



1. 雪の舞う日に
2. 188-cm 望遠鏡の制御系・駆動系の改修完了
3. 最近のドーム保守維持作業
4. 新職員紹介 神谷浩紀（研究支援員）
5. 新職員紹介 前原裕之（専門研究職員）
6. 定年退職を前に

1. 雪の舞う日に

最近、時の流れのあまりの速さに、半ば諦めに近いものを感じております。気づかぬうちに前回のニュースレターから2年近くの時を空けてしまいました。読者の皆様たいへん長らくお待たせいたしました。今号では、前回のニュースレターでお知らせした 188cm 望遠鏡の改修に続き、その後に進めた総合調整についてご紹介いたします。また、普段は観測者が見ること

のない 188cm 望遠鏡ドームの裏側についてご紹介いたします。

この冬一番の冷え込みで真冬日となり、窓外にも雪が舞うなど、一年で一番寒い時期を迎えております。一方で遠くに目をやると、瀬戸内海に落ちる陽の光は行き交う船を明るく照らしています。これから陽はどんどん長くなり、気分も上昇気流です。（泉浦）

2. 188-cm 望遠鏡の制御系・駆動系の改修完了

188-cm 望遠鏡は、2013 年 1 月より実施した駆動系・制御系の改修作業とその後の試験観測や調整を経て、2013 年 8 月に全 4 台の観測装置が利用可能な共同利用を再開しました。その後、1 年半の間、大きなトラブルなく安定した運用が続けています。今回は、188-cm 望遠鏡の改修作業の完了をお知らせすると共に、その概要と向上した性能について、紹介したいと思います。

駆動系・制御系の改修の概要

188-cm 望遠鏡の駆動系には、望遠鏡の指向時に利用する「粗動系」と天体追尾時に利用する「微動系」があります。赤経軸の微動系はウォーム式、赤緯軸の微動系はタンジェントスクリュウ式のギアを持ち、速度によって複数のモーターを組み合わせ

て駆動させていました。今回の改修では、精密な制御が可能なサーボモーター1 台を動力源とすることで、微動ギアまでの伝達機構を単純化しました。一方、粗動系はモーターのみを更新しました。これらの駆動系の切り替えを行う機構も見直され、電磁クラッチの導入などを行いました。その他にも、副鏡部焦点調節駆動機構は作り直し、配線はすべて新設しました。

ハードウェアの更新についての詳細は、OAO ニュースレターNo.6 をご覧ください。

今回の改修において、決め手となる制御の特徴は、赤経軸、赤緯軸に直接取り付けけた高分解能・高精度のエンコーダ(OAO ニュースレターNo.2)を使用し、姿勢の測定をして、その値を元にフィードバック

をかけながら駆動することです。この制御方法では、望遠鏡のハードウェアに起因する周期的変動やバックラッシュなどがあっても、望遠鏡を目的位置まで精確に追従させることができる利点があります。この制御を司る望遠鏡コントローラは、更新された駆動系に合わせて新たに導入しました。ここまでは、すべて実績のある業者へのアウトソーシングとなりました。

この新しい望遠鏡システムと、観測所が維持管理する観測装置やドーム(ドームの制御系の改修については OAO ニュースレター No.5 を参照)をつなぐ部分は、旧システム(cont74-2)を ncont74 としてアップグレードしました。ncont74 では、旧システムと同様な外観と操作性をもつインターフェースを共同利用ユーザーへ提供しています。

2013 年 4 月以降、岡山天体物理観測所では新しい望遠鏡システムを使用した性能評価観測と総合的な調整をしてきました。表 1 は、新旧の 188-cm 望遠鏡の性能を一覧にしたものです。改修後の各駆動部は、それぞれ性能評価を行い、指向性能と駆動精度の向上、および駆動の高い再現性を確認できました。それらのうち、望遠鏡の指向精度、指向時間、天体追尾後の微小角移動、副鏡部焦点調節駆動機構

表 1. 仕様新旧の比較

	旧来	目標値	現在
RA 軸粗駆動(最大)	0.7 度/秒	4.0 度/秒	1.5 度/秒(#0)
DEC 軸粗駆動(最大)	0.7 度/秒	4.0 度/秒	1.0 度/秒(#0)
RA 軸微駆動(最大)	18 秒角/秒	75 秒角/秒	600 秒角/秒
DEC 軸微駆動(最大)	18 秒角/秒	60 秒角/秒	100 秒角/秒
指向精度(カセ焦点)	18 秒角 rms	(#1)	9.7 秒角 rms (#2)
指向時間(離角 20 度)	102 秒	<40 秒	16 秒
追尾精度	3 秒角/3 分	(#3)	1 秒角/3 分(#4)
微小角駆動精度	~数秒角	~0.1 秒角(#5)	0.3 秒角 rms (#6)
合焦時星像安定度	> 10 秒角	< 3 秒角	2 秒角

#0: 現在の運用値

#1: ガイド望遠鏡での値(赤経軸と赤緯軸の機械系のみ)

#2: ガイド望遠鏡で rms 1.2 秒角

#3: 指令値とエンコーダー値の差分で<0.1 秒角/3 分

#4: 大気揺らぎ、大気差補正誤差、主鏡・副鏡光学系込み

#5: 指令値とエンコーダ値の差分

#6: カセグレン焦点 ISLE での実測値

について以下に説明します。

指向精度

望遠鏡指向解析用データは、鏡筒に設置したガイド望遠鏡とカセグレン焦点でそれぞれ取得して、指向解析ソフトウェア TPOINT を使用して行いました。ガイド望遠鏡の指向モデルフィットの残差(rms)は、改修前 10.9 秒角から改修後 1.2 秒角と大幅に改善しました。一方、カセグレン焦点の残差は、改修前 17.2 秒角、改修後 9.7 秒角という結果を得ました。カセグレン焦点とガイド望遠鏡による指向精度の差は、光学系(主鏡/副鏡など)に由来の指向性能の劣化があることを示唆する結果です(図 1)。

指向時間

指向時間は、次のターゲットまでの角距離(2 点間の距離)と指向開始命令から追尾開始までの経過時間のことです。実際の共同利用観測中の指向ログから得られたデータです。図 2 は、プロットした図で、改修前はデータ点のばらつきが顕著ですが、改修後の指向時間は、およそ 4 分の 1 に短縮されました。また、改修後の相関係数は、0.95(改修前は 0.73)

と得られたことから、望遠鏡は角距離に比例して、

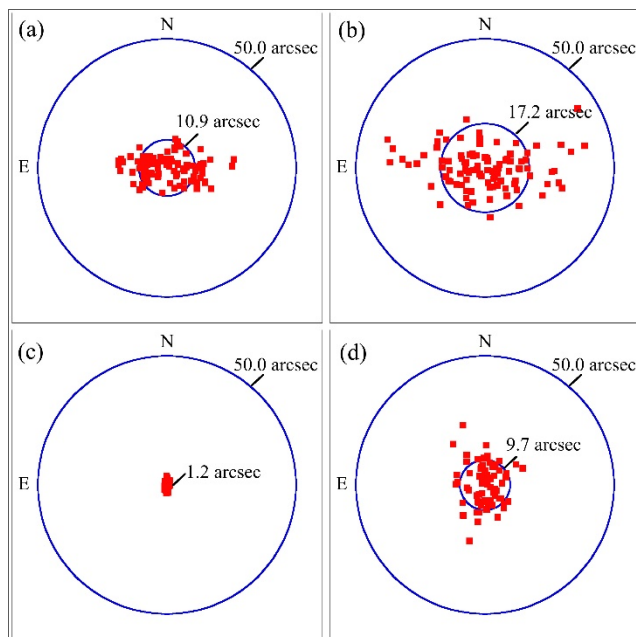


図 1. TPOINT による指向解析結果 (rms)

(a)は改修前ガイド望遠鏡、(b)は改修前カセグレン焦点、(c)は改修後ガイド望遠鏡、(d)は改修後カセグレン焦点の結果を示す。

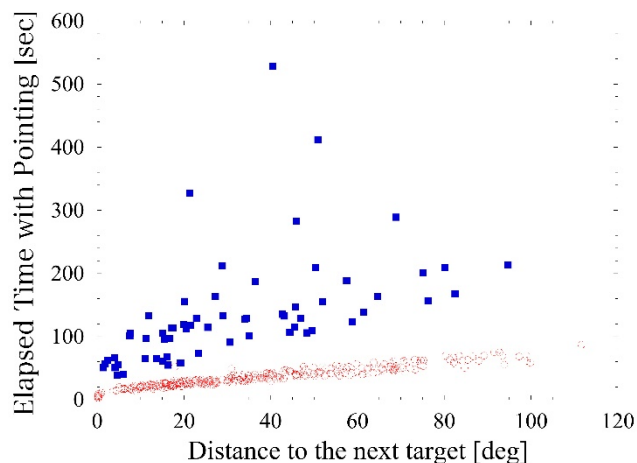


図 2. 改修前と改修後の観測時の指向時間の比較
縦軸は指向開始から追尾開始までの経過時間、横軸はターゲットまでの角距離を示す。改修前のデータ点は青四角、改修後は赤丸で示す。

再現性良く指向することが確認されました。

微小角移動

微小角移動の試験は、カセグレン焦点において天体をディザリングする度に撮像して、結像した検出器上の移動量を繰り返し計測しました。この試験のデータは、望遠鏡を東西南北、天頂にそれぞれ向け、赤経方向、赤緯方向にそれぞれ別に行いました。その結果をまとめて、図 3 に示します。改修後の微小角移動の性能は、命令値に対する移動量の誤差が 0.3 秒角 rms となり、改修前に比べ大幅な改善を果たしました。これにより、ターゲット指向後の視野の微調整やオートガイド機能の安定性が増し、実際

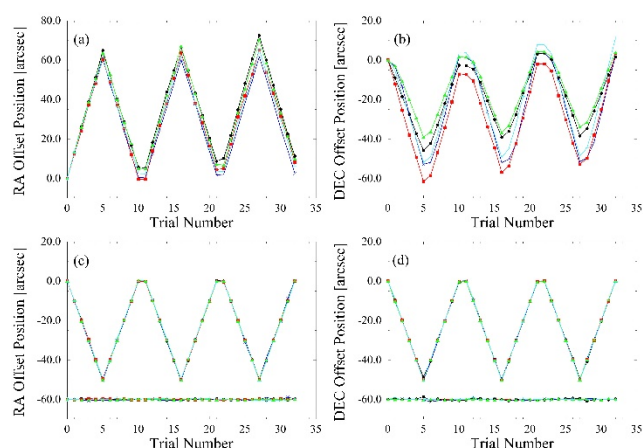


図 3. 微小角移動性能の比較

(a)は赤経方向(改修前)、(b)は赤緯方向(改修前)、(c)は赤経方向(改修後)、(d)は赤緯方向(改修後)を示す。縦軸は、それぞれの軸の移動量、横軸は試行した回数を示す。(c)と(d)には、命令値と移動値の残差が、-60 秒角オフセットしてプロットしてある。それぞれ、赤四角は東、黒丸は西、青バツは南、緑三角は北、水色十字は天頂に望遠鏡を向けデータを取得した。

の観測では、観測効率の向上や光量ロスの低下などの高効率化を期待できます。

副鏡部焦点調節駆動機構

焦点調節駆動機構の検証は、カセグレン副鏡の合焦位置を挟んで、おおよそ 0.1mm 刻みで 2mm 分を前後に移動させ、結像位置の変化を測定しました。図 4 には、3 往復分の相対位置変化を示しています。改修前は、駆動方向を逆転する際の結像位置に 10 秒角以上の飛びがありました。改修後は平均値で 0.4 秒角となりました。また、改修後の同一方向へ駆動させた際の結像位置のずれは、rms 0.3 秒角/mm、最大差は 1.4 秒角と得られました。実際の観測中における焦点調整幅は、1 時間あたり 0.5 mm 程度であるため、岡山天体物理観測所の典型的なシーイングやオートガイダーの使用を考慮すると、露出中に焦点調節を行っても、ほとんど影響はないレベルに改善しました。

この改修作業によって、188-cm 望遠鏡は、姿勢を正確に把握し制御できる様になり、観測時の駆動の精確性と安定性を達成しました。今後、光学系に起因する性能劣化の要因を詳しく調査し解決していくことで、188-cm 望遠鏡は、さらに性能が向上する見通しもできました。よって、この報告をもって、188-cm 望遠鏡の制御系・駆動系の改修の完了報告とさせていただきます。

188-cm 望遠鏡の改修作業について、より詳細な報告は、出版予定の国立天文台報をご覧ください。
(黒田)

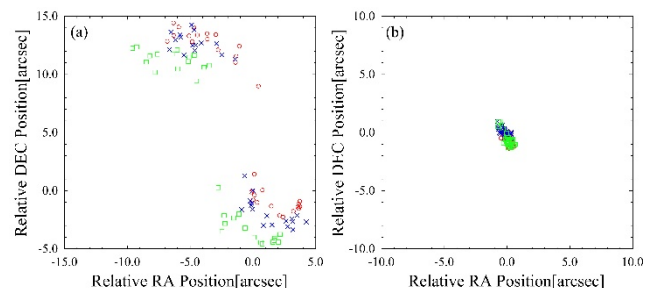


図 4. 改修前後の副鏡焦点調節試験の比較

(a)は改修前、(b)は改修後の結像位置の相対変位を示す。縦軸は赤緯方向の相対値、横軸は赤経方向の相対値である。

3. 最近のドームの保守維持作業

望遠鏡ドームは、空気のような存在として、望遠鏡本体や観測装置を守り研究者の研究活動を支えるのが理想である。しかし、老体である 188cm 望遠鏡ドームにあっては、時として、その期待通りにならないこともある。この記事では、ここ 1 年ほどの間に起こったトラブルや日々の保守維持活動を紹介してみたい。この機会に、少しでもドーム関係の装置のしくみや状況を把握されて、観測時にそれを意識しながら操作して頂ければありがたい。

最近起こった最大のトラブルは、2013 年 10 月 26 日土曜日の夜に発生した、天井旋回部への給電装置であるトロリーの破損事故である。この事故は整備期間中に起こったためユーザーの方々の印象は薄いかもしれない。しかし、その後 2014 年 3 月末の完全復旧までは仮運用状態が続き、皆様にはいつにも増して注意をお願いするとともに職員も心配な日々を過ごすこととなった。188cm 望遠鏡ドームのトロリー装置は、旋回部の内壁と外壁の間の風洞部とよばれる場所、ドームを外から眺めると天井部のスカートの位置に設置されている。トロリーは非旋回部に固定された電線（トロリール）を収納している筐体部、トロリールから電気をひろう集電子の取り付けられた 3 台の集電部、およびそこから旋回部に配電する電線や接続箱から構成されている。集電部の上下にはローラが取り付けられており、ドーム旋回時にこの部分が筐体の一部であるレールの上を走ることで、常に旋回部に電気が送られるしくみになっている（図 5 参照）。今回の事故では、この集電部 3 台のうち 2 台が落下し、大きく破損した。事故後の第一報は未明の観測者からの「ドーム旋回時の異音と電源の遮断」としてもたらされたが、すみやかに所員がかけつけてトロリー装置の破損を発見し、現場の状況の確認、施工業者への連絡、仮復旧などを行った。その結果、幸いなことに、28 日月曜日の共同利用観測は実施することができた。また、ほぼ並行して、事故発生時のドームの動きの把握や破損箇所の精査などを行って事故原因の究明に努めるとともに、報告書を作成して三鷹本部に予算措置を嘆願し、早期か

つ確実な補修を目指した。最終的には事故の直接的な原因の特定には至らなかったが、集電部に外向き（筐体から離れる方向）に強い力がかかりレールから外れやすい構造になっていたこと、その牽引時にレールの間隔を広げるような力が加わっていたために長年の間にレールの間隔の一部が広がっていたこと、特に最初に落下が起こった箇所ではレールの保持構造（L 字鋼）にも脆弱な部分があったこと、などがわかった。今回の改修ではこれらの問題点を解消するとともに、保守点検の項目、方法、頻度についても見直した。

次に、より定期的に行われている大型構造物の保守作業について、2 つ紹介したい。1 つ目は、上下扉の駆動機構、特に開閉時に扉に取り付けられたローラが走行するスリットガイドレールと扉を持ち上げるためのワイヤーロープについてである。スリットガイドレールは 6mm 厚の鉄板であるが、長期間の使用や、開口部および上下扉の歪みが原因で加わっている異常な負荷のために、摩耗や変形がたびたび起きている。また、ワイヤーロープも素線切れが酷く、これまでは 4 年に 1 回新替してきている（次回は 2016 年度を予定）。これらの箇所の不具合は大規模な事故につながる可能性が高いので、2010 年以降は定期的に点検をして記録を残すようにしており、可能な限り予防的な補修を行うようにしている。実際、スリットガイドレールにつ



図 5. 新替された集電部

今回の事故ではトロリー筐体の破損は軽度であったため方式自体は従来のものを踏襲し、集電部の改良（軽量化、ローラの見直し、牽引方向の変更など）、筐体支持部の強化、レール間隔の均一化などを行った。

いては毎年1～2回のペースで部分補修を行っている。また、次回のワイヤーロープ交換では、構造上の問題を軽減し扉が少しでも円滑に動くような措置も取りたいと考えている。

構造物として手のかかる2つ目のものは、外装部である。ドームの基本的な機能の一つは、望遠鏡本体や観測装置などを雨や風から守ることであるが、天井部には扉、ガラリ、屋外タラップなどがあって構造が複雑な上に、これらや外装パネルが老朽化しているために、ドーム内に水が滴ってしまうことがときどき起きている。構造自体の大改修は予算的に実現できていないが、それでも、雨漏りが起こるたびに症状を記録するようにして原因箇所の特定を行い、地元の板金屋さんの協力を得ながらこまめに外装部のコーキング工事等を実施している(図2)。これにより最近被害はかなり減ってきてはいるが、強風下における雨天時や降雪時は未だ鬼門である。ユーザーの皆様にも、扉開閉時の異音や雨漏り気づかれたら、できるだけ詳しくその状況をお知らせ願えればと思う。

上で紹介した工事以外にも、ここ1年の間には、2F外周廻廊の補修・塗装、ドーム周りの再舗装、2Fの空調用電源線の更新、1F照明の更新などインフラ的な保守作業から、轟音を立てていたドーム旋回モーター用ブレーキの更新、冷却装置(チラー)の新替、油圧ユニットからの油漏れが酷かった真空蒸着装置の補修(現在進行中)などのドーム内大型装置の保守、さらには日常的な工具の点検保守や各種物品の整理整頓まで、共同利用観測の円滑な実施のために、さまざまな作業を行ってきた。

さて、今後少し目を向けてみると、上記に挙げたもの以外で構造的に最も重要なものはドーム旋回に関する装置のメンテナンスであろう。旋回台車や旋回用レールは数十年にわたって本格的な保守が行われておらず、ドーム旋回用モーターや旋回部に動力を伝えるローラなども相当老朽化している。ドーム旋回時の騒音は耳にされたことがあると思うが、これは五月蠅いだけでなく、異常時に発せられる兆候を掻き消してしまう可能性もある。それゆえに、なるべく早く対処し

たいと考えている。一方、現在188cm望遠鏡本体の改修は第2段階に入っており、リモート観測の準備に加え、より高精度なポインティング、自動焦点合わせ機能の導入、ドーム内でのシーイング劣化の改善などを目指した、ドーム内温度のモニタなどが始まっている(神谷氏の記事を参照)。今後これらに対応するために、ドームの機能や内部環境の改善を必要に応じて実施していくことになるだろう。

最後に、数年後に到来する京大3.8m望遠鏡の完成を直接的な契機として、188cm望遠鏡の科学的な役割を見直す議論が国立天文台内、国内、そして国外の光赤外天文コミュニティまでをも巻き込んで行われている。望遠鏡やドームの保守や機能向上は、これらの動向を見据えながら、実施していくことになる。しかし、ことドームについては、そのそびえ立つさまを市内のあちらこちらから望むことができ、広報などにもたびたび登場するように、その社会的な役割や価値も見逃すことはできない。日々の共同利用業務に支障が出ないようにすることはもちろんのこと、その将来の姿になるべく制限が加わらないように、日々ドームの保守維持に取り組んでいる。

(神戸)



図6. 外装パネルコーキングの様子

外注工事では、これまで作業をお願いしていた企業の担当者も高齢化しており、今後どのように業者や人材確保をしていくかも頭の痛い問題である。

4. 新職員紹介 神谷浩紀（研究支援員）

平成 26 年 10 月 1 日に着任した神谷浩紀（かみやこうき）と申します。よろしくお願い致します。私は現在、188cm 望遠鏡による観測の自動化に向けて、焦点位置合わせの自動化の作業を行っております。

188cm 望遠鏡の鏡筒は熱膨張や鏡筒自身の自重によって長さが伸び縮みします。また、主鏡の反射面と裏面に温度差があると熱歪みにより反射面の形状が変化し、焦点距離が変化します。熱膨張・熱歪みは温度で表すことができ、鏡筒の自重による長さの変化は $\sin(\text{仰角})$ で表すことができます。

望遠鏡の温度を知るために 10 月末に望遠鏡の鏡筒、主鏡、主鏡セルに Pt100 の温度センサを計 10 個取付け、1 分毎に温度データを取得しています。主鏡の反射面とその裏面には最大で 1.5℃程の温度差が生じることがわかりました。

11 月 14 日～11 月 17 日、11 月 26 日～11 月 27 日の KOOLS での観測時に合わせた副鏡位置の値と鏡筒

の温度、主鏡の両面の温度差、 $\sin(\text{仰角})$ の 1 次関数でフィットし、副鏡位置の関係式を導きました。フィットからの残差は 0.2mm rms(像のサイズで 1") という結果が得られました。まだデータ点が少ないため精度が出ていません。精度向上のため、ユーザーの皆様にはデータ取得のご協力をしていただくと幸いです。

（神谷）

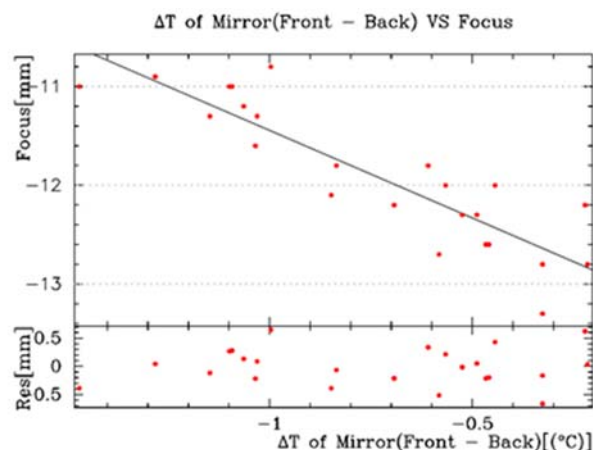


図 7. 主鏡の反射面とその裏面の温度差と副鏡位置の関係

5. 新職員紹介 前原裕之（専門研究職員）

平成 26 年 11 月 1 日より岡山天体物理観測所に専門研究職員として着任した前原裕之（まえはらひろゆき）です。岡山に来る前は東京大学木曽観測所でシュミット望遠鏡を使った銀河面サーベイの解析パイプラインやデータベースの開発、シュミット望遠鏡の観測システムの全自動化に携わっていました。興味のある研究分野は変光星のなかでも突発的に増光を示す天体全般で、最近ではケプラー宇宙望遠鏡のデータを用いた太陽型星のフレア活動の探査や、小型の CCD カメラとカメラレンズを用いた広視野（5° × 7.5°）サーベイカメラを作成して明るい太陽型星の自転による変光の検出や B 型輝線星の増光現象の観測的研究を行っています。このサーベイカメラは V バンドと I バンドの 2 色同時に全自動で観測・解析を行うことができるようになっていて、岡山ではシーイングモニターが設置されていた場所をお借りして観測を継続しています。

岡山では 188 cm 望遠鏡の観測の省力化、自動化に取り組みたいと考えており、まずその第一弾として、赤外線雲センサーを用いた観測可能な条件の評価を行いました。赤外線雲センサーは赤外線放射温度計によって測定した空の放射温度から、晴れているか曇っている

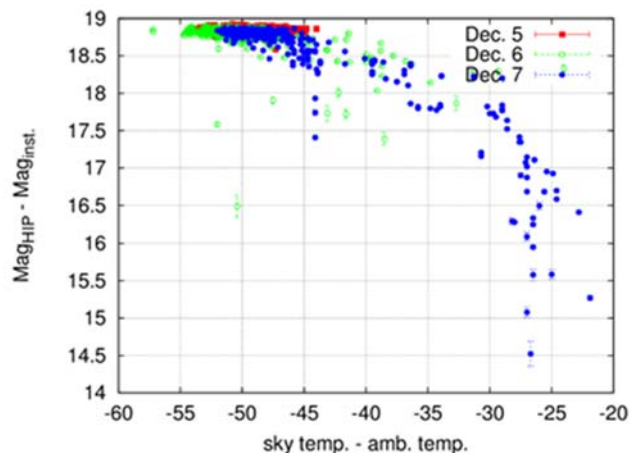


図 8. 広視野サーベイカメラの等級ゼロ点（縦軸）と空の放射温度と外気温の差（横軸）の関係

るかを判定するもので、柳澤さん、小矢野さんのご協力で設置と定常的なデータ取得が可能になりました(*1)。このデータと、前述の広視野サーベイカメラの観測データや降水センサーのデータを比較することで、空の放射温度と可視光の透過率や降水の有無との相関を調べ、星が見えていてドームスリットを開けられる条件を求めました。その結果、空の温度と外気温の差が 30°C よりも高くなるとVバンドでは星からの光が2等級以上の減光を受け(図8)、 -20°C よりも高くなると降水を観測する頻度が急上昇するという結果が得ら

れ、ドームスリットを開けてもよい条件を決めることができました。

着任から3か月になりますが、少しずつ自動化に向けて改修や機能の追加が必要な部分が出てきたところで、今後も他の所員の方々と協力して188cm望遠鏡の観測の省力化や自動化を進めていきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。

(前原)

(*1) データは <http://www.oao.nao.ac.jp/weather/weather/> で公開されていますので観測時にご活用ください。

6. 定年退職を前に

岡山天体物理観測所創世記の職員として、今年度で退職する最後の現地採用者です。初めて観測所へ就職し岡山一筋47年、この頃技術職員8人で日夜ドームや望遠鏡の保守点検とポインティング作業に邁進していました。この頃は写真乾板の最盛期で、研究者と一緒に寒風荒ぶドームの中、ファインダーを覗き直に星を眺める観測業務も行ってきました。1・2時間も使った露光時間の後、黒く細いスペクトルの筋が浮かび上がった写真乾板を見た時の感動は、モノ作りの精神に通ずるところがあります。初めの頃は太陽クーデと188cm望遠鏡の当番が一緒に24時間勤務なんて事もありました。そして、20年間の太陽クーデ望遠鏡の担当時は大量のフィルムを現像することになりました。何せ相手が太陽です1秒2秒の露出で終わります。100フィートの航空フィルムを約2分で撮り終える事もありました。しかも手動現像なので四苦八苦でした。そして時は移りSNGやHIDESの開発での研究者との関わりが視野を広げることになりました。

しかし、観測所に何を貢献できたのだろうか、今振り返って見てもあまり浮かんできません。強いて上げると保安林解除の発見があります。当時シーイング測定のため移動式鉄塔が導入され、直径30mの土地を整地するため保安林(直径5.6cmの木約30本)の伐採と作業許可を県に求めました。しかし、1年近くだ

っても一向に前に進みません。こんな面倒な保安林を先人たちが残したはずはないと、必死で資料をあさり当時の官報に保安林解除の一文を見つけました。県の解除ミスと言う事で保安林は解除されました。おかげで3.8m望遠鏡予定地の伐採は簡単にいきました。

また、海外での支援業務を行えたことは大きな喜びでした。エジプト・コッタミア天文台に岡山の188cm望遠鏡の姉妹機が有り、長年光学系の不具合が発生していました。そこで国立天文台に支援要請が有り出かけていきました。主な原因は主鏡固定点を動かした事と副鏡支持機構の締め忘れでした。基本中の基本を守らなかった為ですが、ある事情で技術者が1名も存在しない状態になっていた事が主な原因だと思っています。岡山で同じ望遠鏡に携わり、経験していたことが幸いしたのだと思いました。

そして今の観測所の望遠鏡や機器・設備は飛躍的に進歩し、遠隔でのデータ取得は直前となっています。私の様な写真乾板世代はCCD世代にはなかなかついて行けません。京大3.8m望遠鏡も予算が通り前進を始めました。東アジア天文台構想も進み、新しい岡山天体物理観測所が築かれていく事でしょう。来年度からは自宅窓から観測所を眺めながら、今以上の発展を祈念させていただきます。

(小矢野)