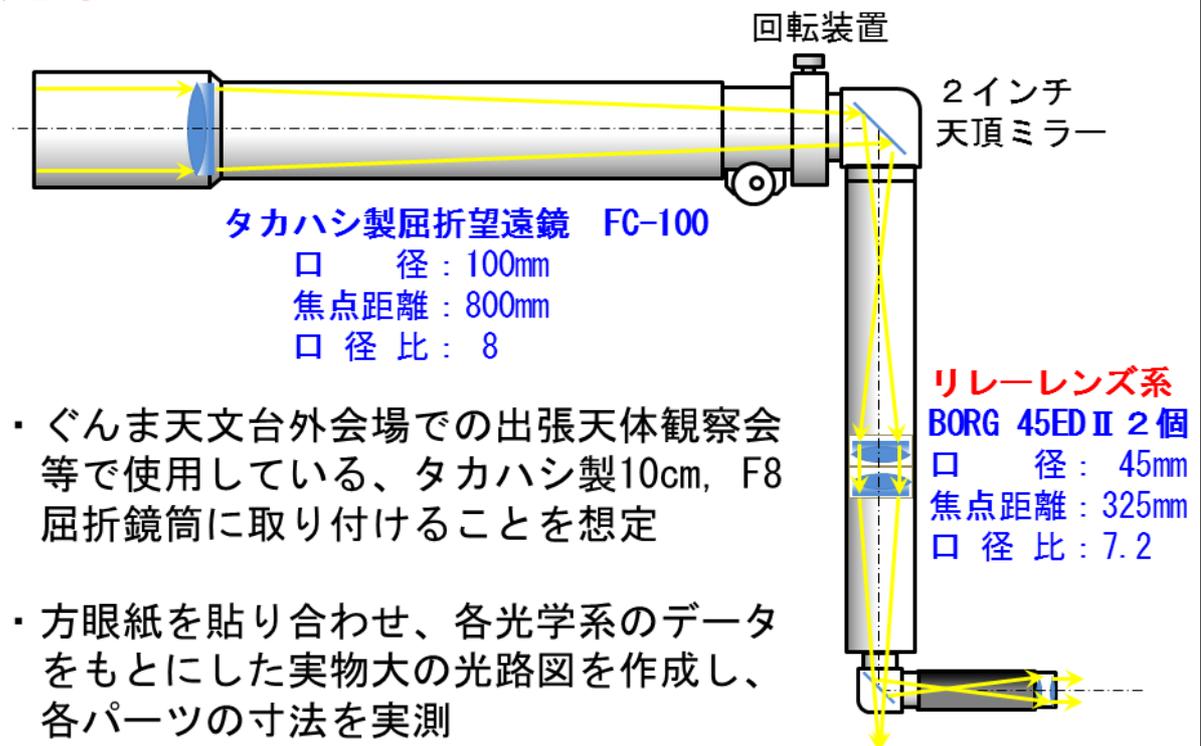
3. 構造・設計

構造の概観を図1に示す。覗き口の位置や向きを自在に調節できるようにするためには、互いに直交する2箇所の反射系と回転系が必要になる。

延長筒の中には、リレーレンズとして市販の小型望遠鏡の対物レンズ2個を互いに向い合わせにして配置してある。光路図のとおり、この2つのレンズ間では平行光線となるため、レンズ間の距離は任意でよいが、回転装置にかかるモーメントの低減や軽量化のために、可能な限りの最短距離としている。

実際の設計にあたっては、方眼紙を貼り合わせたものに、各光学系のデータをもとにした実物大の光路図を作成し、さらに各パーツの寸法を実測して書き(描き)込む方法を取った。

光路図



7

図1 構造の概観と光路図

出張天体観測会等で使用している、高橋製作所製 10 cm F8 屈折鏡筒に取り付けることを想定して光路図を考えた。覗き口の位置や向きを自在に調節できるようにするためには、互いに直交する2箇所 of 反射系と回転系が必要になる。回転の一つは市販のカメラ回転装置を使い、もう一つの回転は 1.25 インチ天頂ミラーを取り付ける接眼アダプターで代用した。延長筒の中には、小型望遠鏡の対物レンズ2個を向かい合わせで組み込んであり、このレンズがリレーレンズとなって光路長を延ばしている。

なお、実証機(1号機)の製作に先立ち、写真5のような試作実験機を事前に製作して実験を繰り返した。リレーレンズには口径5cm ファインダー用の対物レンズ2個を用い、反射系は 1.25 インチ天頂ミラー2個、鏡筒はポスター梱包用のボール紙製の筒で代用し、ピントの位置や動作などの確認を行った。



写真5 ユニバーサル天体望遠鏡の試作実験機

口径5cmのファインダーの対物レンズ2個とボール紙製の筒を使って製作した試作実験機。鏡筒の動きや接眼部の位置の変化、ピント合わせ、視野の見え具合などを確認し、実験を繰り返した。

4. 実証機(1号機)の製作・完成

専用のレンズ系の設計や研磨などの技術は無いので、市販のレンズをリレーレンズ系に流用することを考えた。小型屈折鏡筒用の対物レンズを2個向かい合わせにして組み込む構造では、レンズの収差をより拡大してしまうため、元々の収差がなるべく少ない小型の優秀な光学系を用いる必要があった。そこで、トミーテック・オアシススタジオ製 BORG 45ED II (口径 45mm, 焦点距離 325mm, F7.2)の対物レンズを採用することにした。

延長筒の回転によって天体が視野から逃げてしまうのを極力抑えるため、望遠鏡のドロチューブと延長筒との接続部にはカメラ回転装置(高橋製作所製)を採用した。接眼レンズの取り付け部分にも本来は精密な回転装置を設けたいところであるが、重量の増加を抑える必要から、アイピースアダプター(高橋製作所製)の操作で代替することにした。同社製のアイピースアダプターはリング締付け固定式のため、小ビス固定式のものに比較して光軸が狂いにくい利点がある。

鏡筒には、高橋製作所製7倍5cm ファインダー用の鏡筒を継ぎ足して用いた。総金属製のため光学部の全重量は 1.9kg となった。回転装置を緩めたときのバランスを保持するために、カウンターウェイトも取り付けした。ウェイト軸を長くすると延長筒部分の動作範囲に制限が生じるため、ウェイトの重量は 2.4kg とやや重めになっている。FC-100 鏡筒以外の他社製望遠鏡でも、2インチサイズの接眼部を有するものであれば、カメラ回転装置を取り外した状態で装着することができる。



写真6 完成した1号機の延長筒光学部

写真中に描き込んだ青い部分は、鏡筒内部の各光学部を表している。左側のミラーボックスの上にあるのがカメラ回転装置。これにより、延長筒全体を精度よく回転させることができる。カメラ回転装置を外せば、2インチサイズの接眼部を有する他社製の鏡筒にも取り付けられる。写真の左側の第1ミラーで延長筒内に光を導く。延長筒の中央から覗き口側にやや寄ったところにリレーレンズが入っている。さらに写真右側の第2ミラーで反射させ、接眼レンズに導く。第2ミラー一部も回転可能である。

5. 観察会での実証

写真7は、2011年11月に、前述の医療機関で実施した天体観察会の様子の報道記事である。入院者の病状を考慮し、屋内からの窓越しの観察に限られたので、窓枠や底による遮蔽を少なくする目的で架台部を低く設置するための低ピラーを製作して臨んだ(写真1右を参照)。また鏡筒のドロチューブ付近にある本来のファインダーでは天体導入が困難なため、鏡筒の対物レンズ付近に別付けしてある(同)。

この記事の写真中で望遠鏡を操作している人物はぐんま天文台の職員であるが、本機材の操作はこの時が初めてであった。操作に若干の慣れは必要であるが、構造を理解し、通常の望遠鏡の操作ができれば、ほとんど問題なく対応できるとの感想を得ている。



天体観測で
笑顔広がる
「子どもたちのための
天体観察会」を開いた。
乳児から中学生まで
約30人がスライドで夜
空の星座などについて
の解説を聞いた後、天
体望遠鏡で実際に木星
を観測した。
興味深そうにのぞき
込んでいた男の子は
木星観測する子ども

「空のずっと上のほう
で光っていた。すごく
うれしい」と笑顔を見
せた。

写真7 病院での観察会の様子を伝えた新聞報道

2011年12月7日上毛新聞掲載。記事には写真もついている。写真8の説明参照。



写真8 ユニバーサル天体望遠鏡を使った、病院での観察会の様子(2011年11月実施)

写真7の記事に添えられた写真と写真8はいずれも前述の医療機関での観察会の様子。木星などを観察した。車椅子に座ったままや、看護師に抱きかかえられた状態でも、覗き口を観察者の目の位置にもっていくことができる。

6. 今後の課題

現段階での課題は以下の3点である。

- (1) コストダウン
- (2) 軽量化
- (3) 活用・普及・広報

まず(1)であるが、今回製作した1号機では、8万8千円弱(消費税抜き)の費用がかかった。収差の少ないEDレンズや精度の高い大型の天頂ミラー、カメラ回転装置等を使用しているため、このスペックでは製作費がかさむことを避けられない。

また、精度の追求から総金属製としたため、本体重量が重くなった(1.9kg)。そしてこれに伴いカウンターウェイトも必要となった。操作の都合上、ウェイト軸はなるべく短くする必要があるが、これは重いウェイトを使用することにつながってしまう。これらは製作前から想定していたことではあったが、より軽い小型の鏡筒や架台にも対応できるようにするためには解決したい課題である。

これら2点については次項でさらに触れることとする。

なお(3)については、本機材の広報用リーフレット(図2)を作成し、群馬県教育委員会の関係各課およ

びその下部組織を通じて、群馬県内の特別支援学校(院内学級を含む)へ配付した。現在、さらに特別養護老人ホーム等の施設への広報も検討中である。

図2 群馬県内の特別支援学校等へ配付した広報用リーフレット

群馬県内の特別支援学校や院内学級等に配付した広報用リーフレット

7. 参考(廉価版2号機の製作)

前項で述べた、価格や重量などの課題解決を図るために、“見え味は多少犠牲になっても……”との考えから製作してみたのが、“廉価版2号機”である。写真9は、2009年の“世界天文年”に合わせて「星の手帖社」から発売され、その後もロングセラーとなっている「組立天体望遠鏡」である。筆者はこの望遠鏡を教材製作用によく流用しているのだが、価格の割には非常によく見える望遠鏡である。この望遠鏡の鏡筒を2本組み合わせて2号機を製作した。

ユニバーサル天体望遠鏡とは？

天体望遠鏡は、宇宙の神秘や不思議さを私たちに見せ、大きな感動を与えてくれる道具です。しかし、観察する天体の位置や方向によって接眼部(のぞき口)の位置が決まってしまうため、自分の目を接眼部に合わせなければなりません。これでは、苦しい姿勢を強いてしまったり、観察ができなかったりする場合があります。

身体障がい者に対応した光学装置は、公共施設の大型望遠鏡(ぐんま天文台65cm望遠鏡など)には備え付けられている場合もありますが、それらは各施設の各望遠鏡ごとの専用用品のため、他の望遠鏡には取り付けられません。一方、移動可能な組み立て式の小型望遠鏡に使用できるようなものは市販されていません。

そこでぐんま天文台では、市販の天体望遠鏡に特殊な光学機材を取り付け、観察者の目の位置に接眼部を合わせられるようにした望遠鏡を研究・開発しました。車いすを利用している場合や、ベッドに横たわったままでも、無理のない姿勢で天体観察を楽しむことができる天体望遠鏡。それが“ユニバーサル天体望遠鏡”です。

利用してみませんか？

ぐんま天文台では、県内公共機関等主催の天体観望会の支援活動を行っています。ユニバーサル天体望遠鏡を活用することで、更にたくさんの方々に、宇宙の神秘、美しさ、素晴らしさを味わっていただきたいと考えています。天文台職員による生解説付きの天体観望会を、実施してみませんか。

予約、打ち合わせ等

- まずは直接お電話ください。実施日時等について相談・予約をしましょう。(天文台職員の勤務の都合上、希望日の1ヶ月前までにご連絡ください。)
- 講師派遣には、旅費は必要ありません。謝礼等も一切不要です。
- 観望会当日の天体望遠鏡の設置場所や時間帯等について、事前に見、打ち合わせ等を実施させていただきます。

お問い合わせ

〒377-0702
群馬県吾妻郡高山村大字中山6860-86
県立ぐんま天文台 観測普及研究係
Tel: 0279-70-5300
Fax: 0279-70-5544
http://www.astron.pref.gunma.jp/



【写真1】通常の天体望遠鏡(左)とユニバーサル天体望遠鏡(右)



【写真2】車いすに座っている状態でのぞいている様子。車いすを利用したまま、無理のない姿勢でのぞき口を自分の目の位置にもつてくることができます。

【写真3】通常の望遠鏡での観察のようす。姿勢がかなり苦しい。



【写真4】ベッドに横たわったまま観察しているようす。のぞき口を自分の目の位置にもつてくることができます。望遠鏡の視野を広くして望遠鏡全体を低くしたので、窓からの窓差し光の観察の可能性を更に高めました。





写真9 「星の手帖社」発売の「10分で完成！組立天体望遠鏡」

口径4 cmのアクロマート対物レンズを備えた、倍率15倍の望遠鏡。鏡筒はプラスチック製。



写真10 2号機を市販の望遠鏡(ビクセン製)に取り付けた様子(全体)



写真 11 2号機を市販の望遠鏡(ビクセン製)に取り付けた様子(2号機部分の拡大写真)

望遠鏡への取り付けには、1号機の回転装置の代用として、この鏡筒にもともと付属していたフリップミラーをそのまま利用している。

基本的な原理は1号機と同じである。この望遠鏡のキットを2つ用意し、接眼レンズ以外の部分を組み立てる。1本はそのまま、もう1本はやや短めに切断する。切断する長さは、使用する望遠鏡に合わせて光路図を描き、割り出せばよい。筆者の場合は接眼部側を8cm切断した。

次に両者の対物レンズを向かい合わせにして連結する。筆者はアルミニウム製のパイプを利用した(写真 11, 12 参照)。鏡筒がもともとプラスチック製のため、程よい弾力があるので、ややきつめのパイプに押し込むだけで固定できる。あとは、一端に1.25インチサイズのオス型スリーブ、他端にアイピースが入るアダプターを取り付ければよい。筆者はこれらを旋盤加工により製作したが、この程度の工作であれば工業高校の生徒でも十分可能であろう。写真 12 に、各パーツの様子を示す。



写真 12 2号機のパーツ

(写真の黒い筒が、組立望遠鏡の鏡筒。1本はそのまま、もう1本は接眼部側を8cmほど切断した。短くしたほうの鏡筒は、天頂ミラーを取り付ける際に内部の“遮光環”が干渉するため、除去してある。アルミニウム製のパーツは、旋盤で加工。製作をなるべく簡素化するため、ネジ切り加工は、極力省いた。アイピース固定ビス用の穴のみタップ加工をしてある。)

留意したい点は、光学系の光軸合わせと、光学素子である。製作を容易にする目的から、2号機はネジ切り加工を一切施していない。そのため、鏡筒の接合部分に弱さがあると、光学系の光軸がずれて、目標天体の導入や視野の安定に影響が出る恐れがある。また、1号機に比べるとレンズの性能が劣るため、特に高倍率で恒星を観察すると、明らかに色収差がわかる。可能な限り優秀な光学素子を使いたい。

ただし、実際の見え味は心配するほどひどいものではない。ある小学校での天体観察会開始前に、実際には2号機を使っていることを伏せて、学校の先生方に木星の観察をしていただいた。木星本体の縞模様やガリレオ衛星の姿にたいへん喜んでいただけた。観察後、「ユニバーサル天体望遠鏡を取り付けてある」との旨を明かしたが、違和感は全く感じられなかったとのこと。「望遠鏡ってこういうものだと思っていました」との感想が出た。初めて望遠鏡を覗く人にとっては、“普通の望遠鏡”と捉えられたのであろう。安価なアクロマートレンズを使っているので実際には色収差などが認められるが、観望程度であればまあまあ満足できる見え味である。

この廉価版2号機は、前述の「課題」をクリアできる手がかりの一つとなるかもしれない。実際、各地で1号機や2号機の紹介を行った際、参加者の関心を集めたのは1号機よりも2号機であった(製作の苦労を考えると悔しいのだが…。)。組立望遠鏡1つの税込価格が 1,580 円、出来上がった本体の重量は 490g である。重量が軽く仕上がったため、鏡筒にしっかり固定できさえすればカウンターウェイトも不要にできる。使用する素材や構造を更に工夫することで、なお一層の軽量化や操作性の向上も可能であろう。

8. 研究会当日のデモンストレーション



写真 13 研究会で実施したデモンストレーションの様子(3枚)

(研究会当日、休憩時間に実施した、1号機によるデモンストレーションの様子。左上は参加者が立った状態で覗きこんでいる様子。右上は参加者がベンチに寝転がった状態で覗きこんでいる様子。左下は遠くに掲示されていたポスターが拡大されている視野の様子を、スマートフォンで参加者が撮影したもの。)

9. 質疑・応答

研究会当日、講演やデモンストレーションの時に以下のような質疑・応答があった。

質疑:

この望遠鏡に“死角”などの弱点は無いのか。

応答:

死角は天頂方向。鏡筒が天頂方向を向くと覗き口の向きは変えられるが、高さの調節が難しくなる。ただし、本来屋内からの観察を想定して考案しているので、その場合鏡筒が天頂方向を向くことは考えなくてよい。屋外での観察であれば、脚部の長さ(架台の高さ)を調節すればよい。

質疑:

「望遠鏡の接眼部にビデオカメラの受光部などを取り付けて、モニターで見せる」というような方法は考えなかったのか。

応答:

確かにそのような方法も考えられる。しかし、やはり自分の目で直(じか)に望遠鏡を覗いてこそ本当の喜びや感動、実感を味わえるのだと考えた。何よりも、「自分が覗いている間は、望遠鏡を独り占めしているのだ」という感覚も大切にしたい。もしも自分(筆者)だったら、テレビのモニターに映る天体の姿を観るよりも、望遠鏡を自分の目で直接覗いて観たほうが嬉しいに決まっていると思う。あの時、病院で出会った彼女(冒頭の患者さん)の涙が、すべての出発点になっている。

参考文献

- [1] 県立ぐんま天文台 web ページ http://www.astron.pref.gunma.jp/instruments/telescope_universal.html
- [2] 第 26 回天文教育研究会(2012 年年会)集録「身体障がい者対応“ユニバーサル天体望遠鏡”の製作」
- [3] 天体観望ガイドブック 新版 宇宙をみせて(天文教育普及研究会 編)恒星社厚生閣 2013 年 9 月