

## 岡山から「すばる」へ

## 西村 史朗

〈元 国立天文台〉

e-mail: shiro.nishimura@nao.ac.jp



岡山天体物理観測所は1960年に当時東京大学の付置研究所であった東京天文台の支所として誕生した。不完全ではあるが「共同利用」の扉を開き、所外の研究者が施設を利用することも、装置を持ち込むことも可能とした。1988年に東京天文台が国立天文台に改組されて「共同利用」は名実ともに完全なものになった。この一文は開所から「すばる」望遠鏡に至る時代の、主に技術面の動きについての記録である。技術革新の時代にあって、できる限り自力で構想し、設計し、製作することを目指した。ここで養われた人材、技術力は、ハワイにすばる望遠鏡を作り上げた力の源流の一つになったと信じている。

## 1. 岡山創世記

1945年の敗戦後、途絶えていた科学ニュースが洪水のように流入してきた。そのころ（旧制）中学生だった筆者は京都市の中心部にあったCIE（民間情報教育局）文化センターに通って、見事な天体写真に見とれていた。当時はパロマー天文台の5 m望遠鏡が將に完成しようとしていた。それに引き換え国内には東京天文台の65 cm屈折望遠鏡、花山天文台の30 cm屈折望遠鏡のほかには大望遠鏡はなかった。これらの望遠鏡が設置されたのは20年代で、主に天体を直接写真撮影するのに使用された。しかし40年代は天体物理学が勃興する時代で、大型の望遠鏡を用いて分光あるいは測光観測することが求められていた。

この要望は学術会議を動かし、「原子核研究所の設立と反射望遠鏡の設置について」として1953年5月に政府に申し入れられた。188および91 cmの2台の反射望遠鏡の予算は翌年6月の国会において成立したが、望遠鏡製作が長期にわたるために5年（のち7年に延長）に及ぶ国庫債務負担行為も認められた。

1956年5月にもう一つの要望書が学術会議から政府に送られた。題して「天体物理学の振興について」、3年前のものより3倍以上長い文書で、天体物理学の重要性について縷々述べられている。末尾に必要な研究施設として、既定の岡山の2望遠鏡のほかに八つの望遠鏡と装置が列挙されている。そのほとんどが83年の野辺山観測所創設までに実現されている。50年代半ばに30年近く先までの将来計画の骨組みが作られていたこと、同時に学術会議と政府との関係が今と全く異なっていることに驚く。

予算が決まると、建設予定地の選定作業が始まった。気象記録を参考に晴天率などを考慮して、静岡・長野・岡山の3県で小望遠鏡によって星のシンチレーションの大きさの観測を2年がかりで行い、その結果1956年6月に岡山県の浅口・小田の2郡にまたがる竹林寺山（標高370 m）に決定した。

この間に188 cm望遠鏡は、すでに3台の同型機の経験をもつ英国のグラブ・パーソンズ社に決定して1955年2月から製作が始まった。一方、91 cm望遠鏡は56年6月に日本光学に発注された。59年10月に高松市での天文学会年会の開催を機

に、工事中の現地を訪れるツアーが催された。188 cm用のドームはかなり出来上がっていたが、技師の方から極軸を支えるピアを如何に正確に作るかという苦心を伺ったのが記憶に残っている。

1960年になって3月に188 cmのドームが完成、翌月188 cm望遠鏡が英国から到着し、組立て・据付けが終わった10月19日に観測所開所式を迎えた。11月10日に最終調整が終わって引き渡しを行い、以後は天文台スタッフ（大沢清輝、石田五郎、清水実、近藤雅之、野口猛、乗本祐慈）によって種々の性能検査が行われた（なお組立て中は末元善三郎も立ち会った）。

まず望遠鏡の指向精度、光学系の精度検査のためのハルトマン・テスト（望遠鏡の筒先に多くの小孔を開けた板を取り付け、星を焦点の前後で撮影して光線追跡し、焦点での収差を評価）を行った。188 cm望遠鏡には最初カセグレン焦点に2種類の分光器を備えていた。両者とも分散系としてプリズムを用いるが、それぞれガラスと水晶で、異なる特色をもっている。少し遅れて翌年1月にクーデ焦点に大きな高分散分光器が到着した。これらはすべてヒルガー・ワッツ社の製品である。これらも天体の光や人工光源によってチェックされた。ハードウェアのテスト以外にも、ビジター観測者のために観測装置や測定器の取扱説明書を作ることも大事な仕事であった。

## 2. 「共同利用」が始まる

1年あまりの試験観測ののち1962年4月から本観測が始まった。本観測では東京天文台以外の研究者も共同利用として受け入れることになっている。もっとも共同利用と言っても正式のものではなく、予算がついていないので旅費は観測者の機関もちとなって、捻出が難しかったり不満の原因になったりした。この状況は88年に東京天文台が改組されて正式に「国立大学共同利用機関」になるまで解消されなかった。

本観測が始まる前に望遠鏡割り当てのプログラ

ムを作成する協議会が主な研究機関から代表者が集まって開かれた。観測所の施設の状況が説明され、外からの要望が聞かれた。実際のプログラムを編成する作業は観測所側で行われた。

国内に天体物理学のための観測装置がほとんど無かったにもかかわらず、大望遠鏡の完成を待つ間にも萌芽的な観測的研究が行われていた。一つは大沢清輝・秦茂による三鷹の30 cm反射望遠鏡によるA型星のUBV光電測光観測で、後に岡山で91 cm望遠鏡による観測で補足され、188 cm望遠鏡の分光器によるスペクトル分類とともに公刊された。

もう一つは藤田良雄による米国の二つの天文台での低温度星の分光観測で、観測データを持ち帰られた後共著論文や修士論文で解析されて、M・S・C型星の特徴が解明され、研究グループとしての「藤田スクール」が形成されていった。

共同利用が始まると観測希望者は忽ち増加していった。このことは岡山観測所を皆が如何に待ち望んでいたか、実際に自分で観測できる魅力によって新しい観測的研究者が増加したことを示している。観測提案の採択数の推移を表に示す。

始めのうちはまだゆったりしたプログラムを組めたのが、1980年代に入ると希望時間の合計が望遠鏡の利用可能時間の2倍を超えるようになった。原則として申し込まれた観測項目を拒否することはしない、その年度のうちに実行するとしていたので、細切れの割当てになってしまう。加えて観測装置の種類が増えてくると、ユーザ交代の度に機器交換が必要になることが多くなるという装置の安定性のためには困った状態になる。またユーザ側でも折角岡山まで出張してきたのに天気運が悪いと全く成果が得られないことも起こる。80年代には深刻な問題になってきて、85年からは1月と7月から始まる年2期制が採用されたが、混雑緩和にはあまり効果がなかった。

国立天文台への移行が確実になったころ、研究者の集会での激しい議論の後にスクリーニング制

表 188 cm 年間採択テーマ数

1962年度	19
67	21
72	31
77	45
82	55
87*	82

\* (87年1月から88年3月までの  
15カ月, 2期制)

を導入し、188 cm 望遠鏡の観測期間の割り当て単位が5ないし6夜となるように、プログラムを編成することになった。移行後は本格的な「共同利用」が始まり、光学赤外専門委の基本方針の下に、プログラム小委員会が公募、選定、割り付けを行う。1989年後期から実施されると、全くデータが取れなかったという観測者は減少した。

すばる望遠鏡が完成に近づくと、岡山は「唯一の観測施設」という重圧を解かれて、プログラム編成にも自由度が増した。長期間にわたるか短期集中の観測計画に比較的長い観測時間を割り当てるプロジェクト制が2000年後期から始まった。共同利用制からも外れて観測所独自の計画の発展が期待される。

### 3. 自力更生を目指して

開所から数年が経ったころ、技術系の若いスタッフは7人を超えていた。年1回の望遠鏡の主鏡・副鏡などにアルミニウムを再蒸着する作業は、望遠鏡を分解して鏡の取り出しに始まって、洗浄、真空引き、蒸着、再組立、光軸調整、テスト観測と、ほぼ1カ月に及ぶ大年中行事であった。最初の頃は日本光学や日本真空から技術者の支援を受けていたが、間もなく観測所の力だけでできるようになった。この経験は後にすばる望遠鏡の鏡蒸着の方式を決めるのに役立った。

そのほかでは望遠鏡への給脂などの定期的な保守作業もあったが、日常的には毎夜二人が当直勤務に当たった。半夜交代でビジター観測者のために望遠鏡を早回しで対象天体に向け、あるいはト

ラブルが発生したときはできる限り応急処置で観測を続行できるように努めた。のちにビジターにも早回しが許されるようになって、またトラブルも減ったので、一人で全夜を勤務するようになった。当時は皆高校卒で公務員試験に合格した人から、観測所が面接試験で選んでいた。応募者が多く優秀な人材を採用できたが、ルーティン的な仕事が多いので、宇宙科学研究所への転勤を選ぶ人も現れた。スタッフたちの能力を生かして創造的な仕事を分担してもらうことを進めた。実験工場の工作機械も次第に整備され、精密な構造物が作れるようになった。

電気回路については真空管の時代はどうに終わっていたが、古い装置にはまだ残っていた。固体素子は個別のトランジスタから集積回路へと移りつつあった。誰も使ったことがないので、NAND素子やフリップ・フロップ素子の端子をクリップ・コードでつないで、テスターの針が振れる、振れないとか、まるで中学生の理科実験のような始まりだったが、たちまちLSIまで使いこなす人も現れた。

観測装置などを自作する効用は比較的安価に望みの性能をもったものが入手できることもあるが、スタッフの自主性が強まるのがより重要である。制作の過程で先ず全員で装置の目的、概要を議論し、新しいアイデアが生まれることもある。普段から観測に協力したり、ビジターから改善点を聞いたりしているので、より良い装置に出来上がっていく。人によって得手不得手もあるので分担を決めて進める。

実を言うと開所当時用意されていた測定器などには、精巧に作られているが実際には使い難いものもあった。このような経験からユーザの使い勝手を生かしたシステム設計が必要であると痛感した。自作するようになって改善されたように見えるので、これも自作の効用と言えよう。

共同利用の勝れたもう一面は、望遠鏡や観測装置をただ利用するだけでなく、利用者が自ら独自

に開発した装置を持ち込んで、望遠鏡の集光力を利用してテスト・観測を行うことである。赤外線分野ではより早くから自力開発が進んでいたが、光分野でも追々と盛んになり、優れた観測装置が生まれるようになった。そのさまはこの特集の各稿で述べられるであろう。

#### 4. アナログ世からデジタル世へ

観測データのデジタル化はまず91 cm望遠鏡の光電測光から始まった。1966年のさそり座X線源の光での同定は岡山観測所での顕著な発見の一つであったが、その後この12.5等の暗い星を91 cm望遠鏡で光電観測したとき、記録電流計の針が激しく振れた。これは光子の到来数が確率的に変化するため、平均値を判定するのが難しくなる。これを改善するにはある程度の時間で光電流を積分して積算値を出力する装置が望ましい。68年秋に電圧-周波数方式による積分型デジタル電圧計(タケダ理研)に10秒積分のゲート回路を追加したものを購入した。

テストの後に有効性が確認されたので、データの自動収録のために、観測時刻、増幅器ゲイン、フィルター、星名、などの付随データとともに計算機可読の媒体を作成する制御回路を特注して購入した。出力媒体については費用とデータ量を考慮して紙テープで十分とした。1966年に自作で更新していた受光器制御装置を改良して星/空の自動切換えを導入し、制御データの鑽孔システムへのインターフェイスを設けた。71年から標準的な測光データはほとんどそのまま計算機で処理できるようになった。

光電子増倍管の出力から光子の入射によるパルスを選別して数えるフォトンカウンターは熱雑音を抑えられるという利点がある。1960年ごろに秦茂によって試作されたが、当時はまだ真空管の時代で分解能が50 kHz程度で、91 cm望遠鏡でのテストでは12等以下の暗い星への適用に限られていた。

1972年ころより土屋淳と西村によって高速のフォトンカウンターの試作が再開され、トランジスタ増幅器とトンネルダイオードによる波高分別器によって約30 MHzの分解能が達成された。10チャンネルのカウンターは実験工場で組み立てられた広波長域分光計に装着され、データは新設されたミニコンピュータで収録される。当初の目的であった連続スペクトルの観測は、188 cm望遠鏡の操作性や、空の不安定などのために一部にとどまったが、データ収録の高速性を活かして、フレア星の観測、パルサーの周期測定、さらに前段に偏光子回転装置を挿入して偏光観測に用いられた。

観測装置のデジタル化が比較的早く進行したのに対し、望遠鏡の計算機制御は遅れて始まった。これは後者の方がハードウェアの大きな改修、更新を必要としたためである。91 cm望遠鏡は1979年に、188 cm望遠鏡は88年に制御系の大改修が行われた。二つの望遠鏡に共通しているのは赤経・赤緯の値が、「セルシン」という電気装置によって制御卓に伝えられていたことである(赤経については望遠鏡からの信号は極軸周りの時角であるが、制御卓側で恒星時から減算して赤経とする)。制御卓での表示は指針の回転角であるアナログ情報で、その精度は通常1'の程度である。

改修にあたっては全面的にロータリー・エンコーダーに置き換えた。これは望遠鏡の軸と連結した符号板から(光電素子などにより)多ビットの信号を取り出すもので、ゼロ点が固定されているのでアブソリュート・エンコーダーと呼ばれる。188 cm望遠鏡には分解能を高めるためにギア・アップしたインクリメンタル・エンコーダーを組み合わせて0.1"まで読み出せる。いろいろな方向の恒星を観測して誤差を解析すると、機械系の狂いによる指向精度は著しく改善されて±15"程度になる。91 cm望遠鏡はアブソリュート・エンコーダーだけで約5"の分解能、指向精度±20"が得られる。

91 cm望遠鏡は元々カム機構によるプリセット

機能を備えていたが、188 cm望遠鏡はオペレーターがセルシンの指針を見ながらボタンを押して早回しを駆動していた。今回は両望遠鏡とも計算機によるプリセット制御に改修されて、早回しの起動・停止時の速度制御を効率よく行うために直流サーボモーターに変更、伝達機構も更新した。

188 cm望遠鏡の制御計算機は、1988年の改修時は当時普及していたNECのPC9801のネットワークを用いていたが、2000年からはSUNワークステーションを中心として観測所内にネットを張り、外部からもアクセスできるようになった。

## 5. ドライ・アストロノミーへの道

写真の量子効率の悪いことはよく知られていた。入射した光子の1割かそれ以下しか感光反応に寄与しない。そのほかにも不便なことが多い。写真上の黒みと光の強さが比例しないので、感度曲線で補正しなければならない。画像データを計算機処理するにはデジタル・マイクロフォトメーターのような特別なスキャン装置を必要とする。写真の利点は単純な処理（現像）で可視画像が得られること、受光面積を広く取れること（シュミット・カメラの写真乾板など）である。

写真の効率の悪さを補うためにイメージ・インテンシファイアー（略称I-I）が開発された。暗い画像を光電面で受け放出された光電子を電子レンズで加速・結像して蛍光面で受ける。この明るくなった画像を写真カメラで撮影するか、光ファイバー板を蛍光面と写真乾板の間に圧着して画像を写す。結果は写真なので上述のような写真の不便さは残る。I-Iを2段以上重ねて増幅度を上げることもできる。岡山では1967年にカーネギー研究所から貸与を受け、開発者の一人であるケント・フォード氏が来所されたことが記憶に残っている。これは口径40 mm、2段カスケード方式であった。最初はクーデ分光器F/10カメラで使用され、暗い星のスペクトル観測に成果を上げた。そこでカセグレン焦点にもI-Iを利用したいと、グレー

ティングを分散系とする分光器が製作された。比較的分散度であるが、初めて銀河の分光観測が可能になった。ここまでの写真乾板を記録媒体とする長い歴史は終わり、次第にドライな時代に移っていく。188 cm望遠鏡ドームの1階に3室あった暗室は物置や電気系の部屋に転用された。

1970年代は微弱光の検出器の開発によって百花繚乱の時代であった。固体画像素子は効率やノイズレベルなどの問題で、まだ単体としては利用し難かった。多くのシステムは初段にI-Iを使用し、蓄積と読み出しにテレビカメラを応用するものなどがあつた。西村はクーデ分光器の高分散スペクトルの微弱な光を検出する方法を探していたが、加速された光電子を直接に固体素子に当てるディジコンが有望かと考え、出張のついでにサンディエゴのメーカーを訪れた。しかしメーカー自身がまだ製造上の不安定があるので、納期を確定できないとのことであつた（のちにディジコンはハッブル宇宙望遠鏡の検出器として採用された）。諦めて帰国して間もなくディーラーからIDARSSという検出器のニュースがもたらされた。それは光電面で電子を発生させ、電子レンズで細いチューブを束ねたようなマイクロチャネルプレートに導く。チューブの内壁は特殊な物質で、両端に電圧を加えると光電子増倍管のように電子の数を増倍させる。電子は次の蛍光面を光らせ、強められた光はレチコンで受けられる。レチコンは長さ25 mm、幅2.5 mmの1次元素子である。スペクトルであるので1次元でよい。熱雑音を減らすためにドライアイスとアルコールで冷却する。検出器を購入したほかは岡山で製作した。

1980年代には構造、伝送形式、照射方式などの違いで、何種類かが競っていた固体画像素子が、高感度素子としては裏面照射方式のCCDに絞られてきた。岡山においては84年ごろから国産CCDを用いて試験観測が行われたが、分光観測においてはS/N不足が見られた。86年3月から液体窒素デューワーで冷却するRCA社の裏面照射型の

CCD (画素数: 512×320, 画素サイズ: 30 μm角) と IBM-XT パソコンを中心とする制御システム一式とを購入した。188 cm 望遠鏡のニュートン焦点での直接撮像, クーデ焦点での分光観測ともに満足すべき結果を収めた。87年4月より一般観測に公開している。

さらに1987年から同じRCA社の倍密度CCD (画素数: 1024×640, 画素サイズ: 15 μm角) をデュワーとともに購入した。クーデ分光器での恒星スペクトルと比較スペクトルの観測では単密度CCDに比べて分解能の向上とノイズの減少が見られた。

その後さらに関口真木らによって汎用のCCD制御システムが開発され, 後の「すばる」の超多素子CCDシステムに発展した。

## 6. 「すばる」への道

これは伝聞であるが, 岡山ができて萩原先生が最初に188 cm望遠鏡と対面されたとき「ちっちゃな」とのたまったそうである。これを聞いて流石に海外経験豊富な大先生の言は壮大だと思った。筆者が1961年7月に赴任したとき, 初めて見る「プロ級」の望遠鏡に一種の威圧感すら覚えた。そのときは世界ランクで5-8位 (同型機が4機), 山陽本線の南側の農地にドームを象った「東洋一天文台」の看板が晴れがましかった。麓の町では天文台に因む和菓子店が3軒の店から発売された。

その後筆者は理科年表の一部のページの更新を分担したが, 中でも力を注いだのが「大望遠鏡」(後に「主な光学大望遠鏡」) のリストであった。1970年代に入ると, ソ連 (当時) の6 m望遠鏡をはじめとして, 6台ほどの4 m級望遠鏡が各地に建設され, 188 cm望遠鏡のランクは下がる一方だった。遂に86年にインドの238 cm, さらに89年に中国の216 cmに追い打ちを掛けられて, 「東洋一」の座を滑り落ちた。88年の世界ランクは33位であった。鴨方駅の近くの看板はいつのまにかなくなっていた。

1980年前後に欧米の主な大望遠鏡と観測装置を見学して回った。望遠鏡について経緯台はソ連6 mとアリゾナのMMTだけであったが, 計画中のものが多く語られていて時代の趨勢を感じられた。観測装置とくに検出器については百家争鳴の発展期で大いに参考になった。岡山に戻って望遠鏡を眺めたとき20年前の大先輩の感慨にやっと追いついた思いだった。一番心に残ったのは大望遠鏡は適地に置かなければならないということだった。天候, 安定度 (シンチレーション), 標高 (とくに赤外観測に) などを満たす適地は国内にはほとんどないように思われた。

「すばる望遠鏡」がマウナケアのような海外適地に建設された経過については, すでに多くの資料が発表されているので, ここで繰り返すことはしない。そのなかで岡山観測所が果たしてきた役割りは大きかったと言っても言い過ぎではないだろう。観測所の内外を問わず, 観測技術の習熟, データ解析の技法, 観測装置の設計・製作など天体物理学の研究を進める場を提供し, ここから育った人材が「すばる」に貢献したことを記しておきたい。岡山は「せいめい」望遠鏡を隣に迎えて, どのような運用を続けるか検討中と仄聞しているが, これまでの燈を受け継いで活躍を続けることを期待したい。

### From Okayama to Subaru

Shiro NISHIMURA

*National Astronomical Observatory of Japan*

Abstract: Okayama Astrophysical Observatory (OAO) was inaugurated in 1960 as a branch station of Tokyo Astronomical Observatory, University of Tokyo. Though officially incomplete, OAO adopted an open facility system. Telescopes and equipments are available to users outside OAO, and they also use their own equipments on telescopes. This article describes the efforts by the technical staff of OAO, which surely contributed to the success of the Subaru Telescope.