

東京大学大学院理学系研究科附属
天文学教育研究センター木曾観測所

40周年記念誌



Kiso Observatory

Institute of Astronomy, School of Science, The University of Tokyo



巻頭言

東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター 木曾観測所発足四十周年を迎えて

吉井 讓

天文学教育研究センター長



東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曾観測所（以下木曾観測所）が発足から四十周年を迎えました。晴れてこのような節目の日を迎えることができたことは大きな喜びであり、これまで木曾観測所に関係された研究者・技術者・事務員・支援員の方々には心より感謝の意を表したいと思えます。同時に、長年にわたり様々な場面でご支援をいただいた長野県木曾郡木曾町・上松町をはじめとした地元の方々にも心より御礼申し上げます。中でも二年に一度、地元と木曾観測所のメンバーが一堂に介し観測所の諸問題を話し合う木曾協力会を開催していただき、日ごろから観測環境の保全・改善に取り組んでいただいたことは、観測所運営の上で大きな助けとなりました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

木曾観測所は 1974 年の発足当初から共同利用施設として全国の研究者に開放されてきました。先行して観測を始めていた岡山天体物理観測所が明るい天体の物理観測に主眼を置いた望遠鏡であったのに対し、木曾観測所はより暗い天体の掃天観測が可能な望遠鏡として設置されました。その主力となるのが、広い視野を有するシュミット望遠鏡です。木曾観測所のシュミット望遠鏡の口径は 105cm であり、これは現在でも同種望遠鏡の中で世界 4 位の大きさです。この広い視野に加え、夜空が暗いという木曾の特性を活かして、木曾シュミット望遠鏡は太陽系から遠方銀河に至るあらゆる種類の天体の観測に利用されてきました。1988 年には東京天文台から国立天文台への改組に伴い、木曾観測所は東京大学理学部附属天文学教育研究センターの観測所として再出発しましたが、共同利用観測拠点としての役割は今も変わりません。

木曾観測所によって得られた科学的成果は実に様々なものがあります。初期のシュミット乾板を用いた観測では、高瀬文志郎先生をリーダーとする紫外超過銀河（KUG）カタログの作成、小平桂一、岡村定矩両先生らによる銀河の定量解析が挙げられます。また石田蕙一先生らによる銀河系恒星分布の研究、前原英夫先生らによる炭素星探査なども大きな成果です。

これらは約 $6^{\circ} \times 6^{\circ}$ という写真乾板観測の大きな視野を活かしたものであり、まさに木曾シュミット望遠鏡ならではの成果だといえます。写真乾板が CCD などの撮像素子に変わったのちも、彗星ダストトレイルの可視光検出や小惑星のライトカーブ計測のような広視野が有効な観測で多くの成果を挙げてきました。さらに近年は超新星ショックブレイクアウトの捜査や銀河面の変光星天体の系統的観測など、時間変動に注目した観測研究も活発に行われており、その成果が期待されています。

直接の科学成果はもとより、木曾観測所で得られた様々な経験や技術も現在の日本の観測天文学に大きな影響を与えています。1992年にシュミット望遠鏡に搭載されたモザイク CCD カメラは、現在国立天文台すばる望遠鏡の主力として活躍する **SuprimeCam** あるいはその後継機の **Hyper SuprimeCam** の開発の基礎となっていますし、木曾観測所での広視野撮像の経験はすばる望遠鏡での広視野観測に活かされています。近年も木曾観測所の広視野カメラ **KWFC** 用に開発した CCD 駆動システムが広島大学・北海道大学などのカメラに利用されるなど、観測装置開発技術の普及拡大でも貢献を続けています。木曾観測所で培われた技術や人材は、現在天文学教育研究センターで推進されている東京大学アタカマ天文台はもとより、将来の 30m 望遠鏡 (TMT) 計画やスペース望遠鏡計画などでも今後の活躍に期待がもたれています。

さらに木曾観測所の忘れてはならない活動の柱が教育を通しての普及活動です。近隣の小・中・高校への出前授業や出前観望会は 1994 年から途切れることなく続けられており、大学研究施設のアウトリーチの先駆けともいえるものです。全国の高校生を対象とした春休みの教育合宿「銀河学校」はすでに 15 年以上の歴史を有し、大学研究者と学生の教育サポーターが連携してきめ細かい指導をする合宿型天文教室のプロトタイプとなっています。この銀河学校を高校時代に体験した生徒の中には、すでに天文研究者となった人も多く、彼らの活躍は私たちの大きな喜びです。さらに、銀河学校卒業者を中心として NPO 法人「サイエンスステーション」が設立されたり、木曾での各種活動を担う「木曾星の会」が活発に観望会を行うなど、その活動は天文の裾野を確実に広げています。

この四十年間で天文学は飛躍的な進化を遂げ、それに伴い天体観測研究に対する要求も大きく様変わりしました。日本国内での研究情勢もまた大きく変化しており、すばる望遠鏡をはじめとした海外適地の大型望遠鏡が比較的容易に使える時代になってきました。その中にも、木曾観測所は広視野観測を軸としながら、その機能を進化させてきています。今後も木曾観測所で得られる成果に益々期待していただきますとともに、これからも皆様のご支持・ご支援を賜りますよう、どうぞよろしくお願い申し上げます。

目次

序章

巻頭言

木曾観測所発足四十周年を迎えて	吉井 讓	2
40周年を迎えて	土居 守	6
東京大学大学院理学系研究科組織図		8
沿革		9
所在地		10
木曾シュミットの夜明け前	岡村 定矩	11

第1章 木曾観測所最前線 13

KWFC		14
シュミット望遠鏡の新制御系		16
気象モニター		17
KWFC 開発	酒向 重行	19
リモート観測と自動 観測の実現を目指して	前原 裕之	21
超新星サーベイ KISS	諸隈 智貴	23
近くから遠くを探る	富永 望	25
KWFC 銀河面変光天体 探査 KISOGP	松永 典之	26
木曾観測所の教育活動	三戸 洋之	28

第2章 木曾観測所 31

木曾観測所年表		32
木曾 105cm シュミット望遠鏡建設		35
105cm シュミット望遠鏡		37
105cm シュミット望遠鏡内部構造		40
主鏡蒸着作業		41
105cm シュミット望遠鏡制御系の変遷		42
105cm シュミット望遠鏡ドーム		43
30cm 望遠鏡 (K.3T)		45
夜天光観測室		46
木曾シュミットの建設と 木曾観測所の開設	岡村 定矩	47
シュミット望遠鏡が一番 小さかった頃	中田 好一	49

第3章 測定機 & 観測装置 51

写真乾板関連機器の変遷		52
大型写真乾板測定機		53
観測装置の変遷		57
木曾観測所の超増感	青木 勉	67
乾板から CCD へ	高遠 徳尚	69
世界初のシュミット望遠鏡 用グリズムの開発	谷口 義明	71
モザイク CCD 開発	柏川 伸成	73
KONIC 開発顛末記	柳澤 顕史	75

第4章 ギャラリー 79

天体画像		80
天体画像トピックス		89
思い出の写真集		91
木曾オリオン		
KISSの「野望」実現まで	田中 雅臣	93
ドラマという応援歌	二見 大輔	94
あの時の星空を忘れない	田中 要次	95
木曾観測所の扉を開けて	中地 紀子	95
105cm シュミット望遠鏡 と共に	野口 猛	97
木曾観測所外伝	川良 公明	99
木曾観測所に育てられて	渡部 潤一	101
木曾で観た地球と宇宙	林野 友紀	103



第5章 研究 105

木曾観測所における		
研究の変遷	小林 尚人	106
夜天光観測	青木 勉	108
木曾観測所でやり残したこと	田鍋 浩義	110
シュミット望遠鏡の極軸調整	浜島 清利	111
小惑星探査	香西 洋樹	113
KUG サーベイ（木曾紫外		
超過銀河の探査）	宮内 良子	115
炭素星サーベイ	前原 英夫	117
スターカウントによる		
銀河構造の解析	山縣 朋彦	119
銀河の表面測光と天体		
画像処理システム	岡村 定矩	122
SPIRAL ソフト開発	濱部 勝	124
KONIC	市川 隆	126
木曾観測所とはやぶさ	安部 正真	128
彗星ダストトレイル観測	猿楽 佑樹	130
多色撮像観測で探る		
銀河の星生成	西浦 慎悟	132
木曾シュミットによる		
日印共同研究	小倉 勝男	134

第6章 社会との関わり 137

木曾観測所のアウトリーチ	138
社会教育、学校教育に	
貢献した天文台	畑 英利 141
木曾観測所でのアウト	
リーチ	宮田 隆志 143
学生実習施設としての	
木曾観測所	伊藤 信成 145
木曾の宝：星空環境を	
守るために	清水 醇 147

第7章 資料 149

プロポーザルリスト	150
来訪者リスト	160
職員リスト	166
論文リスト	167

編集後記 178

40周年を迎えて

土居 守

木曾観測所 所長



1974年10月に開所した木曾観測所は、40周年を迎えることとなりました。吉井センター長の巻頭言にもあります通り、観測所を設立し、シュミット望遠鏡をたちあげ、長期にわたる運用を無事行っていくことができたのは、大変多くの皆様方のご尽力の賜物であり、7代目の観測所長としてあらためて深く感謝を申し上げます。

木曾観測所は本格的な光学望遠鏡としては最も広い視野を持つ口径105cmシュミット望遠鏡の全国共同利用を中心に、さまざまな科学的成果を上げてまいりました。また大学生向けの実習や、木曾星の会のみなさんのご協力をいただいている公開日などでの観望会に加え、1998年からは銀河学校、2002年からは星の教室と高校生向けプログラムなども開始するなど、天文学分野における教育・普及活動も活発に行ってきています。この記念誌には、これらの活動について当事者の方を中心に寄稿いただき、とりまとめることができました。著者ごとに様々な表現方法となって楽しく読める記事となっており、ぜひ懐かしく、あるいは新鮮に読んでいただければ幸いです。また、スタッフの努力で、望遠鏡のみならず、今ではどんどん忘れられようとしている写真観測についての基本的な情報や技術なども紹介されており、資料としてもお役にたてると思っています。

私が最初に木曾観測所をおとずれたのは、まだ東京大学東京天文台の観測所であった1986年の夏、学部3年生の時でした。当時助手だった岡村さんが募集をかけたアルバイトで、写真乾板約300枚の星像を測定するのが仕事でした。長く露出をすると、ときどき星の形が楕円形になったりアレイ型になったりすることがあるということで分析をするためでした。結局原因はわかりませんが、6度四方の写真乾板には、本当にたくさんの星や銀河や星雲が写り、宇宙の広大さに大変感動をしながら測定をしたことを覚えています。

大学院に入ると、木曾観測所の写真乾板をPDSマイクロデンシトメータでデジタル化した画像を測定し、銀河の形態分類などの自動測定を行うようになりました。当時は直径が40cm近くあるオープンリールの磁気テープがデータ保存の媒体でしたが、1本には写真乾板のごく一部のデータしか入らず、よくリュックサックに4,5本のテープをいれて背負って運んでいたのを覚えています。博士課程ではCCDを16個焦点面に並べるモザイクCCDカメラ1号機の開発に参加しました。私だけでなく多くの学生が参加をし、その後、口径4.2mのウィリアム・ハーシェル望遠鏡などへ持ち込んだモザイクCCDカメラ2号機、さらにはスローン・デジタル・スカイサーベイやすばる望遠鏡といった国際性の高い最先端のプロジェクトへと進んでいきました。おかげで私も今では海外に多くの共同研究者や友人ができましたが、振り返ると、木曾観測所に暖かく育ててもらったと感じます。

木曾観測所は、また大変自然に恵まれた環境にあります。夏の朝は木々のさわやかな香りにつつまれ、エアコンをフル回転させてもまだ暑さを感じる東京とはまったく別世界です。秋に裏山を少し歩くと、キノコがたくさん生え、たまにはイノシシか何かが地面をブルドーザーのように掘った跡にも出合いました。冬に雪が降った翌朝、小動物の足跡を追いかけて散歩をしていると、突然カモシカに出会ったこともあります。自然豊かな長野県にあってもさらに自然に恵まれた立地は、高校生・大学生を中心とした宿泊型の教室には絶好の環境となっています。

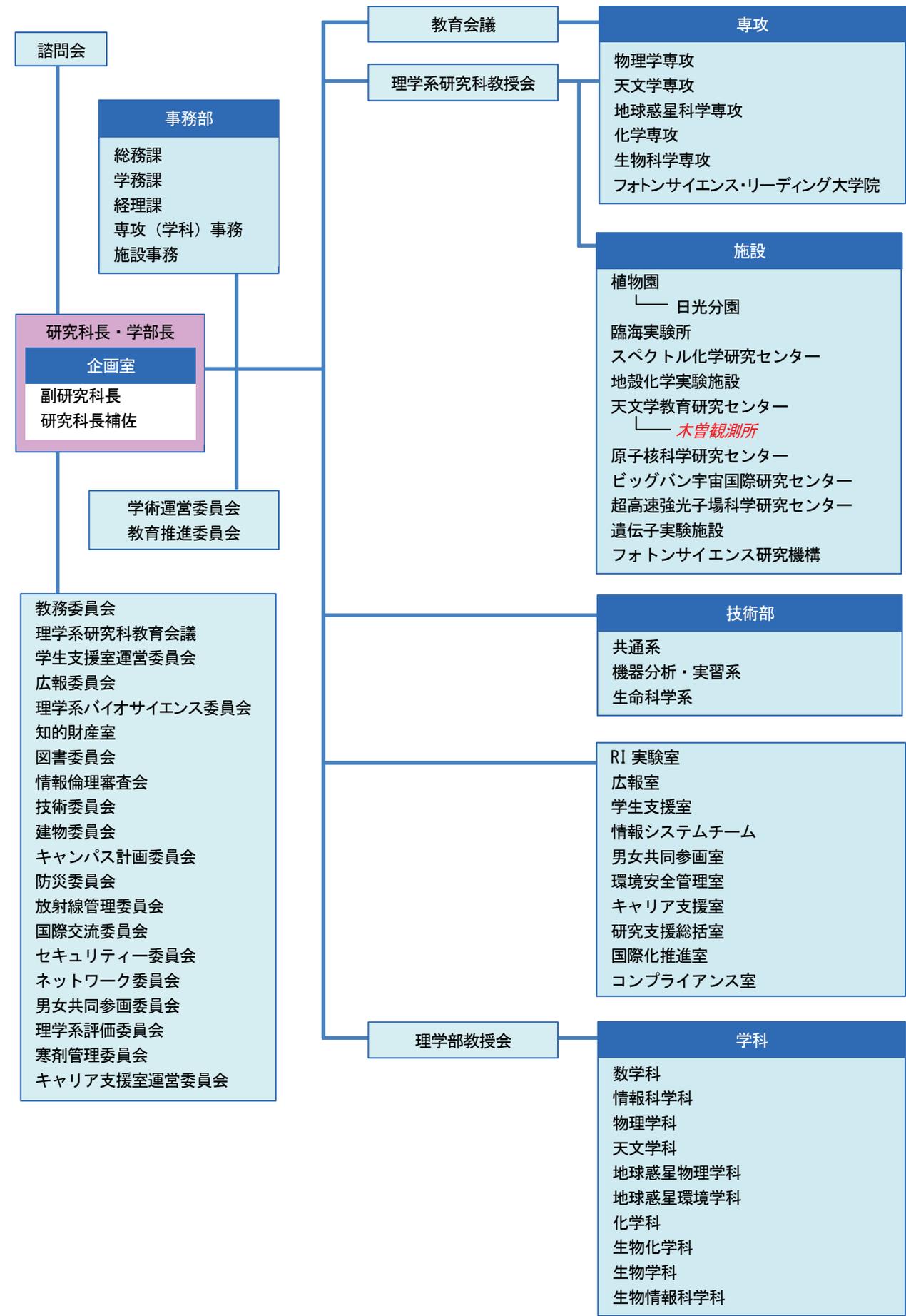
木曾観測所の活動の二本の柱の一つは、もちろん、研究活動です。最近では、全国共同利用の一般プログラムに加え、4平方度の広視野を持つカメラ KWFC を使った大規模プロジェクトとして KISS, KISOGP が走り出しています。これらについては後で詳しく活動が報告されていますが、世界最先端の発見的研究が進められています。観測の方法も、気象条件の監視を含めどんどん自動化が進み、ほぼ自動で観測を行ったり、遠隔地から観測を行ったりすることもできるようになってきました。

開発の始まった次世代のカメラは、9度直径の視野いっぱいに高感度の CMOS センサーをしきつめて、超広視野かつ高時間分解能の観測を可能とし、新たな種類の天体やイベントの発見をめざしています。狙いの一つは、重力波を出す天体です。世界初の直接検出をめざして東京大学の宇宙線研究所を中心に、重力波検出器「かぐら」が岐阜県の神岡に現在建設中ですが、初期の重力波検出は、重力波の到来方向については決定精度がまだ高くないと予想されています。次世代の超広視野カメラは、この予想範囲をほぼすべて覆い、可視光でどの天体が重力波源かを調べることができます。その他にも、太陽系の最外縁にある小天体が、明るい恒星の前を横切る際に瞬くのを、世界で初めてとらえる可能性もあります。これらに加え、現在 KWFC で行われている超新星や変光星、太陽系天体、銀河などの研究なども、一層の観測能力を有して進めていくことができると思っています。

木曾観測所のもう一つの活動の柱は、教育・普及活動です。木曾観測所を使っての大学の学部向けの実習は、東京大学はもちろん、東京学芸大・日本女子大・文教大・三重大の学生さんを迎えて毎年行われており、また信州大・甲南大などの学生さんによる観測研究も実施されています。最近では1mクラスの天体望遠鏡を持つ大学が全国に増えてきましたが、最大で約40名が宿泊できる木曾観測所は大学での天文教育においても大切な役割を担っています。また、高校生向けに銀河学校と星の教室が10年以上にわたって行われていますが、最先端の大学の施設を使っていることもあり、高校からは大変好評で3000名以上の高校生が体験をしています。社会とのかかわりと言うと、最近の大きな出来事は、ドラマ「木曾オリエオン」のモデルになったことです。研究の現場の雰囲気をわかりやすく、また暖かく伝えていただけたと思います。

現在、木曾観測所を運営する天文学教育研究センターが中心となり、世界最高標高の5640mに6.5m光赤外線望遠鏡を建設中です。高い晴天率と大気透過率を誇るサイトは、特に赤外線観測研究を中心に、最先端の成果を出そうとしています。これに対して木曾観測所は、圧倒的な広視野の望遠鏡を持つことと、日本国内にあることを活用して、研究と教育普及の二本の柱とともにさらに発展をしていきたいと思っております。今後とも末永くご支援のほど、何卒よろしく願いたします。

東京大学 大学院
理学系研究科・理学部 組織（構成図）



沿革

- 昭和 46 年 (1971) 用地承諾書調印式、「東京大学木曾天文台協力会」結成・開催
- 昭和 47 年 (1972) 起工式実施 (関係者 30 名出席)
- 昭和 49 年 (1974) 文部省令により、木曾観測所発足
開所式実施
木曾観測所特別公開実施
- 昭和 50 年 (1975) 試験観測開始
木曾観測所運営委員会発足
- 昭和 51 年 (1976) 大気光の定常自動観測開始
- 昭和 52 年 (1977) 上松町見帰の職員宿舎完成
第 1 回シュミットシンポジウム開催 (於：上松公民館)
- 昭和 53 年 (1978) 本観測開始
落雷のため電気室・計算機他に被害
- 昭和 54 年 (1979) Kiso Information Bulletin 第 1 巻第 1 号発刊
御岳山噴火
- 昭和 56 年 (1981) 第 1 回 天文学に関する技術シンポジウム開催 (於：鴨方町民会館)
- 昭和 57 年 (1982) シュミット望遠鏡主鏡のアルミ蒸着実施 (於：岡山天体物理観測所)
- 昭和 59 年 (1984) 長野県西部地震発生 (シュミット望遠鏡、ドーム、道路等被害)
- 昭和 60 年 (1985) 画像処理室新築、PDS マイクロデンシトメータ設置
- 昭和 62 年 (1987) シュミット望遠鏡制御系改修
- 昭和 63 年 (1988) 改組 (東京天文台→東京大学理学部附属天文学教育研究センター)
- 平成 元年 (1989) 年次報告発行 (東大理・天文学教室、天文学教育研究センターと合同)
天体写真スライド集「遥かなる宇宙へ」発売
Annual Report of the Kiso Observatory (1988-89) 発行
- 平成 3 年 (1991) 東京大学 総長特別補佐会を木曾観測所で実施
ビジター室 (プレハブ) 完成
- 平成 10 年 (1998) 第 1 回「銀河学校」開催
KISO-Schmidt 天体写真集 (CD-ROM) 配布
- 平成 11 年 (1999) ふるさと切手「東大木曾観測所と御岳山」発売
- 平成 14 年 (2002) 30cm 望遠鏡、2.8m ドーム完成
第 1 回「星の教室」実施
- 平成 16 年 (2004) 教育研究棟 (プレハブ) 竣工
国立大学法人化
木曾観測所 30 周年記念式典実施
木曾星の会発足
- 平成 25 年 (2013) シュミット望遠鏡制御系改修
- 平成 26 年 (2014) NHK ドラマ「木曾オリオン」放映

所在地



東京大学大学院理学系研究科
附属天文学教育研究センター
木曽観測所
住所:長野県木曽郡木曽町三岳
10762-30

シュミット望遠鏡ドーム位置

東経: $-137^{\circ} 37' 42'' .2$

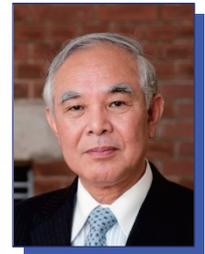
北緯: $+35^{\circ} 47' 38'' .7$



木曽観測所の全景(航空写真)

木曾シュミットの夜明け前

岡村 定矩 (元東京大学理事 副学長)



木曾シュミットの源流は、戦災で大きな被害を受けた東京大学附属東京天文台（以下天文台）の復興を託され 1946 年に台長に就任した萩原雄祐教授にまでさかのぼる。萩原台長は、基礎的設備の復興と改善にめどがついた頃から、次の時代のための天文研究施設の建設を目指し、天文台拡張計画を文部省に出しておられた。まずは大望遠鏡ということで、グラブ・パーソンズ社の 74 吋を購入することから始めた。文部省は日本学術会議の推薦があればよいとのことで、萩原台長は 1953 年にそれを取り付けた。そして、有名な「萩原博士の直訴事件」で翌年この予算がつくことになった(1-4)。

萩原台長の情熱は以下のように展開する。ご本人の回顧録(1)からの引用である。『大望遠鏡は孤立させてはならない。そこで 36 吋の反射鏡、特に光電測光用のを計画した。(中略) 74 吋があってさらに 36 吋はと政府筋は云う。航空母艦は一つだけでは危険であるから駆逐艦の護衛がいるようなものだと説明した。(中略) しかし 36 吋一基だけでは不十分である。近代の天文学の研究にはシュミットが是非必要である。写真用の 36 吋も必要である。そこで 74 吋とさきの 36 吋をも引きくめて、天体物理学振興策を考えてもらいたいと天文学研究連絡委員会(以下天文研連;筆者)にはかった。小委員会ができてその案を練ってもらった。その案は 10 講座ばかりの天体物理学研究所を作ること、そこには全国共同利用の設備として 74 吋と 36 吋二基、シュミット、太陽クーデー装置、電波天文学の施設、約 10 億円の設備をすること、更に東京、京都、仙台の各天文学教室に 36 吋の反射鏡を置くことであった。』

1960 年に岡山に 74 吋と 36 吋、1962 年に堂平

に 36 吋望遠鏡が設置され、萩原構想のもう一つの柱であるシュミット望遠鏡の建設が待ち望まれるようになった。ちょうど当時は日本学術会議に長期研究計画調査委員会ができ、それに対応して各学会も長期計画案を作成発表していた(5)。1964 年 10 月に天文研連のもとに将来計画小委員会が設置され、1965 年 9 月に報告書がまとめられた。そこに、口径 130cm (50 吋) 程度の大型シュミット望遠鏡の必要性が明記されている(5)。これが木曾シュミットの建設への具体的な第一歩であった。

天文研連の将来計画に呼応して大型シュミット望遠鏡の具体的検討を進めたのは SAM と呼ばれたグループであった(6)。SAM は Stellar Astronomy Meeting の略号である。当時の世界情勢を受けて、恒星天文学の研究を進めたいとする東京の新進天文学者が集まって、東大の鏑木政岐教授のもとで 1956 年秋に結成した。科学研究費を獲得したのを機に、京大の清水彊教授らや東北大などからも参加者が出て来るようになった。財政基盤ができたことにより、1961 年からは夏に泊まり込みの研究会を開催するのが恒例となった。勉強会の参加者は年ごとに増え、次第に SAM は全国規模の研究グループへと成長した。上記の天文研連の小委員会にも SAM の立場から意見をまとめて提出した。さらに、1968 年に岐阜県の蛭ヶ野で行われた第 8 回では、「シュミット望遠鏡計画について—蛭ヶ野研究会における討論のまとめ—」として、望遠鏡の大きさが合意された。それによると、補正板口径 120cm、主鏡口径 210cm、焦点距離 360cm(F/3)となっている(7,8)。

一方天文台は、東大闘争が終息に向かった 1969 年に、銀河系研究室を天体掃索部から独立させ、

シュミット望遠鏡建設の予算化を目指した。望遠鏡の検討と並行して設置場所の選定作業も進めた。経済成長により各地の空は急速に明るくなっていた。微光天体の観測を重視するシュミットの建設地は空の暗い長野県木曾地方となった(9)。

ところが SAM の中では、大型シュミット望遠鏡をどの機関がどのように推進するかについての議論は 1970 年まで行われていなかった(10)。天文研連における将来計画の議論をきっかけに、天文学の発展のためには全国共同利用研究所を設立すべきであるという意見が全国の若手を中心に湧きだし、宇宙理学研究所という構想にまとめられた。しかしその実現に向けての議論は頓挫しかかっていた(11)。SAM のメンバーを中心に、この大型シュミットの建設がこのような研究体制の近代化への後押しになるとの期待が大きかった。このような背景の中で、大型シュミットに関して、SAM 案と天文台案が並列し、天文台案は既に文部省に概算要求されているという複雑な事態になっていたのである。SAM では、天文台案を軸に調整して共同利用への道を探り実現に協力しようという方向になったが、共同利用体制を確立した後で具体的方策を考えるべきとする強い反対意見もあった(10)。

調整は難航したが、天文台も SAM 案の長所を取り入れ、SAM 側も実現の支持だけでなく技術面の検討を含む建設への協力をすることで最終的に一本化ができた。その結果が、補正板口径 105cm、主鏡口径 150cm、焦点距離 330cm(F/3.14)という現在の木曾シュミットである。完成の暁には全国の研究者が利用できるよう配慮すべしという要請が SAM の代表者から天文台長宛に書簡で送られた。1970 年 6 月に天文研連は、天文台から概算要求が出されている大型シュミット望遠鏡の早急な実現を要望する決議案を全員の賛成で可決した。

こうして木曾シュミットの予算が認められ、銀河系研究室を改組して銀河系部を発足させた天文台によって 1971 年からその建設が開始された。1974 年に木曾観測所が開設され、実質的な全国

共同利用に供された。京都大学の研究者は木曾シュミットを利用して成果を挙げるのと並行して、1982 年に大宇陀観測所に、補正板口径 40cm、主鏡口径 70cm、焦点距離 120cm(F/3)のシュミット望遠鏡を設置した。

本稿の内容はすべて、私が木曾観測所で研究生生活をスタートした 1978 年以前の事柄であり、以下の参考文献やその他資料をもとに執筆した。誤りや誤解があればすべて私の責任である。

参考資料

- (1) 「国立天文台岡山天体物理観測所 40 周年記念誌」岡山天体物理観測所、2001 年
- (2) 日本天文学会百年史編纂委員会編 「日本の天文学の百年」恒星社厚生閣 2008 年
- (3) 萩原雄祐「七十四吋望遠鏡談義」天文月報 54 巻、4 頁、1961 年
- (4) 藤田良雄「74 吋反射望遠鏡建設への道」天文月報 49 巻 8 号、119 頁、1956 年
- (5) 古在由秀「天文学将来計画について」天文月報 58 巻 3 号、66 頁；及び 8 号、156 頁、184 頁、9 号、210 頁にも関連記事、1965 年
- (6) 高瀬文志郎「SAM (研究グループだより)」天文月報 59 巻 10 号、212 頁、1966 年
- (7) 第 8 回 SAM 夏の研究会集録、1968 年
- (8) 高瀬文志郎「シュミット望遠鏡計画」天文月報 61 巻 9 号、233 頁、1968 年
- (9) 石田恵一「木曾観測所の 20 年」木曾観測所 20 周年記念シンポジウム集録、1993 年
- (10) 清水 彊「大型シュミット望遠鏡計画の概要」、第 10 回 SAM 夏の研究会集録、1970 年
- (11) 大谷 浩 「共同利用研究所設立のために」天文月報 61 巻 9 号、234 頁、1968 年



第1章 木曾観測所最前線

Forefront of Kiso Observatory

招

KWFC

シュミット望遠鏡の新制御系

気象モニター

『 KWFC 開発 』 酒向 重行

『 リモート観測と自動観測の実現
を 目指して 』 前原 裕之

『 超新星サーベイ KISS 』 諸隈 智貴

『 近くから遠くを探る 』 富永 望

『 KWFC 銀河面変光天体探査
KISOGP 』 松永 典之

『 木曾観測所の教育活動 』 三戸 洋之

バラ星雲： オリオン座のペテルギウスから東に約10度離れたあたりの、いっかくじゅう座にある散光星雲（NGC2237-39）である。中心部のガスが新しく生まれた星の出す紫外線によって電離し膨張して、空洞になったため花のような形になった。中心部には散開星団（NGC2244）が見える。花びらのように見える部分にある小さな黒い塊は、星間塵が強く集中しているところで「グロビュール」と呼ばれ、このような場所で星が生まれると考えられている。直径約80光年、距離は約4600光年である。

撮影日：1989年2月6日、撮影番号：K6105、乳剤：コニカSR1600窒素増感、フィルター：なし、現像：HAC3200 6分

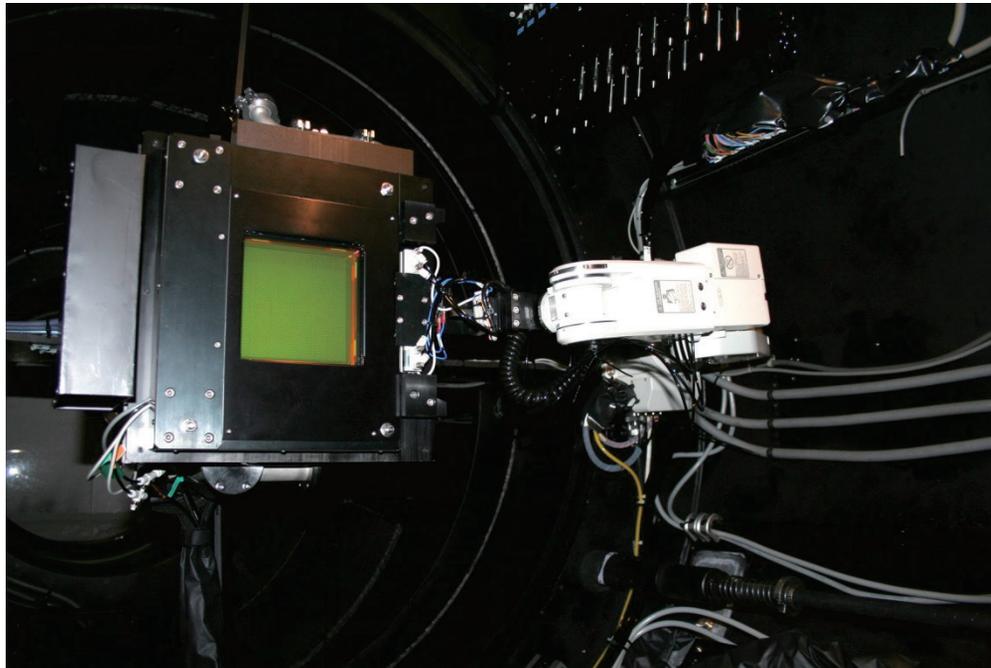
KWFC (Kiso Wide Field Camera)

KWFC (Kiso Wide Field Camera) は、木曾観測所が開発した広視野カメラである。乾板製造中止から 20 年、シュミットの最大の特徴は広視野であるが、これまでの 2KCCD では視野が 50 分角と乾板の 1/50 程度しか得られなかった。しかし、2012 年に完成した KWFC は、視野が 2.2 度角をもつ広視野カメラである。このカメラ開発には各所に新しい技術が取り入れられている。検出器は SITe と MIT/LL

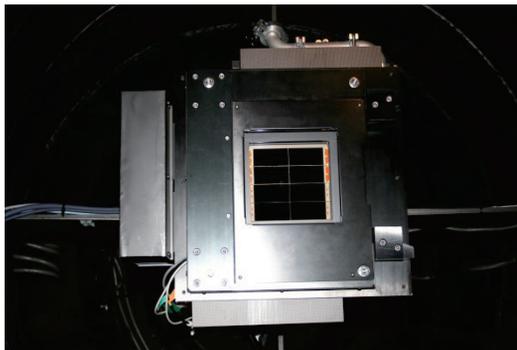
をそれぞれ 4 個ずつ、計 8 個を用いている。検出器が異なると駆動方法も異なるわけであるが、木曾開発の汎用アレイコントローラ KAC (Kiso Array Controller)を用いることで、混在するシステムでも容易にコントロールしている。また、大型フィルターの交換には、三菱製の汎用ロボットを導入し、スペースの少ない鏡筒内で、12 枚のフィルター交換を可能にしている。

KWFC 仕様

検出器	SITe ST-002A 2048 × 4094 4 個 MIT/LL ICCD20 2048 × 4100 4 個
画素サイズ	15 μm × 15 μm
受光面サイズ	30mm × 60mm
画素スケール	0.946 arcsec/pixel
総視野	2.2° × 2.2°
最短露光時間	0.1 秒
読み出し時間	120 秒
動作温度	~170K
暗電流	≤5e ⁻ /hour/pixel (@170K)
バイアス	~2400 ADU
読み出しノイズ	MIT-CCD 5-10e ⁻ SITe-CCD 20e ⁻
変換効率	~2.2e ⁻ /ADU
量子効率	SITe ~75% (6800 Å) MIT ~75% (7000 Å)
1%の直線性保証範囲	<1.1 × 10 ⁵ e ⁻ (<50000ADU)
データサイズ	FITS 形式 128MB/フレーム
シャッター	2 枚羽スライド式 (羽材 CFRP)
フィルター	16cm 角 Johnson-Cousins BVRI, SDSS ugriz, Hα, OIII
フィルター交換	ロボットアーム(三菱 RV-2SQ)による搬送方式 12 枚格納可
フィルター交換時間	45 秒
デューア窓材	直径 220mm BK7、フラットナー兼用
冷却方式	冷凍器(イワタニ パルスチューブ式 PDC-08: 8W@77K)
補助真空装置	Varian 製 イオンポンプ Vaclon Plus-20
温度コントローラ	Lakeshore model 330M
カメラコントローラ	Kiso Array Controller (KAC) システム
A/D 変換	Analog Devices AD7693 (16bit 500KHz)



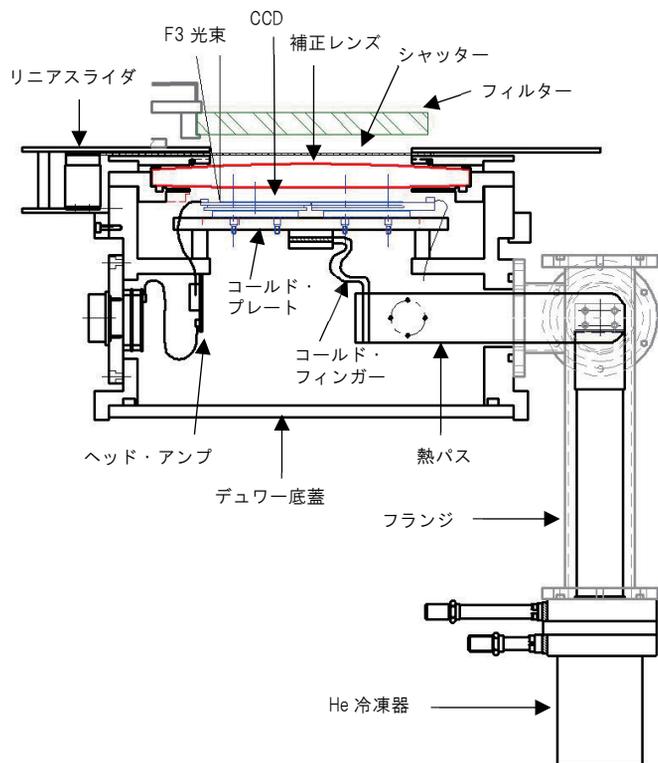
フィルター装填ロボット：白く見えているのが三菱製汎用ロボット。写真中央の緑色に見えるのがフィルターで、右上のフィルターマガジン(12枚のフィルターが装填されている)より抜き取り、焦点部に装填する。



シュミット焦点に取り付けた KWFC：中央に黒く格子状に並べられた8個の CCDが見える。一番手前のホルダー部へロボットアームによりフィルターが装填される。左側黒い箱が KAC である。



KAC (Kiso Array Controller)：KWFC の2種類の CCD をドライブするユニット。検出器によりドライブ電圧等が異なるが、KAC はプログラマブルにそれらを調整できる。



KWFC 構造図：右側に長く突き出しているのがヘリウム冷凍機である。冷凍出力の姿勢依存があるため、観測で常用される高度で最大になるよう配置した。また、デュワー窓は、モザイク CCD 用のフラットナーレンズを直接使用している。

シュミット望遠鏡の新制御系

～ スリム & スピードアップ ～

木曾観測所の105cmシュミット望遠鏡は、1974年に設置され約39年間様々な観測に使用されてきた。その間、シュミット望遠鏡の制御系は1988年に電気系と制御I/O関連の改修を行った。しかし近年では老朽化により、ミラーカバー・モーターや時計駆動モーターの故障などが相次いで発生した他、新観測装置(KWFC)の観測では、観測効率を上げるために要求される駆動スピードや精度に対応できないなど、観測システム全体で多くの問題を抱えてきていた。そこで、2013年6月からの整備期間を利用して、これら不具合

の解消を図り、かつ制御システム構成の単純化を図るため、機械系も含めた制御系の大規模な改修を実施した。尚、この改修は新学術領域「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」の補助を受けて行われた。改修により写真のように非常にスリムになった。特にRA駆動系では、4個使用していた駆動モーターを1個だけで全スピードに対応するようにした(トラッキングも含む)。また、速度も1.3倍にアップした。因に、今回の改修で望遠鏡の総重量は400kg以上の軽量化が図られたことになる。



図1. 改修前のRA駆動系(所狭しと並んだ各種モーター)

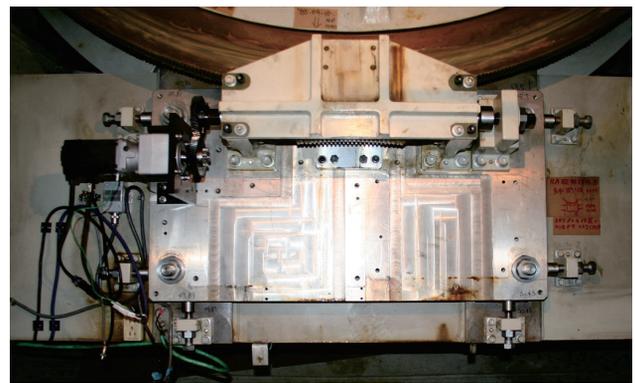


図2. 改修後のRA駆動系(左上に駆動モーターが見える)

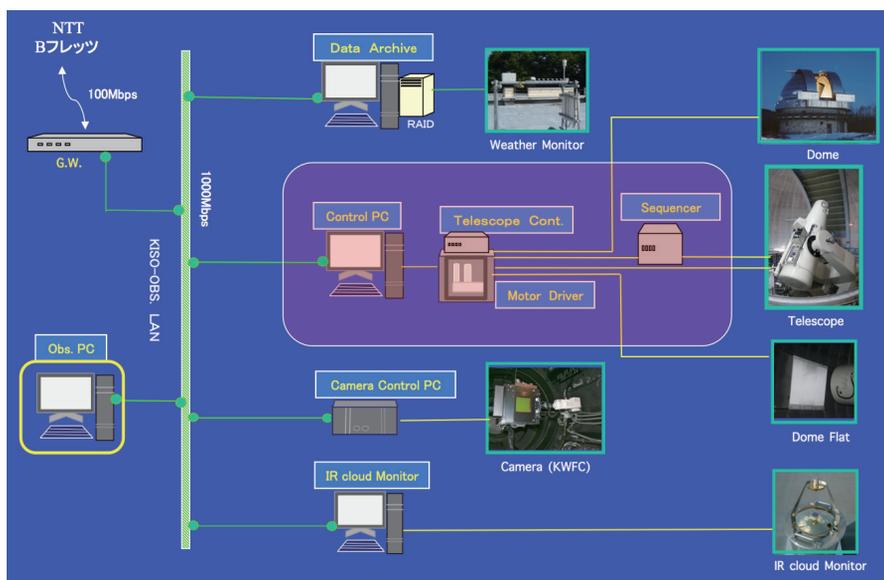


図3. 改修後の制御システム構成図(望遠鏡関連がすべて統合された:網掛け部)



図4. 改修前の制御室



図5. 改修後の制御室

気象モニター

木曽観測所では観測支援のため様々な気象観測機器を本館屋上に設置している。これらの機器で得られたデータはデータベース化されており、所内の Web サーバーを通じて提供される（図 1）。これらのデータは観測中の気象状態を容易に把握できるようにし、観測者の利便性を向上させることはもちろん、シュミット望遠鏡の観測データと組み合わせることで、観測中の気象条件が観測データに与える影響を評価することにも役立つ。また全自動観測システムにおいては、観測の可否を判断する重要な役割を担っている。2014 年現在稼働中の気象観測機器は以下の 6 つである。

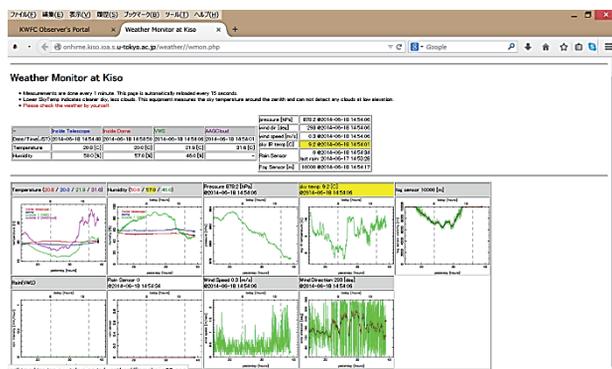


図 1. 気象データ提供用の Web ページ

■ 気象ステーション(2012 年設置)

Vaisala 社ウェザートランスミッター WXT520 を設置し、気温、湿度、気圧、風速、風向、降水量のデータを約 1 分おきに取得している。

■ 雨滴センサー(2012 年設置)

雨滴センサーはアスザック AKI1805 6 台が設置されており、センサーのデータは 1 分おきに取得され、データベースに保存される。また、雨滴を検知した時には観測室に設置されたパトランプから警報音を発する。自動観測用のプログラム稼働中は、降水を検知す

れば観測者の操作なしに実行中の観測を中止してドームを閉めるようになっている。

■ 雲センサー(2012 年設置)

上空の赤外線放射温度を測定する機器 AAG CloudWatcher を設置し天頂付近の空の放射温度を 1 分おきに取得している。外気温のデータと組み合わせることで雲の有無を判定することができる。自動観測システムではドームの開閉をおこなう判断材料の 1 つとして活用している。



図 2. 雲センサー（手前の白い装置）と雨滴センサー（中央から奥にかけて並んでいる装置）および気象ステーション（支柱の上に設置されている白い装置）

■ 霧センサー(2013 年設置)

観測中に到来する霧を検知し、観測機器を保護するために Optical Sensors 社の霧センサー Sten Löfving を設置し、視程を 1 分おきに測定している。霧以外にも雨滴や雪にも反応することを利用して、自動観測システムでは冬季の降雪の検知にも用いている。



図 3. 霧センサー

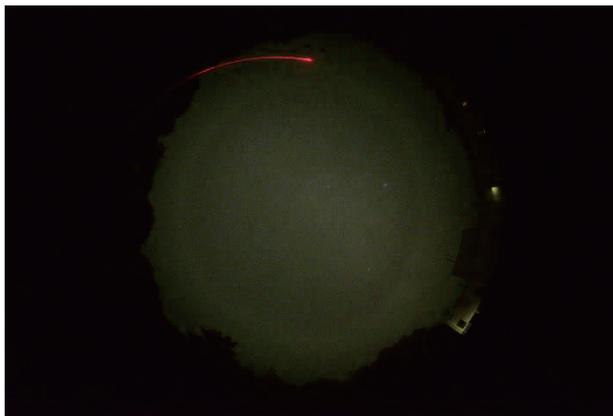


図 4. 霧発生時の様子（可視全天カメラで撮影）

■ 赤外線全天カメラ(2003 年設置)

カセグレンタイプ全天鏡(国立天文台と共同開発)と波長 8-12 μm の赤外線カメラを使った全天雲モニターで全天の雲の様子を画像データとして得ることができる。画像は 3 分おきに取得されており、過去の画像も含めて所内の Web サーバーを通じて観測者に提供される。



図 5. 赤外線全天カメラ

■ 可視全天カメラ(2012 年設置)

市販のデジタル一眼レフカメラと魚眼レンズを用いて全天の可視画像を 10 分に一度取得している。所内の Web サーバーを通じて観測者に提供される他、足立区ギャラクシティの Web サーバーにも画像を転送し一般向けにも公開している。¹



図 6. 可視全天カメラの外観



図 7. 可視全天カメラで得られた画像の例

■ その他の環境モニター

気象モニター以外にも、ドーム内および望遠鏡内の温度湿度を監視できるようセンサーが設置されており、1 分おきにデータを取得しデータベースに保存している。また、安全対策としてドーム内外や観測室、フィルター交換機構の様子をモニターするために合計 9 台の監視カメラが設置されており、観測時に異常がないかどうか、ネットワーク経由で監視することができる。

¹ <http://hoshizora.galaxcity.jp/modules/camera/>

KWFC 開発

～ 木曾観測所広視野カメラ KWFC との歩み ～

酒向 重行 (天文学教育研究センター)



木曾広視野カメラ KWFC の開発に参加した 2008 年。私はこの装置をよくある単機能な撮像装置の 1 つとして捉えていました。勿論これは私の不勉強と想像力の欠如による誤解であることが後にわかります。そして後述するように、私は KWFC とそれを取り囲む人々から多くを学ぶことになります。

KWFC は計 8 台の 2kx4k ピクセル CCD を搭載する設計です。しかし、私が開発計画に参加した時には 8 台中 7 台ものセンサが予算不足のため入手のめどがたたない状況でした。センサを無くしてカメラの開発どころではありません。これは大変な計画に参加したものだと思われ、途方に暮れる日々がしばらく続きました。ある日、土居木曾観測所所長から「すばる望遠鏡の立ち上げ時には、多くの 2kx4k CCD が製造された。そのうちの一部は性能試験に合格しなかったため、関係施設の実験室に眠っているはず。」という話を耳にしました。そこで、ホメロスの叙情詩イリアッドから忘れ去られた町トロイを再発見するシュリーマンに学べと、この未確認の情報に KWFC の未来を託すことにしました。さっそく、国内の主要な大学と研究機関に問い合わせを行いました。すると、にわかにはその伝説が事実であることがわかってきました。CCD の存在が確定すると、その所有者に CCD を木曾観測所で有効に利用させて欲しいと願い出ました。すると、多くの方々から賛同をいただき最終的に計 11 台の 2kx4k CCD が木曾観測所に新たに加わることとなりました。木曾観測所が長きに渡って日本の天文学の発展に貢献してきたその徳が、今、こうして皆様のご厚意につながったのだと感じました。特にご尽力をいただきました宮崎聡さんはじめ国立天文台すばる望遠鏡関係の皆様、佐藤修二さんはじめ名古屋大学 Z 研の皆様、川良公明さんはじめ同研究室の皆様にはこの場を借りてお礼申し上げます。

2009 年、今度は CCD の読み出しシステムの構築に

おいて予算的に厳しい状況となりました。彼が考えた結果、それまで搭載を予定していた既存の読み出しシステムを手放し、あえて独自のシステム (木曾アレイコントローラ; KAC) を新規に開発する選択をとります。勿論、新規の開発はコスト高です。しかし、当時の最先端である完全空乏型 CCD を容易に駆動できる設計としたことで、国内の多数の研究機関から協力を得ることに成功したのです。木曾観測所の征矢野隆夫さんと東大院生の加藤拓也さん (現ニコン) と共に開発を進め、KAC はわずか 2 年の期間で完成します。こうして、またしても他機関からのご厚意を受けることで開発の危機を乗り越えることができました。ただ、この共同開発は木曾観測所が長年にわたって蓄積してきた技術への信頼を無くしては成立しなかったことをここに書き留めておきます (KAC は 2014 年夏の時点で、北大、東大、広大が運用する計 4 台の装置に搭載され科学観測に用いられています)。

2010 年、この頃までには木曾観測所の青木勉さん、征矢野隆夫さん、樽沢賢一さん、三戸洋之さんのご尽力により KWFC のデュアやシャッタの製作が完了していました。そして万全な体制で始まった CCD の駆動試験でしたが、私たちが困難な状況に置かれていることに気づくのに時間は必要ありませんでした。木曾観測所に新たに集まった 11 台の CCD は、想像以上に一癖も二癖もある素性の持ち主だったので。中には、微細なボンディングワイヤが切断されていたり、なぎ倒されていたりしたチップもありました。それらを丁寧に 1 本 1 本修正していきました。木曾観測所関係者による献身的な改修と駆動試験により、ついには既存の 1 台を加えた計 8 台のチップを科学観測に使用できる水準へ到達させることに成功しました。困難はさらに続きます。特性が大きく異なる 8 台のセンサを同時かつ統合的に制御することは極めて難しく、例えるなら町の個性的な荒くれ者

たちを集めてきて世界一の野球チームを作ろうと言うようなものです。8台のチップのいずれの性能も劣化させない制御パラメータの探査が必要でした。この気の遠くなる作業に征矢野隆夫さんと加藤拓也さんと共に取り組んだ日々は忘れることができません。8台の荒くれ者たちが足並みをそろえて星の像を受けることに成功したのは2011年の春のことでした。

8台のCCDがデュアの中にずらりと並ぶようになると、KWFCへの愛着とともに自由な発想を楽しむ余裕が生まれてきます。その最たるものがKWFCのフィルタ交換機構にあります。ある日、私が作成したフィルタ交換機構の提案書を見て樽沢賢一さんが言いました。「これって、工場によくあるロボットアームでやってしまえば簡単じゃないかな」。私はその言葉に衝撃を受けるとともに、そういった自由な発想を出せなかった自分を悔みました。「それ、いきましょう」。こうして、望遠鏡が観測装置を機械的にケアするという全く新しい考え方に立ったフィルタ交換機構の開発が始まりました。産業用ロボットアームとフィルタ格納庫を、望遠鏡の鏡筒の内側に固定します。フィルタの交換時には、ロボットアームが格納庫から焦点面へフィルタを1枚ずつ運んで設置します。この斬新なシステムは予想を上回る成功と、予想に反する困難を同時に生みながら、青木勉さんと樽沢賢一さんをはじめとする木曾観測所の皆さんのご尽力により、2014年夏にはロボットアームが自らの小手先で安全ロックを解除し、腕を起用にひねりながら大型フィルタを焦点面ユニットに受け渡すという実にユニークで奇抜でエレガントなシステムが完成します。

ロボットアームを介して望遠鏡とのつながりを深めたKWFCは、その後、望遠鏡との更なる融合をめざすこととなります。2012年、これまで制御的に互いに独立な存在だった望遠鏡、観測装置(KWFC)、解析計算機、気象センサを、データベースを用いて集中的に管理する統合システムの開発が始まります。このシステムを基盤に遠隔地からの自動観測と自動解析を実現することが目的です。まず、木曾観測所の所員が中心となり、望遠鏡の駆動制御部の更新、気象センサ群の更新、データベースの整備に取り組みました。これにより遠隔自動観測に耐える高精度

でロバストな基盤ハードウェアの実現に成功しました。一方、木曾観測所の前原裕之さんと松長典之さんは自身の豊富な経験と高い技術力を活かしてインテリジェントな観測統合ソフトウェアの開発に取り組みました。そして2014年には、遠隔地から天体リストを登録するだけで、所内の観測システムが気象条件を考慮しながら最適なターゲットを選択して観測を実施する自律的な自動観測システムの開発に成功しました。また、超新星探査プロジェクトKISSチーム(代表は東大の諸隈智貴さん)と銀河面変光星探査プロジェクトKISOGPチーム(代表は東大の松永典之さん)は、取得したデータをリアルタイムに解析して変動天体の候補を抽出する自動解析ソフトウェアの開発に成功しました。このKWFC+シュミット望遠鏡による極めて効率的な広視野探査システムの誕生により、現在、木曾観測所では多数の超新星と変光星の検出に成功し続けており、世界を牽引する科学成果を挙げています。

このように、KWFCは多彩なアイデアを取り込みながら望遠鏡や観測所設備と有機的に結合していきました。そして現在の木曾観測所は、木曾の大自然の中、KWFCという網膜とシュミット望遠鏡という水晶体を持つまるで1つの生命体のように振る舞いながら、日々、科学的成果を挙げ続ける存在となりました。この6年間、KWFCがそれを取り囲む人々と共に見せた展開は、当初の私が持っていたスコープを遥かに超えており、そうした中に当事者の1人として参加し貢献できたことは、観測天文学と装置開発に従事する研究者としての冥利に尽きます。このような貴重な環境を与えていただいた木曾観測所と関係の皆様には深い感謝を申し上げます。

木曾観測所はKWFCを軸とした広視野観測を進めながら、次期観測装置である超広視野高速CMOSカメラの開発を開始しました。このカメラは実にユニークで奇抜でエレガントな観測装置です。広視野高速天文学という新しい分野の先駆けとなるでしょう。このカメラの実現にはKWFCの開発で木曾観測所が手にした豊かな発想と確かな技術の適用が必要です。これからの数年間をまた、超広視野高速CMOSカメラと木曾観測所のメンバと共に歩むことができることを嬉しく楽しみに感じています。

リモート観測と自動観測の実現を目指して

～ スマホで何処からでも観測 ～

前原 裕之（木曾観測所）



木曾観測所の105 cmシュミット望遠鏡を使った観測は、暗い中ドームの中で観測するか、ドームの隣の観測室で観測するか、あるいは本館の観測室から観測するかの違いはあっても、観測所に来ること必須であることには変わらない。しかし、現在の天体観測は、望遠鏡や CCD などの観測装置を制御する計算機を用いて行われているので、計算機をネットワークにつなげて遠隔地からの観測を実現するというのは、自然な流れといえる。木曾観測所では2014年度後半をめどにリモート観測および自動観測を共同利用研究者にも公開することを目標に観測システムの開発整備を行っているところである。ここでは現在の途中経過を簡単に報告する。

遠隔地からの観測や自動観測を実現するにあたっては、観測できる天気なのかどうかをどのようにして判断するのが問題となる。特に自動観測の場合は気象データだけから観測できるかどうかを判定し、悪天候時には観測者の操作によらずスリットを閉めて観測を中止するといった安全対策が必須である。これには KWFC 導入と同時期に整備された気象観測機器が威力を発揮している。これまでに2年以上にわたって気象観測データが蓄積されてきたことから、どのような観測条件の時に観測が行われているか、解析や研究に耐える観測データが取得されたのかを、気象観測データと対比することで、それまで観測者が時々空の様子を見て観測できる天気かどうか判断していたものを、気象観測データだけに基づいて観測できる状態なのかどうかを判断することが可能となった。リモート観測用に開発した観測条件自動判定システムでは、(1) 雨滴センサ、(2) 空の放射温度、(3) 湿度、(4) 霧センサによる視程のデータに加えて、その時間の太陽高度を計算するこ

とで、観測できる状態かどうかを判定している。このシステムは、松永さんが木曾観測所の研究員をされていた時に開発された観測用のキューシステムと連動しており、観測中に天気が悪くなると自動的にスリットを閉めて観測キューを中断させることができるほか、天気が回復した場合には自動的にスリットを開けて観測キューを再開することや明け方薄明の時間に観測を自動停止しスリットを閉めることも可能である。

リモート観測では気象条件など観測できるかどうかの判断の自動化などが遠隔地の観測者の操作なしに行われることもあり、従来のように観測者が望遠鏡の状態を確認しながら装置の操作を行うよりは、全自動で観測が進むようにしてしまった方が不用意な操作等もなく安全である。そこで、撮影する天体の名前や座標、使用するフィルターや露出時間等の観測パラメーターといった情報を予め登録しておき、観測できる条件になった時に自動的に観測を行うシステムも構築した。このシステムは観測パラメーターを登録する Web ベースのユーザーインターフェースと、登録された情報をもとに観測できる条件等を判定して観測キューシステムにキューを自動登録するプログラムからなる。前述の通り観測キューシステムと観測条件の自動判定システムが連動していることから、観測者が事前に登録した情報に基づいて観測できる天体を選び、その天体を観測するキューを自動的に生成・登録することで、観測者の操作なしに観測を行うことができる。観測中に高度が低くなって観測できない天体は観測しないよう、キューは定期的に更新されるようにしている。このほか、登録されている観測リストから、夕方の観測前にその晩に観測する予定の CCD の読出しモード、フィ

ルーターの組み合わせで、また明け方にその晩に観測した CCD の読みモード、フィルターの組み合わせでそれぞれ自動的に BIAS, DOMEFLAT を取得する仕組みも導入した。全自動観測は今まさにテスト観測中であるが、これが本格的に導入されれば、事前に観測に必要な情報を登録しておくだけで、観測者は何もせずとも観測が行われるようになる。

遠隔地の観測所では得られた観測データをどのように観測者に送るかということも重要な問題である。2013 年まで木曾観測所と外部とを結ぶネットワークは木曾広域 CATV の回線であったため、特に観測所から外部への帯域が狭く、KWFC 生み出す大容量のデータを観測時間内に転送するのは不可能であった(三鷹の SMOKA ヘータを送るのも HDD にデータをコピーして人が運搬していた)。しかし、2013 年の年末に光回線による接続に切り替わり、観測データをネットワーク経由で外部へ転送することが可能となった。このため、観測した天体のデータや BIAS, FLAT などのキャリブレーション用のデータの FITS ファイルを検索してダウンロードするための Web ベースのシステムを作成した。プロポーザルごとに発行されている ID、パスワードを使ってアクセスし、自分の観測研究課題に関連するデータのみをダウンロードできるようになっている。また、より簡便に撮った画像を確認するために、クイックルック画像を表示する Web ページも作成した。この Web ページでは FITS 画像を JPEG 画像に変換して Web ブラウザで見ることができ、各チップのカウントのヒストグラムや最大値、最小値、平均値等の統計情報も見ることができる。撮影後 1 分程度のタイムラグはあるが、わざわざ FITS ファイルをダウンロードしなくても画像が正常に撮れているのかを Web ブラウザから確認できるため、観測状況の把握をしやすくなっている。

木曾観測所は共同利用を全国の大学や研究機関の研究者から受け付けているため、専用の望遠鏡と異なり、観測システムへの接続はインターネット経由でどこからでも行える必要がある。外部からセキュ

リティを確保した上で観測システムに接続するために、2013 年に VPN ルーターを導入した。観測所と外部を結ぶネットワークが高速化されたこともあり、VPN 接続でもほとんど観測所内と遜色なく観測に必要な情報へのアクセスや観測情報の登録、観測データのダウンロード等を行うことができる。また、これらすべては Web ブラウザを用いて行えるため、スマートフォンやタブレット PC などからも観測が可能となっている(図 1)。

観測の自動化やリモート観測への対応はまだ始まったばかりであるが、実際にテスト観測で使ってみると、KISOGP や KISS のような大規模サーベイ観測には特に向いており、観測者の負担軽減や観測時のミスの防止などにも効果があると感じている。今後は共同利用での公開が始まって本格的に運用されていく中で、ガンマ線バーストや将来的な重力波対応天体などの突発天体に対する自動即応観測など、さらに改良を加えていきたいと思う。

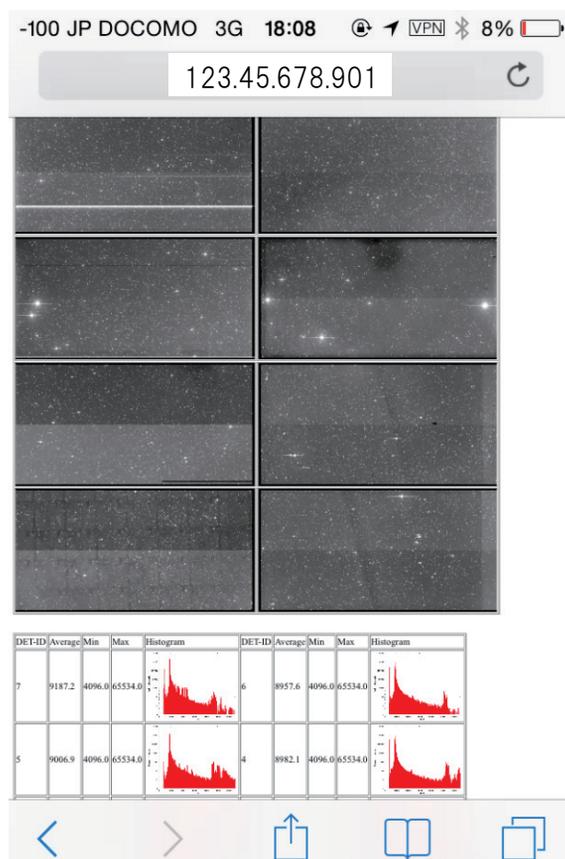


図 1. iPhone から撮像した画像の確認

超新星サーベイ Kiso Supernova Survey (KISS)

～ 世界と競うショックブレイクアウト検出 ～

諸隈 智貴 (天文学教育研究センター)



本稿では、2012年4月より開始した超新星探査 Kiso Supernova Survey (KISS)のこれまでを振り返りたいと思います。

私がポスドクをしていた国立天文台から東京大学・天文学教育研究センターへうつったのは2010年の夏のことでした。最終段階に差し掛かった KWFC の開発のお手伝いをする事になり、いよいよ観測データを用いた性能評価を行い、共同利用観測装置として公開へ、というタイミングでした。また、国立天文台・光赤外研究部・2008年末研究会で富永望くん(当時光赤外研究部所属)のショックブレイクアウトの発表がきっかけで、すばる望遠鏡の Suprime-Cam でのショックブレイクアウト観測を提案し始めるとともに、新しい広視野カメラ Hyper Suprime-Cam(HSC)を使ったすばる戦略枠観測での詳細検討を始めた時期でもありました。(そう思い込んでいたのですが、研究会プログラムを見返してみると、富永くんの話は金属欠乏星の話だったので、どうしてショックブレイクアウトの研究をいっしょにやろう、ということになったのか、今となっては謎です・・・)そんなところに、KWFC ができたら大規模な観測所プログラムを実施しましょう、という話があり、HSC でも一緒に検討を進めていた田中雅臣くん(当時東京大学 IPMU 所属)にも加わってもらったのが2011年の夏、もう3年前のことになります。

超新星爆発の、爆発のその瞬間とも言えるショックブレイクアウトの観測的研究は、謎に包まれた星の一生の最期の姿を知るための良いツールであるという科学的なモチベーションはもちろんのこと、まだ誰もまともに見たことがない(S/Nのいいきれいなデータはまだありません)爆発の瞬間を世界で初めて見てみたい、という興味もあり、格段に視野の広がった新しいカメラで、ショックブレイクアウト

の観測をしよう、という決断に至るまで、そう時間はかかりませんでした。超新星の観測は、すでに複数のプロジェクトが、小口径の望遠鏡を占有的に使って観測を進めていたこともあり、世界で最大の視野を持つカメラの一つとなる KWFC を持っていても、ユニークな結果を出すことはそう簡単ではない、せつかくなら”とがったこと”に特化したサーベイをやろう、と、我々3人が共通の認識を持っていたこともそうですが、この野心的な提案を受け入れてくれた観測所の方々の理解もあり、世界で初めて、超新星ショックブレイクアウトを研究するために最適化したサーベイを行うことになりました。サーベイの名前も、田中くんの発案で、彼の好きなロックバンドでもある KISS=Kiso Supernova Survey にあっさり決めました。ショックブレイクアウトを見つけた暁には、何かグッズでも作りたと思っています。

KISS、そしてもう一つのプロジェクト KISOGP には、それぞれ年間約100晩の観測夜が割り振られることになりました。そのような大規模な観測は、大学院生の頃からすばる望遠鏡その他の大規模プロジェクトに混ぜていただいていた私にも経験のないことで、初めのうちはやってくる大量なデータの処理に追われる日々が続きました。机上の計算では1ヶ月に数個は超新星が見つかるはずでしたが、2012年4月のサーベイ開始後、約1ヶ月が経過しても、まだ一つも超新星が見つからないことに、我々3人、口には出さないまでも焦りを感じていました。そんな時期に、最初の超新星 SN 2012cm を2012年5月13日の晩に発見、これが偶然にも16等級台と明るい超新星(これまでKISSで見つけた超新星の中で最も明るい)で、広島大学かなた望遠鏡による分光観測でIa型の超新星だとわかったときは、うれしさよりもほっとした気持ちの方が勝っていました。当時

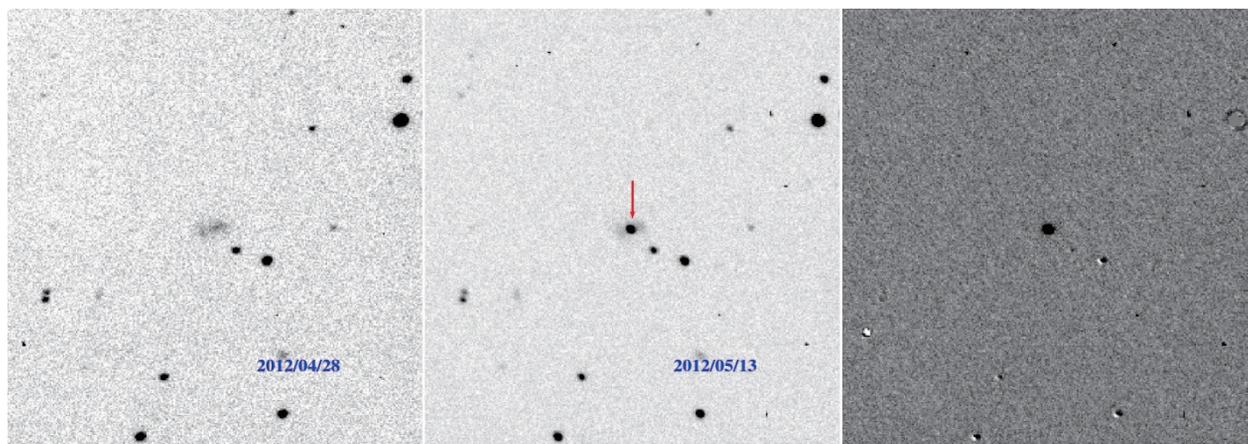


図1. 最初に見つけた超新星 SN 2012cm の発見画像。左から 2012 年 4 月 28 日の画像、2012 年 5 月 13 日の画像、これらを引き算した画像である。新しく明るく輝く天体が 2012 年 5 月 13 日の画像に写っており、引き算の画像にも残っている。

甲南大学 4 回生の森頭彰さんと 4 人で、二本木の湯で温泉につかりながら、SDSS の画像を参照画像として使う、という大きな決断をしたことのもちょうどこの頃で、以後、安定して超新星候補を見つけることができるようになりました。PC に向かってデータ解析パイプラインを作っている真っ最中だった時期で、凝り固まっていた頭をリラックスさせることができた温泉の効能は大きかったかもしれません。

こうしてかなりの部分が自動化できたとは言え、大量に産み出されるデータの流れに溺れそうになるという状況自体は実はさほど改善されていませんでした。私が 2007 年に仕上げた博士論文では、すばる望遠鏡 Suprime-Cam のデータを使って超新星等の時間変動天体の研究をしたのですが、当時、引き算画像上に残ってしまう大量の”ゴミ”に大変悩まされた経験がずっと頭にあり、大きなサーベイをやるのはいいが、”ゴミ”に埋もれる毎日はずらい、どうかしないといけないがどうすればいいのか、という悩みをかかえていました。そんな日々光明が差したのは酒向さんの「アマチュア天文家への協力依頼」の提案、そしてその結果得ることができたたくさんの方々のアマチュア天文家の方々からのボランティア協力でした。夜遅くまで候補天体チェックをしてくださることはもちろん、我々にかけてくださる暖かい励ましの声に大変感謝しております。

サーベイ開始後わずか 2 ヶ月で初期成果に関する記者会見を、それも木曾で行ったことも記憶に強く残っています。予想以上にメディアの方々に取り上

げていただき、とりわけ NHK 長野放送局の方々にはその後も「知るしん。」、そしてドラマ「木曾オゾン」で我々の取り組みを面白みのある物語として全国へ紹介してくださいました。

このように、KISS は我々研究者だけでなく、いろいろな人に支えられて成り立っているわけですが、僕たちのこの取り組みは「物語」のままにはいけない、と改めて強く思います。我々 3 名の”ボード”メンバー(いつしか自分たちのことをおふざけでそう呼ぶようになりました)と数人の大学院生、大学生を主力メンバーとして進めてきた KISS。偉い”先生”(富永くんは准教授先生ですが...)が中心メンバーにいない中で非常に自由にやらせてもらっています。それだけにきちんと成果を出してそれに応えたい、という気持ちが強く、この 3 年間、かなりの研究時間を KISS に費やしてきました。詳細は富永くんの稿に書かれることと思いますが、木曾のシュミット望遠鏡で見つけないと本当の意味でショックブレイクアウトを理解したことにはなりません。大変難しい試みであることは、プロジェクト開始当時からわかっていたことではありますが、国際共同研究の枠組みでも、2014 年に入り、KISS の高頻度観測を生かしたおもしろい天体もいくつか見つかった等、科学的な成果を出せそうな時期になってきました。あとは、ショックブレイクアウトの発見が、まだ足りないラストピースでしょうか。

近くから遠くを探る

～ 木曾シュミットで見つけてこそ ～

富永 望 (甲南大学理工学部)



超新星爆発は星が一生の最期に起こす宇宙最大の爆発である。その爆発は宇宙進化の原動力であり、宇宙誕生時には存在しなかった炭素、酸素などの重元素を供給した。それだけでも重要な天体であるが、それらは非常に明るいことから宇宙そのものの研究にも用いられている。例えば、Ia型超新星を用いた宇宙の加速膨張の研究にノーベル物理学賞が与えられたことは記憶に新しい。

その中でも、我々は爆発直後一日程度の間に起こるショックブレイクアウトという現象に注目している。ショックブレイクアウトは1970年代に理論的に提案されたものの長年検出されず、2008年に初めてSwift衛星、GALEX衛星によるX線、紫外線観測が報告された現象である。我々は光と物質の相互作用を取り扱える輻射流体計算を用いて、その観測を再現する理論モデルを提出した。その結果、ショックブレイクアウトを用いるともっとも普遍的な超新星爆発が赤方偏移2を超える遠方まで観測可能となることが明らかとなった(これまでの限界は赤方偏移0.9である)。そこで、我々はすばる望遠鏡の新装置 Hyper Suprime-Cam を用いた遠方超新星の観測を提案している。

しかし、実はすばる望遠鏡を用いた観測だけでは十分ではない。というのは、ショックブレイクアウトの観測は2008年に報告された3例のみであり、その3例もX線、紫外線の観測で観測限界に近く精度がそれほど高くない。そのため、観測を再現する理論モデルを構築したとは言っても、非常に大きな誤差をもつ観測を再現したに過ぎない。さらに、輻射流体計算は非常に難しい計算であり、(もちろん正しいと思って計算しているわけだが)その理論計算を観測的に検証する必要もある。

理論計算の検証のためにはより観測の容易な近傍

天体の詳細観測が求められる。例えば、すばる望遠鏡で狙っている天体の明るさは24-27等であり、その追観測にはすばる望遠鏡と同程度の大きさの望遠鏡が必要となり臨機応変な観測体制の構築は難しい。近傍天体であれば、現在稼働中の多数の望遠鏡で追観測が可能となり、その中にはガンマ線バーストを対象とした即時追観測を得意とする望遠鏡もある。さらに、近傍天体はショックブレイクアウト後も継続的に観測可能であり(近傍天体の場合、可視光域ではショックブレイクアウトの方が暗い)、これまで多数行われてきた超新星爆発の観測とショックブレイクアウトの観測との関係も明らかにできる。ここで得られた関係は、ショックブレイクアウトでなければ超新星爆発を観測できない遠方宇宙でも近傍宇宙と同様に超新星爆発の性質を導くことを可能にする。

一方で、近傍天体を狙うということは、距離方向に探査体積を増やすことができず立体角方向に探査体積を増やす必要があることを意味する。それには広視野の望遠鏡・装置が必要であり、世界でも有数の広視野を誇る木曾シュミット望遠鏡/KWFCは近傍ショックブレイクアウトの検出に最適の観測装置である。そこで、我々はショックブレイクアウト検出を可能とする高頻度超新星探査観測 Kiso Supernova Survey (KISS)プロジェクト(諸隈さん記事参照)を推進している。

Ia型超新星の場合も、最初から遠方天体を観測していたわけではなく、近傍天体を用いてその素性を明らかにすることが必須であった。木曾シュミット望遠鏡は今後も近傍天体の検出と他望遠鏡と協力した詳細追観測によって遠方宇宙研究に貢献していくだろう。

KWFC 銀河面変光天体探査 KISOGP

～ 銀河系円盤の変光天体掃討作戦 ～

松永 典之 (東京大学 天文学専攻)



我々が住む太陽系は、銀河系と呼ばれる渦巻き銀河に属している。銀河系は、宇宙に数えきれないほどある銀河の中でごくありふれた銀河のひとつであるが、我々人類にとって、そして宇宙物理学の研究にとって、唯一無二の存在である。銀河はそれぞれ数千億個の星が集まったものであるが、銀河系では恒星ひとつひとつを観測できるため、その構造や進化を詳しく調べることができる。数十メガパーセク程度までの比較的近い銀河ならば明るい星を観測することも可能だが、それより遠くなると超新星爆発(恒星が最後に起こす大爆発)のような特殊な現象でしか個々の星を認識することができない。太陽のようなごく一般的な星を観測することができるのは、銀河系とごく近傍にあるたかだか数十個の銀河に限られる。

銀河系はこのような特徴によって、そのみならず、宇宙全体の進化を探るために他にないターゲットとなっている。たとえば、宇宙の初期に原初的なガスから生まれた星(いわゆる種族 III の星)を探せるのも銀河系内である。1990年代からさかんに行われている探査では、重元素を全くもたない星は見つかっていないものの、宇宙初期の物質進化について数多くの知見がもたらされている。また銀河系は、銀河の構造と進化の研究においても、個々の星の形成・進化のような小さなプロセスから銀河全体の進化プロセスまでを同時に調べることができる重要なターゲットでもある。

我々は、特に銀河系の骨格をなす円盤部に注目している。天の川と呼ばれるその領域には、銀河系の大部分の星とガスが集まっている。特に、1950年代以降の電波天文学の発展により、円盤部のガス分布が調べられるようになり、銀河系が渦巻銀河であることがわかっていく。一方、円盤部の星の分布を銀河系スケールの広い範囲について調べることは容易ではない。その大きな原因は、銀河面円盤部に主に存在するダスト(固体微

粒子)によって減光が起こるために、銀河系の中でも太陽から遠方の天体は可視光線で観測することが難しくなることにある。またガスの場合は、そのほとんどが銀河回転に沿って動いていることを利用して、運動から円盤中の位置が推定できるのに対し、星の場合は円盤内でも様々な運動をもつものが混在しているため、観測から星の分布を再現することは容易ではない。そこで、我々が星の分布を調べるのに利用するのは、セファイドやミラと呼ばれる脈動変光星である。これらの星は周期光度関係をもち、それによって個々の変光星までの距離を精度よく求めることができる。このため、円盤内に存在する変光星の観測を進めれば、各種の変光星に代表される星の分布を知ることができる。ただし、変光星の観測でも、やはりダストによる減光は問題となる。実際、これまでの変光星探査は太陽系に比較的近いところに限られていて、銀河系全体の星の分布を調べるには不十分であった(図1)。天の川という広い領域の変光星探査を一般に視野が小さい CCD カメラで行うことは難しく、これまでに知られていた変光星の多くが写真乾板で見つ

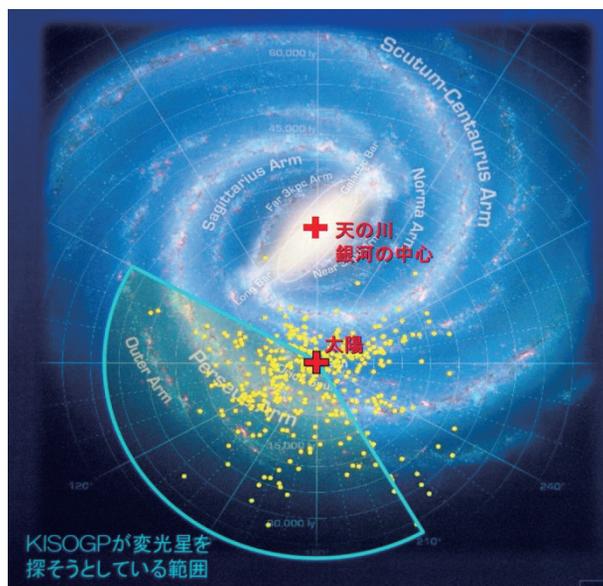


図1. KISOGP が変光星を探そうとしている範囲

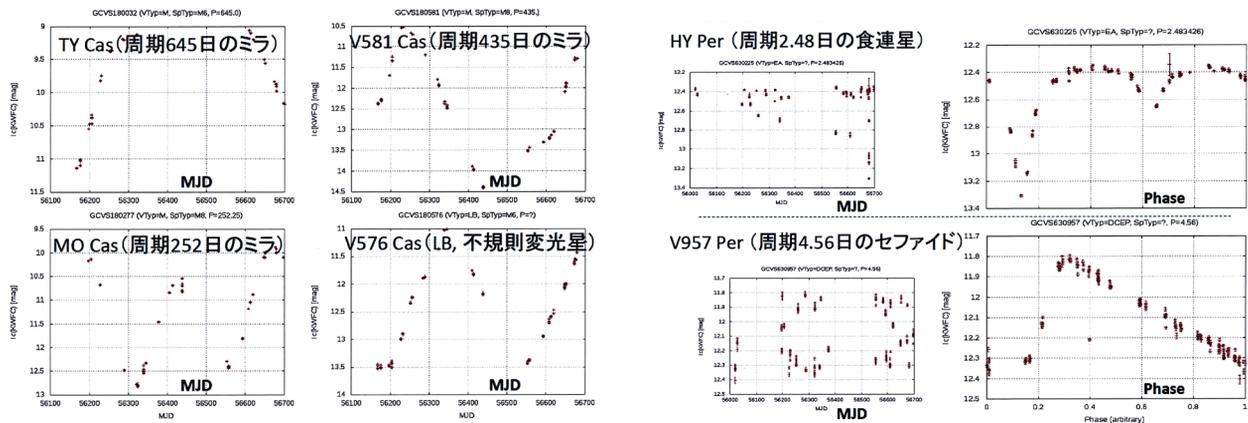


図2. ライトカーブの例（既知の天体）

かっていたということも、変光星探査がまだまだ不十分であることを物語っている。

そこで、2011年に完成した木曾超広視野カメラ KWFC の視野の広さを活かし、銀河系円盤部の変光星探査を開始することにした。目的のひとつは、もちろんセファイドやミラのような脈動変光星を数多く発見し、銀河系の構造を調べることである。一方、円盤部には脈動変光星だけでなく多種多様な変光天体が存在する。たとえば、円盤部に多く存在する星形成領域の若い天体は変光することが知られており、また古典新星のような突発天体も星の多い円盤部で発見されやすい。そこで、銀河系円盤の多種多様な変光天体を包括的に発見・観測しようという目的で、銀河面の広い領域を繰り返し観測するプロジェクト(KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane=KISOGP)を立ち上げた。観測領域は、銀河面に沿って銀経 60 度～210 度の範囲に KWFC の 80 個分の視野を並べた合計 320 平方度である(図1)。この領域中では、これまで約 1200 個の変光星が報告されている。星間減光が比較的小さくなる I バンドを用い、各視野 1 回あたりの観測では I=17 等級でも精度の高い測光(信号雑音比 30 以上)ができるように露光を行う。主な目標とする脈動変光星は、セファイド型変光星(絶対 I 等級=-3.5)、ミラ型変光星(絶対 I 等級=-4)、RR ライリ型変光星(絶対 I 等級=0)などである。銀河系の外縁方向での典型的な星間減光量を考えると、限界等級 I=17 等の探査を行うことで、ミラ・セファイドについては太陽系から 20 キロパーセク、RR ライリ型変光星については太陽系から 5 キロパーセクくらいまでの範囲にある天体を探査できる。新星・

矮新星についても、I=17 等という深さの探査はほとんど行われていないので、これまで見つからなかったような天体の発見が期待できる。

2012年4月に観測を開始し、2013年度までの2年間の観測が終わったところで、各領域 25～30 回程度の観測が順調に進んでいる。我々のこれまでの解析で、I バンドの振幅が 1 等級以上で、変光のタイムスケールが長いミラ型変光星候補天体を約 500 個検出した。その 9 割程度が、これまでに変光の報告されていない新発見の変光星であった。また、既知の食連星や X 線連星、YSO 天体(FU Ori 型など)の変光も多くとらえている。今後、振幅が 0.05 等級程度まで小さい変光星を含めて 5000 個以上の新しい変光星が見つかると考えられる。

脈動変光星に限って言えば、銀河系の変光星探査はある意味では一回きりの人類のプロジェクトである。我々が存在している銀河にある変光星を全て同定できたとすれば、その時点で変光星の分布などから研究を進めるための天体リストが揃うことになる。実際、Gaia 衛星など現在進んでいるプロジェクトによって、5 年後 10 年後には銀河系の多くの変光星が見つかると思われる。KWFC の稼動により、時代に先駆けて北半球の銀河面にある多くの変光星を見つけることで、われわれの銀河系を理解するという人類の一大プロジェクトに参加することが可能になったと言える。

木曾観測所の教育活動

～ 社会に開かれた研究機関をめざして ～

三戸 洋之 (木曾観測所)



東京大学木曾観測所では、研究成果の社会への還元と、研究活動に対する社会からの理解と協力をめざして、さまざまな教育活動をおこなっています。1974年の開所当時から、「観測所特別公開」、「出張観望会」、「観測所見学」がはじまり、その後、90年代半ばからは「天文学特別授業」、2000年前後からは、高校生を対象とした「銀河学校」、「星の教室」などがはじまり、現在までつづいています。

「星の教室」は、おもに長野県内の高校生を対象とする1泊2日の実習で、年間5、6回開催しています。実習テーマは「宇宙の年齢をもとめる」です。この実習では、知識を与えるのではなく、生徒たちの力で考えさせ、結果を導き出させることに重点をおいています。生徒たちは、5、6名の班の中で、活発に議論し、思考をすすめます。これまで、長野県内の理数科のある高校、SSH指定高校、その他都市部の高校を中心として、16校が参加しました。2004年、2005年は中学生向けの実習も開催され、7校が参加しました。

「銀河学校」は、中学3年生と高校生を対象とする3泊4日の実習で、毎回全国から30名ほどが集まり、シュミット望遠鏡を使った観測、観測したデータのコンピューターによる解析、研究成果発表などを行います。2014年までに、431名の生徒が参加しました。卒業生の中には、その後、天文学の研究に進む人もいますが、多くの方は、この実習で得た経験を財産にして、製造業、IT業、運輸業、教員、一般公務員、医師など、さまざまな分野に進路をとっています。卒業生たちは実習終了後も、共に銀河学校に

参加した、という仲間意識を強く持ち続け、自主的に同窓会活動や、教育研究活動なども行われています。

これらのほかに、「出張観望会」、「天文学特別授業」、「観測所見学」など、木曾郡内から長野県外まで、小学生から一般まで、広範囲にわたる人たちを対象に教育活動を行っています。

しかしながら、われわれが直接、社会の人たちに、天文学をはじめとする科学に対する理解を深めてもらう活動には限界があります。そこで、学校教員や、報道メディア、自治体などを通じて、間接的ながらも広範囲にわたって、社会に発信する広報活動も行っています。2014年1月22日にNHKで全国放送された、ドラマ「木曾オリエオン」は、これらの活動が結実したものと言えます。全国のたくさんの方々に、ドラマのモチーフとなった木曾観測所の活動を知っていただけたことで、天文学をはじめとする基礎科学に対する理解を深めていただけたと考えています。



図1. 銀河学校2013: 全国から、およそ30名の高校生が集まり、3泊4日の実習を行います。

教育活動のあゆみ

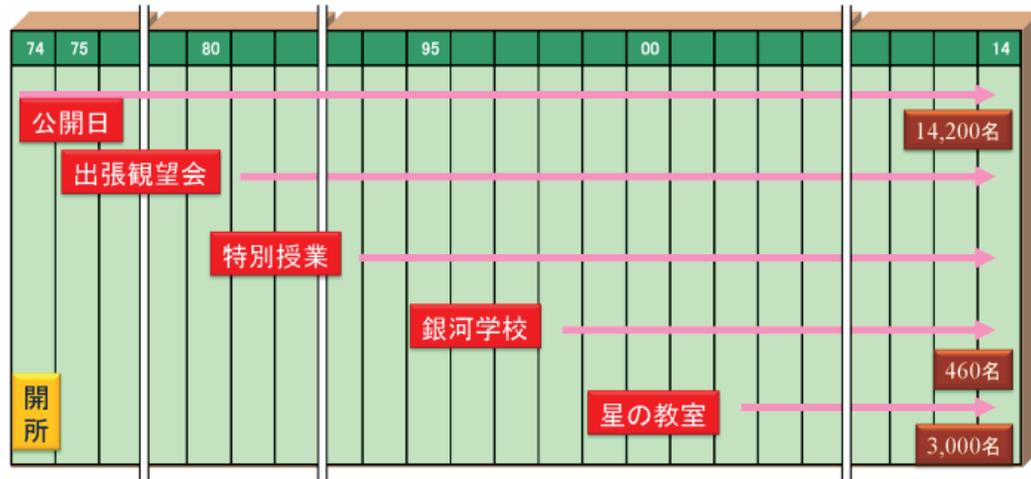


図 2: 1974 年の開所よりつづいている「公開日」は、これまでの 40 年間でのべ 14,200 名の参加者がありました。「銀河学校」は 1998 年よりはじまり、全国の高校生が、これまでおよそ 431 名参加しています。「星の教室」は 2002 年よりはじまり、主に長野県内の高校生が、これまでおよそ 3000 名参加しています。

銀河学校の参加者分布

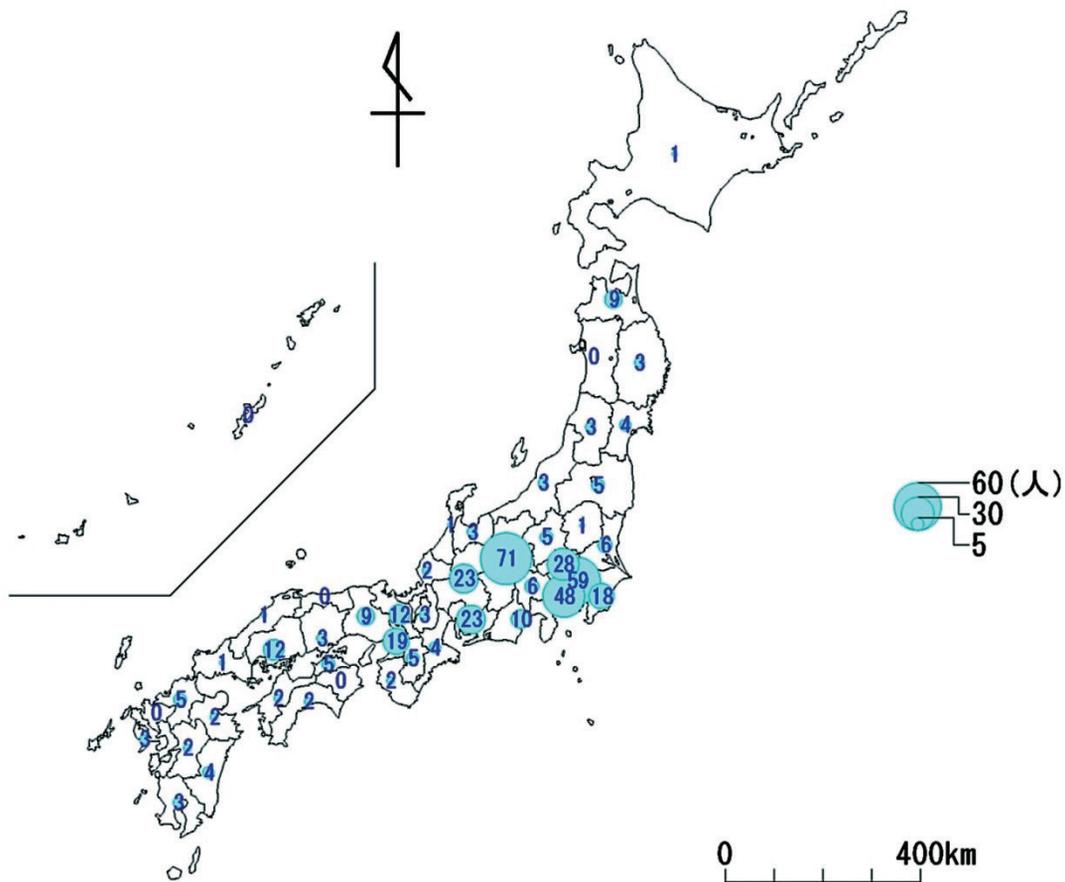


図 3. 1998 年の第 1 回から、2014 年の第 17 回まで、のべ 431 名の参加者がありました。参加する生徒は、長野県付近に強く偏ることなく、北海道から鹿児島まで、全国に広く分布しています。銀河学校は、全国の生徒に、天文学、科学の研究体験の機会を与えています。

教育活動の運営体制

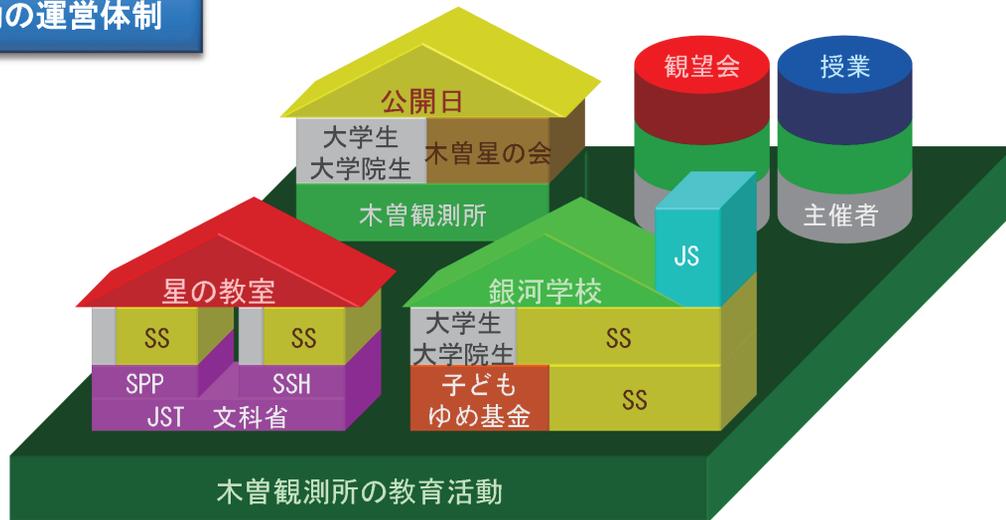


図4. それぞれの活動をあらわす積み木の1階部分は活動の財源、2階部分は活動をすすめる人材を表しています。星の教室は、JST(科学技術振興機構)によるSSH、SPP活動の一環として、SS(NPO 法人サイエンスステーション)に所属する学生の協力を得て、すすめられています。銀河学校は、国立青少年教育振興機構による「子どもゆめ基金」や SS からの援助を受け、SS、その他の学生の協力を得てすすめられています。参加者の一部は、日本天文学会ジュニアセッションにおいて、発表を行っています。公開日の開催にあたっては、木曾観測所に縁のある大学生、大学院生や、木曾星の会のみなさんの協力をいただいています。その他、出張観望会、天文学特別授業も、主催者と協力して行われています。

教育活動の対象範囲

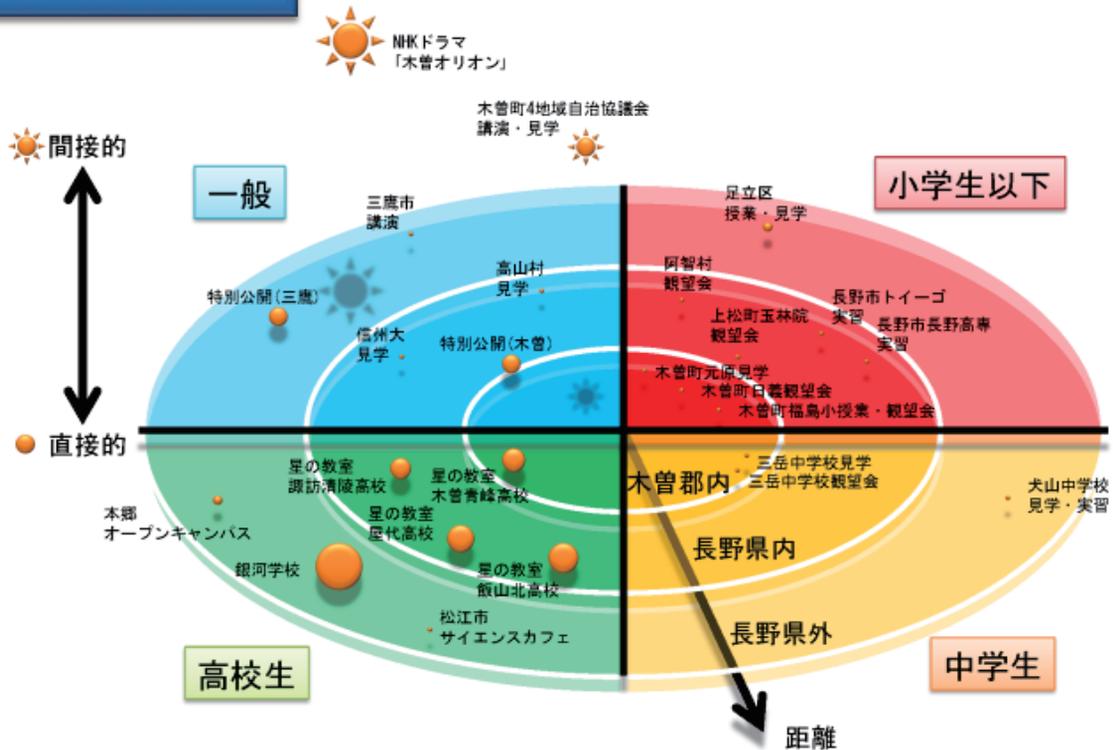
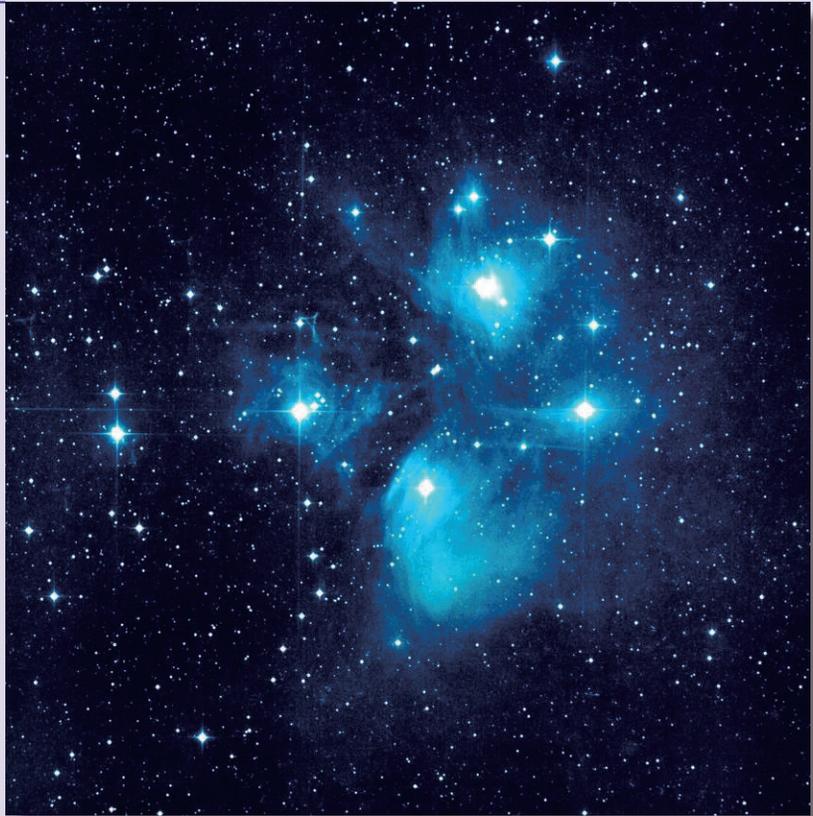


図5. 2013年度に行われた活動の対象範囲を、中心から半径方向に、観測所のある木曾郡、長野県内、長野県外と距離ごとに分け、回転方向に年代ごとに分けて範囲をしめています。各活動を表す丸の大きさは、おおよそ、参加者数と活動時間をかけあわせた値(人・日)に比例しています。

木曾観測所の教育活動は、小学生から一般まで、木曾郡内から長野県外まで、広範囲にわたって行われていることがわかります。特に、銀河学校、星の教室など、高校生を対象とした教育活動に大きな重点がおかれています。

直接的な教育活動とは異なり、間接的な活動(教員、自治体などを対象とした)は、円盤の上に印を変えて表しています。NHKドラマ「木曾オリオン」は、多くの人たちに、木曾観測所の様子を知ってもらえる機会となりました。



第2章 木曾観測所

Kiso Observatory

歩

木曾観測所年表
木曾 105cm シュミット望遠鏡建設
105cm シュミット望遠鏡
105 cmシュミット望遠鏡内部構造
主鏡蒸着作業
105 cmシュミット望遠鏡制御系の変遷
105 cmシュミット望遠鏡 ドーム
30 cm望遠鏡 (K.3T)
夜天光観測室

『木曾シュミットの建設と木曾
観測所の開設』 岡村 定矩
『シュミット望遠鏡が一番
小さかった頃』 中田 好一

プレアデス星団 (M45) : おうし座にある年齢約 8000 万年の若い星の集まりである。日本でも「すばる」と呼ばれその美しさが讃えられてきた。この星々は星間ガスでとり囲まれており、ガス中の個体微粒子が星の光を散乱し、反射星雲として輝いている。反射星雲の色が青いのは、空の色が青く見えるのと同じで、星の光のうち青い成分ほどよく散乱されるためである。肉眼で見えるのは6個ほどだが、暗い星まで含めると120個ほどの星がある。直径約1.7光年、距離約410光年である。

撮影日：1988年11月14日、撮影番号：K5965、乳剤：コニカSR1600、フィルター：なし、現像：ハイコンII 1:1 6分

木曾観測所年表

1970—1979

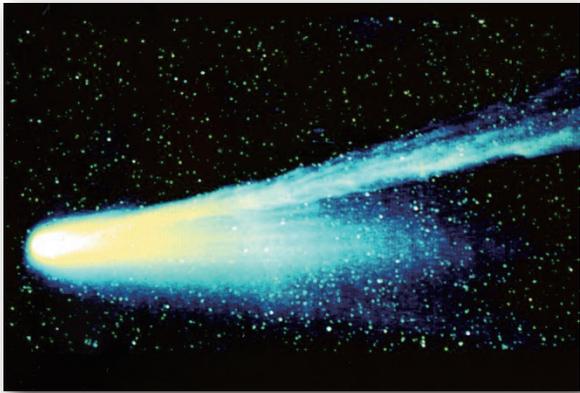
- 1970年 候補地選定調査
- 1971年 第1回東京大学木曾天文台協力会
- 1972年 竣工式
- 1973年 主鏡蒸着
第2回東京大学木曾天文台協力会
第3回東京大学木曾天文台協力会
- 1974年 開所式
第4回東京大学木曾天文台協力会
- 1975年 試験観測開始
- 1976年 ウェスト彗星出現
第5回東京大学木曾天文台協力会
- 1977年 高速精密旋盤
GL-120(江黒製作所) 導入
第1回シュミットシンポジウム
上松職員宿舎完成
- 1978年 105 cmシュミット望遠鏡本観測開始
第2回シュミットシンポジウム
第6回東京大学木曾天文台協力会
- 1979年 木曾御嶽山噴火
第3回シュミットシンポジウム



1979年、木曾観測所から見た大きく噴煙を上げる御嶽

1980—1989

- 1980年 第4回シュミットシンポジウム
第7回東京大学木曾天文台協力会
- 1981年 第5回シュミットシンポジウム
- 1982年 第8回東京大学木曾天文台協力会
- 1983年 オートガイダー導入
- 1984年 主鏡蒸着
シュミット望遠鏡オートガイダー導入
シュミット望遠鏡ドームスリット駆動
用マスターシリンダー交換
長野県西部地震 M6.8(震源地:観測所か
ら距離 14 km の王滝村地下 2Km)
シュミット望遠鏡、ドーム、道路等被害
- 1985年 画像処理室増築
画像処理システム稼働
PDS マイクロデンシトメーター2020GMS
(パーキンエルマー社) 導入
画像処理計算機導入
ハレー彗星観望会開催
第9回東京大学木曾天文台協力会
- 1986年 ハレー彗星回帰
- 1987年 シュミット望遠鏡制御系改修
CCD (RCA) カメラによる初観測
第10回東京大学木曾天文台協力会
- 1988年 東京大学東京天文台国立天文台に改組
東京大学理学系研究科附属天文学教育
研究センター木曾観測所となる
- 1989年 No.1 タレット型フライス盤 KSJP-55(牧
野フライス製作所) 導入
木曾観測所スライドセット「遙かなる宇
宙へ」(70コマ)出版
第11回東京大学木曾天文台協力会



1986年、76年ぶりに到来したハレー彗星

1990—1999

- 1990年 主鏡蒸着
- 1991年 1KCCD 公開
主鏡純水洗浄
ビジター室プレハブ
第12回東京大学木曾天文台協力会
主鏡蒸着
- 1992年 2列×8個（1KCCDチップ）モザイクカメラ完成
- 1993年 夜天光観測室 30cm望遠鏡 μ -300（高橋製作所）導入
木曾シュミットが拓いた天文学シンポジウム
第13回東京大学木曾天文台協力会
- 1994年 シュミット望遠鏡ドーム旋回用ギヤー交換
KISO シュミットアトラス出版（丸善）
銀河ワークショップ
- 1995年 第14回東京大学木曾天文台協力会
- 1996年 KONIC 公開
夜天光観測室ドイツ式赤道儀 25E（昭和機械製作所）導入
百武彗星出現
百武彗星観望会開催
- 1997年 KONIC 公開

- ヘールボップ彗星出現
- ヘールボップ彗星観望会
- 第15回東京大学木曾天文台協力会

- 1998年 2KCCD 公開
構内地下電力ケーブル更新
過冷却雨による停電2日間
第1回銀河学校
- 1999年 主鏡水洗浄
木曾観測所25周年記念式典
木曾観測所ふるさと切手発行
第16回東京大学木曾天文台協力会
第2回銀河学校



1999年、木曾観測所ふるさと切手発行

2000—2009

- 2000年 第3回銀河学校
- 2001年 主鏡蒸着
しし座流星群出現
第17回東京大学木曾天文台協力会
東京大学木曾天文台協力会
第4回銀河学校

- 2002年 コプフ彗星ダストトレイル観測(世界初の可視光観測)発表記者会見
夜天光観測室 2.8m ドーム完成
(ニッシン)
サイエンスパートナーシッププログラム(SPP) 「星の教室」開始
第5回銀河学校
- 2003年 第18回東京大学木曾天文台協会の
第6回銀河学校
- 2004年 教育研究棟増築
構内水道本管更新
構内案内標識設置
国立大学法人化
木曾観測所 30周年式典(上松町)
第7回銀河学校
木曾星の会発足
- 2005年 主鏡純水洗浄
第19回東京大学木曾天文台協会の
第8回銀河学校
- 2006年 第9回銀河学校
- 2007年 第20回東京大学木曾天文台協会の
第10回銀河学校
- 2008年 第11回銀河学校
- 2009年 第21回東京大学木曾天文台協会の
第12回銀河学校



2009年. SSP プログラム「星の教室」記念写真

2010-2014

- 2010年 第13回銀河学校
- 2011年 KWFC用フィルター交換ロボットアーム導入
第22回東京大学木曾天文台協会の
第14回銀河学校(震災により延期)
- 2012年 KWFC公開
主鏡蒸着
金環日食
KISSプロジェクト記者会見
- 2012年 第15回銀河学校
- 2013年 シュミット望遠鏡制御系大改修
シュミットドーム旋回用ギヤー交換
第23回東京大学木曾天文台協会の
第16回銀河学校
- 2014年 NHKドラマ「木曾オリオン」放映
第17回銀河学校
木曾観測所40周年記念式典(松本市)



2014年. NHKドラマ「木曾オリオン」放映

木曾 105cm シュミット望遠鏡建設

ドームは、三井造船株式会社の玉島造船所で製作されて、瀬戸内海の砂浜に仮組立してから解体し、トレーラーで山上に搬入された。ドーム直径は16.2mで、2本の太いメインアーチにより全体の構造を支えている。ドーム表面のパネルは2mmのステンレス板を特殊溶接し、対環境性ととも太陽からの放射を防ぐ。シュミット望遠鏡は、ドーム完成後幾つかのピースに分け、スリット部よりクレーンで釣り込んで組み立てられた。



図1. 建設予定地の気象観測



図2. 建設予定地の踏査



図3. 第1ゲートを入れるトレーラー



図4. メインアーチ組立



図5. 建設中のドームと御岳山



図6. ドーム骨組を仰ぐ

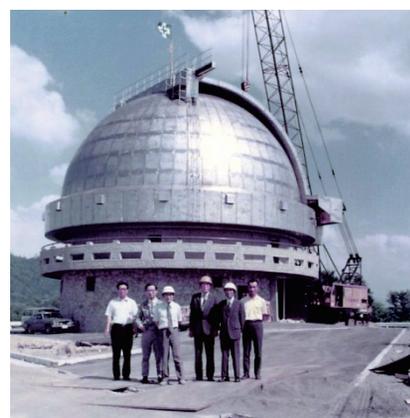


図7. 完成したドーム



図8. 極台搬入



図9. 極軸の取り付け



図10. フォーク取り付け



図11. 鏡筒搬入



図12. 鏡筒取り付け



図13. 補正板取り付け

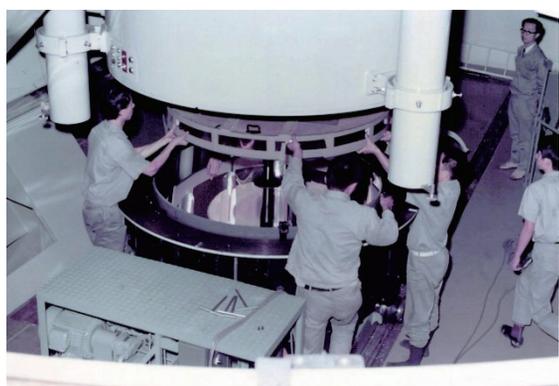


図14. 主鏡板取り付け

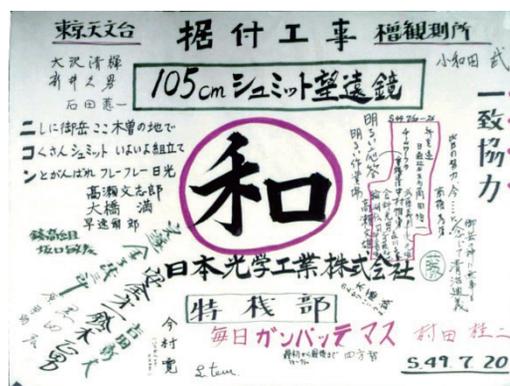


図15. 建設関係者の寄せ書き

105cmシュミット望遠鏡

世界第4位の口径105cm
Nikon 製造(1974年)



木曾シュミット望遠鏡は日本光学（現ニコン）製で、補正板口径105cm、焦点距離330cm、F比は3.1である。シュミット望遠鏡としては世界第4位の口径をもっている。集光系は、1枚の球面反射鏡だけで、集光系に関する限り光軸がない。したがって、屈折型で悩まされる色収差も、反射型で悩まされるコマ収差もない。主鏡面の曲率中心に補正板を置く。この補正板で、主鏡の球面収差をあらかじめ逆補正してから光線を主鏡に入射させるので、焦点面では、球面収差も現れない。補正板は、四次曲面に研磨してあるとはいえ、厚さ2cmに対して0.2mmの凹凸でしかない。主鏡は、アメリカのオウエンス・イリノイ社製のセルビット、補正板はUBK7というガラス材を用いている。

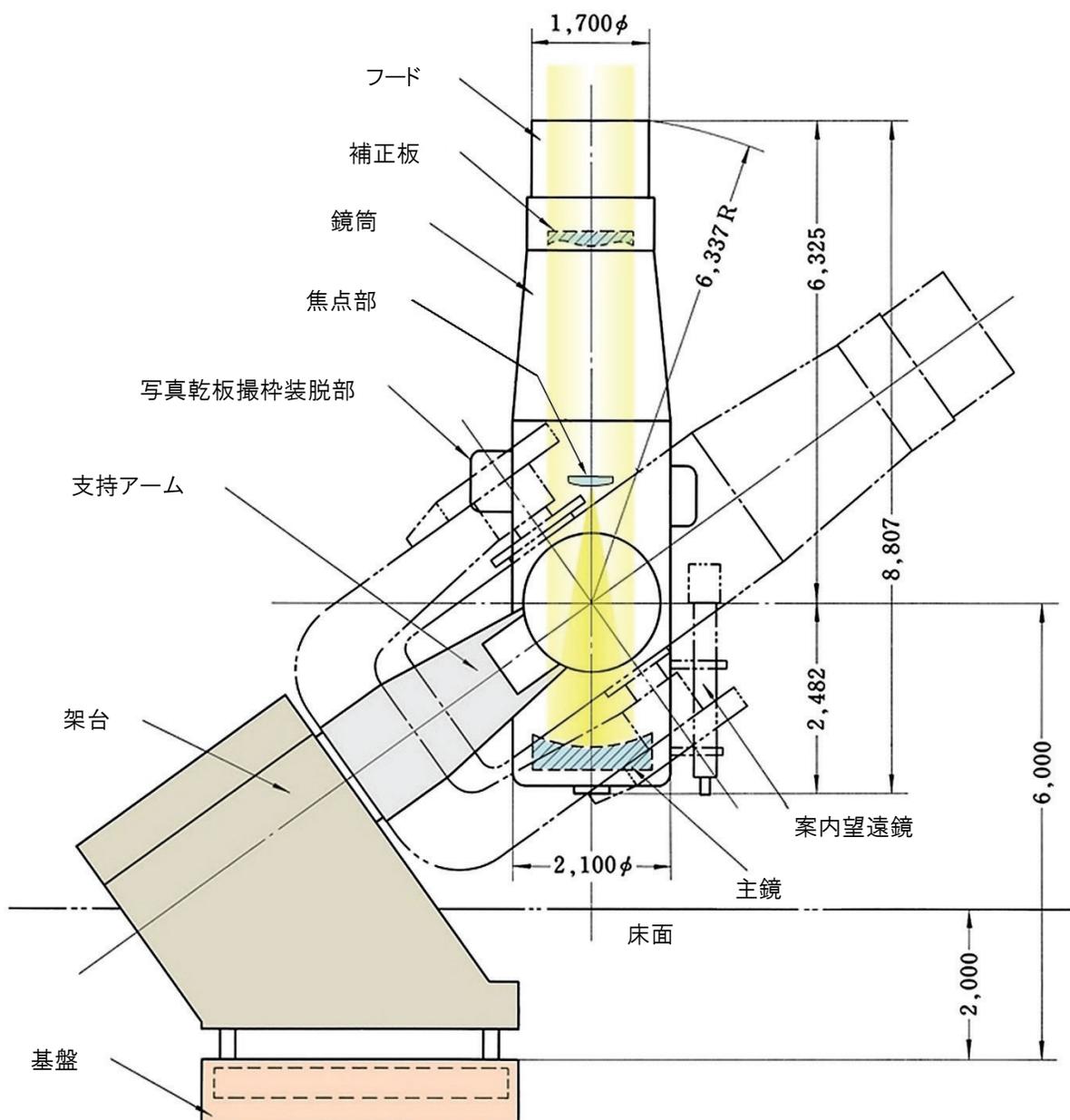
焦点面は鏡筒の中心にあるため、三次光学で残っている収差は、像面の湾曲である。像面は、主鏡との同心球面にある。36cm角の写真乾板またはフィルムを、焦点面で最大7mm押し曲げることによって、焦点面に沿わせる。温度変化による鏡筒の熱膨張で、焦点面の位置が移動することのないように、主鏡と焦点位置の間を、スーパー・インバーの3本の棒で制御している。

光学系は日本光学、望遠鏡の架台部分は三菱電機神戸製作所、制御系は沖電気が担当した。

木曾シュミットは、可視光用の大型望遠鏡としてはわが国ではじめてのコンピュータ制御方式がとり入れられ、観測者の負担軽減と観測効率の向上が図られた。

■ 光学系仕様

1. 形式		
望遠鏡	シュミット式	カセグレン式
口径	1,050mm	1,050mm
焦点距離	3,300mm	23,760mm
F比	F/3.1	F/22.6
写野	6°	10'
2. 補正板		
有効径	1,050(実直径 1,140)mm	
厚さ	20mm	
形状	色収差極小型(基準波長 4358 Å)	
面精度	$\lambda/2 \sim \lambda$	
表面処理	両面アンバー・コート	
材質	UBK-7	
重量	50kg	
3. 主鏡		
球面鏡	表面アルミ蒸着	
有効径	1,500(実直径 1,550)mm	
中心厚	240mm	
焦点距離	3,292mm	
面精度	$\lambda/8$ 以内	
材質	CER-VIT	
重量	1.350kg	
4. 副鏡		
双曲面鏡	表面アルミ蒸着	
有効径	175(実直径 190)mm	
中心厚	30mm	
焦点距離	-580.6mm	
面精度	$\lambda/8$	
材質	低膨張係数耐熱ガラス	
重量	1.7kg	



■ 機械系仕様

マウント	形式	フォーク式赤道儀		
	重量	70 t		
鏡筒	長さ	8.807 m		
駆動速度	モード	SET	MID	GID
α, δ 共通	速度(" / sec)	72000	600	6.6
	駆動モータ	AC サーボ 無段階変速可能		
読取精度	赤経(RA)	0.01"		
	赤緯(DEC)	0.1"		
指向精度	赤経(RA)	$\pm 5''$		
	赤緯(DEC)	$\pm 50''$		



105cm シュミット望遠鏡内部構造

天体からの光は望遠鏡先端の補正板を通り、鏡筒下部の主鏡で反射集光され、鏡筒中心部の焦点面に結像する。ここにフィルターと写真乾板を置いて撮影する。補正板手前にプリズムを置いてスペクトルを撮影することもできる。また、焦点部に副鏡を付けてカセグレン焦点での観測も可能である。木曾 CCD をはじめとする観測装置の取り付けには、この部分の取り付けネジを使った。しかし、KWFC 観測からは、乾板キャリアを全て取り外し、専用台座を用いて取り付けしている。その他、主鏡は自重で変形しないよう側面及び底面からカウンターウェイトを使い、テコの原理で支えている。

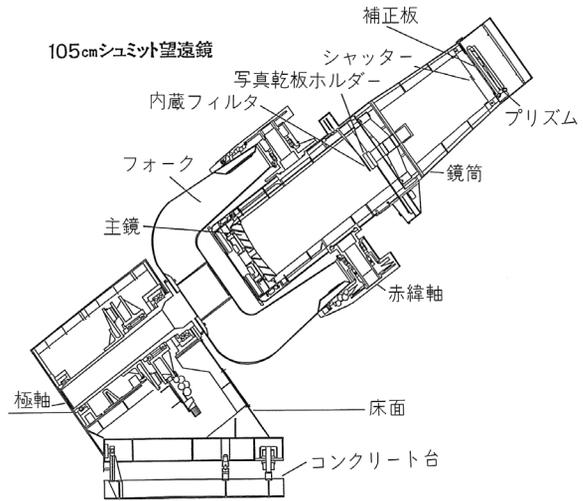


図1. 105cm シュミット望遠鏡構造図

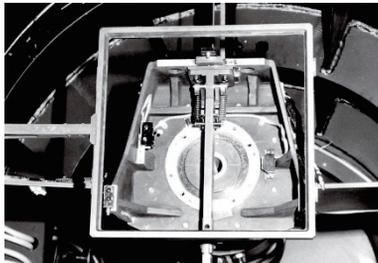


図2. 内蔵フィルター枠

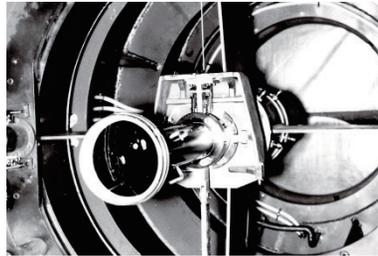


図3. 焦点部に取り付けられた副鏡

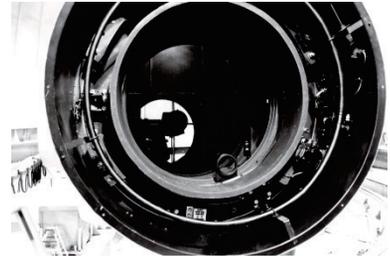


図4. 補正板前の取り付けられたサブプライム・プリズム



図5. 対物プリズム取り付け

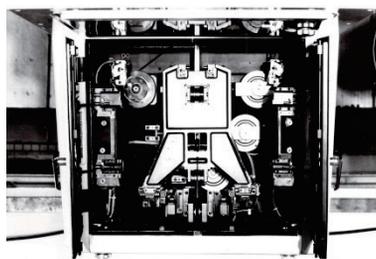


図6. 乾板ホルダーエレベーター



図7. 焦点距離を保つインバー棒



図8. 側面ミラーサポートウエイト



図9. 底面ミラーサポートウエイト



図10. 赤緯軸駆動ギア群(現在は無い)

主鏡蒸着作業

シュミット望遠鏡の主鏡はアルミ蒸着された鏡である。通常の反射望遠鏡では観測の際、外気にさらされることから、サイト環境が悪いとアルミ面の腐食や塵等で反射率が低下する。このため天文台によっては1年周期で再蒸着作業を行なっている。しかし、木曾シュミットは筒先に補正板があるため、雨水や塵の鏡筒内への侵入が少ない。また、鏡筒内へ乾燥空気を導入しており、鏡面の腐食は最低限に抑えられる。このため主鏡の蒸着作業は8~10年に一度でよく、塵の状況により中間で水洗を行う程度で良好な反射率を保っている。蒸着作業は国立天文台三鷹や岡山天体物理観測所の援助で過去5回行った。

作業年月日	作業内容	場 所
1982年6月	蒸着	国立天文台 岡山
1990年6月	蒸着	国立天文台 岡山
1991年6月	水洗	木曾観測所
1991年6月	蒸着	国立天文台 岡山
2001年7月	蒸着	国立天文台 三鷹
2004年11月	水洗	木曾観測所
2008年8月	水洗	木曾観測所
2010年6月	水洗	木曾観測所
2012年6月	蒸着	国立天文台 岡山

表1. 蒸着・水洗作業年表



図1. ジャッキでミラーセルを保持

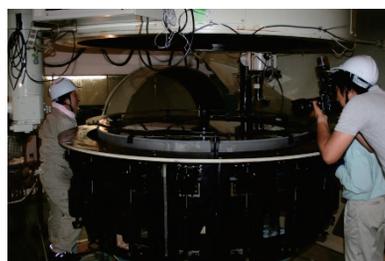


図2. ミラーセル取外し



図3. ミラーをクレーンで釣り、運搬箱へ



図4. 苛性ソーダでアルミ膜を剥がす



図5. 重炭酸ナトリウムで鏡面を磨く



図6. 綺麗に拭上げられて真空釜へ

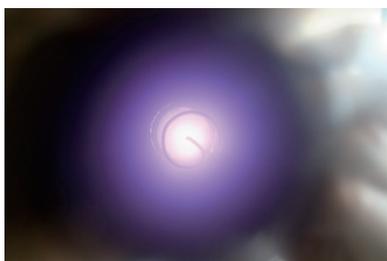


図7. イオンボンバード中の主鏡



図8. フィラメントを加熱しアルミを蒸着

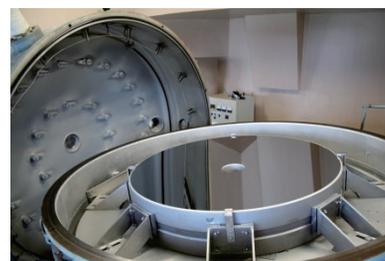


図9. アルミが蒸着された主鏡

105cm シュミット望遠鏡制御系の変遷

105cm シュミット望遠鏡は、1974年に木曾観測所へ設置された当初は、我が国の赤道儀式光学望遠鏡で最初の計算機（ミニコン）制御された望遠鏡であった。その制御系の構成は計算機（OKITAC-4300C）、PIO（プロセス入出力装置）、PTR（紙テープリーダー）、ET（電動タイプライター）などから成っていた（図1）。その後1987年に電気回路の老朽化対策や観測プログラムの開発を容易にするため、

PIOやPCなどのバージョンアップを図った（図2）。それ以後も観測装置と望遠鏡の連携を容易にするネットワーク化等を進め、観測の効率化を継続的にすすめてきた（図3）。2012年よりKWFCの観測が本格的に行われるようになり、望遠鏡に対してより高速で精度の高い指向性が要求されるようになった。それを受けて、2013年に望遠鏡の駆動系を含めた制御系を更新する大改修を行った（図4、図5）。



図1. 初期の制御系(中央右がOKITAC-4300C)



図2. 1987年の改修後の制御系
制御計算機はPC-9801



図3. ネットワーク化された制御系
制御計算機はSUN-WS(IPX)

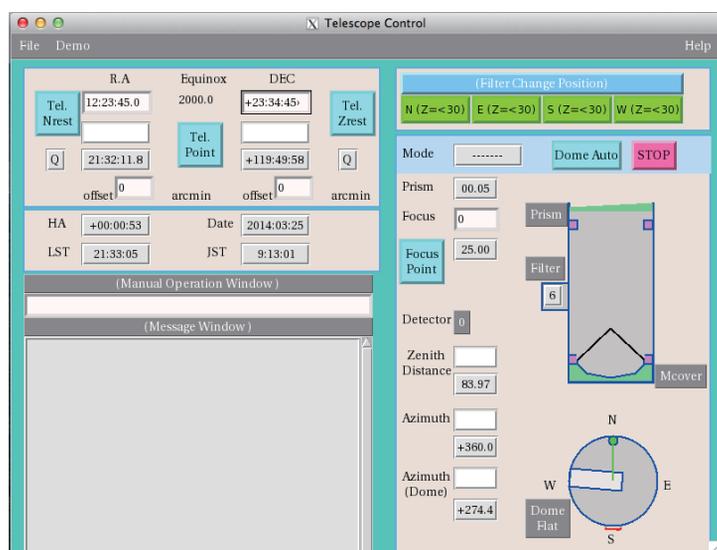


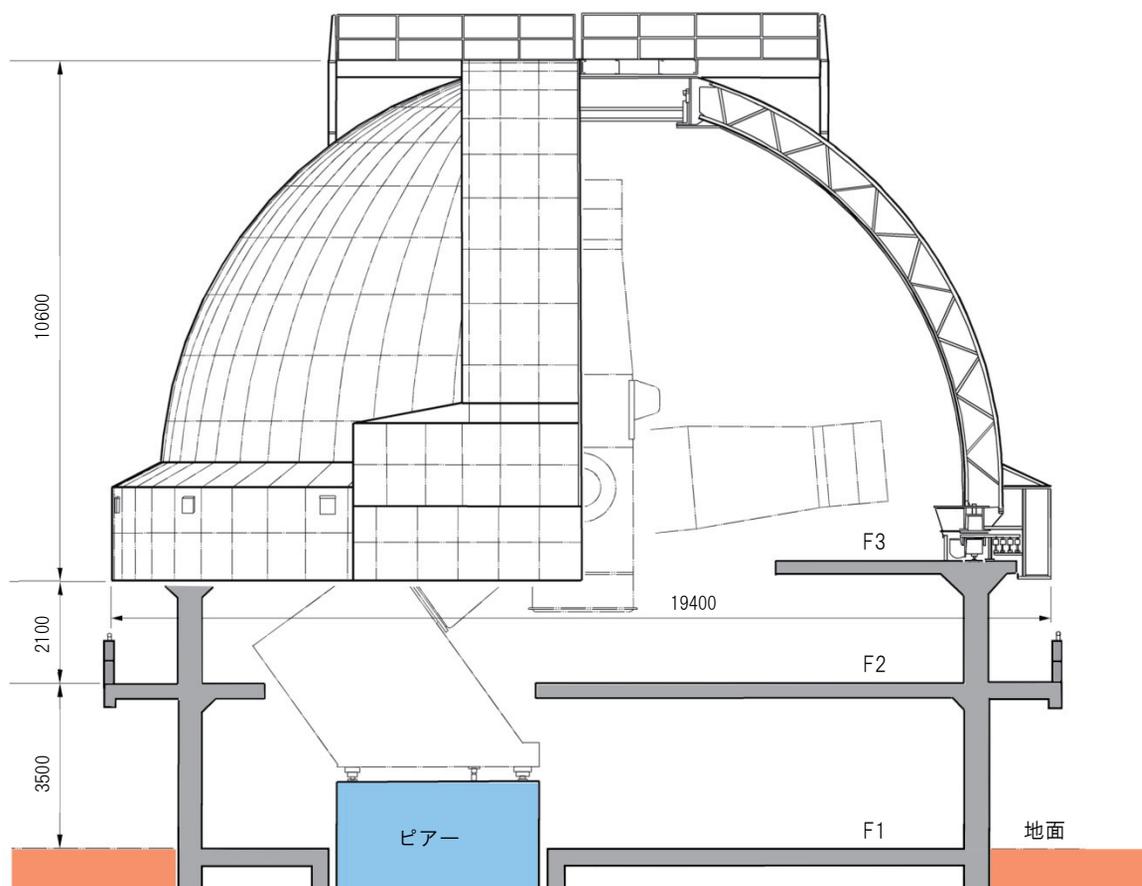
図6. 1996年から使用されてきた、望遠鏡制御用GUI.大改修後もほぼ同じGUIが使われている。



図4(上). 大改修後の制御系 Windows-PC(制御室)。
図5(下).現在の観測室(本館). 観測はLinux-PC

105cm シュミット望遠鏡 ドーム

内径 16.2mドーム
三井造船 製造(1974年)



シュミット望遠鏡を格納している建物は地下1階地上3階建て、直径16.2mの円形レール上に20台の台車(内駆動装置付8台)で支えられて、半球型のドームが風雪を凌いでいる。ドームの表面はステンレス板(2mm厚)を溶接して造られており、太陽光を反射させてドーム内へ熱の進入を防いでいる。さらに、ドーム壁は二重になっており、内壁部には特殊断熱材を貼り付けて断熱効果を高めている。二重構造で暖められた空気は、13台の強力ファンにより外部に放出され、外気との置換を速やかに行えるよう設計されている。ドームの位置は、8bitのアブソリュートエンコーダによって検出され、オートモードで動かす場合、時々刻々と変化する望遠鏡の方位に合わせて計算機により自動的に制御される。

■ ドーム仕様表

直径	16.2 m
高さ	16.2 m
台車	20 個 (駆動装置付 8)
回転速度	90 ° /分
回転部総重量	100 t
開口部幅	4 m
スリット	両面横開き
スリット開閉時間	60 秒
防風ブラインド	4×10m 2 枚(上下)
排気ファン数	13 個
位置読取	8bit アブソリュートエンコーダ
表面材質	ステンレス板(2mm厚)



冬のドーム



春のドーム

30cm 望遠鏡 (K.3T: Kiso 0.3m Telescope)

K.3T は、口径 30cm の高橋製作所製の Dall-Kirkham 式の天体望遠鏡である。架台は SHOWA 機械の E25 を使用している。望遠鏡には遠隔制御が行えるよう、焦点移動機構や 6 枚のフィルター交換機構を自作して改良した。

K.3T は、変光天体などのモニター観測を効率よく行うことを念頭において開発された望遠鏡である。この望遠鏡は観測スケジュールをインターネットから一般的なブラウザにより入力することで、コンピューターの種類によらず自動観測を行うことが可能である。

また、銀河学校、星の教室、特別公開などの教育活動の際には、観望用望遠鏡としても使われる。

主な仕様

望遠鏡	高橋製作所ミュロン 300 (Dall-Kirkham 式)
口径	0.3m
焦点距離	3572mm
検出器	MUTOH CV16II 1536 × 1024 ピクセル
画素サイズ	9 μm × 9 μm (通常 2x2 で binning して使用)
受光面サイズ	13.8mm × 9.2mm (望遠鏡視野で 17.3' × 11.5')
分解能	1.35 "/ピクセル
データサイズ	FITS 形式 771KB/フレーム
望遠鏡架台	SHOWA 25E 赤道儀
フィルター	6 枚 (1KCCD 用 5cm × 5cm)
観測の目安	Rc=14mag の星を 300 秒露出で観測した場合、S/N 55

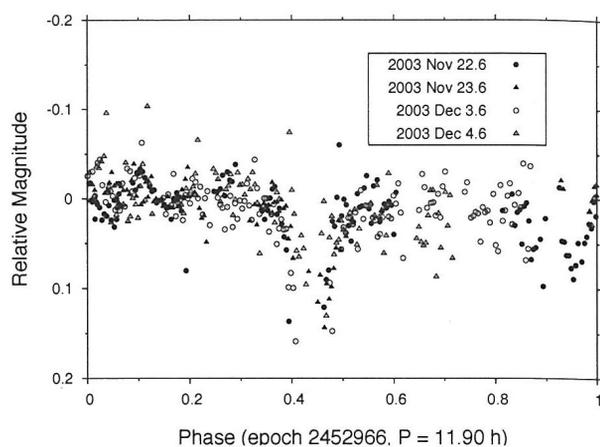


図3. K.3T でとらえた、近地球小惑星 65803 Didymos (1996GT) の変光曲線。変光曲線の中に回転起源以外の減光が見つかり、小惑星が連星であることが確認された。北里ほか(2004):Proceedings of the 37th ISAS Lunar and Planetary Symposium より。



図1. 星空に浮かぶ 2.8mドーム



図2. 口径 30cm の K.3T 全景

夜天光観測室

夜天光観測室の常設大気光観測器は、「大気光高速多色天頂光電測光器」（口径 10cm、焦点距離 18cm の対物レンズを用い、視野の直径が 3° ）、「分光器」（魚眼レンズを搭載して、子午線に沿った 180° ×

2° の帯状の空をスリットに入れ 16mm フィルム状に 200Å/mm の分散でスペクトル撮影する）、「全天カメラ」（ニコン F に魚眼レンズを搭載し、1 コマ 1 時間の露出で全天を撮影する）の 3 台である。

No.	中心波長(Å)	半値幅(Å)	No.	中心波長(Å)	半値幅(Å)
1	4358*	28	6	5893	13(narrow)
2	5000	41	7	5893	50(wide)
3	5300	33	8	6300	16(narrow)
4	5577	14(narrow)	9	6300	57(wide)
5	5577	46(wide)	10	7774**	13

* 水銀輝線(市街光監視用) ** 酸素輝線

表1. 大気光観測装置のフィルターリスト



図1. 夜天光観測装置の配置写真

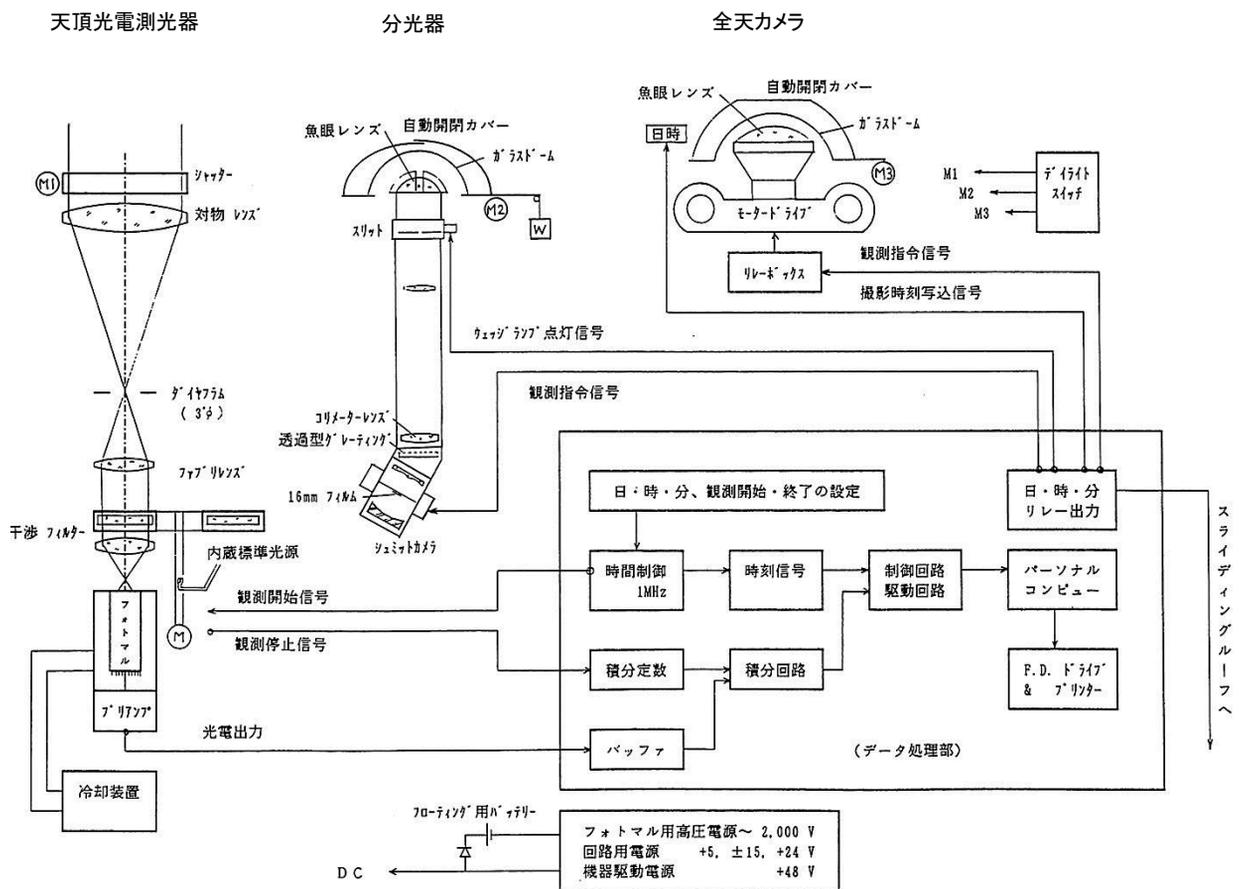


図2. 夜天光観測装置の構成図

木曾シュミットの建設と木曾観測所の開設

～ 全国の天文学者の観測研究拠点に ～

岡村 定矩 (元東京大学理事 副学長)

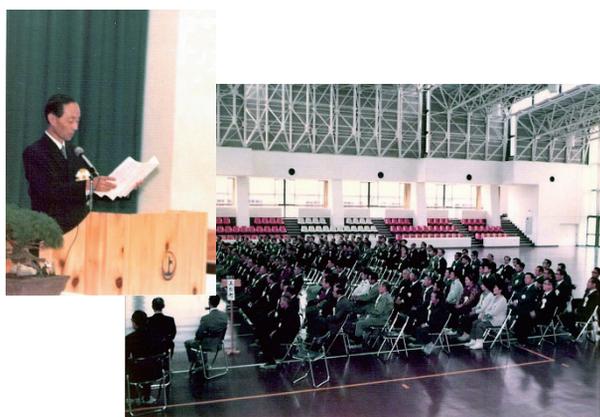


木曾シュミットの建設は4年にわたった。シュミット望遠鏡は日本光学、ドームは三井造船、土地造成と建物は銭高組が担当した。初年度の1971年(昭和46年)には、主鏡ガラス材(セルビット)の購入、望遠鏡仕様の細部にわたる検討、ドーム建物の仕様案の検討、建設予定地での試験観測が始まった。日本光学と東京大学東京天文台(以下天文台)の間ではその後何度も設計会議が開かれた。ドームと建物の設計は東大施設部が行ったが、ドームの設計は研究者の要望通りのものとなった。2年次には、主鏡の研磨完了、補正板の製作開始、鏡筒・架台・案内望遠鏡の製作完了、カメラ部と駆動装置の設計、制御系と対物プリズムの検討が行われた。一方、観測所の敷地造成と道路工事が行われ、建物の基本設計も完了した。3年次には、補正板の研磨、駆動機構とカメラ部の製作、制御系(沖電気が担当)の設計と製作、対物プリズムの仕様決定がなされた。また、観測所建物の工事とドームの組み立ても始まった。また、翌年度に製作予定の大型写真乾板用の測定器類の構想と設計も行われた。最終年度である1974年には、7月に望遠鏡の搬入とドーム内への据え

付け、8月からは機械系・電気系の組み立てと調整が行われた。木曾観測所は4月11日に既に制度上は開設されていたが、建物の竣工とシュミットの据え付けを俟って10月1日に上松町公民館で開所記念式典が行われた。初代の所長は当時天文台銀河系部長であった高瀬文志郎教授であった。

木曾シュミットおよび木曾観測所(以下木曾)は、それ以前の天文台の望遠鏡や観測所とはかなり異なっていた。木曾観測所が日本の天文学に果たしてきた役割を考える上で、このことはとても重要なことなので、以下に私なりにそれをまとめたいと思う。

第一点は、木曾は最初から全国共同利用を謳った観測所であったことである。文部省令に定められた設置目的は次のようになっている。『木曾観測所は105cmシュミット望遠鏡による銀河系内外の諸天体の観測研究を行う。木曾観測所は、全国の天文学研究者の観測研究にも供する。』それまでの天文台の観測装置も実質上は東大以外の大学の研究者にも開放されていたが、他大学の利用者は形式上も意識上も「使わせていただく」という形であった。これに対して木曾は、全国の研究者が「使う権利」を持っていて観測所はそれを「サポートする義務」を負っていたのである。今でこそ「全国共同利用」はどの分野でもいわば常識であるが、40年前には画期的な変化であった。これには、別項で述べたSAMの代表者からの天文台長への書簡に代表される当時の潮流が影響を与えたのだと私は考えている。1988年の国立天文台への改組に当たって、木曾観測所は東大に残ることになったが、その時に我々が最も気にして死守すべきだと考えた条件は全国共同利用体



開所記念式典(上松町公民館)。大沢台長の式辞

制を維持することであった。

第二点は、木曾はいわゆる観測ステーションではなく、レジデントアストロノマー（以下 RA）を擁してそこで観測と研究が行われる天文台を目指したことである。このために、写真乾板の各種測定装置が当初の建設計画の中に組み込まれていた。これは、大型写真乾板を外部に持ち出すことが難しいという技術的な理由もあったが、やはり当時の潮流も影響したのではないだろうか。第8回 SAM 夏の研究会における「シュミット望遠鏡計画について」には次のような記述が見られる。関連する文章を断片的だが引用して列挙する。『シュミット望遠鏡に関する施設を観測所とセンター（仮称）とに分ける。（センターは）共同利用の中心機能を果たす施設である。観測資料が全国の研究者に利用されやすいよう、万全の措置をとる。センター内に宿泊設備を十分用意する。センター内にそれに見合う研究部門の設置が必要であろう。銀河系並びに星雲宇宙の研究は、（中略）関連する分野の研究者の有機的な研究連絡あるいは共同研究の上に進められなければならない。』規模は大きく異なったが、結果的に木曾はここでいう観測所とセンターの機能を併せ持つ観測所となった。当時の天文台では、三鷹ではなく地方の観測所勤務になる人には、「ご苦労様です」というのが普通であった。私もそう言われたが、私は自らの研究生活の出発点として、大きな期待を抱いて木曾に赴任した。

第三点は、観測時間を訪問観測者と木曾の RA とでシェアするのが原則としたことである。木曾の RA は、自らも研究課題を申請し、訪問観測者のサポートは、望遠鏡のオペレータとしてではなく、観測時間を共有する研究者として行った。このことは上述の「権利」と「義務」のバランスをとって、結果的には双方に良い影響を与えたと想像している。

第四点は、技術職員（当時は技官）の活躍の場を広げたことである。木曾シュミットは、国内の可視光望遠鏡としては初めて計算機制御を導入した。当時の台長をはじめとしてこの方針には強

い反対があったときいている。また、木曾の写真乾板測定器類には「デジタル（紙テープ）入出力機能」がついていた。計算機による機器制御とデータ処理のまさに黎明期であった。このような背景のもと、開設当時の木曾では、観測や研究の遂行にはまだ多くの試行錯誤が必要であった。望遠鏡や測定器の制御ソフトの開発・改良、さらにはこまごました道具を製作する必要が頻繁にあった。これらの作業に技官が大活躍した。その中から生まれた成果を日本天文学会で発表する際には技官を筆頭発表者とした。今から見れば当たり前のことであるが、当時は、「木曾では技官に学会発表をさせている。一体どういう気なんだ」という批判の声があったことを記憶している。

開設当初の数年はいわゆる立ち上げ期であったが、観測所員の新しい観測所作りへの情熱と、関係各方面のサポートを得て、木曾は順調に成果を生み出し始めた。1979年には英文の年次報告に相当する *Kiso Information Bulletin*（改組後は、*Annual Report of the Kiso Observatory*）を発刊した。1984年から導入された天体画像処理システムが稼働し始めて、観測・測定・データ処理、研究などのために木曾に来訪する滞在者は急速に増え、1985年には1319人日のピークを迎えた。



木曾の食堂での筆者の着任歓迎会(1978年)

その後、世界的な潮流に合わせて木曾も写真から CCD へその軸足を移すこととなった。

シュミット望遠鏡が一番小さかった頃

中田 好一（元木曾観測所 所長）



私が木曾観測所の所長を務めたのは 2000 年 - 2007 年の 8 年間です。それ以前にはまだ時折とは言え写真乾板による大画角の撮像が行われ、それ以降は皆さんご承知の通り、モザイクカメラによる画角の拡大化が着々と進行しています。私の在任時代には 1 KCCD, 2 KCCD による撮像が主力でしたから、一回に撮れる画像の広さは、現在活躍している KWFC と比べると 1/100 - 1/7 の大きさしかありませんでした。この時期は木曾シュミット望遠鏡が取得した画像が一番小さかった時代です。

木曾観測所での観測は全国の研究者に公開されていますから、北海道から九州まで各地から多くの方が季節を問わず訪れます。彼らの生活、特に食事の世話をするためには炊事担当の方が交替で毎日観測所に上がってきました。中村静子さんは、「この人たちと違い、私は昔シティギャルだった。」とにわかには信じがたい発言をされていましたが、味はしっかり山里のおふくろの味でした。中地紀子さんの料理は上品な薄味で東京の下町で育った私にはかなりのカルチャーショックでした。山田和代さんのモダン和風な料理はパンチの効いた味付けで、体験学習に来た高校生が夕食のカレーに目を白黒させていました。中地さんのお義父さまは狩猟をなさっていました。それで時々イノシシ肉のお裾分けにあずかりましたが、観測所特別公開の日にクマ肉が回ってきたことがあります。ご存知のように、クマ肉は固くて、我々の軟なあごでは焼いて食べるわけにはいきません。窮したあげくにシチューにしたら大当たりでした。いい加減に作ったブラウンルーでさえあんなに美味しいのですから、専門家が本腰を入れれば木曾の町興しに使えるのではないかと思ってしまう。

クマと言えば、ここ 10 年ほど観測所の構内に

はクマが出没するようになりました。数年前の冬の夕暮れ時、彼の運転で木曾福島へ降りる途中、「ほら、あれがクマダナ。」と指差す方向を見ると、黒々とした枯れ枝のかたまりを載せた裸木が林立して異様な眺めでした。クマダナは熊棚のことで、クマが梢で枝を引き寄せては木の実(多分)を食べた跡だそうです。

木曾観測所での生活は「生まれて初めて」の連続でした。仰天したのはトイレが詰まった時に、田中亘さんが煙突掃除に使うようなブラシ付きのワイヤを持ち出したことです。自分たちでパイプを突くとは思いませんでした。田中さんにはナイトインキソの手ほどきもして頂きましたが、あまり素質がなかったようです。田中亘さんと並んで観測所の顔だったのは田中由美子さんです。彼女は観測所を訪れる人たちとの連絡、車の手配から買い物の伝票整理に至るまで、千手観音もかくやと思わせる活躍振りでした。木曾郡での年始の集まりに出席した時にお会いした地元の方に、「ああ、田中由美子さんの観測所の所長さんですか。」と言われ、妙に納得した記憶があります。

それでもどうにかこうにか観測所の仕事になれてきた 1993 年、岡村さんから、シュミット写真乾板の供給が停止になるらしい、というニュースがもたらされました。写真乾板の乳剤には水牛の一種から取るゼラチンが不可欠で、その牛が保護種に指定され、代用品が見つからないために乾板の製造が出来なくなったという「ニュースのその後」も伝わってきましたが、残念ながらどこにいる何という水牛だったのか未だに知りません。

木曾では当時すでに 1024 x 1024 CCD チップを装着した 1KCCD カメラの稼働が開始していました。そこでシュミット望遠鏡の観測は否応なしにこのカメラを使って行われることになっ

たのです。CCD データ解析のソフトは濱部勝さんと吉田重臣さんが制作しました。濱部さんの作成した SPIRAL ソフトは写真乾板データの解析用に開発したものが基盤になっていますが、操作性がよく、海外の研究者からも使用の問い合わせが来ていました。こうして、1KCCD カメラによる観測が始まりました。若松謙一、濱部勝、van Driel、水野孝雄、市川隆、伊藤信成、吉田重臣さんたちはシュミット望遠鏡の明るい光学系を生かし、銀河や星雲の淡い構造を調べる研究を遂行しました。普通の CCD 画像の視野に比べると、1KCCD の視野は大きくて動きの速い小惑星の相対測光で比較星を重ねていけるというメリットがあります。安部正真、渡部潤一氏らの太陽系屋さんたちはこの点を生かした小惑星の測光観測を行いました。明るい星の測光ならば月が出ていても可能なので、Jiang Biwei、出口修至、藤井高宏、板由房さんらは IRAS 天体の変光観測を行いました。Jiang さんは銀河系太陽サークル外側の IRAS 天体で SiO メーザ検出率が低い理由として、炭素星比率が高いためだろうという説を唱えていました。私はその説に反対だったのですが、AKARI 全天観測を基に最近、石原さんがその説を支持する結果を出しました。調べてみると、前原英夫さんと征矢野隆夫さんが写真乾板時代に行ったによる反中心方向の対物プリズム炭素星サーベイは探査領域にある炭素星を完全に網羅しています。私は木曾の新しいカメラの性能を生かし、前原・征矢野の成果を引き継ぐ手はないかと思案するようになりました。CCD の高感度を生かす研究として、川良公明さんはクエーサーの検出を試み、峰崎岳夫さんは 1KCCD カメラを用いて約 150 の活動銀河の撮像観測を行いました。これは後に MAGNUM 計画のために使われることとなりました。

しかし、やはり 1KCCD では欲求不満が溜まって行きます。青木さんが三鷹で聞き込んできた情報を基に 2KCCD カメラの開発も征矢野、樽沢、青木、吉田さんを中心に始まりました。このカメラのピクセルサイズは 24 ミクロンで少し大きいのですが、幸か不幸か木曾のシーイングサイズも少し大きいので丁度よいマッチングが取

れました。このカメラは 1996 年に完成し、KWFC が稼働するまで 50 分角の視野画像を観測者に提供し続けました。

市川隆さんは当時院生であった柳澤顕史、伊藤信成さんと共に広視野赤外カメラの開発に乗り出し、広視野赤外カメラ KONIC を完成させました。前に述べた藤井君の博士論文の観測テーマは、ミラ型変光星がガスを出し切り、惑星状星雲への途を歩み出す瞬間を捕えたいというのですが、可視光だけの観測にはどうしても限界があります。市川さんが東北大学に移られた後、征矢野、樽沢さんとこの遷移天体の変光観測を試みたのですが、力不足で結論を得るに至らなかったのは至極残念な思い出です。

木曾観測所にはあちこちの小中学校から出前授業や星空教室の依頼があり、スタッフは出来る範囲での対応をしていました。それが大きく変わったのは、全国の高校生を対象に泊りがけの天文実習「銀河学校」を始めてからです。当時の吉井譲所長からも、全国紙に公募記事が載るよう手配するなど背中を押して頂き、第一回の応募は 350 人を超す盛況でした。峰崎岳夫、宮田隆志さんらをはじめとする新進気鋭の研究者の姿に直に接したことが高校生にとっての最大の教育であったと思います。2002 年からは長野県の高校生を対象にした 1 泊 2 日の天文実習「星の教室」も始まりました。参加者に最もショックだったのは携帯がつかないことだったようです。自由時間には宇宙の神秘をそっちのけに受信状態のよい場所を求めてさまよい歩く生徒の姿がそこそこに見られました。ビッグバン宇宙の年齢を求めるとい実習用のデータを整備できたのは西浦慎悟さんのお陰です。先日、たまたま小学校の先生と話していたら、高校生の時に「星の学校」に参加していたことが判りました。とても難しかったそうです。「銀河学校」、「星の教室」が続いている大きな力は、教育広報活動は大学の進む新しい方向の一つという信念の三戸洋之さんの頑張りでしょう。「木曾星の会」を創設した畑英利さんとの協力事業も 10 年目で、教育活動の広がり厚みが増えられてきたなあと、最近はお兵の想いを強く感じています。



第3章 測定機 & 観測装置

Measuring-Machine & Instrument

写真乾板関連機器の変遷
大型写真乾板測定機
観測装置の変遷

- 『木曾観測所の超増感』 青木 勉
- 『乾板から CCD へ』 高遠 徳尚
- 『世界初のシュミット望遠鏡用
グリズムの開発』 谷口 義明
- 『モザイク CCD 開発』 柏川 伸成
- 『KONIC 開発顛末記』 柳澤 顕史

匠

馬頭星雲： オリオン座三つ星の左端の輝星アルニタク（上中）から南（下）に細く伸びる散光星雲 IC434 の中ほど左から真っ黒な影がせりだしているが、これが有名な馬頭星雲である。IC434 は星間ガス雲が光っている散光星雲であるが、同じガス雲の端がめくれ込んで、散光星雲の光をさえぎり、そのシルエットが馬の頭の形に見えるため、馬頭星雲と呼ばれている。アルニタクの東（左）には、今でも星が生まれている散光星雲 NGC2024 がある。

撮影日：1989年1月12日、撮影番号：K6069、乳剤：コニカ SR1600、フィルター：なし、現像：ハイコンII 6分

写真乾板関連機器の変遷

シュミット望遠鏡は、大型写真乾板の使用を前提に設計されている。撮影された乾板は、現像処理を行わないと画像として得ることはできない。そして、現像処理を行い画像として見ることのできる乾板となっても、そのままでは単なる見えるアーカイブ媒体にしかならず、必要な物理データを得るためには測定機をかけなければならない。このように写真乾板はデータ化するまでに多くの手順が必要である。

木曾観測所では、当初より、乾板の検出器としての性能向上を図るため、超増感処理や現像処理の手法の開発、各種研究に必要な物理データを得るための測定機の開発を行ってきた。天体の位置を知るには、天体の XY 座標を正確に測る必要があり、また、天体の明るさを知るには天体の黒みの濃度を精密に測る必要がある。そして、そのデータを計算機に取り込み、計算処理で天体情報を導く。このため、観測所の測定機は全て、計算機取り込み可能な媒体を付属装置としてもっていた。

木曾観測所は 1978 年より全国共同利用に供したが、撮影済乾板は観測所の所有とし、保管・管理を観測所が行った。これは、14 吋ある写真乾板を測る測定機をそれぞれの機関が設置することは困難であることと、視野の広い写真乾板には膨大なデータが含まれており他課題の研究にも十分活用できることから専有期間を設け、撮影乾板の共同利用を行った。また、乾板はガラスベースでできており、破損し易いことから、軽微な使用やバックアップ用にフィルムコピーの作成を行える装置も設置した。

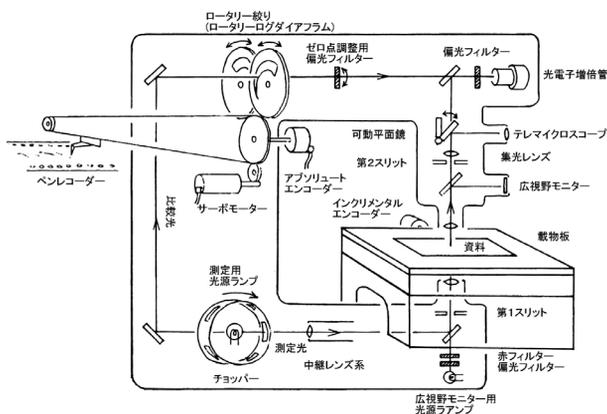
以下に写真乾板に関わる測定機及び処理装置の主なものの変遷を紹介する。



写真乾板関連機器の変遷

大型写真乾板測定機

シュミット望遠鏡の建設された当時の観測は、全て写真乾板を用いて行われた。天体同定など眼視による検出ですむ場合はよいが、定量的な解析用途では、計算機処理を必要とするため、計算機に取り込み可能なインターフェースを備えた測定機が不可欠であった。木曾観測所では、設立当初から磁気テープや紙テープ等へデータ記録できる各種測定機が設置されていた。時代とともに検出器も写真乾板から CCD 等の電子素子に移り変わり、使われなくなった測定機も多いが、木曾観測所の歴史を語るとき、大型写真乾板用の測定機を記しておく事は重要である。主要な測定機を以下に紹介する。



構造図



システム全景：左がマイクロフォトメータ本体。続いて右がデジタルユニット。一番右が紙テープパンチャー、最高3600字/分。

1. マイクロフォトメータ (1973年)

写真乾板は天体からの光を濃度として記録する。このため、写真乾板の濃度を正確に測定することで天体からの光の強さや分布を知ることができる。この測定機は、設定範囲をラスタースキャンすることができ、濃度値をペンレコーダ (アナログ) で記録するとともに、ペンレコーダに接続するエンコーダの数値 (デジタル) を、バイナリーデータとして紙テープに記録できる。星のスペクトルスキャンだけでなく、銀河の光度分布測定にも盛んに使われた。

マイクロフォトメータ仕様

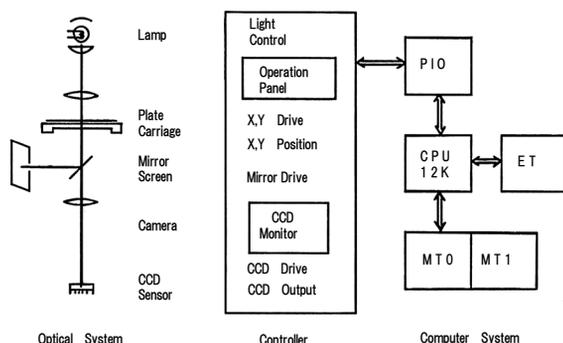
載物台サイズ:	50cm x 50cm		
測定範囲:	23cm x 23cm		
載物台駆動速度:	X 軸: 1.25、2.5、10、20mm/分 戻り速度 150mm/分 Y 軸: 0.05、0.1、0.2、0.4mm/分		
載物台読取:	インクリメンタル・エンコーダ 2μm		
スクリーンサイズ:	30mm 角		
光源:	10V 70W 角形フィラメント沃素電球		
検出器:	フォトマル (光電子増倍管)		
チョッパーサイクル:	525Hz		
第1スリット:	XY 0-2mm 両開き		
第2スリット:	XY 0-4mm 4枚独立		
最大測定濃度:	2.5D (2.0D ND Filter 挿入で 4.5D)		
アナログ出力:	ペンレコーダ出力 12.5、25、50、100、400mm/分		
デジタル出力:	紙テープ出力 10ビットエンコーダ出力を選択8ビット		
フルスケール	1	1/2	1/4
フルスケール黒み	2.88	1.44	0.72
最小読取黒み	0.0112	0.0056	0.0028
データ読取間隔:	1, 2, 5, 10, 20, 40 μm		
製作:	機械系: 三鷹光器 電子系: 新電子工業		

2. アイソフォトメータ (1977 年)

マイクロフォトメータ同様の乾板濃度測定機である。違いは、マイクロフォトメータは点で測定するのに対して、この測定機は乾板面を約 1cm 幅で測定する。付属の処理計算機により測りながら乾板上の天体の位置、明るさ、星と銀河の区別をリアルタイム処理する KIDS (Kiso Image Detection System) で乾板全面を約 30 分でスキャンする画期的な高速測定機であった。検出器は 1728 画素の一次元の CCD を用いている。濃度分解能は 10bit である。

アイソフォトメータ 仕様

載物台:	36cm x 36cm		
載物台読取:	2 μ m リニア・エンコーダ		
光源:	100V 650W ハロゲンランプ		
検出器:	1ライン CCD, 1728 画素, 13 μ m/画素 Fairchild 社 CCD121H		
載物台駆動速度:	Quick	Slow	(mm/分)
X 軸:	600	100-300	16, 32, 48,
Y 軸:	600	100-300	96
カメラ部倍率:	1倍	1/3倍	
測定最高速度:	10kHz		
記録媒体:	2400 フィート磁気テープ		
製作:	機械系: 三鷹光器 電気系: 新電子工業		

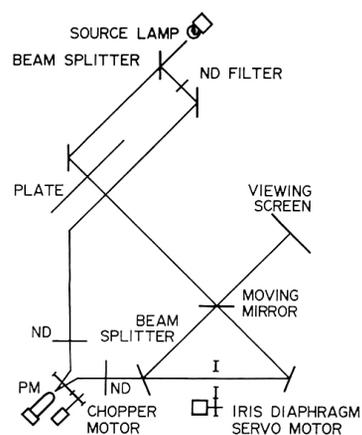


3. アイリスフォトメータ (1977 年)

星の光度等級を乾板上で求めるには、先ず星像直径を測定して、明るさの順番を知り、次にそれらの星像直径を光度等級に引き直すという手続きを経る。この測定機は、星の直径に相当する大きさを測ることができる。測定の際、光度等級が既知の星を含めて測ることで、内挿で未知星の光度等級を求めることができる。

アイリスフォトメータ 仕様

載物台:	36cm x 36cm		
載物台読取:	1 μ m リニア・エンコーダ		
駆動速度:	Quick	Slow	Fine (mm/秒)
X,Y 軸 共通	10	1	リバーシブルモータと 偏心カム
光源:	AC10V 70W 角形フィラメント沃素電球		
検出器:	光電子増倍管 EMI 6256 B		
スクリーン倍率:	15cm 角		
スクリーン倍率:	10倍 (FIELD)	30倍 (IRIS)	測定時
記録媒体:	紙テープ		
製作:	機械系: 三鷹光器、池上電子、沖電気 電気系: 新電子工業		

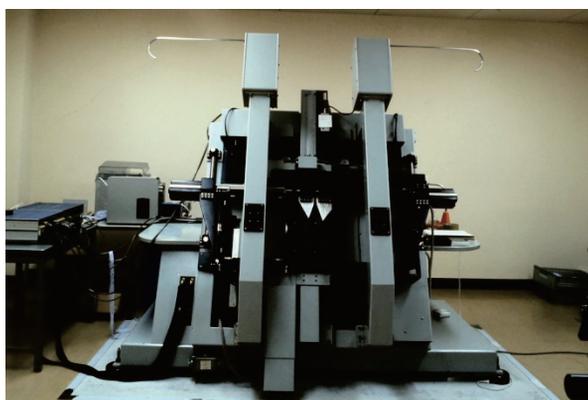
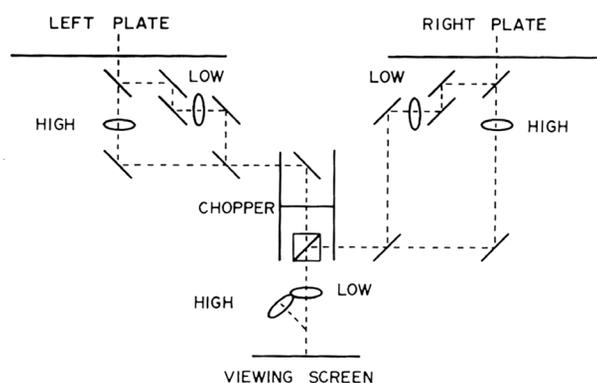


4. ブリンクコンパレータ (1977年)

同じ天域を撮影した2枚の写真乾板の像を1つのスクリーンに交互に映す構造になっており、移動したり変光したりする天体の検出に威力を発揮する。2枚の乾板の視野ズレを、右載物台が微小回転、左が微小XY移動で合致させることができる。また、天体の位置を1 μ m精度で測定することもできる。彗星、小惑星、新星等の探査や位置測定に用いられた。

ブリンクコンパレータ 仕様

載物台:	36cm x 36cm		
載物台読取:	1 μ m リニア・エンコーダ		
載物台駆動速度:	Quick	Slow	(mm/分)
X 軸:	10	1	16, 32, 48, 96
Y 軸:	10	1	
右載物台:	$\pm 2^\circ$ θ 回転		
左載物台:	± 5 mm xy 移動		
光源:	10V, 70W 角形フィラメント沃素電球		
スクリーンサイズ:	15cm 角		
カメラ部倍率:	1倍	1/3 倍	
投影倍率:	L:7 倍	H:35 倍	
記録媒体:	紙テープ		
製作:	機械系: 三鷹光器 電気系: 新電子工業		

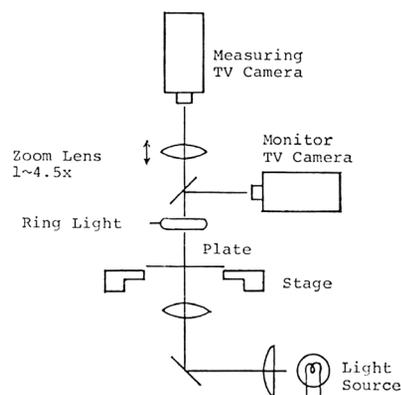


5. TV 式座標測定機 (1984年)

天体の位置を精密に求めるには、乾板上で、目的天体と位置標準星のXY座標をミクロン精度で精密に測り、計算機を用いて赤経、赤緯に変換する。この測定機はTVカメラで天体画像を取込み、画像処理により天体の重心位置を測定するものである。このため、天体の精密位置測定が個人誤差なく素早くできる。

TV 式座標測定器 仕様

載物台:	40cm x 40cm			
載物台読取:	1 μ m リニア・エンコーダ			
載物台:	36cm x 36cm			
載物台読取:	1 μ m			
駆動速度:	Q	S1	S2	F (mm/秒)
X, Y 軸:	10	4	2	0.5
計測用TVカメラ:	C1000-01 浜松ホトニクス社			
輝度分解能:	8bit (1/256)			
位置分解能:	512 x 512			
位置計測装置:	輝度と座標から重心位置を求める			
製作:	機械系: 三鷹光器 電気系: 浜松ホトニクス			

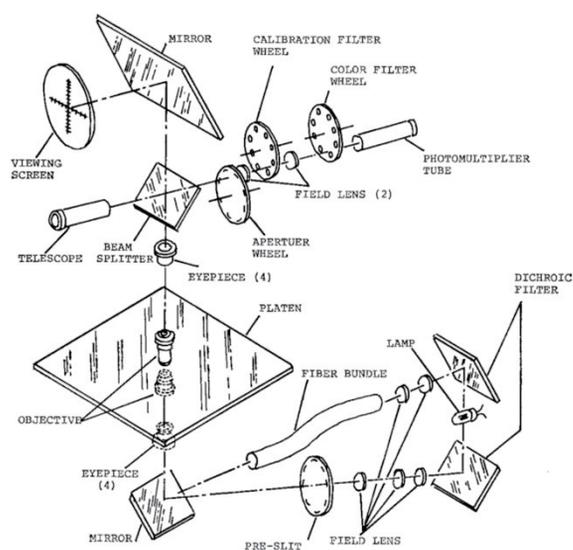


6. PDS マイクロデンシトメータ (1985年)

写真乾板の濃度を精密に測定する装置である。内蔵のマイクロプロセッサとパソコンを用いて、さまざまな方式の自動測定を行わせることができる。高い安定性を保証するため、架台は大理石でできており、総重量は 2 トンである。銀河データベースの作成のために導入されたが、アイソフォトメータの後継機として広く活用された。

PDS マイクロデンシトメータ 仕様

型式:	2020 GMS (Perkin-Elmer 社製)
載物台:	50cm x 50cm
載物台読取:	1 μ m
載物台駆動速度: X, Y 軸:	0 ~ 200mm/sec
測定最高濃度:	5.0D
濃度分解能:	0.001D(12bit)
光源:	12V 150W タングステン電球
検出器:	光電子増倍管(浜松 R268)
濃度直線性:	$\pm 0.02D$
濃度安定性:	$\pm 0.02D$
最大サンプルレート:	50,000 data/sec
データ・バッファ:	15,200
記録媒体:	2400 フィート磁気テープ



光学系構成図



PDS システム全景



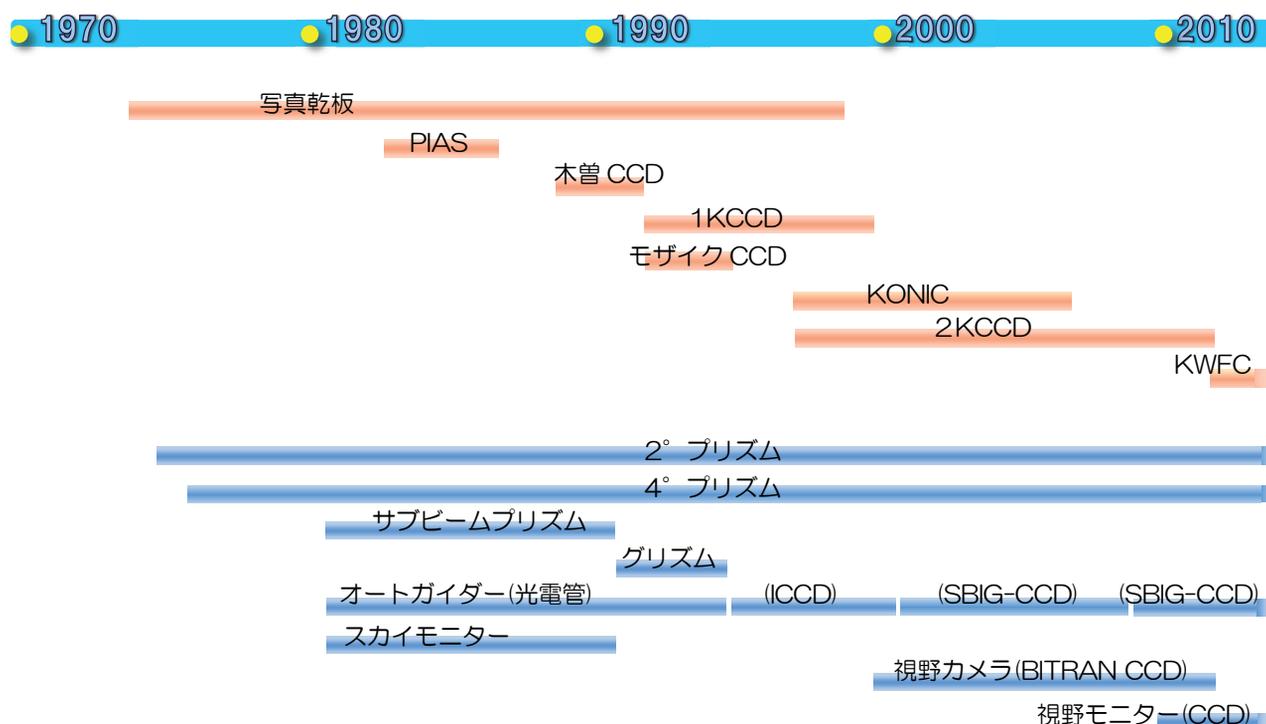
乾板の回転調整を行えるように改造した載物台(三鷹光器製)

観測装置の変遷

今や天体撮像の検出器といえば、CCD、CMOSをはじめとする半導体検出器であるが、木曾観測所が建設された時代はまだ写真乾板の時代であった。シュミット望遠鏡は大型の写真乾板を使って広い視野を撮影することを前提として設計された望遠鏡である。このため写真乾板が製造中止となる1990年代末まで写真乾板を使い続けた望遠鏡でもある。

写真乾板の製造の種類が次第に少なくなっていく1990年代前半より、1/2インチサイズのCCD（電荷結合素子）を用いたカメラの開発を行ってきた。このため、写真乾板の製造が中止されても大きな動揺もなく、固体撮像素子を用いたデジタルカメラでそれまで通り全国共同利用に供してきた。

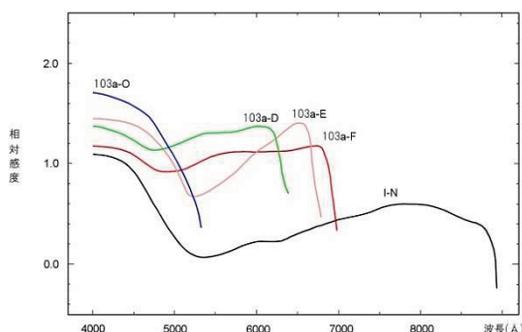
固体撮像素子は写真乾板に比べ圧倒的に感度が高く、直線性も非常に良く、より遠くの暗い天体を観測したい天文学者の支持を集め、全国的に普及していった。ただ唯一欠点といえるのが、シュミットで用いるには検出器サイズがあまりにも小さいことであった。その後、検出器を複数並べるモザイクカメラの開発が始まり、湾曲するシュミット焦点に沿わせて正確にCCDを配置する技術や素子の並列駆動、高速読み出し等の手法が開発され、それらの技術がスローン・デジタル・サーベイやすばるの主焦点カメラへと受け継がれていったのは承知の通りである。このように広視野撮像装置分野で木曾シュミットが果たした役割は世界的にも大きい。このような役割を果たせたのは、シュミットの広い視野と木曾の暗い夜空が大きな要因であろう。以下に40年間の装置の変遷を紹介する。



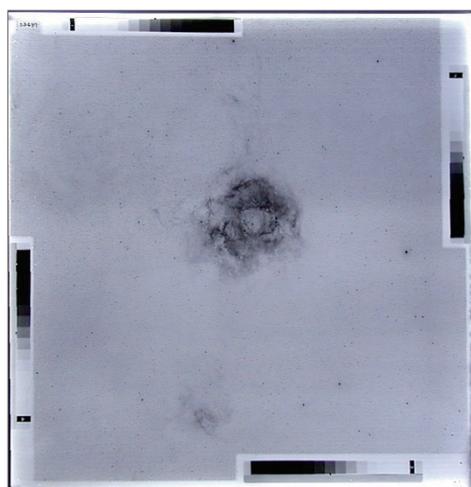
観測装置の変遷

1. 写真乾板 (1974年)

木曾シュミット望遠鏡ができた時代、天体検出器としては写真乾板が唯一であった。サイズは 14 吋角、ガラスベースの 1mm 厚で、コダック社製のものが使われた。コダック社では天体観測に使われる各波長域に合わせた分光写真乾板を各種製造していた。乾板は波長感度域、粒状性により型番が付けられている。103a シリーズが最初の製造種で、その後、I からIVへと粒状性が細かくなった。また、型番の最後の文字が波長域を表す(表及び図参照)。粒状性が細かくなると分解能が上がるが、その分感度が低下する傾向があった。大半の観測波長域は、長波長側を乾板感度の減衰域で、短波長側をフィルターの透過域でカットして得ていた。1999 年までに 7039 枚が撮影された。



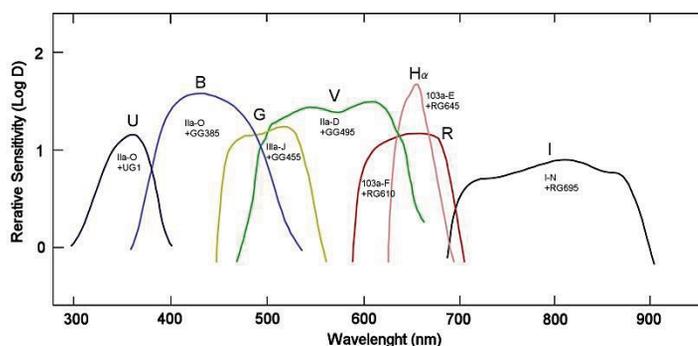
写真乾板波長感度特性図：代表的な写真乾板の波長感度特性を示す。



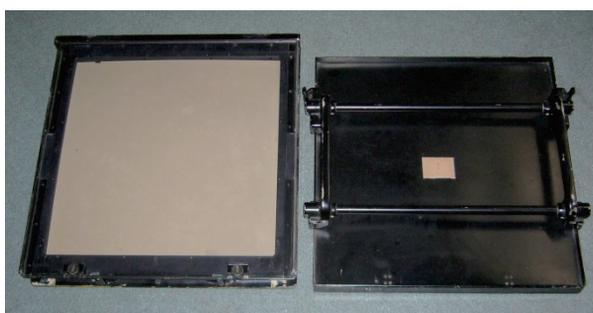
写真乾板及びホルダー：上の写真は撮影後、現像処理がされ、天体像として見られる様になった乾板である。乾板の撮影にあたっては、14kgあるホルダー(右写真)に入れ、望遠鏡に装填する。

乾板名	実効波長感度域 (Å)
103a-O	2500 - 5000
103a-D	4500 - 6200
103a-E	5500 - 6500
103a-F	4500 - 6800
I-N	6700 - 8800
I-Z	8800 - 11500

フィルター名	透過波長 (Å)	最大透過率 (%)
UG1	3100 - 3900	77
GG385	3850 - 27000	91
GG455	4550 - 27000	91
GG495	4950 - 27000	91
BPB50	4880 - 5300	57
RG610	6100 - 27000	91
RG645	6450 - 27000	91
RG695	6950 - 27000	100



乾板とフィルターの組み合わせ：天体観測で用いられる各波長域は、上図のような乾板とフィルターの組み合わせで得た。

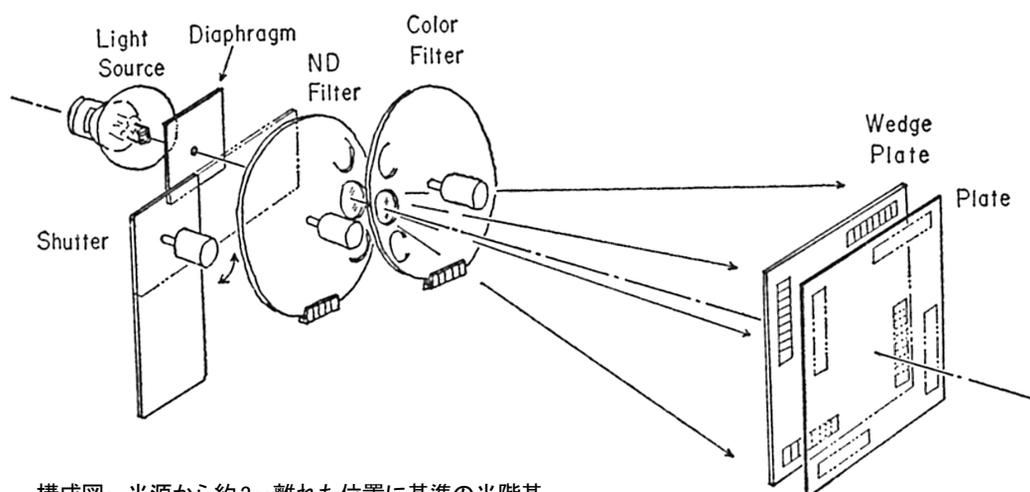


2. 大型写真乾板標準光階焼込装置 (1981年)

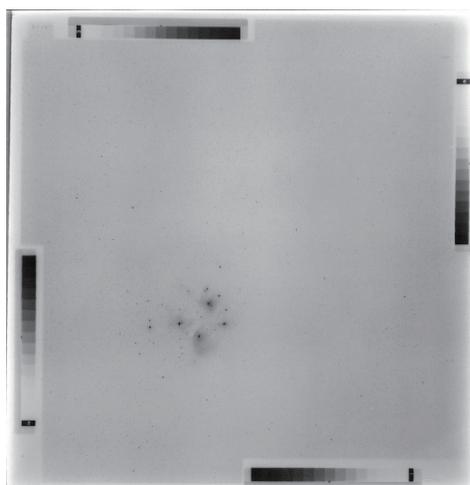
写真乾板の濃度（黒み）と天体から入射した光量の関係は乾板乳剤、露出時間、現像処理等で変化する。このため露出済の写真乾板の四隅に同じ色帯域、露出時間で光量比のわかっている光階を焼付けて現像を行うことで、光度と濃度の関係を導く。下の写真は標準光階が焼込まれた写真乾板と焼込み装置である。機械部分をメーカーに外注し、リモートコントローラを所員が製作した。乾板濃度から光度への変換は、マイクロフォトメータやPDSを始めとする濃度測定機で、天体と合わせて四隅の光階を測り、計算機の処理で行われる。

大型写真乾板標準光階焼込装置 仕様

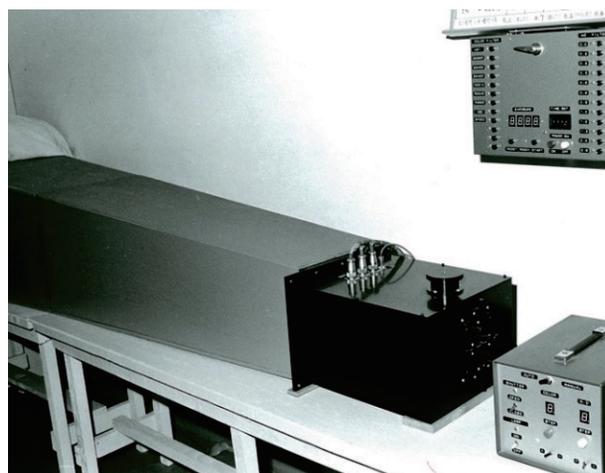
光階サイズ	10mm x 150mm 4種
光階ステップ数	15 (濃度 約 0.3D ステップ)
カラーフィルター数	12枚
NDフィルター数	12枚
スクリーンサイズ	36mm 角
露出時間	最大 9999 秒
光源	10V 70W 沃素電球
機械部製作	三鷹光器(株)



構成図：光源から約3m離れた位置に標準の光階基板を置き、それに乾板を密着させて露光する



光階を焼込んだ乾板：四隅にあるのが焼き込まれたステップ状の光階である



装置全体写真：中央(黒い箱)が機械部で、右側上下がコントローラである

3. 大型写真乾板自動現像機（1983年）

105cm シュミット望遠鏡の撮影に用いる写真乾板は 14-inch（約 36cm）角で、厚さは 1mm と薄いため、取り扱いには細心の注意が必要である。当初、現像処理は全て手作業で行ったが、大型乾板であるため最適な現像を行うには、十分な熟練を要した。そこで、1983年に、手作業の軽減と乾板の均質化を目的としてガス攪拌型の自動現像機を製作した。現像処理で最も重要なことは現像液の攪拌である。均質な攪拌を行うため、ガスは直径 2cm 長さ 36cm のパイプに 8mm 間隔で直径 0.3mm の穴を開けたものを使用し、10 秒間隔で 1 秒間ガスを噴射するよう調整した。現像液の攪拌には酸化を抑えるために窒素ガスを、その他は圧縮空気を用いた。



コントロール・パネル:

現像機全般の操作・設定を行う制御盤で、現像中の乾板に影響がないよう、暗室の前室に置かれている。上部にある5個のタイマーで、各槽の処理時間を設定することができる。

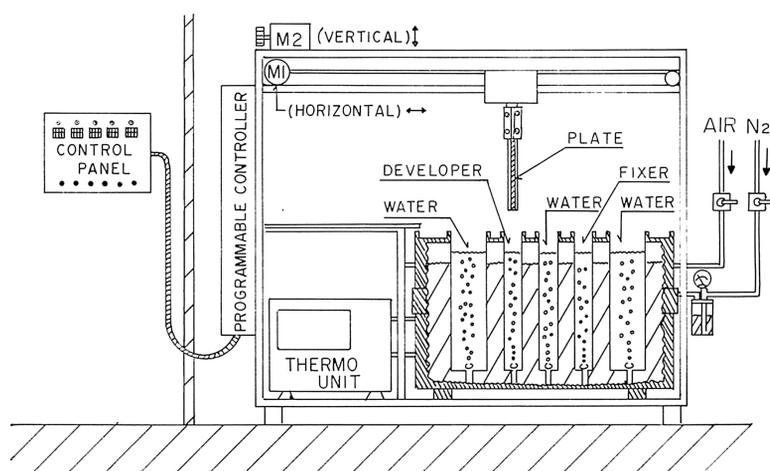
自動現像機の仕様

浴槽数	5
現像槽の容量	8ℓ
処理時間設定範囲	0.1 - 999.9 秒
泡出し時間	1 秒
泡出し間隔時間	9 秒
槽の移動時間	6 秒
温度設定 (恒温槽により全槽一括)	20℃



自動現像機本体:

自動現像機はプログラマブル・コントローラによって制御される。現像は乾板の入った現像枠をハンガーに掛けると、その後は左の槽から順番に薬液に浸しながら現像処理を進めて移動するようになっている。



自動現像機の構造図:

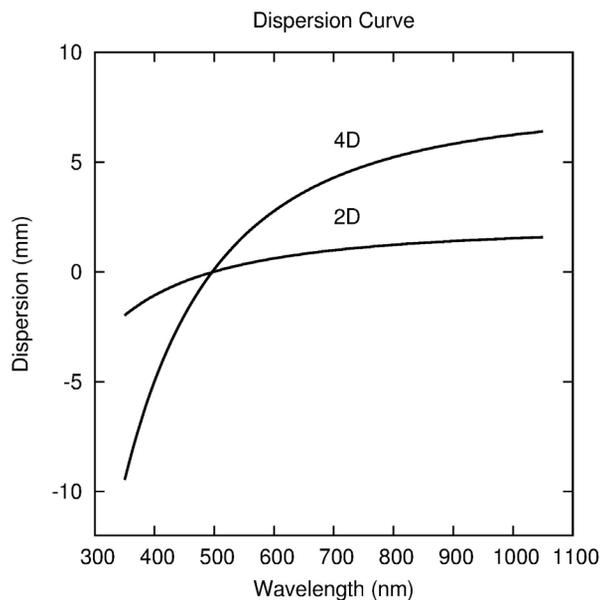
自動現像機は、図に示すようにコントロール・パネル、プログラマブル・コントローラ、現像液などを 20℃に保つ温度制御装置、写真乾板を上下左右に移動させることができるハンガー、現像液や定着液などを入れる薬液槽(計5槽)、薬液を攪拌するための窒素ガス(現像槽用)と圧縮空気を供給するガス配管などから構成されている。

4. 対物プリズム (1975年)

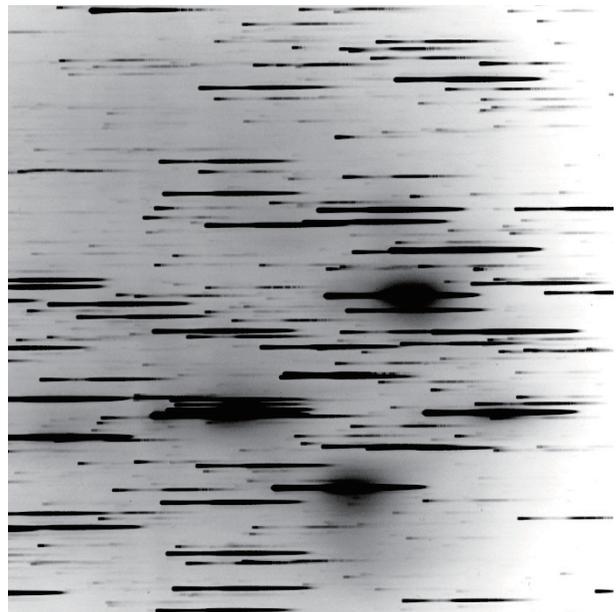
対物プリズムはシュミット望遠鏡先端に取り付ける。天体からの光に分散をかけ、焦点面の星像全てをスペクトル像とするものである。スリット分光と異なり、細かなライン分析はできないが、一度に多くの天体のスペクトルが得られるため、特徴的なライン使ったサーベイ観測に用いられた。プリズムは、近接する星のスペクトルの重りをさけるため、分散方向を90° 毎に変えられる回転リングに取り付ける。総重量は金枠を含め約400kgあるため、ドーム付属のクレーンを使って交換作業を行う。



プリズム装填作業: 総重量約400kgのプリズムユニットは、ドーム付属のクレーンで吊り上げ、補正板手前のプリズム回転リングに取り付ける。リングは90°刻みで回転させることが可能。



対物プリズム仕様	プリズム 1	プリズム 2
頂角	2°	4°
有効口径(mm)	1050	1050
厚み 最小-最大 (mm)	31-70	31-109
材質	BK7	F2
重量(kg)	121	245
ハルトマンコンスタント		
分散と直角方向(x)	0.623	1.409
分散方向(y)	0.586	0.694
屈折率(4358 Å)	1.527	1.642
H γ バンドでの分散(Å/mm)	800	170
Aバンドでの分散(Å/mm)	3800	1000

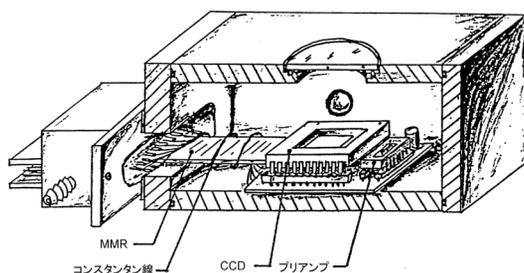


4°プリズムで撮影したM45: 4°プリズムとI-N乾板で撮影した「すばる」である。スペクトルは右側が短波長で左が長波長となる。短波長側はラインが十分確認できるが、長波長側は低分散となるため細かなラインの判別は難しくなる。しかし特徴的な、H α 輝線やCN、TiO等の吸収線の判別は可能であるため、Tタウリ型星、M型星、炭素星サーベイ等に用いられ、多くのカタログを作成した。

プリズムの波長分散特性図: 左は2°と4°プリズムの波長分散を示した図である。図は、横軸が波長、縦軸が分散幅である。縦軸のゼロ点は、H β 波長(4861 Å)を基準として描いたものである。短波長側の分散が大きい。

5. 木曾 CCD (1989 年)

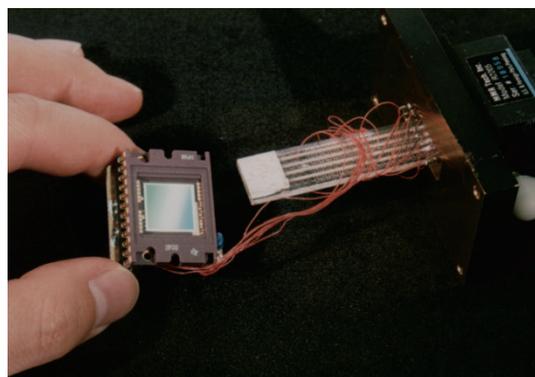
木曾観測所の最初の CCD カメラで、当時大学院生であった高遠徳尚氏を中心として開発された。撮影視野 12.5 分角で、乾板とは比較にならない程狭かったが、感度は乾板の 100 倍にも及ぶため、今まで撮影できなかった天体の観測が可能となった。ドリフト・スキャンを想定し、コンパクトなデューワー設計がされ、冷却器も窒素ガスのみで冷却できる MMR (Micro Miniature Refrigerator) を用いている。また、コントロール PC と望遠鏡側の CCD コントローラ間を光ケーブル 2 本で接続し、ケーブル本数を減らす試みもなされた。



木曾 CCD の構造図： 左側が窒素ガス冷却部とエレキコネクタを一体化したユニット。その先端に CCD を密着させて冷却する構造である。

装置仕様

検出器	日本 TI TC215 1024 × 1024 pixels
画素サイズ	12 μm × 12 μm
受光面サイズ	12mm × 12mm
画像スケール	0.75 arcsec/pixel
視野	12.5′ × 12.5′
動作温度	~170K
暗電流	≤2.5e ⁻ /pixel/hour (@170K)
バイアス	3000 ADU
読み出しノイズ	60~70e ⁻
変換効率	1.2~1.5e ⁻ /ADU
量子効率	~62% (6500 Å)
1%の直線性保証範囲	<6.3 × 10 ⁴ e ⁻ (<45000ADU)
冷却方式	MMR Joule-Thomson 冷却器
温度コントローラ	MMR 専用コントローラ
カメラコントローラ	TAKATO コントローラ
A/D 変換	BB ADC76KG (16bit 59KHz)



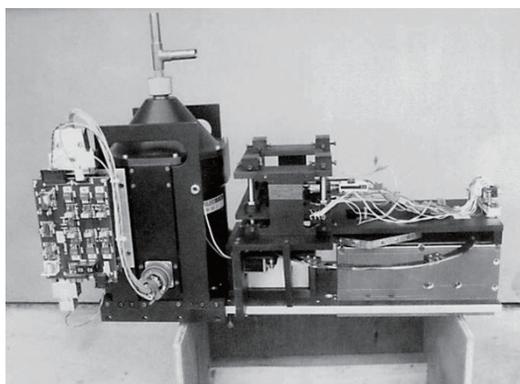
CCD と冷却器： 右側、手に持っているのが CCD-TC215 で、中央白い部分が冷却部、ガラス製のフィンガーに CCD 用の信号線が巻かれている。窒素ガス冷却部とエレキコネクタが一体化されている。



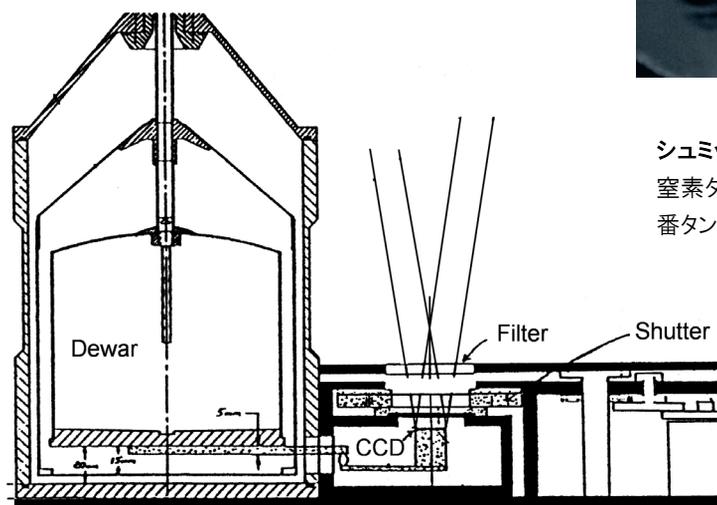
木曾 CCD デューワー： 手で挟んでいるのが真空バルブ。デューワー窓上部にシャッター、手との比較でわかるように非常にコンパクトなデューワーである。バルブ等の凸を含めた外寸は 150mm(W) × 130mm(L) × 70mm(H)。

6. 1KCCD (1992年)

観測所開発の CCD カメラ 2 号機である。木曾 CCD と同じ検出器を使い、冷却の安定をはかるよう液体窒素を用いた。CCD コントローラは、国立天文台(当時 東京天文台)の関口真木氏の考案した Messia を用いている。Messia に添付されないシャッター、フィルター、温度コントロールはボードを自作し、Messia 付属の I/O を使ってコントロールを行った。デュワー窓手前にシャッター、その上に 6 枚のフィルターターレットが置かれる(図参照)。オプションで、谷口義明氏考案のグリズムも取り付けられる。

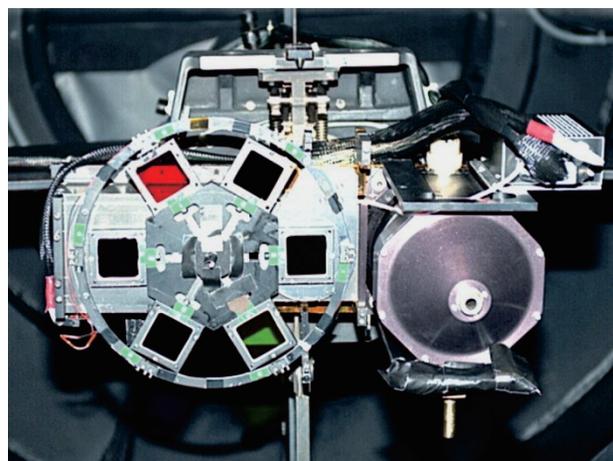


グリズムユニット装填: 分光用のグリズムユニットは、フィルターターレットと交換で取り付け。また、ユニットには傾き調整機構が組み込まれている。



装置仕様

検出器	日本 TI TC215 1024 × 1024 pixels
画素サイズ	12 μm × 12 μm
画像スケール	0.75 arcsec/pixel
動作温度	~170K
視野	12.5' × 12.5'
暗電流	≤2e ⁻ /hour (@170K)
バイアス	5900 ADU
読み出しノイズ	13e ⁻
変換効率	0.88e ⁻ /ADU
量子効率	~62% (6500 Å)
1%の直線性保証範囲	<3.52 × 10 ⁴ e ⁻ (<40000ADU)
標準フィルター	Johnson-Cousins UBVRI 5cm 角
フィルター交換	ターレット式 6 枚
冷却方式	液体窒素
温度コントローラ	自作コントローラ
カメラコントローラ	Messia I
A/D 変換	ANALOGIC ADC40316 (16bit 200KHz)
観測オプション	グリズム装着可能



シュミット焦点に装填した 1KCCD: 右側が冷却用の液体窒素タンク。左には、6 枚のフィルターターレットがある。一番タンクに近いフィルター下に CCD がある。

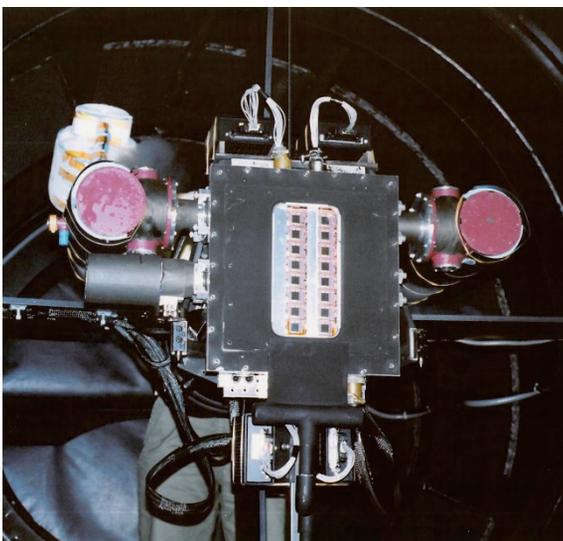
1KCCD の構造図: 左側が液体窒素タンクで、タンク底よりコールドフィンガーにより受光部の CCD 素子を冷却する。

7. モザイク CCD (1992 年)

CCD は写真乾板に比べ圧倒的な感度の良さでその存在感を確立しつつあったが、当時の技術では大型 CCD の製造が困難であったため、狭い視野での我慢を強いられていた。しかし、小型の CCD を複数並べて広視野化する試みを、東京天文台（現 国立天文台）の関口真木氏を中心とするグループが行った。観測所も開発に協力し、1991 年に 2 個の CCD によるモザイクカメラ、1992 年に 16 個のモザイクカメラとして完成した。この開発によって得られた検出器の正確な配置や高速並列読み出しの技術が、スローンデジタルスカイサーベイやすばるの主焦点カメラに応用された。



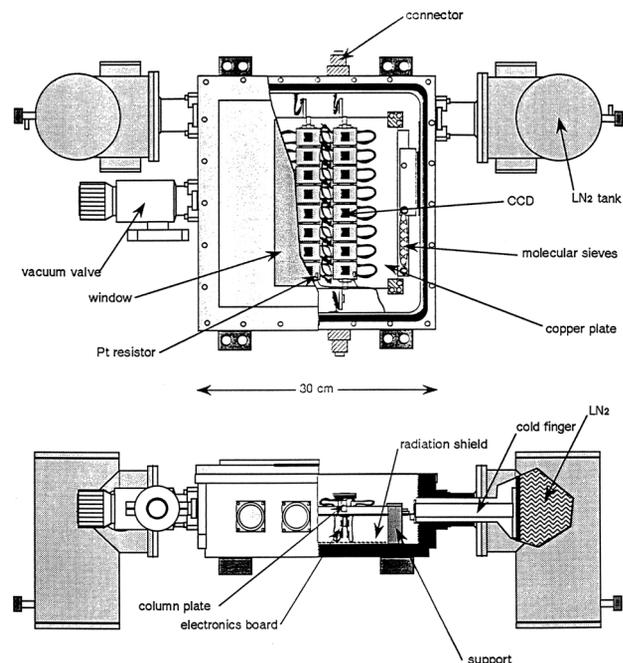
デューア内部：コールドプレート上に 16 個の CCD がシュミット焦点面に沿わせて並べられている。



シュミット焦点へ装填されたモザイク CCD カメラ：写真中央の窓越しに 8 個×2 列、計 16 個の CCD が並んでいる。両脇にある赤い容器は、液体窒素タンクである。

モザイク CCD 仕様

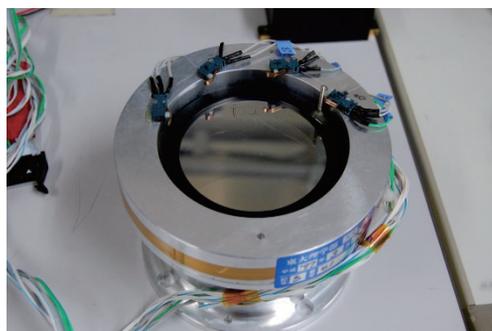
検出器	日本 TI TC215 1024 × 1024 16 個
画素サイズ	12 μm × 12 μm
画像スケール	0.75 arcsec/pixel
CCD 配置精度 (X,Y,Z)	3 μm (10 μm worst)
CCD 配置精度 z	10 μm (40 μm worst)
実効視野	0.42° × 1.70°
動作温度	~170K
暗電流	≤6e ⁻ /pixel/hour (@170K)
バイアス	~3800 ADU
読み出しノイズ	12~18e ⁻
変換効率	1.3e ⁻ /ADU
量子効率	~62% (6500 Å)
1%の直線性保証範囲	<2.0 × 10 ⁴ e ⁻ (<15400ADU)
フィルター	Mould U, B, V, R, I, と SP620
冷却方式	液体窒素
温度コントロール	なし
カメラコントローラ	Messia I (モザイク改良型)



モザイク CCD 構造図：上は正面図、下が側面図である。両脇に液体窒素タンク、左側に真空バルブ、中央に 16 個の CCD が配置される。図では見えないが、16 個の CCD がシュミット焦点の湾曲に沿わせて精密に配置してある。また、大きなデューア窓材は、1mm 厚の強化ガラスが使われた。

8. KONIC (1997 年)

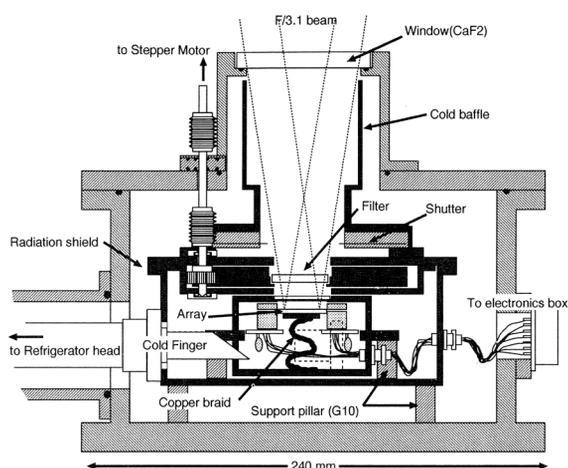
木曾観測所職員であった市川隆氏が中心となって開発した近赤外カメラ、通称 KONIC (Kiso Observatory Near Infra red Camera) である。国内最大サイズの三菱製近赤外アレイを用い、シュミット焦点と相まって、世界最大級の撮影視野 18.4 分角を誇った。近赤外域での空の明るさは変化するため、淡い天体の観測では空を同時に観測できることは大きなメリットである。「乙女座銀河団の赤外線観測によるハッブル定数の研究」や「ミラ型変光星の研究」等に用いられた。



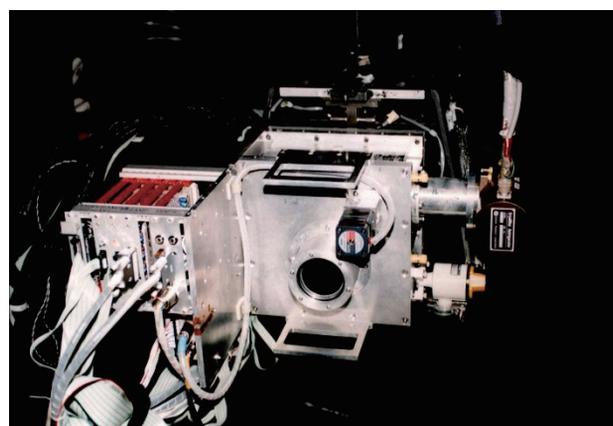
赤外用偏光フィルター：赤外用の偏光フィルターユニット、遠隔で 45 度毎の回転が可能。彗星観測に用いられた。

装置仕様

検出器	Mitsubishi 1040 × 1040 PtSi CDS
画素サイズ	17 μm × 17 μm
分解能	1.06 arcsec/pixel
開口率	0.53
動作温度	~60K
暗電流	≤ 12e ⁻ /sec(@56.5K)
バイアス	4200 ADU
CTIE を無視できる範囲	> 8000 ADU
読み出しノイズ	30e ⁻
変換効率	6e ⁻ /ADU
量子効率	8.0 ± 0.9% @ 1.25 μm 4.5 ± 0.4% @ 1.65 μm 2.0 ± 0.3% @ 2.15 μm
1%の直線性保証範囲	< 3.5 × 10 ⁵ e ⁻ (< 60000ADU)
欠陥画素率	< 0.001%
標準フィルター	J, H, K short
冷却方式	冷凍器 (イワタニ・クライオミニ D-105) 1st. stage 5W @ 77K, 2nd. Stage 1W @ 20K
温度コントローラ	Lakeshore model 330
温度安定性	< 0.1K
カメラコントローラ	Messia II (赤外観測用改良型)
A/D 変換	ANALOGIC ADC4344M (16bit 1MHz)
観測オプション	偏光撮像観測も可能



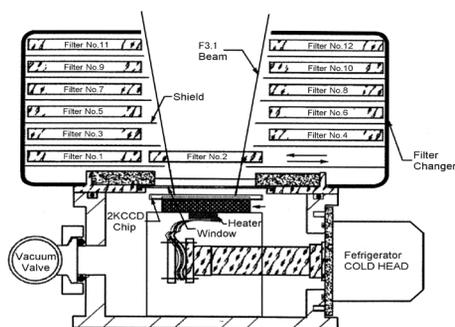
デューワー内構造図：左側の冷凍機は、2ステージ構造となっており、第1ステージ側で黒く塗られ部分を冷却し、外部からの熱流入を防ぐ。その後、第2ステージ目で赤外チップの使用温度の 50K まで冷却する構造となっている。



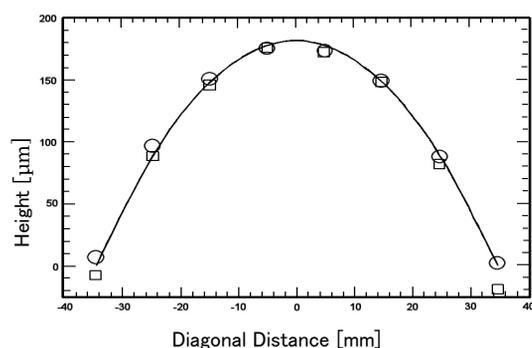
シュミット焦点に装填した KONIC：左からコントロールボード群、中央が本体で、丸く見えるのがデューワー窓。その右上がフィルター交換用のパルスモーターである。デューワー右側面下に真空バルブ、その上が冷凍器である。

9. 2KCCD (1997年)

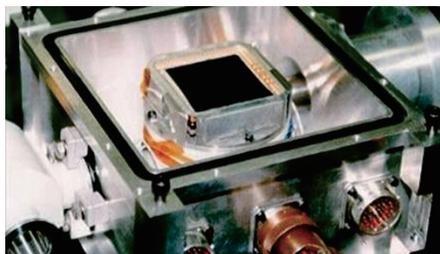
2KCCD は観測所開発の CCD カメラ 3 号機である。1 KCCD の視野 12.5 分角から、50 分角へと約 16 倍に拡大した。検出器は、SITE 製の TK2048E、裏面照射型の 2048×2048 画素の素子である。当時は、高感度化目的で素子表面のシリコン層を薄くするシンニング処理がされたが、均一な表面処理は難しく、光電面に厚みむらができた。しかし、このカメラに用いた CCD の形状測定では、その形状がシュミット焦点形状に見事に一致した。



2KCCD の構造図：上部がフィルター交換ユニットで、左右合わせて 12 枚が装填できる。下部がカメラ部で、上方に CCD チップ、左が真空バルブ、右が He 冷凍器である。



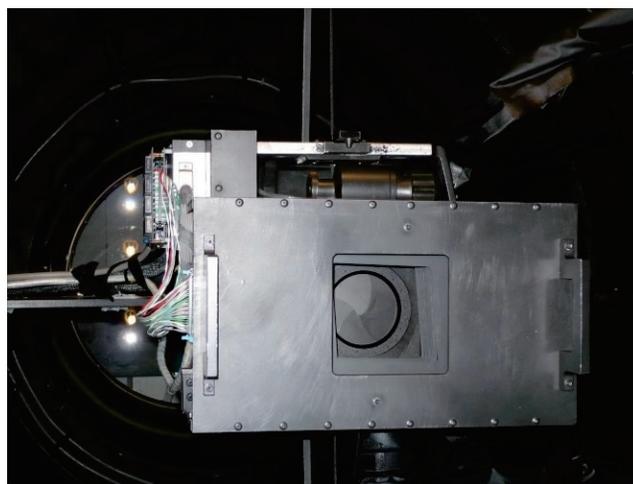
光電面形状測定図：○及び□は、光電面をレーザ変位計で角から対角方向に 2 箇所測った結果。曲線はシュミット焦点面形状であるが、その形状に驚くほどよく一致している。



デュワー内部写真：デュワー中央にあるのが CCD 素子。左が真空バルブ、右が冷凍器である。

装置仕様

検出器	SITe 製 TK2048E 2048 × 2048
画素サイズ	24 μm × 24 μm
受光面サイズ	48mm × 48mm
画素スケール	1.0 arcsec/pixel
視野	50′ × 50′
露出時間制限	5 秒 < 露出時間 < 60 分 (虹彩絞り型シャッター、宇宙船)
動作温度	~170K
暗電流	≤ 1e ⁻ /hour/pixel (@170K)
バイアス	4300 ADU
読み出しノイズ	40e ⁻
変換効率	3.5e ⁻ /ADU
量子効率	~88% (6000 Å)
1%の直線性保証範囲	< 1.4 × 10 ⁵ e ⁻ (< 40000ADU)
データサイズ	FITS 形式 8MB/フレーム
標準フィルター	Johnson-Cousins UBVRI 10cm 角
フィルター交換	水平移動方式 12 枚装着可能
デュワー窓材	HOYA-N50(φ 100mm)
シャッター	COPAL 製 φ 80mm
冷凍機	イワタニ S007: 8W@77K 空冷式
温度コントローラ	Lakeshore model 330M
カメラコントローラ	Messia III(1998/4-2000/9)、 MessiaIV(2000/11-2012/3)
A/D 変換	CRYSTAL CS5101A (16bit100KHz)



シュミット焦点に装填した写真：黒い横長の箱がフィルター交換ユニット。中央に見えるのが COPAL 製 φ 80mm のシャッターである。

木曾観測所の超増感

～ 観測効率の最大化を目指して ～

青木 勉 (木曾観測所)



1974年の開所以来20年近くに亘り、シュミット望遠鏡の観測には写真乾板が使用されてきた。写真乾板は感度が低いため、そのままでは長い露出時間を必要とすることになる。露出時間が長くなると失敗が生じ易くなり、一晩に観測出来る天体数も減る。このような場合には超増感処理を施し、感度を上げて観測効率を上げることが不可欠となる。

超増感とは露光前に写真乳剤に処理を施して感度を上げることであり、様々な方法がある。木曾観測所で行われてきた超増感は「フォーミングガス・ベーキング法」と「硝酸銀水溶法」の2種類である。以下ではそれぞれの増感法とその効果について紹介する。

フォーミングガス・ベーキング法は1976年にローズマリー・ヒル天文台のSmith、Schott、Leacockらによって提唱された。フォーミングガスは窒素92%、水素8%の混合ガスで、一般に市販されている。ガス増感感度は感度ムラが少ないことが特長で、シュミット望遠鏡で使われる大型写真乾板には特に有効である。また、フォーミングガスは水素のみを使った気浴法に比べて

安全で安価であることなど、利点が多い。木曾観測所でのフォーミングガス・ベーキング法の増感手順は、先ず、乾板を増感箱 (baking box) に入れ密封し、増感箱の空気をフォーミングガスに置換 (吸気間隔は10秒に設定し、15分間実施) する。その後、約60°Cの恒温器の中で乾板を2時間bakeする。その際、増感箱の中には温められた新鮮なフォーミングガスを2分間隔で繰り返し供給するようにしている (写真1参照)。



写真1. Forming Gas 超増感装置

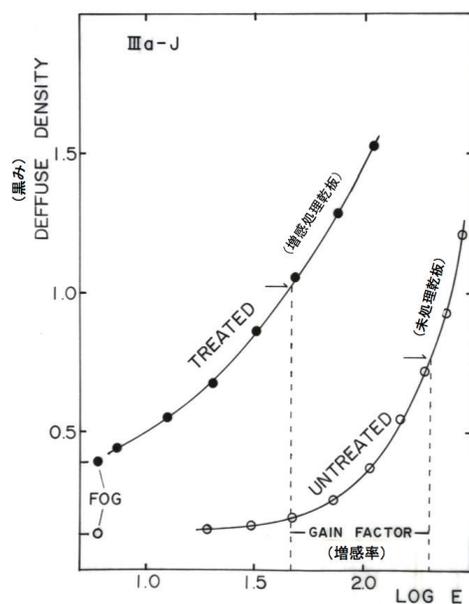


図1. IIIa-J乾板のForming Gas超増感の例

超増感の効果について、IIIa-J乾板を例にみても、2時間から2.5時間のbakingが最も増感率の高い値を示すことが分かった。(ここで、増感率とは、増感・未処理乾板とも同一乾板・同時露光・同時現像を行って、それぞれの特性曲線を得る (図1参照)。得られた特性曲線のfog densityからdiffuse densityで0.64上の黒みを与えるのに必要な露光量の比を増感率と定義している。) この処理で4倍近くも感度が上がることが分かった。感度が2倍上がると露出時間は半分になるので、観測効率は格段に良くなる。また、超増感処理された乾板は常温で空气中に放置すると、増感率は増感後2~3時間で急激に低下し、fog densityは時間とともに上昇することが実験で確認された。従って、超増感された乾板は極力空気に触れないよう窒素ガスを封入した増感箱に入れ、冷凍庫で保存することが重要になる。

この方法だと数ヶ月は保存が可能である。

次に硝酸銀水浴法について紹介する。この超増感法は古くから知られていたが、1976年に Jenkins、Farnell らによって再び注目されるようになった。この方法は、主に赤外用乾板 (I-N、IV-N) に用いられる。

木曾観測所での硝酸銀水浴法は1万倍に希釈した硝酸銀水溶液が入ったステンレス製のバットに写真乾板を入れ、バットごとロッキング式増感装置 (液の入ったバットを1分間に2回転の早さで回転させながら一定方向に25~30サイクルでロッキングさせ、くまなく溶液を攪拌する装置：写真2参照) に4分間浸す。



写真2. ロッキング式増感装置

次に純水で硝酸銀水溶液を洗い流し、バックリングが無い乾板についてはイソプロピルアルコールに2分間浸し (バックリングのある乾板は水切り剤のドライウエルに浸す) 5~10分程度で乾燥させる。浴増感法の場合、増感時や乾燥時に感度ムラが起きやすく、特にシュミットの大型乾板では場所ムラが目立つようになる。硝酸銀水溶液に浸す時は、乾板の膜面に付着したゴミを乾燥空気等で吹き落とし、液に浸す際には十分に攪拌する。また、乾燥処理を行う時は乾板に残っているアルコールや水滴などを十分に落とすことが肝要であり、乾燥は乾板全面に均質な空気を送りながら乾燥させることが必要となる。因に、バックリングが無い乾板はその後バックリングを刷毛で塗り15分程で乾燥させる。

硝酸銀水浴法で増感した I-N 乾板の保存は窒素ガスを封入した増感箱の中に入れ、-15°C以下の冷凍庫で保存する。しかし、保存の実験から増感後2日から3日後には増感率が2割程下がり、5日から後の変化はそれに比べ非常にゆっくりで、3割程下がったところで横ばい状態となる。一方フォグの値に関しては大きな変化はみられなかった。このことから浴増感した写真乾板はできるだけ早く観測に使用するべきである。

あとがき

筆者が東京天文台の三鷹勤務から木曾観測所に配置換えになった1974年から、観測所として定常的な運用を始めるための多くの業務 (土木作業から大工さんまで) をこなす立上げ期間が始まった。それから1年以上が経過した頃から、望遠鏡の性能評価に必要なハルトマン板の制作や撮影乾板の測定などを行うようになった。そうした頃、浜島さんや野口さんから写真乾板の超増感の実験を進められた。今思うと、大変好運なお勧めであったと感慨深くなる。私はお陰で1977年のシュミット望遠鏡に関連した観測天文学シンポジウムで「Forming Gasによる超増感について」報告させて頂くことができたし、1978年 (昭和53年) には日本天文学会秋季年会で、「硝酸銀浴法による I-N 乾板の超増感実験」の発表を行うことができた。超増感を行うことで、写真乾板の感度が向上し、観測時間が短縮され観測効率を飛躍的に増大させることができる。そのことは、その後の仕事 (自動現像機の制作、シュミット望遠鏡の制御系の改修、観測装置のソフトウェア開発、MAGNUM 望遠鏡の観測システムの開発など) の種類によらず、「観測効率を高めること」が私の仕事の多くの部分を占め、ほぼ一貫したテーマになったのではないかと思うようになった。最後に、こうした環境に導いて頂いた諸先輩方に感謝を申し上げる次第である。

乾板	フィルター	処理方法	増感率
IIIa-J	GG-455	フォーミングガス、水素 8% Baking(60°C、2時間)	3.8
I-N	RG-695	硝酸銀 (10 ⁻⁴) 水溶液 ; 浸漬 (15~20°C、3分間)	5.0

表1. 木曾観測所における標準的な超増感処理

乾板からCCDへ

～ 観測所最初の CCD カメラ開発 ～

高遠 徳尚 (国立天文台 ハワイ観測所)



1987年初夏、大学院に入りたての私に、指導教官であった家正則先生から、「木曾用にCCDカメラを作らないか」と修士での研究テーマを示されたのが、事の始まりでした。もちろん家先生、岡村定矩先生、石田恵一先生をはじめとした先生方が周到にお膳立てして下さいていたのだと思いますが、若造の私はそんなことは想像だにせず、「好きなように作って良い」というありがたいお言葉に飛びついたのでした。

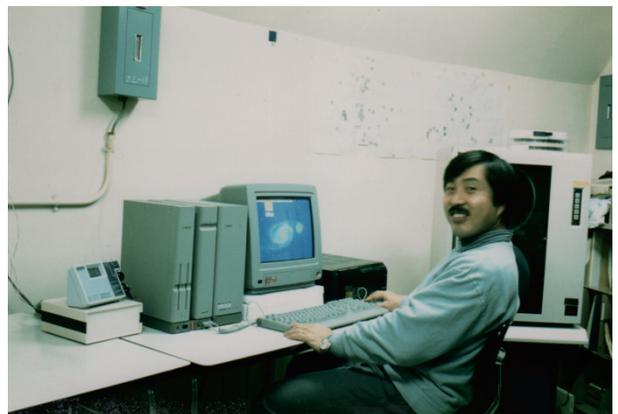
これに先立つ数年前から、岡山天体物理観測所にCCDカメラを導入するプロジェクトが、やはり家先生が中心となって進められており、また1987年5月には、岡山で試験していたCCDカメラを木曾観測所に取り付けての試験も行われました。これらの観測に私も学生アルバイトとしてお手伝い(全く役に立っていませんでしたが)していたので、CCDカメラがどういうものかは、何となく理解していました。それまでの写真乾板や電子撮像管に比べて、CCDは格段に高感度・高安定であることが特徴なので、木曾観測所用のCCDカメラ開発では、「日本で一番暗い星まで写るカメラ」を目標にしました。

初期のCCDは画素間の感度ムラが大きかったため、当時世界最深の画像は、CCDの電荷転送に合わせて望遠鏡を振って、コラム方向のすべての画素を使うことで感度ムラを低減する方式(ドリフト・スキャン、あるいはTDI)で得られたものでした。そこで、その方式をまねて、望遠鏡を振る替りにカメラを動かすことにし、そのためにカメラ自体を小型なものにすることにしました。CCD素子は日本テキサスインスツルメント社製のTC-215と決まっていた。

それからは、想像していた天文学科の学生像とは随分とかけ離れた生活となりました。もともと、小学生の頃に5球スーパーを組み立てたりしていた電気少年だったのですが、一から電子回路を勉強し直して、気が付けば鞆の中には天文関係の本は一冊も

なく、電子回路の本だけが詰まっていた、当時は充実していたトラ技の広告を舐めるように見ていました。ふと「こんなにも天文の勉強をしていなくて良いのか？」と不安になることもありましたが、とにかく毎日が充実していました。

木曾観測所の体制としては、データの計算機への取り込みと制御ソフトは青木勉さん、望遠鏡への取り付けやフィルター交換機構などの機械系は征矢野隆夫さん、樽沢賢一さんが担当して下さいになりました。部品の購入などは秋葉原で伝票買いができるようにして下さいするなど、田中さんをはじめとする事務の方々も含めて、木曾観測所全体でサポートして下さいしている感じが、そういう方面には鈍感な私にもひしひしと伝わってきました。



ドーム内の制御室でCCDカメラを操作する青木勉氏

望遠鏡焦点のカメラ部と制御室のコントローラーとの通信をどうしようかと困っていた時に、光ファイバーを教えてくれたのも観測所の方からでした。今でこそ光ファイバー通信は至極当然ですが、当時はまだ珍しいものでした。おかげで電気ケーブルの束を長い距離這わすことなく、光ファイバー2本ですっきり高速に繋ぐことが出来ました(本館とドームの間を車で運搬中に、積み方が悪くてファイバーを引きちぎってしまった時には焦りましたが)。

開発の後半は木曾観測所に泊まり込みで作業をすることが多く、ほぼ毎月一週間以上滞在させてもらっていたのではないかと思います。天文少年でもあった私としては、あこがれの木曾観測所で仕事（勉強）できるのが、内心嬉しくてしょうがなかったです。ポスドクで滞在されていた市川伸一さんに「自分の望遠鏡という実感がわいてきたか？」と言われて、「自分の望遠鏡」という響きに軽いショックと快感が走ったのを覚えています。

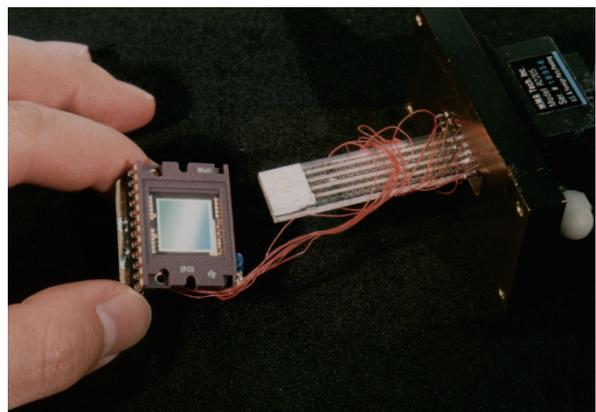
木曾観測所で運用していた画像解析パッケージ SPIRAL でわからないことあると、岡村先生や浜部勝さん、市川さんに尋ねるのですが、皆ご自分の仕事の手をピタッと止めてすかさず対応して下さいたのには、恐縮してしまいました。

昼休みには、玄関前のあの入り組んだ庭で野球をしたり（そこまでしてやるか？と思いましたが楽しかったです）、春はタラの芽、秋はキノコ狩りと、環境を生かしたアクティビティが充実していました。夜は当直の方や曇った時の観測者の方たちから、ためになるお話をいろいろ聞くことが出来ました。ある時、谷口義明さんから「あの合理的なアメリカ人がその後ドリフトスキャンをやっていないのには、理由があるはずだから、ちゃんと考えろ」と諭されました。確かに初期の CCD ではその効果がありましたが、我々が使っている TC-215 では画素ムラは十分に改善されており、ドリフトスキャンをしなくても通常の較正で十分な補正ができることがわかりました。結局ドリフトスキャンモードの開発はやら

ずじまいとなりました。

色々と紆余曲折はありましたが、木曾観測所の方々の全面的なご協力でも 1988 年の冬にはカメラとして無事完成し、狭帯域フィルターによる高赤方偏移銀河からのライマン α 輝線サーベイもどきを行うことが出来ました。この観測では結局原始銀河は見つかりませんでしたが、今から考えると、まだまだ限界等級が浅かったようです。点光源の感度向上にはシーイングサイズを小さくすることが必須であることを実感し、その後の補償光学系の開発への強い動機になって行きました。

ドリフトスキャンを念頭に置いて、超小型の冷凍機（高圧窒素ガスを断熱膨張させるタイプのジュールトムソン冷凍機で、駆動部が無い）を利用したデューワーを開発しましたが、ドリフトスキャンをしないうことにしたため、小型化のメリットはあまりなく、運用上の問題の方が大きくなりました。また自分の不注意でコントローラーボードを壊してしまったこともあり、その後は観測所の方々を中心に、機械式冷凍機を使った安定運用ができるカメラ、さらにシュミットの広視野を生かしたカメラの開発へと進んで行きました。



CCD (TC-215)と Joule-Thomson 冷却器

あれから 25 年たっていますが、今から振り返ると、その後に経験したことは、木曾観測所で学んだ 2 年間に何らかの形で経験していたことが多いです。その意味でも非常にありがたい教育を受けさせてもらったと、今でも感謝しています。翻って、当時御恩を受けた先生方を超える年齢で観測所に勤務している身として、ハワイ観測所が、木曾観測所で受けたような多角的に人を育てる環境になっているのか、改めて自問自答しているところです。

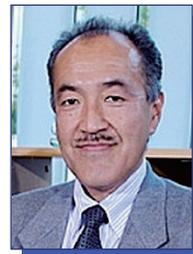


進捗報告のために作成した「木曾 CCD レポート」。約 1 年半の間に不定期に 10 号レポートした。

世界初のシュミット望遠鏡用グリズムの開発

～ 木曾スピリットが今の私を ～

谷口 義明（愛媛大学 宇宙進化研究センター長）



1. はじめに

木曾観測所 40 周年、誠におめでとうございます。これに伴い、木曾観測所から 40 周年記念出版への原稿の寄稿の以来を受けました。テーマはグリズムの開発についてです。私が木曾観測所の所員としてグリズムの開発を行っていたのは、今からざっと 25 年前。つまり、四半世紀も前のことです。果たして当時の資料が残っているかどうか、まずは確認してみました。すると書棚の片隅に『世界初のシュミット望遠鏡用グリズム分光システム』という懐かしいファイルを発見することができました（図 1）。木曾観測所を離れ、東北大学、そして愛媛大学への異動があり、その都度不要と思われるファイルを処分してきたのですが、奇跡的にグリズムの資料は残っていたわけです。これもやはり何かの縁だと思い、筆をとることにした次第です。



図 1. グリズム開発の資料をまとめたファイル。愛媛大学宇宙進化研究センター長室にて撮影。

2. CCD 革命

観測には測光、撮像、分光など、いくつかのモードがあります。シュミット望遠鏡の場合、広い視野を生かした天体の探査が主たる目的なので、最も一般的な観測モードは撮像です。一方、対物プリズムを用いれば、強い輝線を放射する天体や、特徴的な

スペクトルエネルギー分布を持つ天体の探査もできます。これは分光モードの観測になりますが、波長の校正ができないので、天体物理学的な研究には不向きです。あくまでも、特徴的な天体の探査ができるということです。私自身は分光観測の方が好きなので、シュミット望遠鏡でどのような観測をすれば良いか、思い悩んでいた時期がありました。

私が木曾観測所に赴任した 1987 年、大きな出来事がありました。それは CCD カメラの導入です。写真乾板に比べると量子効率が圧倒的に高く、暗い天体の観測に向いています。ただ、観測できる視野は非常に狭く、シュミット望遠鏡の特長を生かすことはできません。しかし、とにかく使ってみようということで CCD カメラのテストが行われるようになりました¹。CCD カメラをシュミット望遠鏡の主焦点部に設置することになりますが、フィルターはカメラの直前に入れることになります。カメラ自体が小さいので、フィルターのサイズは 5cm 角程度で済みます。今までは写真乾板と同サイズ（36cm 角）であったことを思うと、ずいぶんと簡便です。その構造を見てふと思いつきました。『フィルターの代わりにグリズムを入れたら分光器になる！』そのアイデアを所員の方々に相談したら『やってみたら』と言われ、やることになってしまいました。木曾観測所は包容力のある天文台だということです。

3. 世界初のシュミット望遠鏡用グリズムに挑む

私はユーザータイプの研究者だったので、光学設計は初めてでした。いったいどうしたらよいのかと悩んでいたら、成相恭二先生（東京大学・天文学教

¹ この時の英断がすばる望遠鏡の主焦点広視野カメラ **Suprime-Cam** の開発につながったことは特筆すべきことだと思います。もしシュミット望遠鏡に CCD カメラを使おうと思わなかったら、今の日本の光赤外線天文学の発展はなかったからです。木曾スピリットに深く感謝する次第です。

室) が助けて下さいました。自作の光学設計ソフトを提供して頂き、それを使ってようやく設計したことを覚えています (図 2)。島津製作所からグリズムが届けられた時は、本当に感動しました (図 3)。

サイズ : 50 mm × 50 mm
 刻線数 : 125 本/mm
 プレーズ波長: 6563 オングストローム
 プレーズ角 : 4.70°
 プリズム頂角: 5.57°
 分散 : 975 Å/mm
 CCDカメラからの距離: 80 mm

グリズムの仕様を図示したものを下に示します。

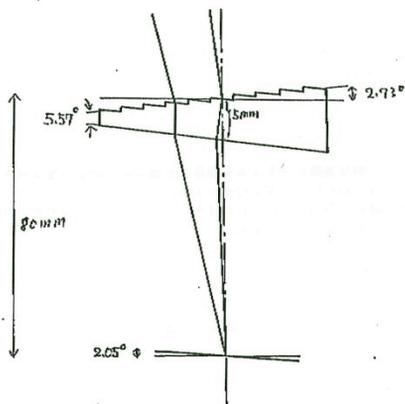


図 2. シュミット望遠鏡用グリズムの光学設計図



図 3. 世界初のシュミット望遠鏡用グリズム

なにしろ、世界初のシュミット望遠鏡用のグリズムです。グリズムの良いところはゼロ次像も写ることです。一次のスペクトル像だけでは波長校正ができませんが、ゼロ次像があると波長校正が可能になります。対物プリズムではできなかったことができるのです。

早速、CCD カメラに取り付けて試験観測を始めました。まずは強い輝線天体が良いだろうということで、銀河系内の惑星状星雲を観測することにしました。どのような天体が良いか、田村真一先生 (東北大学・天文学教室) に伺い、M 1-6 を選んで観測してみました。CCD カメラ+グリズムの組み合わせは写真乾板+対物プリズムに比べて切れ味鋭く、見事

に輝線を捉えることができました (図 4 及び図 5)。味をしめて、いよいよ研究ターゲットである遠方

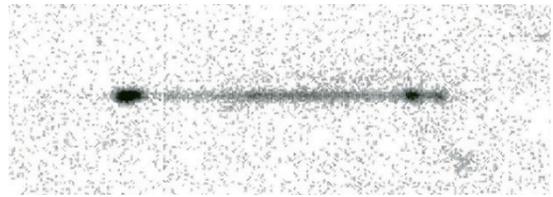


図 4. 惑星状星雲 M 1-6 のグリズム画像。波長は左の方が長く、右に見える 2 本の輝線は Hβ と [OIII]、左の明るい輝線は Hα + [NII]。

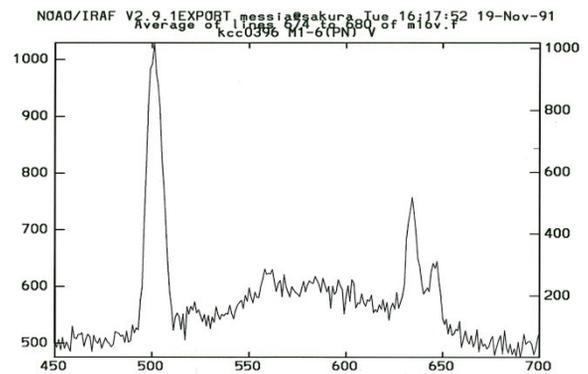


図 5. 図 4 の M 1-6 の一次元スペクトル。波長は左の方が長い。

のクエーサーを観測してみることにしました。可視光の等級は 20 等ぐらいのクエーサーでしたが、残念ながらライマン α 輝線を捉えることはできませんでした (図 6)。しかし、今から四半世紀も前のことです。口径 1 m 足らずの望遠鏡で赤方偏移 $z=4$ を超えるクエーサーの観測に挑戦していたわけで、我ながら凄いことだったのだと思います。これも木曾スピリットのご利益であり、今の自分があるのはま

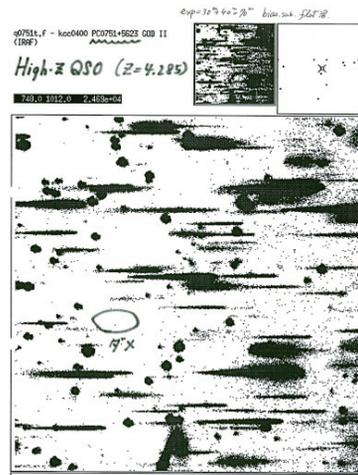


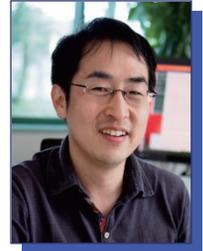
図 6. 赤方偏移 $z=4.285$ のクエーサー PC 0751+5623 の観測画像。“ダメ”と○印で囲ってある場所にライマン α 輝線が写るはずであった。

さに木曾観測所で働いた経験があるからだとしみじみ感じ入っているところです。木曾観測所のますますの発展を祈念して筆を置くことに致します。

モザイク CCD 開発

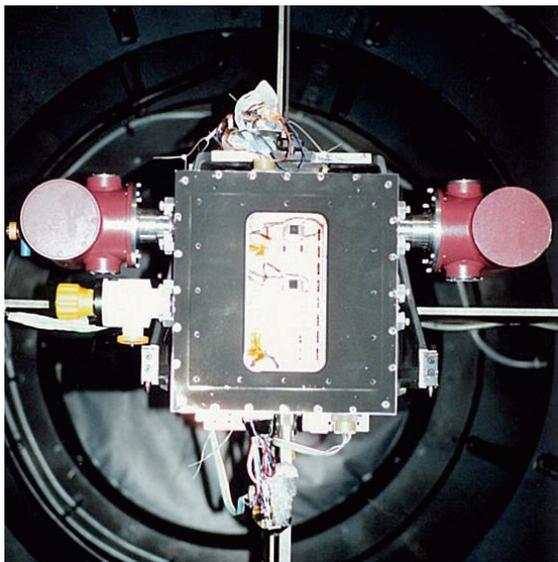
～ 世界のモザイク CCD は木曾から始まった ～

柏川 伸成 (国立天文台 TMT 推進室)



木曾観測所。そこは日本で初めてモザイク CCD が開眼した場所です。可視でも赤外でも検出器のモザイク化は今となっては当たり前になっていますが、CCD が天文学に応用されるようになって間もない 1990 年代当初はまだ確立していなかった技術で、検出器の正確なアラインメント、デュワーの大型化、並列高速読み出しなどが課題でした。これらの技術はその後、スローンデジタルスカイサーベイの多色カメラやすばる主焦点カメラに応用され発展したこ

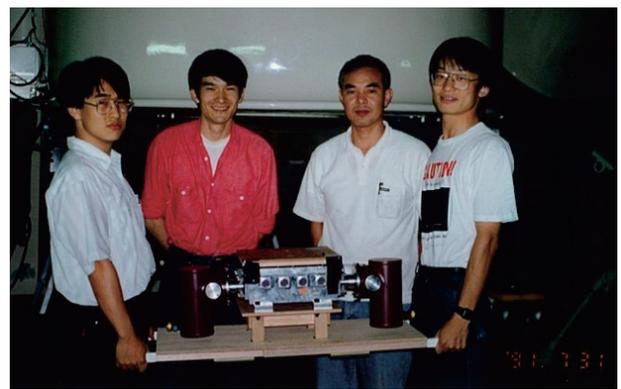
見えてきたのを今でも覚えています。その時、そこがその後何回も通う場所になるうとは全く思いませんでした。



木曾シュミットに取り付けられたモザイク CCD カメラ 1 号機。1000 x 1000 画素のたった 2 枚の CCD で 1991 年ファーストライトを迎えました。

とはみなさんご存知の通りだと思いますが、当時世界でも良質の広視野写真乾板を生産していた木曾でこの広視野 CCD カメラが誕生したことは必然というてよいでしょう。

木曾のシュミット望遠鏡は、私にとっては大学院に入って初めて目にした大望遠鏡です。初めて木曾観測所に行った時、荘厳な入口の太い鎖を解き放ち、延々と続くであろうかと思われるアプローチを抜けた先に、古めかしいでもどこか威厳のあるドームが

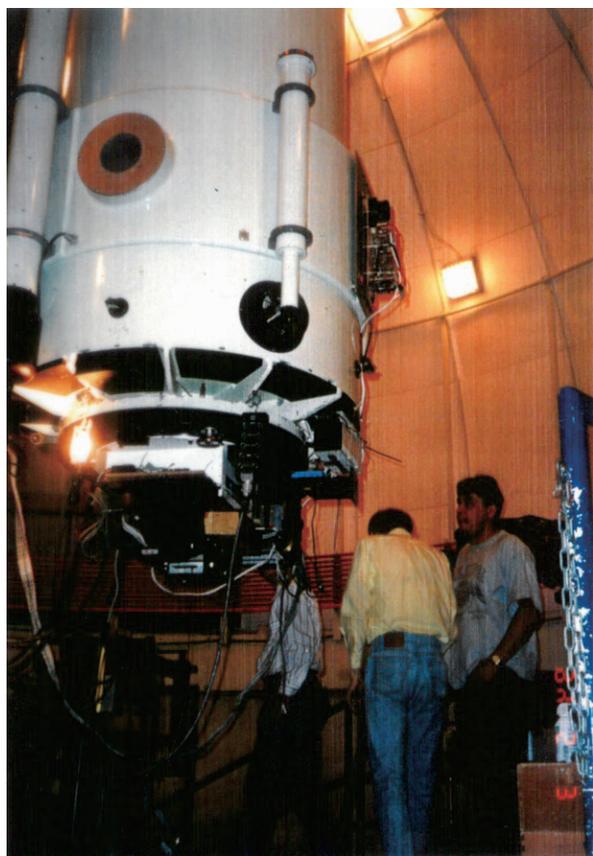


右から土居守、岡村定矩、関口真木、筆者の初期モザイク CCD カメラ開発メンバー。みんな若かったですね。大型デュワーを木製の「おみこし」に載せて木曾と三鷹を往復しました。

モザイク CCD カメラは、当時国立天文台教官だった関口真木さんが中心となって、木曾観測所所属だった岡村定矩さん、東大の大学院生だった土居守さんと、右も左もわからずに天文の世界に入って来た私とで開発が続けられました。この冊子を読んでいる方なら『木曾オリオン』でご存知、青木勉さん、征矢野隆夫さん、樽沢賢一さんらに手厚いサポートを受けながら開発は進みました。思い返すと、今となっては使われなくなってしまった油拡散真空ポンプを使っていたし、冷却も液体窒素でした。開発初期にはデュワーの冷却容量が十分ではなかったので、液体窒素を市販のじょうろに入れて 2 時間おきに望遠鏡によじ登り内部に入って補給したものでした。今となっては牧歌的な観測でしたが、自分のやる事がダイレクトに機器操作や観測に反映されるのは、すばるなどでは味わえない醍醐味です。

モザイク CCD の開発は、木曾と三鷹との間を往

復しながら試行錯誤が続けられました。木曾での思い出というと、関口さんといっしょに観測所敷地内の茂みに立ち入り、きのこをたくさん取ったことを思い出します。どれが食べられるきのこでどれが食べられないか。論文はそっちのけでガイドブックを目に穴があくほど読んだ記憶があります。観測時間は豊富にいただいて、そのうち私1人だけで観測す



チリ・ラスカンパナス天文台の 1m 望遠鏡にとりつけられたモザイク CCD カメラ。



WHT にモザイク CCD カメラを持ち込んで共同研究者との記念撮影。

ることもありました。ドーム、望遠鏡の制御から観測装置の運用まで何から何まで自分1人でやらなければなりません。ある晩、全く晴れないので地下の観測待機室に行ってゴルゴ 13 を読みながらラーメンを食べました。休憩が終わって観測室に戻ってみると、ドーム内に雨が降っていたなんてこともありました（もう時効ですよ）。

木曾で開発されたモザイク CCD はその後カナリア諸島のウィリアムハーシェル望遠鏡、チリ・ラスカンパナス天文台のスウォープ望遠鏡に取り付けられ、このカメラとともに旅をした私に世界の広さを教えてくれました。関口さんは木曾のこのカメラで超新星を見つけて宇宙論パラメーターに制限を与えようとしていましたが、ある晩、明るく輝く超新星候補を見つけたことがあります。関口さんはそれをIAUに報告するかどうか、追観測をどうするか悩んで一晩中木曾観測所の廊下をうろうろ往復していたのを覚えています。もしあの後、われわれが本格的に超新星探査に乗り出していたら、ダークエネルギーを見つけた場所は木曾観測所になっていたかもしれません。一方、私はこのカメラを使ってキューサーサーベイを計画しその一部で修士論文を書かせてもらいました。当時はサーベイとしての基礎技術を確立するのに精一杯で新しいキューサーを発見することはありませんでした。優しくも厳しい土居さんには 20 年たってお互いいい年になった今でも「柏川くん、まだキューサー見つけてないじゃないか」と叱咤激励されています。そんな私が紆余曲折を経て今、すばる望遠鏡の HSC を用いて高赤方偏移キューサー探査を始めようとしていることに何か因果を感じます。私の修士論文の謝辞の最後には「モザイク CCD の開発に携われたこと、そしてその未来への可能性に期待をかけることができる現在に感謝します」とあります。その未来への期待は今も続いているのです。

KONIC 開発顛末記

柳澤 顕史 (国立天文台 岡山天体物理観測所)



KONIC (Kiso Observatory Near Infrared Camera) は、木曾観測所が 1996 年に共同利用に公開した近赤外線カメラ(1–6 μm)で、18.4 分角四方の視野を J,H,Ks バンドで撮像できる装置である。当時入手可能な世界最大フォーマットの PtSi 1040 \times 1040 アレイをシュミット光学系の主焦点に据えるというアイデアを実現したもので、KONIC の視野は近赤外では当時の世界最大級であった。私は、大学院生としてこのカメラ・プロジェクト参加し、共同利用公開後、岡山に赴任するまでの 1 年余り観測者のサポートを行った。当時の時代背景に触れつつ KONIC の開発および PtSi アレイの評価についての顛末を紹介したい。

●PtSi アレイの登場

その名は、白金シリサイド・ショットキーバリア型ダイオード(PtSi)2 次元アレイ、KONIC の画像センサとして搭載された検出器である。これは、感光部に PtSi を使用した 裏面照射型インターライン CCD の一種で、三菱電機が民生用途に開発した製品である。すでに 512 \times 512 画素の PtSi アレイは同社の赤外カメラに組み込まれて発売されており、1040 \times 1040 画素のアレイが完成したばかりだった。

PtSi アレイは民生用途の画像センサとして理想的な特徴を持っていた。成熟したシリコン技術を基盤として製作された PtSi アレイは、画素感度のばらつきが少なく、欠陥画素が殆どなく、大フォーマット化が容易であり、歩留まりが高く (安価) で、大量生産が可能だったのである。ショットキーなの

で原理的に感度は低かったが、常温の物体は明るく輝いているので、欠点にはならないのである。

この PtSi アレイに、天文業界が関心を寄せたのは 1990 年代初頭のことである。きっかけは、その頃、博士課程の上野宗孝さん (京都大学) と伊藤昌尚さん (東京大学) が素子数 512 \times 512 の三菱製 PtSi アレイを使用した天文観測用カメラの開発に成功したことにある。同カメラで取得した広視野画像は、赤外 2 次元アレイによる観測が一般的ではなかった当時の日本に強い印象を与えたのである。

このカメラの成功を受けて、PtSi アレイは、すばる望遠鏡主焦点近赤外モザイクカメラの筆頭センサ候補として提案され、すばる望遠鏡に関心を寄せる研究者に広く認知された。HgCdTe や InSb などのセンサは、感度は高いが、素子数が少なく (256 \times 256 が最大)、歩留まりが悪い (高価) ことも手伝って入手が困難であった。そのため、感度は低いが入手が容易な PtSi はモザイク化には都合よかったのである。その一方で、実際の観測による実用性の裏付けはまだ乏しく、どのくらい天体観測に有望なのか、その評価が望まれていた。そんな時期にスタートした KONIC は、PtSi アレイを撮像の観点から評価する役割を担うことになった。

●KONIC の開発 : アレイ駆動回路が準備できるまで

KONIC の開発は、1993 年にスタートした。装置 PI は市川隆さんで、私 (D1) と伊藤信成さん(M2) がこの装置プロジェクトに参加し、それぞれ電気・

制御系と熱・機械系を分担した。柳澤の課題は、主として PtSi 1040×1040 検出器を動かして画像を得ることであった。市川さんの計らいで、MessiaII+ と呼ばれるアレイ駆動システムに、フロントエンドのアナログ回路を付け足すことでアレイの駆動をする方針は決まっていた。そこで、片ざ宏一さん（東京大学）の指導を受けつつ、PtSi アレイの駆動回路を準備することになった。

その取り掛かりの際に、片ざさんから「検出器駆動なんて簡単で、必要なことは1週間もあれば教えられるけど、その知識が身につくまで3年かかるよ」と言われた。博士課程からの手習いで、しかも天体観測に応用できるかどうかも知られていない検出器を試そうとしている、お気楽な大学院生の行く末を心配して諭してくださったのであろう。それからの日々は“初めて”への対処が大変で、当初、円形脱毛症を患ったこともあったが、どうにかミッションの全体像が見えてきてからは人並の困難を楽しむ余裕がうまれた。とはいえ、開発の終了まで決して順調に進んだわけではなく、閉塞状況を抜けるたびに、前向きな気持ちを取り戻す、そんな機会を重ねた日々であった。

当初用意したフロントエンド回路では PtSi 512 アレイは駆動できたけど、PtSi 1040 アレイは駆動できない、といった幾つかの課題を克服し、翌年 10 月 28 日、ついに PtSi 1040 アレイの冷却駆動に成功（図 1 参照）、翌月には木曾シュミット望遠鏡に取り付けて球状星団 M15 のファーストライト画像を得ることに成功した。「とうとう画像が撮れたねえ」と、隣で安堵の笑みの市川さんと伊藤さん。木曾観測所の制御室で互いに顔を見合わせた忘れえぬシーンである。この時は、ノイズが高すぎてノイズレベルがわからない状態だったが、3 か月の奮闘の末、とうとう原因を突き止めてノイズを 60 電子まで落とし、ようやく検出器評価の可能な“まとも”な駆動回路が出来上がった。

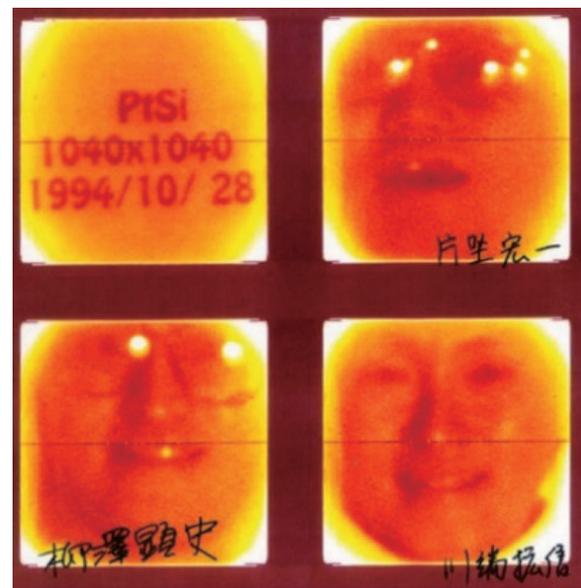


図 1: 単レンズで撮影した実験室ファーストライト画像

●PtSi 1040×1040 アレイの評価

観測を始めると、検出器固有の新しい課題が次々に見つかった。転送チャンネル方向画像がゆがむ、画像の下半分に横縞が発生しフラットでも取れない、画像の上半分には小さな穴が多数あいていて背景高レベルに応じ転送チャンネル方向に場所が移動する、読み出しアンプやスキャナー回路からの発光がスカイレベルを超えている、読み出し中の温度変動が大きい、縦・横転送方向に特徴的な十字パターン（splash）が発生する、PSF の裾野がシーイングを超えて広がっている、などである。困った。これ以上は手に負えぬ。

PtSi アレイの貸与にあたって、貸与をうけた個々の研究室が、三菱側に直接問い合わせを行うことはできない約束になっていた。おそらく、PtSi アレイに関わる研究室で情報共有を期待し、三菱側の負担を最小限とする目的があったと思われる。しかし当時、情報共有が実現する雰囲気はなかった。いずれにせよ我々素人では埒があかないので、思い悩んだ末に思い切って PtSi アレイの開発者である三菱 LSI 研究所の木股雅章さんを 3 人で訪ねた。1995

年6月のことである。

面会当初は両者ともに堅い雰囲気だったが、木曾における取り組みと、浮かび上がった課題を説明するうちに、次第に質問が飛び出しはじめた。低照度下における駆動が期待通りでない事が興味を刺激したのか、木股さんは次第に相手を崩し「何が起きとるんやろうなあ」と腕組みしながら一緒に解決方法を考えてくださり、様々な示唆と提案を下さった。その後、木股さんは天文用に貸与したアレイが、どういう状況になっているのか心配していたのです、とおっしゃった。組織同士の外向きの顔と、現場の顔が違うことを知った初めての経験でもあった。

こうして三菱との交流が始まり、相談・報告をするチャンネルができたおかげで1996年には半分余りの課題に目途がついた。そこで、KONICを共同利用に供して、評価結果をSPIEで発表した。奇しくも、片ざさんの言うとおりの、3年が経過していた。

その後の取り組みを含めて、私が出した主要な結論は次の通りである。

- 民生用途の三菱 PtSi 1040×1040 アレイは、 $3\text{-}5\mu\text{m}$ 帯に最適化されているため、 $1\text{-}2\mu\text{m}$ 帯では量子効率 2-4%に留まっている。しかし PtSi 膜厚を厚く(13nm 以上)、反射防止膜厚を薄く(350nm)することで5倍の感度向上が期待できる。
- PSF の裾野はシーイング(Moffat 関数)より広がっている。これは、PtSi 膜で反射された入射光が Si 基板内で吸収を受けるまで広がるためである。
Splash は PtSi 膜が方形状のアレイ配置になっており、入射光が干渉することで発生している。これは検出器の感度向上と、Si 基板を薄く削ることで緩和できる。
- 低照度下では、縦転送チャンネルの転送効率低下が認められる。ただし、一度転送チャンネルの

凸凹を電荷で埋めてしまえば転送効率の低下はなくなる。チャンネルに電荷を注入する仕組みが必要である。

- 発光や横縞などのコスメティクス上の問題は、制御の工夫で解決できた。検出器パッケージの放熱特性を改善して温度変化を 0.02K 以下に抑えられた。

つまり、天文用に最適化した PtSi アレイは HgCdTe, InSb の 1/3 程度になるだろう、明るい天体を対象とした研究課題には問題なく使用できる、ということだ。

こうした結論を得ようとしている 1996 年夏、HAWAII アレイ (HgCdTe 1024×1024) が登場し UH の QUIRC で実用化された。世間は PtSi アレイに再び関心を寄せることは無く、天文用に最適化された PtSi アレイは、この世に姿を見せることは無かった。

本装置の開発にあたっては、木曾観測所をはじめ、東大天文センター、三菱電機の皆様に様々な支援をしていただいた。当初の目標である KONIC の実用化は、皆様の支援なしには実現できなかった。御礼を申し上げずに今日に至った非礼をお詫びするとともに、紙面を借りて感謝をお伝えしたい。



第4章 ギャラリー

Gallery

天体画像
天体画像トピックス
思い出の写真集

木曾オリオン

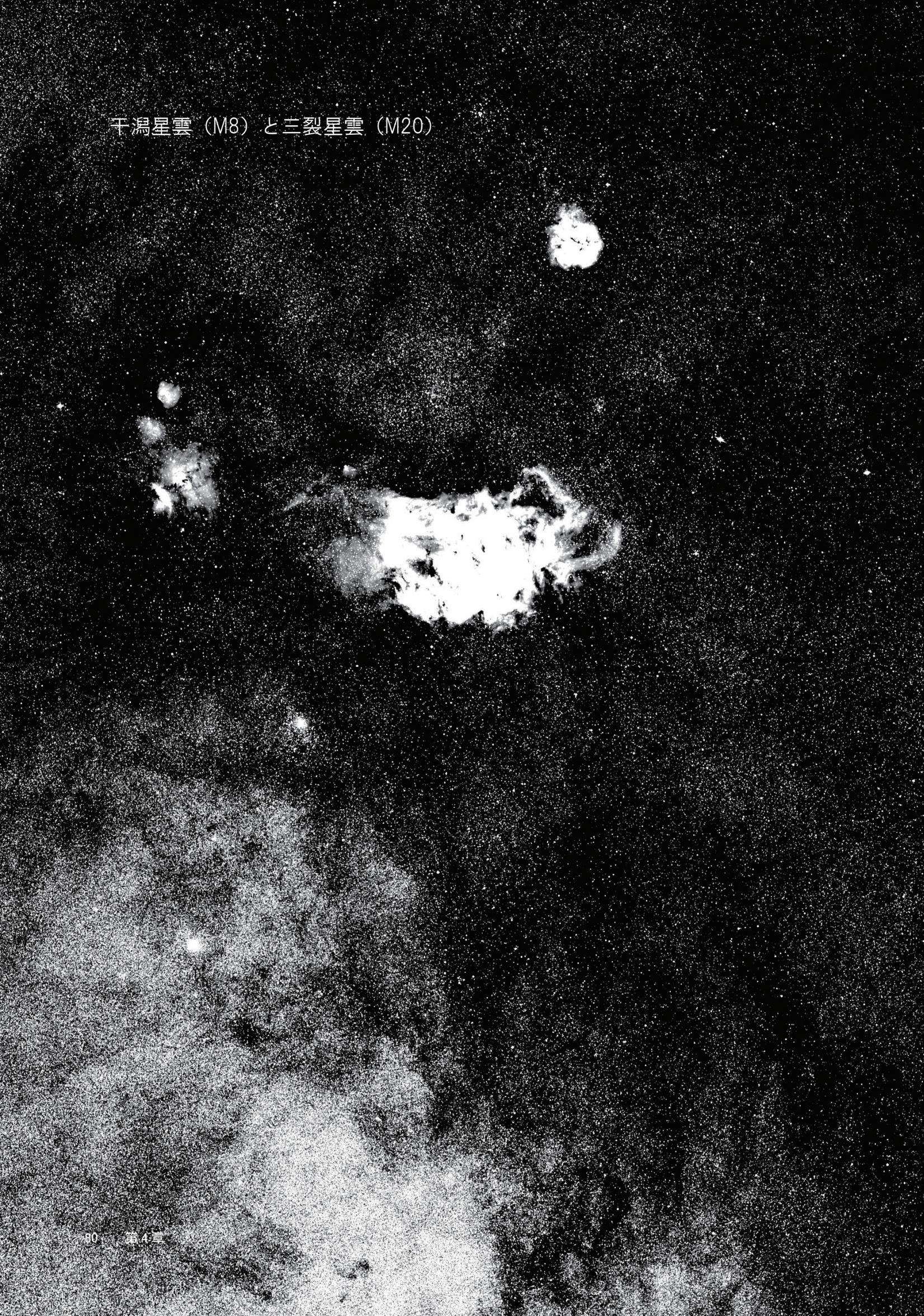
- 『 KISS の「野望」実現まで 』 田中 雅臣
- 『 ドラマという応援歌 』 二見 大輔
- 『 あの時の星空を忘れない 』 田中 要次
- 『 木曾観測所の扉を開けて 』 中地 紀子
- 『 105 cmシュミット望遠鏡と共に 』 野口 猛
- 『 木曾観測所外伝 』 川良 公明
- 『 木曾観測所に育てられて 』 渡部 潤一
- 『 木曾で観た地球と宇宙 』 林野 友紀

彩

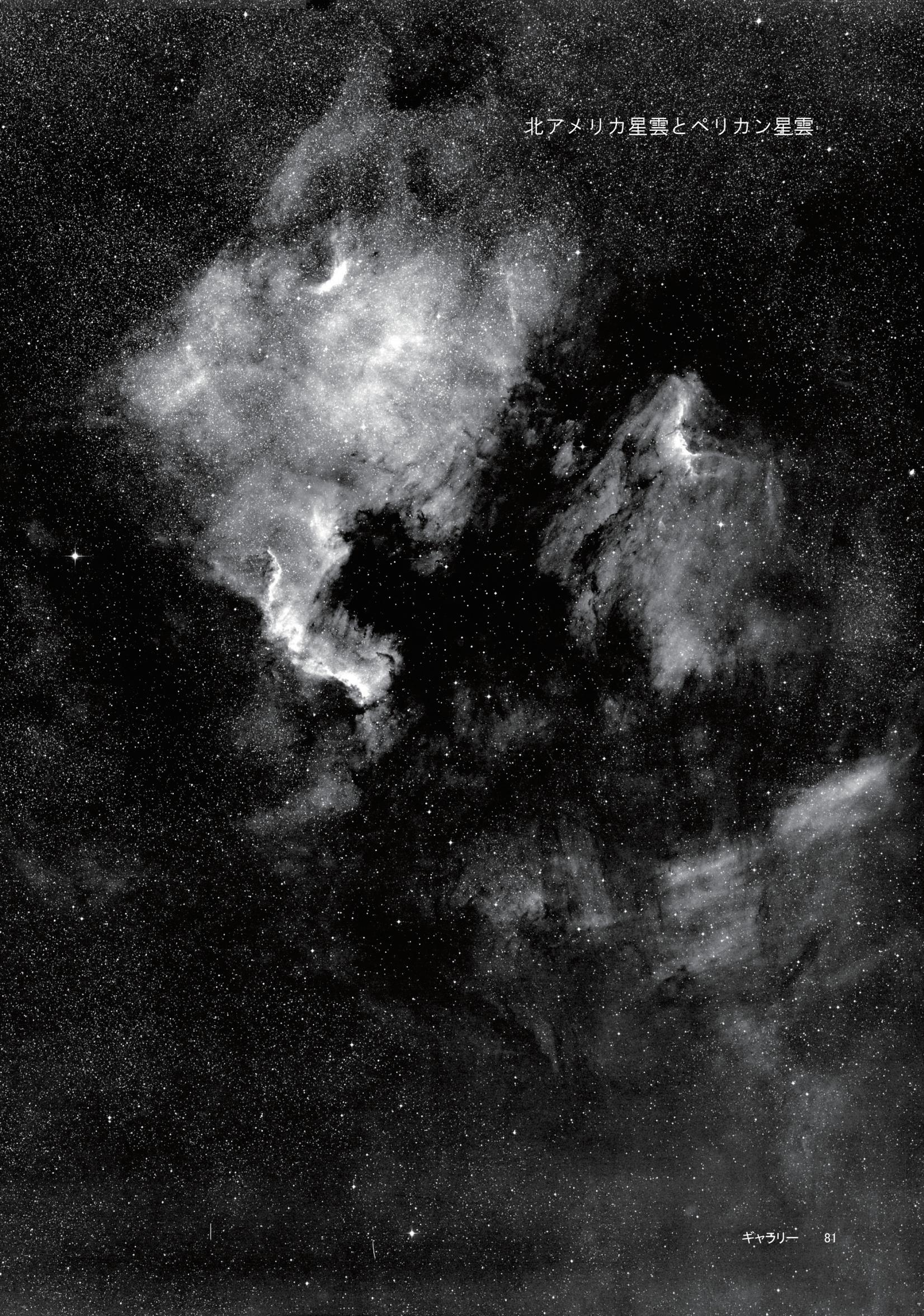
オリオン星雲 (M42) : 冬の王者オリオン座の小三つ星の真中にある大星雲で、その光芒は肉眼でも見ることができる。この星雲にある若い星から放射される紫外線によって星間ガスが電離し、水素のバルマー系列の $H\alpha$ 線と呼ばれる赤い輝線で光っている。このような天体は輝線星雲あるいは HII 領域と呼ばれている。赤外線で観測すると、背後の暗黒星雲との間に生まれたての原始星がいくつかあることがわかる。M42 のすぐ北に M43、その北に NGC1977 が見える。大きさは約 15 光年、距離は 1500 光年である。

撮影日 : 1989 年 1 月 12 日、撮影番号 : K6069、乳剤 : コニカ SR1600、フィルター : なし、現像 : ハイコン II 6 分

干潟星雲 (M8) と三裂星雲 (M20)

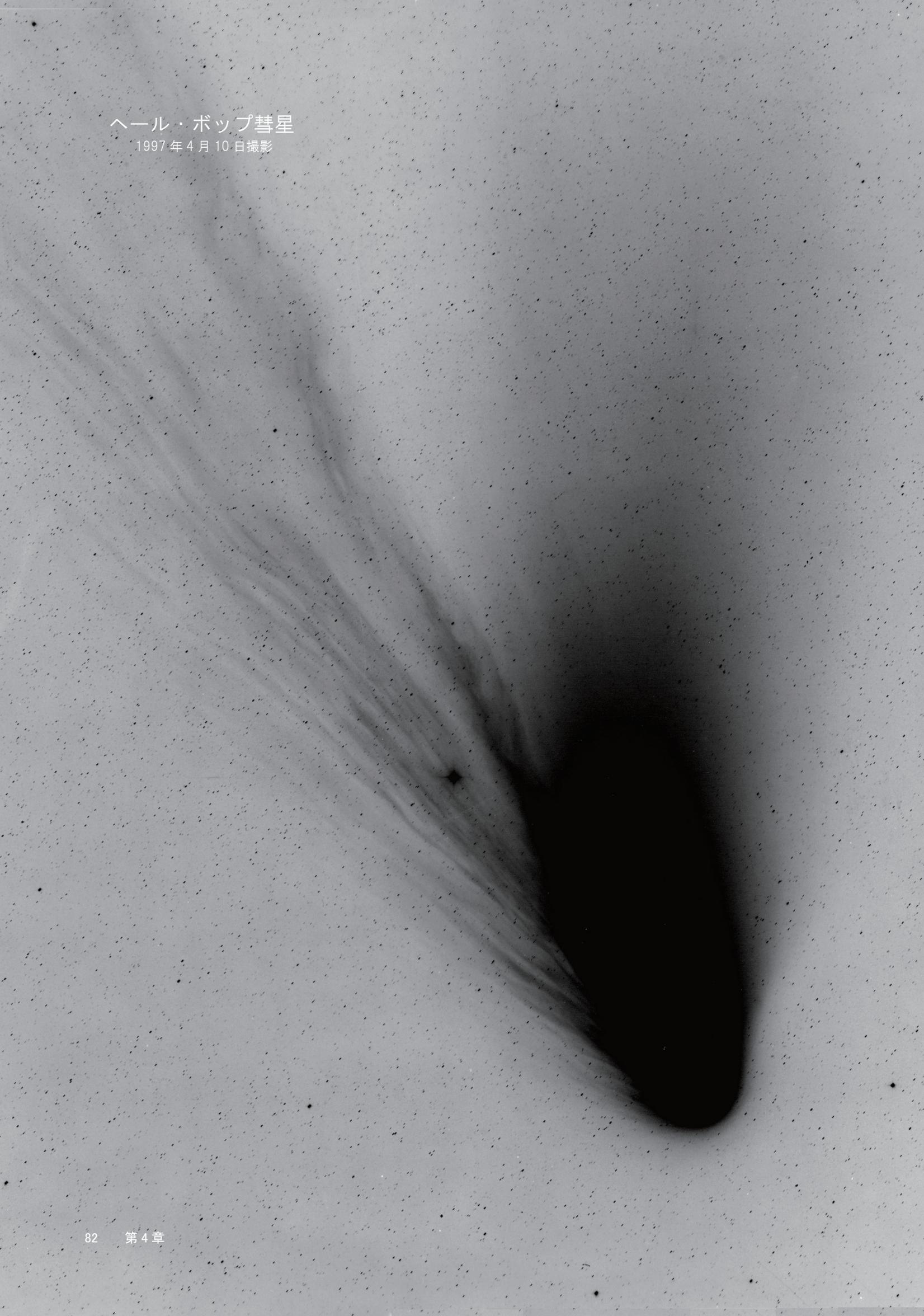


北アメリカ星雲とペリカン星雲



ヘール・ボップ彗星

1997年4月10日撮影



オリオン星雲 (M42) と馬頭星雲



アンドロメダ銀河 (M31)



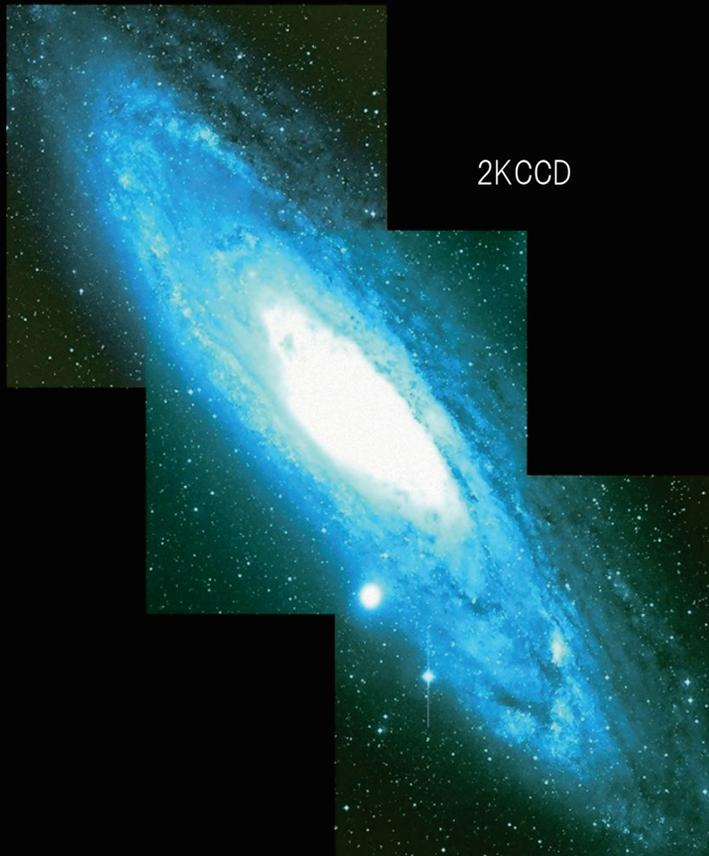
撮像装置画像比較

木曾観測所の主力撮像装置で撮影されたアンドロメダ銀河（M31）の比較画像である。画像スケールはシュミット焦点の $6\text{cm}/1^\circ$ で、前ページの乾板画像と同スケールである。

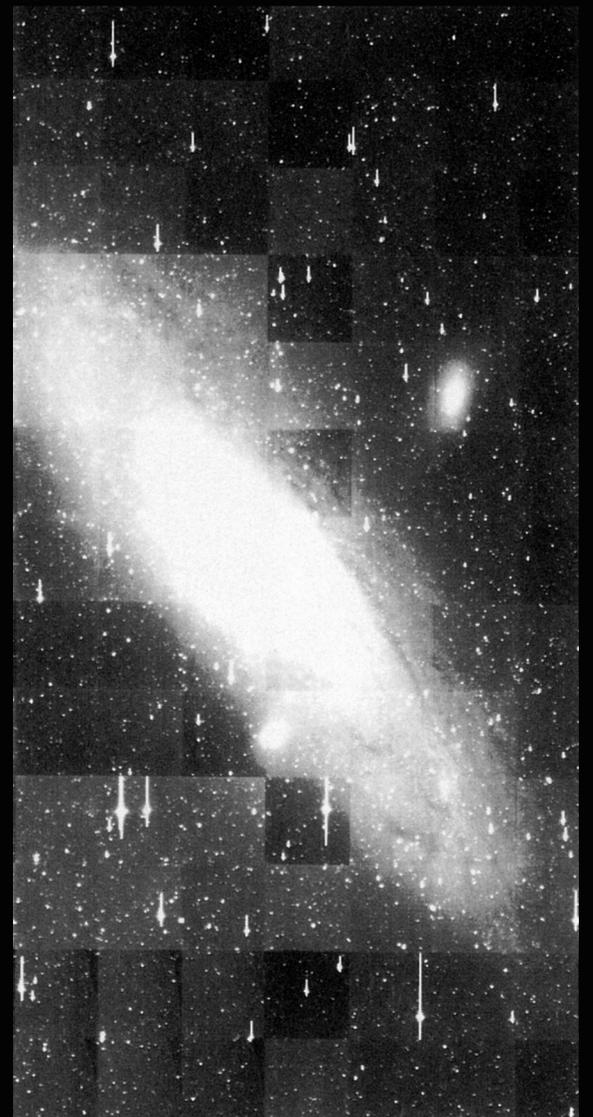
KWFC

モザイク CCD

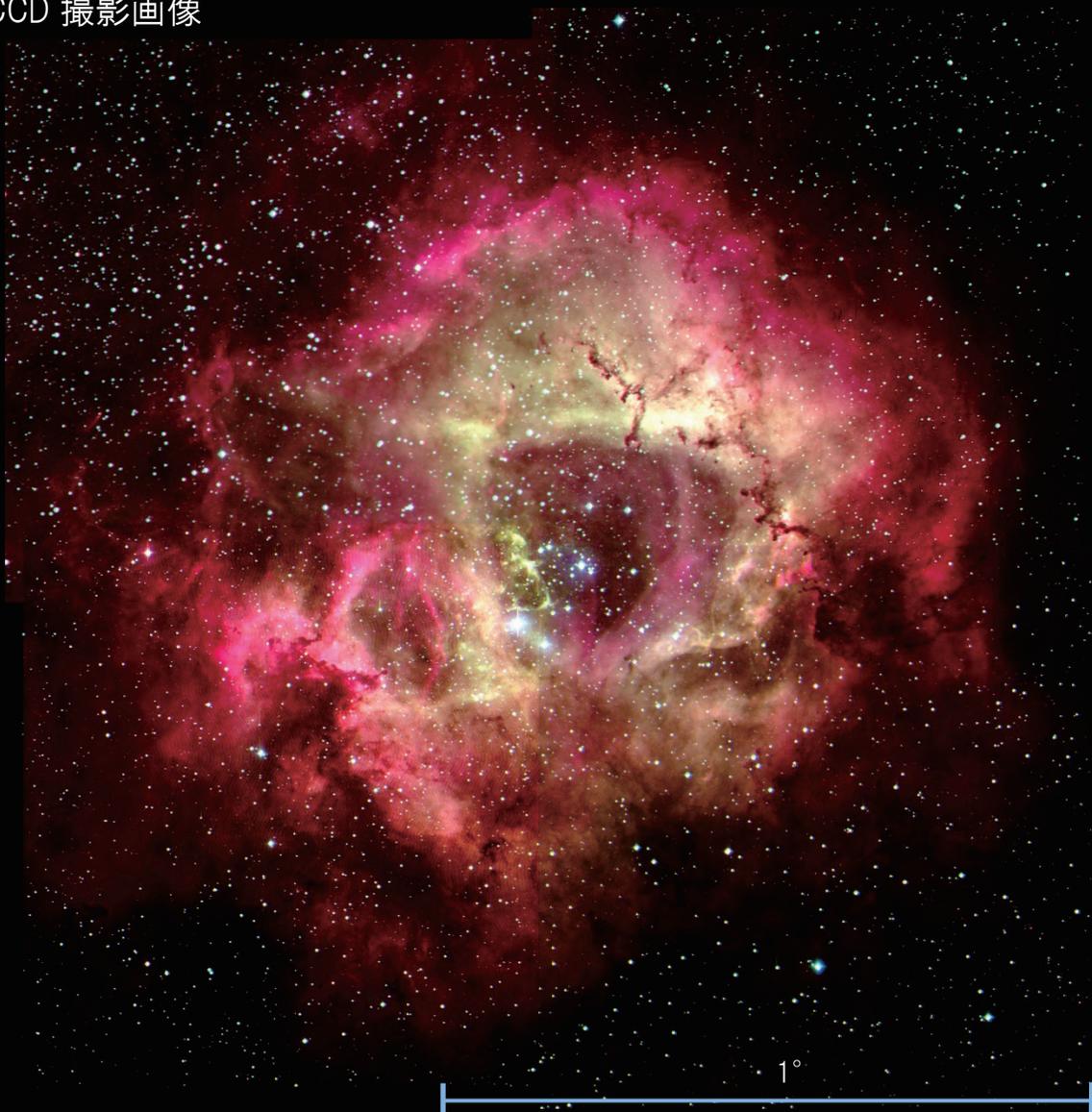
1°



2KCCD



2KCCD 撮影画像



ばら星雲： $H\beta$, $OIII$, $H\alpha$ のカラー合成（4領域モザイク）



亜鈴状星雲 (M27)



らせん状星雲 (NGC7293)



渦巻銀河 (NGC253)

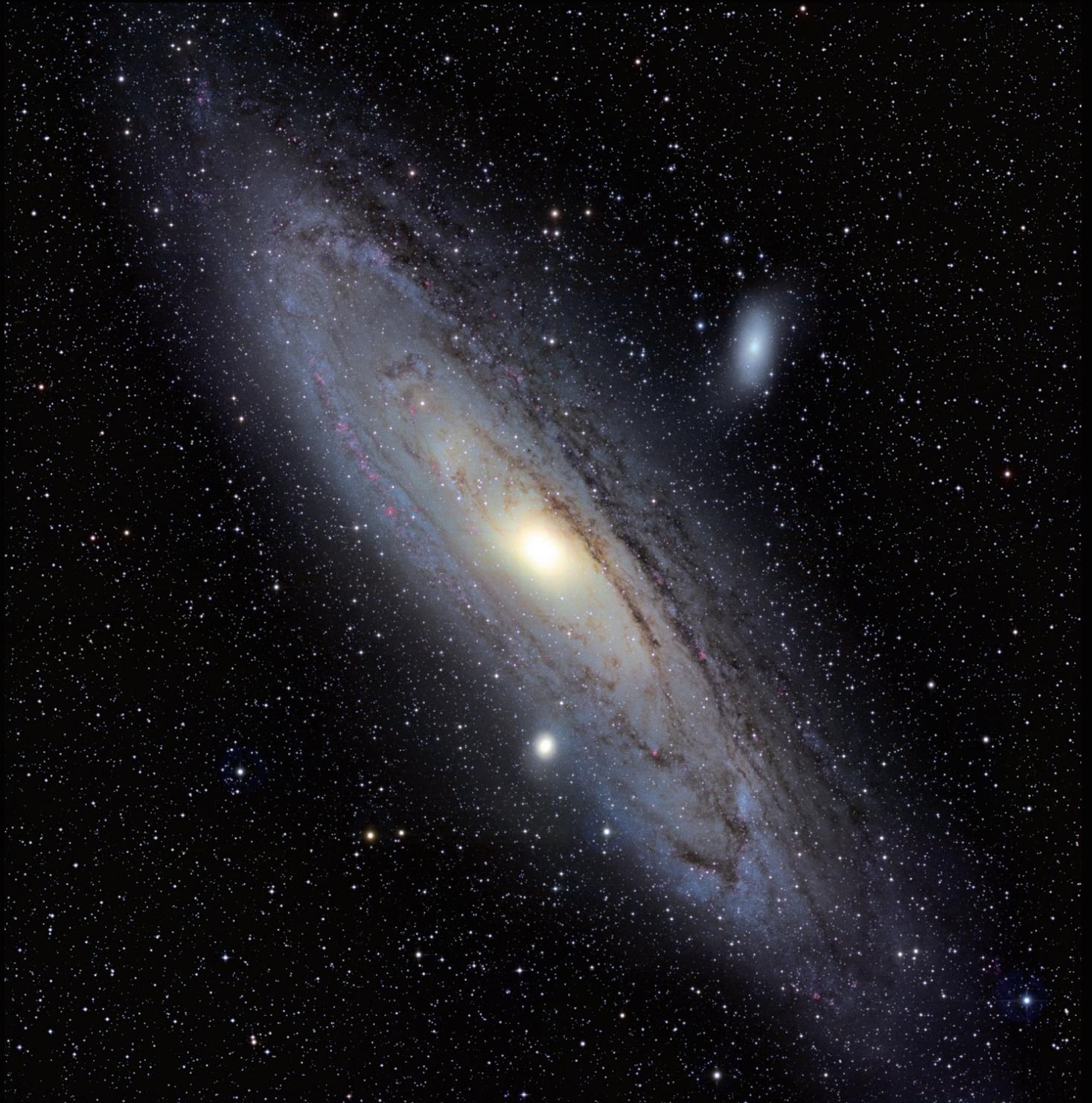
北アメリカ星雲 (NGC7000)



1°

KWFC 画像

アンドロメダ銀河 (M31)

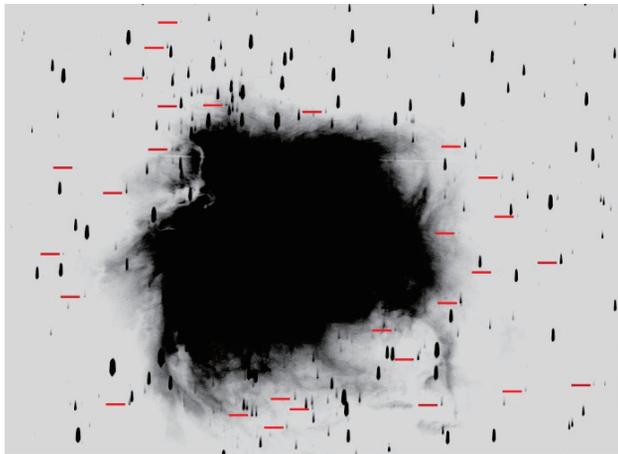


KWFC 画像

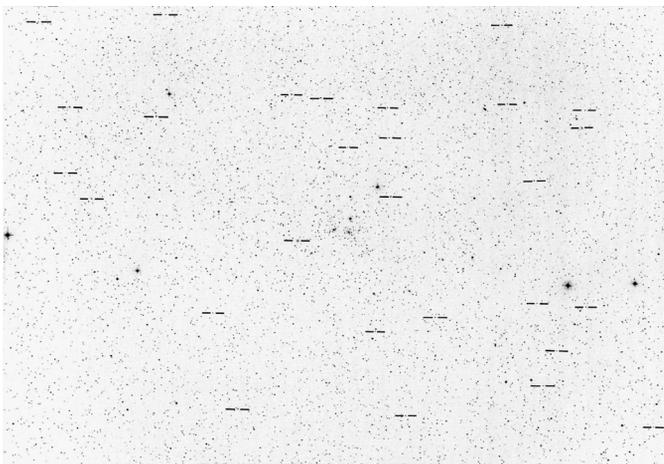


天体画像トピックス

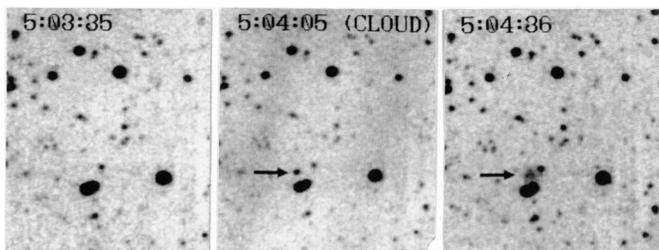
～ 画像で綴る 40 年 ～



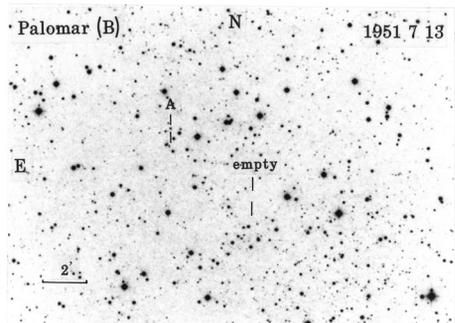
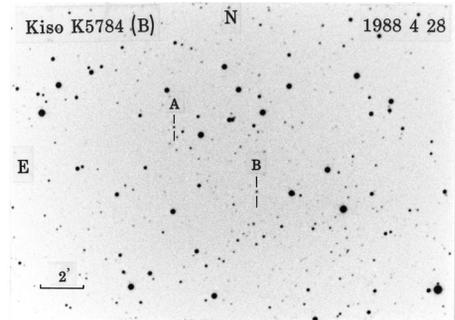
輝線星サーベイ: オリオン星雲 M42 周辺の領域で発見された T タウリ型星(赤い横線右)。水素の電離ガスの $H\alpha$ 線が輝線として見えている。(乾板+2° プリズム)



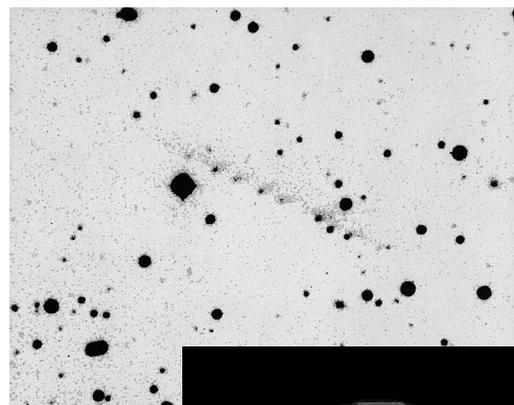
ハッブル定数: かみのけ座銀河団の撮影画像。2 本線に挟まれているのは、ハッブル定数を求めるために使った渦巻銀河。(乾板)



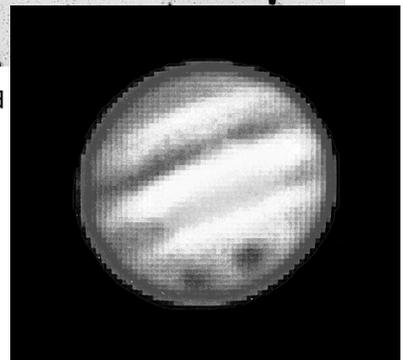
はごろも: 宇宙科学研究所が打ち上げた人工衛星「ひてん」が我が国初の月衛星「はごろも」を月周回軌道に投入した瞬間を捉えた画像。1990 年 3 月 19 日早朝、日本唯一の画像。(1KCCD)



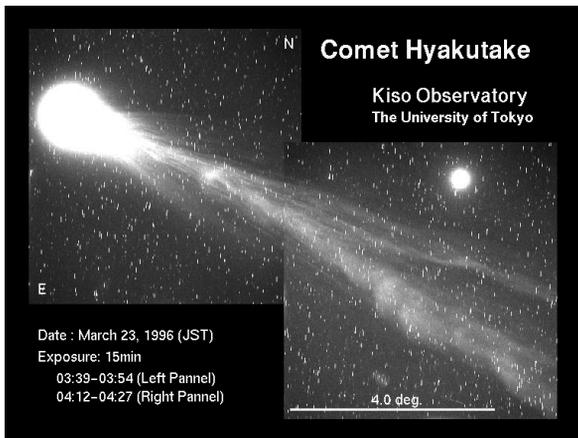
GS2000+25 の同定: X 線天文衛星「ぎんが」により発見された X 線新星 GS2000+25(上写真)、1988 年 4 月 28 日撮影。その後の観測で、上の写真 B が光学同定された。(乾板)



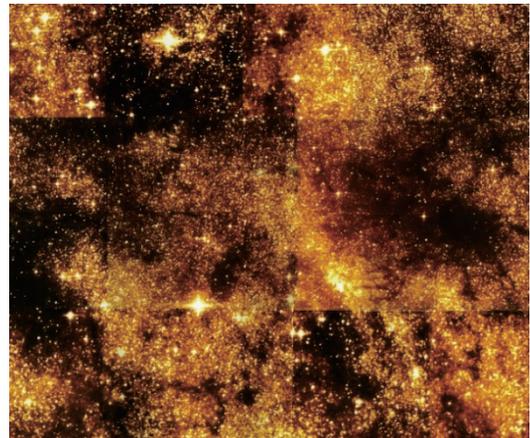
1994 年 4 月 20 日



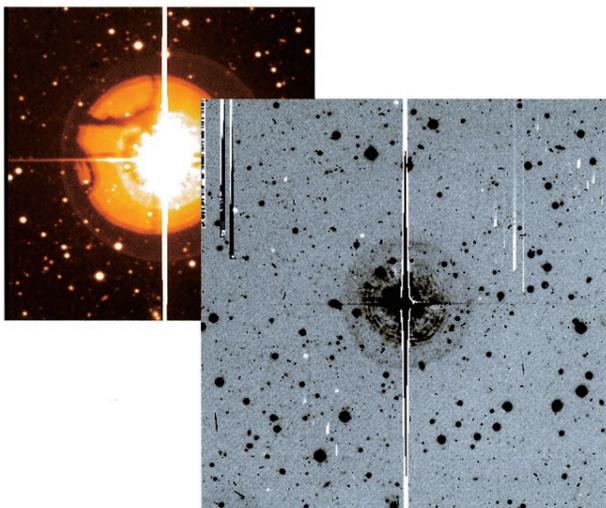
SL9 木星衝突: 20 個以上に分裂した、シューメーカー・レービー第 9 彗星が次々に木星に衝突。1994 年 7 月 20 日に撮影された写真。右から L 核、G 核の衝突痕。(1KCCD)



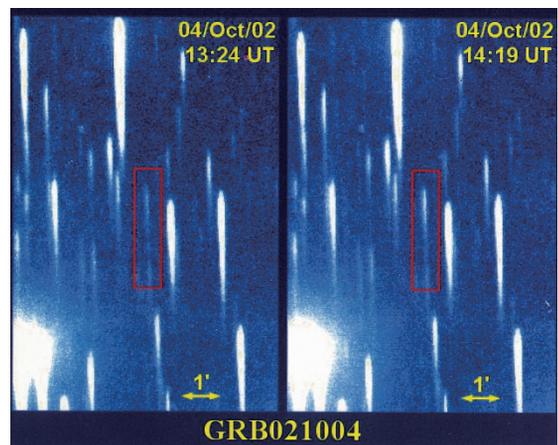
百武彗星: 1996年3月23日の撮影。地球にかなり接近したため大彗星となった。乾板2枚に渡るモザイク画像で、尾の長さは10度角以上ある。最接近当時尾の長さは90度角以上ともいわれた。(写真乾板)



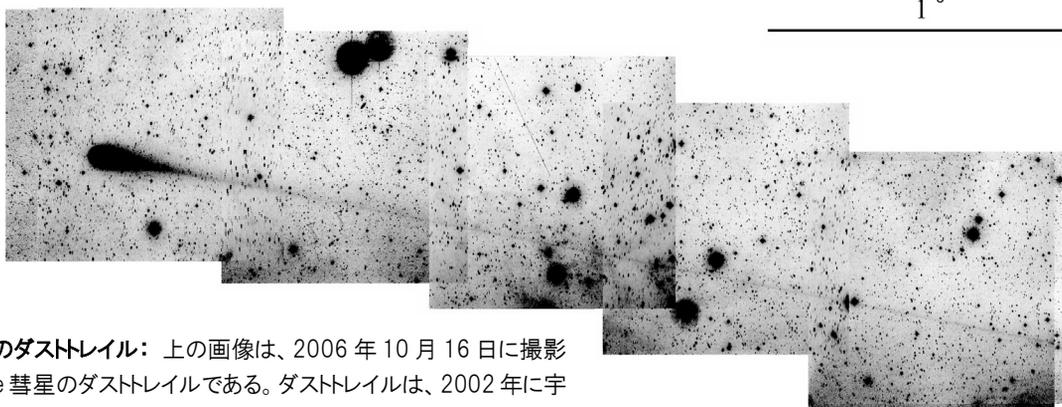
KONIC 撮影の銀河中心: 木曾観測所開発の近赤外カメラ KONIC で撮影した銀河中心周辺のモザイク画像。1996年3月23日の撮影。写真中央部右下に明るく見えるのが銀河中心。可視光では見えない銀河中心も赤外線では見通せる。(KONIC)



炭素性のダスト放出: 2000年に行われた観測で、明るい炭素性の周りにある淡いダストを検出した画像である。シュミットは、明るい光学系で淡い天体観測に向いているが、明るい天体ではゴーストが邪魔をする。ゴーストが写った画像(左上)から、同様な明るい星を使って丁寧にゴーストを取り除いて検出した画像(右下)である。(2KCCD)



GRB021004: 2002年10月4日に2°プリズムを使って撮影したガンマ線バーストのスペクトル画像。ガンマ線観測衛星 HETE2 からの位置情報をもとに、望遠鏡に2°プリズムを装填して撮影されたため難しい分光画像。衛星からの位置情報の精度は、数分角から1度角であるが、2KCCDの視野ならば捉えられる。(2KCCD+2°プリズム)



4P/Faye 彗星のダストトレイル: 上の画像は、2006年10月16日に撮影された4P/Laye彗星のダストトレイルである。ダストトレイルは、2002年に宇宙科学研究所の石黒氏らが2KCCDで、可視光で世界初の検出を行ったものである。このダスト光は非常に暗いため、明るい光学系でなくては検出できない。ダストトレイルに地球が衝突すると流星雨として見られる。(2KCCD)

思い出の写真集

～ 写真で綴る40年～



1974年10月19日-20日。開所特別公開。2日間で約850名以上が訪れる。



1975年10月。開所記念日のレクリエーションとして台ヶ峰に登る。中央の遠方に観測所が見える。



1987年8月。「シュミット望遠鏡の役割」研究会。ねざめホテル前に於いて。



1971年。建設予定地視察。初代所長、高瀬文志郎氏(右)と次代所長、石田蕙一氏(左)。



1974年10月1日。上松町公民館で行われた開所式風景



1976年7月。梅雨の時期を狙って行った初めての所員旅行。開田高原をぬけて乗鞍コロナ観測所へ。



1982年10月。シュミットシンポジウム記念写真。第2回の技術シンポと合同開催のため87名の参加があった。



1984年3月. 高瀬文志郎初代所長退官送別会。



1985年12月. UKIRT マルコム・スミス夫妻来訪。



1992年9月. 退官前の森本正樹先生を囲んでの木曾、野辺山、三鷹の卓球交流試合を野辺山で行った。試合後の記念写真。



1983年. 木曾と野辺山の所長に寄贈して頂いた優勝カップ。以来88年まで野辺山太陽及び宇宙電波観測所との争奪戦を行った。



1987年8月. 森総長夫妻と古在台長が来訪。



1998年3月. 第1回「銀河学校」、350名から選ばれた30名で行った。



2000年4月. 田中さん、中村さんを囲んでの第1回木曾観測所同窓会。



2013年5月. 「木曾オリオン」の脚本家、岡田恵和さんが、脚本執筆のための取材に訪れる。

「木曾オリオン」 NHK 長野発地域ドラマ

～ ショックブレイクアウトがドラマに！ ～



私たちの生活で、本人の思惑とは違った方向に展開するということがしばしば起こる。この NHK 長野発地域ドラマ「木曾オリオン」は、その象徴の様な出来事であった。

経緯:

2012年5月 KISS プロジェクト記者会見。

2013年3月 KISS 密着取材、「知るしん」放送。

2013年5月 岡田恵和氏 来所、取材。

2013年10月 約2週間、撮影。

2014年1月22日 NHK, BS プレミアムで放映。

ディレクター: 二見大輔 (NHK 長野)

脚本: 岡田恵和

出演: 和久井映見 (主演)、大東駿介、秋野太作、相島一之、富田理生、梶原善、皆川猿時、田中要次 (木曾町出身)。

KISS の「野望」実現まで



田中 雅臣
(国立天文台 理論研究部)

「私の野望は、NHK 長野の特集番組に KISS をとりあげてもらうことです。」

大規模観測プログラム KISS の立ち上げ時期だった 2012 年 8 月に、酒向重行さんからもらったメールに書いてあった一文である。KISS では超新星爆発の瞬間をいち早く見つけるため、アマチュアの方々の協力を仰ぐという試みを開始していた。そこで、いかにこの活動を広めるかという文脈で出た一言だった。結論から言うと、この「野望」はなんと 1 年も待たずに実現することになる。

2012 年 9 月、NHK 長野ディレクターの二見大輔さんから取材の申込みを頂いた。KISS が初めて超新星爆発を発見したときのプレスリリース(2012 年 5 月)を見て下さったらしい。10 月に観測所でインタビューの撮影が行われ、その数日後、NHK 長野の番組の一部で短いコーナーとして放送された。

この番組の反響があったのか、同月末に再度二見さんから再度取材をしたいとの連絡を頂いた。しかも、今度は 25 分の特集 (!) である。その後、何度かの打ち合わせを経て、2013 年 3 月上旬に KISS の観測の「密着」取材が行われることになった。

ほとんどの研究者が賛成するところだと思うが、天文学者の観測風景というのは見ていると決して面白いものではない。予想通り、取材の前半はこれといった山場もなく、当時観測に来ていた森健彰さんと田中がただモニターを見ながら雑談混じりに淡々と作業する風景が続いていたはずである。素人ながらこれで大丈夫なのかと不安になったのを記憶して

いる。それでも、夜中ずっと起きていて、朝寝て、昼に起きて結構な量の昼食を「朝食」として食べて...という我々の日常を面白く思って頂けたようだ(目が覚めてぼーとした頭で仮眠室から出て階段を降りたときにカメラが待ち構えていたときには正直参ったが)。

その後、中心メンバーの諸隈智貴さんと富永望さんが観測に合流し、観測風景も賑やかになってきた。まさに取得直後のデータから超新星の候補天体が見つかったのはそんな時だった。現場では一瞬緊張が走った。KISSのメンバーは共通して、超新星の候補が見つかる嬉しくて飛び上がることはなく、本当かと息を飲んで静かになる傾向がある。移動天体などではないことを確認して、共同研究者に追観測を依頼した。全員が内心思っていたに違いない。「良かった、これで番組の山場ができた...」

この密着取材の様子は2013年3月15日にNHK長野の「知るしん」という番組で放送された。さらに、3月31日には全国版の「おはよう日本」でも放送されることになった。というわけで、KISSの「野望」はあっけなく実現してしまったのである。振り返ってみると明らかなように、これはKISSメンバーの努力によるものではほぼ全くなく、NHK長野の二見さんが強力に推進して下さったからに他ならない。この場を借りてお礼を申し上げたい。

言うまでもなく、我々の真の「野望」は超新星爆発の瞬間を捉えるという科学成果である。この放送のおかげでメンバーが充実したアマチュアの方々とともに、ぜひシュミット望遠鏡でこの真の「野望」を実現したい。

ドラマという応援歌



二見 大輔
(NHK 長野放送局)

2012年の秋、長野県南部地域に発行されているローカル新聞の小さな記事で、「東京大学木曾観測所」

という天文台が超新星爆発の瞬間(ショックブレイクアウト)をシュミット望遠鏡で撮影しようと挑戦していることを知りました。

超新星爆発?・ショックブレイクアウト??・シュミット望遠鏡???

…熟読しても文系学部出身の私にはさっぱりわかりませんでした。

ただ、“撮影に成功すれば世界初”という意義だけはわかり、観測所へ取材に行きました。

木曾町の中心部から山道を車で30分。現れたのは巨大なドームと望遠鏡。そして、それ以上に圧倒されたのが“木曾観測所の人たち”でした。昼夜逆転の生活をおくりながら途方もない研究をしている天文学者、専門的な用語を連発しながら楽しそうに作業をする技術者たち、そして彼らを見守る地元の女性スタッフたち…。

とても素敵な人たちばかりでした。

取材をすすめるなか、木曾観測所の活動が一般の人たちになかなか知られていないこと、そしてショックブレイクアウト観測まであともう一歩ということがわかってきました。

そこで、テレビ番組では影響力の大きい“ドラマ”という手法で木曾観測所を応援できないかと思い、長野発地域ドラマ「木曾オリオン」を提案させていただきました。

「木曾オリオン」は豪華な脚本家・音楽家・出演者に恵まれ、非常に反響の大きな作品となりました。実は、大東駿介さん演じる伊坂の回想シーンに木曾観測所の方にご出演していただいたり、和久井映見さん演じる秀子の自宅で流れるテレビ番組は、以前に放送した木曾観測所のショックブレイクアウト企画だったり、随所に木曾観測所への“愛”を込めさせていただきました。

「木曾オリオン」というドラマが、木曾観測所にとって何らかの良き力になって欲しい。

「ショックブレイクアウト撮影成功!」のニュースを発信できることを祈っております。

あの時の星空を忘れない



田中 要次 (俳優)

木曾観測所開所 40 周年おめでとうございます！
昨年はドラマ『木曾オリオン』の撮影で大変お世話になりました。今回、NHK 長野がドラマを制作するのは初めてでしたが、僕も自分の故郷で撮影されるドラマの現場に俳優の仕事をするために里帰りしたのはこれが初めてでしたので、いつもとは違って感慨深いものがありました。そして僕も今年でデビュー 25 周年を迎え、共に喜ばしく感じております。

僕は 23 歳まで木曾で暮らしていました。友達とクルマで知らない道路を徘徊して楽しんでいたり、夜、ゲートが開いたままの謎の道を見つけ、恐る恐る入ってみたら、そこはゴルフ場だった事がありました。普段は山の谷間に狭められていた夜空なのに、そこで見えたのは今までに見た事のない大パノラマな星空で暫くポォ〜っとしてた事を思い出します。

今回の撮影で木曾観測所に入ったら、スタッフさんが星が凄いと言うので、夕方に出番が終わったにも関わらず、現場に残って一緒に暗くなるのを待ちました。星空が見え始めて、やはり都会から来た人たちは歓喜していたのですが、正直なところ僕には「おや？」という感覚が否めませんでした。その 1 年前に番組ロケで行った、チリのパタゴニアで UFO かと思う程の大きさの星を見た事があったせいなのかとも思いました。しかし実は嘗ては 2.0 もあった視力が今や老眼と乱視を抱えてしまい、それと共にレンズという開放値も悪くなって、皆に見える星の数ほど自分には見えていない事に気付かされたのです。デジカメで撮影したら、数え切れないほどの星が写し込まれていて、一步遅れた驚きの声を上げてました。

いつしか都内にいても、空を見上げるようになりました。木曾の山から星空を、宇宙を見つめている

人たちがいる。この作品を通して知り、とても羨ましく、そして誇らしく感じています。ショックブレイクアウトの初観測の日を楽しみにしています！

木曾観測所の扉を開けて

～賄いのおばさんが天文学者の神秘を垣間見る～



中地 紀子

(木曾観測所)

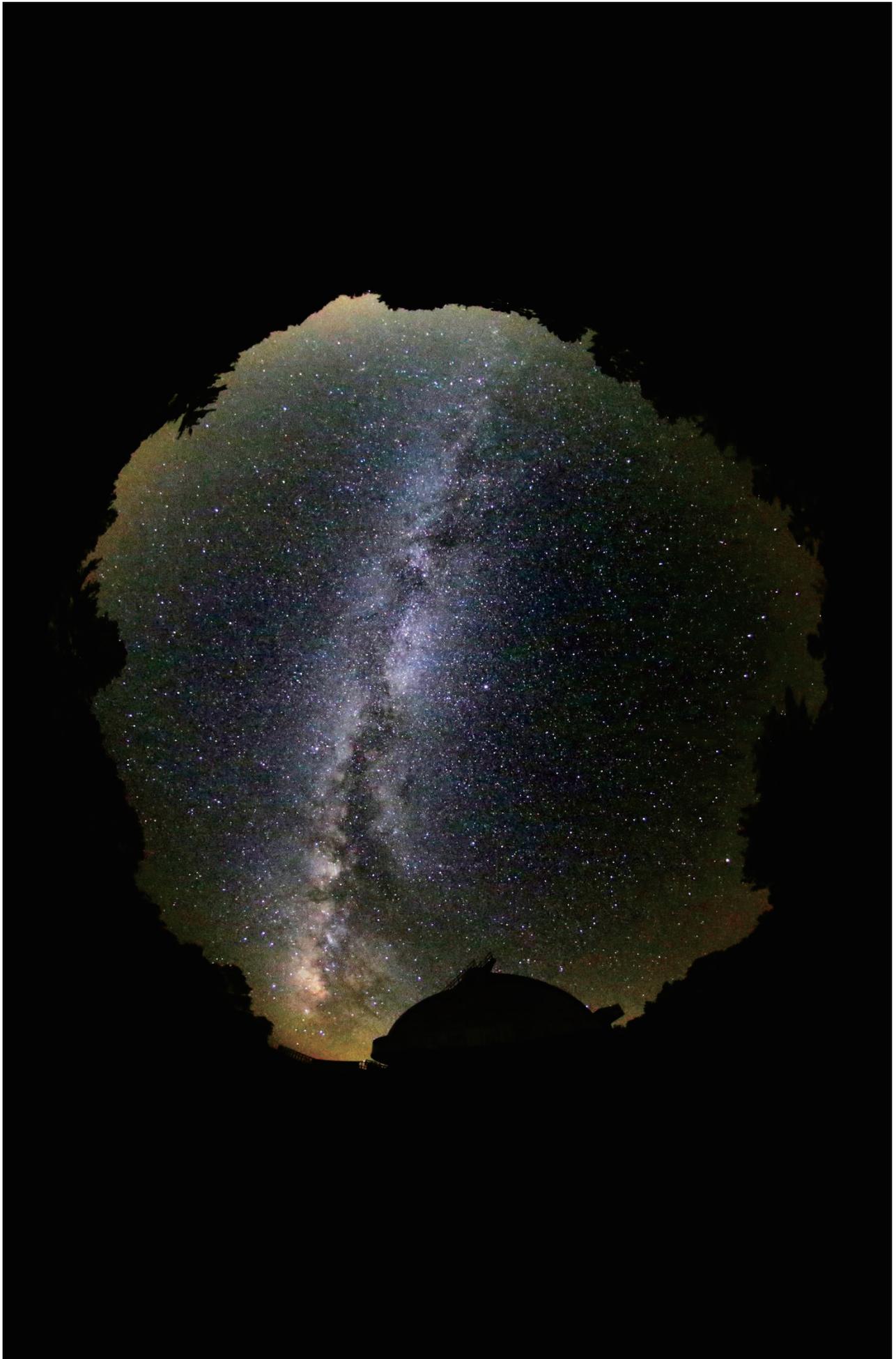
心地よく晴れた朝の本館玄関のカーテンをそっと開ける休日出勤の朝が好きです。ああ、昨夜は観測が出来たんだなあ、と思えますから……。ドラマ『木曾オリオン』の全体に流れる静かさを見て、それを思い浮かべました。

木曾の山奥の自宅から山の上の天文台まで 20 年通い、ケータイもネットとも縁の無い日々の生活の中で、思いがけず賑やかな撮影の 1 週間を真近で楽しむ事が出来ました。

限られた時間の中、ワンシーンごと、こだわりを持って丁寧に撮る、その姿に天体を観測する研究者の長い夜を思い、その道のプロという点では天文台スタッフも正にそうなのだと思えて思い、気の遠くなる“ズク”の積み重ねなのだと思います。

スタッフ同士の意味不明な会話や、夜間の運転の方法にも通い始めた頃の自分自身に重ね合わせることが出来、懐かしい思いをさせていただきました。日常に彩りを添えてくれたあのドラマは、木曾はこんなにステキな所だよと知ってもらいたい機会だったように思い、また見てくれた人々からも同じ感想を言っていただきました。

ここは山の中に居ながらにして、全国から多くの研究者、学生たちが訪れてくれる刺激的な職場です。中村さんが賄いをしていた当初から、ここは家庭料理を研究者たちに提供するという方向だったかと思っています。私も少しでも精進し、山の季節料理を作るおばさん道を目指そうと思っています。



105 cmシュミット望遠鏡と共に

野口 猛 (元木曾観測所)



二次元の天体情報取得容量において、写真乾板が唯一無二と考えられていた時代の話です。

岡山でマルチチャンネル分光計の製作中に、突然「木曾 105 cmシュミット望遠鏡の立ち上げ」要員として三鷹勤務を拝命し、着任が JR のストで 1 日遅れて始末書を書き、前途多難を心配しました。

木曾観測所への初出勤は、前原英夫さんと中央線の特急あずさで同道、まさに開始されたばかりの望遠鏡立ち上げの最新情報を伺って、筆者に何ができるかを考えるきっかけになりました。我々 2 人の着任を高瀬文志郎所長から皆様へ紹介頂き、昼食にはお祝いの赤飯が出ましたが、妙に甘いので、賄の中村さんと洞さんに伺うと、この辺りでは砂糖入りの赤飯が客をもてなす振舞料理であるとのことでした。

とりあえず着手したのが、15 kg の写真乾板ホルダーを望遠鏡に装着する際、何とか簡単に楽に装着できる方法はないかと言うことでした。木工細工でホルダーを斜めに支える台を作って試したところ、暗闇でも楽に装着できたので、皆さんに試して頂いて無事採用され、ようやく観測所の一員に認められた気分になりました。次に行った仕事は、望遠鏡制御ソフトウェアの不備を前原さんと一緒に修正したり、新機能を追加するソフトを作ることでした。幸運にも、制御用ミニコンピュータが岡山と同タイプなので、列車の中でも夢中になって機械語ソフトのコーディングに励みました。今考えますと、記憶容量 24K バイトのミニコンで、よくもまあ望遠鏡を動かすことができたと驚きを禁じ得ません。さらに、急務と感じたのは観測ログを見直して、撮影済み原版の管理をマシンリーダブルにしたカタログとして公開することでした。データ・アーカイブのはしりです。

着任当初、問題が起きる度に石田恵一さんから「岡山ではどの様に対処したのか」と問われ、参考にしてくださいることを嬉しく思いましたが、岡山と所帯

規模の相違、単一焦点で広視野の特性を生かして、少人数で効率よい観測所運営を推進するためには、ドームの給油や架線の保守等を外注し、手作り部分を最小限に留めて、基本設計、装置の調整、制御ソフトの開発に主眼を置くことが木曾方式であると提案し、大いなる賛同を得て実践に移しました。

暫くして、望遠鏡の操作性の向上と光学性能評価の定番であるハルトマン検査が筆者の仕事と気付き、既存のハルトマン板を眺めると穴の数の少なさに驚愕として、当時岡山との併任であった清水実さんと相談して、日本初めての試みである二次元ハルトマン板を使うことに決めました。使われていなかった筒先のアルミ製蓋の穴開けを青木勉君に依頼し、二次元のハルトマン板を製作後、望遠鏡に取り付けて、望遠鏡の光学性能検定が始まりました。座標測定は征矢野隆夫君が受け持ち、紙テープ出力された測定データの解析は、山下泰正さんが考案された数式を筆者がミニコン上にソフトを書き、シュミット望遠鏡が観測に耐える性能を有するとの結論が得られ、いよいよ本観測が始まる運びになったのでした。この仕事を契機に、パートナーである両君に仕事を頼んでは三鷹に帰り、再び木曾においては共同作業を進めると言う仕事のスタイルが定着したと思います。

シュミット観測者として新米である筆者が、観測手順を自分自身の理解を深めるためのマニュアルとして書き溜め、初めての来訪者へ観測手順の説明に使ったところ、天文月報に投稿するようにと勧められて「木曾のシュミット望遠鏡 或夜の観測から」(1977) が別刷りとなりました。観測マニュアルの効用については不明ですが、複数の方から「観測前に読んで役立つ」との言葉を頂いて喜びました。

また、それまで死火山と定義されていた木曾御岳の 1979 年の噴火の際には、自動車で馳せ参じ、王滝側から道路の落石を避けながら観測所に辿り着き

ました。赤緯軸の歯車のピンが抜け、はずれ落ちた歯車の噛み合わせを再調整し、望遠鏡の極軸は再設定をする必要がありましたが、大きな損傷はなく幸いでした。日本光学に極軸の再設定を依頼したところ断られたので、光軸調整用のトランシットを借り受けて筆者が中心となって再設定し、浜島清利さんが極軸データを解析され、元の精度に復したことが立証されたことから観測は再開されたのです。3台の大型写真乾板測定装置も損傷はないものの、大きく横滑りして、元の位置に戻すのに苦労しました。

その頃、木曾観測所で抱えている技術的問題の解決に腐心しておりましたが、頻繁に行われるシンポジウムの刺激を受け、技術力や発表力を磨くため独自の場を持ちたいと考え、大胆にも当時の東京天文台の皆様アンケートをお配りしたのでした。集計結果は、岡山や木曾の関係者が大いに賛同して下さったのに対して、三鷹や他の観測所の皆さんからは、思惑とは異なり賛同が少なく、大いに悩みました。ところが研究者の方々から、特にアメリカの情報通であった寿岳潤さんからは「SPIE など天文技術をテーマとするシンポが流行っている」という励ましの言葉が得られ、野辺山宇宙電波観測所の海部宣男さんからは「長く続けること、自己満足しないで集録を出すこと」などのご意見を伺いました。開き直った筆者は「反対意見は参考にとどめ、大切だと思えば先ず積極的にやってみる、発表に際して完成度は問わない方針でやる」との結論に達したのです。開催場所や集録出版費に困っていたところ、家正則さんが発起人である「岡山観測シンポジウム」と抱き合わせで、記念すべき第1回の「天文学に関する技術シンポジウム」を1981年に開催する運びになりました。次回をどうするのかという問題も、木曾シンポジウムに後援をお願いする形で続けることができ、参加者も会を重ねるごとに増えて、天文学の社会でも「技術シンポ」と認知されるようになったのは嬉しい限りです。今後も関係者の皆様のご尽力によって天文技術の発表の場、情報交換の場として存続が期待されます。

筆者の記憶によれば、技術シンポが終わった翌日に台風が木曾を襲って、ドームが半開きのままになったとの報を受け、急遽木曾に舞い戻って、田中亘

さんと2人でドーム扉開閉用のパワーシリンダーを調整して直しました。後遺症で雨仕舞が悪いので、現地の業者に注文して扉の内側に雨どいを付けたところ、当時の東京天文台施設係長から美観を損ねると苦情が出され、背に腹は代えられない事情を何度も説明して、何とか納得して頂いたのです。

その後、写真乾板の自動現像装置、TV式自動座標測定機、望遠鏡自動追尾、幻の測光望遠鏡計画、制御系の改修と続きました。岡村定矩さんが中心となって推進された木曾画像処理システムの構築に際し、PDS(高速写真濃度測定機)の導入と高速ログアンプの開発に携わる傍ら、UGR三色像法(一枚の乾板上に紫緑赤の像をずらして撮影)の観測から紫外超過天体の探査を行ったことなど、悪戦苦闘しながらも気持ちよく仕事に邁進できたと思います。

小さい所帯で纏まりが良い上に、旅行好きの高瀬さんが率先し、梅雨時を狙い留守番一人を置いて所員揃って旅行へ出かけることが慣例になっていました。写真は能登半島を車で一周し、軍艦島の前で記念撮影した折りのものです。右から3人目は、インドネシアのボッシャ天文台から留学中のムジさんと、ラマダン(断食月)中にも拘らずの参加でした。

思い出話は尽きません。家さんが始めた CCD の開発が写真乾板に代わり、木曾の CCD 開発に引き継がれ、筆者はすばる望遠鏡建設のため、共に頑張った木曾観測所の皆様と別れを告げることになりました。



能登半島一周、軍艦島の前でムジさんと

木曾観測所外伝

～ 彗星、新星、赤外線、木曾谷、そして酒 ～

川良 公明 (天文学教育研究センター)



全国の天文学者待望の掃天用 105cm シュミット望遠鏡の建設に伴い、木曾観測所は 1974 年 10 月 1 日に開所式を迎えた。それから 40 年たった。木曾と言えば、研究ではなく、大自然とそこでの生活が思い浮かぶ。緑に覆われた木曾谷の空の狭さ、木曾川の流れ、秋の紅葉、長くて過酷な冬の生活、観測明けに皆と飲む地酒のおいしさ、飯島孝さんが裏山で採取した茸をこわごわ食べたこと、佐藤修二さんの駄洒落。南国育ちの私たちをいたわり助けてくれた地元の人の笑顔が忘れられない。当時の筆者は赤外線グループ(京都大学物理教室)の学生であった。うすれた記憶をたどりながら、すこし昔の話をしよう。

開所式の少し前には日本初の口径 1m の赤外線専用望遠鏡が、京都大学赤外線グループによって建設され、木曾観測所から 1 つ谷を越えた上松町才児牧場(車で 10 分ほど)で稼働を始めた。その 3 年ほど前には、6m ミリ波望遠鏡が三鷹(当時東京天文台)に建設され、ミリ波帯における星間分子分光学の種が蒔かれた。また CORSA が日本初のエックス線衛星として飛翔しようかという時期でもある。開所式は天文学の新しい波が胎動を始めた時期に重なる。

開所式を祝福するかのように、1 年後(1975 年 8 月 31 日)白鳥座に一等星が出現した。筆者は、京都にいる舞原俊憲さんの電話を受けて、外に出た。しかし、天頂付近で輝いているはずの白鳥座が見つからない。大新星が白鳥座の形を変えていた。祝福はなおも続いた。1976 年桃の節句、ピンク色に染められた薄明の尾根筋から白い扇状

の光が上がってきた。車のサーチライトとかといふかっているうちに、数十度に広がった大彗星が全容を現した。ウエスト彗星 1975 である。それにしても、これほど明るいとは。奥田治之先生以下その場に居合わせた者は、大自然の荘厳さ神々しさに心を奪われ、呆然と見とれていた。横にいた小林行泰くんは猛然とドームに駆け込み、三脚とカメラを持ってきた。観測どころではなかった。そのころ木曾観測所では、シュミット望遠鏡の巨大な視野(6 度四角)を生かして、世紀の大彗星の詳細を乾板に刻み込んでいた。息を飲むような大パノラマ写真であった。その後、これほどまで荘厳な天体ショーを見たことはない。当時は広報活動が低調だったこともあり、一般の関心を引く前に彗星は飛び去ってしまった。木曾で奮闘する皆を愛でる贈り物だったのかもしれない。



ウエスト彗星。1976年3月14日、高瀬文志郎氏、木曾シュミット+写真乾板で撮影

最初の頃は、文献や雑誌の閲覧、赤外線天体をパロマスカイサーベイで同定するために、ときおり木曾観測所を訪れ、ついでに昼食をいただくこともあった。逆に、木曾観測所を訪れた研究者が赤外線望遠鏡の見学をされることがしばしばであった。外国の研究者が来られた時は、しどろもどろの英語で説明しようとするのだが、一緒に来られた観測所の先生や寿岳潤さんがたまりかねて通訳をするのが常であった。

そのうち赤外線グループでは、気球による天の川のマッピング観測のフォローアップとして、赤外線望遠鏡で銀河面を掃天することになった。単一の検出素子で1平方度を越える領域を掃天する気が遠くなるようなプロジェクトだった。たて座(Scutum)から始めた。木曾観測所の故石田恵一先生が興味をもたれ、シュミット望遠鏡で撮影された写真乾板を使って赤外線星を同定することになった。びっしりと星が密集している写真乾板の測定はなかなか大変だった。浜島清利さんたちスタッフが手取り足取り辛抱強く指導してくれるのだが、何回もやめたくなった。まず、スミソニアンカタログから手頃な星を数十個選び、それを乾板の位置測定の基準とするのだが、ほとんどが手作業であった。カタログからデータを書き取り、それをタイプライターで黒い紙テープに二進法の穴をあけ、最新鋭コンピュータのOKITACに読ませる。外部記憶装置の磁気テープが回りだす。エラーが出たら紙テープのエラーの部分を持ち離し、訂正した部分を貼付けるといった退屈な仕事がえんえんと続く。それが終わるとやっと測定器が動き出す。そのうち石田先生とデータの交換をするようになり、三上、石田、浜島、川良(1992PASJ)の論文として仕上がった。

その後、筆者はしばらく木曾から遠ざかったのだが、数年前から学生諸君と一緒に木曾観測所で観測を始めた。テーマはやはり赤外線拡散光の起源だが、今回の対象は宇宙である(前回は銀河系)。



分子雲付近の可視光散乱光：家中信行氏、木曾シュミット+2KCCDで撮影

拡散光の研究にはシュミット望遠鏡の巨大な視野が不可欠なのだ。カラー写真は家中信幸くんを中心としたグループが撮った、空の拡散光である。赤く輝いているものは明るい星、白いつぶつぶは暗い星、刷毛で掃いたように広がった白い拡散光は、天の川に漂うダスト(個体微粒子)が星の光を散乱した結果である。筆者は、木曾で研究者として育てられ、木曾に戻ったのだと思う。地元の皆様、木曾観測所の皆様に感謝申し上げます。

2014年5月27日(三鷹にて)

木曾観測所に育てられて

～ さまざまな初体験 ～

渡部 潤一 (国立天文台 副台長)



木曾観測所。それは私にとってはじめて本格的な天文学の現場に触れ、そして人生で初めての様々な経験をさせてもらったところでもある。

今から 30 年以上も前、東京大学理学部の天文学科の三年生だった頃に、学部学生の控え室に「誰か夏休みに木曾観測所で長期滞在のアルバイトしない？」というお誘いがあった。おそらく誘ったのは浜部先生（現、日本女子大）だったと思うが、記憶は定かでは無い。いずれにしろ天文台という、天文学観測の最前線の経験をしたくて、真っ先に手を挙げた。そして8月のはじめだったか、上松駅に降り

ないように。) そのときのフィルムコピーはいまでも乾板保存庫にあるはずだ。いずれにしろ、これが



アルバイトをした女性二人との記念写真。



ドームと故・石田先生、高瀬先生と。

長期アルバイト初体験であった。

夜になると宿泊されている先生方に（曇っていると）いろいろ話を聞かせてもらうことができ、貴重な体験となった。二十歳を過ぎていたので、お酒も飲ませていただいた。岡村先生にさんざん飲まされ、酔っ払って廊下で転んだのも初体験である。実は、その後、木曾は飲むところであるというイメージが定着し、行く度に自ら一升瓶を持ち込むようになったのだが、それを見た岐阜大学の若松先生が「君はなかなか見所がある」と仰った。これが天文学者に褒められた初体験であった。

立った。同じ列車で故・石田恵一先生も降りてこられ、官用車で観測所へ連れられていった覚えがある。それから三週間ほど観測所に滞在し、撮影済の写真乾板をフィルムに焼き付けて、そのコピーを作成する仕事を、他の二人の女学生と共に行った。そのうちの一人は樽沢さんの妹さんだった。毎日、真っ暗な暗室の中、同年代の女性と一緒に仕事をこなしていたわけだが、なにしろ何も見えないので、お互いの手がお互いの体に触れてしまうことが何度もあった。(もちろん、あくまでもそれだけである。誤解の

アルバイトとして滞在中、所員の暑気払い宴会があった。私も呼ばれ、なにか挨拶をしろと言われ「木曾に骨を埋める覚悟で仕事をしています」といって笑いを取った。これが宴会で笑いを取った初体験である。(職員の皆さんの「ちゃんちきおけさ」を聞いたのも初めてであった。)

アルバイトが終わると、事務の田中さんから滞在

費を払えと言われた。実は、アルバイトをすればすぐに現金が手に入ると踏んで、ほとんど所持金がなかった。そこで帰ってから郵便局で現金書留で木曾に送った。後に田中さんには「滞在費を現金書留で送ってきたのは初めてだ」と言われた。これも初体験に入るだろうか。

大学院生になって、本格的に研究のための観測をはじめると、生きのいい若いのがいるというので、故・富田さんやら、香西さんから声がかかるようになった。香西さんの観測の補助をしている時のこと。今では使わないはずだが、撮影した乾板をまとめて観測ドームから現像室のある一階に下ろすためのエレベータがある。このエレベータは、荷物室がその階になくとも扉が開いてしまう。気をつけてはいたのだが、撮影済みの乾板を乾板箱にまとめて、エレベータの扉を開けて荷物室に置いた、と思った瞬間、箱ごと階下の暗やみに消えていったことがある。これには青くなった。なにしろ貴重な観測済み乾板だ。すぐに征矢野さんにきてもらい、箱を回収してもらったが、「エレベータに乾板箱を落とした人は初めてだ」といわれた。乾板箱落下事件という初体験であった。(乾板は割れもせずは無傷だったのは幸運だった) この種の失敗をもうひとつ。現・文教大の山縣さんと何故か一緒に観測していた時のこと。モザイク CCD カメラが動いていて、部屋にいながらにして観測できる時代になっていた。それにしても、なんだかやけに写りが悪くなっていくのが、モニター上でわかった。「いったいなんだろうなあ」とのんびり構えていたのだが、いやな予感がして、外に出るとしんしんと雪が降っているではないか。急いでドームを閉めて、望遠鏡を眺めると、筒先の補正版に見事に雪が積もっていた。天候モニターカメラなどない時代であった。急遽、青木さんに来てもらって、ドライヤーで吹き飛ばすことができたのは、温度が低い真冬の幸いであった。積雪初体験である。(ちなみに堂平観測所の 50cm シュミット望遠鏡には雨を降らせたことがあるのだが。)

学生に怪我をさせた初体験も木曾だった。直接、その場にいたわけではなかったが、指導していた大

学院生であった現・北海道教育大の関口君が、何を思ったのか、ドームのスリット開口部から飛び降りて、足をくじいたのである。飛び降りる理由は無かったと思うのだが、監督不行届を身にしみたのはいうまでもない。実は、これは後日談があつて、彼に指導をお願いしていた大学院生が、本館の屋上から地上へと飛び降りて足を怪我したこともある。本館屋上から中に入れなくなったことが原因だったが、どうしてこうも続くのかといやになったものだ。それだけではない。私の大学院生に関して木曾は鬼門だった。太陽系外縁天体の大規模サーベイを認めてもらったにもかかわらず、30 夜中 26 夜も曇らせた現・台湾中央大学の木下君は、いまでも雨男で有名である。

少しはまともな初体験の話を。さすがに夜空は暗く、黄道光を眺めた初体験は木曾だった。筆者が一千万円を越える大型科研費初体験は木曾をテーマにしたもの



私の修士論文となったアイラス・荒木・オルコック彗星の木曾観測所で得たデータの成果パネル(公開日)。

これも木曾の CMOS センサー開発をテーマにしたものだ。アイラス・荒木・オルコック彗星は、私の修士論文となった。ヘールボップ彗星の塵の尾にストリーエを見いだしたのも木曾の観測だった。彗星のダストトレイルの可視光における世界初の検出は、私の観測時間を分け与えた現・ソウル大学の石黒さんの成果である。(この成果は、彗星の世界で一躍、木曾の名前を知らしめる結果となり、猿楽さんに引き継がれた) 最近では、新しい CMOS センサーによる流星観測では、5 分間ほどの間に 58 個もの流星を検出するという実質的な世界記録を打ち立てた。広視野で明るい光学系での観測は暗い空と相まって、これからも彗星などの太陽系天体の観測に成果を上げていこう。

木曾で観た地球と宇宙

～ クェーサーでトライした初期宇宙の構造探査 ～

林野 友紀 (東北大学 ニュートリノ科学研究センター)



美しい地球

御岳を間近に見晴す木曾観測所は、大自然の中に在るのが当り前の天文台の中でも、取り分け景観に恵まれている。ドームと正門の中程にある小高い畑のあぜ道を北の方に少し歩くと、御岳と乗鞍岳、そして木曾駒ヶ岳を主峰とする中央アルプスを一望にすることができる。三岳村の由来である。正門を右に出て暫く進むと平家落人の村と伝わる才児部落に出る。才児は"さいちご"と読み、何如にも京を思わせる響きがする。その先を左に曲がると上松に降りる道となるが、右に曲って林道を山の中に分け入ることもできる。落石が転がっていたりするが車も十分通れる道である。そこを5分程進むと木曾駒を背にシュミットのドームが白く光るポイントに出る。更に進んで一寸した峠を越えると見事な眺望が広がる。御岳湖を眼下に従え、御岳山が堂々とそびえる。峠から谷越しに見る山は構図的にも最も優れて量感がある。右方には遠く乗鞍岳が柔らかかくうねった稜線を見せる。ここが国道沿いであれば展望を誇る道の駅にでもなっていて、この光景に魅入る旅行者が絶えないことであろう。木曾では、宇宙を観測する前にまずは地球の魅力をたっぷりと味わうことができる。

狭帯域フィルターサーベイ ----- 手強い宇宙

そんな観測所に私は1996年から数年間お世話になった。主なテーマは狭帯域フィルターによる遠方クェーサー探索である。通常クェーサーサーベイという標準の広帯域フィルター数バンドで候補天体を選び、分光によってクェーサー特有の輝線を同定するのが一般的である。しかし私は少し変わった単純な方法で探査し、分光せずにクェーサーを検出しようとした。Ly α 、CIV、SiIVなど強い輝線を持つクェーサーは、それらの波長幅程度の狭帯域フィルターを使うと撮像だけでも輝線を検出できるはずだか

らである。そのために、中心波長(CW)410~550nm、バンド幅(BW)20nmの9枚のフィルターを製作した。このセットで視野内全天体の"低分散分光"を行ない、赤方偏移 $z=2.4\sim 3.6$ の Ly α 輝線を捕える目論みである。バンド数が多いので時間を無駄遣いすることになるが、1997年からシュミット望遠鏡の CCD カメラが大型になり約1平方度の視野を得るので、この方法も許されるのではないかと考えた訳である。余りに単純なこんな探査方法を採用したのは、私が天文学の標準的な教育を受けていない、つまりそれまで他分野に居たことも一因である。

木曾観測所に通うまで、私は高エネルギー素粒子宇宙線分野に属していた。大学院時代から十数年泡箱写真解析に従事し、1990年頃からはハワイ大学が主導する DUMAND 計画に研究室のテーマとして参加、光電子増倍管の性能向上などの開発を行っていた。DUMAND とは Deep Under-water Muon and Neutrino Detection の略で、ハワイ沖深海5000mに圧力容器に入れた光電子増倍管を200個設置、宇宙から飛来する超高エネルギーニュートリノ反応を捉えようという実験であった。宇宙ニュートリノ源として最も興味を持たれていたのがクェーサーである。ところが1993年、計画全体の3分の1が完成した所で試験観測を行なうべく装置を沈めて実験を開始した途端、僅か3分間で電気回路を納めた圧力容器が水漏れを起こし、データが取れなくなってしまったのである。もともと500気圧の水圧に耐えられるか危惧する指摘も多かった中、その心配が適中した訳で、一挙に信頼が下落して実験全体が中止となってしまった。結局私も含め参加研究者は、職こそ失なわなかったが、研究テーマにおいては路頭に迷う羽目になった。

DUMAND 計画準備中にクェーサー初め宇宙について強い興味を持ち始めていた私は、この機会に光学望遠鏡を用いた観測研究に取り組んでみようと思

い立った。その頃、一般にも広く関心を集めていた宇宙の大規模構造にも強く惹かれた。そこで銀河に比べ100倍ほども明るいキューサーを使えば、非常に遠方、初期宇宙の大規模構造の一端を調べられるのではないかと考えた。当時の大規模構造は地球から数億光年の"近傍宇宙"の姿であって、キューサーで探査しようというのは100億年ほど昔の若い宇宙である。ここで $z=3$ では1度角は現在の宇宙に換算して丁度3億光年に相当する。

こうして分野外の者が考えた単純な動機と、狭帯域フィルター多用という単純でやや乱暴な手法であったが、幸いこの試験的な観測提案を受け入れて戴き、高遠徳尚氏(国立天文台)や青木勉氏(木曾観測所)の指導を受けながら、シュミット望遠鏡観測を開始した。1997~98年の観測によってV21等級までのキューサーらしき天体を $z=2.5-3.6$ に7個検出した(第9回光赤外線ユーザーズミーティング集録 p.27-34(1998))。しかしこれでは構造を議論するには不十分である。観測を計画した際には、当時の光度関数から約30個は期待できると踏んでいて、いわゆる宇宙の泡構造はともかく、キューサークラスターリングなど初期宇宙の特異構造を発見出来るかも知れないと期待していた。しかし当時のキューサー統計がかなり低いこともあって、光度関数の不定性も大きかったようである。

この結果を得るために既に計20時間を費やしていた。もっと深く観測すれば数密度は増えるが、例えばもう1等級深くするには120時間を要する。空の透明度と seeing の良好な120時間はやはり現実的とは言えなかった。このサーベイによって確かにキューサーらしきスペクトルの天体を捉えることは出来るが、実際の数密度が予想以上に少な過ぎるという結果となった。

そんな具合で、かなりの観測時間を戴きながら思うような成果を上げることは出来なかったが、狭帯域干渉フィルターを多数製作したことで、中心波長の一様性など性能の良いフィルターをメーカーから得る術(すべ)を経験するという波及効果があった。そのおかげで2002年、すばる主焦点カメラ用大型狭帯域フィルター(CW497nm/BW8nm)を比較的スムーズに製作することができ、その9月に観測を行なってLy α 輝線銀河による $z=3.1$ 大規模構造の研究

に繋げることができた。(Astronomical Journal, 128,p.2073-2079(2004)、丸善パリティ 2005年8月号 p.41-45 に解説記事)

宇宙と暮す人々

望遠鏡は宇宙と繋がる窓である。肉眼では想像もつかない世界が視野の中に広がっている。ビジターは年に数回その窓を覗きに行くに過ぎないが、観測所のスタッフの方々は、日々その繋がりを確保すべく奮闘されている。デリケートな冷却 CCD カメラの安定作動のための弱電作業から、ドームの雪掻き --- あの高い屋根に登って雪掻きをしてスリットが開けられるようにする大変な重労働である --- そんな大技までスタッフの皆さんが結束してこなされる。開所当初 CCD カメラは未だ存在せず、写真乾板で撮像されていた時代、特に冬期は想像を絶する観測になったことを征矢野隆夫さんからお聞きしたことがある。スリットを開けて冷えきったドームの中で一晩中、ひとつの天体に望遠鏡を向け続けて撮像する。望遠鏡は時計モーターによって、回転する夜空を自動追尾するが、完全にはフォローしきれず、何分かするとズレてくる。ファインダー望遠鏡を覗きながらズレが有意になりかけると、シュミットを微動させて合わせ直す。ゴンドラに乗ってそんな作業を朝まで続け、やっと一枚を撮り終える。-20度にも下がるドームでの仕事である。美しいアンドロメダ銀河の写真もそのようにして撮られた作品である。

木曾観測所は、望遠鏡に関わるスタッフのみならず、所員やビジターの毎日の食事を調理される女性職員の方々も含め、全員が家族のように振舞っておられる。食事の時など、それぞれの御家庭の様子が話題になったりして、傍で聞いているだけで微笑ましくなり、観測で疲れた神経を癒す時間ともなる。中田好一所長(当時)の軽妙なトークも毎回好調である。戴く食事はまさに御家庭の味そのもので、素晴らしく美味しい。同行した院生たちは、先ずはその食に魅せられて木曾滞在が気に入ってしまう。春先の観測では採れたてのたらの芽の唐揚げという、飛切りの御馳走を堪能させて戴いた。

木曾に通せて戴いた数年間は今も大切な記憶となっている。



第5章 研究

Research

究

- 『 木曾観測所における研究の変遷 』 小林 尚人
- 『 夜天光観測 』 青木 勉
- 『 木曾観測所でやり残したこと 』 田鍋 浩義
- 『 シュミット望遠鏡の極軸調整 』 浜島 清利
- 『 小惑星探査 』 香西 洋樹
- 『 KUG サーベイ(木曾紫外超過銀河の探査) 』 宮内 良子
- 『 炭素星サーベイ 』 前原 英夫
- 『 スターカウントによる銀河構造の解析 』 山縣 朋彦
- 『 銀河の表面測光と天体画像処理システム 』 岡村 定矩
- 『 SPIRAL ソフト開発 』 濱部 勝
- 『 KONIC 』 市川 隆
- 『 木曾観測所とはやぶさ 』 安部 正真
- 『 彗星ダストトレイル観測 』 猿楽 祐樹
- 『 多色撮像観測で探る銀河の星生成 』 西浦 慎悟
- 『 木曾シュミットによる日印共同研究 』 小倉 勝男

アンドロメダ銀河 (M31): アンドロメダ座にある渦巻銀河で、われわれの銀河系とほぼ同じ大きさ、同じ形をしている。肉眼でもその光芒を見ることができる。この銀河のすぐ北(上)にはNGC205、南(下)にはM32 (NGC221) の2つの小さな楕円銀河がある。これらの銀河はM31 (NGC224) のまわりを回る伴銀河である。M31は、われわれの銀河系やマゼラン星雲、周辺の小さな銀河と共に局部銀河群という銀河集団を形成している。直径約11万光年、距離は約230万光年である。

撮影日：1988年10月31日、撮影番号：K5883、乳剤：コニカSR1600、フィルター：なし、現像：ハイコンII 6分

木曾観測所における研究の変遷

～ 中小望遠鏡の未来 ～

小林 尚人

木曾観測所 副所長



21世紀の光赤外天文学は、大望遠鏡の登場とともに始まった。コンピュータ制御された大型光学系の建設技術が成熟することで、望遠鏡の大口径化が可能となり、より暗い天体へとパラメータ・スペースが掘り下げられていく。しかしその直前の20世紀の終わりに、天文学がもっと本質的な発展を遂げていたことを知らない人が多い。「検出器の革命」である。半導体技術の成熟により CCD 2次元検出器が登場し、それまで主流であった写真乾板や光電管技術にとってかわり、天体観測の感度が文字通り桁違いに増加した。それに続く赤外線 2次元検出器の登場により、革命は揺るぎないものとなった。

木曾観測所は、見事にその時代を走り抜けてきた。第3章には、写真乾板に始まり、黎明期の CCD、大フォーマットの CCD カメラ、赤外素子への挑戦等、木曾を中心にこつこつ育てられていった日本の光学観測技術の進展がまとめられている。対して本章では、欧米の強力なサイエンスに対抗して、東京天文台を中心とした日本のコミュニティが、さまざまな模索を通じて、天文学研究上のその独自の位置を築いていく過程が記されている。

超広視野を誇るシュミット望遠鏡の最大の強みは、Zwicky と Baade 以来、常に天体のサーベイ（掃天）にある。その対象は、光学天文学の3つの主役である「銀河、星、太陽系天体」のすべてに亘る。

木曾シュミットによる観測研究は、木曾の暗い夜空と6度視野を完全に覆う写真乾板を活かした掃天で始まった。初代所長の高瀬先生たちによる紫外超過銀河の探査（宮内氏の稿を参照）、そして小平先生、岡村先生たちによる銀河表面測光で大きく発展した銀河研究は、岡村先生が創設した東大の銀河グループに明確に受け継がれていった。また、広い視野を活かした銀河系内の恒星分布の研究も、代表的な成果の双璧である。石田先生、吉井先生、山縣先生たちによるスターカウント、前原先生たちによる対物プリズムを用いた炭素星の探査といった先駆的な研究は、最近では広視野 CCD カメラ KWFC を用いて進められている銀河系内変光星の包括的な探査（第1章：松永氏の稿を参照）にまで引き継がれ、木曾は歴史的にも、銀河系構造を探る最も基礎的な研究に重要な貢献を続けている。それ以外にも、小暮先生（元京都大学）、小倉先生に代表される星生成領域の輝線星サーベイ、その後の CCD による星団の広視野測光で木曾は広く知られている。

移動天体、時間変動天体でもある太陽系小天体も、掃天の主要な対象である。観測所初期の香西先生による小惑星の探査は、安部先生のチームによる小惑星探査衛星のための測光モニターにつながる。木曾で撮られたウェスト彗星、百武彗星やヘルボップ彗星の迫力ある画像をご覧になった方も多いと思うが（第4章）、超広視野に目一杯広がる彗星は、シュミット望遠鏡の格好の対象である。明るい光学系と CCD による感度向上の組み合わせは、かすかにしか見えない彗星のダスト・トレイルの世界初検出につながった（猿楽氏の稿を参照）。その後の、多数の彗星に対するダスト・トレイルの独占的な研

究には、当時の中田所長の強力なサポートがあったことを付け加えておきたい。これらの観測は、後の KWFC による「時間変動天体、突発天体の観測」につながっていく。現在、観測所プログラムとして包括的な超新星サーベイがすすめられているが（第1章：諸隈、富永氏の稿を参照）、時間変動観測はフレキシブルに使える小望遠鏡が最も得意とする分野であり、重力波天体のフォローアップも含めて木曾観測所の今後の発展の方向を指し示している。

木曾観測所は、いち早く CCD やモザイク CCD を導入し、日本における検出器革命の指導的役割を十二分に果たしてきた。引き続き大口径の時代になった今、それでは小望遠鏡の役割は終わったのだろうか？物量作戦しか思いつかない輩は別だが、優れた天文学者、実験家や元気な若手研究者達はそんなことは考えていないようだ。巨大望遠鏡は、検出器革命をもっとも労力のかかるやり方で延長したにすぎない。10 m 望遠鏡の口径を 30 m にすることは、検出器や装置の感度を 3-9 倍にすることに等しい。検出器の雑音はまだまだ落とせる類のものであり、また装置のスループットも実験的努力によりまだ上げる余地が十分にある。建造と維持に莫大な費用がかかる”恐竜”的な巨大望遠鏡を建設し続けることは、素粒子物理の世界の SSC 計画と同じくそのうち頭打ちになる。新しい時代の”哺乳類”を生み出す新規開発の方が、より重要であるのは自明である。

そのようなアイディアの基盤として、安価に運営できる中小望遠鏡群がますます重要になってきている。木曾にはその全てが揃っている。大望遠鏡のサイエンスで活躍する優秀な若い人達が、巨大望遠鏡にない何か新しいものを求めて、こちらから何も言わずとも木曾にやって来るようになった。先鋭的な装置開発、ソフト開発、コミュニティの形成まで勝手にやってのけ、観測所プロジェクトによるサイエンスを強力にすすめてくれている。CCD の次世代たる CMOS センサーカメラの開発をはじめ、そういった最近の木曾の流れが第1章（木曾観測所最前線）に書かれている。木曾にはそういうアンビエンスがあるのだろうか。本記念誌に登場する歴代のすべての関係者各位に、深く敬意を表さざるを得ない。

次世代の研究者の教育・育成も含めて「研究」と呼ぶのであれば、言うまでもなく、人間の背丈にあった、アクセス性が高く扱いやすい望遠鏡が必要になる。物理、化学や生命科学における「実験室」のようなものであろうか。小望遠鏡をさっさと淘汰してしまい、高級データマシンにすぎない大望遠鏡しか擁しない機関からは研究者が育たなくなった状況を直視するにつれて、研究と教育を結ぶ中小望遠鏡の整備が、各大学にますます必要とされているように感じざるを得ない。日本の天文学の性急な変化の轍を踏まないように、中小望遠鏡とその経験を残すかたちで着実に大口径化に進むよう、インドなど新興国の天文学指導者達は慎重に舵を切ろうとしている。

本章は単なるノスタルジーの対象ではなく、未来へのさまざまなヒントが詰まっていることを感じていただければと考えている。40 年にして、木曾のような天体観測所の価値はますます高まっており、中小望遠鏡は最も先鋭的なツールとなっている。最近でも、系外惑星のような大発見（ドップラー分光、トランジット時間分解測光）は、中小望遠鏡においてこそなされていることに注意されたい。天文においては、多くのブレークスルーサイエンスが、既存の施設の”賢い”活用により生まれている。逆に巨大望遠鏡からは、まだインクリメンタル・サイエンス(incremental science)以上のものは多く生み出されていない。巨大望遠鏡の下に多数の小望遠鏡がヒエラルキーの構成要素として存在しているのではなく、人間の多様なアイディアを試す中小望遠鏡が実験場として頂上にあり、巨大望遠鏡はそれに隷属するツールでしかない。それを読み違えたコミュニティに明るい未来があるようには思えないのだが、その予想が正しいかどうかは 20 年後に冷徹に明らかになるだけである。

夜天光観測

～ 木曾の観測一番乗り“先見の明？”～

青木 勉 (木曾観測所)



夜天光チームは1974年以前から木曾の地「神谷」で観測を行っていた。今思えば木曾一番乗りである。

我々は1964年以降、堂平観測所で大気光観測を行ってきたが、夜天光の他の成分光である黄道光や対日照の観測も行いたいと考えていた。黄道光や対日照は連続光の光源であるから、その観測は市街光に大きく影響される。市街光が年々増加する堂平は観測に向かず、市街光を避けて観測できる空の暗い場所探しが重要となっていた。その場所が長野県木曾地方の「神谷」であった。ここは都会から離れて空が暗く、しかも四季を通じて東京から比較的行き易いことも魅力であった。神谷の観測小屋は1968年に山の中腹にある畠の一部を借りて、プレハブを建てた。道路は無く、麓で宿泊や食事の世話になった小坂暢男氏宅から200m程の山道を、飲料水を入れたポリタンクを背負い上げることもあった。勿論、観測装置や赤道儀などの機材の運搬は重労働である。大勢の人力でこれらの装置を運び上げたことは、苦労話として思い出に残っている。

大気光の定常観測では、その絶対強度の検定にランプ式の標準光源を用いている。この検定は空の暗い場所で、 α Aur や α Lyr を使って行うが神谷は最も

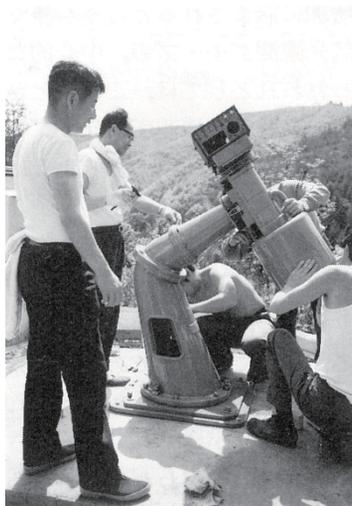


図1. 神谷での赤道儀据付け作業

適した場所であり、重要な仕事の一つとなった。その他、この地ではアメリカの Atmospheric Explorer C 衛星との同時観測や、内之浦から上げるロケットに搭載

される大気光観測器の感度調整や絶対強度校正などのテストも行ってきた。また、高地は北極星を1mm幅のスリットに落とし込み、定速度で巻き上げるフィルムに写す、天候カメラを考案・制作した。それはその後木曾観測所の晴天率調査に利用された。

1970年頃からシュミット望遠鏡の建設計画が進行中であった。そして、その設置場所が検討の結果我々が試験観測を行っている木曾地方が適当であるということになり、その場所に夜天光観測所も建設することになった。それ以後は、シュミット・グループとともに、実際の設置場所の選定のために、木曾地方各地の現地調査や、必要なテストなどを行った。神谷での試験観測は、こうして木曾観測所が完成するまで続いた。

1974年に東京天文台木曾観測所が完成した。夜天光観測室は敷地の東北端にあつて、観測棟とスライディング・ルーフ室が建てられた。観測棟は平屋建てで、内部には観測室、光学機器室、実験工作室、資料室、暗室、休息室などがあり、屋上には種々の観測器が置けるようになっていた。観測室は中2階があり、大気光観測機器はここに設置され、屋内から天窓を通して観測出来るようになっていた。一方、スライディング・ルーフには、種々の観測装置が取り付けられる2台の赤道儀が設置された。以降は観測



図2. 夜天光観測室(取付け道路より北北西を望む)

機器と観測概況について簡単に紹介する。

木曾に設置した大気光関係の観測器は、光電測光器、分光器および全天カメラである。分光器と全天カメラは堂平から移設したが、光電測光器（大気光高速多色天頂光電測光器）は堂平時代からの夢であった、全自動で無人観測ができるようにした。これは薄明時間と月の出入り時刻を考慮して時刻ボードにピンを差し込み、1ヶ月間の観測時間を制御するものである。当初、10枚の干渉フィルターを通して観測された測光データは紙テープに記録していたが、1983年にパソコン（FM-11）に置き換え、データ取得や解析を行うようになった。その結果リアルタイムで観測結果を把握できるようになった。堂平でも継続して観測していた分光器は、1975年に木曾に移設したものの、機器の老朽化が進み、1978年に観測



図3. 夜天光の定常観測装置。左から全天カメラ、分光器、天頂測光器。背景に木曾御岳山を望む。

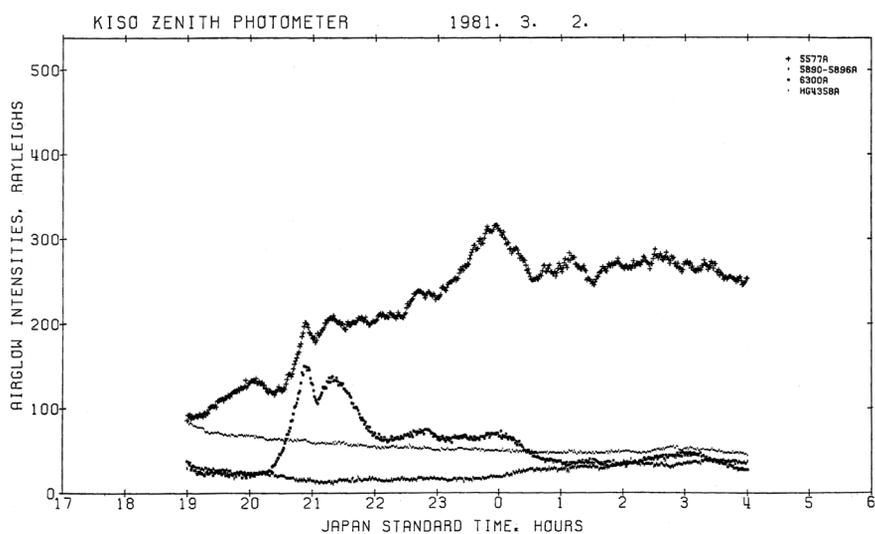


図4. 天頂測光器による各輝線強度の毎分値のグラフ。1981年3月2/3日

を中止した。全天カメラは半球型のガラスドーム内に魚眼レンズを納め、昼間は金属カバーで覆い、夜間のみ観測出来るようにした。設置当初はガラスドームの内側が結露し星像が写らないトラブルが発生した。対策として、大阪工業試験所で透明導電膜（酸化インジウム）が開発されたことを知り、宮下がガラスドームの内側に真空蒸着する実験を行い成功した。この膜に電流を流して、ジュール熱でガラスを温めるとう方法で結露を完全に防止することができた。全天カメラは当初250コマのマガジンを使用していたが、天頂測光器が自動化され1ヶ月間は無人で観測出来るようになったので、1980年より750コマ用マガジンに交換した。この全天カメラは後にハワイのマウナケア山頂のすばる望遠鏡のサイト・テストに使用された。その他には、黄道光や彗星の観測に使用した可搬型の光電測光器である「比較受光器」、夜天光の測光時に視野内の端から他端へ可動式のワイヤを走らせて、視野内の星を隠して星の測光をし、その差を求める「星消去式測光器」、彗星のスペクトル観測に「I. I. 付分光器」なども活躍した。

最後に観測概況についてである。それまで堂平観測所で続けていた太陽地球環境国際定常監視特別事業（MONSEE）の大気光観測拠点を1979年の始めから正式に木曾に移した。木曾で観測された天頂測光器の観測データは、三鷹の大型計算機で処理し、大気光世界資料センターに保管し、編集・発表された。

木曾における大気光の定常観測は1979年から1990年3月に終了するまで、続けられた。（以後、新潟大学の木山氏が引き続き夜天光の観測の一部を引き継いで行った。）その間には、1984年9月に発生した長野県西部地震の衝撃で、パソコンやスライディング・ルーフ室のシャッターが壊れた。また、赤道儀の極軸も7'程ずれてしまう等の被害がでた。1987年10月21日には、北海道で低緯度オーロラが発生した時、木曾の天頂の大気光きく増

光したことが分かった。その他数多の成果はあるが、紙面の関係で最後に「全天カメラ」の写真解析について取り上げる。全天カメラには星の奇跡の他に流星や人工衛星等が写る。1985年10月8日19時過ぎに、関西から東海地方にかけての上空をコスモス衛星が火の玉となって落下した様子が記録されていた。流星は0等級より明るいもののみ検出することができるが、宮下は1977~1990年までの約35700コマの写真から約800個の明るい流星を検出した。

以上、国立天文台報 Vol.1. 1, No. 3 田鍋浩義, 嵩地厚, 宮下暁彦, 田中京子「東京天文台における大気光観測」から抜粋し、青木の感想も含め簡単にまとめさせて頂いた。 文責 青木 勉

木曾観測所でやり残したこと

田鍋 浩義
(元国立天文台)



夜空から来る自然光の総称を夜天光と云い、その主な成分光は大気光、黄道光、星野光である(理科年表参照)。これらの光は全天に拡がり重なり合って観測されるが、それぞれが時間的、空間的に明るさが変化する。私たち旧東京天文台測光部のグループは、木曾観測所の開所以来、夜天光観測室で大気光と黄道光の観測を続けていた。ちなみにもう一つの成分光の星野光については、数年前に創案製作したウォラストンプリズムを利用した測定装置で、パロマー写真星図の極限等級までのスターカウントを三鷹で行なって、大量のデータを得ていた。

大気光は、地球大気の発する輝線、輝帯の光であるから、適当な干渉フィルターを使えば、大気光だけの分離観測が可能である。問題は黄道光の観測であった。黄道光の天球上の輝度分布を知るためには、小型望遠鏡に光電測光器をつけて、広範囲の空の掃天観測をしなければならないが(当時はまだCCDなどは実用化されていなかった)、掃天中に明るい星も頻りに視野内に入ってくる。光電測光では、これら

の星を含めた視野内のトータルの明るさが測定されてしまうので、データ整約の段階で1つ1つの星を同定してその等級に応じた明るさの差し引きを、手作業でしなければならなかった。これを何とか自動化できないものかと、前々から考えていたが、面光源(黄道光)と点光源(星)の違いを利用して星だけを分離除去することを思いついた。掃天用望遠鏡の焦点面に適当な視野絞り(正方形が便利)を置き、視野絞りの片側から他方側へ細いワイヤを走らせると、ワイヤは星々を次々に隠していき、その都度光電出力に逆パルス状の信号が出る。このパルスの深さを計算機に加算させて、最後に視野全体の明るさから差し引かせれば、面光源のみの明るさが得られるのである。このアイディアは、国際研究集会などでも何度か紹介し、黄道光観測者たちの興味を引くことができた。

その後、財源を得て試作器「星消去式測光器」を作り、最初のテスト結果を日本天文学会の年会で報告したが、なおいろいろと改良の必要があり、試行を続けているうちに、1989年に私が停年を迎えてしまい、残念ながらこの観測器は未完成に終わってしまった。

あれから25年、その間の電子機器の各段の進歩により、今ならまた新しい方法による違った観測器も考えられると思うが、私としてはあの時点で、あのアイディアによる観測器が実現できなかったことは、大変心残りであった。当時、この観測器の製作やテストに協力してくれた旧測光部のメンバー諸氏に深く感謝している。

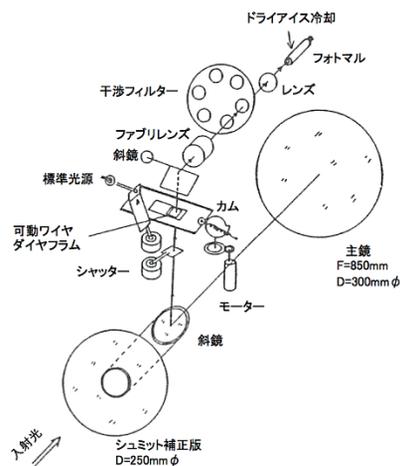


図5. 望遠鏡及び光電測光器の模式図

シュミット望遠鏡の極軸調整

～ 最適方向を求めて ～

浜島 清利 (河合塾物理科)



木曾観測所黎明期の話題の一つを記してみたい。それはシュミット望遠鏡の極軸方向をどのように定めたかという経緯である。

極軸調整はなぜ大切か

極軸の調整は、通常はガイド量を少なくするために必要なものである。しかし、シュミット望遠鏡の場合はそれ以上に大切な意味をもつ。ガイドによって乾板中心の星像を点状に写し得ても、写野が広いために周辺の像は大気の屈折が異なり、露出時間が長くなると星像が流れてしまう微分大気差とよばれる問題が避けられない。実際、IIIa JやINなどの乾板は2～3時間の露出を要した。そして、極軸は天の真の北極と見かけの北極との間に設定するのがよいと思われていた。極近くの星は見かけの極を中心に日周運動するし、天頂近い星は真の極を中心に運動するからである。2つの極は角度で1.3' 離れている。

極軸が2つ?

まず、極軸の方向を調べるには、極からのズレが大きいほどガイド量が大きくなることを利用する。岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡の極軸設定で考案された方法で、赤緯方向のガイド量から極軸を定め、修正を繰り返して最終設定に至った。赤経方向のガイド量からも極軸の方向を独立に求めることができることを確かめ、木曾では精度を上げるために両者を採用した。ところが、赤緯方向から求めた結果に対して、赤経方向からの結果は角度で約2'も異なっていた。結局、極軸を正しく設定するどころか、その測定方法自体の再検討を迫られることになってしまった。

動き回る極軸

はじめは当惑したが、やがて我々は矛盾の原因は望遠鏡を支えるフォークのたわみにあると考えた。台座の上での極軸は1つの方向でも、たわみがあれば

実質的に極軸の向きは変わる。たわみ方は時角によって変わるので、極軸は時角と共に動くことになる。それを調べるには、古典的な方法を改良すればよいことに気づいた。古典的方法とはカーチスによるもので、周極星を写真に撮る。まず、望遠鏡をほぼ極に向け、シャッターを開いたまま極軸回りに回転させて写す。星の軌跡は円となって、中心が極軸方向を示す。次に望遠鏡を固定し、シャッターは開放のまま放置して、日周運動を写す。円の中心は見かけの極である。我々がこのような写真を既に撮りながらもガイド量のデータ解析を重視したのは、精度の点で比較にならないと考えたからである。カーチス法の精度の悪さは、極軸回りに回転させたときに軌跡が完全な円にならず、歪んでいるため中心が求めにくいことにあった。この歪みこそたわみがあるという1つの証拠ともなっていた。

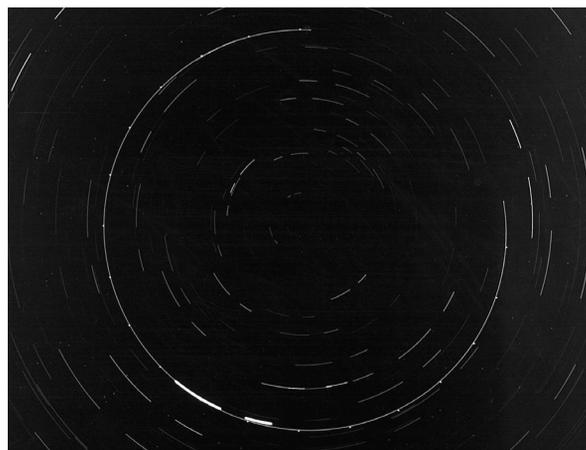


図1. 詳細カーチス法写真。明るい星は北極星。

極軸が動くという観点で、改めてこれを見直せば、歪みから極軸の動きが分かるはずである。そのためには写真の撮り方を少し改良する必要がある。極軸回りに回転させるとき、1時間ごとの時角で止めてはシャッターを開くようにする。この結果、軌跡は飛び飛びの点列になる。星相互の区別を見やすくするため、シャッターを開放にした軌跡も写しておく。

乾板自身は望遠鏡に固定されているので、極軸方向は乾板上では一つの定点となる。実は、それがどこであるかを一意的に決めることはできない。適当に選んだ定点に応じて、極軸の動きが決まる。そこで、機械系が時角 0 時を中心として、正負の時角で対称形状であることに注目する。極軸の動きも時角 0 時に対して対称的になるはずという条件を課すことによって決めたものを図 2 に示す。時角 0 時の時、最も地平線に近く、±6 時で約 1′ 上に持ち上がっていく様子が見て取れる。時角が 12 時間異なった極軸位置が互いに近いところにあるが、これは望遠鏡のフォークがちょうど反転した状態に対応していて、たわみとして合理的である。なお、得られた極軸移動パターンの下での必要なガイド量を計算してみると、赤緯方向、赤経方向共に観測値と合うことも確かめられた。

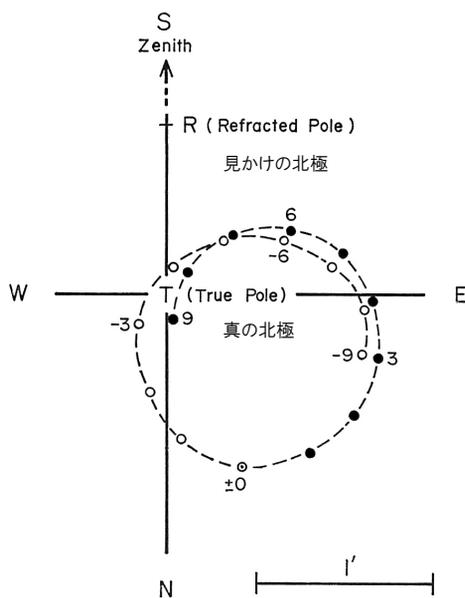


図 2. 極軸の移動パターン

最適方向は常識通りではなかった

極軸設定は微分大気差による星像の流れを少なくすることが目的であった。我々は、当初、極軸移動の平均的な方向を見かけの極と真の極の中間に向ければよいと考えていた。しかし、実際に行ってみた結果は思わしいものではなく、極軸が移動する場合、どこへ向けるのがよいか、改めて考え直す必要が生じてきた。

極軸移動パターンを天球のどの位置に置くと、乾板周辺の星像がどの程度流れるかを計算によって調

べてみた。時角 0 時近く（-2 時～2 時）が観測には適していること、それに観測機会の多寡を考慮して最適位置を決めることができる。観測機会とは、木曾では天域を 5° 平方を単位として約 1600 に分割して撮影していくことの考慮であり、赤緯が小さいほど重みを加えたといってもよい。その結果、時角 0 時での極軸を真の極より 50″ 地平線側に置くのがよいことが分かった。真の極と見かけの極の間に向けるという常識とは全く異なった結果である。なお、剛体極軸の場合は常識が成立していることも確かめた。何より特筆すべきは、極軸が動いても最適設定をすれば、星像の流れに関して剛体極軸と変わらない結果が得られるという確認ができたことであろう。テスト期間中、数度にわたって極軸方向は動かされているが、最適方向に向けられたとき、確かに良い結果が得られている。

本稿は東京天文台報第 18 巻第 2 冊（1978 年）に基づいている。共著者は、石田恵一、高瀬文志郎、青木勉、征矢野隆夫の各氏である。極軸調整の重要性を強調されていた石田さんに見て頂けないのは本当に残念である。望遠鏡の設計段階から、ガイド量が精確に測れるよう周到な準備をされていた。高瀬さんも病床にあって見て頂けなかった。岡山観測所で極軸の決定法を考案し、実施されたのは清水実さんである。清水さんは木曾も兼任され、温かい励ましを頂いた。また、野口猛さんは最終的な極軸の調整をして下さった。極軸を動かすには 3 人がかりで半日かかる。望遠鏡の重量 70 トンは重心の真下に置かれた直径 20 cm の鉄球によって支えられ、鉄球から 2m ほど離れた 5 点にあるボルトで極軸を調整するようになっている。

望遠鏡のテスト期間中、特に印象深かったのは彗星ウエストの出現である。写真集にその雄姿をとどめているが、石田さんが初めて撮影に臨まれたときは、かなりの緊張を強いられた。望遠鏡を異常に傾けねばならず、ガイドもしづらかったからである。ともあれ、明け方の山の端近くに輝くウエストを肉眼で見るとすばらしく、まさに木曾の空の賜物であった。

小惑星探査

～ およそ100個の新小惑星発見 ～

香西 洋樹 (鳥取市佐治天文台 台長)



木曾観測所がオープンしたのは1974年。観測所の計画・候補地選定などに関係してきた者として感慨も一入。お祝いを述べさせて頂きたいと思う。と、同時に当時を振り返って見るに、オープン前の一定期間を当時関係者にテストの意味を込めて試用期間として観測時間が与えられることになり、幸い私もその一人としてかなりの自由度で望遠鏡の使用が許された。そこで考えたのが、シュミット望遠鏡の明るく広い写野の特徴が十分に発揮できる太陽系内の小天体、つまり小惑星の全天でのサーベイであった。小惑星のサーベイは、それまでマクドナルド天文台の小口径望遠鏡によるものが唯一で、パロマー天文台の48インチシュミットによりバン・ハウテン夫妻とゲーレル達による選択天域での観測しか無いのが実情だった。そこで、今回完成したシュミットの特徴を生かした全天のサーベイを企画し実行に移したのであった。

正式オープン前には、ほぼ毎月のように新月前後の1週間程の、しかも衝の位置を観測対象に選択したため24時を挟むように観測時間を設定させて貰い、毎晴夜観測に勤しんだ。当時は、コダック社の103a-Oと称する短波長に高感度の乾板を使用して、20分の露出によりおよそ21等級(写真等級)までの恒星が写ることを確かめ、恒星間を移動する小惑星像の長さが恒星像より長くなり確認可能である事も確認して実際の観測に着手した。

観測方法: 1星野20分露出で最低でも20分間の間隔を空けて同じ星野を撮影。

観測天域: 木曾観測所で分けられた木曾天域に従う。①最初は衝の位置を中心に黄道に沿って南北に各2天域ほど。②後半になると、特異天体の検出を目指して高黄緯を狙った。

検出: 木曾観測所のブリンクコンパレータと三

鷹にあったブリンクコンパレータ。

位置測定: 三鷹に乾板を持ち帰り、マン社製の座標測定器で0.001mmまで。

既知の小惑星との照合: 既知の小惑星で観測星野にあるものの予報値を三鷹の計算機で算出し、既知と新検出を区別する。

観測: 1星野の撮影が終わると別の星野を撮影。多いときには10星野ほど撮影する事もあり、20枚/1夜にも達し、もっとも多数の乾板を使用したのではないかと感じている。

検出に使用したブリンクコンパレータは電動で左右の視野像を切り替えるため、目を酷使する事になり8時間が限度だった。シンチレーションサイズが3秒以下のような鋭い星像が得られると1組の乾板を検査するのに約8時間を要したこともあるが、このような乾板には1平方度当たり10個以上で乾板全面には300個以上の移動天体が検出されることもあり、辛いながらも楽しい時間だった(図1)。

K528+530 1976.10.22.5210 α 1 40.0 δ 5 0

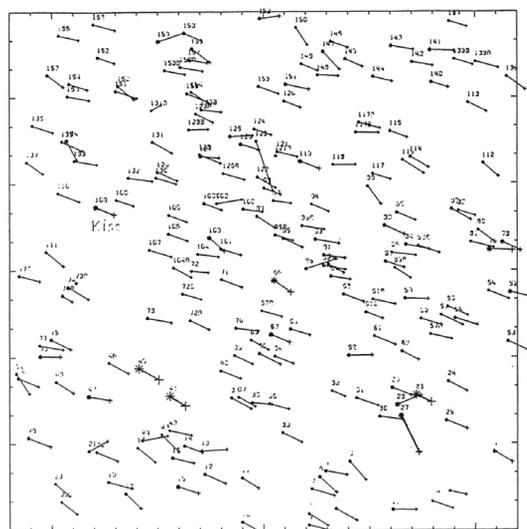


図1 黄道帯を撮影した乾板1枚分の天域で発見された移動天体。線の長さは1日当たりの移動量を表し、方向は移動方向を表す。この乾板の対から未同定の小惑星の候補が95個みつかった。

結 果:こうした観測を1988年頃まで継続し、観測結果から空間分布とサイズ分布について一応の結果を得ることができた。空間分布は軌道傾斜角がほぼ30度までに集中し光度分布は明るさが1等級暗くなるごとに2.8倍に増加する事である。いずれも、当時知られていたマクドナルド天文台とパロマー天文台のそれぞれの結果を、ほぼ追認するようなものであったが、マクドナルド天文台の限界等級より暗いものまで、またパロマー天文台のものより広範囲にわたるサーベイであった。尚、この結果は、理科年表に採用され記載された。

◎トピックス

1. 逃がした大魚

小惑星として発見され国際登録され2060番 Chiron (カイロン・キロンとも言う) が発見され、大きな話題になった。私の観測で、不審なイメージとしてマークして有ったにも拘わらず追跡観測ができず、未確認に終わっていたのがこのカイロン。大魚を逃がして仕舞ったのは返す返すも残念至極。後の祭りだった。この Chiron はその後の観測から彗星状のコマが観測されたので現在では彗星にも登録された珍しい天体。大きな軌道長半径を持つ暗い天体の中には彗星状を示すガスを失ったものがある事が実証された。

2. 拾った彗星

小惑星の星像は恒星状、恒星状としてはやや不思議な像として検出し、小惑星として国際登録されていた天体が、後日パロマー天文台のシュミット乾板を検査していたローエル天文台のスキッフにより彗星として発見・確認され B.Marsden により軌道が求められ周期7.5年の短周期彗星 D/1977C1 Skiff-Kosai スキッフ・コウサイ彗星として正式に国際登録されたが、残念ながら多くの観測者の掃索にも関わらずその後の観測が無く行方不明、現在は消滅した過去の彗星として登録されている。

3. 新小惑星の命名

新天体が発見され確認されると正式に国際登録され、発見者に命名の提案権が与えられる。私が木曾

観測所で発見した小惑星はほぼ100個。最初に発見した小惑星(2271)=Kiso=木曾、続いて(2330)=Ontake=御岳、(2470)=Agematsu=上松、(2924)=Mitake-Mura=三岳村、(2960)=Ohtaki=王滝村など木曾地方縁の地名(図2)を付けていく内に、地元の方から次は私の村、町をと言われ、長野県の名を(3111)=Misuzu=みすずとして命名(内緒話し:詩人金子みすず、も含む)。

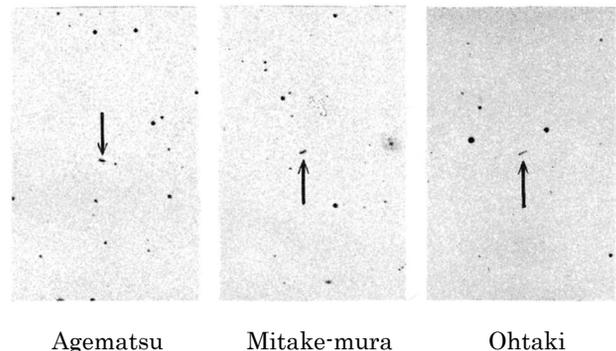


図2 木曾シュミットにより発見登録された小惑星。「上松」「三岳村」「王滝」と地元の町村の名前がつけられている。

補 遺:日本の古代の名称と共に、日本の歴史書としても大きな意義を感じ、深く天文を理解されていた天皇で現在の天皇もお喜び下さいました。

(3878)=Jyoumon=縄文、(4072)=Yayoi=弥生、(4077)=Asuka=飛鳥、(4812)=Hakuhou=白鳳、(4855)=Tenpyou=天平、(4890)=Shikanoshima=志賀島、(4929)=Yamatai=邪馬台、(5017)=Tenchi=天智天皇、(5018)=Tenmu=天武天皇、(5082)=Nihonsyoki=日本書紀、(5454)=Kojiki=古事記、(7104)=Manyousyu=万葉集、

4. 御岳の噴火

ある夜、観測中に下から突き上げるような地震。望遠鏡が大きな音で軋む。冗談に、御岳が噴火するぞ、と。その後、実際に噴火したのだった。

観測所の候補地の場所探しなどについてはお書き下さる方がお有りと思うので、観測の思い出だけになりましたが、40周年記念、お目出度ございます。

KUG サーベイ(木曾紫外超過銀河の探査)

～ 世界のシュミット望遠鏡にない機能での探査 ～

宮内 良子 (国立天文台)



私が KUG サーベイに参加することになったのは、1980年11月に東京大学東京天文台子午線部から銀河系部に移ってからでした。それまでは子午線部で子午環観測のカタログを作っていました。そして銀河系部に移る時に、高瀬文志郎先生に「KUG サーベイを手伝ってほしい、結果をカタログ化するので」と言われ、子午線部でのカタログ作りを生かせると思ってお引き受けしました。

KUG サーベイの始まる2年ほど前から、「KUV (木曾紫外超過天体) サーベイ」が、近藤雅之、野口猛、前原英夫の各氏によって行われていました。高瀬先生もそのサーベイに加わっていたのですが、先生はかねてから紫外超過の銀河のサーベイを考えておられました。そこに私が子午線部から移って来たので、KUG (木曾紫外超過銀河) としてのサーベイをすることになりました。

先生に銀河天文学を教えていただきながら、シュミット望遠鏡での観測もしました。最初のうちは KUG の探査領域は、マルカリアン銀河との比較の観点から、マルカリアン銀河の検出数が多い天域からはじめましたが、同時進行中であった KUV サー

ベイグループが設定した天域との共通性を考慮して、銀経 180° に沿った天域も取り入れて観測を行いました。ついで KUG のデータ処理が進むにつれ、観測する領域を増やしていきました。

探査方法の特徴は次のようになります：

- 1) シュミット望遠鏡の特徴である広い視野の、 $36\text{ cm} \times 36\text{ cm}$ の大型ガラス乾板を使用。
- 2) 乾板は観測前に増感をし、暗室でフォルダーに装填、望遠鏡にセットする。
- 3) 三種類(または二種類)のフィルターを交換しながら、一枚の乾板に少し位置をずらして三点(または二点)の像を写す。
- 4) 露出時間は、それぞれの星像の黒味が A0 型星で同じになるように設定する。
- 5) U 像が他の像より濃い銀河は A0 型星より青色をもつ UV 放射の強い銀河であるということで、これらを KUG として検出する。
- 6) 検出は、乾板を眼視マイクロスコップで精査して行い、次いで XY 座標測定機で位置を測定、さらに基準星として一枚の乾板に 25 個くらいの位置の判っている恒星を選び、これも位置を測定する。
- 7) 基準星の位置から銀河の位置情報を計算する。

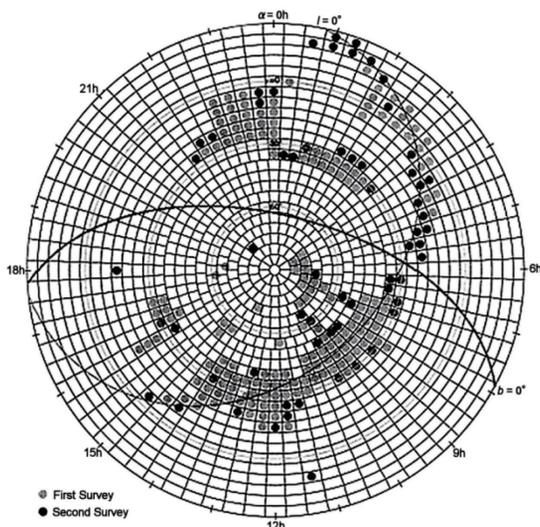


図1. 木曾観測天域図

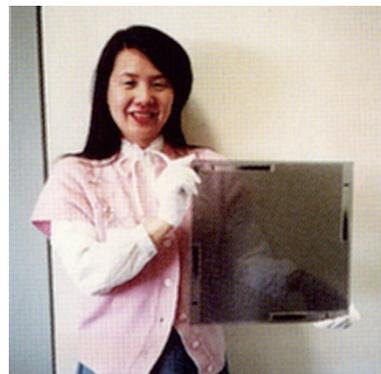
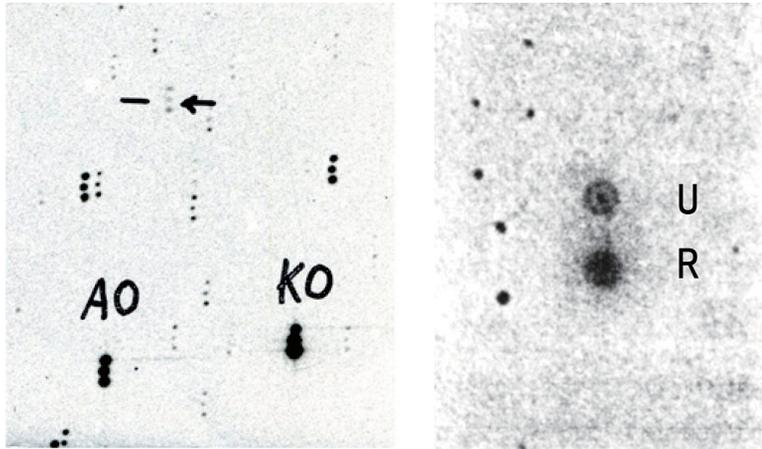


図2. KUG サーベイ乾板を手にする筆者



NGC7742(目玉焼き銀河)

図3. 三点または二点像の写っている乾板の写真

これらの探査方法の中で、他のシュミット望遠鏡にない木曾の特徴として、一枚の乾板に写すためのフィルター交換は望遠鏡を動かさずに自動でできること、および、シュミット補正板は紫外線を透過するUBK7という材質であること、などです。また広視野のため多くの基準星が撮影され位置の決定精度が高い、ということもあります。

この観測は観測時間も長く大変でしたが、上手に撮れた時はほっとしたものでした。観測後に乾板を割ってしまうようなミスはありませんでしたが、増感をした乾板を装填中に割ってしまったこともありました。

カタログの作成に関しては、次のような整約を行いました：

- 1) 比較的明るい KUG サンプルについて、岡山 188 cmでの個別詳細観測を行う。
- 2) また Cassegrain II で 40 個の KUG サンプルのスペクトルを撮影。
- 3) 補充資料として POSS (パロマーシュミットの掃天写真) の引き伸ばしを加え、142 個の KUG を対象に形態分類型を設定し、形態分類をする。
- 4) UGR(または UR)の 3 点 (2 点) 像写真の相対的な黒みの違いから、紫外超過度を H,M,L の 3 段階に分類する。

この他にサイズ、等級、他のカタログとのクロスレファレンス等の諸データをリストしてカタログを作りました。これには KUG の観測用案内星図も付

けました。このカタログは 1984 年から 1993 年まで、高瀬・宮内で 10 天域ごとに 17 巻発行、18 巻は 1 から 17 巻をまとめて、170 天域、探査総数は 8,104 個になりました。ここでは私は主に位置測定・計算、観測用案内星図作りを担当していました。このカタログ作りで同定のノウハウを学び、高瀬先生の退官後、國學院大学に移られてからも一緒に 10 年間続けました。

その後、当時岡山天体物理観測所に移られていた前原英夫氏の協力と助言をいただき 1998 年から 2006 年まで、観測したすべての乾板を使って 6 巻のカタログを発行。62 天域、探査総数 1,986 個の紫外超過銀河を同定しました。その後、一橋大学名誉教授・中嶋浩一氏のご協力により宮内・前原での 6 巻分のカタログは KUG の位置情報を 2000.0 分点と 1950.0 分点を併記して、総合カタログとして宮内・前原・中嶋で 2010 年発行しました。この KUG カタログは写真乾板による最後のカタログです。

私にとっては、このサーベイは国立天文台を定年退職するまでの約 30 年にわたる仕事となり、よい記念となりました。今でも機会あるごとに中嶋氏と共に、SDSS などの最新の観測結果との比較検討を行い、より良いカタログに更新しています。

B. Takase and N. Miyachi-Isobe

Table I-2a. List of KUGs (A0035)

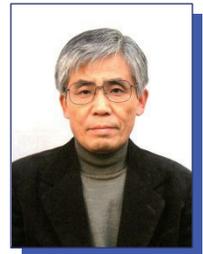
NO.	KUG-NAME	R.A. (1950.0)	DEC.	MOR. TYPE	APP. SIZE	APP. MAG.	UVX DEG.	OTHER NAME(S)
1	0621+743	6 21 29.8	74 19 54	Sp	1.8X1.1	15.0	M	U3460,MK4
2	0625+744	6 25 3.9	74 27 57	Sk	1.7X1.5	14.9	L	U3471
3	0635+756	6 35 24.4	75 40 19	Ig	0.7X0.3	17	H	MK5
4	0642+728	6 42 0.0	72 48 32	Sp:	1.3X0.3	15.7	L	U3527
5	0642+738	6 42 0.0	73 49 0	Sp:	0.3X0.2	16.5:	M	
6	0645+744	6 45 44.0	74 29 10	Sk	0.6X0.4	14.8	L	U3547,I450,MK6
7	0646+774	6 46 0.7	77 28 10	Sk	1.1X0.9	14.8	L	U3548,MK701
8	0654+761	6 54 51.4	76 10 57	?	0.4X0.3	17:	L	
9	0707+756	7 7 24.6	75 40 6	Ig	0.7X0.3	16	M	M+12-7-34
10	0709+729	7 9 50.3	72 56 6	Sk:	0.4X0.2	16.5:	M	
11	0710+741	7 10 53.7	74 6 1	C	0.3X0.3	16	H	MK377
12	0711+759	7 11 44.3	75 57 22	Sk	0.8X0.3	15.7	L	U3762
13	0713+745	7 13 29.4	74 33 27	C	0.2X0.2	17	H	MK380
14	0722+726	7 22 19.4	72 40 34	Ic	0.8X0.4	13.9	H	U3838,V141A,MK7,72153
15	0723+722	7 23 39.9	72 14 2	Ic	0.8X0.6	13.8	H	U3852,MK8
16	0725+726	7 25 5.6	72 37 19	Sp	0.9X0.7	15.0	H	U3864,V141
17	0727+755	7 27 52.1	75 35 28	Sp	0.6X0.3	15.6	M	Z349,006
18	0730+745A	7 30 22.6	74 33 25	Pf	0.7X0.3	14.8	H	U3906
19	0730+745B	7 30 27.7	74 33 56	Pf	0.9X0.3	14.8	M	Z350,044
20	0730+741	7 30 38.0	74 6 24	Sk:	0.6X0.3	15.5	L	Z331,004
21	0730+738	7 30 52.3	73 49 27	Sk	2.5X0.3	14.9	L	U3909
22	0738+756	7 38 18.6	75 36 16	?	0.3X0.2	16:	M	

表 1. カタログの一部

炭素星サーベイ

～ 対物プリズムはかく使われた ～

前原 英夫 (元国立天文台 岡山天体物理観測所 所長)



木曾シュミットには当初から二つの対物プリズムが装備されていた。BK7 (クラウン) ガラスの頂角 2° のプリズムと、F2 (フリント) ガラスの頂角 4° プリズムである。これらの仕様の概要を下表にまとめておくが、広視野で多数の天体のスペクトルを 14 インチの大型写真乾板に撮影できる強力な武器であった。これらの対物プリズムは、木曾で分光観測が可能な装置として種々の使われ方が考えられた。もちろん以下に述べるようにスペクトル型の分類に多用されたが、波長の基準を定めて視線速度を求めることについても可能性が追及された。一例として、前原&山下 (東京天文台報第 18 巻 p153) による大気のアバンドを基準とするための方法がある。

なお、近年では検出器として写真乾板でなく、

CCD カメラを用いて分光観測に使われることもあり、銀河学校などでスペクトルの基本を学ぶにも適切な装置として使用されているようである。ただ、分散方向を変えるための回転装置の金枠を含めた大きさは、「プリズム」と呼ぶにはあまりに大きく重い。望遠鏡への着脱・交換も、クレーンを使って数人で行う作業となる。

対物プリズム	頂角	材質	分散(@ Hy/A band)
1	2°	BK7	800/3800 Å/mm
2	4°	F2	170/1000 Å/mm

私たちはこれらの装置を用いて多種の天体の分光観測に挑んだ。 2° プリズムは低分散であるが限界等級が深く、微光天体のスペクトルが得られる。マルカリアンらが青い銀河を見つけるために用いた方法は木曾でも有効であり、代表的な研究課題としては、寿岳らによる「クエーサー、微光輝線天体のサーベイ」が挙げられる。主に高銀緯の天域を広くサーベイすることを狙ったものの、天候や限界等級等に手こずり、カタログとしてはまとめられなかった。

他方、 4° プリズムは恒星の分光観測に多用され

た。フリントガラスの屈折率の非一様性のためにハルトマン値が 0.70 とやや大きく、限界等級が期待まで深くならなかったものの、ハーバード分類が可能な分散であり、多数のテーマで恒星のスペクトル分類等に使用された。特に、石田を中心としたグループは主に銀河面近くの多数のM型星のサーベイとスペクトル分類を実施し、銀河系の構造について新たな知見をえた (Ishida,1984)。また、輝線を有する恒星のサーベイ (Maehara,1982) や、田村らによる惑星状星雲の分光診断も行われた。

表記のプロジェクトは征矢野と行ったものであり、木曾シュミットの 4° プリズム+IN 乾板を用いて、赤～近赤外 (660～880nm) 域波長のサーベイとして進めた。この波長域の炭素星は地球大気のアバンドの先にシアン分子による吸収帯が並んでいて、検出のよい目印になる。また、その天球上の位置と実視波長域の明るさをえるために、Vバンドの直接撮像も行った。サーベイ対象天域としては；銀河面に沿った $\pm 5^\circ$ の範囲で、銀経 30° おきに合計7つの選択領域を設けた。検出の限界は、Iバンドでほぼ11等級までコンプリートと見積もられた。一例として、カシオペア領域で検出された炭素星のプロットを示す (図1)。

炭素星は進化の進んだ AGB 星であり、絶対等級が高く、M型星と共に星間吸収の小さい赤から赤外

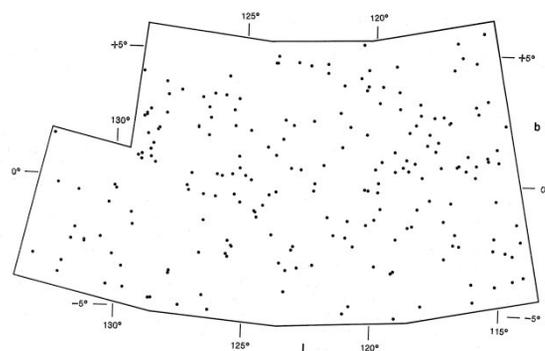


図1. カシオペア領域で検出された炭素星のプロット

域において特に明るい。この特徴を生かして、銀河面深くに分布する微光炭素星を検出し、これまでのサーベイで銀河面上の炭素星の銀経分布に大きな偏りがあるという結果を見直すデータとした。このカタログは、Maehara & Soyano, Soyano & Maehara により 7 領域を 7 つの論文として、Ann. Tokyo Astron. Obs., Second Ser., (1987 から 1999) に掲載した。

以下にこのサーベイクatalogのまとめを示す。私たちはこのサーベイにより合計 1,069 個の炭素星を検出し、その座標、V等級、ファインディング・チャートを与えた。また、検出された炭素星について、Stephenson(1973, 1989)の炭素星総合カタログと同一定を行い、合計 314 個の新発見の炭素星が含まれていることが分かった。(表 1)

このサーベイにより、銀河系中の低温度炭素星のより深い分布が議論された。銀緯に対する数密度の平均的な分布は、銀河面付近で 0.85 星/平方度で、銀緯±5° でほぼ半減する。より微光の星を含めると、Blanco(1965)の示した銀経分布よりも、ずっと滑らかになった。また、カシオペア座領域の炭素星については C 分類型を求めた。その頻度分布を図 2 に示すが、このサーベイでは主に晩期型の炭素星を見つけていることがわかる。ただ、真の空間分布を求めるためには星間吸収を補正しなければならず、

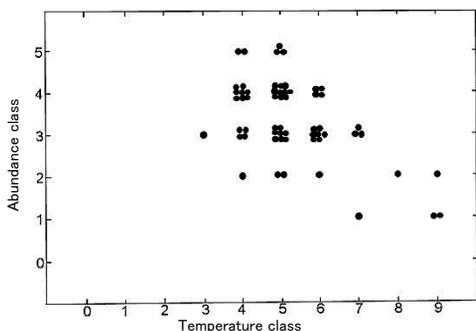


図 2. カシオペア座領域の炭素星の C 分類型で求めた頻度分布図

カタログ No.(論文番号)	天 域	銀 経	サーベイ(平方度)	検出星数	新発見数
1	カシオペア	120°	180	210	98
2	反中心	180°	200	125	21
3	はくちょう	90°	240	128	51
4	へび・わし・たて	30°	240	60	20
5	ペルセウス・きりん	150°	235	226	13
6	いっかくじゅう	210°	235	135	46
7	こぎつね	60°	230	185	65

表 1. 炭素星サーベイのカタログリスト

このサーベイだけでは無理で、赤外波長域の観測を待つこととなった。

炭素星は銀河系およびマゼラン雲や近傍矮小銀河において、プローブとして現在も重要な存在である。また、M 型星のような銀河系の外縁部に存在する顕著な天体や、クエーサー等の宇宙の果てにある天体の対物プリズムサーベイは、銀河系の構造や宇宙の進化に直結する成果をもたらしてきた。かつて CCD のような高感度の検出器がない中で、これらの対物プリズムサーベイは限界等級の壁に阻まれて、遠くの微光天体にまでは到達できなかった。しかしながら、木曾シュミットで実施されたこれらの探査は現在の深い検出の端緒をなした成果として、その存在意義は消えることはないと思われる。

References

- Blanco, (1965)
 Maehara, H., Contr. Bosscha Obs., No.71.
 Ishida, K. Space Distribution of red Giants and the Galactic Structure, in *Proc. IAU Coll. No. 78*, 257, 1984.
 Maehara, H. & Soyano, T., Ann. Tokyo Astron. Obs., Second Ser., Vol. 21, p. 293 – 310, 1987. (Paper I)
 Maehara, H. & Soyano, T., *ibid* Vol. 21, p. 423 – 435, 1987. (Paper II)
 Maehara, H. & Soyano, T., *ibid* Vol. 22, p. 59 – 71, 1988. (Paper III)
 Maehara, H. & Soyano, T., Publ. Natl. Astron. Obs. Jpn., Vol. 1, p. 207 - 215, 1990. (Paper IV)
 Soyano, T. & Maehara, H. *ibid* Vol. 2, p. 203 – 223, 1991. (Paper V)
 Soyano, T. & Maehara, H. *ibid* Vol. 3, p. 259 – 274, 1993. (Paper VI)
 Soyano, T. & Maehara, H. *ibid* Vol. 5, p. 149 – 166, 1999. (Paper VII)
 Stephenson, C. E., (1973, 1989)
 前原 & 山下, 東京天文台報第 18 巻 p153 – 161, 1977.

スターカウントによる銀河構造の解析

～ 20世紀スターカウント研究に果たした
木曾シュミットの役割 ～

山縣 朋彦 (文教大学教育学部)



天球上の様々な方向の星の数を調べて、銀河系の立体構造を調べる手法、即ちスターカウントの方法は、古くは18世紀のハーシェルにまで遡る。この方法は、いわば森の中で、周囲の木を観察して、森林の全体構造を推定するようなものと考えれば良い。手元に対象物を置いて実験ができない天文学の典型的な手法とも言えるかもしれない。統計的手法であるために、測光精度は元より、局所的な分布の揺らぎや統計誤差を小さくするためにも、観測領域はある程度の広さと深さが必要になるので、データを得るのにはかなりの労力を要する。また、その解析にも複雑な手順が必要となり、処理にも多大な労力を要する問題である。従って、近代的な観測解析手法が確立するまでは、事実上不可能であった。

それに対する一代転機は、1980年代にやってきた。データに関しては、木曾観測所を初めとする、広視野のシュミットカメラで撮ったアナログデータに対して、この頃になってようやく、乾板測定装置によって、デジタル化し、コンピュータ処理できるようになったことがある。これによって、スターカウントによる銀河解析が本格的にスタートしたと言っても良いであろう。

一方理論的な進展としては、1980年のBahcall and Soneiraの銀河モデルがある。彼らは、銀河をディスクとハローの2成分で表現し、天球上の様々な方向での等級と色の分布、即ちスターカウントデータを再現した。これに対して、Yoshii(1982)は北銀極(NGP)のデータを使って、銀河の北方向の垂直密度分布を調べて、ディスク成分とハロー成分の中間的な成分が存在することを発見した。一方、Gilmore and Reid(1983)も、南銀極(SGP)のデータを元に、SGPの垂直方向の密度分布にも同じものが存在することを確認し、thick diskと名付けた。ここで、大変残念であったのは、Yoshii(1982)が中間成分に明確な名前

を付けなかったことで、多くの人が今でも、thick diskの最初の同定者と名付け親とを混同していることである。

この頃までの解析では、使用しているデータは一部を除いて、観測領域が小さいか、測光精度があまり良くない限定的なデータを使っての解析であり、精度の点では、スターカウント解析として決定的な説得力を感じるものでは無かったと思っている。

Bahcall and Soneira(1984)は、thick diskの存在を批判するべく、5領域のデータを利用して彼らのdisk+haloの2成分モデルによるモデル解析を行っている。ここで使用された5領域のデータはSGP以外はそもそも観測領域も狭く測光精度にも限界があり、thick disk検出のためのモデル解析には精度上の困難があると考えられる。もっとも、彼らのthick disk否定の結論にもかかわらず、今になって、彼らの解析結果の図を見直してみると、むしろthick diskの存在を素直に受け入れて解釈の方が自然であることに気づくことができる。

スターカウント解析に安心して利用できる10平方度以上の観測領域の広さと十分なUBVの測光精度を持つデータの供給は、実際問題としては、銀河の南半球のデータをオーストラリア、サイディングスプリングのUKシュミットが、北半球のデータを日本の木曾シュミットが行ったと言うことは特筆すべき事実であると考えられる。

イギリスエジンバラ天文台では、UKシュミットのプレートをデジタル化する事を1つの目的として、COSMOSと呼ばれるプレート測定画像解析システムを構築していた。COSMOSは測定装置だけでなく、ある程度の画像解析も行うシステムであり、人も含めたチームとして総合的に動くものとなっていて、スターカウントを初めとして、星や銀河の測光データ解析についても数々の成果を出している。SGP

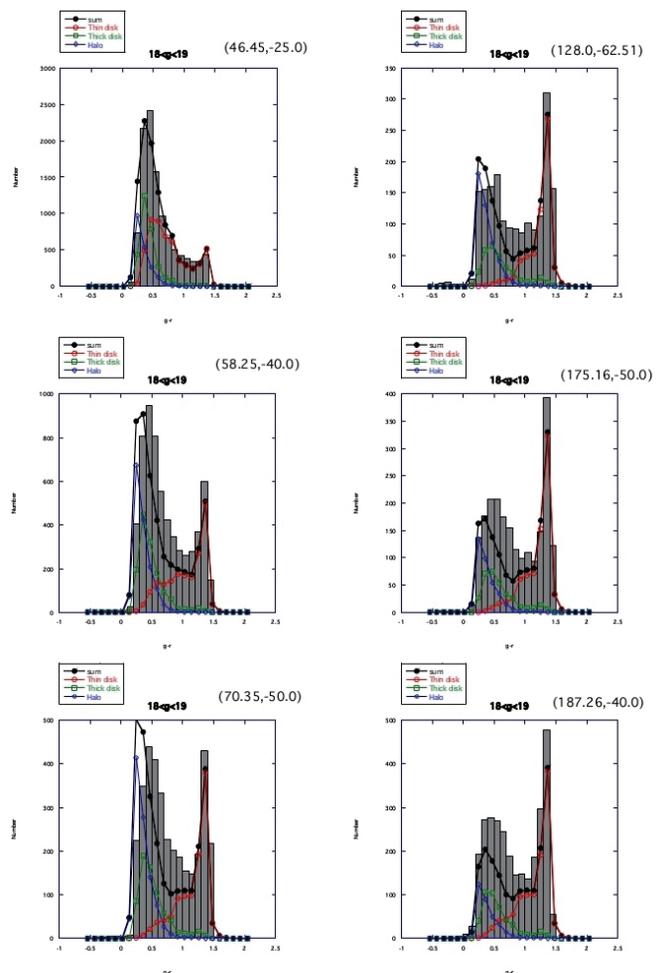
Bahcall and Soneira(1980)(thick disk を含まない2成分モデル) に相当するような3成分解析モデルを構築しなかったためであると想像される。ところが、我々日本グループは Yoshii et al.(1987)以来、thick disk を含む3成分のモデルコードを持っていたので、thin disk, thick disk, halo の3成分を仮定した、初の総合的な銀河3次元構造解析が可能となったのである。

その解析結果は表(論文中の Table5)に示したとおりである。銀河が回転対称であるという仮定はあるものの、当時得られているスターカウントデータを総合的に利用して、上下方向と半径方向の統一的な銀河モデルを提示している。これは、結果的には、写真乾板時代のスターカウント解析の集大成となり、その後、関連する仕事には常に引用されるものとなっている。

スターカウント解析の次のステージは21世紀になってやってきた。それは、Chen et al.(2001)や Juric et al.(2008)等による、SDSS の BigData とも言うべき圧倒的なスターカウントデータの出現である。詳細な説明はここでは述べないが、圧倒的なデータ量により、主として、主系列星による測光視差によって密度分布を出すことに主眼がある。従って、これらのデータには、まだ詳細なモデル解析を行う余地が残されており、例えば substructure を初めとして、ディスク flair 他の微細成分の解析が、まだ可能なのでは無いかと考えられる。

最後に、私事ではあるが、一つの個人的なエピソードを紹介する。数年前に一般学生相手に天文学全般の講義をする必要があり、そのために銀河構造のパラメータをある(権威ある)一般教科書で確認していた。そこに、銀河の中での太陽系の場所の記述が有り、その値として、銀河中心から銀河面に沿って8 kpc、銀河面から北へ40pc という数値が、特に何の根拠も示さずに記載されていた。これを見て、かつて北40pc という数値をスターカウント解析で出した本人としては、やや不思議な感覚に襲われた。それと同時に、木曾シュミットの観測データを使って解析した結果が、教科書に根拠を示さずに当然の値として載っていることにやや驚いたことを憶えている。もっとも、この数値は私の意識では上限に近い値で、我々の求めた値は、ある仮定を伴う値であ

る。一般的に、モデル解析をすると、パラメータ同士は必ずしも独立にはならずに関連があることが多い。北40pc という我々の結論は thin disk の scale height と関連があり、当時仮定した thin disk の値に対応して出てきたものである。もしかしたら、どこか自分の気がついていないところで、他に何らかの別の根拠があるのではないかとも思った。その時、さらに調べて分かった一般教科書の記述の根拠(と思われるもの)は、天文学の標準的なデータ集である Allen's Astrophysical Quantities fourth edition(2000)の481ページである事が分かった。そこには北40pc という値の根拠に、Yamagata and Yoshii(1992)が記載されていたのである。何か面映ゆい感覚におそわれた瞬間であった。



銀河の表面測光と天体画像処理システム

～ 木曾の銀河表面測光が世界に羽ばたいた日 ～

岡村 定矩 (法政大学理工学部創生科学科)



私は木曾観測所の初代所長となった高瀬文志郎教授の下で学位論文を書いた。そのタイトルは「電子計算機による銀河の表面測光」である。高瀬先生は日本における銀河の観測研究の草分けの一人で、岡山の74吋で銀河の写真を撮影し、輝度分布の法則性を調べて銀河の距離を決定することを計画していた。しかし当時の状況はなかなか悲惨であった。1971年12月に開かれた「観測天文学シンポジウム」で「岡山74インチ鏡によるgalaxiesの観測」をレビューした京都大学の大谷浩氏は以下のように述べている。『74吋が建設されて10年のあいだに、銀河系外天体の観測は16テーマにおよんでいる。(中略)これらの観測のうち、1965年以前の観測は全て中止されたか現在中断されているし、これまでに完了したものはごくわずかである(中略)。何故に研究が中止され、あるいは完了に時間を要するかを考えるのがこの小論の目的である。』その理由は、『測定装置の貧弱さやデータ解析の方法論が確立していない』ことであった。

学位論文で銀河の表面測光のデータ解析手法をほぼ確立させた私は、1978年に助手として意気揚々と木曾観測所に赴任した。高瀬教授やこの分野に関心を持ち始めた東大の小平桂一助教授らと「銀河の定量解析」という戦略の中でさまざまなテーマの研究に取り組んだ。幸いなことに、私は1981-1982年にかけて、ブリティッシュ・カウンシルの奨学金を得てエジンバラ王立天文台(ROE)に留学することができた。ROEはオーストラリアにあるUKシュミット望遠鏡の運営本部でもあった。そこで見た天体画像処理システムに私は驚きとともに深い感銘を受けた。英国では、高性能画像表示装置を備えた6つの会話型計算機システムのネットワークであるSTARLINKが1980年から動き始めていた。ROE

はそのノードの一つであった。方法論は確立しても実際のデータ解析の効率は芳しくなかった日本の状況と比べると別世界に思えた。日本でもこのようなシステムを作らなければ世界に太刀打ちできない。



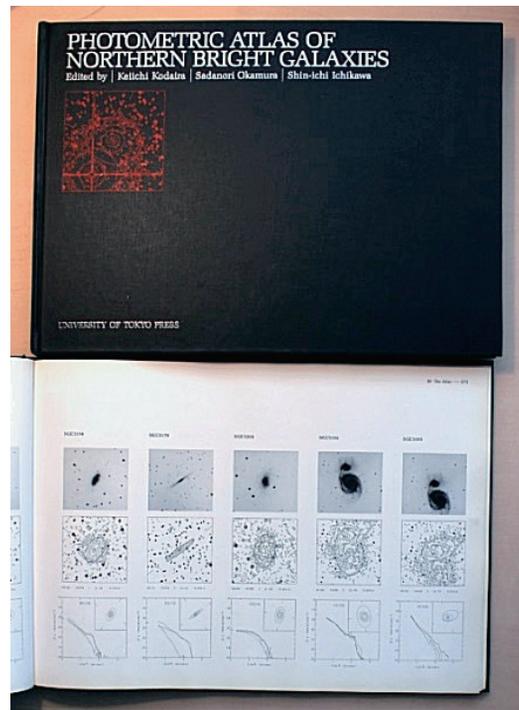
ROEの画像処理システム。中央はSimon Lilly

それを痛感した私は帰国後ことある毎にその必要性を説いた。

そのころまでには、木曾の銀河表面測光は世界的にも一定の評価を得ていた。その極めつけは、1984年にESOで開催された「Virgo Clusters of Galaxies」というワークショップである。ここでSandageが、おとめ座銀河団のラス・カンパナスサーベイの結果を初めて公表した。私は小平先生と東大の渡辺正明君、市川伸一君らと木曾シュミット乾板で行ったおとめ座銀河団の研究結果を報告した。一部は岐阜大学の若松謙一氏がラス・カンパナスで撮影した写真乾板を用いたが、測定と解析はすべて木曾で行ったものである。二つの独立な研究が全く同じ重要な結果(矮小銀河の面輝度分布が指数関数的である)を得たことと、表面測光にはそれほど実績のなかったSandageが木曾の表面測光との合致を彼等の結果の信頼性の根拠としたことで、我々の論文はこの研究会で最も多く引用された報告の一つ

となった。

そのころ科学研究費に特別推進研究という新たな大型種目ができ、小平先生と二人でこれに申請した「新定量解析法による銀河構造決定要因の解明」が採択され、1984-89の5年間にわたり、通称「大規模サンプル」と呼ばれた研究プロジェクトが木曾で実施された。これは、13等級より明るい銀河で北天にあるもののほぼすべてを木曾シュミットで撮影し、均質な表面測光のデータベースを作って、銀河構造の決定要因を探るほか、さまざまな研究の基礎データとして提供することを目的としていた。研究遂行のために、私の切望していた天体画像処理システムとPDS2020GMSという大型写真乾板用の高性能測定機が導入された。画像処理システムのためのソフトウェア SPIRAL の開発は濱部勝氏による稿に詳しく書かれている。



「大規模サンプル」による銀河測光アトラス



画像処理室の新設とPDS2020GMSの搬入

この大規模サンプルプロジェクトの遂行には木曾スタッフ全員が協力したことはもとより、東大の大学院生、国立天文台の関係者、さらに木曾に滞在していた外国人客員研究員からも多大な協力を得た。こうして、木曾の銀河表面測光が世界に羽ばたく準備が完成した頃に、皮肉なことに可視光天文学の検出器は写真から CCD へと世代交代し始めていた。視野の狭い個別天体の観測ではすでに、1970年代の

終わりから CCD への移行が始まっていたが、最後まで生き延びた広視野のシュミット乾板も 2000 年頃には完全に表舞台から消えた。この流れの中で木曾も写真から CCD や近赤外カメラへと重点を移してゆくが、それについては別途述べられている。

大規模サンプルを中心とする木曾の銀河表面測光プロジェクトではソフト開発に多大の労力がつぎ込まれ、貴重な経験となった。濱部氏の稿にあるが、SPIRAL は当時の状況を反映して、岡山で使われていた CCD による直接画像とスペクトル画像にも対応できるように開発された。このため岡山の観測データを処理するために木曾に滞在する研究者もあった。また、SPIRAL とは別系統で、より暗い銀河の自動検出と簡易測光を行うソフトも東大の山縣朋彦君、土居守君らによって作られた。これらの蓄積は、その後天文台の関口真木君と木曾で始めたモザイク CCD カメラ（柏川伸成氏の稿）のデータ処理ソフトの開発に引き継がれた。スローン・デジタル・スカイサーベイのソフトにもながしかの貢献ができたが、最終的にはそれらはすばる望遠鏡の Suprime-Cam のデータ解析ソフトへと発展したのである。

SPIRAL ソフト開発

～ 画期的な銀河表面測光解析ソフト ～

濱部 勝 (日本女子大学理学部)



SPIRAL の名は Surface Photometry Interactive Reduction and Analysis Library の略として付けられた。語呂合わせは私が考えて、岡村定矩氏に修正していただいた記憶がある。その名が示すように銀河の表面測光データ処理ソフトウェアである。

最初の SPIRAL は 1984 年に小平桂一氏を代表者とする科研費特別推進研究「新定量解析法に基づく銀河構造決定要因の解明」の援助により木曾観測所に導入された高速画像処理システムの一部として構築された。そのハードウェアはスーパーミニコン FACOM S-3500 にイメージディスプレイ、グラフィックディスプレイ、X-Y プロッタといった当時最新鋭の画像出力機器を加えたものであった。

高速画像処理システムは、観測所のプロジェクトとして、岡村定矩氏をリーダーに、私および渡辺正明、市川伸一の両氏らで開発を進めた。開発にあたっては以下を基本方針とした。

(1) ドキュメンテーションの重視。

複数の人間で開発・保守をしていくためには、解説文書やソフトの改良点等の履歴の保持が重要である。それらを統一書式でソフトの中に残した。

(2) ソフトのモジュール化。

効率よい開発のためにライブラリの整備を先行して行った。これにより、場合によってはライブラリルーチンの組合せで容易にソフトが作成できた。

(3) データ形式の統一。

まだ FITS が十分に普及していない時期でもあり、また使用計算機との親和性も考えて独自のデータ形式を決めたが、天体の情報や観測条件だけではなくデータ処理の履歴も残せるものを考案し採用した。以上の方針は現在でも色褪せないものである。

SPIRAL は 1 年余りをかけてほぼ完成に至ったと記憶しているが、上に書いた開発方針の他に、作業領域の確保を自動化したこと、対話処理を採用した

ことなどからも大変使い勝手の良いものとなった。また、グラフィックディスプレイ等で処理結果を即座に目視で確認しながら処理解析を進めることは木曾観測所以外では困難だったため、一時は天文画像処理を行うなら木曾観測所でのというのがほぼ当然のようになっていたと思う。

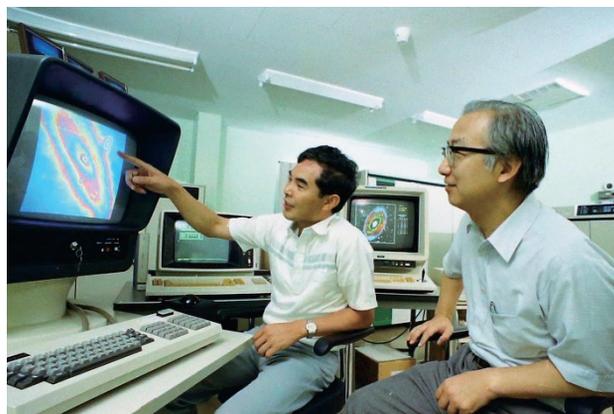


図1. S-3500 上の SPIRAL による処理結果をイメージディスプレイで確認する岡村氏と故石田蕙一氏

5 年間続いた特別推進研究が終わるまでには日本の光学観測天文学も新しい流れに乗り始めていた。最初は CCD の登場である。SPIRAL の開発を始めた当時はまだ写真による撮像観測が盛んであり、SPIRAL も写真データの処理解析を主たる目的としていたが、SPIRAL の完成と前後して岡山天体物理観測所に RCA の CCD が導入され、SPIRAL も次第に CCD へ対応するようになった。

1980 年代末になると米国国立光学天文台を中心に開発された汎用天文画像処理システム IRAF が話題になり始め、その利用のためのハードウェアとしての Sun Microsystems のワークステーションが日本の主な研究機関に導入された。IRAF が登場するまでは、結果を画面で逐一チェックしながら画像処理を進めるようなことは木曾観測所においてしかできなかったのだが、原理的には Sun のワークステー

ションで IRAF を使えば木曾のシステムを使用するのと同様な解析処理ができるようになったのである。1990 年には木曾観測所にも Sun のワークステーションが導入された。IRAF の導入と普及については IRAF 担当者会、のちの天文情報処理研究会 (JAIPA) が大きな役割を果たした。

Sun と IRAF のシステムは比較的コンパクトな構成の機器で画像処理を可能にしたが、IRAF のタスクだけでは銀河の画像処理には不十分であることもわかった。そこで 1990 年には SPIRAL を IRAF のアドオンパッケージとして Sun へ移植する作業が JAIPA の支援のもとに開始された。移植作業には私の他に青木哲郎、綾仁一哉、市川伸一、洞口俊博、吉田重臣の各氏などが携わった。移植に際してもまずは S-3500 のライブラリが移植された。

画像形式は IRAF の IMFORT ライブラリの採用で FITS 形式を使えるようになったが、作図、描画のルーチンの移植は容易ではなかった。これらについては Lick 版 MONGO や市川隆氏のライブラリなどを利用することにより 1992 年には Sun 版の SPIRAL がほぼ完成し、IRAF の一部として使用可能になっている。かつて木曾観測所でしか行えなかったデータ処理がどこでもできるようになったのである (図 2)。

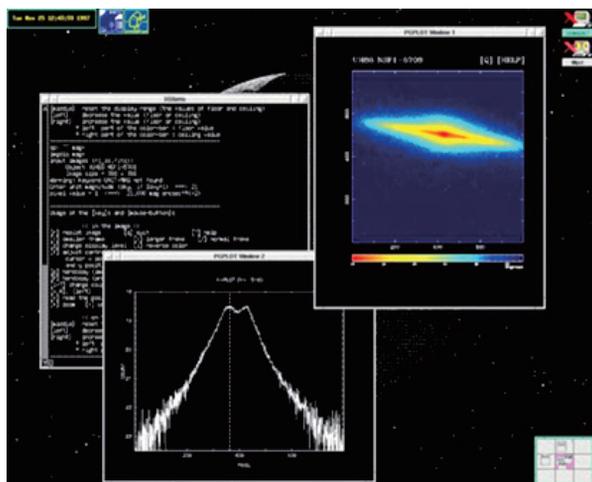


図 2. Sun 版の SPIRAL を使用中の画面

その後 SPIRAL を開発したメンバーも、それぞれが異なる場所で活躍するようになった。1990 年代の終わりころからは、私が細々と開発保守を続けている。現在の最新版の SPIRAL は、もはやワークステーションではなく PC をメインのプラットフォームと

し、Linux や Windows 上の Cygwin の環境のもとでの使用を前提としている。データの形式としては標準的な FITS を想定し、入出力ルーチンも FITSIO を利用している。また、線画の作図および画像の画面出力には PGPLOT を採用した。



図 3. KWFC で撮影した M42 のデータ 3 色 25 ショット分を IRAF と最新版の SPIRAL で処理し、三色合成した画像

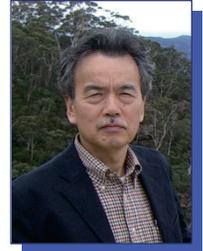
2001 年に私が日本女子大に移って以降は、卒業研究のテーマの一部として学生の力を借りつつ、私がほぼ一人で保守開発を続けている。以前に比べて天文学の手法としての表面測光は盛んでなくなっており、SPIRAL の最大の用途は学生の観測実習になっているが、現在の SPIRAL はすばる望遠鏡の SuprimeCam のデータはもちろん、木曾の CCD カメラにも対応して来ている。たとえば KWFC のデータの 1 次処理は、PC の能力にもよるが、一晩分の撮像データなら 30 分程度で効率よく処理できるようになっている。IRAF と SPIRAL および自作のプログラムを用いて KWFC のデータを処理した結果の一例を図 3 に示した。

最初に S-3500 版 SPIRAL の開発がはじめられてからすでに 30 年が経ち、当時の記憶も薄れつつある。シンポジウムや研究会の集録等をひっくり返しながらかこの文を書いたが、書き落としや誤りも多いとは思う。しかし、改めて SPIRAL の先進性を感じたのも事実である。

KONIC (Kiso Observatory Near-Infrared Camera)

～ 研究人生のルーツ ～

市川 隆 (東北大学理学研究科 天文学専攻)



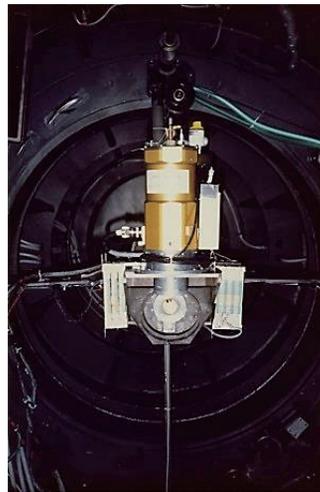
40年前、木曾観測所で105cmシュミット望遠鏡による観測が始まった頃、京都大学の大宇陀観測所で40cmシュミット望遠鏡を組み上げていた。大宇陀での観測で1982年に学位を取ってからは、時々木曾観測所に滞在して研究をさせてもらっていたが、アルバイトに明け暮れるにつれて、だんだん疎遠になっていった。ようやく1989年に一橋大学に職を得た。その頃、木曾の写真乾板を使ったハッブル定数の研究を進めていたので、頻りに木曾観測所に観測に通い、乾板をPDSで測定し、銀河の解析を行っていた。

一方、大宇陀観測所では写真乾板のIバンドで観測していたこともあって、一橋大学に移る頃、今後は赤外線による銀河の広視野観測が重要になるだろうと考えていた。当時は単素子のInSb赤外線センサーを使って、銀河を丹念にスキャン観測していた時代である。そんな折り、京都大学の上野宗孝さん(現JAXA)が国産の大型赤外線検出器を使って、自前の赤外線カメラを開発したというニュースが入ってきた。上野さんは佐藤修二先生の下、国立天文台でカメラを開発していた。一橋大からは車ですぐの所ということもあって、その大きな可能性を感じ、早速、その門をたたき、まだ大学院生だった上野さんに弟子入りした。センサーは三菱電気の開発した 512×512 PtSiで、感度は写真乾板並だが、 $5\mu\text{m}$ まで感度があり、当時としては 62×58 InSbの遙か上を行く世界最大の赤外線センサーであった。赤外線カメラのイロハを学び、口径10cmの単レンズを使って、野辺山のレタス畑でアンドロメダ銀河の世界初の赤外線観測も行った。その後はハワイで25cm望遠鏡による銀河中心の赤外線観測などを通じて観測手法についてもいろいろ学んだ。

このカメラを何とか国内で使えないかと、木曾シュミット望遠鏡に取り付けることを考えた。赤外線

でびかびか光っている可視光の望遠鏡に赤外線カメラを取り付けなど、とんでもないことである。しかし口径比が小さいので、銀河の広視野観測には最適である。そうこうしている内に、1991年に木曾観測所の助手として転任することになり、早速、上野カメラの本格的運用を考えた。この時、木曾観測所ではCCDカメラの開発が進んでおり、これに参加することもできたが、すでに基本的な開発は済んでおり、また、技官が3人携わっていたので、私の出番はなさそうであった。また共同利用の観測所に新しい研究の可能性を生み出すのは常駐研究者の義務と考えていた。木曾に来て最初の年、柳澤君(当時東京学芸大)が、その次の年に伊藤信成君が入学してきて私と一緒に赤外線カメラの開発をすることになった。一方で、ハッブル定数の研究のための写真乾板の解析も渡辺大君と続けていた。Kバンドはさすがに補正板からの赤外線放射がきつく、S/Nは大変低かったが、JとHではなんとか観測できそうなことがわかった。

まず、主焦点に上野カメラを取り付けて近傍銀河



の観測をはじめた(写真下)。カメラは液体窒素冷却だったので、数時間おきにシュミット望遠鏡内部に入って液体窒素を補充しなければならぬ。シュミット望遠鏡の中は密閉空間なので、搬入口は開けていたものの、

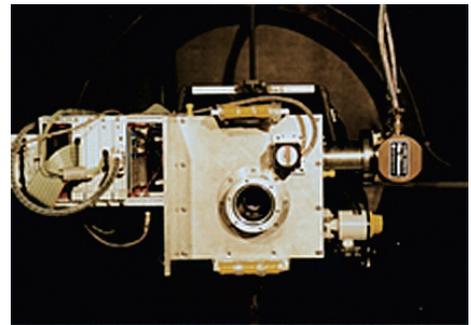
真夜中に補充することもあり、大変危険な作業だった。M82の観測などを行って、なんとか成果を上げることができたが、借り物ではない専用の装置で本

格的に赤外線観測を始めるため、新しい赤外線カメラ (KONIC, Kiso Observatory Near-Infrared Camera) の開発に挑戦することにした。当時、三菱電気では 1040×1040 PtSi を開発し、民生用への応用を検討しており、この検出器ならば世界の追従を許さない広視野赤外線カメラとなるはずである。感度は低くても良いサイエンスができるだろうと考えた。ただ、検出器を借りるに当たって、様々な問題に直面して、なかなか手元に届かなかった。そんな折、南アフリカ天文台で同じ検出器を使ったカメラが完成し、完全に先をこされてしまった。日本の検出器でありながら、外国のグループに先を越されたことは大変ショックであった。

当時、写真乾板を使ってハッブル定数を求める研究をしていたが、赤外線観測すれば、誤差の少ないハッブル定数が求まるのではないかと考え、近傍銀河の赤外線観測サーベイを計画して、カメラの開発を始めた。自分で開発した装置で研究するのは何とも楽しいものである。一方、同じ頃、国立天文台では 2 グループが 256×256 HgCdTe 検出器を使った赤外線カメラの開発を始めていた。木曾のグループは全員、赤外線カメラには全くの素人だったので、手探りであった。三鷹の専門家からの冷やかな目を気にしながらの開発であった。カメラに冷凍機を使うのも私たちが初めてであった。ヘリウムガス配管を主焦点から観測室フロアまで 23m 引くための工事は大変危険な作業であった。望遠鏡のホークの上に命綱なしで登り、ドリルで望遠鏡ホークに穴をあけ、タップを立ててケーブルをネジ止め固定する作業はヒアヒアであった。よくも落下せずに済んだものである。クライオスタットは伊藤君が修士論文として設計した(この修士論文は今でも東北大で私のグループの教科書として使っている)。電気系は私たちの手に負えなかったので、柳澤君が片ざさんを始め、開発に長けた方々の協力を得て三鷹で開発を進めた。1996 年 4 月、東北大学に移る約半年前によく KONIC は一般公開された(写真右)。転勤後は柳澤君と伊藤君に任せっぱなしになり、その後、渡辺君たちが私の当初の目的であった乙女座銀河団の赤外線観測によるハッブル定数の研究で成果を上げてもらったのが救いであった。しかし、天

文学の発展は早く、この頃には 1024×1024 HgCdTe のカメラが外国で動き始めており、感度の低い KONIC は太刀打ちできなくなっていた。

何よりも楽しかったのは、もとより物作りが好きだったので、ドーム地下



室にある工作機械を自由に使わせてもらったことである。今にして思えば、ずいぶん危険な使い方をしていたかと思うが、フライスと旋盤を心置きなく使うことができた。両方とも結構大きいので、赤外線カメラのたいていの部品を作ることも可能であった。もちろん、素人なので簡単なものしか作れないが、幸い、樽沢さんにいろいろ教わりながら、もの作りを楽しんだ。木曾観測所では勝手気ままにやらせてもらって大変感謝している。東北大学理学研究科には機器開発研修室という工場があって、大型の工作機械に混じって、小型の古い工作機械は学生や教員が自由に使えるようになっている。木曾での経験を踏まえて、この工場で私が部品を作っていると、もの珍しいそうに技官の方々が冷やかしながら私の危うい手先を見ていたものである。

木曾観測に勤務していたのはわずか 5 年半であるが、大変密度の高い充実した期間であった。その後のすばる望遠鏡の MOIRCS、南極赤外線望遠鏡の開発の出発点は木曾観測所での KONIC 開発である。全くゼロからの出発であったので、まさに KONIC は私の開発・研究人生のルーツである。また木曾の人々との交流は今でも大変貴重な財産として残っている。天文台の所員ばかりでなく、近所の建設会社社長さん、木曾御岳の宮司さん、木曾病院のお医者さん、酒造元などなど職種も様々だが、多くの方々と親しくしていただいた。人との出会いが最も多かった時期でもある。今でも木曾の皆さんと交流を続けている。

木曾観測所とはやぶさ

～ 小惑星探査候補天体の観測 ～

安部 正真 (宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)



私が初めて木曾観測所に訪れたのは 1993 年の 1 月である。当時はまだ小惑星探査は予算化前で、ワーキンググループでの検討により、(1943)Anteros, (4660)Nereus, 1989ML の 3 つが探査候補となり、これらの地上観測の必要性が謳われていた(渡部他 1992)。その中でも 1989ML は軌道が未確定であった。軌道が未確定とは、天体の位置予測誤差が大きいことであり、どんなに魅力的な天体であっても、探査機が軌道予測された場所に到達しても、小惑星その場所にはいない(つまり探査できない)可能性が高いことを意味する。これでは、大きな予算を用いる探査計画の本当の意味での候補天体にはなりえない。しかし、当時の日本のロケットの能力では、燃料消費が少なく到達できる小惑星をめざし、少しでも多くの観測機器が搭載できることが望まれた。1989ML は 3 つの候補天体の中では最も探査機が到達しやすく、燃料消費の観点からはもっとも魅力的な天体であることは間違いなく、再度検出して位置測定を行い、軌道を確定させることが必要とされていた。

この 1989ML は 1989 年 6 月に発見された天体で、同年 7 月までにわずか 8 つの位置観測が報告されているだけであり、次の会合周期であった 1992 年 11 月の位置予測誤差は大きいことが予想された。そこで渡部氏を中心に木曾の広視野を活かした写真乾板観測が計画され、その観測に私も参加させていただいたのである。

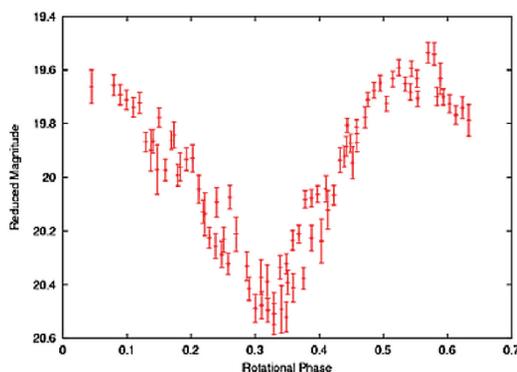
当時私は大学院博士課程の学生という身分で月の軌道や地球の自転進化の研究をしていたが、当時の指導教官である宇宙科学研究所の水谷氏の紹介で、

地上観測に参加する機会を得たのである。私の観測経験は少なく、同じく探査候補天体である Anteros の観測を岡山で行った程度であり、写真乾板での観測経験はなく、征矢野氏や樽沢氏にいろいろとご指導いただきながら一組の写真を現像し、探している移動天体が無いか、コンパレータを用いながら一生懸命探したのを記憶している。

残念ながら、我々の観測では 1989ML の再発見はできず、後に 1992WA として発見された天体が 1989ML と同一軌道の天体であることが確認され、10302 番という確定番号を得ることになった。後に確認したところ、我々が観測した予測位置から、写真乾板の視野サイズ以上ずれていたようである。

1994 年に宇宙科学研究所の助手として採用されてからは、藤原氏のもとで本格的に小惑星探査計画に関わるようになり、探査機搭載観測機器の開発も進めながら、探査候補天体の地上観測を中心的に進めることとなった。木曾への公募課題についても 1994 年から「地球近傍小惑星の測光観測」という研究テーマで観測時間をいただき、1994 年と 1996 年には Anteros, 1996 年と 1999 年には 1989ML の観測を行い、小惑星の自転周期を推定した(Abe et al. 2000)。当時モザイク CCD の観測が行われており、105cm シュミットの集光力と広視野、CCD の感度を活かした移動天体探索は画期的であり、我々も探査候補天体観測中の視野の中に新小惑星発見をし、佐藤氏に位置測定を行っていただいた結果を MPC に報告した。その中のいくつかは命名権も取得し、(26877) Tokyogiants や(29328) Hanshintigers を提案させていただいたのは嬉しいことである。

日本の小惑星探査は 1994 年より実プロジェクトとして動きだした。プロジェクトスタート時の探査対象は Nereus であったが、1989ML の軌道が確定し 1989ML を探査対象に変え、2001 年の打ち上げを目指してプロジェクトが進められていた。しかし、2000 年の MV ロケット打ち上げ失敗により、2001 年の打ち上げ機会を逸することとなった。地球近傍小惑星は、探査機が探査しやすい軌道を持つ天体であるが、軌道長半径が地球に近いという理由から、会合周期は短くても 2 年で多くは 3 年以上である。そのため、ロケットの打ち上げのタイミングを逸すると、数年先まで打ち上げ機会が訪れない事態となった。そこで、急遽これまで見つかった小惑星の中から探査しやすい小惑星を探索したところ、(25143)1998SF36 が新しい候補として挙げられた。

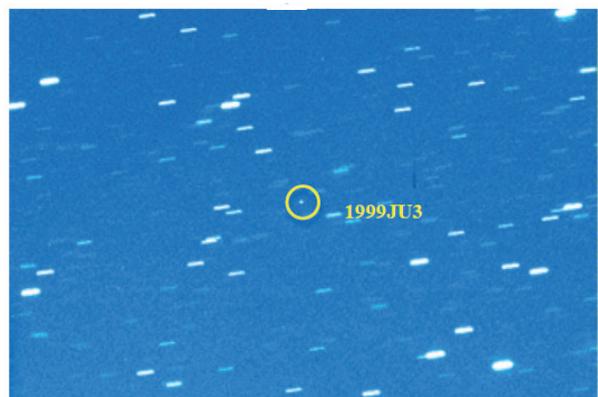


1998SF36 のライトカーブデータ

この小惑星も 1989ML と同じく、当初は軌道以外の情報がほとんどなく、世界中の研究者に協力を呼び掛けて、観測キャンペーンを行うこととなった。木曾観測所でも 2001 年 3 月と 8 月に観測時間をいただき、ライトカーブデータを取得した。ライトカーブデータは通常小惑星の自転周期を教えてくれるが、複数の観測時期に異なる方向から観測したライトカーブデータを用いることにより、小惑星の自転軸の向きや形を求めることができる。観測データは大場氏によりまとめられ(Ohba et al. 2003)、探査計画に大いに反映された。

以上のように、木曾観測所では複数の地球近傍小

惑星の測光観測を行ってきた。1999 年からは公募課題のタイトルを「日本の小惑星探査計画の探査候補天体の地上観測」と改め、観測好機を迎えた探査候補天体の多色測光観測とライトカーブデータ取得を精力的に行った。その結果は西原氏によってまとめられている(Nishihara 2005)。また、2003 年に無事はやぶさが打ちあがり、次の小惑星探査計画も 2006 年ごろから本格化した。我々はいち早くその候補天体である(162173)1999JU3 の地上観測を実施し、2007 年 9 月、11 月、2008 年 2 月に木曾観測所で観測時間をいただいている。その結果は川上氏によってまとめられている(Kawakami et al. 2010)。



はやぶさ 2 探査対象の 1999JU3

これまで、木曾では私も含め多くの研究者がはやぶさ、はやぶさ 2 計画に関連して、小惑星を観測する機会を与えていただいたことに感謝します。また職員の皆さんとのふれあいも来所する楽しみであったことを付け加えて筆を置くこととします。

彗星ダストトレイル観測

～ 道のりの起点 ～

猿楽 祐樹 (宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)



木曾観測所よりも若い世代に限れば、私は、木曾・上松地域を含め観測所ともっとも密につながっていると思う。2001年に学部4年生の実習(地惑)で初めて訪れてから、院生、初ポスドク、とたいへん長くお世話になってきた。私生活でも、新婚生活をスタートし、第一子を授かり、とても思い出が深い。そのきっかけとなったのが、彗星ダストトレイルだ。2kCCD時代の重要な観測テーマのひとつだろう。すべてを語り尽くすことはできないが、その道のりの始まりを振り返る。

彗星ダストトレイルとは、mm-cmサイズのダストが彗星軌道上に永い年月をかけて広がってできた塵雲である。太陽と反対方向に広がる尾(テイル)と異なり、飛行機雲のように細長く伸びる。1983年、赤外線天文衛星IRASの全天サーベイ観測によって8つの短周期彗星に検出され(当時、確定番号のついた短周期彗星は約70天体)、彗星核の描像や惑星間ダストの起源の探求に大きなインパクトを与えた。しかし、IRASの観測は1年足らずで終わり、その後は効率的な観測手法がなかったため、研究は滞ることになる。

2002年2月、木曾観測所で転機が訪れる。この頃、確定番号のついた短周期彗星は約150天体まで倍増していた。1990年代に次々と太陽系外縁天体(カイパーベルト天体)が発見されだし、木曾でもサーベイ観測が行われていた。PIは木下さん(現・台湾中央大学)であったが、その晩は、渡部さん(国立天文台)と学生さんが観測していた。空き時間に次期小天体探査候補天体を観測するため、途中から石黒さん(現・ソウル大学)が合流した。石黒さんは、ちょうどその前日に、木曾シュミット望遠鏡を用いた可視光での彗星ダストトレイル観測の構想をもって、

4月以降の観測時間のプロポーザルを提出したばかりだった。

私の推測だが、石黒さんはうずうずしていたに違いない。そしてそれが、渡部さんにも伝わったのだろう。メインの観測が一段落したところで、渡部さんが「トレイルが見つかる可能性のある天体は、今何があるかな?」と尋ねられ、試しに22P/Kopffに望遠鏡を向けてみたそうである。シーイングは悪かったが、対日照が見えるくらい透明度の良い空だった。露出を始めてすぐに渡部さんは食事に行かれ、石黒さんは一人で撮れた画像をにらんだ。するとそれらしきものが見えた。この時、彗星は、太陽から3.0AU離れたところにあり、それほど活動的でなく、

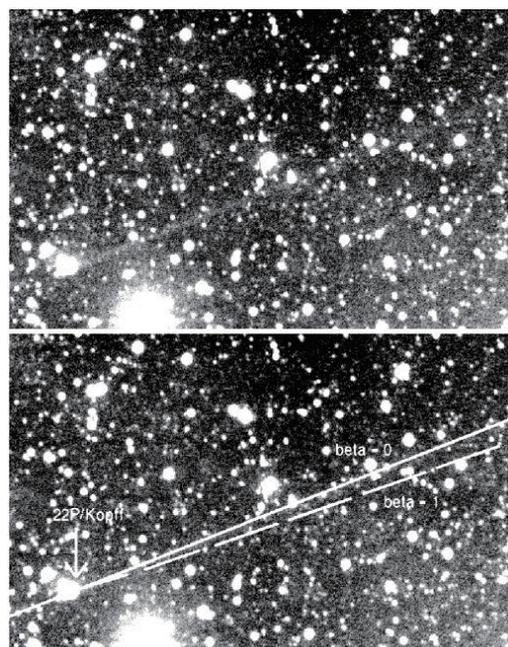


図1: 木曾シュミット望遠鏡を用いて、可視光で初めて検出された22P/Kopffのダストトレイル。beta=0の線が彗星の軌道を示しており、この線に沿って伸びるダスト雲が見える。beta=1の線はテイルの伸びる方向。(ApJ, 572, L117より)

テイルではなさそう。半信半疑で画像を見つめているところへ、戻ってきた渡部さんの「ああ、受かっているね!」という声が背後から聞こえ、確信と喜びが溢れてきた。この初検出の夜の状況が、渡部さんが太陽系小天体関係者のメーリングリストへ流されたメールによく表れているので引用させていただく。『探査は終了しました。シーイングはちょっと悪化し7秒台。鈴木君は疲労困憊でダウン。石黒君と私で、サーベイ後明け方までどうしようか、と考え、ダストトレイルのことを考えて、コップ彗星をねらいました。そしたら、どうでしょう!透明度、Fの明るいシュミットに助けられ、マウナケアでも長年、**Casy Lis** がトライして見えなかったダストトレイルを可視であっけなく検出してしまいました。これは世界初。石黒君は興奮しています。』

この記念すべき年に、私はちょうど大学院へ進学した。所属した研究室には石黒さんがいらっしやっした。探査に興味があり、「はやぶさ」のサイエスマネージャをされていた藤原顕先生の研究室を選んだが、「はやぶさ」はすでに打ち上げ1年前。進学したばかりの学生が手を出す余地はなく、打ち上げ後もイトカワへ到着するまでは、サイエンスデータも出てこない。そんな折に、すでに面識(学部4年の木曾での小惑星観測実習で!)のあった石黒さんが、受かったばかりのダストトレイルの研究をしてみないか、と誘ってくださったことから、この記念誌を書くに至っている。

秋頃から本格的に解析に入った。木曾での正式なダストトレイル観測が5月からスタートしており、すでに蓄積されたデータの処理から始めた。そのしょっぱなの解析で、一気にのめり込むきっかけとなったのが、2P/Enckeだ。後々、D論までつき合うことになる。この彗星は非常に変わり者(ゆえに面白い)で、公転周期が3.3年と最も短く、揮発性物質は枯渇した部類と考えられている。今でも日付を忘れないが、2002年9月9日、ほぼ遠日点(4.1AU)付近で観測されていた。夜帳を見ると、「深くまで写っているが、どれが2Pかわからない」とある。まったく期待の持てないデータだった。しかし、観測時間

から彗星核の位置を求め、移動量に合わせて画像をずらして足し合わせると、背景の星が流れる中に、目的の天体がポツンと浮かび上がってきた。しかもダストトレイルが前後に伸びている。IRASですでにトレイルが確認されていたが、解析を初めた頃の頃で、自分の手を動かして、本体の位置さえ分からないデータから、トレイルを検出できたことが非常に嬉しかった。

こうして木曾観測所での彗星ダストトレイルサーベイが加速していった。有無を調べるどころから、ダストの光学特性、トレイルの形成過程と次第に研究内容は発展していった。さらに、テイルも含めた全サイズのダストに対象が広がっていく。彗星活動も、日心距離に応じた通常の周期的な活動から、アウトバーストと呼ばれる突発的な活動までカバーするようになった。数えてみると、2002年から2010年までの間に、137個もの短周期彗星を観測してきた(2014年6月時点で確定番号がついているのは303天体)。我々の彗星ダスト雲の観測は、そこそこシーイングが悪くとも、空が暗く、視野が広いことが一番で、木曾にうまくマッチしていた。観測所の柔軟な対応のおかげもあり、ここまで来れた。こういった木曾観測所の良さがトレイルよろしくこれからも永く続いていくことを願っている。

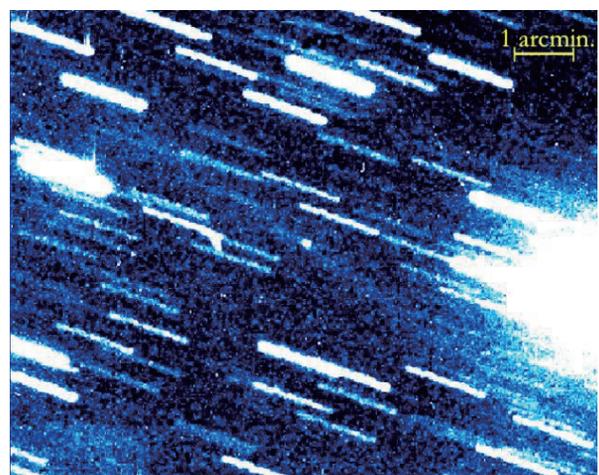


図2: 筆者の木曾観測所との深く長いおつきあいのキューピッドとなる2P/Enckeのダストトレイル。まだ解析が洗練されていない初期の画像をあえて掲載する。(2003年の木曾シュミットシンポジウム初参加の発表資料より)

多色撮像観測で探る銀河の星生成

～ 広視野狭帯域撮像の可能性 ～

西浦 慎悟 (東京学芸大学 自然科学系宇宙地球科学分野)



「西浦くん、丁度、今使えるお金があるんだけど、これで2kCCD用のH α フィルター作れないかなあ。仕様は君が決めて構わないからさあ」

木曾観測所所長中田好一先生からこんな電話があったのは、私が木曾観測所から東京学芸大学へ移って半年ほど経った2004年1月のことである。この電話が、近傍銀河の広視野輝線撮像観測計画への本格的なスタートとなった。『木曾105cmシュミット鏡と2kCCDカメラの広視野を活かして近傍銀河の多輝線撮像観測を行う』これは木曾観測所に研究機関研究員(ポストドク研究員の一つである)として勤めていた頃からの、私の悲願でもあった。

東北大学で学位を取得した私は、2年間のオーバー・ドクターを経て、2001年4月に木曾観測所の研究員に着任した。修士1年の頃から、コンパクト銀河群と呼ばれるクセのある銀河集団を研究してきた私にとって、銀河環境と銀河の形成進化の研究は避けては通れないテーマだった^{注1)}。銀河の形成進化の解明とは、恒星の集団がどのようにガスとチリの中から誕生して輪廻転生を繰り返すのかを明らかにすることに他ならない。手段としては大きく二つある。一つは銀河系内の星生成領域を、もう一つは系外銀河の星生成領域を観測して調べることである。

観測所に着任直後の私は、広報用のカラー天体画像を作成するため、共同利用時間の隙間や薄曇り時を狙って、銀河をはじめ様々な天体の多色撮像を行った。さすが約1度角四方の視野を持つ2kCCDカメラである。銀河系内の大きく広がった星生成領域も簡単にその全景を捉えてくれる。そして同時に、銀河系内星生成領域の構造の複雑さも教えてくれた。「こんな複雑な天体は、僕に

は無理だ」

こうして、一つ目の方法を諦めた。しかし、系外銀河の星生成領域を調べるためには、どうしてもH α などの輝線に対応した狭帯域フィルターが必要となる。しかし、当時の2kCCDカメラ用のフィルター群に、これらに対応したものは存在しなかった。結局、二つ目の方法も諦めた。

系外銀河における星生成領域研究の歴史は比較的古く、1970年代までにも写真乾板によるH α 撮像が数多く行われた。しかし、観測装置が、写真乾板からCCDに取って代われ、感度が向上しつつもその観測視野が小さくなると、自然と比較的明るい星生成領域を狙ったスリット分光が主流となって行く。狙い目はここにあった。主な輝線成分に対応させた「複数の」狭帯域フィルターと従来の広帯域フィルターを用いて、近傍銀河の広視野撮像を行えば、通常の分光観測では得られないような暗い星生成領域においてまでもその大局的なSEDと輝線成分を捉えることができる。これを分析することで、一つの銀河に何十・何百そして何千と存在する星生成領域の統計的なサンプルが手に入る。

2004年3月に、2kCCDカメラ用のH α 、[SII] $\lambda\lambda$ 6716,6731、そしてこれらの連続光成分に対応した狭帯域フィルターの3枚が揃った(通称、Ha6577, Ha6737, Ha6417)。そして、2006年に住友財団の基礎科学研究助成を受けたのを契機に、H β 、[OIII] $\lambda\lambda$ 4959,5007、そしてこれらの連続光に対応した狭帯域フィルターを作成することができた(通称、N487, N499, N519)。これら6枚の狭帯域フィルターによって、星生成領域からやって来る主な輝線成分をほぼ捉えることができるようになった。図1に、近傍銀河M101の



図1: M101 の(上)U+V+I及び(下)B+V+Ha6577(H α 帯)擬似カラー画像。上が北、左が東。視野は約 35 分角四方。

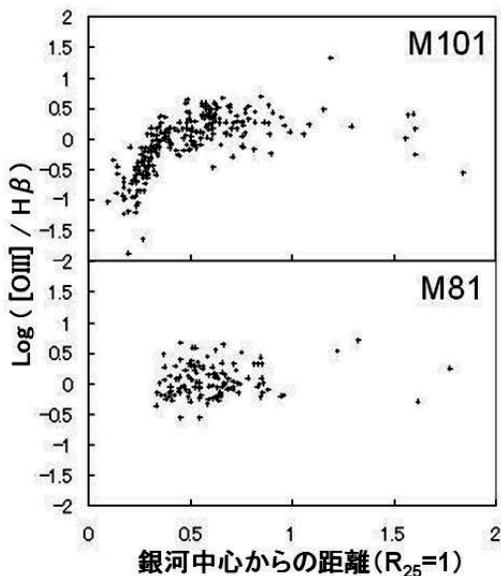


図2: M101 と M81 の HII 領域の、銀河中心からの距離 (R_{25} で規格化)に対する[OIII] / H β 輝線強度比。

U+V+I 及び B+V+Ha6577 (H α に相当) 擬似カラー画像を掲げる。U+V+I 画像で青く見える部分は、相対的に U バンドで明るく、大質量星が多く分布している所、B+V+Ha6577 画像で赤く見える部分は、H α 輝線が強く放射され、電離水素が

多く存在する所に相当する。これらは星生成領域の特徴であり、当然のことながら両者の位置は見事に一致している。

また、これもかなり前から指摘されていることだが、渦巻銀河の動径方向の金属量分布について、分光観測から得られた明るい星生成領域に対して、銀河中心から外側に向けて[OIII]/H β 輝線比が大きくなる傾向がある。この傾向は M101 と M81 についても示唆されていたが、図2を見て頂きたい。これは我々が得た M101 と M81 の [OIII]/H β 輝線強度比の動径方向分布である。M101 については従来どおりの傾向が見られるが、M81 についてはそのような傾向は全く見られない。これは今回の撮像観測で、暗い星生成領域まで輝線強度を得ることが出来たために、両者の違いを見つけれたと考えている。では M101 と M81 の違いは何だろうか？ これらのハッブル形態の違いもあるが、我々は銀河衝突の規模の違いではないかと考えている。特に M81 には隣接する銀河 M82、NGC3077 を結ぶような極めて特異な HI ガス分布が見つかっている。M81 は近傍でも稀に見るような激しい衝突銀河なのである。

最後に、20 世紀も終盤になって、銀河系と幾つかの系外渦巻銀河に、光学半径を超えるような外縁部、つまり超低密度・超低金属量環境での大質量星形成を示唆するような観測結果が報告された。このような銀河外縁部における星生成現象を捉えるには、広視野狭帯域撮像が余す所なく力を発揮する。木曾観測所設立 40 年を迎え、我々は KWFC という、2kCCD カメラ以上のはるかに広い宇宙を観る眼を手に入れた。これによって、さらに新しい銀河そして宇宙の姿を観ることが出来るだろう。

注1) 1kCCD カメラに 8 時間毎に液体窒素を補給したのは懐かしい思い出である。モザイク CCD カメラ 1 号機では、3 時間半毎の補給で、しかも園芸用のジョウロを使っていた。やはり、懐かしい思い出である。2kCCD カメラ以降は、液体窒素の補給が無くなった。

木曾シュミットによる日印共同研究

～ Pandey との20年 ～

小倉 勝男 (元国学院大学)



1. 序

11 月前後に木曾観測所を訪れて 1 人のインド人を見かけた方もおられるでしょう。彼は Dr. Anil K. Pandey といい、北インドの Aryabhata Research Institute of Observational Sciences (ARIES) に所属しています。私と彼との付き合いは今年でちょうど 20 年、その間木曾シュミットによる共同研究を続けてきました。彼の来所はもう 11 回にも達し、まだ続くでしょう。ですから木曾シュミットの外国人ユーザーとしてはダントツと言えると思います。本稿では彼およびそのグループと私の共同研究の経緯を振り返ってみたいと思います。

2. 発端

阪神淡路大震災が起こった 1995 年 1 月中旬に南インド・バンガロールの Indian Institute of Astrophysics (IIA) で日本とインドの天文学者がそれぞれ 10 数名・数 10 名が集まった研究会が開かれました。これには日本学術振興会とインド・Department of Science and Technology (DST) がいくつかの科学分野で交流をサポートする枠組みをスタートさせ天文学もその一つに選ばれたことが背景にあります。そのため両国の天文学者で共通の関心がありそうな研究テーマに携わっている人たちが特に日本側からは参加しました。ですから日印の共同研究を取り持つ、語弊はありますがいわば集団見合いのようなものでした。

私は 1980 年頃まで若い散開星団の測光観測をしていましたし、その後はおうし座 T 型の輝線星のサーベイやハービッグ・ハロー (HH) 天体の分光観測をやっていましたが、前者は木曾シュミットを使い、対物プリズム・乾板と組み合わせた観測でした。それを知っての事でしょう、Pandey から木曾シュミットを使って散開星団の測光観測をする共同研究

を持ちかけられました。彼はずっと散開星団の測光観測を続けてきて、特にその頃は散開星団の外縁部に広がる星団コロナに関心を持っていましたので、写野の広い CCD カメラが必要だったのです。折よく当時は木曾観測所で 2K CCD カメラが開発中でした。私はといえば IIA が Kavalur 観測所に有する 2.3m Vainu Bappu 望遠鏡で HH 天体の探査を試みたいとも考えました。

3. 経過

私の HH 天体探査のためのインド渡航は早速翌年度に実現しました。しかし 2.3m 鏡はトラッキングが悪くて長い露出に不適な事が判明し、その観測計画は中止しました。一方インド側では訪日の競争率が高い上に複雑な内部事情もあったようで、Pandey の訪日はなかなか実現しませんでした。そこでその間に特異な若い散開星団 NGC 3603 の UBVRi 測光データを彼に解析してもらう事にしました。これは私が関口和寛さんと South African Astronomical Observatory の 1m 望遠鏡で取得したものです。しかし Pandey も 1999 年度からは日印協力の補助金をもらえるようになり、毎年のように木曾シュミットと 2K カメラを使っての観測のために来日しました。木曾で天気が一番好い 11 月の観測を申請し 7 夜ほど割り当てて頂く事が多かったのですが、それでも天気の当たり外れはかなり大きくて、使用可能な測光データがほとんど得られなかった事もありました。

その中で最も印象深いのは 2001 年 11 月の観測です。2 つの点で忘れる事が出来ません。観測割当は 11 月 19 日から同 25 日の 7 夜でしたが、前夜 (と言っても夜半すぎですからもう 19 日に入りますが) はあおしし座流星雨の夜です。Pandey と私は 17 日の午後に木曾観測所に着きましたし、観測は 19 日

の夕方からですので、当夜は全くフリーだったのもまことに幸運でした。ですから私達は心ゆくまで快晴の下であの壮観を眺め脳裏に焼き付ける事が出来たのです。私は観測所の皆さん達と本館の屋上に陣取り、午前1時頃から5時近くまで寒さに耐えつつ生涯最高の眼福に浴しました。最後まで残ったのは樽沢さんと私でした。その木曾滞在時のもう1つの天恵はシュミット観測中のまれに見る好天です。7夜が全て快晴だったのです。私は大学の講義のために途中で離所しましたが、Pandeyによれば最後の夜の最後になって薄雲が出ただけだったとの事です。おかげで10個の星団の良い測光データを得る事が出来ました。私の観測人生のうちでこんな好天続きは国内は言うまでもなく、外国ですら経験がありません(そもそも7夜などもらえませぬ)。私たちの観測の前の17日・18日両夜も快晴だった事を考えると、この間の天気は木曾観測所の歴史の中でも空前絶後のものではないでしょうか。

木曾シュミットによる良い測光データはごく最近の観測を除きすべてARIESにおいてPandey自身及びその下の大学院生(学位取得後も含む)によって整約・解析され論文として結果が発表されています。そしてデータの一部として使われた論文も含めると主要ジャーナルに発表されたものだけで14編に達し、4人が学位を取得しています。観測もPandeyが主に行いましたが、日本語は全く解しませんので木曾のスタッフの方々の助力なしにはできません。途中からですが、三戸さんには特に大きな力になって頂きました。

日印協力の枠組みの下で私も10数回訪印しました。共同研究の中身も散開星団から次第に星形成に



重点が移って行ったため何度かARIESの大学院生向けに話もしました。2004年からはIIAがヒマラヤの奥地に設置した2m Himalayan Chandra Telescopeの2次元グリズム分光器を使っておうし座T型の輝線星の深い探査をしまし、ブライトリム分子雲の周りの星系の測光観測もしました。これらの結果も彼等および私自身の論文に使われています。

4. 現状と将来

私は2012年3月末に国学院大学を定年退職しました(非常勤講師としてはまだ勤めていますが)ので、その直前からそれまで毎年のように採択されてきた学振/DSTの共同研究補助金から外れてしまいました。私の代わりに小林尚人さんが後を継いで下さってPandeyと共に申請し、2年のブランクが生じましたが、2013年度からまた採択になりました。木曾シュミット活用の基本方針は維持しつつ、共同研究の方向も少し転換してさらなる発展が期待されます。木曾ではKWFCが動き出しましたし、ARIESではインド最大の3.6m望遠鏡が今年秋にファーストライトを迎えるからです。参加メンバーも日印それぞれ1人ずつから3人ずつに拡大されました。2013年度にはARIESからPandeyとDr. Saurabh Sharmaが来日・訪所しましたし、小林さんと一緒に引き継ぎも兼ねて私も訪印しました。これが学振/DSTの共同研究の下での私の最後の訪印になるでしょう。Pandeyと共同研究を始めて20年、まさに最適任者に後を継いで頂ける事を心から喜んでいきます。



建設中のARIES 3.6m望遠鏡ドーム前で
左からPandey、私、小林さん



第6章 社会との関わり

Public Outreach

木曾観測所のアウトリーチ

『社会教育、学校教育に貢献した
天文台』 畑 英利

『木曾観測所でのアウトリーチ』 宮田 隆志

『学生実習施設としての
木曾観測所』 伊藤 信成

『木曾の宝：星空環境を守るために』 清水 醇

輪

カリフォルニア星雲 (NGC1499)：ペルセウス座にある大きな広がりをもった散光星雲である。その形がアメリカ合衆国のカリフォルニア州に似ていることからこの名がついた。赤く輝くガスのフィラメント構造の中に細かい暗黒星雲が見える。右下の明るい星、ペルセウス座クシイ（ξ）星の紫外線で電離され、水素のバルマー系列のH α 輝線で赤く光っている。広がりは約94光年、距離は約2000光年である。

撮影日：1988年10月31日、撮影番号：K5885、乳剤：コニカSR1600、フィルター：なし、現像：ハイコンII 6分

木曾観測所のアウトリーチ

特別公開日

木曾観測所で行われている観測研究を多くの方々にとって頂くために年1回の特別公開を実施している。1991年までは、ガラス越しに望遠鏡を観覧する見学であったが、1992年からドーム内に入り間近に望遠鏡を見学できるようにした。また、1994年からはシュミットに同架の20cm屈折ガイド望遠鏡を含めドーム周辺で天体観望会も実施している。本館周辺では、研究紹介パネルによる研究紹介や、共同利用研究者を講師として招いての講演会、子供さん向けの天文工作なども実施している。交通事情が悪いにも関わらず年平均350名の方々が来場されている。

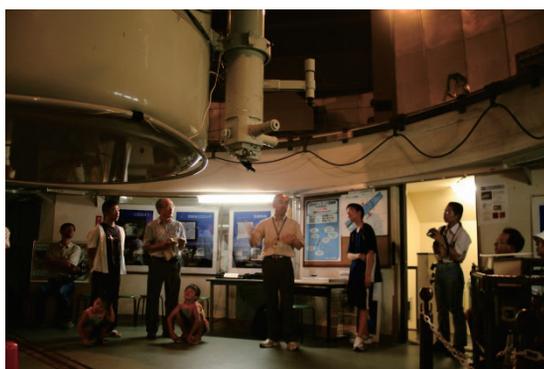
期間(年)	回数(回)	日数(日)	総来場者数(人)	1回平均(人)	1日平均(人)
1974 - 2013	39	68	13,720	352	202



体験コーナー



講演会



望遠鏡のデモンストレーション



天文工作

銀河学校

全国の高校生を対象にした観測天文学実習プログラム「銀河学校」を 1998 年よりスタートした。望遠鏡を使って観測し、解析結果を考察するというものである。初回は、30 名の定員に対して 350 名の応募があり、「理科離れ」と言われる現世代でも、本格的な研究施設での研究体験には大きな魅力を感じる学生が多いことがうかがえる。この銀河学校の卒業生の皆さんが、既に天文学者として研究機関で活躍していると聞いている。開催以来、累計で 431 名が受講している。

開催年	テーマ	参加者数(名)
1998	NGC2024	30
1999	球状星団 M3 HR 図、宇宙年齢	12
2000	散開星団 HR 図、宇宙年齢	15
2001	スペクトル観測	13
2002	星生成領域、散開星団、球状星団、系外銀河の多色撮像観測	18
2003	測定小惑星探査とその距離 銀河系の大きさ 銀河団までの距離測定	34
2004	双子座を構成する星の温度の測定 銀河系内における星のスペクトル型別分布調査 系外銀河の赤方偏移を利用した距離の測定	30
2005	球状星団の変光星探し 近傍銀河の形状と色分布を調べる 銀河系内の太陽型惑星を探し、個数と距離を調べる	28
2006	惑星状星雲の物理量 星生成領域における星と星雲の関係 系外銀河における星生成	27
2007	彗星の正体 太陽近傍星と星団の比較 さまざまな銀河たち	29
2008	小惑星を探れ 死にゆく星の姿を探れ 銀河団を探れ	25
2009	彗星 星雲 銀河	14
2010	彗星 星間物質 銀河	34
2011	銀河団 球状星団 変光星	27
2012	散開星団から探る天の川の星生成史 銀河に咲く赤い光-星が生まれる現場 宇宙の進化を探れ-銀河団の観測から探る宇宙膨張	27
2013	木星の衛星の探査 食を起こす近接連星の観測 銀河系の姿を探れ	33
2014	小惑星の大きさ分布を求める 星雲の色や構造、距離を求める 光に込められたもう 1 つのメッセージ	35
累計		431



「銀河学校」観測風景



「星の教室」実習風景



観望会風景

星の教室

文部科学省が推進するプログラムで児童生徒の科学に対する知的探究心を育成することを目的とする取り組みで、通称 SPP（サイエンス・パートナーシップ・プログラム）と呼ばれる。講座名を「星の教室」と称して1泊2日で、「宇宙年齢を求める」という学習テーマで行なっている。

星の教室の開催数とその参加者数

年	学校数	参加者数	年	学校数	参加者数	年	学校数	参加者数
2002	8	285	2006	10	286	2010	5	187
2003	13	312	2007	11	336	2011	5	174
2004	18	346	2008	8	239	2012	5	166
2005	15	378	2009	9	238	2013	4	135
累計							111校	3082人

その他の教育活動

その他の長年続けてきた教育活動を下表にまとめて示す。開所間もなく地域や学校から観望会や講演会などの働きかけを頂くようになり、観測所の理解の浸透や理科教育の支援ということで少しずつ始めた活動も、今では年十数回を数えるようになり、年間行事化され始めている。

講演会、特別授業、観望会の回数と派遣した講師数

年	回数	講師数	年	回数(回)	講師数	年	回数	講師数
1981	1	1	1999	18	19	2007	8	12
1982	2	2	2000	19	19	2008	9	14
1985	1	5	2001	17	18	2009	10	21
1994	4	4	2002	20	21	2010	14	15
1995	7	9	2003	12	22	2011	18	21
1996	15	16	2004	8	10	2012	16	21
1997	11	11	2005	12	19	2013	17	23
1998	10	11	2006	8	12			
累計							257回	326人

社会教育、学校教育に貢献した天文台

～ 世界に例のないカラー撮影プロジェクト ～

畑 英利 (木曾町開田小学校 校長)



1 はじめに

私が木曾観測所を初めて訪問したのは、1985年2月のことである。「信州の星空」の出版のため木曾観測所を訪れた。その後88年から天文学会の内地留学生として、翌年からは県教委派遣留学生としてお世話になった。留学には日本人として初めて新星を発見した諏訪市の五味氏によって、私に石田先生と香西先生との出会いの場をつくっていただいたことによって実現した。そして天文台で出会ったのが写真乾板サイズの「さくらカラー1600」であった。

2 カラー撮影プロジェクトの実現の背景

世界の天文台で初めてカラーフィルムを使って撮影を試みたのは、有名なパロマー天文台である。その写真は、A3サイズ程の大きさの本として出版され、当時中学生の頃、図書館で見た覚えがある。しかしカラー写真はわずかであり、木曾観測所の100枚を超える撮影は、正に世界初の本格的なカラーフィルム撮影であった。本来研究用としては役に立たないカラー撮影がなぜ実現できたのか。それは、「人」、「タイミング」、「もの」の三つがうまく重なったからである。

「人」では、天文台職員の理解無くしては実現できないものである。所員全員がこのプロジェクトに理解を示し協力していただいた。また、カラー処理には時間がかかり、この部分を私が担当した。正に人がそろっていたといえる。

「タイミング」では、私が留学した当時、撮影は、写真乾板からCCDへと大きく変わる時期であった。CCD撮影を開始した88年に撮影した写真乾板枚数は371枚、99年にはとうとう1枚となり、木曾観測所から写真乾板は姿を消した。この乾板からCCDへの移行時期は、シュミットの撮影に少しゆとりが生まれ、観測の合間をぬって撮影ができた。さらにコダック社から写真乾板製造中止が伝えられた。乾

板の代用として、フィルムの提供の話もあり、木曾観測所ではフィルムへの代替え実験として、征矢野氏を中心にサクラカラー1600や青木氏や私を中心にコダック社のモノクロフィルムでのテストを行った。この二つのタイミングは、天文台にとっても、そしてカラー撮影プロジェクトを進める上でも重要な要素であった。

「もの」では、高感度のサクラカラー1600フィルムが、いくつかの天文台に配布され、木曾観測所でも200枚ほどが保管されていた。この提供無くしてこのプロジェクトはあり得ず、正にサクラに感謝である。木曾観測所の天体写真技術は日本の最先端を走っていたが、カラー処理は初めてのことで、現像からプリントまでなんとか安定した処理をしたかった。願いが所員に伝わり、自動現像機とカラー引き伸ばし機の導入でカラー処理は飛躍的に向上した。

3 カラー撮影プロジェクトの最初の成果「スライド集遙かなる宇宙へ」出版の苦労

カラー撮影が順調に進む中、教育現場の要望に応えるために、スライド集の制作を検討した。日本天

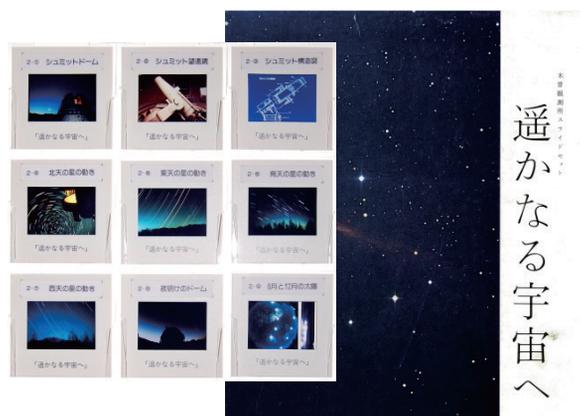


図 1. 初版のスライドセット。スライド作成、枠入れ、シール貼り等を全て手仕事で行った。

文学会から何とか出せないものかと、岡村先生が学会との交渉に尽力されたおかげで、100部限定での

補助金がつき、制作に取り組むことができた。制作の中心は、私と樽澤氏の二人で行った。すべて手作業での100部制作の一年間は、語り尽くせぬものがある(図1)。100部売れば上出来という悲観論も飛び交う中、100部はあっという間に品切れとなり、急遽1000部制作、さらに売れて数百部制作した。この事実こそ、当時の我が国の教育現場の実態であった。

4 念願叶った KISO シュミットアトラス出版

カラー撮影プロジェクトが立ち上がってから7年間という長い年月を経て、第一目標であった天文台

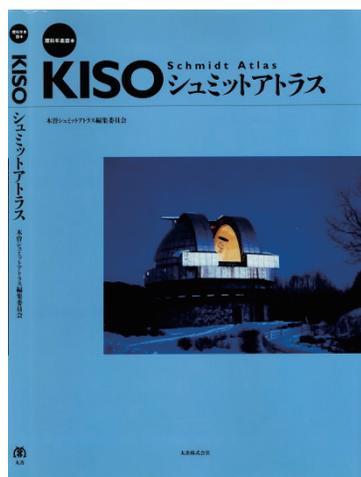


図2. 丸善より出版した KISO シュミットアトラス

の写真集が完成した(図2)。CCDが本格的に動き始めてから、天文台職員は超多忙となり、私の学校への復帰や天文台職員の人事異動などが重なり、一時は完成できないのではという空気が流れた。この危機を救ったのが、岡村先生であった。とにかく仕事が早い。瞬く間に未完成部分を書き上げ、94年3月に KISO シュミットアトラスとして丸善より出版することができた。B4版サイズで、その中に納められている写真は感動ものである。シュミットの魅力がふんだんに取り入れられ、天の川付近を撮影した画面いっぱい目目が痛くなるほど広がる星を見ていると、自分自身が銀河の中を旅行している感覚になる。この写真を OHP シートに焼いて生徒に見せると、生徒から感動の声がもれた。実に魅力ある本である。

5 スライドからコンピューターへ

90年代に入ると、急激なコンピューターの普及にともない、プロジェクトで誕生したスライド集「遙

なる宇宙へ」も、CD-ROMに納められた(図3)。またプロジェクトで撮影した未発表の作品が多数残っていたので、新たな写真集「KISO・Schmidt 天体写真集」を制作し、2000年に全国に無料で配布した。この写真集には大量の天体画像が含まれ、木曾観測所の彗星写真などは貴重なものである。京都大学飛騨天文台や国立天文台測光部所有の貴重な資料もまとめることができた。



図3. 日経BP出版より出版された、ス CD-ROM「遙かなる宇宙へ」。

6 終わりに

2000年をもって、私の天文台通いは終了した。振り返ると30代前半から40代にかけて14年間にもなっていた。現在の日本の天文台からは、当たり前のように多くの画像が提供されている。しかし当時を振り返ると木曾観測所の取り組みは画期的であったと言える。また、天文台所員の地元の小中高等学校への出前授業や出前観察会など他の天文台に先駆けて取り組んでいただいた。今なお続く銀河学校などすばらしい企画である。一つ残念なことは時代の流れから仕方ないことかもしれないが、研究拠点が海外へと移る中、常勤の天文学者いなくなったことである。お昼にみんなで野球をしたり卓球をしたり、大勢の声が山の頂上に響いていたのがウソのように今は静まりかえっている。同じように95年から乾板撮影が消え、出入りが無くなった乾板貯蔵室には、数千枚の写真乾板と一緒に、大サイズカラーネガが保管されている。木曾観測所の貴重な記録として今後何世紀も残ることを願っている。

木曾観測所でのアウトリーチ

～ 銀河学校発、サイエンスステーション経由、そして… ～

宮田 隆志 (天文学教育研究センター)



私が木曾観測所にお世話になり始めたのは今から約 15 年前、2000 年 10 月にさかのぼる。当時国立天文台ハワイ観測所研究員だった私は幸運にも木曾観測所の助手として採用され、常夏のハワイ島から既に紅葉始まる木曾に着任することとなった。馴染みのない土地、初めての望遠鏡、ほとんど面識のない方々との仕事...、着任前日に駅まで迎えに来てくれた当時研究員の田実晃人さんの車に揺られながら大きな不安を感じていたのは、氏の運転のせい(だけ?)ではなかったように思う。しかしながら仕事が始まると、不安は数日の間に霧消してしまった。それは所員の方々の気遣いや環境の良さなど、いわば木曾観測所の「居心地の良さ」のお蔭である。この「居心地の良さ」は木曾観測所を訪れた多くの人々が感じるどころであり、スタッフが変わり部屋の様子が変わった現在でも木曾に行くたびに強く感じるどころである。

木曾赴任中は様々なことに関わらせて頂いたが、中でもアウトリーチは力を入れた活動の一つである。当時はまだ現在ほど大学・研究機関のアウトリーチ活動が活発ではなく、これに時間を割くことは良くないことである、という風潮も根強かった。かくいう私も木曾観測所に着任するまではアウトリーチ活動などしたことはなく、研究の片手間にやるもの、と意識があった。一方で木曾は私の着任よりずっと前から近隣学校への出前授業や観望会などを行っており、大学研究施設のアウトリーチでは日本の最先端を行っていたのである。着任した私もすぐに出前授業や銀河学校(注1)などを担当するように言われたが、何をどうしてよいかわからず、たいへん戸惑った覚えがある。

そんな私の意識が変わったのは 2002 年の銀河学校であった。この時、以前の銀河学校に参加してい

たという学生 2 名が、当時の中田所長に誘われて手伝いに来てくれた。彼らのモチベーションや情熱を身近で見るにつけ、銀河学校のような企画が高校生に与える影響力の大きさがひしひしと伝わり、義務的な対応ではなくこちらも情熱をもって事に当たらねばならないと強く感じさせられた。また、研究者の卵である大学生・大学院生が接することで高校生はキャリアパスを明瞭に見いだせ、また教える大学生・大学院生も研究に対する意欲が高まる、といった相乗効果があることもわかってきた。

このような大学生・大学院生によるアウトリーチ活動を組織的かつ継続的に行う団体として立ち上がったのが NPO 法人サイエンスステーション(注2)である。設立の中心になったのは、吉井センター長や私のようなスタッフに加え、先の 2 名の学生を含めた銀河学校の卒業生たちであった。2003 年に設立されたサイエンスステーションは設立後 10 年たった今でも活発に活動しており、これまで 67 回の出前授業、53 回の「星の教室(注3)」への TA 派遣、9 回のサイエンスカフェ開催を行ってきている。もちろん銀河学校にも深く寄与しており、2004 年から銀河学校は木曾観測所と共催となっている。

サイエンスステーションが活動を広げるにつけ、銀河学校の卒業生以外のメンバーも増えてきた。そのようなメンバーも木曾観測所での活動にかかると、スタッフともすぐ仲良くなり、あっという間に木曾観測所に馴染んでしまう。サイエンスステーションにとっての木曾観測所は、やはり今もホームなのである。このように多くの人々が集い色々新しいことを起こせるのも、やはり木曾観測所の「居心地の良さ」のお蔭ではないだろうか。これからも、この「居心地の良さ」は変わらず守っていただきたいと強く願っている。

最後に、木曾観測所 40 周年の今年、私にとって印象的なことが 2 つあった。一つは森由貴さんが田中由美子さんの後任として木曾観測所に来られたことである。彼女は第一回・第二回の銀河学校に参加した卒業生であり、かつ先に述べた 2002 年銀学校に手伝いに来た 2 名の学生の一人でもある (注4)。彼女のような人材を木曾観測所が得られたのも、銀河学校の成果のひとつといえる。もう一つは、銀河学校卒業生で同じくサイエンスステーション設立にも携わった米田瑞生さんと共著で論文 (注5) を出版できたことである。高校生時代から知っている生徒が立派に研究者として育ち、分野を超えて (彼は惑星科学分野) 共同で研究を行うようになり、科学成果が出る...、アウトリーチ活動の究極的な成功の一例として、非常に印象深い出来事であった。

木曾観測所という居心地の良い土地に撒かれたアウトリーチの種は、サイエンスステーションを経由しながら、様々な形で花を咲かせている。さらに 10 年、20 年して、どのような実をつけてくれるのか、非常に楽しみである。

(注1) 銀河学校：木曾観測所が行っている高校生向け実習企画。詳しくは本記念誌三戸氏の記事も参照
(注2) サイエンスステーションの活動詳細については <http://sciencestation.jp> を参照のこと。

(注3) 星の教室：木曾観測所が受け入れを行う近隣高校生向けの実習企画。詳細は天文月報 2004 年 2 月号の記事も参照のこと。

(注4) もう一人は現在国立天文台ハワイ観測所で Public Information Officer として大活躍中の藤原英明さん。

(注5) ”Mid-infrared observations of Io’s volcanism from the ground in 2011 and 2012”, Yoneda et al, Icarus, 236, 153 (2014)



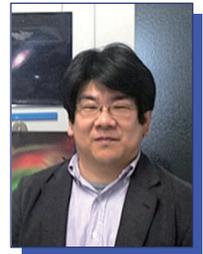
銀河学校 15 周年同窓会を兼ねて行われたサイエンスステーション総会の様子。銀河学校卒業生を中心に 55 名が参加した。(サイエンスステーション提供)

NPO 法人サイエンスステーションのホームページ。活動の様子が随時アップデートされている。

学生実習施設としての木曾観測所

～ 3泊4日の実習で学生が変わる ～

伊藤 信成 (三重大学教育学部 理科教育講座)



問：ある日の午後8時にオリオン座が真南に見えた。1ヶ月後にオリオン座が同じ位置に見えるのは何時か？

三重大学教育学部は教員養成を主務とする学部であり、毎年多くの学生が教師となり巣立っていく。彼らの天文学に対するイメージは2種に大別される。1つは上記問題のように、何の役に立っているかわからない小難しい計算をさせられる学問というイメージ、もう1つは、これを読む多くの方が経験しているように、ロマンと神秘の対象としての宇宙である。これらのどちらも、現代天文学の概容を正しく把握したものではない。教員養成学部の学生でなければ、“まあそうかもね”で流すこともできるかもしれないが、彼らは将来教師として次世代の人材育成に関わっていく。理科の内容に限らないが、正しい認識を持たないまま教壇に立つことはできれば未然に防ぎたい。

教育学の専門家ではないので深い考察はできないが、教科の教育において教師に求められる資質は2つあるのではないだろうか。まず重要なのが、教科書の内容を正しく教えるという点である。次に重要なのが、理科の場合は科学の動向を大雑把でも良いので子どもたちに伝えることができることだと考える。子どもたちが興味・関心を持つのは教科書の内容だけに留まらない。天文学に興味を持った子どもが教師に質問した時に、ギリシャ神話を読むと良いとアドバイスするのは必ずしも適切でないと考える。

このような状況の中、何とか現代天文学にふれてもらいたいとの考えから始めたのが木曾観測所での学生実習である。木曾観測所での実習は、私がかつて在籍していたということもあるが、次の点で学生実習の場として適している。

1) 研究施設であること：利用する設備が先端科学と結びついている。

2) SPP, SSH を受入れていること：実習の受け入れ態勢が整っている。

3) 大学から(適度に)離れていること：実習のみに集中できる環境である。

最近是他大学と合同開催のため、30名を超える学生が木曾観測所を訪れる。多くの学生を毎年暖かく迎えていただき、観測所には大変感謝している。

ここで実習の内容を紹介したい。実習は基本的には3泊4日で行われる。初日は、午後に観測所に到着し、施設見学を行う。その後、グループに分かれてテーマ選定を行った後、晴れていれば観測を行う。グループ分けの際には、複数大学が合同で実習を行うメリットを活かし、大学混合でグループ化を行っている。このため、学生は初めて会った人といきなり仲間になり、テーマ選定をはじめとした議論を行わなければならない。学生にとっては最初の試練である。薄明が始まる頃に観測が終わり、長い初日が幕を閉じる。2日目は解析作業が始まるが、画像処理について慣れていない学生がほとんどであるため、まず3色合成を行って一次処理について体験的に学んでいくが、マウス操作に慣れた学生にとっては、コマンドライン入力作業はかなりストレスのかかる作業となる。第三の試練である。その試練を



乗り越えると、3色合成画像が完成する。例年3色合成にはM31を用いている。グループ毎にM31の一部の3色合成を担当し、完成させたものを持ち寄ることでM31全体を完成させる。持ち寄った

カラー画像はグループ毎に色合いが様々であり、学生たちは、同じデータを用いても合成された色は解析者によって異なるという事実を経験的に学ぶことになる。また、継ぎはぎであるが1つの画像を完成させたことによる達成感を得ることができる。苦労は報われないと次には進めないという点でも、この練習作業は重要である。2日目の午後から3日目にかけては、M31での練習を踏まえ、自分たちのテーマに沿って観測したデータの解析作業に入る。学生のPC技量や天文の知識量は様々であるが、一人だけで作業を進めることは困難である。そのため、知識がある者は他の班員にわかりやすく伝え、それを聞いた学生は内容を咀嚼し、または質問することで理解を深めるという Student Teaching と呼ばれるプロセスが自然と行われるようになる。また解析結果の妥当性や解釈について、教員側から積極的にコメントをすることはないため、学生は図書室の書籍・論文やネットを用いて情報を収集し、考察する作業を行わねばならない。木曾の図書室の書籍はほとんどが英語である。学生に英語の壁がのしかかる。また、教科書に載っているようなテーマであっても、教科書通りの結果ができることは稀である。学生は結果の解釈でも悩まされることになる。適当な説明では単位がもらえないかもしれない。しかも木曾実習では大学教員が最大5人も！突っ込みを入れるのである。学生に相当なプレッシャーがかかるのは想像に難くない。3日目の夜、フラフラの状態で成果発表会が行われ、観測所での主たるイベントは終了である。3日目の夜は自由観望会である。晴れば、文字通り満天の星の下、天の川や流れ星を見たり、



小型望遠鏡で星雲を見たりと思い思いの時間を過ごす。最終日はエクスカージョンで、赤沢自然休養林と寝覚の床を見学して帰途につく。学生も我々教員もフラフラになる3泊4日である。

実習に参加した学生に対するアンケートでは、この実習が将来役立つと回答した学生が9割を超え、次のような声が上がっている。

- ここでの経験を子どもたちに伝えることで、天文の魅力をよりよく伝えることができる。
- 天文についての知識を経験から伝えることができるのは説得力もあり役に立つと感じた。
- 自分たちが作りだした情報から考察する作業が新鮮で楽しかった。
- 天文台で観測している研究者の方々に会って、天文に対して興味が増した。
- 初めて会った人と協力して作業する経験はこれからも役に立つと思う。

木曾での実習で目的としていたことは、まがりなりにも学生に伝わっているようである。

三重大では、実習を始めてから既に90名以上が教師として教壇に立っている。彼らは長野県に木曾観測所があることを決して忘れることはないだろう。そして、大きな望遠鏡がボタン1つで動いたとか、パソコンを使って星を500個も測定したとか、真っ暗な夜空で初めて天の川を見た、といった木曾で体験した様々な事柄を、天文に興味を持ち始めた子ども達に話してくれるに違いない。このような積み重ねが、天文学のすそ野を広げ、将来の天文研究を支援する市民になってくれると期待している。

毎年4月の初め、大学は履修登録をする学生で賑わいをみせる。どの講義を履修するか、先輩学生のアドバイスが学生の判断を左右するのは昔と変わらない光景であろう。そんな中「むちゃくちゃ大変。だけど絶対にとったほうがいい！」との評価を受ける実習、それが木曾観測所で行われる「地学実習」である。教師は子どもが最初に出会う科学コミュニケーターである。“むちゃくちゃ大変”と評価した内容を、将来きっと子ども達に伝えてくれるものと信じて、今年も木曾福島行の電車に乗るつもりである。

木曾の宝：星空環境を守るために

～ 木曾星の会 誕生10周年 ～

清水 醇（木曾星の会 会長）



1 はじめに

平成16年（2004年）11月19日に木曾星の会が誕生し、今年で10周年を迎えました。木曾地方事務所総務課が中心となり、木曾地域の特色ある活動の一つとして、木曾観測所と地域を結んだ活動ができないものかとの働きかけがあり、総務課と天文台や木曾地域の天文愛好家らとの会議を重ねた結果、「木曾星の会」の誕生となりました。会の発足宣言として①星空への関心を高めるため、観望会や講演会を企画する。②木曾の美しい星空のシンボルでもある天文台と地域、学校との関わりを支援する。③木曾の人々に夜空の環境に関心をもってもらう活動を行う。の三つを掲げ、木曾の美しい星空環境から星をテーマとした文化活動が活発になり、さらにはこの環境を後世に残すことにつながる活動になることを願って力強いスタートを切りました。

2 星空への関心をたかめるための活動

（1）夏の天の川祭り 冬の天の川祭り

毎年、開田高原木曾馬の里で行われている夏の「天の川祭り」は年間行事に位置づけられ、多くの参加者で賑わっています。2月の第一土曜日には、極寒の開田高原で講演会と観望会を実施しています、大きな「かまくら」の中での講演会は全国でも大変珍しい企画となっています。

天文台と地域との連携でなりたっている設立当初の願いが実現されている活動です。

（2）シンポジウムの開催

木曾に住む人たちの夜間照明への関心を高め、星空環境を身近にするための啓発活動として、「天の川シンポジウム」を開催してきています。支援金を得ながら、全国の先進的な取り組みを紹介したりしてきています。名古屋科学館や横浜市、熊本県の取り組みなど、さらには会員が県外に取材しての報告も

されてきました。今年5月には、木曾町で開催された環境協議会に会員が照明の工夫を訴えました。その結果、開田高原では具体的な動きに発展しそうです。



かまくら祭り講演会：2014年2月1日に木曾町と共催で行われた、かまくら祭り講演会の風景。

（3）その他

①木曾観測所の写真展を温泉施設や町施設で実施しました。特に、地元の人でも木曾観測所の存在を知らない人や訪れたことのない人にとっては宣伝効果があったと思います。②学校への支援では、天文台所員や会員の出前授業や観望会など、お互いに協力して実施してきています。③毎年突発的な天文現象がある場合も、天文台と協力しながら観望会を実施してきています。④毎年実施している天文台の公開日には、会員も一緒に参加し協力しています。⑤研修の機会提供として、木曾観測所での研修や飛騨天文台見学などおこなってきました。⑥新しい活動として、木曾駒高原のホテルから宿泊者への星空ガイドを頼まれ、星の会の会員が解説に赴いています。⑦2010年10月30日、環境省より「木曾星の会」の星空環境への取り組みが認められ、天の川賞（全国協議会会長賞）をいただきました。（第二十二回全国大会が山梨県北杜市にて開催され、表彰式に出席）



天の川賞：2010年10月30日、表彰状を手にする飯尾さん(左)と湯川さん(右)、山梨県北杜市にて。

3 会長を引き受けて思うこと

私が初代会長、畑英利先生の跡を引き継いで会長職を引き継いだのは、2010年11月のことです。会長の畑先生が、転勤で木曾を離れ飯田市の小学校に転勤になるためでした。

私は2005年、長年住んだ京都から木曾にUターンしました。もともと京都に移り住んだのは天文学をやるためでしたが、いろいろあって高校の教員に職を得、天文学研究の周辺をうろついていました。京都は学生の街とよく聞きますが本当に研究する環境は恵まれています。当時の高校教員時代は今ほど制約がなく、授業のないときは自由に近くの大学に行き、図書館で文献あさりやゼミに顔を出させてもらって研究者の話聞いたものです。(この話を前任校の関係者が聞いたらお叱りを受けそうな話です。) そんな中で一番の恩恵は、後にノーベル賞を受賞した小柴昌俊先生が定年を控えた1月に特別講義に来られ、1987年マゼラン銀河で起こった超新星が発したニュートリノをカミオカンデで捉えた11個の事象を慎重に検証した話を聞いたことです。今でもありありと思い出されます。

こんな私ですから、木曾に帰って「木曾星の会」の存在を知ったとき、すぐさま上松町であった講演会の席で入会を決めました。縁とは不思議なもので、当時星の会の事務局長の黒田順子氏の旦那様は私の高校時代の親友でした。

星の会の活動に参加してからは、木曾観測所にも出かけるようになり、当時観測所所長していた中田好一先生と共通の研究者が私の友人にいたこともあ

って急速に観測所の職員や研究者仲間と交流が始まって今日に至っております。

日本はモンスーン地帯にあり、湿気と曇天が多く天体観測には向かない地といわれましたが、日本も世界に負けない天文学を目指して、岡山県の鴨方にある188cmの望遠鏡が唯一稼働していました。木曾に105cmのシュミットが出来た時は、私は外国に出来た望遠鏡のように感じ、シュミットを使った観測などできると思ってもみませんでした。ところが、2013年観測所の青木さんからkiss projectのお誘いを受け、現在観測協力者として登録をし、時間を見つけて超新星探しをしています。実際送られてくる画像を眺めても超新星と確認する作業は難しいですが、最近何となくコツがわかってきたような気がします。(発見に結びつかなければ怪しいものです。)

2013年春、NHKの星空プロジェクトの一環として、私が変わったキャラを持っていたせいか、取材を受けて日曜の「おはよう日本」に取り上げられ、全国放送に乗りました。知人や親戚から驚きの連絡を受けたことも観測所との縁がなければ体験できなかった出来事です。

4 終わりに

設立当時は、観察会にいかに関光客を取り込むかを考えていましたが、木曾に住む地元の人たちがいかに星と関わるのが大事であるという意識に変わってきています。実際に観察会では地元の参加者が増えてきており、さらに木曾の宿泊施設では、星を新たな資源として活用する企画など生まれています。10年間の活動は大変地味ではありましたが、成果が少しずつ見えてきているように感じます。木曾の星空環境を後世に残すことにつながる活動に今後も取り組み、天文教育も充実していけるように頑張りたいと考えています。



第7章 資料

Data

プロポーザルリスト

来訪者リスト

職員リスト

論文リスト

室

ペルセウス座の二重星団： ペルセウス座は、カシオペア座の有名な W 型のすぐ南にある。ペルセウス座にあるこの散開星団は左側をエイチ (h) ペルセイ星団、右側をカイ (χ) ペルセイ星団と呼んでいる。2 つの星団の年齢は h-ペルセイが 560 万年、 χ -ペルセイ 320 万年と非常に若いため、進化が早く寿命の短い大質量星がまだ多く含まれている。そのため、この 2 つの星団は質量の大きな星の進化を研究するためにしばしば利用される。星団の距離は h-ペルセイが約 7200 光年、 χ -ペルセイが 7500 光年である。
撮影日：1986 年 10 月 14 日、撮影番号：K5153、乳剤：コニカ SR1600、フィルター：なし、現像：コニカ C41 6 分

プロポーザルリスト

木曾観測所は、観測開始以来、共同利用の形式で運用を行い、全国の研究者に広く開放されてきた。観測開始から 2013 年度までに採択した 614 個の研究課題と研究代表者名を掲載する。

※年次報告から抜粋したため、一部お名前のわからない方など情報落ちについてはご容赦願います。

年	課題名	代表者
1977-1988	小惑星・彗星の探査	香西洋樹(1978-1988) 古川麒一郎 (1977)
1977-1979	高速度星の探査	前原英夫
1977	Zone of Avoidance での銀河探査	高瀬文志郎
1977	明るい銀河の近赤外測光	家正則
1977	HII 領域と超新星の残骸の H α 測光	石田蕙一
1977	HII 領域を伴う星団の測光	石田蕙一
1977	輝線天体の探査	石田蕙一
1977	低温度星・赤外線天体の検出分類	前原英夫
1978-1987	紫外超過天体の探査	野口猛(1978-83, 1986-87) 近藤雅之 (1984-85)
1978-1984	紫外超過銀河の探査	高瀬文志郎
1978-1983	赤色巨星の探査	石田蕙一 (1978-1979, 1982-1983) 浜島清利 (1980-1981)
1978-1981	電離水素領域の表面測光	磯部瑠三
1978-1981	輝線銀河の探査	寿岳潤
1978-1980	マゼラン雲流に関連した早期星	田中一尚
1978-1979	銀河中心部の棒状度	浜島清利
1978	M15 の光度関数	下田眞弘
1978	カシオペア座領域の赤色巨星	市川隆
1978	NGC2244 の測光	小倉勝男
1978	ハロー種族矮星	大道卓
1978	月面	関口直甫
1978	コホーテク彗星	劉彩品
1978	銀河団	岡村定矩
1978	銀河の渦状構造	家正則
1978	低銀緯帯の銀河の探査	高瀬文志郎
1978	散光星雲	小暮智一
1979-1986	単純電離水素領域測光	小暮智一 (1979-1984, 1986) 吉田重臣 (1985)
1979-1985	オリオン星雲領域の星	磯部瑠三、佐々木五郎
1979-1984	輝線星の探査	前原英夫
1979-1984	ボック・グロービュール内の H α 輝線星探査	小倉勝男
1979-1983	ハルトマンテスト解析	征矢野隆夫(1979-1980) 沖田喜一(1981-1983)
1979-1983	銀河団銀河の光度関数解析	山縣朋彦(1979-1981, 1983) 前原英夫(1982)
1979-1983	銀河定量解析のための銀河多色写真測光	小平桂一
1979-1982	NGC5907 の赤道面の彎曲	小暮智一
1979-1981	惑星状星雲	田村真一
1979-1980	フィルムコピーテスト	征矢野隆夫 (1979) 岡村定矩 (1980)
1979-1980	NGC147 中の星雲状天体の解明	若松謙一
1979-1980	横向き銀河の表面測光	濱部勝
1979-1980	密小惑星状星雲のスペクトル	田村真一
1979-1980	こぎつね座新星 1979	石田蕙一
1979	早期銀河中心部の形状	水野孝雄
1979	写真原版自動測定システム	前原英夫
1979	画像処理システム	中嶋浩一
1979	NGC4278 の表面測光	大脇直明
1979	望遠鏡追尾制度解析	青木勉
1979	赤外線源の同定	浜島清利
1979	CH Cy g	前原英夫
1979	15Kpc 腕の OB 星探査	Hidayat, B.B.
1979	NGC253 の測光	石田蕙一
1979	星間分子雲 W3 の構造	大谷浩
1979	早期銀河周辺部の測光	大脇直明
1979	地球近接軌道をもつ小惑星の探査	Helin, Eleanor

年	課題名	代表者
1979	球状星団中の水平分枝星の探査	野口猛
1979	指向・追尾誤差	岡村定矩
1979	補正版光学テスト	野口猛
1980-1986	アトラス作製用撮影	青木勉
1980-1986	炭素星分類	前原英夫
1980-1983	KIDS(Kiso Image Detection System)開発	前原英夫
1980-1983	散開星団の光度曲線	石田蕙一
1980-1982	写真乾板超増感テスト	青木勉
1980-1982	円盤状銀河中心部の構造 (S0/S 銀河中心部の構造)	浜島清利 (1980-1981) 水野孝雄 (1982)
1980-1981	火星面	吉澤正則
1980-1981	紫外超過天体の固有運動	湯谷正美
1980-1981	4430Å 星間吸収線	磯部琇三
1980-1981	対物プリズムによるスペクトルの数値分類	石田蕙一
1980-1981	特異銀河 MCG 5-29-86	若松謙一
1980-1981	3C129 周辺銀河団の構造	若松謙一
1980-1981	マルカリアン銀河の形態	谷口義明
1980	対物プリズムスペクトルの自動分類	佐々木敏由紀
1980	太陽粒状斑	小田
1980	太陽白斑	平山智啓
1980	輝線天体探査	木村
1980	対物プリズム標準アトラス	野口猛
1980	赤色巨星と赤外天体の同定	川良公明、小笹隆司
1980	変光星 BD+43°1894	岡崎敦男
1980	cD 銀河	山縣朋彦
1980	シャープレス天体の測光	磯部琇三
1980	W3 分子雲の構造	大谷浩
1980	W3/4 領域の吸収	富田晃彦
1980	はくちょう座の Honda 変光星	岡村定矩
1980	人工衛星あやめの捜索	忽滑谷基
1980	古畑天体	石田蕙一
1980	いて座新星 1980	前原英夫
1981-1987	バーナード・ループ内の星の分布	磯部琇三
1981-1985	新天体同定用撮影	青木勉
1981-1983	MKW 銀河団	山縣朋彦
1981-1983	望遠鏡解析用撮影	征矢野隆夫 (1981) 野口猛 (1982-1983)
1981-1982	M31 の電離水素領域	石田蕙一
1981	自動星像検出	大谷浩
1981	星の計数	田鍋浩義
1981	暗黒星雲 Kh141 の中の星	富田晃彦
1981	位置決定精度テスト	田原博人
1981	YY Ori	磯部琇三
1981	PU Vul	前原英夫
1981	共生星	前原英夫
1981	焦点検査	岡村定矩
1981	渦巻・棒渦巻銀河の中核部の表面測光	若松謙一
1981	楕円銀河の測光	相川利樹
1981	楕円銀河外周部の光度	大脇直明
1981	暗黒星雲の構造と星形成	大谷浩
1981	ウィーバー・ジェット領域	渡辺堯
1982-1998	ハービッグ・ハロー天体の深い探査	小倉勝男
1982-1984	Sub-beam prism	征矢野隆夫(1982-1983) 西野洋平、Hidayat, B.B. (1984)
1982-1984	近極星	深谷
1982-1983	標準星スペクトルアトラス作製用写真	前原英夫
1982-1983	銀河ハロー星の重元素分布	吉井讓
1982	NGC4490 の超新星	山縣朋彦
1982	球状星団 UKS17 の星	若松謙一
1982	ウィーバー・ジェット付近の星	渡辺堯
1982	キューサー-Q 1216+158 の等級と色	野口猛
1982	ロケット紫外掃天用参照写真	小平桂一
1982	オーバーレイマップ位置チェック	佐々木敏由紀
1982	対日照写真	坂井
1982	M 型星の光度階級分類	石田蕙一
1982	ハロー内の K 型巨星探査	石田蕙一
1983-1998	T Tau 型輝線星の探査	小倉勝男
1983-1986	へびつかい座銀河団の構造	若松謙一
1983-1985	CMa R1 アソシエーション内の若い天体の分布	小暮智一 (1983, 1984) Winramihardja, S.D. (1985)
1983	フォトメーター改良に伴うテスト	前原英夫

年	課題名	代表者
1983	銀河等輝度図	岡村定矩
1983	S, S0 銀河	水野孝雄
1983	Clumpy Irregular 銀河	田村真一
1983	微光彗星・小惑星・へび座新星	香西洋樹
1983	Cernis 彗星	渡部潤一
1983	カーチス法乾板	小林行泰
1983	IRAS-Araki-Alcock 彗星	征矢野隆夫
1983	X線バースター	征矢野隆夫
1983	分子雲	林正彦
1983	円盤銀河の精密表面測光	佐々木敏由紀
1983	早期型銀河の測光	大脇直明
1984-1988	大規模サンプルに基づく銀河構造の研究	岡村定矩 (1984) 小平桂一 (1985-1988)
1984-1987	楕円銀河の Shell の表面測光	佐々木実
1984-1986	銀河系の構造	石田蕙一
1984-1985	焦点テスト、光軸テスト、極軸テスト	観測所全員
1984-1985	紫外超過銀河のスペクトル	前原英夫
1984-1985	惑星状星雲の中心星の同定	Winramihardja, S.D. (1984) 石田蕙一 (1985)
1984	OB 星の渦巻腕	Hidayat, B.B.
1984	QSO 候補天体	He Xiang-Tao
1984	カーチス・テスト	征矢野隆夫
1984	Crommelin 彗星	濱部勝
1984	Virgo galaxies	濱部勝
1984	惑星状天体のスペクトル	He Xiang-Tao
1984	超増感乾板の分光感度特性	青木勉、岡村定矩
1984	M82 の多色測光	仲谷真吾
1984	楕円銀河	大脇直明
1984	PIAS	岡村定矩
1984	大型光学赤外線望遠鏡の観測精度のシミュレーション	岡村定矩
1984	乾板の粒状性	岡村定矩
1984	スペクトル解析	前原英夫
1984	T Tau 型輝線星の探査	市川隆
1984	赤外線源の探査	市川隆
1984	C 型と S 型星の探査	前原英夫
1984	強偏光天体	佐々木実
1984	IC848	小倉勝男
1985-1988	IRAS 天体のスペクトル分類	市川隆
1985-1988	反射星雲の多色表面測光	小暮智一 (1985) 吉田重臣 (1986-1988)
1985-1988	横向き銀河の表面測光	濱部勝
1985-1987	KUG の分光解析	前原英夫、野口猛
1985-1986	反射星雲周辺の輝線天体の探査	Winramihardja, S.D. (1985) 小暮智一 (1986)
1985-1986	北天の超新星残骸における輝線天体の探査	小倉勝男
1985	散開星団 M21	Songsathaporn, R.
1985	暗黒星雲 B361 の星間吸収	安洪培
1985	棒状銀河の表面測光	安洪培
1985	セイファート銀河の高分散スペクトル解析	家正則
1985	天体の精密位置決定、乾板検索、NGC1068 の三色表面測光	市川伸一
1985	M31 の高分解能 HI データの画像化	市川隆
1985	KUG の表面測光	濱部勝
1985	ハレー彗星の画像処理	市川伸一
1985	NGC3646 の表面測光	佐々木敏由紀
1985	銀河団の測光	山縣朋彦
1985	楕円銀河の電離領域	谷口義明
1985	QSO サーベイ	岡村定矩
1985	銀河カタログ	岡村定矩
1985	乾板カタログ	征矢野隆夫
1985	ハルトマンテスト	青木勉
1985	輝線星	仲野誠
1985	暗黒星雲の磁場構造	吉田重臣
1985	偏光天体の探査	市川隆
1986-2009	紫外超過銀河の観測とカタログ作製	宮内良子
1986-1994	クエーサーの光学的位置の決定	中嶋浩一
1986-1989	紫外超過天体の掃天	近藤雅之
1986-1988	暗黒星雲周辺の恒星の写真測光	関宗蔵
1986-1988	Blue compact galaxies の探査	前原英夫
1986-1987	矮小銀河面の表面測光	市川伸一
1986-1987	楕円銀河の構造	濱部勝
1986-1987	南天銀河の表面測光	濱部勝

年	課題名	代表者
1986	Surface photometry of barred galaxies	Ann Hong-Bae
1986	Survey for quasars and emission line galaxies	He Xiang-Tao
1986	Microphotometric measurements of spectra of the probable subdwarfs	Lee Sang-Gak
1986	NGC4631 の Extend Halo	岡村定矩
1986	CASPEC エシユルスペクトル画像の解析	家正則
1986	球状星団の CCD 測光	家正則
1986	銀河系外部ハロー球状星団の CCD 測光	家正則
1986	おうし座暗黒星雲の赤外線源	金七栄
1986	銀河団内の銀河の向き	山縣朋彦
1986	銀河の周りの球状星団の分布	山縣朋彦
1986	セイファート銀河 NGC1068 の多色表面測光	市川伸一
1986	ヘラクレス座超銀河団内の相互作用銀河	若松謙一
1986	棒状銀河の表面測光	若松謙一
1986	ボーラーリング銀河	若松謙一
1986	六分儀座リング銀河のセイファート中心核	若松謙一
1986	高感度カラーシートフィルムを用いた天体撮像の実験	征矢野隆夫
1986	画像処理の研究	積田寿久
1986	輝線銀河の高分散分光観測	谷口義明
1986	紫外超過楕円銀河の探査	谷口義明
1986	楕円銀河の U バンド表面測光	谷口義明
1986	マルカリアン銀河と KUG の三色測光	田村真一
1986	M83 の bar 領域の CO 観測	半田利弘
1986	SIT カメラを用いた光学検査	野口猛
1987-1997	炭素星のサーベイ	前原英夫 (1987-1989, 1992) 征矢野隆夫 (1990, 1993, 1995-1997)
1987-1990	オリオン・モノセロス領域の輝線天体の探査	小暮智一
1987-1988	CCD カメラによる原初銀河探査	家正則
1987-1988	力学データのある銀河の測光	青木哲郎
1987-1988	木星・土星の外惑星のアstrometry	中村士
1987	赤色巨星の空間分布	Othman, M.
1987	星の光度関数の最も暗い部分	Stobie, R.S.
1987	銀河系の外側の腕	Ronald Weinberger
1987	惑星状星雲	Ronald Weinberger
1987	NGC 天体の写真星図の作成	磯部琇三
1987	銀河の速度分散	家正則
1987	銀極背景光のゆらぎ	家正則
1987	金環日食南限界線観測の分析	佐藤勲
1987	恒星の掩蔽による小惑星形状の研究	佐藤勲
1987	多色測光による赤方偏移の測定	山縣朋彦
1987	星の計数データによる銀河系モデル	山縣朋彦
1987	クエーサーの位置測定	市川伸一
1987	棒渦巻銀河の表面測光	若松謙一
1987	Mkn 231 の表面測光	小平桂一
1987	密小銀河団の研究	小平桂一
1987	NGC4350 と NGC3998 の写真測光	水野孝雄
1987	ケフェウス座の輝線星	杉谷光治
1987	局部超銀河団中での環境効果の検定	青木哲郎
1987	散開星団の測光	石田蕙一
1987	小惑星の質量分布と運動特性	石田蕙一
1987	星生成活動と活動銀河	前原英夫
1987	矮小楕円銀河の構造パラメータ	村田泰宏
1987	暗黒星雲の距離	能丸淳一
1987	天体写真の特殊技法	畑英利
1988-1992	Pisces-Perseus 超銀河団の構造	市川隆
1988-1990	シュミットアトラス、スライド集の作成	畑英利
1988-1990	新天体の確認観測	木曾所員
1988-1989	アモルファス銀河の研究	土居守
1988	横向き銀河の電波ハローと光学ハロー成分の比較	Hu Fuxing
1988	断層面写真の画像処理による乱流の三次元的計測	宇民正
1988	活動銀河中心核の輝線放射領域の測光	吉田道利
1988	小惑星による恒星の掩蔽の予報改良	佐藤勲
1988	日食限界線の観測による太陽直系の周期変動の検証	佐藤勲
1988	撮像測光観測による銀河の構造と進化の研究	山縣朋彦
1988	矮小楕円銀河の研究	市川伸一
1988	Edge-on Galaxies 表面測光	若松謙一
1988	輝線星の探査	小暮智一
1988	銀河の形態の三軸不等について	水野孝雄
1988	グローバル探査	杉谷光司
1988	銀河の近赤外域表面測光	青木哲郎
1988	彗星の尾と核近傍現象	青木勉

年	課題名	代表者
1988	M型巨星の銀河空間分布	石田蕙一
1988	散開星団 NGC 1750 の測光観測	石田蕙一
1988	散開星団 OCL 366 の星の分光分類	石田蕙一
1988	小惑星帯の力学構造	石田蕙一
1988	小惑星の位置観測による基本座標の確立	相馬充
1988	シリケート放射帯を伴う特異炭素星	中田好一
1988	夜天光	田鍋浩義
1988	Herbig Be/Ae 星に伴う反射星雲の表面測光	能丸淳一
1988	星の測光による暗黒星雲の研究	能丸淳一
1988	メーザー源の位置測定	浮田信治
1988	かみのけ座銀河団の距離	福来正孝
1989-1999	反射星雲の多色表面測光	吉田重臣
1989-1992	Hoag 型銀河の構造	若松謙一
1989-1991	バーナードループ星の HR 図	磯部瑠三
1989-1991	銀河光度分布データベースの作成	小平桂一(1989) 岡村定矩(1991)
1989-1991	広域サーベイ用自動表面測光ソフトウェアの開発	土居守
1989-1990	夜天光の観測	宮下暁彦(1989) 斎藤文一(1990)
1989-1990	撮像測光観測による銀河の構造と進化の研究	山縣朋彦
1989-1990	かみのけ座銀河団の矮小銀河の研究	市川伸一
1989-1990	木星、土星外衛星のアストロメトリー	中村士
1989-1990	楕円銀河の大局的構造の研究	濱部勝
1989	Maffei 2 の表面測光	岡村定矩
1989	宇宙の距離尺度の研究	岡村定矩
1989	銀河団 C10024+1654 の測光観測	岡村定矩
1989	HI Protogalaxy の光学同定	高遠徳尚
1989	クエーサー Q0636+68 周辺の Ly α 天体の確認分光観測	高遠徳尚
1989	南天暗黒星雲の構造と化学	山本智
1989	銀河団 A399 の測光	市川伸一
1989	天体画像処理システムの開発	市川伸一
1989	矮小楕円銀河の研究	市川伸一
1989	Edge-on Galaxy NGC4452 の色変化	若松謙一
1989	密小銀河団の観測的研究	小平桂一
1989	HII 領域 W3 IRS2 における星間塵の研究	水谷耕平
1989	渦巻銀河の質量、光度比	青木哲郎
1989	液体窒素冷却型 CCD カメラの開発	石田蕙一
1989	銀河系模型の研究	石田蕙一
1989	散開星団 OCL366 と散光星雲 S200 の中の星の分光測光	石田蕙一
1989	晩期型棒渦巻銀河の表面測光	太田耕司
1989	4 \times プリズム CCD 分光による近傍銀河の中心核活動性の分類	谷口義明
1989	銀河系バルジ天体の同定	中田好一
1989	彗星の尾と核近傍現象との関係の研究	渡部潤一
1989	星の測光による近距離暗黒星雲の研究 II	能丸淳一
1990-1992	紫外超過銀河の探査	高瀬文志郎
1990-1992	洪水流航空写真の画像解析	宇民正
1990-1992	ハッブル定数の mapping: Cfa 帯	岡村定矩
1990-1992	CCD による偏光撮像の試験観測	吉田重臣
1990-1992	南天銀河団メンバーの表面測光	濱部勝
1990-1991	おとめ座銀河団の構造と距離	岡村定矩
1990-1991	球状星団 M 92 の色分布	岡村定矩
1990-1991	局部超銀河団中の銀河のスピン軸の統計	岡村定矩
1990-1991	局部超銀河団中の銀河の特異運動	岡村定矩(1990) 嶋作一大 (1991)
1990-1991	表面測光用天体画像処理システムの開発	濱部勝
1990	Quantitative Analysis of the Global Structure of Barred Galaxies	Ann, Park
1990	Optical Identifications of IRAS Point Sources	Balazs, L.G.
1990	Search for thick Disk Component in Our Galaxy	Lee, Ann
1990	オースチン彗星のダストイオンテイルの広視野測光	磯部瑠三
1990	銀河光度分布データベースの作成	岡村定矩
1990	暗黒雲周辺の恒星の写真測光	関宗蔵
1990	モザイク CCD カメラの開発	関口真木
1990	ディスクを持った楕円銀河における星生成	高遠徳尚
1990	マゼラン型不規則銀河 NGC4449 の四角形構造	佐々木
1990	極低温電子顕微鏡による紫膜の構造解析	坂田和実
1990	銀河団中の銀河分布	市川伸一
1990	近赤外線による銀河の表面測光	市川隆
1990	重力レンズ現象を利用したグレートアトラクターの探索	出口修至
1990	銀河面にある明るい形骸銀河の探査	斎藤衛
1990	彗星プラズマテイル攪乱と太陽圏の構造	斎藤尚生

年	課題名	代表者
1990	KUG の CCD 測光	前原英夫
1990	微光小惑星の探査	中村士
1990	オースチン彗星 (1989C1)の核近傍現象	中村士
1990	銀河系バルジ天体の同定	中田好一
1990	横向き銀河による銀河構造の研究	濱部勝
1990	二重銀河の表面測光	濱部勝
1990	VME バスを用いた汎用 CCD カメラの製作	木曾観測所
1991-2002	大気光多色掃天測光装置による内部重力波の観測的研究	木山喜隆
1991-1996	オリオン・いっかくじゅう座の輝線星のサーベイ観測	小暮智一 (1991) 仲野誠(1992-1996)
1991-1995	グリズム分光システムのテスト	谷口義明
1991-1993	広域銀河サーベイ	市川隆
1991-1992	モザイク CCD カメラによる QSO サーベイ	関口真木 (1991) 柏川伸成 (1992)
1991-1992	蛇遣い座銀河団と近傍の大規模構造	長谷川隆
1991	ACRS 星表の位置精度	岡村定矩
1991	かみのけ座銀河団の構造	岡村定矩
1991	バルジ天体のファインディングチャート作成	橋本修
1991	電子顕微鏡写真の数値化	坂田和実
1991	ペガサス空洞中心に存在する Mkn 銀河群	山田亨
1991	シュミット望遠鏡用赤外線カメラの開発	市川隆
1991	Arp 特異銀河の精密光学位置測定	征矢野隆夫
1991	銀河面内銀河の表面測光	青木賢太郎
1991	モザイク CCD カメラによる high-z ($z>5$) QSO のサーベイ	谷口義明
1991	HydraI 銀河団の距離決定	濱部勝
1992-1997	成層圏大気組成の分光観測	近藤豊
1992-1997	あじさいの測光	兼子仁(1992) 森平栄利(1995-1997)
1992-1993	赤外線カメラの開発	市川隆
1992-1993	原始銀河の探査	白井正
1992-1993	NGC3516 のスペクトル変動	兼古昇
1992-1993	銀河中心方向領域赤外線源の光学同定	小野智子
1992-1993	アポロ・アモール型小惑星の軌道改良	渡部潤一
1992-1993	ガンマ線バースター光学モニター装置の開発	渡部潤一
1992-1983	銀河周辺部の極端に淡く拡がった構造の検出	濱部勝
1992	超新星残骸 IC443 の水素分子輝線	井上素子
1992	X 線放射銀河団の構造	岡村定矩
1992	タリー・フィッシャー関係校正用銀河の観測	岡村定矩
1992	モザイク CCD による超新星サーベイ	関口真木
1992	シュミット望遠鏡による狭視野 CCD アストロメトリ	吉澤正則
1992	小惑星による恒星食による小惑星の精密観測	佐藤勲
1992	特異な SO メーザースペクトルを持つ IRAS 天体の同定	山村一誠
1992	銀河の構造	山縣朋彦
1992	モザイク CCD によるハービッグ・ハロー天体のサーベイ	小倉勝男
1992	シュミット望遠鏡による輝線天体の探査	谷口義明
1992	微光小惑星の(B-V)カラー、サーベイ観測	中村士
1992	彗星のダストジェットと偏光マップの観測	中村士
1992	髪座の毛座銀河団の南北スライス探査	土居守
1992	天文画像データ処理システムの開発	濱部勝
1992	91 メキシコ皆既日食の data 解析	武田秋
1992	銀河の近赤外線撮像観測	柳澤顕史
1993-2002	楕円銀河におけるディスク成分の測光学的検出	水野孝雄
1993-1997	IRAS 天体の変光	征矢野隆夫
1993-1996	「あすか」深探査、広域探査、追求観測	山田亨
1993-1994	強偏光天体サーベイ	吉田重臣
1993-1994	暗い AGB 天体の観測的研究	橋本修
1993-1994	マゼラン雲球状星団の光度関数	西田伸二
1993-1994	異常変光を示す小惑星	中村士
1993	SN1993J の光度変化	吉田重臣
1993	Sub-mJy 電波源銀河(Blue Radio Galaxies)の環境についての研究	山田亨
1993	宇宙の柵状構造を利用した中間 Z の輝線銀河探査	山田亨
1993	Study of H-Alpha-Emission-Line stars	小倉勝男
1993	銀河反中心方向の赤色巨星探査観測	松本茂
1993	楕円銀河の形態に対する環境効果	多賀正敏
1993	超光度赤外線銀河のディーブイメーキング	谷口義明
1993	BVRI CCD Photometry of Powerful Radio Galaxies	谷口義明
1993	電波源の光学的位置の決定	中嶋浩一
1993	モザイク CCD による小惑星サーベイ	渡部潤一
1993	モザイク CCD による太陽系天体探査の試験観測	渡部潤一
1993	北銀極の微小銀河サーベイ	柏川伸成
1993	衝突銀河団中の活動銀河分布探査	富田晃彦

年	課題名	代表者
1993	スペースデブリの光学的観測	平山智啓
1994-2002	CCDによる深いH α 全天撮像	小倉勝男(1994, 2000-2002) 祖父江義明(1995, 1996, 1998, 1999)
1994-2000	SiOレーザー赤外線源の変光周期	Jiang Biwei(1994-1996) 松本茂(1997) 中島淳一(1999-2000)
1994-1999	シュミット写真の教育への応用	畑英利
1994-1998	特異炭素星の変光観測	中田好一
1994-1998	CCDデータアーカイブシステムの開発	吉田重臣
1994-1997	地球近傍小惑星の測光観測	安部正真
1994-1997	HII領域の電離構造	吉田重臣
1994-1996	近傍銀河の近赤外線撮像観測	柳澤顕史
1994-1996	大きい赤方偏移を持つQSOの多色探索	川良公明(1994-1995) 山縣朋彦(1996)
1994-1996	Pisces-Perseus領域の銀河特異運動	渡辺大
1994-1995	ロックマンホールの広域CCD撮像	谷口義明
1994-1995	モザイクCCDによる近傍銀河団観測	土居守
1994-1995	南天散開星団の固有運動	樽沢賢一
1994-1995	ブライトリム分子雲に伴う輝線星	仲野誠
1994-1995	公開天文台ネットワーク	吉田重臣
1994-1995	CCD観測の誤差評価	市川伸一
1994-1995	CO T-F関係式による遠方銀河の距離	市川隆
1994	銀河の化学的一様性に関する研究	V.Vansevicius
1994	近赤外線での銀河計数	伊藤信成
1994	銀河系中心領域赤外線源の光学同定	小野智子
1994	狭視野CCDアストロメトリ	吉澤正則
1994	コロナの測光	日江井英二郎
1994	Low-Luminosity Galaxies in Voids	C. Kim
1994	Open Clusters in the Galaxy	Jean Souchay
1995-1999	マゼラン雲の球状星団	西田伸二
1995-1999	コンパクト銀河群の4バンドディープサーベイ	西浦慎悟
1995-1997	近傍銀河のSED観測	伊藤信成
1995-1997	地球衝突小惑星の検出	磯部琇三
1995-1996	銀河アトラス	市川隆
1995-1996	近傍の横向き銀河のダークマター	三輪洋照
1995-1996	NGC4051のCCD観測	兼古昇
1995-1996	狭帯域フィルターによるLy α 輝線銀河の探索	林野友紀
1995-1996	銀河の大局構造	山縣朋彦
1995-1996	系外銀河の色超過を用いた我々の銀河系内吸収量の評価	長谷川隆
1995-1996	原始惑星状星雲の長期変動観測	中田好一
1995-1996	電波源の光学的位置の測定	中嶋浩一
1995-1996	彗星起源の可能性のあるAAA小惑星の観測	大塚勝仁
1995-1996	うしかい座ボイド領域の銀河サーベイ	前原英夫
1995-1996	RR Lyraes in the outer halo of the Galaxy	Sean Ryan
1995	銀河周辺部の衝突痕	若松謙一
1995	やまねこ座おおぐま座フィラメント中のKUGs	竹内努
1995	活動銀河の狭帯域撮像観測	吉田重臣
1995	赤外線観測衛星ISO一般公募プロポーザルの為の予備観測	出口修至
1995	銀河中心付近の赤外線源探査	松本茂
1995	小惑星による恒星の掩蔽の予報改良	佐藤勲
1995	木曾CCDのColor Equation	吉田重臣
1995	Type Ia型超新星の母銀河IC4182の距離測定	吉井讓
1995	「スターバスト銀河団」のメンバーの多色測光	富田晃彦
1995	球状星団M3, M13, M15, M92の光度関数	下田真弘
1995	BVRI測光による微小小惑星の型分類	中村士
1995	木曾シュミットプレートから分裂前のSL9を探す	布施哲治
1996-2013	若い散開星団の広域測光観測	小倉勝男
1996-2011	小惑星探査	香西洋樹
1996-2004	金属欠乏星の深査	寿岳潤(1996-1997) 官谷幸行(1998-2004)
1996-1998	2KCCDの開発	征矢野隆夫
1996-1998	MAGNUM候補天体の観測	川良公明(1996-1997) 峰崎岳夫(1998)
1996-1997	近赤外波長域でのTully-Fisher関係式	市川隆
1996-1997	ヘルボップ彗星の尾の立体構造	征矢野隆夫
1996-1997	可視光と電波によるヘルボップ彗星	阿部新助
1996-1997	モザイク近赤外線カメラの開発	市川隆
1996-1997	CCD測光プログラムDAOPHOTのインストール	濱部勝
1996-1997	KONICの開発	柳澤顕史
1996-1997	ISOによるhigh-z銀河候補天体の光学同定	祖父江義明(1996) 長谷川隆(1997)

年	課題名	代表者
1996-1997	Hale-Bopp 彗星の近赤外撮像観測	長谷川均
1996-1988	シュミットプレートからの小惑星検出	David Asher (1996-1997) 磯部秀三 (1998)
1996	楕円銀河におけるディスク成分	水野孝雄
1996	大規模構造 scale での銀河の集団 starburst 光度関数の作成	竹内努
1996	銀河バルジ領域における質量・光度比の研究	市川隆
1996	ヒアデス星団中の極小質量星サーベイ	柳沢顕史
1996	彗星の CCD 偏光撮像	中村士
1996	小惑星自軸の非主軸成分の検出	中村士
1996	KONIC の観測性能評価	市川隆
1996	M31 における惑星状星雲の分光観測	桜井浩
1996	ISO により Lockman Hole で検出された天体の光学追求観測	長谷川隆
1996	Pisces-Perseus 領域銀河の統計的研究	渡辺大
1996	Parallaxes for Low-Mass Stars	Hugh Jones
1997-2005	Schmidt plate を利用した天体カタログの改良	中嶋浩一
1997-2002	狭帯域干渉フィルターによる クエーサー広域ディープサーベイ	林野友紀
1997-2002	大型 CCD による広域深宇宙探査	長谷川隆
1997-2000	Post-AGB 星の可視・近赤外観測	藤井高宏
1997-1998	木曾シュミットによるクエーサーの観測	川良公明
1997-1998	近傍銀河の狭帯域撮像観測	祖父江義明 (1997) 阪本成一(1998)
1997-1998	狭帯域撮像観測によるクエーサー周囲の銀河群の研究	田中壱
1997-1998	NGC4013 とりょうけん座第 II 銀河グループの deep CCD 観測	兼古昇
1997-1998	B バンドタリー・フィッシャー関係を用いた Virgo Southern Extension の研究	安田直樹
1997-1998	PANIC による銀河系バルジの近赤外サーベイ	松本茂
1997	可視及び近赤外撮像による blue galaxy 集中領域の追求観測	竹内努
1997	銀河間中性水素雲中の星系検出	富田晃彦
1997	銀河中心の赤外探査	柳沢顕史
1997	低質量星の年周視差の測定	Hugh Jones
1997	ヘルボップ彗星の擾乱の研究	斎藤尚生
1997	火星イオンテールの観測	鶴田浩一郎
1997	シベリア日食で得られたコロナの研究	日江井栄二郎
1997	シーイングの測定	高遠徳尚
1997	宇宙線飛跡識別機能付き CCD カメラの開発	林野友紀
1997	グリズムによる KONIC の赤外分光観測テスト	市川隆
1997	KUG サーベイ領域の早期型渦巻銀河の測光観測	白井正
1997	2KCCD による「あすか広域サーベイ」領域の 紫外超過クエーサー探査	山田亨
1997	Cyg X-2 の X 線と光学波長域での同時観測	Vila Vilaro
1997	KONIC による赤外線星の位置測定	山村一誠
1997	55P/Tempel-Tuttle 彗星プラズマテイルの観測	阿部新助
1998-2011	日本の次期小惑星探査計画の探査候補天体の地上観測	安部正真
1998-2004	木曾太陽系外縁部サーベイ	関口朋彦(1998) 木下大輔(1999-2004)
1998-2001	近赤外変光観測に基づく IRAS 未同定点源の同定	柳澤顕史
1998-2000	距離指標銀河の撮像観測	幸田仁
1998-2000	多天体ファイバー分光器の開発	伊藤信成
1998	系外渦巻き銀河における diffuse HII ガスの探査	本間希樹
1998	赤外線タリー・フィッシャー関係の絶対較正	渡辺大
1998	銀河系 Halo の RR Lyrae の探索	松本茂
1998	地球近傍小惑星の検出	磯部秀三
1998	地球近傍小天体の測光観測	石橋之宏
1998	X 線で暗い銀河団 A1674 の観測	川崎涉
1998	Failed cluster candidate 0806+20 の可視光 follow up	竹内努
1998	JHK photometry of star forming region M78	家田文彦
1998	P/Giacobini-Zinner 彗星プラズマテイルの観測	阿部新助
1999-2000	近傍渦巻銀河バルジの色一等級関係	伊藤信成
1999-2000	近赤外銀河表面輝度の測光及び質量-光度比の研究	高宮務
1999-2000	北銀極方向の IRAS 天体の変光観測	板由房
1999	近赤外タリー・フィッシャー関係の絶対較正	渡辺大
1999	リング状銀河 NGC7742 の構造と進化	濱部勝
1999	変光星の分光乾板データのファイル化と視線速度曲線解析	岡崎彰
1999	Edge-on Spiral Galaxy NGC5907 の Faint Halo の検出	浅井研一郎
1999	「ダーククラスター」候補天体の銀河の探索	中澤知洋
1999	おとめ座銀河団中の楕円銀河の色勾配	田村直之
1999	Br γ 輝線による post-AGB 星サーベイ	田斐晃人
2000-2006	近傍ミラ型星の変光観測	中田好一
2000-2002	2KCCD による暗黒星雲の広域観測	土橋一仁
2000-2001	横向き渦巻銀河のハローの構成成分	浅井研一郎
2000-2001	太陽近傍散開星団の金属量測定	三戸洋之

年	課題名	代表者
2000	楕円銀河の色勾配	田村直之
2000	おとめ座銀河団構成銀河の H α 撮像	幸田仁
2001-2008	ガンマ線バーストの可視光および近赤外線での追観測	浦田裕次
2001-2005	近傍銀河周辺部の矮小銀河探索	西浦慎悟
2001-2003	近傍矮小不規則銀河の表面測光	富田晃彦
2001-2003	コンパクト銀河群の SED 研究	西浦慎悟
2001-2002	銀河団ハローの光学的検出	勝野由夏
2001-2002	XY 座標測定システムの評価と改良	濱部勝
2002-2007	彗星ダストトレイルの可視サーベイ観測	石黒正昇(2002-2005) 猿楽祐樹(2006-2007)
2002-2003	遠方小惑星の光度曲線観測	柳澤正久
2003-2011	太陽系突発天体の観測	関口朋彦 (2003-2006) 宮坂正大 (2007-2008) 南雲優 (2010-2011)
2003-2005	可視域での銀河系外背景放射の探索	中村良介
2003	古典 T Tau 型星における星周円盤からの質量降着の直接的検証	小倉勝男
2003	小惑星の可視・近赤外同時変光観測	長谷川直
2003	カリン族小惑星の光度曲線観測と非主軸回転検出の試み	Budi Dermawan
2004-2013	天文学観測による天文学教育の実践と教材開発	濱部勝
2004-2013	教員養成系学生に対する観測実習とそのためのカリキュラム教材の開発	山縣朋彦
2004-2013	105cm シュミット望遠鏡を用いた理科教育実践と観測データ教材化の試み	西浦慎悟
2004-2010	銀河系ディスク外縁部の深い 3 色広域撮像	中西裕之(2004-2009) 鈴木豊(2010)
2004-2008	族小惑星の観測	長谷川直
2004-2006	広がった AGB 星ダストシェルの光学探査	泉浦秀行
2004-2005	可視光観測による X 線光度超過楕円銀河の研究	吉岡努
2004-2005	数々の環境下での銀河の red envelope の検出	富田晃彦
2004-2005	銀河系外縁部の炭素星深査	福士比奈子
2004-2005	Polaris Cirrus 中の特異な分子雲コアを深る	土橋一仁
2004-2005	楕円銀河に存在するディスク成分のカラー	水野孝雄
2004	保存乾板を用いた前主系列星の変光測定	三戸洋之
2004	遠方小惑星の光度曲線観測	柳澤正久
2004	ファイバーカメラの開発	林野友紀
2004	ガンマ線バースト多色同時測光観測データの解析	三戸洋之
2005-2013	シュミット望遠鏡を用いた天体観測実習と理科教材開発	伊藤信成
2005-2008	トランジット法による系外惑星候補天体の検出	浦川聖太郎 (2005, 2007-2008) 石隈慎一郎 (2006)
2005	若い小惑星族構成員の多色測光観測	佐々木貴教
2005	分光イメージャーによる夜間大気光スペクトルの観測	木山喜隆
2006-2013	多色撮像観測による近傍銀河 HII 領域の SED 研究	西浦慎悟
2006-2007	早期型銀河の B と V におけるディスクとバルジの 2 次元成分分解	水野孝雄
2006	ハローレッドクランプ星の観測	中田好一
2007-2013	広視野 Ha 撮像による銀河系最外縁の星生成領域の探査	小林尚人(2007,2009) 泉奈津子(2013)
2007-2011	シュミットプレートのデジタルアーカイブ	中嶋浩一
2007-2009	X 線光度の異なる楕円銀河周辺での矮小銀河の分布	戸塚都
2007	Edge-on 銀河の scale height 測定による Dark Matter Clump 分布の推定	伊藤信成
2007	惑星状星雲における惑星検出の試み	酒向重行
2007	教育用天体の撮影	征矢野隆夫
2007	ハリ一族彗星 8P/Tuttle のチリ雲の観測とダストトレイル検出の試み	石黒正晃
2007	若い褐色矮星の I バンド測光観測	田中宗親
2007	近傍 HI-rich 銀河での星形成率の研究	美濃和陽典
2007	KWFC 機能試験観測領域の探索	富田浩行
2007	全天の測光カタログから検出した褐色矮星候補天体の可視測光観測	葉山優希子
2008-2013	銀河系ハロー領域のミラ型変光星探査	坂本強
2008-2013	可視光宇宙背景放射	川良公明(2008) 家中信幸(2009-2011) 佐野圭(2013)
2008-2011	太陽系小天体から放出されるダストの物理特性	猿楽祐樹
2008-2011	ガンマ線バースト可視光監視装置 WIDGET	田代信
2008-2011	銀河面に隠されたセフィッド変光星の探査	松永典之
2008-2011	高黄緯領域における大質量太陽系外縁天体 (惑星 X) の探査	寺居剛
2008-2009	銀河系と近傍矮小銀河のミラ型変光星探査	松井真
2008-2009	かみのけ座銀河団の intracluster diffuse light の観測	岡村定矩
2008	彗星ダストトレイル粒子の光散乱特性	猿楽祐樹
2008	地球のトロヤ群小惑星のサーベイ	黒田大介

年	課題名	代表者
2008	低周波電波を伴う M 型矮星 (2MSS J04061077+0251563) に付随する光学フレアの検出	小池一隆
2008	M81 群銀河間中性水素雲の電離状態調査	井上昭雄
2008	系外惑星領域で検出した短周期変光星の追観測	浦川聖太郎
2008	17P/Holms 彗星ダスト雲の観測的研究	猿楽祐樹
2008	銀河面に隠された低表面輝度近傍銀河の深探査観測	奥村真一郎
2008	H α 輝線を用いたフィラメント状分子雲に付随する T タウリ型星の探査	武田将雄
2009-2010	NGC4449 の tidal tail における星形成について	三澤瑠花
2009	散開星団の系外惑星トランジット探査	小林尚人
2009	系外惑星のトランジット周期ずれの検出	真鍋翔
2009	散開星団における mass segregation の研究	長谷川隆
2009	Survey of Star Forming Regions in Barred Galaxies in the Nearby Rich Clusters	俎俸和夫
2010-2011	巨大楕円銀河周辺の力学的環境	戸塚都
2010	赤外超過を示す Cepheid の星周星雲の探査	浮田信治
2010	CMOS センサのシュミット適用実験	青木正
2011-2013	銀河の多色撮像観測の実習と教材化	富田晃彦
2011-2013	KWFC 大規模観測に向けた甲南大学観測実習	富永望
2011	トランジット周期ずれによる未知系外惑星の探索	真鍋翔
2011	大学生、大学院生のための観測天文学教育についての研究	三戸洋之
2011	超新星残骸によるダスト破壊の調査	土橋一仁
2011	マゼラニック・ストリームからの H α 輝線の撮像	八木雅文
2011	Detecting galaxy-infall through a Mpc-scale filament	Hota, Ananda
2011	Multi-site Campaign: Asteroseismology of two Kepler and Sct Stars	Kwon, Jungmi
2011	高校生・大学生向けの天文教材開発	館洞すみれ
2011	コンパクト銀河群環境の H α 輝線天体サーベイ	八木雅文
2012-2013	アウトフローガスの時間変動とクエーサー光度曲線の関係	三澤透(2012) 堀内貴史(2013)
2012-2013	KWFC 銀河面探査(KISOGP)	松永典之
2012-2013	木曾超新星探査(KISS)	諸隈智貴
2012-2013	高反射率小惑星の絶対等級決定	寺居剛
2012-2013	散開星団における系外惑星トランジット探索に向けた試験観測	中村祐太(2012) 大宮正士(2013)
2012-2013	NGC3516 の可視 X 線同時モニター観測	峰崎岳夫
2012	KWFC を用いたクエーサー可視 UV フラックス変動の 2 波長相関の観測	小久保充
2012	可視光宇宙背景放射	家中信幸
2012	広視野 CMOS センサーによるふたご座流星群に属する微光流星の観測	渡部潤一
2012	近傍銀河の潮汐ストリーム検出のためのパイロット観測	田中賢幸
2013	地球近傍小惑星 Nereus の可視光観測	北里宏平
2013	恒星掩蔽サーベイで明らかにする太陽系外縁部の起源と進化	有松亘
2013	黄緯 15-30 度付近の地球近傍小惑星パイロットサーベイ	坂本強

来訪者リスト

木曾観測所には、共同利用研究者をはじめ、教育関係者、実習に参加する学生など、年間300名以上の人々が訪れている。これまでに来所された方々のうち、業者の方・高校生以下の方・他大学実習で1回のみ来所された方を除き、来所記録を確認できた1334名の方の氏名を掲載する。

※ 年次報告(1974-1983年)、観測プロポーザル(1984-1990年)、宿帳(1991-2014年)よりデータを抽出しました。来訪者を完全に網羅したデータが全年代に渡って存在しなかったこと、および手書きの文書が含まれることから、データの漏れや誤読が存在した場合はご容赦願います。

あ

藍健樹
相川利樹
会田芳久
相原博昭
青木和光
青木賢太郎
青木成一郎
青木哲郎
青木みさ
青田英雄
青柳博子
縣秀彦
赤塚友香
秋田谷洋
秋元銀河
秋山正幸
阿久津智忠
浅井研一郎
浅井良
浅岡宏光
浅上陽平
朝倉義彦
朝倉義房
浅野健太郎
朝比奈正人
浅見奈緒子
東謙治
東悠介
麻生善之
足立潤
吾妻洋樹
穴吹直久
阿部新助
阿部利弘
安部正真
阿部祐輝
安部佳子
天貝宏樹
綾仁一哉

新井悠介
荒木岳夫
荒木博志
有馬圭祐
有馬純一
有松亘
有本信雄
有吉誠一郎
栗野諭美
安藤博
安藤裕康
安東正隆
安藤亮

い

飯尾政浩
飯島孝
飯田慎
飯田美幸
飯野孝宏
井内麻友美
家正則
家田文彦
家中信幸
五十嵐創
生田ちさと
井口尚人
居倉聖
池田昌広
池田優二
池村奈津子
石井貴子
石井久司
石井佑紀
石井雄介
石川加奈子
石川耕平
石隈慎一郎
石黒峻登
石黒正晃
石黒正人

石崎秀晴
石崎欣尚
石田勇介
石塚将斗
石橋之宏
石原大助
石原舞
石原裕子
石丸友里
和泉究
泉拓磨
泉奈津子
泉浦秀行
泉田史杏
泉谷夏子
磯野陽子
磯部瑠三
板由房
市川あき江
市川雄一
市村喜八郎
伊藤孝士
伊藤静香
伊藤広昭
伊藤紘子
伊藤広子
伊藤博視
伊藤昌尚
伊藤洋一
稲垣直寛
稲田直久
井上拓
井上裕文
井上允
井上素子
猪口純一
猪瀬智也
伊庭紗綾香
井原隆
伊吹山秋彦

今井裕一
今枝佑輔
今田明
今田大皓
今村康一郎
入倉和志
岩井亜希子
岩井彩
岩切涉
岩崎仁美
岩澤一司
岩澤桃子
岩田生
岩田隆治
岩村由樹

う

宇井崇紘
上田航平
植田準子
上田響
上西達大
上野鉄男
上野遥
上野宗孝
上原隼
上平寿佳
上村悟司
植村千尋
浮田信治
宇佐見正志
氏家悦子
臼井正
臼井文彦
臼田知史
卯田純平
宇民正
内一由夏
内生蔵幹雄
内山瑞穂
宇都宮宏行

内海和彦
内海紀代美
内海洋輔
宇野由紀
馬渡正秀
梅畑豪紀
梅村学
梅本智文
宇山喜一郎
鶴山太智
浦川聖太郎
浦口史寛
浦崎健太郎
浦田武
浦田裕次
浦本洋一

え

江草芙実
江口昌利
榎基宏
榎戸輝揚
海老沢研
海老澤勇治
遠藤光

お

及川賢一
王晏
大朝由美子
大内正己
大川拓也
大河原綾乃
大木健
大木俊夫
黄木聖子
大北晨平
大久保直美
大久保瑞希
大久保美智子
大河内孝祐
大沢清輝

大澤亮
大島吾一
大島拓真
大曾根明宏
大田笑利
太田径介
太田耕司
太田進也
大谷信吾
大谷浩
大谷陽祐
大塚勝仁
大塚茂巳
大坪貴文
大鶴朋子
大仲圭一
大西浩次
大西久永
大沼悠一
大野晋太郎
大野貴博
大場孝二
大場庸平
大橋永芳
大橋弘
大橋宏幸
大橋満
大見智亮
大道綾
大宮正士
大森真梨絵
大藪進喜
大山智輝
大山陽一
大脇直明
岡朋治
岡崎敦男
岡崎彰
岡島礼奈
岡田一志
岡田臣
岡田陽子
岡本文典
岡本理奈
沖田喜一
沖中望
荻原文恵
奥田香織
奥田治之
奥村幸子
奥村純

奥村真一郎
奥村哲也
小倉勝男
尾崎和海
尾崎仁
小澤友彦
尾関真二
小田稔
織田岳志
小高夏来
音羽徳英
小野綾子
小野浩一
小野智子
小野宣昭
尾上匡房
小野里宏樹
小野寺幸子
小野寺仁人
小野寺桃子
面高俊宏
恩田香織

か

海田正大
外戸千晶
各務聡一郎
鏡裕行
棧卓哉
欠畑賢之
影山翔一
笠羽康正
笠原将一
笠原直樹
柏川伸成
柏木雄太
柏野大地
嘉数悠子
春日敏測
勝川往雄
勝野由夏
勝部貴子
加藤大輔
加藤隆之
加藤拓也
加藤裕太
門田拓郎
香取頭雄
金井徹
金井陽子
金澤慧
兼古昇

兼子仁
金田榮治
金田栄祐
加納祐樹
鎌崎剛
神川えりか
上塚貴史
神谷保臣
鹿室大
亀谷和久
茅原弘毅
唐井美沙栄
唐牛宏
軽部智一
川井和彦
河合純
川井誠一
河合利秀
川上恭子
川口俊宏
川崎涉
河路航起
川尻友香
河内敏康
河内友佑
川西崇史
川野元聡
川端拓信
川端弘治
川端善仁
川畑理気
川又啓太
川俣良太
河村晶子
川本司
川良公明
神田泰
官谷幸利
神鳥亮

き

木井康二
木甲斐智明
菊田智史
菊池仙
菊地穰
菊池勇輝
菊池礼奈
菊本隆博
岸浩平
岸本信宏
北川祐太郎

北里宏平
北野健介
北村正利
木戸英治
衣笠公陽
木野勝
木下佳祐
木下大輔
木下宙
木挽俊彦
木部景子
木村博
木村能章
木山喜隆
丘栞

く

日下部展彦
日下部晴香
日下部元彦
櫛田美岬
久城育夫
楠根貴成
楠木梨花子
朽名正道
久野光輝
首藤陽平
久保田実
久保田夕紀
倉上富夫
倉田宗人
倉橋肇
倉山智春
栗田光樹夫
黒岩寛明
黒沢恵理
黒澤耕介
黒田大介
桑田太郎
桑田要一郎
桑原充
桑原龍一郎

け

剣持周子

こ

小池一隆
小池美知太郎
小池航
黄未来
香西洋樹
幸田仁
甲地あかり

河野孝太郎
河野邊宏
小久保充
小熊隆一
小暮智一
古在由秀
小笹隆司
越田進太郎
児島和彦
小島崇史
越山寛子
小杉健郎
巨勢かず枝
小平桂一
児玉忠恭
小西久弘
小西真広
古橋薫
小浜光洋
小林香菜
小林沙緒里
小林隆貴
小林千晶
小林正和
小林行泰
小原和
小松弘和
小宮山裕
小麦真也
古村夢結
小森真里奈
小山仁
小山知人
小山洋
小山佑世
小山田涼香
小屋松進
近藤莊平
近藤浩
近藤豊
昆野正博

さ

齊田智恵
斉藤明日香
斎藤馨児
斎藤大
斎藤尚生
斎藤崇史
斉藤卓弥
斎藤健雄
斎藤勉

斎藤智子
斎藤文一
齋藤正雄
斎藤衛
濟藤祐理子
斎藤亮
佐伯真季
五月女悦久
酒井剛
坂井伸行
酒井寛子
坂井義人
酒井芳文
坂井隆一
坂田和実
坂田悠
坂本晶子
阪本成一
坂本強
櫻井茜
櫻井隆
桜井浩
櫻井冬子
左近樹
佐々木彩菜
佐々木五郎
佐々木純
佐々木晶
佐々木貴教
佐々木敏由紀
佐々木実
佐々木悠輔
笹谷勝
笹原和俊
定金晃之
作花一志
薩美巨歩
佐藤彰子
佐藤勲
佐藤一輝
佐藤一樹
佐藤和子
佐藤功美子
佐藤恵子
佐藤修二
佐藤仙一
佐藤太基
佐藤拓也
佐藤哲也
佐藤智子
佐藤文男

佐藤文香
佐藤文衛
佐藤幹哉
佐藤衛寿
佐藤康則
佐藤祐介
里見滋
佐野圭
佐野孝好
鮫島寛明
鮫島昌弘
皿井宏仁
澤口麻美
澤田剛士
沢田保宏
澤村将太郎

し

潮田和俊
塩谷泰広
鹿野良平
支岐成友
茂野剛史
重森博之
篠原正雄
柴田三四郎
柴田拓実
柴田達也
芝塚要久
柴原由果
柴橋博資
渋谷雄太
島匠
嶋作一大
島田雅史
嶋田泰祐
島本早也佳
清水寛
清水醇
清水沙羅
清水壮一
清水孝則
清水貴治
清水靖夫
志村千紘
下井倉ともみ
下坂涉
下田眞弘
下田優弥
下西隆
下見淳一郎
下村宗太郎

釋宏介
寿岳潤
庄司泰萌
庄野知佳
白石匡
白瀧絵里
白浜公平
城野ちあき
城間仙
白水麻里意

す

末松環
末元善三郎
菅井肇
菅佐原たか子
菅沼正洋
菅野愛
杉田精司
杉田知人
杉谷光司
杉本樹信
杉山倫子
鈴木愛理
鈴木昭弘
鈴木朝子
鈴木歩
鈴木案
鈴木建
鈴木駿策
鈴木淳嗣
鈴木智子
鈴木尚孝
鈴木文晴
鈴木美郁
鈴木豊
鈴木洋一郎
鈴木竜二
鈴木玲子
須田亮平
周藤浩
砂田和良
巢楽正光

せ

関宗蔵
関口和寛
関口朋彦
関口真木
瀬田裕美
瀬沼隆彦
千石天光
禪野孝広

そ

荘佳蓉
相馬充
栞原允
曾弘博
徂徠和夫

た

大道卓
多賀正敏
高岡直美
高木小枝
高木知里
高木靖彦
高木悠平
高窪啓弥
高桑繁久
高田唯史
高田碧郎
高田昌之
高谷理香
嵩地厚
高遠徳尚
高梨直紘
高橋一馬
高橋茂
高橋伴子
高橋智将
高橋隼
高橋久夫
高橋英則
高橋めぐみ
高橋安大
高橋由圭
高橋幸弘
高橋亘
高原一紀
高見道弘
田上佳恵
高宮大策
高宮務
高山勸司
高山直之
高山正輝
高山隆児
田川義和
瀧澤辰洋
滝本豊四
竹井洋
竹内努
竹内仁
竹内美絵

武田秋
武田将雄
竹村由紀子
田坂守
田代信
多田直樹
立澤麻衣
辰馬未沙子
辰巳直人
辰巳ひかる
館内謙
館洞すみれ
立松健一
田中明
田中老
田中一尚
田中京子
田中邦彦
田中賢幸
田中宏和
田中雅臣
田中真知子
田中幹人
田中宗親
田中要次
田中済
田中館基親
田辺健慈
田邊俊彦
田鍋浩義
田辺玲奈
谷口暁星
田沼俊一
田原博人
田開晋一
玉栄正人
玉川徹
田村智志
田村真一
田村直之
田村一

ち

近田義広
近美克行
千葉庫三
千葉柁司

つ

塚田健
塚本裕介
津川元彦
津久井健太

辻幸子
辻本匡弘
津田彰子
土屋俊夫
筒井泉雄
筒井芳典
続唯美彦
堤陵
常田佐久
常富直之
椿俊光
坪井昌人
坪田匡史
積田寿久
鶴岡浩一
て
出口修至
出沢恵理子
出田誠
出野雄也
寺居剛
寺澤真理子
寺田幸功
寺西孝友
寺光雄志
と
東矢高尚
富樫民樹
利川興司
徳久章
徳丸宗利
所拓磨
土佐誠
濤崎智佳
戸田博之
戸田雅之
栃原豊生
戸塚都
戸次宥人
舎川元成
鳥羽儀樹
土橋一仁
富岡努
富田晃彦
富田弘一郎
富田良雄
富永望
友野大悟
外山清高
豊田英里
豊増伸治

鳥居研一
鳥飼瞳
な
内藤誠一郎
中井直正
永井智哉
中尾光
中尾恵
長尾透
中岡正奈
中桐正夫
中久保佳代子
中込圭佑
中島王彦
中嶋浩一
中島浩二
中島淳一
中島崇
中嶋匡史
中島英彰
中島秀穂
中島秀俊
中島宏和
中島康
長島薫
中須賀真一
仲田史明
永田啓了
永田伸一
長田哲也
長田幸仁
仲谷眞吾
中谷創平
中津公司
長妻努
中西賢之
中西裕之
仲野誠
中平勝子
中道晶香
中道豪一
中村昭子
仲村賢一
中村敬喜
中村隆
中村士
中村友彦
中村文隆
中村将行
中村祐太
中村仁彦

中村佳博
中村良介
中山和則
中山裕之
中山文彦
南雲優
夏日耕一
成相秀一
成子貴洋
馴松晃治
南葉大器
に
新原洋祐
二河久子
西澤淳
西嶋颯哉
西田実継
西田伸二
西田麻衣子
西田稔
西野洋平
西端一憲
西原英治
西原説子
西原智佳子
西村史朗
西村高德
西村美里
西山広太
似鳥啓吾
丹羽政貴
ぬ
縫田明理
忽滑谷基
ね
根本明宗
の
能丸淳一
野上大作
野口本和
野澤哲生
野沢由依
野田和弘
野田さえ子
野田伸介
野田夏実
野田祥代
野田博文
野中秀紀
乗本祐慈
は

萩谷友香
萩野智司
萩原正敏
橋口剛
橋口敏郎
橋場康人
橋畑隆幸
橋本修
橋本厚太
橋本淳
橋本岳真
橋本良和
長谷川直
長谷川拓海
長谷川辰彦
長谷川達也
長谷川均
畑田豊彦
端山和大
廿日出文洋
服部英治
服部公平
花上拓海
馬場直志
馬場啓明
浜田沙希
濱田吉博
濱野景子
濱野哲史
濱村しおみ
早崎俊
林克洋
林隆之
林忠史
林正彦
林野友紀
早野淳二
早野裕
葉山優希子
原口健太郎
原田真志
半坂剛志
半田利弘
萬本忠宏
ひ
日江井榮二郎
日置智紀
東谷千比呂
疋田伶奈
挽地亜紀子
樋口有理可

樋口諒
比田井昌英
日高真
日堂真由
兵藤義之
平井正則
平居悠
平岡広太郎
平下博之
平野信吾
平野真由
平林茂人
平松正顕
平山智啓
比留間誠
廣田晶広
広田由佳
ふ
深井久史
深沢泰司
深瀬雅央
府川賢右
福井康雄
福江慧
福来正孝
福士比奈子
福島英雄
福田玖瑠未
福田詩郎
福田学
福本研索
藤井高宏
藤井智浩
藤井通子
藤木謙一
藤田眞之
藤貫直子
藤間瑞樹
藤村大介
藤本空
藤本征史
藤本光昭
藤吉好則
藤原英明
藤原均
藤原正雄
藤原義隆
布施哲治
二部育子
二見大輔
淵遼亮

船曳淳
船山日斗志
古川麒一郎
古川晋吾
古河貴裕
古澤順子
古澤久徳
古沢秀明
古荘玲子

ほ

方智賢
穂坂秀昭
星久樹
細井優
細貝正之
細川めぐみ
洞口俊博
堀哲也
堀有紀子
堀内貴史
堀江光典
本城剛毅
本荘裕子
本田圭子
本田玄
本間希樹

ま

舞原俊憲
前田和宏
前田健太郎
巻内慎一郎
牧野泰丈
増田絵里
増田匡代
増永浩彦
増野圭輔
間世田浩
町田吉弘
松井洋
松井真
松井恵
松井由美子
松浦健一郎
松浦隆裕
松尾厚
松岡純司
松岡均
松岡良樹
松下克史
松下恭子
松田孟留

松田有一
松田雄一郎
松野充郁
松村聡子
松村雅文
松本恵未子
松本茂
松本隆行
松本千穂
松本敏雄
松本直也
松本裕子
松本良雄
松本義彦
松山仰介
真鍋翔
丸谷美恵
丸山潤
丸山美代子

み

三浦一規
三浦直也
三上孝雄
三上良孝
三澤透
三澤瑠花
水落拓
水口健太
水谷耕平
水谷昌彦
水野謙和
水野舜
水野孝雄
水野博
水本岬希
水本好彦
三谷夏子
満田和真
皆口裕樹
南篤志
南繁行
南野真容子
箕浦舞
美濃和陽典
宮内良子
三宅智也
宮坂正大
宮崎聡
宮下暁彦
宮島一彦
宮代元氣

宮田英明
宮野彩
宮ノ下亮
宮本泉
宮本昌典
宮脇牧子
三好義隆
三輪洋照

む

牟田梓
武藤圭史朗
宗田康博
村岡和幸
村上敏夫
村上紀子
村上英義
村川真莉菜
村田昭広
村多大輔
村田泰宏
村田洋子
村仲涉
村山卓
室井恭子
室園浩司

め

目黒卓

も

持田智
望月浩司
本原頭太郎
百瀬莉恵子
森淳
森敬子
森健彰
森珠実
森真知子
森陽里
森川昌史
森田文哉
森田康彦
森田亮介
森野潤一
守村良作
森本創
森本智彦
守屋堯

や

八木雅文
矢治健太郎
矢島健一

安井千香子
安江伸吾
安田直樹
谷内田浩
柳沢俊史
矢作日出樹
矢吹太朗
山内千里
山内良亮
山岡佳世
山縣朋彦
八巻富士男
山岸大貴
山口貴広
山口卓也
山崎綾紗
山崎和浩
山崎聡
山崎翔
山崎翔太郎
山崎詩郎
山崎すばる
山崎高幸
山崎三樹
山崎悠子
山崎由子
山下智志
山下泰正
山田純一
山田剛史
山田亨
山田真保
山田善彦
山谷弘美
山根宏大
山野井瞳
山之内遥
山日彬史
山村一誠
山本智
山村昇平
山本直紀
山本直孝
山本文雄
山本麻由
山本真由美
山本美和
山本遼

ゆ

油井正生
柚木倫代

湯谷正美

よ

横川創造
横野安則
横山広美
横山弘光
吉岡慶一郎
吉岡努
吉川真
吉川真珠
吉川裕輔
吉澤正則
吉住千亜妃
吉田慎一郎
吉田剛
吉田拓馬
吉田鉄生
吉田俊光
吉田英人
吉田二美
吉田真希子
吉田道利
吉永恵子
吉野彰
吉村智子
吉本信雄
依田崇弘
米田瑞生
米津雅枝
米村裕次郎

ろ

盧徳圭

わ

若狭義之
若松謙一
梓本隆太
和田武彦
和田有希
渡辺悦二
渡辺健一
渡辺周吾
渡部潤一
渡邊大
渡辺堯
渡辺鉄哉
渡辺敏夫
渡辺直人
渡辺正明
渡辺裕
渡部裕貴

外国人

- Angel, R.
Ann Hong-Bae
Asher, David
Balazs, L.G.
Bappu, Vainu M.K.
Barr, L.
Basu, B.
Beers, Timothy
Bottinelli, L.
Dr. Burkhead
Cannon, R.D.
Chun, M.Y.
Dantl, G.
Dao Vong Duc
Dermawan, Budi
Gallagher, J.S.
Gangadhara
Dr. Giese
Gillingham, P.
Glass, Ian
Gouguenheim, L.
Gunn, J. E.
Hassan
He Xiang-Tao
Heidmann, Jean
Helin, E.F.
Hidayat, Bambang
Hidayat, R.
Hogan, C.
Hong, S.S.
Hough
Hu Fuxing
Hu Jing-Yao
Huang Chang-Chun
Hunter, D.A.
Issa Ali Issa
Jackson, B.
Jiang, Biwei
Jones, Hugh
Kim, C.
Kucinsks, Arunas
Kühne, C.
Kurtz, Don
Kwon, Jungmi
Dr.Lagerkvist
Lee, S.W.
Lee, T.J.
Liu Xue-Fu
Longair, M.S.
Malin, D.F.
Maury, Alain
Monnet, Finmcoise
Monnet, Guy
Morton, Donald C.
Nambu, Y.
Dr.Naumov
Nguyen Ful Huan
Nguyen Mau Tung
Om Vats Hari
Othman, M.
Pandey, Anil K.
Paparo, M.
Park, N.K.
Parthasarathy, M.
Partoharsodio, H.
Pecker, J.C.
Peng, Erick
Peterson, Bruce A.
Philip, Davis A.G.
Dr.Prabhu
Pyo Jeonghyun
Raharto, Moedji
Ramesh, B.
Ratnatunga, K. U.
Richmond, Michael
Rocca-Volmerange, B.
Rod, Frehlich
Roman, A.
Dr.Rubin
Rucinski, S. M.
Ruth, Esser
Ryan, S.
Sagan, Ram
Sahu, D.K.
Lee Sang-Gak
Saunders, U.
Sharma, Saurabh .
Shishov, V.
Shouguan, Wang
Sidal-Nunes, M. J.
Singh,M.
Siregar, S.
Smith, H.J.
Smith, M.G.
Soegiartini, Endang
Songsathaporn, R.
Soonthornthum, B.
Souchay, Jean
Dr.Sutantyo
Stobie, R.S.
Szecseyi-Nagy, G.
Thomas, J.A.
Tokunaga, Alan T.
Tsvetkov, Dmitry
Turner, Ed
van den Bergh, S.
Vansevicius, V.
Walter, Saurer
Weinberger, Ronald
Winramihardja, S.D
Woltjer, L.
Woltjer, U.
Xiao Xing-Hua
Yin Qi-Feng
Yiping Wang
Yun, H.S.
Zhang Rong-Xian
Zhao Gang
Zhou Xu
Zinnecker, H.
葵怜剛
馬静遠
王俊傑
王紅池
王正明
王益蓮
郭慧君
郭紅鋒
姜碧洛
吳学兵
吳景煌
胡寧生
吳昺烈
清水疆
錢忠鈺
蘇玉吟
賴詩萍
趙先孜
挑大志
張提
沈敬鎮
陳建生
陳彪
鄭雅今
何香濤
林紅妙
村南
羅定江
李鐘雄
劉慶忠
劉彩品
姚永強
エハメティ・レテブ
ミュー・タン

職員リスト

旧職員

高瀬 文志郎	1974	～	1984.	3	
石田 蕙一	1974	～	1990.	6	
田中 亘	1974	～	2005.	3	
浜島 清利	1975.	4	～	1982.	3
清水 実	1975.	10	～	1988.	3
前原 英夫	1975.	12	～	1988.	2
野口 猛	1975.	12	～	1987	
岡村 定矩	1978.	4	～	1991.	3
濱部 勝	1982.	8	～	1993.	3
畑 英利	1987.	2	～	1989.	3
谷口 義明	1987.	4	～	1991.	3
胡 佛興	1988.	4	～	1989.	4
近藤 雅之	1988.	7	～	1992.	3
市川 伸一	1989.	4	～	1989.	12
吉田 重臣	1990.	4	～	2000.	3
辻 隆	1990.	7	～	1992.	6
市川 隆	1991.	4	～	1996.	10
中田 好一	1991.	8	～	2009.	3
祖父江 義明	1992.	7	～	1996.	6
Willem van Driel	1992.	8	～	1994.	7
Lidia van Driel	1993	～	1994.	7	
長谷川 隆	1995.	4	～	1997.	5
吉井 讓	1996.	7	～	2000.	3
柳澤 顕史	1996.	11	～	1997.	3
峰崎 岳夫	1997.	4	～	2000.	9
伊藤 信成	1997.	6	～	2001.	3
黒田 順子	1997.	6	～	1998.	3
矢動丸 泰	1998.	4	～	1999.	3
竹原 幹子	1998.	4	～	2002.	3
田実 晃人	1999.	4	～	2000.	10
田中 培生	2000.	4	～	2004.	3
西浦 慎悟	2001.	4	～	2003.	10
磯貝 瑞希	2003.	11	～	2006.	3

富田 浩行	2006.	4	～	2007.	7
猿楽 祐樹	2007.	11	～	2010.	3
松永 典之	2009.	4	～	2012.	8

旧補佐員

中村 静子	1974.	1	～	2000.	3
洞 きよみ	1975.	6	～	1989.	3
尾羽林 敏子	1980.	5	～	2004.	3
田中 由美子	1984.	10	～	2014.	3
大橋 幸子	1987.	4	～	1988.	3
川瀬 みち代	1988.	4	～	1991.	2
征矢野 雅子	1989.	4	～	1991.	6
山田 和代	1990.	12	～	2010.	3
樽沢 由里子	1991.	7	～	1994.	4
徳原 とら子	2000.	5	～	2006.	3

現職員

青木 勉	1974	～			
征矢野 隆夫	1974	～			
樽沢 賢一	1985.	5	～		
三戸 洋之	1998.	12	～		
宮田 隆志	2000.	10	～	2009.	3
	2011.	4	～		
土居 守	2004.	4	～	2006.	3
	2008.	4	～		
小林 尚人	2006.	4	～		
酒向 重行	2008.	10	～		
諸隈 智貴	2011.	4	～		
前原 裕之	2012.	12	～		

現補佐員

中地 紀子	1994.	4	～		
村山 さとみ	2010.	4	～		
森 由貴	2014.	2	～		

論文リスト

2000～2013 年度に出版された、木曾観測所で得られたデータを用いた査読論文、および木曾観測所所員が関わった査読論文を掲載する。

※1999 年以前の論文については、木曾観測所ホームページを参照

http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kiso/hp/RESEARCH/paperlist_a.html

- Pandey, A. K., Ogura, K., Sekiguchi, K., "Stellar Contents of the Galactic Giant H { II} Region NGC 3603", PASJ, 52, 847-865 (2000).
- Nishida, S., Tanabé, T., Nakada, Y., Matsumoto, S., Sekiguchi, K., Glass, I. S. "The variability of Magellanic cluster infrared stars" MNRAS, 313, 136-140 (2000).
- Deguchi, S., Fujii, T., Izumiura, H., Kameya, O., Nakada, Y., Nakashima, J., Ootsubo, T., Ukita, N. "SiO Maser Survey of the Galactic Disk IRAS Sources. II. $|l| \leq 3^\circ$ and $|b| \leq 3^\circ$, the Galactic Center Area" ApJS, 128, 571-595 (2000).
- Deguchi, S., Fujii, T., Izumiura, H., Kameya, O., Nakada, Y., Nakashima, J. "SIO Maser Survey of the Galactic Disk IRAS Sources. III. $-10^\circ < l < 15^\circ$ and $|b| \leq 3^\circ$, a Central Part of the Galaxy" ApJS, 130, 351-379 (2000).
- Nakashima, J., Jiang, B. W., Deguchi, S., Sadakane, K., Nakada, Y. "Period Measurement of AGB Stars in the Outer Galactic Disk" PASJ, 52, 275 (2000).
- Hasegawa, T., Wakamatsu, K., Malkan, M., Sekiguchi, K., Menzies, J. W., Parker, Q. A., Jugaku, J., Karoji, H., Okamura, S. "Large-scale structure of galaxies in the Ophiuchus region" MNRAS, 316, 326-344 (2000).
- Itoh, N., Soyano, T., Tarusawa, K., Aoki, T., Yoshida, S., Hasegawa, T., Yadomaru, Y., Nakada, Y., Miyazaki, S. "A very wide-field CCD camera for Kiso Schmidt telescope" PNAOJ, 6, 41-48 (2001).
- Watanabe, M., Yasuda, N., Itoh, N., Ichikawa, T., Yanagisawa, K. "Surface Photometric Calibration of the Infrared Tully-Fisher Relation Using Cepheid-based Distances of Galaxies" ApJ, 555, 215-231 (2001).
- Pandey, A. K., Nilakshi, Ogura, K., Sagar, R., Tarusawa, K. "NGC 7654: An interesting cluster to study star formation history" A&A, 374, 504-522 (2001).
- Oyabu, S., Kawara, K., Tsuzuki, Y., Sofue, Y., Sato, Y., Okuda, H., Taniguchi, Y., Shibai, H., Gabriel, C., Hasegawa, T., Nishihara, E., "ISO continuum observations of quasars at $z=1-4$. I. Spectral energy distributions of quasars from the UV to far-infrared", A&A, 365, 409-416 (2001).
- Sakurai, T., Yanagisawa, K., Kobiki, T., Kasahara, S., Nakakubo, K., "Sunspot Magnetic Fields Observed with a Large-Format Infrared Array", PASJ, 53, 923-930 (2001).
- Parthasarathy, M., García-Lario, P., Gauba, G., de Martino, D., Nakada, Y., Fujii, T., Pottasch, S. R., San Fernández de Córdoba, L., "IUE and ISO observations of the bipolar proto-planetary nebula Hen 401 (IRAS 10178-5958)", A&A, 376, 941-949 (2001).
- Gauba, G., Parthasarathy, M., Nakada, Y., Fujii, T., "UV (IUE) spectra of the central stars of high latitude planetary nebulae Hb7 and Sp3", A&A, 373, 572-575 (2001).
- Pandey, A. K., Nilakshi, Ogura, K., Sagar, R., Tarusawa, K., "NGC 7654: An interesting cluster to study star formation history", A&A, 374, 504-522 (2001).
- Nishiura, Shingo, Shioya, Yasuhiro, Murayama, Takashi, Sato, Yasunori, Nagao, Tohru, Taniguchi, Yoshiaki, Sanders, David B., "A Multi-Band Photometric Study of Tidal Debris in a Compact Group of Galaxies: Seyfert's Sextet", PASJ, 54, 21-34 (2002).
- Fujii, T., Nakada, Y., Parthasarathy, M. "BVRIJHK photometry of post-AGN candidates" A&A, 385, 884 (2002).
- Imai, H., Deguchi, S., Fujii, T., Glass, I. S., Ita, Y., Izumiura, H., Kameya, O., Miyazaki, A., Nakada, Y., Nakashima, J. "Detection of SiO Masers from the Large-Amplitude Variables in the Galactic Nuclear Disk" PASJ, 54, L19-L22 (2002).
- Menzies, J., Feast, M., Tanabe, T., Whitelock, P., and Nakada, Y. "The brightest asymptotic giant branch stars in the Leo I dwarf spheroidal galaxy" MNRAS, 335, 923-927 (2002).
- Takeda, Y., Parthasarathy, M., Aoki, W., Ita, Y., Nakada, Y., Izumiura, H., Noguchi, K., Takada-Hidai, M., Sato, B., Tajitsu, A., Honda, S., Kawanomoto, S., Ando, H., and Karoji, H. "Detection of Zinc in the

- Very Metal-Poor Post-AGB Star HR 4049" PASJ, 54, 765-773 (2002).
- Ita, Y., Tanabe, T., Matsunaga, N., Nakajima, Y., Nagashima, C., Nagayama, T., Kato, D., Kurita, M., Nagata, T., Sato, S., Tamura, M., Nakaya, H., Nakada, Y. "Pulsation at the tip of the first giant branch" MNRAS, 337, L31-L34 (2002).
- Tomita, A. and Maehara, H. "Properties of Spiral-Peculiar Type of Kiso Ultraviolet-Excess Galaxies" PASJ, 54, 661-682 (2002).
- Miyauchi-Isobe, N. and Maehara, H. "The Second Kiso Survey for Ultraviolet-Excess Galaxies.III" PNAOJ, 6, 107-146 (2002).
- Ishiguro, M., Watanabe, J., Usui, F., Tanigawa, T., Kinoshita, D., Suzuki, J., Nakamura, R., Ueno, M. and Mukai, T. "First Detection of an Optical Dust Trail along the Orbit of 22P/Kopff" ApJ, 572, L117-L120 (2002).
- Nishiura, S., Ohnishi, K., Dobashi, K., Watanabe, J., Miyata, T., Nakada, Y. "Optical Imaging of the Radiant Points of Leonids during the 2001 Storm with the 105cm Kiso Schmidt Telescope" PASJ, 54, L83-L88 (2003).
- Sekiguchi, T., Abe, M., Boehnhardt, H., Dermawan, B., Hainaut, O. R. and Hasegawa, S. "Thermal observations of MUSES-C mission target (25143) 1998 SF36" A&A, 397, 325-328 (2003).
- Ishiguro, M., Abe, M., Ohba, Y., Fujiwara, A., Fuse, T., Terada, H., Goto, M., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., and Hasegawa, S. "Near Infrared Observations of MUSES-C Mission Target (25143) 1998 SF36" PASJ, 55(3), 691-699 (2003).
- Sako, S., Okamoto, Y. K., Kataza, H., Miyata, T., Takubo, S., Honda, M., Fujiyoshi, T., Onaka, T., Yamashita, T. "Improvements in Operating the Raytheon 320 × 240 Pixel Si:As Impurity Band Conduction Mid-Infrared Array" PASP, 115, 1407-1418 (2003).
- Honda, M., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Miyata, T., Yamashita, T., Sako, S., Takubo, S., Onaka, T. "Detection of Crystalline Silicates around the T Tauri Star Hen 3-600A" ApJ, 585, L59-63 (2003).
- Okamoto, Y. K., Kataza, H., Yamashita, T., Miyata, T., Sako, S., Takubo, S., Honda, M., Onaka, T., "K3-50A: An Ultracompact H II Region Ionized by a Massive Stellar Cluster" ApJ, 584, 368-384 (2003).
- Ishiguro, M., Kwon, S. M., Sarugaku, Y., Hasegawa, S., Usui, F., Nishiura, S., Nakada, Y., Yano, H. "Discovery of the Dust Trail of the Stardust Comet Sample Return Mission Target: 81P/Wild 2" ApJ, 589, L101 (2003).
- Urata, Y., Nishiura, S., Miyata, T., Mito, H., Kawabata, T., Nakada, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Yoshida, A., Tamagawa, T., Makishima, K. "Multi-band optical follow-up observations of GRB 020813 at KISO and Bisei observatories" ApJ, 595, L21 (2003).
- Pandey, A. K., Upadhyay, K., Nakada, Y., Ogura, K. "Interstellar extinction in the open clusters towards galactic longitude around 130deg" A&A, 397, 191 (2003).
- Hasegawa, S., Murakawa, K., Ishiguro, M., Nonaka, H., Takato, N., C.J. Davis, Ueno, M., Hiroi, T. "Evidence of hydrated and/or hydroxylated minerals on the surface of asteroid 4 Vesta" Gophys.Res.Let., 30, 2123 (2003).
- Sekiguchi T., Abe M., Boehnhardt H., Dermawan B., Hainaut O. R., Hasegawa S. "Thermal observation of MUSES-C missin target (25143) 1998SF36" A&A, 397, 325-328 (2003).
- Ishiguro M., Abe M., Ohba Y., Fujiwara A., Fuse T., Terada H., Goto M., Kobayashi N., Tokunaga A. T. Hasegawa S. "Near-infrared observations of (25143) 1998SF36" PASJ, 55, 691-699 (2003).
- Ohba Y. Abe M., Hasegawa S., Ishiguro M., Kwiatkowski T., Colas F., Dermawan B., Fujiwara A. "Pole orientation and triaxial ellipsoid shape of (25143) 1998 SF36, a target asteroid of the MUSES-C mission" EPS, 55, 341-347 (2003).
- Kaasalainen, T. Kwiatkowski, M. Abe, J. Piironen, T. Nakamura, Y. Ohba, B. Dermawan, T. Farnham, F. Colas, S. Lowry, P. Weissman, R. J. Whiteley, D. J. Tholen, S. M. Larson, M. Yoshikawa, I. Toth, and F. P. Velichko "CCD photometry and model of MUSES-C target (25143) 1998 SF36" A&A, 405, L29-L32 (2003).
- Nakajima, K. "Link of the Stellar Coordinate System to the Extragalactic Coordinate System on Schmidt Plates" Hitotsubashi Journal of Arts and Sciences, 44, 1-9 (2003).
- Miyauchi-Isobe, N. and Maehara, H. "The Second Kiso Survey for Ultraviolet-Excess Galaxies. IV" PNAOJ, 7, 37-52 (2003).
- Pandey, A. K., Upadhyay, K., Ogura, K., Sagar, R. "Wide Field CCD Photometry of the Young Open Cluster NGC 663" BASI, 31, 377 (2003).
- Minezaki, T., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Enya, K., Suganuma, M., Tomita, H., Aoki, T., Peterson, B. A. "Inner Size of a Dust Torus in the Seyfert 1 Galaxy NGC 4151" ApJ, 600, L35 (2004).
- Ambika, S., Parthasarathy, M., Aoki, W., Fujii, T.,

- Nakada, Y., Ita, Y., Izumiura, H. "Chemical composition of UV-bright star ZNG 4 in the globular cluster M 13" *A&A*, 417, 293 (2004).
- Ita, Y., Tanabe, T., Matsunaga, N., Nakajima, Y., Nagashima, C., Nagayama, T., Kato, D., Kurita, M., Nagata, T., Sato, S., and 3 coauthors "Variable stars in the Magellanic Clouds: results from OGLE and SIRIUS" *MNRAS*, 347, 720 (2004).
- Miyata, T., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Onaka, T., Sako, S., Honda, M., Yamashita, T., Murakawa, K. "Sub-arcsecond imaging and spectroscopic observations of the Red Rectangle in the N-band" *A&A*, 415, 179-187 (2004).
- Urata, Y., Miyata, T., Nishiura, S., Tamagawa, T., Burenin, R. A., Sekiguchi, T., Miyasaka, S., Yoshizumi, C., Suzuki, J., Mito, H., Nakada, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Shinki, S., Makishima, K. "Early (<0.3 Days) R-Band Light Curve of the OptiAfterglow of GRB 030329" *ApJ*, 601, L17-19 (2004).
- Honda, M., Watanabe, J., Yamashita, T., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Kawakita, H., Furusho, R., Kinoshita, D., Sekiguchi, T., Ootsubo, T., Onaka, T. "The 10 Micron Spectra of Comet C/2002 V1 (NEAT) and C/2001 RX14 (LINEAR)" *ApJ*, 601, 577-582 (2004).
- Urata, Y., Nishiura, S., Miyata, T., Mito, H., Kawabata, T., Nakada, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., and 2 coauthors "Multiband Optical Follow-up Observations of GRB 02083 at Kiso and Bisei Observatories" *Balt.Astron.*, 13, 261 (2004).
- Deguchi, S., Imai, H., Fujii, T., Glass, I.S., Ita, Y., Izumiura, H., Kameya, O., Miyazaki, A., Nakada, Y., and Nakashima, J. "SiO Maser Survey of the Large-Amplitude Variables in the Galactic Center" *PASJ*, 56, 261 (2004).
- Ita, Y., Tanabe, T., Matsunaga, N., Nakada, Y., and 9 coauthors "Variable syats in the Magellanic Clouds II" *MNRAS*, 353, 705 (2004).
- Deguchi, S., Fujii, T., Glass, I.S., Imai, H., Ita, Y., Izumiura, H., Kameya, O., Miyazaki, A., Nakada, Y., and Nakashima, J. "SiO Maser Survey of the IRAS Sources in the Galactic Disk" *PASJ*, 56, 765 (2004).
- Okamoto, Y. K., Kataza, H., Honda, M., Yamashita, T., Onaka, T., Watanabe, J., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I. "An early extrasolar planetary system revealed by planetesimal belts in β Pictoris" *Nature*, 431, 660-663 (2004).
- Honda, M., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Miyata, T., Yamashita, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Ito, M., Okada, Y., Sakon, I., Onaka, T. "Crystalline Silicate Feature of the Vega-like Star HD 145263" *ApJ*, 610, L49-L52 (2004).
- Nakajima, K. "Development of an Optical Character Reader (OCR) for Reading Printed Old Catalogs of Astronomical Data" *Hitotsubashi Journal of Arts and Sciences*, Vol.45, 1-9 (2004).
- Sako, S., Yamashita, T., Kataza, H., Miyata, T., Okamoto, Y. K., Honda, M., Fujiyoshi, T., Onaka, T. "Search for 17 μ m H₂ Pure Rotational Emission from Circumstellar Disks" *ApJ*, 620, 347-354 (2005).
- Lederer, S. M., Domingue, D. L., Vilas, F., Abe, M., Farmhan, T. L., Javis, K. S., Lowry, S. C., Ohba, Y., Weissman, P. R., French, L.M., Fukai, H., Hasegawa, S., Ishiguro, M., Larson, S. M., Takagi, Y. "Physical characteristics of Hayabusa target asteroid 25143 Itokawa" *ICARUS*, 173, 153-165 (2005).
- Matsunaga, N., Deguchi, S., Ita, Y., Tanabe, T., Nakada, Y. "SiO Maser Sources towards Globular Clusters" *PASJ*, 57, L1 (2005).
- Matsunaga, N., Nakada, Y., Tanabe, T., Fukushi, H., Ita, Y. "Red variables in globular clusters . Comparison with the Bulge and the LMC" *MmSAI*, 77, 63 (2005).
- Matsunaga, N., Fukushi, H., Nakada, Y. "Mira variables in the Galactic bulge with OGLE-II data" *MNRAS*, 364, 117 (2005).
- Deguchi, S., Nakashima, J., Miyata, T., Ita, Y. "Observations of Stellar Maser Sources with No IRAS Counterpart" *PASJ*, 57, 933-949 (2005).
- Sugita, S., Ootsubo, T., Kadono, T., Honda, M., Sako, S., Miyata, T., Sakon, I., Yamashita, T., Kawakita, H., Fujiwara, H., and 13 coauthors "Subaru Telescope Observations of Deep Impact" *Science*, 310, 274-278 (2005).
- Sako, S., Yamashita, T., Kataza, H., Miyata, T., Okamoto, Y. K., Honda, M., Fujiyoshi, T., Terada, H., Kamazaki, T., Jiang, Z., Hanawa, T., Onaka, T. "No high-mass protostars in the silhouette young stellar object M17-SO1" *Nature*, 434, 995-998 (2005).
- Pandey, A. K., Upadhyay, K., Ogura, K., Sagar, R., Mohan, V., Mito, H., Bhatt, H. C., Bhatt, B. C. "Stellar contents of two young open clusters: NGC 663 and NGC 654" *MNRAS Astron.Soc*, 358, 1290-1308 (2005).
- Johnson, J. A., Winn, J. N., Rampazzi, F., Barbieri, C., Mito, H., Tarusawa, K., Tsvetkov, M., Borisova, A.,

- Meusinger, H. "The History of the Mysterious Eclipses of KH 15D. II. Asiago, Kiso, Kitt Peak, Mount Wilson, Palomar, Tautenburg, and Rozhen Observatories, 1954-1997" *AJ*, 129, 1978-1984 (2005).
- Muller T. G., Sekiguchi T., Kaasalainen M., Abe M., and Hasegawa S. "Thermal infrared observations of the Hayabusa spacecraft target asteroid 25143 Itokawa" *A&A*, 443, 347-355 (2005).
- Miyauchi-Isobe, N., Maehara, H. "The Second Kiso Survey for Ultraviolet-Excess Galaxies. V" *PASJ*, 8, 1-15 (2005).
- Miyauchi-Isobe, N. and Maehara, H. "The Second Kiso Survey for Ultraviolet-Excess Galaxies. VI" *PNAOJ*, 9, 1-10 (2006).
- Pandey, A. K., Ogura, K. and Sharma, S. "The Population in the Background of Open Clusters: Tracer of the Norma-Cygnus arm" *MNRAS*, 373, 255 (2006).
- Sharma, S., Pandey, A. K., Ogura, K., Mito, H., Tarusava, K., Sagar, R. "Wide Field CCD Photometry around Nine Open Clusters" *AJ*, 132, 1669 (2006).
- Fujii, T., Deguchi, S., Ita, Y., Izumiura, H., Kameya, O., Miyazaki, A., Nakada, Y. "SiO Maser Survey of the Inner Bar of the Galactic Bulge" *PASJ*, 58, 529 (2006).
- Fujiwara, H., Honda, M., Kataza, H., Yamashita, T., Onaka, T., Fukagawa, M., Okamoto, Y. K., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I. "The Asymmetric Thermal Emission of the Protoplanetary Disk Surrounding HD 142527 Seen by Subaru/COMICS" *ApJ*, 644, 133 (2006).
- Honda, M., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Yamashita, T., Min, M., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I., Onaka, T. "Subaru/COMICS Study on Silicate Dust Processing around Young Low-Mass Stars" *ApJ*, 646, 1024 (2006).
- Ishihara, D., Onaka, T., Kataza, H., Miyata, T., Okamoto, Y. K., Yamashita, T., Sako, S., Honda, M., Okada, Y., Fujiyoshi, T., Cohen, M. "Ground-based Mid-Infrared Spectroscopy of Faint Standard Stars in the North Ecliptic Polar Region for the ASTRO-F Infrared Camera" *AJ*, 131, 1074 (2006).
- Matsunaga, N., Fukushi, H., Nakada, Y., Tanabe, T., Feast, M. W., Menzies, J. W., Ita, Y., Nishiyama, S., Baba, D., Naoi, T., and 4 coauthors "The period-luminosity relation for type II Cepheids in globular clusters" *MNRAS*, 370, 1979 (2006).
- Minezaki, T., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Enya, K., Suganuma, M., Tomita, H., Koshida, S., Yamauchi, M., Aoki, T. "First Detection of Near-Infrared Intraday Variations in the Seyfert 1 Nucleus NGC 4395" *ApJ*, 643, L5 (2006).
- Sharma, S., Pandey, A. K., Ogura, K., Mito, H., Tarusava, K., Sagar, R. "Wide Field CCD Photometry around Nine Open Clusters" *AJ*, 132, 1669 (2006).
- Suganuma, M., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Minezaki, T., Enya, K., Tomita, H., Aoki, T., Koshida, S., Peterson, B. A. "Reverberation Measurements of the Inner Radius of the Dust Torus in Nearby Seyfert 1 Galaxies" *ApJ*, 639, 46 (2006).
- Tokura, D., Onaka, T., Takahashi, H., Miyata, T., Sako, S., Honda, M., Okada, Y., Sakon, I., Tajiri, Y. Y., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Yamashita, T., Fujiyoshi, T. "Mid-Infrared High Spatial Resolution Observations of NGC 1569: Detection of Embedded Embryos of Star Formation" *ApJ*, 648, 355 (2006).
- Tomita, H., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Minezaki, T., Enya, K., Suganuma, M., Aoki, T., Koshida, S., Yamauchi, M. "Multiple Regression Analysis of the Variable Component in the Near-Infrared Region for Type 1 AGN MCG +08-11-011" *ApJ*, 652, L13 (2006).
- Tomita, H., Deng, J., Maeda, K., Yoshii, Y., Nomoto, K., Mazzali, P., Suzuki, T., Kobayashi, Y., Minezaki, T., Aoki, T., Enya, K., Suganuma, M. "The Optical/Near-Infrared Light Curves of SN 2002ap for the First 1.5 Years after Discovery" *ApJ*, 644, 400 (2006).
- Huang, K. Y., Urata, Y., Kuo, P. H., Ip, W. H., Ioka, K., Aoki, T., Chen, C. W., Chen, W. P., Isogai, M., Lin, H. C., Makishima, K., Mito, H., Miyata, T., Nakada, Y., Nishiura, S., Onda, K., Qiu, Y., Soyano, T., Tamagawa, T., Tarusawa, K., Tashiro, M., and Yoshioka, T. "Multicolor Shallow Decay and Chromatic Breaks in the GRB 050319 Optical Afterglow" *ApJ*, 654, L25-L28. (2007).
- Ishiguro, M., Sarugaku, Y., Miura, N., Usui, F., Ueno, M., M. Y. Chun, S. M. Kwon "Dark Red Debris from Short-Period Comets: 2P/Encke, 22P/Kopff and 65P/Gunn" *Icarus*, 189, 1, 169-183 (2007).
- Pandey, A. K., Sharma, S., Upadhyay, K., Ogura, K., Sandhu, T. S., Mito, H., Sagar, R. "Stellar Contents of Two Intermediate Age Clusters: NGC 1912 and NGC 1907" *PASJ*, 59, 3, 547-558 (2007).
- Ruiz-Velasco, A. E., Swan, H., Troja, E., Malesani, D., Fynbo, J. P. U., Starling, R. L. C., Xu, D., Aharonian, F., Akerlof, C., Andersen, M. I., Ashley, M. C. B., Barthelmy, S. D., Bersier, D., Castro

- Ceron, J. M., Castro-Tirado, A. J., Gehrels, N., Gogus, E., Gorosabel, J., Guidorzi, C., Guver, T., Hjorth, J., Horns, D., Huang, K. Y., Jakobsson, P., Jensen, B. L., Kiziloglu, U., Kouveliotou, C., Krimm, H. A., Ledoux, C., Levan, A. J., Marsh, T., McKay, T., Melandri, A., Milvang-Jensen, B., Mundell, C. G., O'Brien, P. T., Ozel, M., Phillips, A., Quimby, R., Rowell, G., Rujopakarn, W., Rykoff, E. S., Schaefer, B. E., Sollerman, J., Tanvir, N. R., Thone, C. C., Urata, Y., Vestrand, W. T., Vreeswijk, P. M., Watson, D., Wheeler, J. C., Wijers, R. A. M. J., Wren, J., Yost, S. A., Yuan, F., Zhai, M., Zheng, W. K. "Detection of GRB 060927 at $z = 5.47$: Implications for the Use of Gamma-Ray Bursts as Probes of the End of the Dark Ages" *ApJ*, 669, 1 (2007).
- Sarugaku, Y., Ishiguro, M., Pyo, J., Miura, N., Nakada, Y., Usui, F., Ueno, M. "Detection of Long-Extended Dust Trail Associated with Short Period Comet 4P/Faye in 2006 Return" *PASJ*, 59, L25-L28 (2007).
- Stecklum, B., Melnikov, S. Y., Meusinger, H. "The new nebula in LDN 1415 - A cry from the cradle of a low-luminosity source" *A&A*, 463, 621 (2007).
- Tosaki, T., Miura, R., Sawada, T., Kuno, N., Nakanishi, K., Kohno, K., Okumura, S. K., Kawabe, R. "Arclike Distribution of High CO ($J=3-2$)/CO ($J=1-0$) Ratio Gas Surrounding the Central Star Cluster of the HII Region NGC 604" *ApJ*, 664, L27-L30 (2007).
- de Ugarte Postigo, A., Fatkhullin, T. A., Johannesson, G., Gorosabel, J., Sokolov, V. V., Castro-Tirado, A. J., Balega, Yu. Yu., Spiridonova, O. I., Jelinek, M., Guziy, S., Perez-Ramirez, D., Hjorth, J., Laursen, P., Bersier, D., Pandey, S. B., Bremer, M., Monfardini, A., Huang, K. Y., Urata, Y., Ip, W. H., Tamagawa, T., Kinoshita, D., Mizuno, T., Arai, Y., Yamagishi, H., Soyano, T., Usui, F., Tashiro, M., Abe, K., Onda, K., Aslan, Z., Khamitov, I., Ozisik, T., Kiziloglu, U., Bikmaev, I., Sakhibullin, N., Burenin, R., Pavlinsky, M., Sunyaev, R., Bhattacharya, D., Kamble, A. P., Ishwara Chandra, C. H., Trushkin, S. A. "Extensive multiband study of the X-ray rich GRB 050408. A likely off-axis event with an intense energy injection" *A&A*, 462, L57-L60 (2007).
- Urata, Y., Huang, K. Y., Qiu, Y. L., Hu, J., Kuo, P. H., Tamagawa, T., Ip, W. H., Kinoshita, D., Fukushi, H., Isogai, M., Miyata, T., Nakada, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Mito, H., Onda, K., Ibrahimov, M., Pozanenko, A., and Makishima, K. "Very Early Multicolor Observations of the Plateau Phase of the GRB 041006 Afterglow" *ApJ*, 655, L81-L84 (2007).
- Urata, Y., Huang, K., Kuo, P., Ip, W., Qiu, Y., Masuno, K., Tashiro, M., Abe, K., Onda, K., Kodaka, N., Kuwahara, M., Tamagawa, T., Usui, F., Ioka, K., Lee, Y., Wei, J., Deng, J., Zheng, W., Makishima, K. "A Multiband Study of the Optically Dark GRB 051028" *PASJ*, 59, L29-L33 (2007).
- Urata, Y., Yamazaki, R., Sakamoto, T., Huang, K., Zheng, W., Sato, G., Aoki, T., Deng, J., Ioka, K., Ip, W., Kawabata, K., Lee, Y., Liping, X., Mito, H., Miyata, T., Nakada, Y., Ohsugi, T., Qiu, Y., Soyano, T., Tarusawa, K., Tashiro, M., Uemura, M., Wei, J., Yamashita, T. "Testing the External-Shock Model of Gamma-Ray Bursts Using the Late-Time Simultaneous Optical and X-Ray Afterglows" *ApJ*, 668, L95-L98 (2007).
- 西浦慎悟、中田好一、三戸洋之、宮田隆志 「高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成」 *地学教育*、第 60 巻、53-66 頁 (2007).
- 浦川聖太郎 「トランジット法による系外惑星探索」 *日本惑星科学会誌 遊星人*、第 16 巻(第 1 号)、58-66 頁 (2007).
- Deguchi, S., Fujii, T., Ita, Y., Imai, H., Izumiura, H., Kameya, O., Matsunaga, N., Miyazaki, A., Mizutani, A., Nakada, Y., and 2 coauthors "An SiO Maser Search off the Galactic Plane" *PASJ*, 59, 559-587 (2007).
- Huang, K. Y., Urata, Y., Kuo, P. H., Ip, W. H., Ioka, K., Aoki, T., Chen, C. W., Chen, W. P., Isogai, M., Lin, H. C., Makishima, K., Mito, H., Miyata, T., Nakada, Y., Nishiura, S., Onda, K., Qiu, Y., Soyano, T., Tamagawa, T., Tarusawa, K., Tashiro, M., and Yoshioka, T. "Multicolor Shallow Decay and Chromatic Breaks in the GRB 050319 Optical Afterglow" *ApJ*, 654, L25-L28 (2007).
- Ita, Y., Tanabe, T., Matsunaga, N., Nakada, Y., Matsuura, M., Onaka, T., Matsuhara, H., Wada, T., Fujishiro, N., Ishihara, D., and 12 coauthors "AKARI Observations of Circumstellar Dust in the Globular Clusters NGC 104 and NGC 362" *PASJ*, 59, 437-442 (2007).
- Kadono, T., Sugita, S., Sako, S., Ootsubo, T., Honda, M., Kawakita, H., Miyata, T., Furusho, R., and Watanabe, J. "The Thickness and Formation Age of the Surface Layer on Comet 9P/Tempel 1" *ApJ*, 661, L89-L92 (2007).
- Kato, D., Nakada, Y., and 39 coauthors "The IRSF Magellanic Clouds Point Source Catalog" *PASJ*, 59, 615-641 (2007).

- Mito, H., Nakada, Y., Karoji, H., Noumaru, J., Okita, K., Norimoto, Y., Ozawa, T., Yadoumaru, Y., Itoh, N., Tajitsu, A., Soyano, T., Tarusawa, K. "The Fiber Multi-Object Spectrograph for the Okayama 188cm Telescope - Development and Observation -" PNAOJ, 10, 1-14 (2007).
- Pandey, A. K., Sharma, S., Upadhyay, K., Ogura, K., Sandhu, T. S., Mito, H., Sagar, R. "Stellar Contents of Two Intermediate Age Clusters: NGC 1912 and NGC 1907" PASJ, 59, 3, 547-558 (2007).
- Sarugaku, Y., Ishiguro, M., Pyo, J., Miura, N., Nakada, Y., Usui, F., Ueno, M. "Detection of Long-Extended Dust Trail Associated with Short Period Comet 4P/Faye in 2006 Return" PASJ, 59, L25-L28 (2007).
- Suganuma, M., Kobayashi, Y., Okada, N., Yoshii, Y., Minezaki, T., Aoki, T., Enya, K., Tomita, H., Koshida, S. "The Infrared Cloud Monitor for the MAGNUM Robotic Telescope at Haleakala" PASP, 119, 567-582 (2007).
- Tanaka, M., Letip, A., Nishimaki, Y., Yamamuro, T., Motohara, K., Miyata, T., Aoki, W. "Near-Infrared Spectra of 29 Carbon Stars: Simple Estimates of Effective Temperature" PASJ, 59, 939-953 (2007).
- de Ugarte Postigo, A., Fatkhullin, T. A., Johannesson, G., Gorosabel, J., Sokolov, V. V., Castro-Tirado, A. J., Balega, Yu. Yu., Spiridonova, O. I., Jelinek, M., Guziy, S., Perez-Ramirez, D., Hjorth, J., Laursen, P., Bersier, D., Pandey, S. B., Bremer, M., Monfardini, A., Huang, K. Y., Urata, Y., Ip, W. H., Tamagawa, T., Kinoshita, D., Mizuno, T., Arai, Y., Yamagishi, H., Soyano, T., Usui, F., Tashiro, M., Abe, K., Onda, K., Aslan, Z., Khamitov, I., Ozisik, T., Kiziloglu, U., Bikmaev, I., Sakhibullin, N., Burenin, R., Pavlinsky, M., Sunyaev, R., Bhattacharya, D., Kamble, A. P., Ishwara Chandra, C. H., Trushkin, S. A. "Extensive multiband study of the X-ray rich GRB 050408. A likely off-axis event with an intense energy injection" A&A, 462, L57-L60 (2007).
- Urata, Y., Huang, K. Y., Qiu, Y. L., Hu, J., Kuo, P. H., Tamagawa, T., Ip, W. H., Kinoshita, D., Fukushi, H., Isogai, M., Miyata, T., Nakada, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Mito, H., Onda, K., Ibrahimov, M., Pozanenko, A., and Makishima, K. "Very Early Multicolor Observations of the Plateau Phase of the GRB 041006 Afterglow" ApJ, 655, L81-L84 (2007).
- Urata, Y., Yamazaki, R., Sakamoto, T., Huang, K., Zheng, W., Sato, G., Aoki, T., Deng, J., Ioka, K., Ip, W., Kawabata, K., Lee, Y., Liping, X., Mito, H., Miyata, T., Nakada, Y., Ohsugi, T., Qiu, Y., Soyano, T., Tarusawa, K., Tashiro, M., Uemura, M., Wei, J., Yamashita, T. "Testing the External-Shock Model of Gamma-Ray Bursts Using the Late-Time Simultaneous Optical and X-Ray Afterglows" ApJ, 668, L95-L98 (2007).
- Yamamuro, T., Nishimaki, Y., Motohara, K., Miyata, T., and Tanaka, M. "Near-Infrared Spectroscopic Monitoring Observations of Three Yellow Hypergiants and Time Variation of 2.3 μm CO Features of ρ Cassiopeia" PASJ, 59, 973-982 (2007).
- Yamamuro, T., Kawabata, H., Nedachi, K., Nishimaki, Y., Motohara, K., Miyata, T., Pyo, T. S., Takeyama, N., and Tanaka, M. "Development of a Near-Infrared Echelle Spectrograph" PASJ, 59, 387-395 (2007).
- 西浦慎悟、中田好一、三戸洋之、宮田隆志 「高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成」 地学教育、第 60 卷、53—66 頁 (2007).
- Ishiguro, M. "Cometary dust trail associated with Rosetta mission target: 67P/Churyumov Gerasimenko" Icarus, 193, 96-104. (2008).
- Jose, J., Pandey, A. K., Ojha, D. K., Ogura, K., Chen, W. P., Bhatt, B. C., Ghosh, S. K., Mito, H., Maheswar, G., Sharma, S. "Stellar contents and star formation in the young open cluster Stock 8" MNRAS, 384, 1675-1700 (2008).
- Pandey, A. K., Sharma, Saurabh, Ogura, K., Ojha, D. K., Chen, W. P., Bhatt, B. C., Ghosh, S. K. "Stellar contents and star formation in the young star cluster Be 59" MNRAS, 383, 1241-1258 (2008)
- Semkov, E. H., Tsvetkov, M. K., Borisova, A. P., Stavrev, K. Y., Kroll, P., Berthold, T., Birkle, K., Mandel, H., Mito, H., Tarusawa, K. "A long-term photometric study of V 1184 Tauri" A&A, 483, 537-542 (2008).
- Sharma, S., Pandey, A. K., Ogura, K., Aoki, T., Pandey, K., Sandhu, T. S., Sagar, R. "Mass Functions and Photometric Binaries in Nine Open Clusters" AJ, 135, 1934-1945 (2008).
- Yoshino, A., Ichikawa, T. "Colors and Mass-to-Light Ratios of Bulges and Disks of Nearby Spiral Galaxies" PASJ, 60, 493-520 (2008).
- Akiyama, M., Minowa, Y., Kobayashi, N., Ohta, K., Ando, M., Iwata, I. "Adaptive Optics Rest-Frame V-Band Imaging of Lyman Break Galaxies at $z \sim 3$: High Surface Density Disklike Galaxies?" ApJ Supplement Series, 175, 1-28 (2008).
- Furusawa, H., Kosugi, G., Akiyama, M., Takata, T., Sekiguchi, K., Tanaka, I., Iwata, I., Kajisawa, M., Yasuda, N., Doi, M., Ouchi, M., Simpson, C.,

- Shimasaku, K., Yamada, T., Furusawa, J., Morokuma, T., Ishida, C. M., Aoki, K., Fuse, T., Imanishi, M., Iye, M., Karoji, H., Kobayashi, N., Kodama, T., Komiyama, Y., Maeda, Y., Miyazaki, S., Mizumoto, Y., Nakata, F., Noumaru, J., Ogasawara, R., Okamura, S., Saito, T., Sasaki, T., Ueda, Y., Yoshida, M. "The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). II. Optical Imaging and Photometric Catalogs" *ApJ Supplement Series*, 176, 1-18 (2008).
- Hasegawa, S., Muller, T. G., Kawakami, K., Kasuga, T., Wada, T., Ita, Y., Takato, N., Terada, H., Fujiyoshi, T., Abe, M. "Albedo, Size, and Surface Characteristics of Hayabusa-2 Sample-Return Target 162173 1999 JU3 from AKARI and Subaru Observations" *PASJ*, 60, S399-S405 (2008).
- Ita, Y., Onaka, T., Kato, D., Tanabe, T., Sakon, I., Kaneda, H., Kawamura, A., Shimonishi, T., Wada, T., Usui, F., Koo, B. C., Matsuura, M., Takahashi, H., Nakada, Y., Hasegawa, T., Tamura, M. "AKARI IRC Survey of the Large Magellanic Cloud: Outline of the Survey and Initial Results" *PASJ*, 60, S435-S451 (2008).
- Jose, J., Pandey, A. K., Ojha, D. K., Ogura, K., Chen, W. P., Bhatt, B. C., Ghosh, S. K., Mito, H., Maheswar, G., Sharma, S. "Stellar contents and star formation in the young open cluster Stock 8" *MNRAS*, 384, 1675-1700 (2008).
- Kobayashi, N., Yasui, C., Tokunaga, A. T., Saito, M. "Star Formation in the Most Distant Molecular Cloud in the Extreme Outer Galaxy: A Laboratory of Star Formation in an Early Epoch of the Galaxy's Formation1" *ApJ*, 683, 178-188 (2008).
- Matsunaga, N., Mito, H., Nakada, Y., Fukushi, H., Tanabe, T., Ita, Y., Izumiura, H., Matsuura, M., Ueta, T., Yamamura, I. "An AKARI Search for Intracluster Dust of Globular Clusters" *PASJ*, 60, S415-S428 (2008).
- Semkov, E. H., Tsvetkov, M. K., Borisova, A. P., Stavrev, K. Y., Kroll, P., Berthold, T., Birkle, K., Mandel, H., Mito, H., Tarusawa, K. "A long-term photometric study of V 1184 Tauri" *A&A*, 483, 537-542 (2008).
- Sharma, S., Pandey, A. K., Ogura, K., Aoki, T., Pandey, K., Sandhu, T. S., Sagar, R. "Mass Functions and Photometric Binaries in Nine Open Clusters" *AJ*, 135, 1934-1945 (2008).
- Ueta, T., Izumiura, H., Yamamura, I., Nakada, Y., Matsuura, M., Ita, Y., Tanabe, T., Fukushi, H., Matsunaga, N., Mito, H. "AKARI/FIS Mapping of the ISM-Wind Bow Shock around alpha Orionis" *PASJ*, 60, S407-S413 (2008).
- Yasui, C., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., Terada, H., Saito, M. "Star Formation in the Extreme Outer Galaxy: Digel Cloud 2 Clusters" *ApJ*, 675, 443-453 (2008).
- Agnoletto, I., Benetti, S., Cappellaro, E., Zampieri, L., Turatto, M., Mazzali, P., Pastorello, A., Della Valle, M., Bufano, F., Harutyunyan, A., Navasardyan, H., Elias-Rosa, N., Taubenberger, S., Spiro, S., Valenti, S. "SN 2006gy: Was it Really Extraordinary?" *ApJ*, 691, 1348-1359 (2009).
- Ishiguro, M., Sarugaku, Y., Nishihara, S., Nakada, Y., Nishiura, S., Soyano, T., Tarusawa, K., Mukai, T., Kwon, S. M., Hasegawa, S., Usui, F., Ueno, M. "Report on the Kiso cometary dust trail survey" *Advances in Space Research*, 43, 875-879 (2009).
- Miyashita, A., Tanaka K., Watanabe, H., Tanabe, H., Sato, M., Watanabe, J. "Fireball monitoring observation at the Kiso observatory" *PNAOJ*, 12, 11-80 (2009).
- Aoki, K., Totani, T., Hattori, T., Ohta, K., Kawabata, K. S., Kobayashi, N., Iye, M., Nomoto, K., Kawai, N. "No Evidence for Variability of Intervening Absorption Lines toward GRB 060206: Implications for the MgII Incidence Problem" *PASJ*, 61, 387-394 (2009).
- Ishiguro, M., Usui, F., Sarugaku, Y., Ueno, M. "2006 Fragmentation of Comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3B observed with Subaru/Suprime-Cam" *Icarus*, 203, 560-570 (2009).
- Ishiguro, M., Sarugaku, Y., Nishihara, S., Nakada, Y., Nishiura, S., Soyano, T., Tarusawa, K., Mukai, T., Kwon, S. M., Hasegawa, S., Usui, F., Ueno, M. "Report on the Kiso cometary dust trail survey" *Advances in Space Research*, 43, 875-879 (2009).
- Koshida, S., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Minezaki, T., Sakata, Y., Sugawara, S., Enya, K., Suganuma, M., Tomita, H., Aoki, T., Peterson, B. A. "Variation of Inner Radius of Dust Torus in NGC4151" *ApJ*, 700, L109-L113 (2009).
- Morii, M., Kobayashi, N., Kawai, N., Terada, H., Tanaka, Y. T., Kitamoto, S., Shibasaki, N. "Search for Near-Infrared Pulsation of the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61" *PASJ*, 61, 51-56 (2009).
- Pyo, T., Hayashi, M., Kobayashi, N., Terada, H., Tokunaga, A. T. "Spatio-Kinematic Structure at the Base of the [Fe II] Jets from L1551 IRS 5" *ApJ*, 694, 654-663 (2009).
- Takami, H., Goto, M., Gaessler, W., Hayano, Y., Iye, M., Kamata, Y., Kanzawa, T., Kobayashi, N., Minowa,

- Y., Oya, S., Pyo, T. S., Saint-Jacques, D., Takato, N., Terada, H., Tokunaga, A. T., Tsuji, T. "Direct Observation of the Extended Molecular Atmosphere of α Ceti by Differential Spectral Imaging with an Adaptive Optics System" *PASJ*, 61, 623-627 (2009).
- Watanabe, J., Honda, M., Ishiguro, M., Ootsubo, T., Sarugaku, Y., Kadono, T., Sakon, I., Fuse, T., Takato, N., Furusho, R. "Subaru/COMICS Mid-Infrared Observation of the Near-Nucleus Region of Comet 17P/Holmes at the Early Phase of an Outburst" *PASJ*, 61, 679-685 (2009).
- Yasui, C., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., Saito, M., Tokoku, C. "The Lifetime of Protoplanetary Disks in a Low-metallicity Environment" *ApJ*, 705, 54-63 (2009).
- Fulle, M., Colangeli, L., Agarwal, J., Aronica, A., Della Corte, V., Esposito, F., Gruen, E., Ishiguro, M., Ligustri, R., Lopez Moreno, J. J., Mazzotta Epifani, E., Milani, G., Moreno, F., Palumbo, P., Rodriguez Gomez, J., Rotundi, A. "Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko: the GIADA dust environment model of the Rosetta Mission target" *A&A*, 522, id.A63 (2010).
- Ishiguro, M., Watanabe, J., Sarugaku, Y., Ootsubo, T., Kuroda, D., Honda, M., Miyata, T., Yanagisawa, K., Mito, H., Fukushima, H., Niwa, T., Sakamoto, M., Narusawa, S., Akisawa, H. "2007 Outburst of 17P/Holmes: The Albedo and the Temperature of the Dust Grains" *ApJ*, 714, 1324-1333 (2010).
- Miyauchi-Isobe, N., Maehara, H., Nakajima, K. "Comprehensive Catalogue of Kiso Ultraviolet-Excess Galaxies" *PNAOJ*, 13, 9-56 (2010).
- Pastorello, A., Botticella, M. T., Trundle, C., Taubenberger, S., Mattila, S., Kankare, E., Elias-Rosa, N., Benetti, S., Duszynowicz, G., Hermansson, L., Beckman, J. E., Bufano, F., Fraser, M., Harutyunyan, A., Navasardyan, H., Smartt, S. J., van Dyk, S. D., Vink, J. S., Wagner, R. M. "Multiple major outbursts from a restless luminous blue variable in NGC 3432" *MNRAS*, 408, 181-198 (2010).
- Sarugaku, Y., Ishiguro, M., Ueno, M., Usui, F., Watanabe, J. "Outburst of Comet 217P/LINEAR" *ApJ*, 724, L118-L121 (2010).
- Hashimoto, T., Ohta, K., Aoki, K., Tanaka, I., Yabe, K., Kawai, N., Aoki, W., Furusawa, H., Hattori, T., Iye, M., Kawabata, K. S., Kobayashi, N., Komiyama, Y., Kosugi, G., Minowa, Y., Mizumoto, Y., Niino, Y., Nomoto, K., Noumaru, J., Ogasawara, R., Pyo, T., Sakamoto, T., Sekiguchi, K., Shirasaki, Y., Suzuki, M., Tajitsu, A., Takata, T., Tamagawa, T., Terada, H., Totani, T., Watanabe, J., Yamada, T., Yoshida, A. "'Dark' GRB 080325 in a Dusty Massive Galaxy at $z \sim 2$ " *ApJ*, 719, 378-384 (2010).
- Honda, M., Inoue, A. K., Okamoto, Y. K., Kataza, H., Fukagawa, M., Yamashita, T., Fujiyoshi, T., Tamura, M., Hashimoto, J., Miyata, T., Sako, S., Sakon, I., Fujiwara, H., Kamizuka, T., Onaka, T. "Pre-transitional Disk Nature of the AB Aur Disk" *ApJ*, 718, L199-L203 (2010).
- Ishiguro, M., Watanabe, J., Sarugaku, Y., Ootsubo, T., Kuroda, D., Honda, M., Miyata, T., Yanagisawa, K., Mito, H., Fukushima, H., Niwa, T., Sakamoto, M., Narusawa, S., Akisawa, H. "2007 Outburst of 17P/Holmes: The Albedo and the Temperature of the Dust Grains" *ApJ*, 714, 1324-1333. (2010).
- Ita, Y., Onaka, T., Tanabe, T., Matsunaga, N., Matsuura, M., Yamamura, I., Nakada, Y., Izumiura, H., Ueta, T., Mito, H., Fukushi, H., Kato, D. "AKARI near-to mid-infrared imaging and spectroscopic observations of the Small Magellanic Cloud. I Bright point source list" *PASJ*, 62, 273-286 (2010).
- Ita, Y., Matsuura, M., Ishihara, D., Oyabu, S., Takita, S., Kataza, H., Yamamura, I., Matsunaga, N., Tanabe, T., Nakada, Y., Fujiwara, H., Wada, T., Onaka, T., Matsuhara, H. "AKARI's infrared view on nearby stars. Using AKARI infrared camera all-sky survey, 2MASS, and Hipparcos catalogs" *A&A*, 514, id. A2 (2010).
- McDonald, I., Sloan, G. C., Zijlstra, A. A., Matsunaga, N., Matsuura, M., Kraemer, K. E., Bernard-Salas, J., Markwick, A. J. "Rusty Old Stars: A Source of the Missing Interstellar Iron?" *ApJ*, 717, L92-L97 (2010).
- Menzies, J. W., Whitelock, P. A., Feast, M. W., Matsunaga, N. "Asymptotic giant branch stars in the Leo I dwarf spheroidal galaxy" *MNRAS*, 406, 86-94 (2010).
- Nishiyama, S., Hatano, H., Tamura, M., Matsunaga, N., Yoshikawa, T., Suenaga, T., Hough, J. H., Sugitani, K., Nagayama, T., Kato, D., Nagata, T. "Magnetic Field Configuration at the Galactic Center Investigated by Wide-field Near-infrared Polarimetry: Transition from a Toroidal to a Poloidal Magnetic Field" *ApJ*, 722, L23-L27 (2010).
- Sakata, Y., Minezaki, T., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Koshida, S., Aoki, T., Enya, K., Tomita, H., Suganuma, M., Katsuno Uchimoto, Y., Sugawara, S. "Long-Term Optical Continuum Color

- Variability of Nearby Active Galactic Nuclei" *ApJ*, 711, 461-483 (2010).
- Sanna, N., Bono, G., Stetson, P. B., Ferraro, I., Monelli, M., Nonino, M., G. P., Moroni, Prada, Bresolin, R., Buonanno, R., Caputo, F., Cignoni, M., Degl'Innocenti, S., Iannicola, G., Matsunaga, N., Pietrinferni, A., Romaniello, M., Storm, J., Walker, A. R. "On the radial extent of the dwarf irregular galaxy IC10" *ApJ*, 722, L244-L249 (2010).
- Sloan, G. C., Matsunaga, N., Matsuura, M., Zijlstra, A. A., Kraemer, K. E., Wood, P. R., Nieusma, J., Bernard-Salas, J., Devost, D., Houck, J. R. "Spitzer Spectroscopy of Mass-loss and Dust Production by Evolved Stars in Globular Clusters" *ApJ*, 719, 1274-1292 (2010).
- Ueta, T., Stencel, R. E., Yamamura, I., Geise, K. M., Karska, A., Izumiura, H., Nakada, Y., Matsuura, M., Ita, Y., Tanabe, T., Fukushi, H., Matsunaga, N., Mito, H., Speck, A. K. "The interface between the stellar wind and interstellar medium around R Cassiopeiae revealed by far-infrared imaging" *A&A*, 514, A16 (2010).
- Yasui, C., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., Saito, M., Tokoku, C. "Short Lifetime of Protoplanetary Disks in Low-metallicity Environments" *ApJ*, 723, L113-L116 (2010).
- Chauhan, N., Pandey, A. K., Ogura, K., Jose, J., Ojha, D. K., Samal, M. R., Mito, H. "Star formation in bright-rimmed clouds and cluster associated with W5 E HII region" *MNRAS*, 415, 1202-1219 (2011).
- Chen, W. P., Pandey, A. K., Sharma, S., Chen, C. W., Chen, Li, Sperauskas, J., Ogura, K., Chuang, R. J., Boyle, R. P. "A Kinematic and Photometric Study of the Galactic Young Star Cluster NGC 7380" *AJ*, 142, id. 71 (2011).
- Ishiguro, M., Ham, J. B., Tholen, D. J., Elliott, G. T., Micheli, M., Niwa, T., Sakamoto, M., Matsuda, K., Urakawa, S., Yoshimoto, K., Sarugaku, Y., Usui, F., Hasegawa, S., Iwata, I., Ozaki, S., Kuroda, D., Ootsubo, T. "Search for the Comet Activity of 107P/(4015) Wilson-Harrington during 2009/2010 Apparition" *ApJ*, 726, id. 101 (2011).
- Muller, T. G., Durech, J., Hasegawa, S., Abe, M., Kawakami, K., Kasuga, T., Kinoshita, D., Kuroda, D., Urakawa, S., Okumura, S., Sarugaku, Y., Miyasaka, S., Takagi, Y., Weissman, P. R., Choi, Y. J., Larson, S., Yanagisawa, K., Nagayama, S. "Thermo-physical properties of 162173 (1999 JU3), a potential flyby and rendezvous target for interplanetary missions" *A&A*, 525, id.A145, 1-6 (2011).
- Urakawa, S., Okumura, S., Nishiyama, K., Sakamoto, T., Takahashi, N., Abe, S., Ishiguro, M., Kitazato, K., Kuroda, D., Hasegawa, S., Ohta, K., Kawai, N., Shimizu, Y., Nagayama, S., Yanagisawa, K., Yoshida, M., Yoshikawa, M. "Photometric observations of 107P/Wilson-Harrington" *Icarus*, 215, 17-26 (2011).
- Deguchi, S., Koike, K., Kuno, N., Matsunaga, N., Nakashima, J., Takahashi, S. "SiO Maser Spectra of V407 Cyg after the 2010 March Nova Outburst" *PASJ*, 63, 309-315 (2011).
- Ishiguro, M., Ham, J. B., Tholen, D. J., Elliott, G. T., Micheli, M., Niwa, T., Sakamoto, M., Matsuda, K., Urakawa, S., Yoshimoto, K., Sarugaku, Y., Usui, F., Hasegawa, S., Iwata, I., Ozaki, S., Kuroda, D., Ootsubo, T. "Search for the Comet Activity of 107P/(4015) Wilson-Harrington during 2009/2010 Apparition" *ApJ*, 726, id. 101 (2011).
- Ishihara, D., Kaneda, H., Onaka, T., Ita, Y., Matsuura, M., Matsunaga, N. "Galactic distributions of carbon- and oxygen-rich AGB stars revealed by the AKARI mid-infrared all-sky survey" *A&A*, 534, id. A79 (2011).
- Ita, Y., Matsunaga, N. "Period-Magnitude relation of Mira-like variables in the Large Magellanic Cloud as a tool to understand circumstellar extinction" *MNRAS*, 412, 2345-2352 (2011).
- Izumiura, H., Ueta, T., Yamamura, I., Matsunaga, N., Ita, Y., Matsuura, M., Nakada, Y., Fukushi, H., Mito, H., Tanabe, T., Hashimoto, O. "Extended dust shell of the carbon star U Hydrae observed with AKARI" *A&A*, 528, id.A29 (2011).
- Komugi, S., Yasui, C., Kobayashi, N., Hatsukade, B., Kohno, K., Sofue, Y., Kyu, S. "Deep CO Observations and the CO-to-H₂ Conversion Factor in DDO 154, a Low Metallicity Dwarf Irregular Galaxy" *PASJ*, 63, L1-L5 (2011).
- Matsunaga, N., Feast, M. W., Soszynski, I. "Period-luminosity relations of type II Cepheids in the Magellanic Clouds" *MNRAS*, 413, 223-234 (2011).
- Matsunaga, N., Kawadu, T., Nishiyama, S., Nagayama, T., Kobayashi, N., Tamura, M., Bono, G., Feast, M. W., Nagata, T. "Three classical Cepheid variable stars in the nuclear bulge of the Milky Way" *Nature*, 477, 188-190 (2011).
- Menzies, J. W., Feast, M. W., Whitelock, P. A., Matsunaga, N. "Asymptotic Giant Branch Stars in the Sculptor Dwarf Spheroidal Galaxy" *MNRAS*, 414, 3492-3500 (2011).
- Muller, T. G., Durech, J., Hasegawa, S., Abe, M.,

- Kawakami, K., Kasuga, T., Kinoshita, D., Kuroda, D., Urakawa, S., Okumura, S., Sarugaku, Y., Miyasaka, S., Takagi, Y., Weissman, P. R., Choi, Y. J., Larson, S., Yanagisawa, K., Nagayama, S. "Thermo-physical properties of 162173 (1999 JU3), a potential flyby and rendezvous target for interplanetary missions" *A&A*, 525, id.A145, 1-6 (2011).
- Urata, Y., Tashiro, M. S., Tamagawa, T., Usui, F., Kuwahara, M., Lin, H., Kageyama, S., Iwakiri, W., Sugasahara, T., Takahara, K., Kodaka, N., Abe, K., Masuno, K., Onda, K. "WIDGET: System Performance and GRB Prompt Optical Observations" *PASJ*, 63, 137-146 (2011).
- Sakamoto, Tsuyoshi, Matsunaga, Noriyuki, Hasegawa, Takashi, Nakada, Yoshikazu "Discovery of Mira Variable Stars in the Metal-poor Sextans Dwarf Spheroidal Galaxy" *ApJ*, 761, id. L10 (2012).
- Sharma, S., Pandey, A. K., Pandey, J. C., Chauhan, N., Ogura, K., Ojha, D. K., Borrissova, J., Mito, H., Verdugo, T., Bhatt, B. C. "Multiwavelength Study of NGC 281 Region" *PASJ*, 64, 107 (2012).
- Jose, Jessy, Pandey, A. K., Ogura, K., Samal, M. R., Ojha, D. K., Bhatt, B. C., Chauhan, N., Eswaraiah, C., Mito, H., Kobayashi, N., Yadav, R. K. "Optical and near-infrared survey of the stellar contents associated with the star-forming complex Sh2-252" *MNRAS*, 424, 2486 (2012).
- Yagi, M., Komiyama, Y., Yoshida, M. "Candidates of H α emitting regions in Magellanic Stream IV cloud" *ApJ*, 749, id. L2 (2012).
- Feast, M. W., Whitelock, P. A., Menzies, J. W., Matsunaga, N. "The Cepheid distance to the Local Group Galaxy NGC6822" *MNRAS*, 421, 2998-3003 (2012).
- Hamano, S., Kobayashi, N., Kondo, S., Tsujimoto, T., Okoshi, K., Shigeyama, T. "Type-Ia Supernova Remnant Shell At Z=3.5 Seen In The Three Sightlines Toward The Gravitationally Lensed Qso B1422+231" *ApJ*, 754, id. 88 (2012).
- Matsunaga, N. "A discussion on metallicity effects on the period-luminosity relations of Cepheids and Miras" *Astrophysics and Space Science*, 341, 93-98 (2012).
- Tateuchi, K., Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N., Uchimoto, Y. K., Toshikawa, K., Ohsawa, R., Kitagawa, Y., Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Kawara, K., Tanaka, M., Miyata, T., Tanabe, T., Minezaki, T., Sako, S., Morokuma, T., Tamura, Y., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Koshida, S., Kamizuka, T., Nakamura, T., Asano, K., Uchiyama, M., Okada, K., Ita, Y. "miniTAO/ANIR Pa α SURVEY OF LOCAL LIRGs" *Publications of The Korean Astronomical Society* 27, 297 (2012).
- Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Mori, T. I., Miyata, T., Asano, K., Matsuura, M., Kaneda, H. "Unusual Carbonaceous Dust Distribution in PN G095.2+00.7" *ApJ*, 760, id. L34 (2012).
- Honda, M., Maaskant, Koen, Okamoto, Y. K., Kataza, H., Fukagawa, M., Waters, L. B. F. M., Dominik, C., Tielens, A. G. G. M., Mulders, G. D., Min, M., Yamashita, T., Fujiyoshi, T., Miyata, T., Sako, S., Sakon, I., Fujiwara, H., Onaka, T. "Mid-infrared Imaging of the Transitional Disk of HD 169142: Measuring the Size of the Gap" *ApJ*, 752, id. 143 (2012).
- Minowa, Y., Okoshi, K., Kobayashi, N., Takami, H. "Constraining Stellar Properties of Intervening Damped Ly α and Mg II Absorbing Galaxies toward GRB 050730" *AJ*, 144, id. 74 (2012).
- Semkov, E. H., Peneva, S. P., Munari, U., Dennefeld, M., Mito, H., Dimitrov, D. P., Ibryamov, S., Stoyanov, K. A. "Photometric and spectroscopic variability of the FUor star V582 Aurigae" *A&A*, 556, id.A60, 9 pp. (2013).
- Ienaka, N., Kawara, K., Matsuoka, Y., Sameshima, H., Oyabu, S., Tsujimoto, T., Peterson, B. A. "Diffuse Galactic Light in the Field of the Translucent High Galactic Latitude Cloud MBM32" *ApJ*, 767, id. 80 (2013).
- Kim, Myung-Jin, Choi, Young-Jun, Moon, Hong-Kyu, Ishiguro, Masateru, Mottola, Stefano, Kaplan, Murat, Kuroda, Daisuke, Warjurkar, Dhanraj S., Takahashi, Jun, Byun, Yong-Ik "Optical observations of NEA 162173 (1999 JU3) during the 2011-2012 apparition" *A&A*, 550, id. L11 (2013).
- Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D., Shibata, K. "Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler. I. Statistical Properties of Superflares" *ApJ Supplement*, 209, id. 5 (2013).
- Müller, T. G., Miyata, T., Kiss, C., Gurwell, M. A., Hasegawa, S., Vilenius, E., Sako, S., Kamizuka, T., Nakamura, T., Asano, K., Uchiyama, M., Konishi, M., Yoneda, M., Ootsubo, T., Usui, F., Yoshii, Y., Kidger, M., Altieri, B., Lorente, R., Pál, A., O'Rourke, L., Metcalfe, L. "Physical properties of asteroid 308635 (2005 YU55) derived from multi-instrument infrared observations during a very close Earth approach" *A&A*, 558, A97 (2013).

- Kato, T., Monard, B., Hamsch, F., Kiyota, S., Maehara, H. "SSS J122221.7-311523: Double Superoutburst in a Best Candidate Period Bouncer" PASJ, 65, L11 (2013).
- Notsu, S., Honda, S., Notsu, Y., Nagao, T., Shibayama, T., Maehara, H., Nogami, D., Shibata, K. "High Dispersion Spectroscopy of the Superflare Star KIC6934317" PASJ, 65, Article No. 112 (2013).
- Kato, T., Maehara, H. "Analysis of Kepler Light Curve of the Novalike Cataclysmic Variable KIC 8751494" PASJ, 65, Article No.76 (2013).
- Jose, J., Pandey, A. K., Samal, M. R., Ojha, D. K., Ogura, K., Kim, J.S., Kobayashi, N., Goyal, A., Chauhan, N., Eswaraiah, C. "Young stellar population and ongoing star formation in the HII complex Sh2-252" MNRAS, 432, 3445 (2013).
- Notsu, Y., Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D., Shibata, K. "Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler II. Photometric Variability of Superflare-generating Stars: A Signature of Stellar Rotation and Starspots" ApJ, 771, article id. 127 (2013).
- Shibata, K., Isobe, H., Hillier, A., Choudhuri, A. R., Maehara, H., Ishii, T. T., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Honda, S., Nogami, D. "Can Superflares Occur on Our Sun?" PASJ, 65, Article No.49 (2013).
- Kato, T., Hamsch, F., Maehara, H., Masi, G., Miller, I., Noguchi, R., Akasaka, C., Aoki, T., Kobayashi, H., Matsumoto, K., and 77 coauthors "Survey of Period Variations of Superhumps in SU UMa-Type Dwarf Novae. IV. The Fourth Year (2011-2012)" PASJ, 65, Article No.23 (2013).
- Matsunaga, N., Feast, M. W., Kawadu, T., Nishiyama, S., Nagayama, T., Nagata, T., Tamura, M., Bono, G., Kobayashi, N. "Cepheids and other short-period variables near the Galactic Centre" MNRAS, 429, 385 (2013).
- Ishiguro, M., Jewitt, D., Hanayama, H., Usui, F., Sekiguchi, T., Yanagisawa, K., Kuroda, D., Yoshida, M., Ohta, K., Kawai, N., Miyaji, T., Fukushima, H., Watanabe, J. "Outbursting Comet P/2010 V1 (Ikeya-Murakami): A Miniature Comet Holmes" ApJ, 787, article id. 55, 11 pp. (2014).
- Yoneda, M., Miyata, T., Tsang, C. C. C., Sako, S., Kamizuka, T., Nakamura, T., Asano, T., Uchiyama, M., Okada, K., Hayashi, Y., Yoshii, Y., Kagitani, M., Sakanoi, T., Kasaba, Y., Okano, S. "Mid-infrared observations of Io's volcanism from the ground in 2011 and 2012" Icarus, 236, 153-156 (2014).
- Nogami, D., Notsu, Y., Honda, S., Maehara, H., Notsu, S., Shibayama, T., Shibata, K. "Two Sun-like Superflare Stars Rotating as Slow as the Sun" PASJ, 66, L4 (2014).
- Kato, T., Hamsch, F. J., Maehara, H., Masi, G., Nocentini, F. e al. "Survey of period variations of superhumps in SU UMa-type dwarf novae. V. The fifth year (2012-2013)" PASJ, 66, 30 (2014).
- 前原裕之 「小型望遠鏡を用いた突発天体の自動広視野サーベイ」 宇宙航空研究開発機構研究開発報告: 宇宙科学情報解析論文誌: 第3号, pp. 119-127 (2014).

木曾観測所は1974年10月に開所されて以来、本年で40年を迎えることになりました。設置された105cmシュミット望遠鏡は、明るい光学系と広い視野が特徴です。このため設置にあたっては、空が暗い場所であることと長い期間保たれることが重要でした。この点で、この木曾の空の暗さは、40年間変わることなく保たれ、写真乾板からCCDへと検出器性能が上がるたびに新しい発見がなされてきました。この地を選び観測所を開設した先人の皆様の先見性に敬意を表する次第です。

また、木曾観測所は設立から全国共同利用を行い、研究者が常駐する観測所として運営されてきました。この研究者の常駐は、その場で観測研究が行えるという研究者側の利点もありますが、共同利用者側が観測研究への助言や指導が受けられるという利点もありました。その他、家族と共に地域に居住していることから、学校や地域との繋がりが深まり、出前授業や地域観望会などの社会教育活動が生まれていきました。

職員も移り変わり、改組で組織も変わりましたが、設立理念は引き継がれ、観測研究と教育という2本柱の運営は、暗いサイトと相まって今後も新しい発見と広い分野の人材育成に貢献していくでしょう。今までに、多くのユーザーから「居心地のいい観測所」という言葉を頂きましたが、正にこの言葉に集約される観測所を我々は目指してきたと言っても過言ではありません。

記念誌を編纂するにあたり、研究成果を中心にするのか、思い出などを含めるのか編集委員会で検討しましたが、限定せず寄稿者の判断に委ねることに致しました。このため、誌面の統一感には欠けますが、寄稿者の個性あふれる誌面となっています。また、他分野の方にもわかり易いよう文面を一言で表す副題を付けて頂きましたので、タイトル、副題、文中の図・写真等を眺めるだけでも概要をつかんで頂けるのではと期待しています。寄稿者の皆様には、突然で、短期限でのお願いとなりましたが快くお受け下さったことに感謝申し上げますと共に、誌面の都合上お声を掛けられなかった皆様にはお詫び申し上げます。

また、この記念誌に初代所長の高瀬文志郎先生と次代所長の石田蕙一先生に木曾観測所設立の経緯や思いを寄稿して頂きましたのですが、叶いませんでした。記念誌の計画が動き出したのが数ヶ月前のことで、せめて数年前から計画をしていればと後悔しました。そんな折、岡村定矩先生が設立の経緯等を丁寧に調べて下さり、貴重な資料として掲載できましたことに深く感謝申し上げます。

最後に資料ページの論文リストは紙面の関係上、2000年より2013年までしか誌面に掲載できなかった事をお詫び致します。2000年前については、資料ページ記載のwebページからご覧下さい。また、大量にある報道記事についても、主だった天文学的成果や社会的話題の多くがご寄稿頂いた誌面で紹介されていますので割愛させて頂きました。この40年間お世話頂きました地域の皆様や関係機関、ユーザーの皆様方に編集委員一同感謝申し上げますと共に、今後一層のご支援とご協力をお願い申し上げます。

天文学教育研究センター木曾観測所 40 周年記念誌

編集委員 土居守、小林尚人、青木勉、征矢野隆夫、樽澤賢一、森由貴
発行日 平成 26 年 9 月 5 日
編集 木曾観測所 40 周年記念誌編集委員会
発行 国立大学法人 東京大学大学院理学系研究科附属
天文学教育研究センター 木曾観測所
長野県木曾郡木曾町三岳 10762-30 電話 0264-52-3360
印刷 山田印刷株式会社



どうだんつつじ
満天星

Kiso
Observatory,
Institute of
Astronomy,
School of
Science,
The University
of Tokyo

