

2024年12月14日

京都大学大学院理学研究科附属天文台 外部評価報告書

外部評価委員会

委員長 草野完也（名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授）

委員 川端弘治（広島大学宇宙科学センター 教授）

委員 渡部潤一（国立天文台 上席教授）

■ 本報告書について

本報告書は京都大学大学院理学研究科長からの要請に基づき京都大学大学院理学研究科附属天文台（以後、「京都大学天文台」）の2019年度から2023年度の5年間の活動を総合的に評価した報告である。評価は京都大学天文台から事前に提出された活動報告書をもとに、2024年10月24日にオンラインによる事前打ち合わせを行った後、2024年10月30～31日の二日間岡山天文台にて以下の日程で実施された。

10月30日（水）

10:30-11:30 趣旨説明、京都大学天文台全体説明【横山台長】

11:30-13:00 昼食

13:00-14:30 岡山天文台【木野助教】

14:30-15:00 花山天文台、天文台基金【横山台長】

15:00-16:30 せいめい望遠鏡見学

10月31日（木）

10:30-12:00 飛騨天文台【上野助教】

12:00-13:30 昼食

13:30-14:30 個別インタビュー

14:30-16:00 外部評価委員会

16:00-16:30 講評【草野委員長】

16:30-17:00 最後に、終了あいさつ【横山台長】

本報告書は以上の過程を経て、京都大学天文台の活動を5つの観点（1. 管理・運営、2. 研究活動、3. 教育活動、4. 国際協力、5. 社会連携）について評価したものである。評価の概要の後に、各観点について国際的な中規模の大学天文台を基準とした5段階（S: Outstanding, A: Excellent, B: Good, C: More improvement, D: Poor）の総合評価と見解がまとめられている。

## ■ 謝辞

本評価の実施にあたり、資料提供、プレゼン、インタビュー及びロジスティックスの提供に尽力された横山央明台長、太田耕司副台長及び京都大学天文台の教職員 みなさんに感謝する。京都大学天文台が高い透明性をもって本外部評価に臨まれたことを外部評価委員会は高く評価します。

## ■ 評価の概要

京都大学天文台は限定された人材とリソースのもとにありながら、効果的な運営と維持を行っており、国際的にも高い水準の研究成果を創出すると共に、京都大学のみならず国内外の天文学のすそ野を広げるための重要な役割を果たしている。特に、せいめい望遠鏡の機動性を活かしたユニークな研究成果は高く評価できる。また、観測機器の維持運用と先進的な機器開発を同時に行うのみならず、海外への装置展開を中心とした国際協力活動を行っていることは高く評価できる。独自の施設を利用した実践的な観測・研究・開発の場を通して、研究者や職業人として自立できる人材育成にも幅広く貢献している。さらに、花山天文台では他に類例のない、京都の地域性を活かした社会連携活動を行っており、天文学にとどまらず基礎科学の普及と社会還元のための重要な役割を果たしている。外部評価委員会は京都大学天文台のこれらの活動を高く評価する。研究、教育、国際協力、社会連携のそれぞれにおいて、今後その活動がさらに発展することを期待する。そのため、研究成果のビジビリティをさらに高め、共同研究のネットワークを拡大すると共に、施設の強みを活かした若手人材へのアピールのさらなる強化が求められる。京都大学において適切なリソースの配分が京都大学天文台になされると共に、外部資金を積極的に確保する自助努力を継続することが必要である。

## ■ 観点1：管理・運営【総合評価A: Excellent】

### ➤ 全体概要

京都大学天文台は、①先端天文学研究、②最新技術投入による観測装置開発、③国内外の研究コミュニティ及びプロジェクトへの参加協力、④次世代研究者の教育と社会連携を4つの柱に掲げ、飛驒天文台、岡山天文台、花山天文台を運営している。京都大学天文台は各天文台の機能と特徴を活かした運営を本評価期間を通して適切に行っており、4つの運営の柱のいずれにおいても顕著な実績を挙げていることが認められた。特に、主力望遠鏡群は競争力のある研究成果を創出すると同時に、独自の共同利用活動を介して京都大学と他大学の学生の専門教育にも活用されており、人材育

成と国内外との共同研究推進の基盤となっている点は高く評価できる。

ただし、特に飛騨天文台では主力望遠鏡の老朽化が進む一方で、人員が岡山天文台へ割かれるなどして削減されたため、設備の維持と運用のために手一杯の状況となっていると思える。そうした状況は長期的な運営体制としては万全とはいえず、リスクをはらんでいるといえよう。今後の改善のため、飛騨天文台の観測機器の技術を継承する人材を戦略的に育成すること、飛騨天文台以外の技術に明るい人材のエフォートの一部を飛騨天文台の維持と運用に振り分けること、機器類の維持管理の一部を地元ないし近隣の専門業者に委ねること、修理用の代替部品が手に入らなくなった機器等をリスト化し、優先度に基づいて更新することなどの工夫を行い、継続的に維持発展できる効果的な運営を着実に実施することを期待する。

#### ➤ 岡山天文台

岡山天文台は、国内最大の地上光学赤外線望遠鏡である口径 3.8m せいめい望遠鏡を擁して 2019 年に竣工し、同年中に共同利用観測を開始して現在に至る。せいめい望遠鏡の主鏡は、国内初の「分割鏡」であると共に、精密研削を駆使した軽量鏡であり、将来の大口径望遠鏡の実現に通じる新たな技術の獲得を率先して進めてきた姿勢は高く評価される。また、初期の観測装置は KOOLS-IFU（可視低分散分光装置）のみであったが、京都大学や東京大学が主体となり競争的資金を獲得して開発した可視 3 色同時撮像分光装置 TriCCS が 2021 年から、さらに県立ぐんま天文台で使われていた高分散分光装置 GAOES-RV を東工大や国立天文台が主体となって改良して 2023 年から、それぞれ観測に供され、多彩なラインナップとなって活躍の幅を着実に広げている。また、近年本格化してきたマルチメッセンジャー天文学の肝ともいえる突発天体観測 (Target of Opportunity; ToO 観測) に当初より注力し、リモート観測化や自動観測化を推し進めるなど運用体制を工夫して、ユニークな成果を挙げてきたことも高く評価される。望遠鏡時間の 4 割を全国共同利用に供していることも併せて、せいめい望遠鏡の国内の可視赤外線天文コミュニティへの貢献は極めて大きい。

#### ➤ 飛騨天文台

飛騨天文台は 1979 年に竣工したドームレス太陽望遠鏡 (DST) に加え、2003 年に竣工した太陽磁場活動望遠鏡 (SMART) を基幹研究設備として運用し、近年においても太陽地上観測の世界的拠点の一つとして活躍している。限られた人員と予算規模にもかかわらず、望遠鏡施設を丁寧に維持しつつ、科研費等の外部資金を獲得しながら、補償光学や偏光光学素子など、最新の技術やアイデアを採り入れた新しい観測装置を開発し続けることにより、ユニークで競争力のある観測システムを運用・提供していることは特筆に値する。また、DST では 2023 年度においても計 9 課題、のべ 122 日に及ぶ独自の共同利用を提供しているほか、SMART においても 2022 年度より定常的な自動観測を実現し、その観測データを部分的にほぼ即時公開している。それらによ

る太陽・地球惑星科学コミュニティへの貢献は高く評価される。

➤ 花山天文台

花山天文台は 1929 年に設立された歴史的な天文台で、京都大学の学部生や大学院生の観測実習や外部の教育機関と連携した太陽観測実習に使われているほか、別館に据えられているザートリウス 18cm 望遠鏡では水素 H $\alpha$  線フィルターを用いた太陽全面モニターを現在も続けている。活発な社会連携活動を行っており、その結果として天文台基金が右肩上がりの増加につながっていると見える。それらの外部資金に基づいて地域社会と連携した適切な運営がなされている。最近では、地元の京都葵ライオンズクラブが花山天文台に 4 次元デジタル宇宙シアターシステムを寄贈し、上映館を完成させたこともその大きな成果である。一般的に社会連携への活動が結果として、その拠点の運営を支えるほどの具体的な財政支援につながることは希であり、京都大学天文台の特筆すべき活動として、天文学と基礎科学のすそ野を広げる大きな役割を果たしていると評価できる。

■ 観点 2 : 研究活動【総合評価 A: Excellent】

➤ 研究成果

京都大学天文台の教職員 9 名（うち非常勤 4 名）及び非常勤研究員 3 名が著者に加わった 2019 年以降の査読論文数は年間 33.6 編であり、研究者 1 名あたり平均 2.8 編/年であり、順調に成果を創出している。

特に、せいめい望遠鏡を利用した若い太陽型星でのスーパーフレアに伴う爆発的なフィラメント噴出の発見 (Namekata et al. 2022, Nature Astronomy) と、その H $\alpha$  線輪郭が SMART 望遠鏡で得られた太陽フレアでの特徴と類似していることの発見 (Otsu et al. 2022 Astrophysical Journal (ApJ)) は、太陽研究と恒星研究との両方に精通する京都大学天文台の特徴を活かした優れた成果であり、国際的にも高く評価されている。また、太陽表面でのフィラメント噴出の前兆現象や噴出条件を導出した一連の論文 (Seki et al. 2019, PASJ; Seki et al. 2021, Earth, Planets and Space) は宇宙天気予報分野にも繋がる実用性の高い研究である。せいめい望遠鏡の突発天体対応の特徴 (ToO 観測) を活かした爆発初期からの追跡観測による成果 (古典新星 V1405 Cas, Taguchi et al. 2023, ApJ; 高速度型 Ia 型超新星 2019ein, Kawabata et al. 2020; 高輝度型 Ia 型超新星 2020hvf, Jiang et al. 2021, ApJ Letters など) も特徴ある成果として注目に値する。

一方、飛驒天文台の構成員の筆頭著者論文数は 25 編あるのに対し、共著論文数は 32 編と同程度に留まっており、外部との共同研究が幾分出遅れている印象を受ける。また、太陽面爆発現象の予兆に関する論文は宇宙天気予報にとって重要な成果である

にもかかわらず、宇宙天気関連コミュニティから十分に認知され、引用されているとは言えない。それ故、機器の利用を通して共同研究をより拡大すると共に、研究成果がより幅広い関連コミュニティから適切に評価されるようビジビリティを高める努力を進めることが必要である。

➤ 機器開発と将来計画

京都大学天文台は新たな装置とシステムの開発に関する明確な将来計画を策定し、その実現のための活動を適切に進めている。

岡山天文台では、観測開始から5年が経過したばかりのせいめい望遠鏡について、望遠鏡光学系の高精度化や観測効率の向上に繋がるキュー観測・自動観測システムの整備を今後1-2年で進めつつ、並行して極限補償光学撮像器 SEICA や近赤外2バンド偏光撮像器 NirPol、GAOES-RV と H $\alpha$  線と Ca II HK 線を同時に中分散分光観測する MIDSSAR、近赤外機の高精度の測光分光観測を行う IRS の開発を進めるものとなっている。分割鏡の鏡面を10分の1波長レベルで揃えて単一鏡と同等の空間解像度を達成することは、最重要な所期開発項目であり、SEICA の観測に必須でもあることから、総力を挙げて早め実現することが求められる。せいめい望遠鏡では他にも、既存の KOOLS-IFU の機能を向上させた後継機の開発の検討が進められているほか、インドネシア・ティモール島で建設が進められているせいめい望遠鏡の姉妹機 Timau 望遠鏡を紹介した技術協力や研究指導、国内の光・赤外線大学間連携事業による国内の大学が所有する望遠鏡を連携させた共同研究の継続も計画に入っている。現人員の体制からするとやや野心的にも感じられるものの、リモート観測化が進み、構成員の観測支援業務が落ち着きつつある現況に鑑みるに、着実ともいえるステップアップでもあり、さらなる飛躍が期待される。

ただし、多数の観測装置の開発プロジェクトが並行して進んでいる現状に関しては、利用可能な観測モードが増えること自体はメリットではあるものの、それらをホストする岡山天文台側の仕事は複雑化・煩雑化していくことは必至であり、運用に混乱を招く心配がある。ボトムアップな装置開発提案をそのまま天文台側が受け入れる方針を今後も継続する場合には、そのための適切な人員配置や制度化が求められよう。

飛驒天文台では DST が竣工から45年経過し、老朽化が懸念されるが、縮小された現在の人員体制で維持するための努力がなされている。DST の偏光分光観測装置の広視野化や補償光学装置の改良が進められつつある。また、海外大口径太陽望遠鏡 (DKIST) での運用を想定した Near-InfraRed Tunable Filter (NIRTF) を外部資金によって開発することが計画されており、その開発においてもテストベンチとして DST は大きな役割を果たすことが期待できる。適切にメンテナンスを施すことにより、NIRTF のような先進的な機器の開発とより高機能の太陽観測を実現することで、引き続き競争力を維持することが期待できる。

SMART は H $\alpha$  線を中心とした他に例のない多波長太陽全面フィルターグラフ SDDI などにより太陽磁場とフィラメント放出の観測運用を続けており、貴重なデータを公開し続けている。飛騨天文台の教員は次世代太陽観測衛星 SOLAR-C 計画にも参画しており、地上協調観測や観測提案の選考に対して重要な役割を果たすことが期待されている。こうした活動は飛騨天文台のビジビリティを高め、外部研究者との共同研究の機会を向上させると期待されることから、併せて推進すべきである。

### ■ 観点 3 : 教育活動【総合評価 A: Excellent】

学生教育の点でみると、京都大学天文台のそれぞれの施設は、まさに実践的な観測・研究・開発の場を継続的に提供しており、その後の研究者や職業人として自立できる人材育成に貢献していると評価できる。天文学の場合、室内だけで閉じて後進の育成ができるわけではない。天体望遠鏡などの観測装置を使いながら、データを取得するという行為を通じた実践的な教育も必要である。その点では、京都大学天文台の場合には、飛騨天文台と岡山天文台に最先端観測装置を独自に持ち、それらの観測時間の一部を全国の研究者に開放して共同利用に供しつつも、京都大学の裁量で使える時間を確保して、後進の育成に充てているのは極めて大きな利点であろう。

2019年度から2023年度までの5年間に京都大学天文台を利用した或いは京都大学天文台の教員が指導した京都大学の学位論文は修士課程22編、博士課程16編である。平均すると京都大学天文台は修士及び博士をそれぞれ毎年4.4名及び3.2名輩出している。現状の人員で毎年3名もの博士号取得者を輩出している点は傑出している。さらに、京都大学天文台を利用した京都大学以外の修士及び博士も同じ5年間に3名及び1名いる。それゆえ、京都大学天文台は京都大学と我が国の大学院教育に大きな役割を果たしているといえる。

また、共同利用（ないし独自の準共同利用）望遠鏡群を利用した学内外の多くの研究者や大学院生による観測研究も広範に行われており、それによる査読論文が5年間でのべ175編出版されている。これらは京都大学天文台が京都大学のみならず全国の若手研究者の育成に大きな役割を果たしており、この規模の施設として日本の天文学コミュニティに大きな貢献をしていることの証左であり、高く評価できる。また、国際協力の項目でも触れる通り、開発した装置や望遠鏡の技術移転に積極的であり、若手の技術者の研修や海外からの留学生の受け入れを通じて世界の天文学コミュニティへ貢献していることも重要である。

こうして育った学生たちは卒業後、それぞれの分野で活躍し社会に貢献することが期待される。研究者として学術分野に残る割合は高いが、研究や装置開発で得た技術をもとに、起業する卒業生がおり、民間企業で活躍している卒業生も少なくない。その意味で京都大学天文台というインフラの強みを生かして高度な人材を育成しており、教育機関としての大学の機能強化に大きな役割を果たしていることは高く評価でき

る。

他の大学にはないレベルで、学生が天文学の最先端に直に触れられる施設の魅力は大きい。全国の太陽研究者が連携して太陽研究の魅力を学部学生にアピールするため、国内の主要な太陽研究機関を5日間で訪問する「太陽研究最前線ツアー」などのプロジェクトにも積極的に関わっており、後進を育成するための努力を高く評価したい。もちろん、教職員の人員が限られているため、教育エフォートをさらに増やすことは難しいと思えるものの、京都大学天文台の強みと魅力をさらにアピールすることで、天文学を通じた高度な人材の育成を継続して発展されることに期待したい。

#### ■ 観点4：国際協力【総合評価S: Outstanding】

国際協力の視点で京都大学天文台は積極的に独自に開発した装置を海外へ展開し、蓄積されたノウハウの技術移転にも与するなど、独自に極めて活発な活動を行っており、高く評価できる。

海外の研究者との共同研究は、しばしば両者によってWINWINの関係が成り立つ場合に遂行され、成果を上げていくことが多いが、京都大学天文台の場合は、むしろ後進国援助の側面が強い。天文学先進国として、高い技術を元に独自に開発した観測装置に魅力を感じた海外の研究グループからのニーズに応える形になっているところがユニークである。しかし、長期的視点に鑑みれば、こうした援助的な支援は、やがて当該国の若手研究者の育成につながり、ひいては世界的な天文学のレベルアップにつながるため、きわめて重要である。

現在、タイムドメイン天文学の旗手として活躍を始めたせいめい望遠鏡は、超精密研削技術により安価に制作できる大口径望遠鏡として国際的にも注目され、すでに二号機 Timau 望遠鏡がインドネシアのチモールで建設が進められている。鏡の微妙な形状保持機構などのノウハウが必要で、すでにインドネシアから技術者が岡山天文台までやってきて、滞在してノウハウを学んでいる。インドネシアは東南アジアとしては天文学先進国のひとつだが、当該国の天文学のさらなる振興に大きな役割を果たすことは間違いない。なお、この Timau 望遠鏡は、過去に京都大学で観測天文学を学んだインドネシアの留学生が、帰国後、バンドン工科大学の教員となり、やがて京都大学との繋がりを活かして実現に導いたものである。留学生を通じた将来にわたる国際協力の種まきが大きく実った好例としても特筆されよう。

京都大学天文台の特徴の一つが太陽の地上観測で、この分野では世界を牽引してきたが、その大きな要因の一つが時代ごとに最先端技術をフルに応用した観測装置の開発である。こうした装置から生み出される成果は、太陽物理学を牽引し、宇宙に飛翔体を飛ばす時代になっても、その重要性はますます高くなりつつある。米国の大口径太陽観測望遠鏡(DKIST)の観測装置のひとつとして開発が計画されているNIRTFは、極め

てユニークな仕組みで狭帯域の撮像観測ができる UTF を搭載した装置である。こうした最先端観測装置は世界的にも需要は高く、実現に向けて太陽研究者コミュニティが支援を継続しており、日米の重要な国際共同事業になるだろう。

また、太陽観測の使命である活動監視のため、京都大学天文台が開発した装置が我が国と経度的に鼎の三脚に位置するペルーとサウジアラビアで稼働していることは、極めて高く評価すべきである。京都大学天文台がそれぞれの拠点の運営に直接、関与しているわけではないため、データ公開の方法などに困難が伴うが、これらの観測拠点で同じレベルの装置が稼働しており、データが取得され続けていることに対する京都大学天文台の貢献は誇るべきである。今後はそれらのデータを活用した国際共同研究がさらに発展することを期待したい。

#### ■ 観点5：社会連携【総合評価 S: Outstanding】

社会連携・広報普及活動に関しては、極めて高い評価をすべきであると考えられる。

最先端の研究成果については飛騨、岡山共にプレスリリースを行うなど、一定のレベルで情報発信をしていることに加えて、花山天文台の存在と、その有効活用は他に類例を見ないほどユニークな社会連携活動となっているからである。

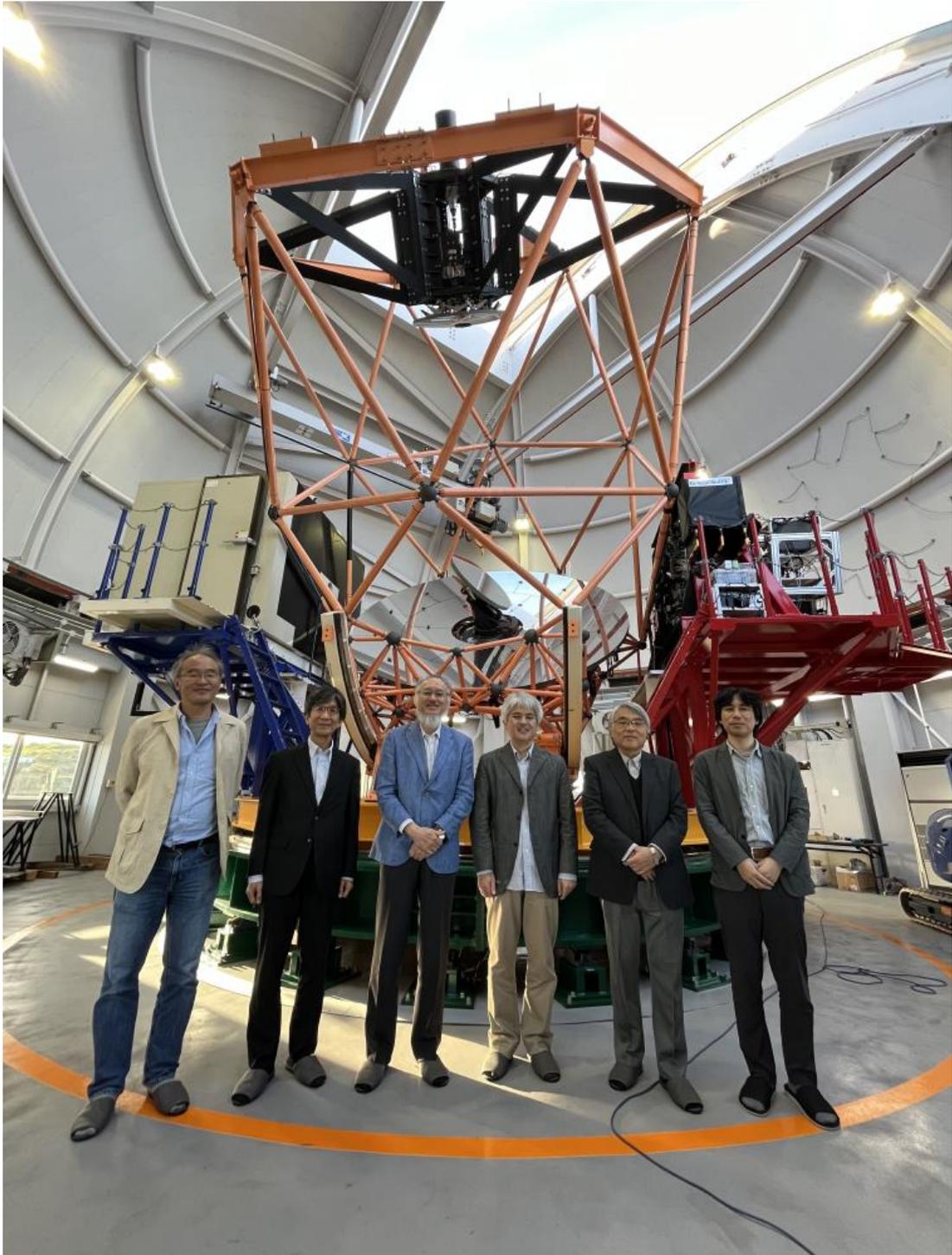
もともと花山天文台は、京都大学の天文台として1929年に大学からのアクセスの利便性および観測のための静穏な環境を確保するために、現在の京都盆地の端の山頂部に設置された。当時は太陽系天体の観測研究では一躍、その名を世界にとどろかせており、さらに天体望遠鏡の鏡の研磨技術を開発するなど、最先端の観測技術開発を行っていた。その後、太陽観測のためのシーロスタットと分光装置の導入などで特に京都大学天文台の強みのひとつである太陽研究の拠点として活躍し、これらが飛騨天文台につながっている。現在、最先端の観測研究の側面では、花山天文台はシミュレーション研究のサーバーが設置されており、いまでも研究の一翼は担いつつも、天体望遠鏡や装置はかなり古くなっており、第一線からは退いているものが多くなっている。その一方で、歴史的あるいは文化的価値においては、その重要性は増している。また、花山天文台の創設者である山本一清氏は全国の天文愛好家の組織を立ち上げ、ここをその拠点とすることで、当時から天文学の一般への普及教育活動にも力を入れていた。後者の経緯から、現在でも花山天文台は日本の天文アマチュアの聖地とまで言われているほどである。

こうした歴史を踏まえ、京都大学天文台は、この花山天文台を完全にスクラップにするのではなく、社会連携の拠点として活用する方向に進んできた。その運営方針として「花山天文台はアマチュア天文の聖地と呼ばれる伝統をふまえ、市民の方々や小中高の生徒のみなさんにオープンな天文台を目指す。」「『教育施設』として、京都大学の学部学生・大学院生の教育は勿論のこと、外部の教育機関と連携して太陽観測実

習の場を提供する。」とある。ノスタルジーに依拠する活動は、一步間違えば自己満足的な活動に閉じこもり、一般だけでなく周辺の研究者からの支持が得られずに頓挫することも多いが、花山天文台のケースは科学史的な重要性や京都という地域の特異性を生かした比類の無い活動を自己完結型で展開していると言える。

その活動を支えている運営形態も極めてユニークである。認定 NPO 法人「花山星空ネットワーク」(2006 年設立)や一般財団法人「花山宇宙文化財団」(2019 年設立)が、市民の方々の協力を得ながら、天体を実際に見せる観望会、天文学の面白さを伝える講演会などのスムーズな開催につながっている。こうした外部からの協力者の存在が、花山天文台の運営が持続的に可能であることにつながっている。ともすれば、この種の広報普及活動は大学に勤務する研究スタッフに過度の負担を余儀なくすることがしばしば発生する中で、花山天文台の常勤スタッフの人件費はすべて外部からの寄付金によってまかなわれ、その種の心配がほとんどない点が京都大学天文台全体の活動性を維持できている特筆すべき成功例といえるだろう。こうした場所に足を踏み入れ、天文学を入り口として自然科学の面白さや天体望遠鏡や装置などのメカニクな迫力をきっかけに工学的な興味に目覚める子供たちを継続的に生み出していることは、科学技術立国を目指す日本の将来世代の育成に大きく貢献している。

さらに、こうした花山天文台の活動の波及効果にも言及しておかねばならない。NPO 法人「花山星空ネットワーク」が主宰し、京都府教育委員会、京都大学総合博物館、京都市教育委員会が後援し、京都情報大学院大学、恒星社厚生閣が協力している「京都千年天文学街道ツアー」や「アストロトーク」などの活動では、その内容が自然科学の枠を超え、京都という地域の特異な歴史的・文化的な側面での興味を喚起し、通常天文愛好家ではない人々へと波及している。また、しばしば行われてきた音楽と天文学のコラボレーション、たとえば音楽家の喜多郎氏の花山天文台でのコンサート(クラウドファンディングによる実施)や世界的なロックスターでありながら黄道光の研究で博士号を持つブライアン・メイ氏の来訪などは芸術と天文学のシナジーをうまく利用した広報活動となっている。ブライアン・メイ氏は望遠鏡のピラーにサインを残しており、そのサイン目当てに花山天文台を訪れる音楽ファンもいるほどである。こうした一連の活動が全体として花山天文台の評価を高め、毎年 2000 名を超える見学者(2023 年)を惹きつけ、その活動を支援する人々の輪が広がり、天文台基金が右肩上がりの増加につながっていると言える。最近では、地元の京都葵ライオンズクラブが花山天文台に 4 次元デジタル宇宙シアターシステムを寄贈し、上映館を完成させたことも大きなニュースである。一般的に社会連携への活動が結果として、その拠点の運営を支えるほどの具体的な財政支援につながることは希であり、京都大学天文台の特筆すべき活動として、天文学のみならず基礎科学のすそ野を広げる大きな役割を果たしていると評価できる。



参加者：左から、横山央明台長、草野完也委員長、渡部潤一委員、川端弘治委員、太田耕司副台長、木野勝助教。せいめい望遠鏡前にて。