

望遠鏡を作る

栗田 光樹夫, 加藤 大輔

〈名古屋大学理学部 Z 研 〒464-8602 名古屋市千種区不老町〉

e-mail: mikio@z.phys.nagoya-u.ac.jp

e-mail: kato@z.phys.nagoya-u.ac.jp

IRSF 1.4 m 望遠鏡の開発から南アフリカ天文台におけるファーストライトまでの建設記録を報告する。名古屋大学と西村製作所はマゼラン星雲サーベイ専用望遠鏡として IRSF を共同開発した。IRSF は建設から 4 年が経つが、この間に赤外線カメラ SIRIUS とともに多くの成果を上げてきた。当事者の体験に重点を置いてこの望遠鏡が誕生するまでの経緯を紹介する。大学からは当時学部 4 年と修士 1 年の学生が半年以上会社に住み込んで開発に参加した。かつてこれほど天文の研究室、そして学生が望遠鏡開発に専念した例はなく、この経験によって得た財産は大きい。ここでは開発にまつわるエピソードも併せて紹介し、装置開発の醍醐味を伝えたいと思う。

1. 京都での開発

1.1 鉄のかたまり

「大きな望遠鏡の加工現場を見に行くけど、来る？」と、河合利秀さん（当時名大理学部物理金工室の技官）に声をかけられたのが IRSF 1.4 m 望遠鏡に関わった最初であったと思う。連れて行かれたのは滋賀県にある鉄の加工工場。その工場の入り口近くに私たちの望遠鏡の部品が加工されていた。直径 3 m、重さ 3 t の部品がゆっくりと回転し、バイトの先から青く焼けた鉄くずを吐き出していた。学部 4 年生の秋だったが、それまで望遠鏡といえば白い筒の手で抱えられるものしか見たことがなかった。いずれ完成する様子を想像もできなかった。西村製作所からきていた西村有二専務（当時）と関 敬之さん（西村製作所）にそのとき初めてお会いしたが、何を話したかは全く覚えていない。以後この望遠鏡の開発に最も欠かすことのできない関さんは、このときは全く無口な人だったという印象がある。ただそれは人見知りをしていただけだったことが、後に一緒に作業

をしてから分かった。その後滋賀県の工場には 2 回ほど一人でお邪魔した。望遠鏡に関心があったが、それ以上に巨大加工工場の見学を楽しみにしていた。望遠鏡はその口実だったような気がする。

1.2 京都へ

工場での加工を終え、京都の西村製作所に部品が到着したのは 11 月下旬だった。交通規制をしながらお世辞にも広いとはいえない西村の工場に大物を滑り込ませた。部品が届くたびに関さんたちが丹念に油砥石でそれらを磨いたり拭いたりしていた。初めて見る作業の連続であったが、一つ一つに理由があり、それを知るのがとても面白かった。おかげでそういった作業は普段も真似をするようにしている。翌日望遠鏡の土台の上に R ガイド (THK) を取り付けた。R ガイドは望遠鏡の方位軸を担う部品で、環状の高精度なレールと台車の組み合わせといったところである。したがってこのレールが方位軸の精度を決定する。R ガイドを望遠鏡に使用するのは初の試みで、この望遠鏡の最大の特徴といっても良いだろう。利点

はコンパクト、メンテナンスフリー、安定、廉価であることだ。慎重にレールの高さと同円度を繰り返し測定し、修正した。簡単にはいかなかった。直径 3 m の鉄のリングに 15 cm 間隔で 10 μ m 単位のシムを入れる。70 本以上もある大きなボルトを締めてははずすことを繰り返した。

京都への憧れがあり、京都へ出張に行くのが楽しくて仕方なかった。出張先が京都でなかったら続かなかったかもしれない。ちょうど京都が紅葉に染まりだしたころから西村製作所に通い始めた。京都の神社仏閣を回るためにバイクで名古屋から通った。会社の朝礼に間に合うためには、真冬の 5 時に起きて高速を走った。関ヶ原で雪が降り出したこともあった。一人で通い始めのうちは会社に着いても、椅子とコーヒーを出されて相手にしてもらえなかった。もちろん事故の恐れもあったから仕方がない。何となく組み上がっていく部品を拭いたり、ネジ締め程度の手伝いをするうちに少しずつ触れる機会が増え、徐々に仲間のよう扱ってもらえるようになった。昼飯は従業員の方と一緒に給食屋の弁当を食べた。いつの間にか会社のロゴ入りの作業着を着るにまで至り、天文ガイドに掲載された写真にもその格好で写っていた。

1.3 住み込み

本格的に居座るようになったときから、西村社長(当時)のご自宅の部屋を借りた。原付も借りた。お返しに時々犬のフクちゃんの散歩をした。部屋は京大生の誰よりも京大に近いと言えるほど京大に近く、とても快適だった。しばらくは一人で占有できたが、大学から加藤大輔さんも来るようになったので、後輩としてごく自然な流れでソファーで寝た。毎朝 7 時起床深夜 12 時帰宅の日々が続いたおかげで、一つ屋根の下でもすぐ熟睡できた。当初からこうなることは研究室と会社の予定とするとところだった。このプロジェクトの名目は共同開発だったからだ。そうは言ってもこちらが勉強することばかりで、ほとんど関さんに

頼りっぱなしだった気がする。

経緯儀式の望遠鏡は制御方法が特殊だ。そのため機械部分の組み上げより以前から、名大金工で開発した 1/5 モデルで制御試験を平行して行っていた。それでも 1.4 m という大きさに加え、国内の開発例が少ない望遠鏡開発の道のりは平坦でなかった。そのたびに望遠鏡の方位回転テーブルに紙を広げて議論をし、それぞれのアイデアを持ち寄った。意見が割れて喧嘩別れの上に大学に帰ってしまったこともあったが、すぐ仲直りできた。

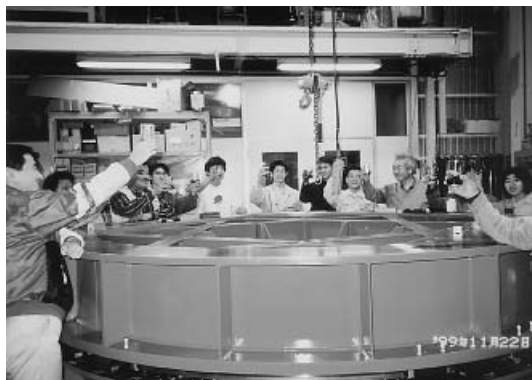
1.4 いざ船出

2 月に入りいよいよモーターに電源を入れたとき、モーターがものすごい音を立てて発振した。その振動のすさまじさで主鏡が割れるかと思った。ゲインを調整したり、ダンピングを試みたが一向に止まず、悪魔のうめき声に聞こえた。モーターのご機嫌を収めたころは最も過酷な時期だったと思う。いらいらもピークとなり、やたら長田哲也先生にあたっていったような気がする。制御試験も可能となり作業が深夜に及ぶ。毎夜の夕食は望遠鏡の横で食べるカップラーメンだけとなった。帰り道に立ち寄る気力もなかったからだ。加藤さんは必ず 2 杯食べていたおかげで、体重を増やした。ゴールデンウィークの頃は天体追尾を行っていた。工場の南側にわずかに開いた窓に差し込む星の光を追いかけた。海王星や冥王星を肉眼で観望したりもした。2000 年 7 月、望遠鏡は十分に国内での仮組み立てを終え、アフリカ行きの船に乗った。(以上栗田)

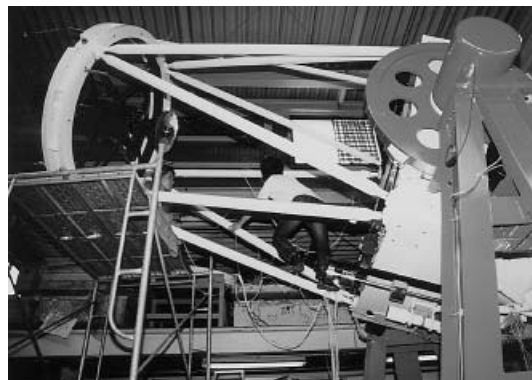
2. 南アフリカ天文台への設置

2.1 建設日記(前半)

気温 34°C であった名古屋を発ち、IRSF 建設隊が南アフリカ天文台(SAAO) サザerland 観測所に到着したのは 2000 年(平成 12 年) 9 月 11 日のことであった。IRSF 建設隊は総勢 7 名、名古屋大学からは長田、河合、栗田、加藤の 4 名、西村製作所からは西村、関、柿本久仁の 3 名が参加



Rガイドの取り付けが終わり無事に方位軸のターンテーブルに乗った。一同ほっとしたところで、河合さんがこっそり持ち込んでいたワインで乾杯!!



西村製作所での仮組み試験が終わった頃、望遠鏡のあちこちにひずみゲージ（変形を調べるセンサー）を取り付けて望遠鏡の構造解析を試みているところ。

した。西村専務（当時）は1週間ほどで帰国したが、代わりに現地で雇ったクレーン運転手 Elvin Davids がメンバーに加わった。

作業は観測所に着いたその日から始まった。望遠鏡ベースプレートを土台のコンクリートに接着し、望遠鏡方位ベースをドームのスリットからクレーンで慎重に運び入れる。設置したRガイドの水平を数十マイクロンで調整したのち、ターンテーブルを方位ベースと同様に運び込む。ここまでを最初の1週間で行った。次の1週間では軸の直交度などを測定・確認しながら、フォーク・センターピース・主鏡セル・トップリング・主鏡・エンコーダーを次々と取り付けていった。つづいて配線など制御系の整備を行い、27日には望遠鏡・ドームのすべてを1台のPCから制御可能な状態にもっていった。このあたり、特に望遠鏡の組み立てはまさに関さんの独壇場、手際の良さにはクレーン運転手の Elvin も感心していた。意外とこんなところから「優秀な日本人」という対外イメージができあがっていくのではないかと。

2.2 制御系開発の「つぼ」

望遠鏡制御系の開発で問題となったのは、モーターとエンコーダーであった。望遠鏡の駆動には、横河プレジジョン（当時）製の「ダイナサブ」という、高い角分解能のACサーボモーター

に超高角分解能のロータリーエンコーダーを直結させた構造のモーターを使用している。このモーターは高トルク、高精度な駆動が可能であったが、ゲイン調整には困難を極めた。駆動速度に応じた自動ゲイン切り替え器を導入するなどゲイン調整回路に工夫を加え、さらに望遠鏡構造に鉛の板を貼るなどの防振措置を施すことによって、発振させることなく制御に必要なトルクを引き出すことに成功した（※注：最近ではインテリジェントなモータードライバーの登場によって、ゲイン調整は非常にやさしくなっている）。また、角度の読み取りに使用したハイデンハイン製の高角度分解能のエンコーダーは、精度を保つために読み取り装置と目盛り部分を常に正対させる必要がある。しかし、軸の中心に配線を通すために方位軸エンコーダーには目盛り部分が径の大きな中空構造タイプのもを採用したため、読み取り装置と目盛り部分の正対を全角度で実現することが困難であった。正対できていない箇所では読み取り値に大きな誤差が発生していたが、制御系ソフトウェアに読み取り値を補正する機構を導入することでこれを克服し、必要な精度を達成した。

これらの問題解決はいずれも京都における仮組試験中に行っておいたため、観測所ではすでに確立した処方に従って調整するだけであった。「や



手際よく望遠鏡部品をドーム内へ運び入れる関さん。

れることはすべて日本国内でやっておく」という当初の方針を貫き、日本からの出荷を遅らせてでもこれらの問題解決に当たったことが、結果的に成功への近道になったのだと考えている。

2.3 建設日記 (後半)

ファーストライトは9月27日の晩に行った。最初に入れたのはくじやく座のピーコック、南天のめぼしい天体は一通り観たが、球状星団 NGC 104 (47Tuc) の壮観には一同感激した。さらに2週間かけて望遠鏡のバランス調整やデバッグを行った後、10月13日に加藤を残して全員が帰国した。それからの約1カ月間、ほぼ毎晩ポインティング・トラッキングの測定を行った。その結果、IRSF 1.4 m 望遠鏡のポインティング精度は3'', トラッキング精度は0.3''/30 sを達成していることが分かった。オートガイダーを用いずにこれだけの精度を達成できたことは、名古屋大学Z研および西村製作所の開発力・技術力を示すものと自負している。

11月7日にはハワイでの観測を終えたSIRIUSとメンバー二人が地球を半周してやってきた。(IRSF/SIRIUSによるファーストライトは11月27日に行った。)そして2000年11月15日に日本・南ア両国の要人・関係者を招いた開所式を行った。この日の夜の観望会では参加者全員が口径1.4 mの眺めを満喫した。こうしてIRSFが立

ち上がったのを見届けて帰国の途につき、名古屋に着いたのは11月18日、その時の気温は8°Cであった。(以上加藤)

3. おわりに

結局、西村での開発は延べ8カ月に及んだが、とにかくこんな大きな望遠鏡に携われるのが楽しくて仕方がなかった。使命感と充実感もあり、望遠鏡のためにというよりもむしろ活力をもらっていたと思う。西村でこれだけの時間をすごせたおかげで、私たちはこの望遠鏡のネジ1本まで、プログラムコード1行まで把握している。望遠鏡は故障らしい故障もなく、先日(2004年11月15日)4回目の誕生日を迎えた。

謝 辞

京都に住み込んだ延べ8カ月と2カ月半の南ア滞在中、多くの方にさまざまなことを教えていただき、助けていただいた。特に、西村製作所の皆さん、SAAOスタッフの皆さんにはこの場を借りてお礼申し上げたいと思う。

Manufacturing a Telescope

Mikio KURITA and Daisuke KATO

Department of Physics, Nagoya University, Furocho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

Abstract: Development of the Infrared Survey Facility (IRSF) 1.4-m telescope is reported through the first light at South African Astronomical Observatory. Nagoya University and Nishimura Company made collaboration and developed the IRSF, which has been produced many papers with the infrared camera SIRIUS for these four years. One undergraduate and one master-course graduate student (then) slept in the Company and took part in the development; this was probably an unprecedented enterprise and brought a great asset to us all.



IRSF 建設隊メンバー。右から河合、柿本、加藤、栗田、関、Elvin、長田。