

ぐんま天文台における太陽系天体観測

濱根寿彦¹

1. ぐんま天文台

日本国内には、天文普及を第一の目的とする施設が200以上存在する。その多くが村興し町興しの為に設立されたもので、生涯学習や学校教育で誰もが自由に入出し利用できるレクリエーション施設という意味も含めて、公開天文台もしくは公共天文台と呼ばれる。

天文台というからには望遠鏡が設置されている。1985年に口径75cmの反射望遠鏡を備えた日原天文台（島根県）が開設されて以来、公開天文台の望遠鏡の大型化が始まった。90年代に入って口径1mクラスの望遠鏡を備えた公開天文台が登場し、美星天文台（岡山県）の101cm、佐治天文台（鳥取県）の103cm、みさと天文台（和歌山県）の105cmなど、ひところはcm単位の口径競争の観を呈した。現在口径1m以上の望遠鏡を備えた施設は設置予定を含めて8を数える。

望遠鏡の大型化は基本的には歓迎される。しかし、概ねこれらの望遠鏡は天体観望を目的としており、研究目的に使用できる観測装置を備えている施設は数施設にすぎない。運用についていえば、夜間の観測を業務として位置付けている施設は皆無である。職員といえども、観測は個人の趣味で行うものとみなされてしまうのである。望遠鏡の貸し出しを行っていない施設も多く、学部生や院生の教育目的や研究目的に利用できる公開天文台は片手で数えられる程度しかない。

このような状況で、天文普及・教育には職員自身が自己研鑽の意味も含めて研究を続けることが不可欠であるとの観点から、学術研究観測を業務の一部として位置付けた公開天文台が姿を現わしつつある。筆者らの所属する県立ぐんま天文台である（図1）。ぐんま天文台は有効口径1.5mの近赤外反射望遠鏡をメイン望遠鏡とし、有効口径65cmの反射望遠鏡（60cm望遠鏡と呼ぶ）、口径25～30cmの反射望遠鏡を15cm屈折望遠鏡に同架させた赤道儀6台（観察用望遠鏡）、口径8cmの屈折望遠

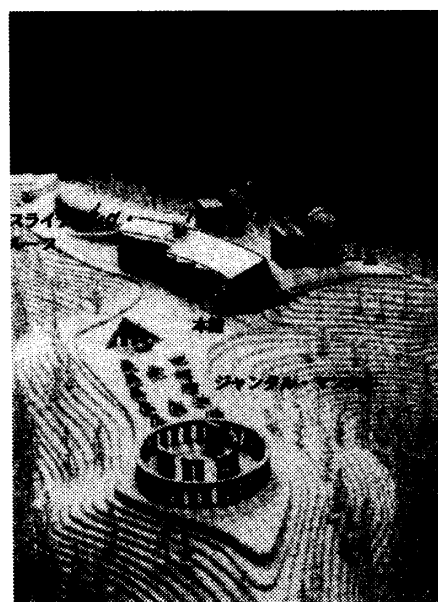


図1 ぐんま天文台完成予想模型
11mドームには口径1.5mメイン望遠鏡、7mドームには60cm望遠鏡、スライディング・ルーフには観察用望遠鏡、本館屋上のドームには太陽望遠鏡が納められる。屋外展示として、近世インドの眼視観測施設や古代イングランドのストーンヘンジの一部をぐんま天文台の緯度に合わせて再現したものを置く。

¹ 県立ぐんま天文台

鏡を5台同架させた口径30cmの反射型太陽望遠鏡（ドイツ式グレゴリアンクーデ式）を備え、さらに持ち込み望遠鏡スペースを用意する。このスペースには電源が引かれ、無線で台内LANに接続可能とする予定である。

メイン望遠鏡（F/12.2）には、カセグレン1、ベントカセグレン2、ナスミス2の計5焦点があり、ナスミス焦点のひとつには一般観望用接眼部を用意する。この種の装備はこのクラス以上の望遠鏡ではおそらく類を見ないもので、観望可能な望遠鏡としては世界最大級であろう。もう一つのナスミス焦点には分解能60,000を超える可視高分散分光器を設置する。カセグレン焦点には1K×1KのHawaiiチップを使用した近赤外カメラ、ベントカセグレン焦点には低分散分光器とファブリペロー分光器を導入する予定である。

60cm望遠鏡（F/12）はカセグレン焦点のみ持つ。ここには、一般観望用接眼部、光電測光器、低分散分光器、可視撮像カメラが取り付けられる。この望遠鏡は台外からの遠隔操作を可能にし、学校やHOU¹等への供与ができるようにする予定である。

観察用望遠鏡には、1K×1Kチップなどを備えたCCDカメラ、カラーCCDカメラ、銀塩カメラ、光電測光器などが取り付け可能である。この望遠鏡はあらかじめ用意したプログラムに沿って、たとえば6台同時に同じ天体を導入するなどできるので、多人数の観望でも一人一人がじっくり望遠鏡を覗ける仕様になっている。観測にも十分耐え得る天体導入・追尾精度を持っている。

太陽望遠鏡は主として展示用として使われる。直径1mの白色像を水平台に投影するほか、長さ90cmの可視スペクトル像を壁面スクリーンに裏側から投影する。月追尾モード、恒星追尾モードを付けるので、高分散分光器などを活用する夜間観測も可能である。

望遠鏡の使用申込み様式については現在検討中である。広く一般に使っていただく公開天文台であるので、観望、教材研究、学術研究のいずれにも利用できるような配慮したものにする予定である。

ぐんま天文台は、群馬県高山村の子持山尾根の先端（標高885m）で建設途上にある。1999年1月に建物が完成し、望遠鏡や観測機材、台内LAN、展示装置などの設置・調整作業の後、同春に開業予定である。調整作業には分光器の調整等たいへん微妙なものも含まれるので、開業後も装置の立ち上げ作業が続く予定であり、観測装置すべての完全稼働までは2、3年かかると見込まれる。初年度は撮像装置、光電測光器が開業当初より稼働する予定である。

2. 太陽系天体の観測例

さて、このような設備と機材を持つぐんま天文台で太陽系天体のどのような観測が行えるかを見るために、一例として1998年1月19日～25日の5夜、筆者らが岡山天体物理観測所で行った55P/Tempel-Tuttle彗星の可視分光観測[1][2]を取り上げよう。この彗星は33年周期で活動のピークを示すしし座流星群の母彗星として有名であり、流星群と彗星とが関連付けられた2番目の例としても知られる。しかし、有名である割にはこの彗星の過去の出現記録は数例しかなく、今回の回帰の軌道計算も、当初は発見時の一ヶ月半の観測記録と数例の古記録をもとにしたものであった。記録が少ないのは、逆行軌道を辿り地球軌道のきわめて近くを通るため、観測可能期間が短いのが一因である。今回の回帰でも、全光度が8等級を超えたのは1月半ばから2月初めまでであった。

ところで、分光観測の第一の目的は、Hale-Bopp彗星で見つかったのと同様な核近傍のNaの検出であった。しし座流星群との関連からガス/ダスト

1.Hands-On Universe. 米国の超新星研究者Carl Pennypackerらが教員、社会教育施設関係者と共同開発した、天文学を題材とするコンピュータを利用した科学教育プログラムをいう。また、その実施組織をも指す。教室から観測仕様の望遠鏡に生徒が観測リクエストを出し、後日データをダウンロードして自分で解析するシステムができています。

比を求めようというのが主目的と思われがちだが、そうではなかったのである[2].

観測機材は、188cm反射望遠鏡(F/18)のカセグレン焦点に取り付けられた新カセグレン分光器である。分光器のスリットは幅0.30mm, 最大長50mmで、それぞれ1.8秒角, 5分角に相当する。検出器には512×512ピクセルのSITeチップ(ピクセルサイズ24 μ m)が使われており、撮像範囲はスリット長方向5分角, 分散方向は770A(600gr/mm)である。

観測は、スリットビューアを見ながら、手動追尾で彗星をスリット中央に入れて行った。観測期間中30分間に6分角近く動いていたことと、全等級が7.5等級とはいえ拡散していたことから、輝度中心を自動検出して追尾するオートガイダーが彗星を追いきれなかったのである。解析に必要な光量を稼ぐには20分必要であった。

こうして得られたデータは55P/Tempel-Tuttle彗星の今回の回帰まで得られることのなかった物理観測データとして貴重なものである。C2輝線や[OI]禁制線などの強度、それにダストの散乱光強度からこの彗星のガス/ダスト比を求めると、流星雨をもたらす彗星ということから想像されるようなダストリッチなものでなく、彗星の中でもダストが極端に少ない部類のものであることが判明した。さらに、可視光で見える限り、ダスト生成量は78kg/secとなり、オリオン座流星群の母彗星であるHalley彗星のダスト生成量5.4ton/secの1/10にも満たない。では、何があの流星雨をもたらす原因になっているのだろうか……。

ぐんま天文台の口径1.5mクラスの望遠鏡と中・低分散分光器、そしてCCDカメラの組み合わせがあれば、このように彗星の基本物理量を観測し、様々な考察の基礎となる基本データが得られる。このようなデータは、CCDが実用となる以前には3.4mクラス以上の望遠鏡でなければ得られなかつ

たものである。

3. ぐんま天文台における太陽系天体観測

ぐんま天文台の観測装置を生かした太陽系天体の観測として、主に次のようなものが考えられる。まず、前節に述べたような彗星やエッジワース・カイパーベルト天体の継続的かつ統計的に意味のある分光観測である。これらの天体は太陽系天体のなかでも始原的といわれるものであり、太陽系形成時の情報を保存した「太陽系の生きた化石」であると考えられる。分光観測によってこれらの始原天体の組成や物理的状态を探ることは、太陽系の起源にせまるテーマである。

これまでに、彗星については十分なサーベイ観測がなされてきたとは言い難い。最も大規模なのは、A'Hearnらによる約20年にわたる光電測光観測[3]であるが、それでも観測された彗星の数は100個以下であった。一年間に発見される新彗星の数を考えれば、非常に明るい彗星だけを見ていることになる。また、最近、光電管の限界波長よりも長い波長での観測もCCDの登場によって可能となってきた。FinkとHicksは、CCDによる分光観測で39個の彗星のスペクトルを比較し、特異な組成を持つ彗星があることを報告している[4]。彼らは双曲線ともとれるその軌道要素と合わせて、その特異組成を持つ彗星が太陽系外起源である可能性をも指摘しているが、その是非はわからぬまま、問題の彗星は太陽から遠く離れていってしまった。太陽系起源の天体か否かを探るためには、彗星スペクトル中に見られる炭素原子や窒素原子の同位体比を調べればよいのだが、そのためには非常に高い分散の分光観測が必要となる。しかし、彗星の発見は観測好機の寸前でなされることが多く、しかも研究機関の望遠鏡は観測プログラムが半年以上前から組まれていることが多いので、必要な

時期に必要な観測装置を使える望遠鏡を確保するのが難しい。そのため、このような特異組成彗星の同位体比は、非常に興味深いテーマでありながら、これまでに観測されたことがない。

ところで、ぐんま天文台には、幸いにして60cm望遠鏡と1.5m望遠鏡があり、60cm望遠鏡には低分散分光器（限界等級約12mag）が、1.5m望遠鏡には波長分解能60,000という高分散エッセル分光器（限界等級約12magで設計中）が用意される。そこで、60cm望遠鏡を使って彗星あるいは明るい太陽系外縁部天体の低分散分光サーベイを行い、異常組成の疑いのある彗星については、ただちに1.5m望遠鏡による低分散分光観測（60cm望遠鏡用低分散分光器は、1.5m望遠鏡にも装着可能）による確認、そしてエッセル分光器による高分散観測を行うことができる。また、異常組成を持たない彗星であっても、観測時間の許す限り多数の彗星の分光データを集めることは、彗星の組成や物理的状态を統計的に探る上で重要である。公開天文台では、以上の観測において機動性を発揮するとともに、同一装置による継続観測を行って統計的に意味のあるデータを提供するという重要な仕事をなすことができる。

さらに、3AUを超える遠方で発見された彗星については、時系列を追った観測も重要である。光度変化やバースト（前ぶれもなく突然増光する現象）、 H_2O の揮発が始まる以前におそらくは CO_2 の揮発にともなってダストが放出される位置と時期など、地上観測による測光や撮像、分光データの積み重ねが現象の解明にものをいう問題はまだまだ多い。

惑星については、近赤外観測装置を用いた惑星大気への観測的取り組みが考えられる。木星型の惑星では、近赤外域にメタンや水素分子の吸収があり、可視光よりも上層の大気を見ることができると。木星などの大型惑星ならば、光量も大きさも

十分であり、減光光度曲線の解析により大気構造の経年変化を明らかにすることができる。同様に、土星、海王星、天王星にはメタンの吸収が見られる。天王星のように空間的に分解することの困難な惑星については、全体の光度変化を見ることしかできないが、その経年変化の観測により、上層大気の大局的な変化がモニターできるだろう。

この他、光電測光装置が60cm望遠鏡と30cmカセグレン望遠鏡（F/12）で使用可能である。小惑星の掩蔽観測などに威力を発揮するであろう。また、このカセグレン望遠鏡を含む観察用望遠鏡は他と比べれば小さいとはいえ、口径25~30cmあり、SITe 1K×1Kチップ使用の水冷CCDカメラと合わせて用いれば、明るい彗星の三色撮像など研究観測用に十分耐えうる仕様となっている。

本稿執筆後に「ぐんま天文台天体物理学研究会」が開かれる。太陽系天体観測の提案もなされるはずであり、今後の惑星科学関係者の利用を大いに期待している。

4. 研究と普及・教育を結ぶもの

始めに公開天文台の位置付けを述べたように、天文普及・教育は公開天文台の重要な使命である。機能が充実した施設が増えつつある現在、今後はその設備を生かした学術研究への寄与も十分に期待できる。

ところで、普及・教育と研究は不可分の関係にある。真の普及活動とは、研究機関が公表する研究成果や既存の知識をただ伝えることではない。成果の科学的評価や背景や意義、社会におけるその意味や位置付けを職員自らが主体的に把握し判断できなければ、生きた科学の息吹きや科学的な思考法を伝えることはできない。教育活動もしかり。この任にふさわしいのは、普及・教育活動の本質を理解した研究者、あるいは研究活動を実体

験として理解し確固とした批評眼を持つ教育者である。そして、研究者であれ教育者であれ、良き人間理解者である（人間観察者ではない）ことが必要である。

話を戻すと、これまで述べてきた太陽系天体の観測についても、公開天文台であるからには、学術研究への寄与だけでなく社会への還元もその使命となる。成果公表だけでなく、多くの人々の生活の潤いとなり生涯学習の機会をもたらすような活動が要請される。

PAONETという情報交換システムがある。研究機関で得た画像や天文の情報を教育機関に配布するもので、公開天文台などから画像その他の情報を流すこともできる。国立天文台情報公開センター広報普及室に事務局が置かれている。加入ユーザーはホストから画像や情報ファイルのダウンロードを行い、各施設内でこれらを教育・普及目的に自由に利用できる。

惑星科学の成果も、このようなシステムを通して、大学や研究機関からどんどん公開天文台などの施設に公開していただきたい。単に成果だけでなく、何がわかり何が問題なのか、できあがった科学ではなく生きた科学を示す材料を提供していただきたい。公開天文台でのこのような材料を利用した普及・教育活動は、人々の生活を潤わせたり科学的世界観の形成のよすがとなるような情報や生涯学習の場を提供するだけにとどまらない。現在ご活躍の方々がかつて感じたような科学への夢やあこがれを子どもたちに提供し、次の世代の惑星科学者を育むことにもつながるのである。

ぐんま天文台での太陽系天体の観測・研究活動が、本来の職務である普及活動の一端を担い、ともすればすれ違いがちな研究現場と普及・教育の現場とを結ぶ役割を果たすことができるのであれば、これこそまさに公開天文台の職員冥利につきるというものである。

謝辞

同僚の河北秀世氏には原稿の一部を準備していただいた。幾分なりとも内容のある一文になったとすれば、氏のおかげである。ここに謝意を表す。

また、中村良介氏にはこの一文を寄せる機会をいただいた。おそらく遊星人において公開天文台について述べた記事はこれが初めてだと思う。貴重な機会を提供していただいた氏に改めて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 河北秀世, 濱根寿彦, 矢野創, 吉田道利, 鈴木文二, 渡部潤一, 1998: テンペルタツトル彗星におけるガス／ダスト比とガス組成について. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, P-20.
- [2] 渡部潤一, 1998: しし座流星雨がやってくる. 誠文堂新光社, 144-147.
- [3] A'Hearn, M. F., Millis, R. L., Schleicher, D. G., Osip, D. J., and Birch, P. V., 1995: Icarus 118, 223.
- [4] Fink, U., and Hicks, M. D., 1996: A Survey of 39 Comets Using CCD Spectroscopy. *Astrophysical Journal* 459, 729-743.