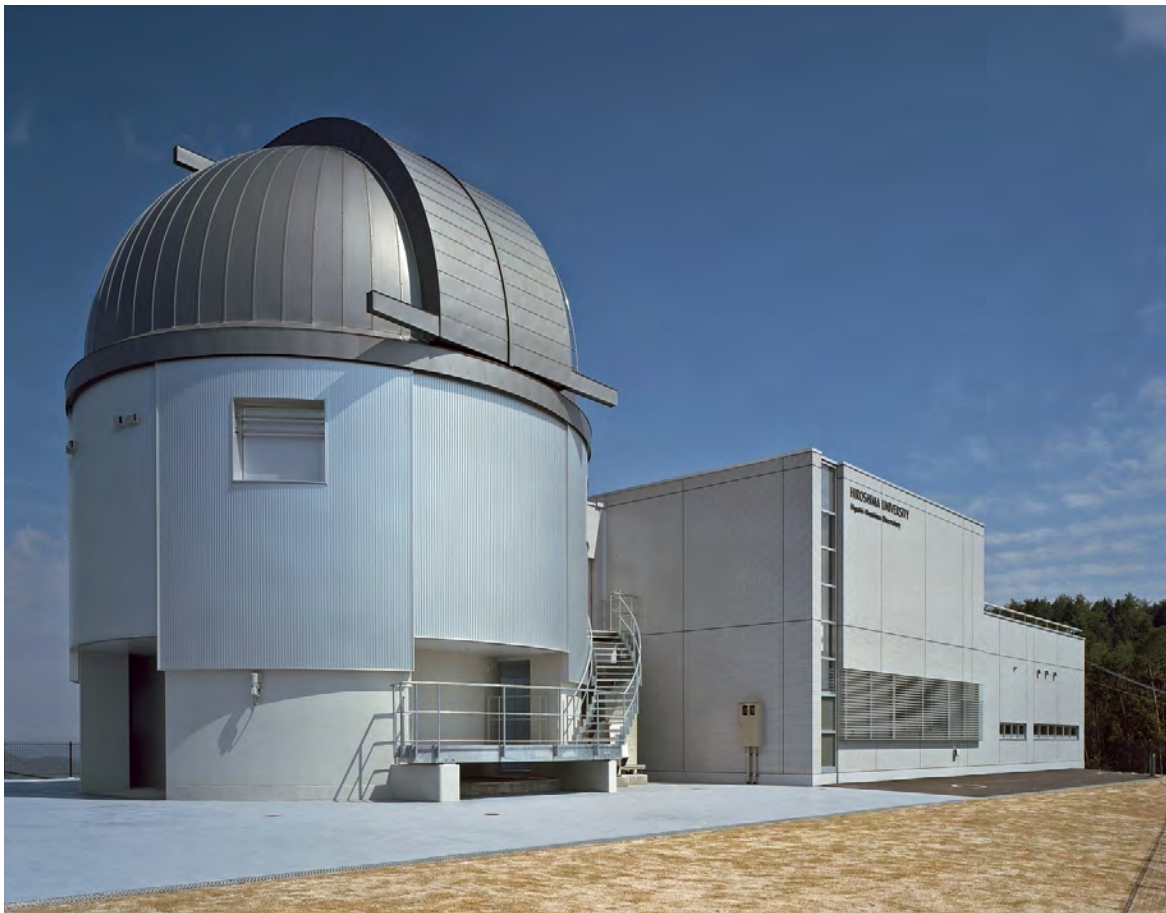


宇宙科学センター&附属東広島天文台の建設経緯
及び
建設後4年間（2006.4～2010.3）の運用報告



平成22年3月

広島大学宇宙科学センター

初めに

国立天文台岡山天体物理観測所の将来計画から話が始まり、西日本大学コンソーシアムがイニシアチブを取り、国立天文台岡山天体物理観測所の望遠鏡を新しくしたいという夢を追求していくことになったのが事の始まりでした。口径 3m 主望遠鏡を京都大学が主体となって作り、副望遠鏡には三鷹にあった口径 1.5m 赤外シミュレーターを岡山構内へ移設し広島大学が運用に責任を持つという案が広島大学天文台具体化の発端でしたが、紆余曲折の後、広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台と「赤外シミュレーター改め、かなた望遠鏡（愛称公募により決定）」と言う形で東広島市下三永の標高 500m の山頂に実現しました。

夢から具体的な提案・プランへ、状況に応じた数々の変更、天文台建設場所・敷地選択の難しい決断など、それぞれの節目において光赤外線天文コミュニティーや国立天文台、広島大学内、建設地・地元自治体、地元住民の皆様にご多大のお世話になりました。どの場面におけるどの方々の御協力も不可欠なもので、欠けていたならばそこで立ち消えになっていた可能性も大きかったと思われまふ。特に岡山天体物理観測所の方々には全ての場面で多大のお世話になりました。東広島天文台は東広島市が天文台公園として整備した敷地の中にあり、東広島市及び東広島市を活動の基盤としておられる方々の強力な支援のもとに実現したことをここに明記し、多くの関係者、協力者の皆様に感謝申し上げると共に地域の文化的活性化に貢献して期待に応えたいと考えております。

もとより、この東広島天文台は大学の教育研究施設として作られました。研究におきましては、突発・激変天体の機動的観測が使命となっております。我々宇宙科学センターの教員に全種類の突発・激変天体の専門家を揃える事は出来ませんが、突発・激変天体が現れれば直ちに観測し、我々の専門でない場合はその道の専門家を捜し協力して観測を続行するのが使命と考えております。また、X線やガンマ線といった高エネルギー光子の宇宙観測衛星と連携した多波長観測も重要な使命と考えております。広島大学が大きな貢献をし、この天文台を建設するきっかけの一つになった GLAST ガンマ線衛星（アメリカ航空宇宙局(NASA)の打ち上げ成功後フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と改名）も打ち上げに成功し、観測を始めました。かなた望遠鏡も特別連携プロジェクトを組み、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と連携同時観測シフトを重要と思われる事象ごとにとり取っております。この衛星打ち上げ成功により、平成 19 年 11 月から学長裁量により X線・ガンマ線部門が付加され、フェルミ・ガンマ線望遠鏡モニター担当特任助教（5 年任期）が就任して活動しております。

教育におきましては、研究観測を通じて大学院生の観測プランの構築、観測、結果の考察、科学的論理思考推論など基本的な科学的能力を磨くための重要な施設として活用しています。もちろんこの施設を利用した学生の中から宇宙研究の有望な研究者が出てくることも大いに期待しています。

天文台は何処にでもある施設とは言えません。また世界の第一線で活発に研究を行っている研究者を複数有する天文施設は日本の大学の中でも希です。またその施設が市民や子供達のすぐ近くに存在するのもまた希なことです。これは子供達や市民の科学リテラシー生涯教育に最高の条件を備えている事を意味します。この方面の教育も我々の天文台の重要な使命の一つと考えております。

これらの使命を全うする事ができれば、お世話になった多くの方々の御期待に沿えるものと考えており、これからもご期待に沿えるように全力で努力する所存です。

平成 22 年 3 月末日

宇宙科学センター長 大杉 節

目次

ページ

はじめに	1
目次	2
1 宇宙科学センター設立及び附属東広島天文台建設の経緯	4
2 シーイング調査と敷地の決定	
2-1 シーイング調査と東広島天文台	11
2-2 天文台設置場所の天候	14
2-3 候補地の地形と地質	16
2-4 ピア的设计	18
3 東広島天文台の建物・施設	
3-1 ドーム的设计	19
3-2 制御棟的设计	23
4 かなた望遠鏡	
4-1 かなた望遠鏡の改造仕様書	24
4-2 かなた望遠鏡の制御系と制御ネットワーク	27
4-3 かなた望遠鏡の初期調整作業の記録	31
5 観測装置	
5-1 TRISPEC (可視近赤外同時撮像分光装置)	37
5-2 HOWPOL (一露出型広視野可視偏光撮像器)	41
5-3 HONIR (可視・赤外線同時測光装置)	44
6 東広島天文台ネットワーク	46
7 東広島天文台観測記録	
7-1 観測夜数	50
7-2 観測天体と使用した観測装置	52
7-3 かなた望遠鏡を使った観測研究	53
8 東広島天文台・かなた望遠鏡の観測・科学的成果 概要	56
8-1 矮新星	56
8-2 古典新星	57
8-3 ブレーザー	58
8-4 X線連星	60
8-5 超新星	62
9 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡 国際共同開発プロジェクト	
9-1 フェルミ・ガンマ線望遠鏡の概要	64
9-2 広島大学のガンマ線宇宙望遠鏡開発への貢献	65
9-3 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の観測研究成果	66
10 教育活動	
10-1 大学院教育	68
10-2 学内学部生教育及び、西日本の大学学部生を対象にした観測実習	69

10-3	高校生への科学教育活動	70
1 1	社会貢献活動記録	71
	平成 18(2006)年、平成 19(2007)年、平成 20(2008)年、平成 21(2009)年	
1 2	共同研究と教育協力	78
	12-1 国立天文台—広島大学宇宙科学センター研究協力協定	
	12-2 広島大学宇宙科学センターと名古屋大学理学研究科研究今日力協定	
	12-3 広島大学宇宙科学センターと京都大学理学研究科研究協力協定	
	12-4 広島大学宇宙科学センターと東京大学理学研究科天文教育センター研究協力協定	
	12-5 GLAST に関する NASA—広島大学宇宙科学センター、JAXA/ISAS 協力協定 (Agreement among NASA, JAXA/ISAS and Hiroshima Astrophysical Science Center for GLAST mission)	
1 3	東広島天文台で開催された研究会、シンポジウム等	79
1 4	宇宙科学センターの組織	80
1 5	宇宙科学センター規則、宇宙科学センター内規、論文著者原則等	81
1 6	天文台建設、望遠鏡・観測装置開発関連予算	85
1 7	宇宙科学センター職員一覧、運営委員会委員一覧	86
添付資料		
1 8	成果及び成果発表記録	
	18-1 東広島天文台&かなた望遠鏡関連 査読付き論文一覧	90
	18-2 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡関連 査読付き論文一覧	98
	18-3 東広島天文台&かなた望遠鏡関連国際学会・シンポジウム発表一覧	102
	18-4 東広島天文台&かなた望遠鏡関連 学術速報発表年度別一覧	104
	18-5 東広島天文台&かなた望遠鏡関連 国内学会発表年度別一覧	105
	18-6 学位論文一覧	109
1 9	新聞などで報道された宇宙科学センター	111
2 0	宇宙科学センターが結んだ教育・研究関連協力協定書(コピー)、年次順	
	20-1 Agreement among NASA, JAXA, Hiroshima University	112
	20-2 広島大学と自然科学研究機構国立天文台との研究教育協力に関する 協定書	121
	20-3 広島大学宇宙科学センターと名古屋大学大学院理学研究科の 教育研究協力に関する覚え書き	123
	20-4 広島大学宇宙科学センターと京都大学大学院理学研究科の 教育研究に関する覚え書き	125
	20-5 広島大学宇宙科学センターと東京大学大学院理学系研究科の 教育研究に関する覚え書き	127
2 1	その他の付録資料(Muta Mail Magazine 等)	129
	1.5m 望遠鏡(赤外シミュレーター)移設候補地サイト調査報告書	139
2 2	外部評価委員会評価書	
	広島大学宇宙科学センター外部評価報告書(2011年1月24日)	179

1 宇宙科学センター設立及び附属東広島天文台建設の経緯

初めに

平成 18 年（2006 年）5 月に広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台が完成し、かなた望遠鏡が設置されました。初期調整から試験観測へと順調に立ち上がり、観測成果も報告できる状況に成って来ております。平成 20 年 6 月には NASA がフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡（旧名 GLAST）を無事打ち上げ、当初の主要目的の一つであった連携観測も始まりました。平成 21 年には観測成果も続々と論文として発表され始めました。この段階で宇宙科学センターの設立と東広島天文台及びかなた望遠鏡の建設、設置に至る経緯の記録を残し、完成後 4 年間の活動と成果をまとめて報告をします。

ガンマ線宇宙望遠鏡国際共同開発プロジェクトと東広島天文台建設経緯

「かなた望遠鏡」は、国立天文台（三鷹市）にあった赤外シミュレーターを改造し、突発・激変天体観測専用望遠鏡として再出発させたものです。赤外シミュレーターを広島大学に移管し、突発・激変天体観測用望遠鏡として使用する案が、光赤外線天文コミュニティのコンセンサスを得るまでにはかなり長い道のりがありました。始まりは 1995 年頃であり、国立天文台が外部評価によって岡山天体物理観測所の新たな活性化の検討を求められたことを受け、岡山天体物理観測所所長（当時）の前原英夫氏が、地元の大学との関係を強化しようと広島大学理学部長（当時）の牟田泰三氏を訪問したことに端を発しています。1997 年頃には小平桂一国立天文台長（当時）と牟田泰三広島大学理学部長との会談も持たれています。ちょうどその頃、ガンマ線バーストの残光が初めて観測され大きな話題になっていたところであり、広島大学理学部では、NASA が主導する次期ガンマ線宇宙望遠鏡衛星 GLAST の開発計画参加の話が持ち上がっていました。このため、牟田理学部長は大いに関心を示し、早速、牟田理学部長、小嶋康史教授（宇宙理論）、大杉節助教授（素粒子実験、Gamma-ray Large Area Space Telescope (GLAST) 計画にシリコン・マイクロストリップ検出器開発技術を持って参加を要請されていた）が岡山観測所を訪れ、どんな協力が可能か検討を始めました。また牟田理学部長は、もう一つの地元大学である岡山大学理学部長を誘い、小平国立天文台長を訪問し、種々の協力可能性について話し合っています。その検討項目の中に赤外シミュレーターの新たな活用法があったと聞いています。

1998 年には、大杉節助教授は東京大学理学部の釜江常好教授と共に GLAST ガンマ線衛星開発計画に参加することを決め、日米科学技術協力（高エネルギー分野）のプロジェクトとして、GLAST 準備研究（代表：釜江常好東京大学教授）が採択されました。大杉助教授は素粒子実験から宇宙観測へと大きく舵を切るとともに GLAST 衛星と連携観測を行う光学望遠鏡導入に対する強い関心を持つことになりました。

1999 年頃から、国立天文台岡山天体物理観測所、京都大学を中心に、広島大学、岡山大学、大阪教育大学、和歌山大学、神戸大学等も含めて西日本可視光・赤外線天文大学連合（仮称）を作り、関西・中四国の関連研究者を含む大学全体で、国立天文台岡山天体物理観測所活性化・新望遠鏡計画の検討が始まりました。案の骨子は、3 m 級主望遠鏡と副望遠鏡（1.5 m 赤外シミュレーターの移設）の組み合わせで国内活動拠点となる新観測所を目指すというものです。1999 年 10 月には京都大学（代表：大谷浩教授（当時））から 3 m 新望遠鏡を持つ宇宙活動現象研究教育センター案が示されました。2001 年の岡山ユーザーズミーティングでは、広島大学（大杉）から、赤外シミュレーターの岡山移設計画と共に GLAST 等の衛星望遠鏡と連携した高エネルギー天体観測新活用計画が提案されました。

2001年3月には広島大学大杉の設計開発したシリコン・マイクロストリップ・センサーが、NASA, SLAC 研究所の合同レビューを経て Large Area Telescope (LAT, GLAST の主観測装置)に採用される事が決まりました。また日米科学技術協力事業(高エネルギー分野、2002年度)のプロジェクト(課題名: GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡開発、代表者:大杉 節)として採択され、GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の国際共同開発プロジェクトに乗り出しました。

また2002年1月に岡山新望遠鏡計画大学間連絡会が、赤外シミュレーターの移設計画を、岡山新望遠鏡計画の中で先行させることを認めました。この事が赤外シミュレーターの移設計画を早め、結果として東広島天文台を作るきっかけになりました。以下の年譜に記すように、2004年3月31日に、赤外シミュレーターを広島大学に移管、2004年8月、東広島市下三永福成寺近隣に新天文台を作る事をきめ、2005年には天文台建設を始め、2006年5月には新天文台の完成・お披露目と急ピッチで計画が進んだのは全ての関係者の努力及び周りの方々の類い希なる協同作業のおかげでした。

年譜

平成10年(1998年) GLAST 準備研究が、日米協力事業(代表:釜江常好東京大学教授)として開始

平成12年(2000年) 釜江常好氏を広島大学教授として招聘、GLAST を広島大学の計画として推進。

10月 岡山新望遠鏡計画大学連絡会(京都大学、広島大学、岡山大学、神戸大学、国立天文台)発足
平成13年(2001年)

3月 スタンフォード大学・SLAC 研究所において行われたガンマ線宇宙望遠鏡開発技術レビューにおいて、広島大学開発のシリコン・マイクロストリップ・センサーを用いたLAT ガンマ線望遠鏡計画が採択され、GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡開発計画が正式に出発する事になった。また日米科学技術協力事業(高エネルギー物理分野、KEK)の事業として、「GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡開発(代表:大杉節)」が採択され本事業計画として出発。釜江氏はスタンフォード大学、SLAC 研究所 GLAST 推進教授として転出。

4月 大杉教授が赤外シミュレーター移設を検討すべく国立天文台光赤外専門委員となった。

以後、赤外シミュレーターの広島大学移管まで継続的に、光赤外専門委員会で検討。

8月 岡山新天文台計画シンポジウム(京都大学)において、GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡計画を紹介し、広島大学は赤外シミュレーターをGLAST ガンマ線望遠鏡と連携し、高エネルギー突発・激変天体観測に活用する計画を提案。

9月 大杉教授より牟田広島大学長に赤外シミュレーター移管・移設について大学の支援を申し入れた。これを受けて、学長の下にあった戦略会議ワーキンググループで検討の上、広島大学の計画として計画推進の指示が出た。

10月14日 赤外シミュレーター移設検討会議が岡山天体物理観測所において開かれた。

10月末 京都大学を中心に、関西の大学の有志が文部省へ新望遠鏡計画を説明に行ったが不調に終わり、大変に困難であることを実感した。文部省側からは補正予算で作る可能性を聞かれたが、補正予算では不可能であると回答。予算化は不調に終わり作戦変更を余儀なくされた。

11月7日 広島大学関係者が国立天文台三鷹で、赤外シミュレーターを見学し、国立天文台関係者と移設の技術的問題を検討。

12月1日 神戸大学で西日本光赤外線天文大学連合の会合を開き、打開策を検討。主望遠鏡計画と、副望遠鏡計画(赤外シミュレーター移設)を同時に進めることは非常に困難と思われるので、

岡山活性化計画を頓挫させないために比較的負担が少なく実行のめどが立てやすい赤外シミュレーター移設計画を先行させることを広島大学が提案し、広島大学の取り組みを大学連絡会として了承した。

平成 14 年(2002 年)

- 1 月 5 日 赤外シミュレーター移管・移設第一回タスクフォース (以後、タスクフォースと略す) を、岡山天体物理観測所において開催。
- 2 月 19 日 国立天文台天文機器開発実験センターユーザーズミーティングで、大杉節 (広島大学) と吉田道利 (岡山天体物理観測所長、当時) が赤外シミュレーターの広島大学への移管および岡山天体物理観測所への移設による活性化案を発表。
- 4 月初旬 LAT ガンマ線望遠鏡用、シリコン・マイクロストリップ・センサーのフライトモデルが完成。
- 5 月 2 日 第 2 回タスクフォースにおいて移設の基本方針が出来上がる
- 6 月 12 日 海部宣男国立天文台長と牟田泰三広島大学長の会談が三鷹で持たれた。広島大学が「赤外シミュレーター活用提案書」を提出するように、国立天文台長より要請される。
- 6 月中旬 広島大学「宇宙科学研究・教育センター」設立準備委員会が立ち上がる
- 7 月 11 日 第 3 回タスクフォース開催し、提案書の内容 (主として観測研究の活用分野・方法など) を議論。
- 7 月 24 日 国立天文台運営協議会にて、赤外シミュレーター移設活用についての広島大学の案が紹介され、議論された。
- 8 月 5 日 赤外シミュレーター活用提案検討会開催 (於岡山天体物理観測所)
- 9 月 2 日 赤外シミュレーター活用提案書を広島大学から国立天文台長に提出。その中で、GLAST ガンマ線観測衛星と連携した高エネルギー突発・激変天体観測を主ターゲットとするサイエンスに用いることおよび、岡山観測所内に赤外シミュレーターを移設し、広島大学が管理運用をする事を提案。
- 9 月 24 日 海部国立天文台長より、広島大学から提出された赤外シミュレーター移管・移設案が国立天文台内部に正式に紹介された。この中で、移管に向けての具体的検討グループの設置が要請された。
- 9 月 25 日 岡山観測所ユーザーズミーティングで、広島大学 (大杉) が赤外シミュレーター移管・移設計画について発表。
- 10 月 18 日 光赤外専門委員会において、赤外シミュレーターの広島大学移管、岡山移設を承認、光赤外専門委員会の下に移設小委員会の設置を決める (野口邦男天文台教授委員長)。
- 10 月 24 日 国立天文台運営協議会で、赤外シミュレーターの広島大学移管を承認。
- 11 月 13 日 第一回赤外シミュレーター移設準備小委員会開催 (於国立天文台三鷹)。

平成 15 年(2003 年)

- 1 月 31 日 牟田広島大学長が海部国立天文台長を訪れ懇談した。
- 2 月 12 日 海部国立天文台長より牟田広島大学長へ書簡、赤外シミュレーターの広島大学移管と岡山移設が国立天文台内で承認された事が伝えられた。
- 2 月 18 日 広島大学部局長会議において「赤外シミュレーター広島大学移管合意」を学長が報告。
- 2 月 21 日 中国新聞が広島大学部局長会議内容として、国立天文台所有の赤外シミュレーター (1.5m

望遠鏡)を広島大学へ移管する事を報道

- 2月25日 第二回赤外シミュレーター移設準備小委員会開催(於国立天文台三鷹)。広島大学宇宙科学センター構想に関する議論を行い、移設スケジュールについて中間報告としてまとめた。
- 4-5月 設置場所を決めるため、シーイング調査開始。岡山天体物理観測所敷地内の数カ所でシーイングを測定、候補地を絞り、遺跡調査の準備に着手。
このころから、LATガンマ線望遠鏡用のシリコン・センサーの量産及び品質モニター管理が忙しくなった。
- 7月 広島大学近隣自治体の要望書(地元天文台を建て、そこに赤外シミュレーターを移設する様に要望)が学長及び文部科学省に届く。科学的調査に基づき、研究観測適地かどうか回答をすべく、広島県内の複数カ所のシーイング測定調査開始。候補地として、豊栄町板鍋山、西条町龍王山、安芸津町風早灘山(保野山)、また比較のため、大学キャンパス理学研究科屋上など。
- 8月 宇宙科学センター準備室発足、準備室長に大杉節(当時、理学研究科教授)を当てることが決まった。
- 11月 川端弘治助手(理学研究科助手、宇宙科学センター準備室担当)着任した。
- 12月 11月末までの測定では、満足できるシーイングを示す場所は広島大学近隣には発見されていなかった。上田博之東広島市長(当時)より、海拔500mの頂上付近まで舗装道路が整備されており交通の便が良い、東広島市西条下三永福成寺近隣の調査が提案された。直ちにシーイング測定に取りかかる。季節風の強くなる季節に入りつつあったので、良いシーイングは期待されていなかったが、複数回の測定により予想を超えてシーイングの程度が良いことを発見。本格的調査のため、東広島市と地元区長を通じ、地元の住民へ広島大学が天文台建設予定地を探すため、詳細な調査観測を行う旨説明し了承を得た。

平成16年(2004年)

- 1月19日広島大学学長が東広島市西条下三永福成寺近隣のシーイング測定結果を持って国立天文台を訪問、広島大学学長・国立天文台長会談が持たれた。
- 2月20日 再度、広島大学学長、国立天文台長会談。1~2月の福成寺近辺のシーイング調査の結果を踏まえ、東広島に独立天文台を作りそこに赤外シミュレーターを移設する可能性を検討したい旨を広島大学として提案。
- 3月末 天文学会会場で持たれた光赤外天文連絡会において、東広島市西条下三永福成寺近隣のシーイング調査結果を示し、広島大学新天文台計画を光赤外天文コミュニティーに提案。国立天文台岡山物理観測所内移設から、広島大学キャンパス近隣新天文台建設及びそこへ赤外シミュレーターを移設する案への変更可能性を、種々の条件(科学的条件、天文台建設敷地、地元の協力、自治体の協力など)を検討し、夏まで追求することが承認された。夏にすべての検討結果を踏まえ、国立天文台長が最終判断を下すこととなった。
- 3月30日 牟田学長及び4月に発足する宇宙科学センターのセンター長予定者である大杉教授が東広島市長を訪問、東広島新天文台建設の可能性を真剣に検討している事を伝え、東広島市の協力を要請した。
- 3月31日 赤外シミュレーターを三鷹国立天文台内に置いたまま国立天文台より広島大学に移管した。

- 4月1日 広島大学宇宙科学センター発足、センター長：大杉節（理学研究科教授・併任）。
川端弘治理学研究科助手は宇宙科学センター助手として転籍。
- 4月2日 候補地（福成寺地区）住民説明会開催（会場：福成寺）。
- 4月3日 中国新聞が、広島大学が赤外シミュレーターを国立天文台から移管し、東広島市に移設することを検討中と報道。
- 4月6～9日 東広島市教育委員会文化財課係長と宇宙科学センター長で、埋蔵文化財の可能性を踏え、具体的な候補地（新天文台敷地）の検討を行い3カ所の調査候補地を選定。
- 4月16日 東広島市市役所内に関連部署の係を集めて「広島大学宇宙科学センター（天文台建設）に関わる連絡会議」を発足させ、第一回会合を開く（宇宙科学センター長も出席）
- 4月22日 東広島市企画課、教育委員会文化課と広島大学で、候補地合同調査を実施、候補地を2カ所に絞る。埋蔵文化財の可能性を避け調査地点を決める。
- 4月23日 地元説明会、学長、センター長が新天文台建設計画を説明。東広島市助役、地元選出市会議員同席で協議し、地元の協力を取り付ける。
- 6月中旬 望遠鏡移設概算要求（広島大学特別教育研究予算）を文部科学省へ説明
- 7月5日 1.5m望遠鏡（赤外シミュレーター）ドーム設計会議（於岡山天体物理観測所）
- 7月28日 1.5m望遠鏡移設候補地（東広島市西条町下三永福成寺近隣）の「サイト調査報告書」をまとめ発表。（福成寺近隣のシーイング調査（1月～7月）を6カ所、計8回行う。岡山観測所に比較し、遜色ない良いシーイングであることを確認。
- 8月初旬 海部国立天文台長裁定。赤外シミュレーターを岡山天体物理観測所内へ移転から、東広島市西条町下三永福成寺近隣に新天文台を建設・移転へと変更。
- 8月13日 宇宙科学センター第一回運営委員会。新天文台建設への経緯を説明、了承。
- 8月23日 広島大学（大杉）が、岡山観測所ユーザーズミーティングで、東広島市西条町下三永福成寺近隣に新天文台を建設し、1.5m望遠鏡（赤外シミュレーター）を移設する計画について説明。ユーザーコミュニティの了承を得た。
- 9月17日 第一回広島大学望遠鏡連絡会議開催（於岡山天体物理観測所）
- 10月初旬 天文台建設予定地を福成寺近隣の2カ所の候補地の中から、遺跡調査の結果、敷地取得の可能性、敷地整地、道路取り付けなどの条件を考慮し現在地に決定し、地元住民に説明し了解を得た。
- 11月初旬 天文台建設予定地内で一部立木を伐採し、最終確認のため風向とシーイング調査を行った。
- 12月6日 宇宙科学センター将来構想検討ワーキンググループ会合。1.5m望遠鏡移設打ち合わせ。（於広島大学）
- 12月末 1.5m望遠鏡（赤外シミュレーター）移設改造予算内示があった。
LATガンマ線望遠鏡用シリコン・センサー製造修了。全てを組み立て場所へ送付終了。
- 平成17年（2005年）
- 1月 東広島市補正予算で、天文台公園敷地買収決定。天文台は、東広島市が準備する「天文台公園」内に広島大学が敷地を借用し、東広島天文台の建物を建設することになった。
- 1月17日 第一回1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議（於広島大学）を開く。
- 2月25日 宇宙科学センター運営委員会

- 2月28日 第二回 1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議（於岡山天体物理観測所）
 - 3月31日 第三回 1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議（於名古屋大学）
 - 4月22日 第四回 1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議（於岡山天体物理観測所）
 - 5月 東広島市：敷地の立木伐採、取り付け道路工事及び天文台建物建設予定地整地開始。
 - 5月30日 第五回 1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議（於広島大学）
 - 6月1日 植村誠助手（宇宙科学センター）着任した。
 - 6月初旬 ピア予定地地盤調査、望遠鏡ピア設計完了した。
 - 6月21日 1.5m望遠鏡移設事業入札説明会を開催した。
 - 8月9日 東広島天文台建物建設地鎮祭。宇宙科学センター運営委員会開催した。
第六回 1.5m望遠鏡移設ワーキンググループ会議、兼、望遠鏡移設事業技術審査会を行った。（於広島大学）
 - 8月31日 望遠鏡移設事業開札。西村製作所が落札。
 - 9月初旬 ドーム・制御棟建設開始
 - 9月12～15日 国立天文台（三鷹市）の真空蒸着装置を借用し、主鏡の再蒸着を行った。
 - 9月27日 赤外シミュレーターを国立天文台（三鷹市）より撤去、改造のため京都の西村製作所工場へ搬入。
 - 10月19日 望遠鏡改造ミーティング（於西村製作所）
 - 11月16日 望遠鏡改造ミーティング（於西村製作所）
 - 12月8日 宇宙科学センター運営委員会開催
- 平成18年(2006年)
- 2月17日 望遠鏡改造ミーティング（於西村製作所）
 - 3月末 新天文台ドーム・制御棟完成
 - 4月1日 山下卓也教授（宇宙科学センター）着任
 - 4月初旬 天文台公園道路舗装完了
 - 4月18日 望遠鏡改造ミーティング（於西村製作所）
 - 4月末 改造された望遠鏡を東広島天文台ドームに搬入、組み立て設置、調整開始
 - 5月18日 組み立て完了、眼視装置調整、試運転に入った。
 - 5月19～23日 関係者、地元住民に東広島天文台をお披露目、見学会、観望会等開催
 - 5月25日 望遠鏡完成、引き渡し。天文関係者に披露、観望会開催。
 - 5月26日 広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台と命名し開所式を行う。望遠鏡は「かなた望遠鏡」と命名（一般公募により愛称を募集、応募された1333通の中から選定）。
 - 6月 一般市民に東広島天文台開放見学会（6月中の日曜日3日）。約1300名の市民が見学に訪れた。
 - 7月 望遠鏡初期調整完了。一般公募観望会（7月の土曜日2日）。2000名に近い応募者のうちから抽選により300名を招待。
 - 8月～9月 試験観測準備を京都大学及び名古屋大学の協力のもとに始める。京都大学高速撮像カメラをナスミス焦点へ設置。名古屋大学三色分光偏光同時撮像装置（TRISPEC）をカセグレン焦点へ設置。
 - 10月 試験観測開始。一露光型偏光撮像装置（HOWPo1）の設計完了、開発開始。

平成 19 年 (2007 年)

- 3 月 本観測開始。ガンマ線バースト、新星、矮新星等の観測を開始。
- 10 月 GLAST の打ち上げに備えて、「かなた望遠鏡ブレーザー、モニター観測特別プロジェクト」を立ち上げた。

平成 20 年 (2008 年)

- 3 月末 大杉センター長は、理学研究科教授を定年退職。宇宙科学センター特任教授として、センター長を引き続き 2 年間務めることを宇宙科学センター運営委員会が発議し、広島大学役員会で承認。このころからかなた望遠鏡による観測結果の発表論文出始める。
- 6 月 11 日 NASA が GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡を打ち上げに成功、2 週間後から望遠鏡の較正のための観測を開始、設計通りの性能を発揮していることを確認。
- 8 月 4 日 GLAST はフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と改名し本格的観測開始。かなた望遠鏡は、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と連携観測開始。
- 9 月末 山下卓也教授が国立天文台へ転出。

平成 21 年 (2009 年)

- 3 月末 広島大開発の「一露光型偏光撮像装置 (HOWPo1)」完成、試運転に入った。
- 4 月 1 日 川端弘治助教が准教授に昇進
- 9 月 14 日 日本天文学会秋の学会で、かなた望遠鏡を中心に観測した研究成果、「極めて明るい Ia 型超新星 SN2009dc の可視・近赤外観測」が記者会見成果に選ばれ、中国新聞、日本経済新聞、読売新聞、産経新聞などの新聞紙面を飾った。

平成 22 年 (2010 年)

- 1 月 1 日 吉田道利教授赴任
- 2 月 18 日 「かなた望遠鏡」の偏光観測とフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡のガンマ線同時観測成果が Nature 誌に掲載され、読売新聞、中国新聞などで報道。
運営委員会において、大杉節特任教授の 3 月末でセンター長辞任と吉田道利新センター長を選任し 4 月 1 日より新体制で行くことを承認。(大杉は特任教授として任期継続)

東広島天文台完成記念式典 (平成 18 年 5 月 26 日)





2 シーイング調査と東広島天文台敷地の決定

望遠鏡設置場所を、科学的根拠をもって選定するために、Differential Image Motion Monitor (DIMM)を用いたシーイング調査を行った。最初の移設目標地であった国立天文台岡山天体物理観測所内の候補地での測定から、広島大学近郊の望遠鏡設置場所選定、および建設地決定後の追跡観測まで含めると、測定期間は平成14年8月から17年8月に亘る。

2-1 シーイング調査

シーイングの重要性

地球大気の流れにより天体光の光路は僅かであるが揺らぐ。充分遠くにあるため大きさの分解不可能な小さい点として見えるはずの星は、この揺らぎのために大きくぼけた星像になる。この現象を定量的に評価し、星像の良さを表す指標としてシーイングがある。星像はガウス分布を回転した形で近似できる。このガウス分布の半値全幅 (FWHM) をシーイングサイズと呼ぶ。星から来る光のフラックスが一定で、星像が2次元ガウス分布をすると仮定するとピーク・ルミノシティはシーイングサイズの2乗に反比例する。従って観測限界等級はシーイングにとっても敏感である。

シーイングは観測地の気象などで決まる成分 (natural seeing) と、望遠鏡を納めるドームや望遠鏡の性能や温度分布などで決まるドーム・シーイング、望遠鏡シーイングがある。このうち natural seeing は人間の努力で改良する余地がないので良いところを探すほかない。シーイングの良さは直接観測能率及び観測限界に関係するので天文台の立地条件として非常に重要である。

シーイング測定の方法

初期のシーイング測定は、Stock らによって開発された Differential Image Motion Monitor (DIMM) 法に従って京都大学が開発・製作した DIMM 装置を用いて行った。候補地を東広島市下三永福成寺に見つけた後は、我々も京都大学と同様なシステムを開発導入し、京都大 DIMM との比較較正の後、それを用いて詳しいシーイング調査をおこなった。シーイング測定の詳細については上田篤氏の修士論文[1]、および千代延真吾氏の卒業論文[2]を参照されたい。

シーイング調査場所の選定

まず、国立天文台岡山天体物理観測所敷地内を有力な候補地としてシーイング測定を行った。敷地内の望遠鏡設置可能性のある場所を選び、天候の良い日に測定した。期間は 2002 年夏から 2003 年 8 月までの 1 年間である。結果は末尾の資料（サイト調査報告書、139p）に示す。岡山構内は国内ではやはり優れたシーイング環境にあることが実証された。

広島大学が国立天文台から赤外シミュレーターを譲り受けることが 2003 年 2 月に地元の新聞に報道されたことをきっかけに、広島大学のある地元近隣自治体の中に天文台を作ることが出来ないか調査するように、自治体から 6 月に広島大学長に申し入れがあった。



広島大学東広島キャンパス（文）と各調査地点（白地図「KenMap」の画像を編集）

学長は広島大学関係者に対し、シーイングデータを取得し、岡山天体物理観測所に匹敵する適地があるか調査するように命じた。シーイング測定を行う調査地として、広島大学構内や、車道が頂上付近までついている山頂付近をめどに 5カ所選定した。広島大学理学研究科屋上及び教育学

研究科屋上（標高 220m）、東広島市西条市街の北に端にある龍王山（標高 573m）、キャンパスから北に 15km にある独立峰の板鍋山（750m）、キャンパスから東へ 7 キロの竹原市との境界近くにある、古く由緒ある真言宗のお寺（福成寺）近辺（475m）、瀬戸内を背にした安芸津町保野山（灘山 296m）の五カ所である。このうち龍王山は東広島市街地に近く夜景が明る過ぎることから一回の測定完了後詳しい測定候補地から除外した。

岡山天体観測所内の典型的シーイングは 1 秒から 1.5 秒の間であるので、候補地のシーイングの目安は 1.5 秒以下である。末尾資料 139p（サイト調査報告書）に示すように福成寺が唯一 1.5 秒以下であった。2003 年冬から 2004 年春にかけて、福成寺周辺の数か所で測定したシーイング値を下表に示す。天文台建設後、天文台展望・観望デッキ（一階セミナー室屋上、地上 4m）において同じ DIMM 装置を使い測定した結果も期待通り良い値を示している。

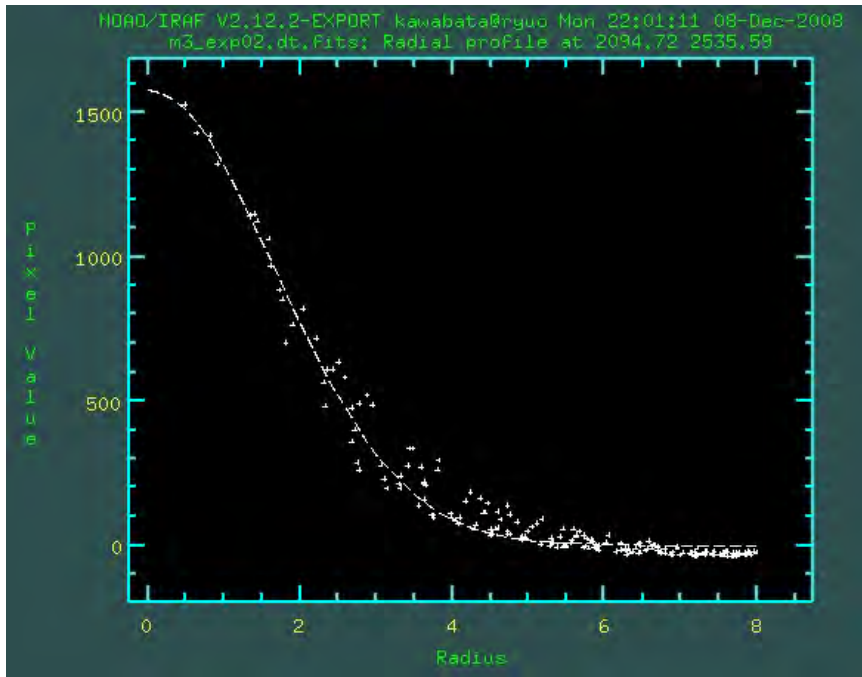
表 福成寺周辺におけるシーイング測定結果

	測定日	有効データ 点数	シーイング（秒角）			#秒角以下の割合	
			平均値と σ	中央値	最頻値	1.0	1.5
①福成寺進入道	2003. 12. 01	316	1.83±0.45	1.79	1.5	2 %	23 %
	2003. 12. 03	580	1.07±0.31	1.05	1.1	44 %	91 %
	2003. 12. 08	163	1.34±0.35	1.31	1.0	15 %	68 %
	2003. 12. 10	423	1.45±0.62	1.37	1.4	24 %	60 %
	2003. 12. 14	480	1.03±0.31	0.96	0.8	55 %	93 %
	2003. 12. 16	394	0.94±0.33	0.88	0.7	64 %	95 %
	2003. 12. 24	466	1.34±0.45	1.26	1.1	23 %	73 %
	2004. 04. 29	471	1.23±0.31	1.20	1.3	25 %	79 %
	2004. 05. 24	35	0.93±0.24	0.87	0.8	66 %	97 %
2004. 05. 28	128	1.03±0.28	1.01	0.9	48 %	95 %	
②福成寺駐車場上	2004. 05. 10	106	1.24±0.20	1.23	1.3	13 %	90 %
③福成寺車庫脇	2004. 05. 11	120	0.87±0.17	0.86	0.9	78 %	100 %
④古岡家駐車場	2004. 05. 10	72	1.06±0.21	1.05	1.2	39 %	96 %
	2004. 05. 14	305	1.53±0.41	1.48	1.4	7 %	51 %
	2004. 05. 22	275	1.63±0.37	1.61	1.8	2 %	39 %
	2004. 05. 23	343	1.40±0.33	1.37	1.3	10 %	65 %
	2004. 05. 24	186	1.45±0.39	1.40	1.4	10 %	61 %
	2004. 05. 28	79	1.52±0.30	1.51	1.4	4 %	47 %
⑤集会所脇	2004. 05. 05	378	1.33±0.38	1.25	1.2	15 %	75 %
⑥開拓地中央	2004. 05. 06	200	2.22±0.53	2.19	2.1	0 %	7 %

かなた望遠鏡で測定したドーム内シーイング

東広島天文台の、ドーム内に据え付けたかなた望遠鏡のドーム内シーイングは残念ながら系統的には測られていない。その理由は、狭いドームスリットを通しての DIMM を用いた測定は手間が掛かるため観測の合間に測定しづらいことや、シーイングを測るに十分なピクセルサイズを持ったカメラを定常的に備えていなかったことなどが挙げられる。

それでも、2007 年 5 月に東京大学のグループがかなた望遠鏡を用いて試験した多色同時測定カメラ（DMC）の画像から平均的に 1.5 秒程度であるという報告がある。また、充分小さいピクセルサイズ（0.3 秒/ピクセル）の検出器を装着した一露光型広視野偏光撮像装置（HOWPOL）の開発が進み、2008 年 7 月末から試験観測が行われ、7 月 29 日に撮影した M3 星団の撮像データでは視野全面に亘り星像サイズの半値幅が 1.20 ± 0.05 秒であった。下図にある星のプロファイル例を示す。



横軸の単位は焦点面においた CCD 検出器のピクセルであり、星像中心からの距離を表す。縦軸はそのピクセルで検出した光度である。点線はフィットしたガウス関数である。分布の裾でバラツキが大きい部分は、光学系の不完全性や望遠鏡の追尾誤差による星像の歪みのためと考えられる。このように、条件の良い日にはかなた望遠鏡を通した観測でも 1 秒台前半のシーイングサイズが得られている。HOWPol でのシーイングサイズの定量的な統計は出していないが、望遠鏡フォーカスの温度変化によるずれや望遠鏡追尾誤差も含めた星像悪化も含めた、平均的な星像サイズはおおよそ 1 秒台後半-2 秒程度となっている。

2-2 天文台設置場所の天候

天文台設置場所の選択条件として観測可能な夜数に密接に関係する晴天率は、非常に重要なパラメーターである。気象庁のアメダスのデータを元に積算日照時間から晴天率を推定した。夜の晴天率と昼間の日照時間とは同じではないが深い関連性を期待できる。中国地方では瀬戸内海気候と呼ばれる瀬戸内沿岸特有の気候で平均より晴天率は高い。それは塩田があった歴史が示しているし、アメダスのデータも明確に示している。末尾資料（サイト調査報告書）に示す様に、近傍では瀬戸内の福山、竹原が最も良い。東広島市は、福山、竹原よりも若干悪く、岡山観測所に近い倉敷と同等か少し良い。東広島市下三永福成寺地区は、東広島市と竹原市の境界にあり、天候の良い台地であるため広島空港建設の候補地として広島県が気候調査を行った事がある。地元の古老の話によれば、西条盆地（市街地、大学等がある盆地）を見下ろして盆地に霧が掛かるときもその上に出る。また周りが曇っていても洞山（福成寺の南東 1km）の上空を中心に青空が見えることが多いとのことである。また 12 月のシーイング調査時も、北西から流れてきた雲が福成寺や洞山が連なる山塊に近づくと上空で徐々に消えて行くのが観測された。この現象が、瀬戸内が晴天率の良い一つの原因になっていると考えられる。福成寺は瀬戸内海沿岸から直線距離 7-10 km である。

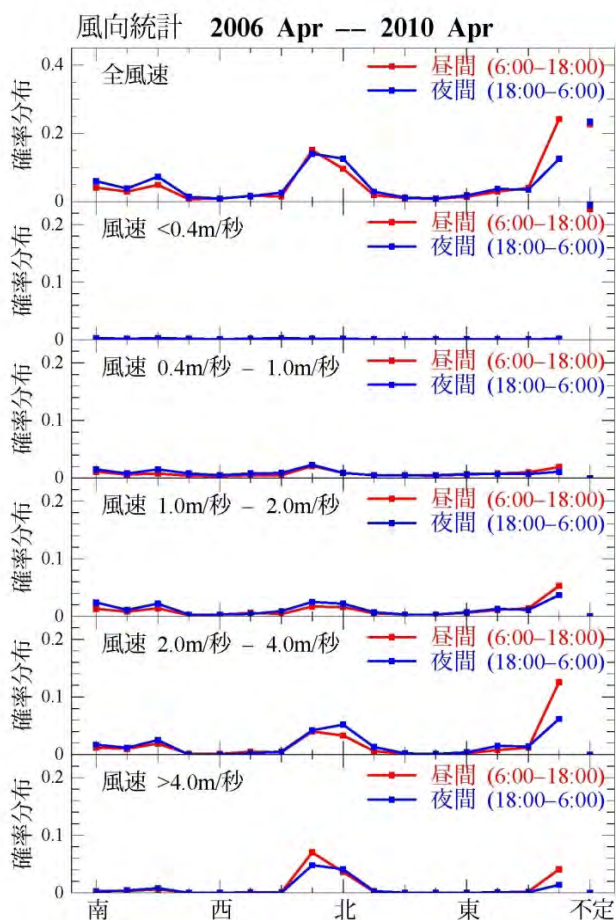
天候調査（立地場所選定前）及び平成 19 年度観測実施統計

東広島天文台は、南に東広島市安芸津町、北北西に西条市街地、北西に西条盆地を望む、西条盆地と瀬戸内海を隔てる標高～500m の山塊の中にあり、晴れた日には遙かに四国の名峰「石鎚山」を望むことが出来る位置にある。瀬戸内海沿岸から約 7-10 km の位置にあるが気候的には瀬戸内海気候に近いと思われる。晴天率を気象庁が公開している年間日照時間分布で見ると、南東側に

隣接し典型的な瀬戸内気候で年間積算日照時間の特に長い竹原市とそれよりやや短い東広島市の中間にある。又山塊の頂上は西条盆地に多い霧又は低い雲の上に出るとのことである。平成19年8月より20年7月末までの観測実績は、何らかの観測データを取得した日数が月平均18日であり観測出来た夜の日数は非常に良い。この1年間は雨が少なく晴天が続いた特異な気象であった可能性もあるが観測可能日実績は大変良かった。(7章観測記録参照)

風の方向と強さ

風は地表近くの空気の乱れを引き起こし、シーイングを損なう。また強さだけでなく風の向きも地形に依っては大きな空気の乱れの原因になる。天文台敷地は瀬戸内沿岸から北の内陸部に7~10km 入った、標高 400m~500m の台地状の地形が東西に連なる場所で、北は西条盆地に接しているなだらかな高地の小さな瘤状のピーク(標高 506m)にある。ドームの北側は比較的なだらかな谷が標高~220m の西条盆地に落ち込んでいる。南は~450m の小さな盆地状の田畑の向こう(~2km)に~500m のなだらかなピークが連なり、その向こうは沿岸まで落ちている。地表の風の方向は、季節により異なる。夏を中心に地表の暖まる昼間は海風で南風、夜は陸風で北風であり非常に安定している。風速は5m 毎秒以下で強い風はめったにない。冬以外は瀬戸内特有の風と呼ばれる無風時間帯が風の方向が変わる午後8~9時頃にある。このとき最もシーイングが良くなりサブアークセカンドをしばしば記録する。冬は総じて一日中北北西もしくは北風の場合が多い。



上空の風は測定する手段を持たないが雲の流れの観察から、晴れているときは北西に広がる西条盆地方面(北西方向)もしくは北北西からの雲がゆっくり流れて行くように見える。冬季の北

西の風の場合はちぎれ雲がドーム頭上からゆっくり消え始め、南東の瀬戸内沿岸上空では明らかに雲が小さくなってゆく。地元の古老の話では、現在のドーム位置よりも南東 1~2km にあるピークの上空あたりが良く晴れるとのことである。

2006年4月から2010年4月今日までの風向分布を制御棟屋上で測定した結果は、

南風(SE-S-SW)	北風(NE-N-NW)	無風(<=0.3m/s)
37%	20%	23%

風速分布は、

風速0.0-0.4m/s	風速0.4-1.0m/s	風速1.0-2.0m/s	風速2.0-4.0m/s	風速>4.0m/s
26%	14%	19%	27%	14%

東広島天文台のある山頂の北側及び南側は緩やかな谷になっており、この地形が地表風の北風、南風の卓越する原因である可能性は高い。

2-3 候補地の地形と地質

天文台の位置は東広島市街から南東の、西条盆地と瀬戸内海との中間に位置する標高 500m の比較的なだらかな山地尾根部（東広島市下三永 6 9 5 - 1）にある。天文台建設地の地質は広島県に典型的な広島型花崗岩ではなく、その上にルーフペンダントとして存在する「高田流紋岩類」と呼ばれる火山岩であった。この流紋岩地帯は山塊の直下である北の麓から瀬戸内海沿岸まで覆っている。（地質調査所地質図幅「広島」）流紋岩は火山岩ガラス質で風化すると直接粘土化するのが特徴で、水を含むと強度が著しく低下する。また流紋岩の風化は風化帯が厚く残積するのが特徴である。

地形は標高~220m の西条盆地から 200m 高い、標高 400m から 450m の高原状の地帯に高さ 50m 強のこぶがあちらこちらに散在し、南部は瀬戸内海に向け比較的なだらかに落ち込んでいるような地形である。瀬戸内海沿岸から直線距離にして 7~10km と近く、竹原市との境界に接している。気候的には瀬戸内海気候の範囲内にある。夏の季節は、昼間は南方の海から海風が、夜半からは北から陸風が卓越風であると調査観測の結果が示している。概して風は穏やかで風速は 1~2m である。天文台敷地は周りが 450m 近辺の高さを持つ高原状台地の北に端にあり、標高 506m の小さなこぶ状山頂にある。山頂は東西 40m、南北 30m の楕円形のなだらかな平坦部を持ち、西、南、北は 15 度~25 度の勾配の傾斜で谷に落ち込んでおり、北はそのまま傾斜をゆるめながら西条盆地の東端に連なる。東は 14m 高い隣のこぶとの中間に向けなだらかに傾斜している。西と北西には福成寺を中心に 500m、512m のこぶがあり、その向こうはなだらかに西条盆地に落ち込んでいる。南は緩やかな谷間の畑地と水田が開けた集落の向こうにこの地域で最も標高の高い洞山（540m）とその南東には標高 400m 以上の高原状台地が竹原市近くまで連なっている。洞山の南は安芸津町海岸まで谷が深く落ち込んでいる。

地盤のボーリング調査

南側の谷には集落と水田、溜池があり、近くの斜面にはいたるところに小規模なすべり崩壊跡が見受けられる。従って望遠鏡を安定的に支える岩盤を確認するため、予定地ピークの南北に 2 箇所、東に 1 ヶ所ボーリング調査を行った。No. 1 ボーリング地は山頂東の望遠鏡ピア予定地、No. 2 は平坦地南端、No. 3 は頂上から少し低い東端である。

ピア予定地点（標高 505.6m）で地下 13m までボーリングし、新鮮岩盤まで 9.5m の風化層があることを確認、9.5m より深い新鮮岩盤では十分な高度を持つが亀裂が縦横に入っており亀裂に沿った風化の進行も見られた。南側 No. 2 地点では深度 20m まで風化帯で新鮮岩盤に到達しなかった。東側 No. 3 地点では風化帯厚さ 4m で新鮮岩盤に到達した。岩盤の密度は 2.23g/cm³ と流紋岩の下限に近い値であった。ピア予定地地下には地下水位は認められなかった。人工地震波による検層

結果からは P 伝播波速度 1.73km/s、S 波 0.66km/s と流紋岩の典型的速度（P 波：3km/s）に比べると下限に近い値で亀裂及び風化の影響が見える。



天文台駐車場付近から
天文台予定地を見る

地盤の振動調査

地盤の振動測定はピア予定地にボーリング穴の深度 10.2m 地点で測定した。振動の源として考えられるのは新幹線の列車通過である。新幹線の通過にあわせて地盤の振動を測定した。フーリエ・スペクトル解析を行った結果、卓越振動数は 0.4Hz、3.2Hz、6.5Hz、10Hz 付近に認められる。変位振幅では 0.4Hz が、速度振幅では 3.2Hz が主に卓越する周波数であった。ピア予定地から～200m 地点を、ワゴン車を走らせた場合の卓越振動数は 0.4Hz、6.6Hz、7.5Hz、10Hz、12Hz 付近に認められ、変位振幅では 0.4Hz、速度振幅では 10Hz が卓越する周波数であった。

変位振幅の最大値は東西動で $0.18\mu\text{m}$ であった。

常時微動測定からは 1Hz 以下の長周期振動で変位振幅が大きく東西方向で $0.22\mu\text{m}$ であった。何が原因の振動か判らない。

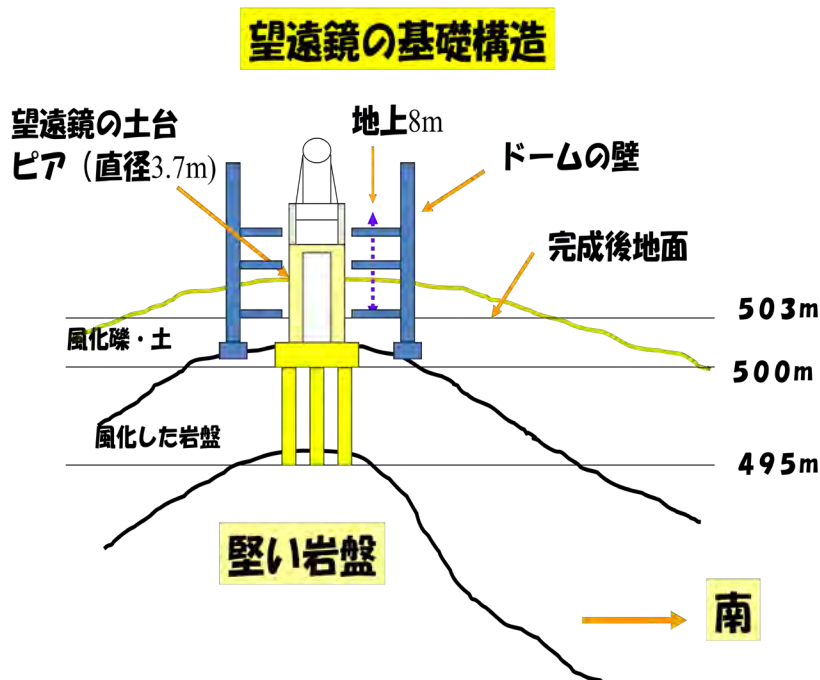
2-4 ピアの設計

ピアの位置は標高 505.6m 地点であったので、整地後標高 503m の地表から 6.9m 下に新鮮岩盤がある。ピアの設計目標剛性は、ピアに望遠鏡を載せた状態で地盤の共振振動数を避ける設計でなければならない。下図 にピアの概念図をしめし、下表にピアの仕様をまとめておく。

望遠鏡ピアの仕様

項目	内容
地上高	6.211m
ピア円筒外径、内径	外径：3.7 m, 内径：2.5 m
地下部分	8.0m
ピア底面積	29.8 m ²
ピア全重量	～225 トン
外面断熱材、及び厚さ	ウレタン吹きつけ、10cm 厚
固有振動	
東西	14.2 Hz
南北	14.4 Hz

かなた望遠鏡の固有振動数は、赤外シミュレーターを製作した三菱電機の解析があり、基本モードが 5Hz 付近にあることが判っているので、ピアの固有振動数はそれ以上であることが要求される。また地面の震動測定から、3.3Hz、6.6Hz、7.5Hz、10Hz 付近に卓越振動モードがあるので、3.3Hz と 6.6Hz の中間を狙って、経験から多少高めに出る計算値を勘案し、ピアと望遠鏡を組み合わせた場合の固有振動数を 6.8Hz として設計した。



ドームの直径は作業性及び学童生徒の見学・観望時の安全確保の観点から少し大きめの 10m と決定した。ドーム基礎とピア基礎を切り離し独立にするとピア基礎の形は八画形で大きさは差し

渡し 6m となる。地盤の風化具合からピア基盤は地下 8m 付近にある新鮮岩盤に直接立脚する必要がある。そこで、ピアの中心に 1、東、西、南、北にそれぞれ 1 本の計 5 本の鉄筋コンクリート杭（直径 1.2m、長さ 5m）を新鮮岩盤から立て、その上に厚さ 1m の鉄筋コンクリート基盤および直径 3.7m、肉厚 0.6m、高さ 8m のピアを固定する。ピア基盤の上面は地下 2m の位置になり埋め戻す。（上図参照）ピアの直径は「かなた望遠鏡」の方位駆動レールの直径に合わせて決めた。ピアの上面の高さは地面より 6.211m となった。これにより望遠鏡高度軸中心の高さは 8.2m となる。

ピアの振動解析

地震応答解析法のスウェイ・ロッキングモデルを用いピア及び望遠鏡の振動を解析行った。ピア設計時には、地盤の剛性をグラウンドレベル以下の測定値の平均値とコンクリートの期待ヤング率を仮定した場合のピアの固有振動数を 6.8Hz とした。ピア完成時に、地盤の水平方向ばね定数（スウェイばね定数）及びロッキングバネ定数の測定値とピアコンクリート圧縮強度実測値を用いて計算した推定固有振動は東西 14.2Hz、南北 14.4Hz であり、起震機による振動調査からの実測値は、東西 9.75Hz、南北 10.5Hz であった。従って望遠鏡ピアは十分な剛性を持っていることが確かめられた。このピア上に望遠鏡（重量及び推定観測装置重量を合わせた 17.3 トン、19.5 トン）を固定した場合について計算推定した固有振動数は、東西方向はそれぞれ 6.90Hz、6.23Hz、南北方向はそれぞれ 6.91Hz、6.24Hz の値を得た。

この結果は、望遠鏡からの要求である 5Hz 以上を満たし、地盤の固有振動モードの一つである 6.6Hz に近いのは多少気になるが、変位振幅、速度振幅の卓越モードである 0.4Hz、3.2Hz 及び 10Hz からは大きく離れているので問題ないと考える。

参考文献：

- [1] 上田篤 2003 年度修士論文（広島大学大学院理学研究科物理科学専攻）
 - [2] 千代延真吾 2004 年度卒業論文（広島大学理学部物理科学科）
 - [3] 広島大学（宇宙）東広島天文台、望遠鏡ピア設計業務、地質調査・検層及び周辺振動調査報告書、平成 17 年 5 月、広島大学施設部、国際航業株式会社
 - [4] 広島大学（宇宙）東広島天文台観測棟新営工事に係る望遠鏡ピア固有振動調査・解析業務報告書、平成 18 年 3 月、広島大学施設部、福井建設株式会社、国際航業株式会社
- 注）学位論文は 109p の一覧参照

3 東広島天文台の建物・施設

3-1 望遠鏡ドーム

望遠鏡 ピア、ドームの位置

ボーリング調査の結果から当初予定した位置に比べ、ピア予定地を北に 1m ずらし、より安定な岩盤が期待できる尾根の中央近くに配し、制御棟をその東に配置することにした。その配置が南北の卓越風に対しドーム・シーイングを損ないにくい配置と判断した。西側斜面には福成寺の歴史的活動に関連した中世の遺跡があり、現状を変更することが不可能であることから、ピア位置は山頂ではなく、山頂から約 5m 東に配置した。山頂を含む東側を、頂上で 3m の風化土削取整地し標高 503m の平地に造成し、その上にドーム及び天文台の建物が配置されている。



ピアを支える 5本の柱の

一本の打ち込み穴

(地下 8m の岩盤にまで)

側面に亀裂の入った岩盤 (流紋岩) の肌が見える



コンクリート柱は、直径 1.2m
充填したコンクリートは同時に
作った試験サンプルで硬度
を確認



ピア基礎&ピア

岩盤に立てた 5本のコンクリート柱の上に厚さ 1mのコンクリート基礎を作り、その上に望遠鏡ピアを乗せた。

ピア基礎及びその上に乗ったピアの鉄筋が写っている



ドーム、ピア、制御棟 の建設

手前にドーム&望遠鏡ピアが写っている (2005年10月)



ドーム屋根の組み立て (2006年1月)

ドームの設計

望遠鏡を収容するドームは、望遠鏡の性能を左右する重要な観測装置の一部と見なすことが出来る。また望遠鏡の維持管理、重量物であり精密光学装置である観測装置の装着、脱着の容易さ、作業者の安全性などに直接関係する。従ってドーム、制御棟の設計において、ドームの都合を最優先させた。ドーム及び制御棟の見取り図を下図に示す。

ドームの直径について、赤外シミュレーター時代に三鷹では9mのドームで十分な機能を発揮していたが、児童・生徒の見学、観望の機会を設けて科学リテラシー教育にも貢献するため、安全対策の容易さを考慮し1m大きくし10mとした。床面は、望遠鏡のカセグレン床と一致させ、望遠鏡方位軸回転台とドーム床との隙間を出来るだけ小さくし(～1cm以内)安全と観測装置脱着の際の作業性の良さを確保することにした。又ドームスリットの幅は三鷹ドームの2.6mに比べ3mと大きくし作業性を良くした。スリット下端に横風の影響を防ぐ防風盤を備えた。ドーム・シーリングを改善する対策として、ドーム側面に5カ所(南西、南東、北西、北、北東)にベンチレーターを設けた。サイズはそれぞれ約1.4m×1.3mである。

ドーム床下には、ピアの上面部分に設置された方位軸レール基礎及び方位軸駆動モーターのメンテナンスが出来る様に中二階床が設置されている。その下は熱源となるものを一切排除した部屋を設け、主鏡蒸着時の搬入搬出スペース及び倉庫として使用されている。

バリアフリーの観点から車椅子でのドーム内アクセスが考慮されており、制御棟エレベーター、ドーム内リフターを用いドーム床まで車椅子で安全にアクセス出来る。

ドーム内においては、ドーム及び望遠鏡のマニュアル制御ボックス及び、主制御と同様な望

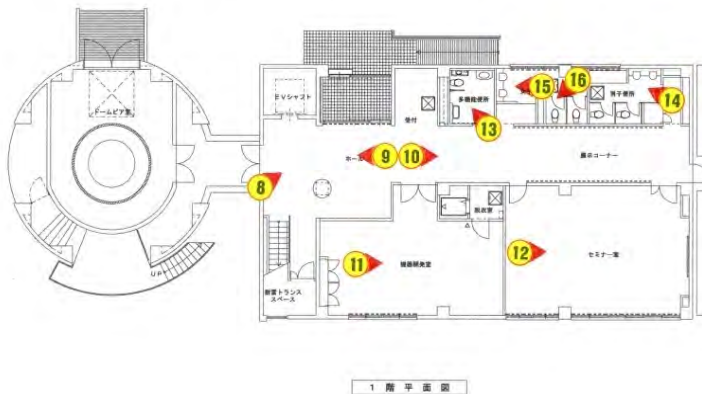
遠鏡制御を可能にする副制御コンピューターが設置されており、見学及び観望時に活躍している。また安全を確保する装置として「緊急安全ボタン」が二カ所に設置されており、それを押せばドーム及び望遠鏡は緊急停止する。

ドームの外壁は、直射日光によるコンクリート壁の蓄熱を避けるため断熱材を張り付け、その外側にアルミウォールを張ってある。ドーム屋根は断熱材を挟んだ鋼板の二重構造になっている。ドーム内に除湿器及びエアコンディショナー（冷房専用）が設置されている。

ドーム北側の床には、主鏡の再蒸着の為に2m×2mの搬出、搬入口が設けられている。

ドームクレーン及び搬入口クレーン

ドーム天井の強化された梁に取り付けられたクレーンは、吊り上げ定格荷重は2トンであり、搬送方向はドーム中心からドーム壁に向けて設置されたガーダ上を走行する半径方向移動と、ドーム全体の回転による旋回移動の組み合わせである。制御は無線方式である。ドーム地階の搬入口横には定格荷重1トンの補助クレーンが設置されており、種々の重量物搬入・搬出に使用される。



一階平面図

ベンチレーター5カ所



二階平面図

ドーム及び制御棟の平面図

ドームの台風対策

平成 16 年までの過去 10 年間は、大型の台風が複数広島近辺を通過し、記録的な暴風が天文台建設候補地付近を襲った。広島市内で瞬間最大風速が 60m 毎秒を記録し、候補地付近でも直径 30cm の檜が倒れた。また 16 年秋には新設された国立天文台石垣島天文台ドームが強風により破壊された。以上の様な状況を踏まえ、台風対策については設計の段階から大きな注意を払った。天文台建物の窓は最小限にする。可動ドームは、台風時には S 字クランプでコンクリート壁土台に 8 ヶ所固定する。風抜きベンチレーターは内部から丈夫な蓋を固定する。ドームスリットもボルト・ナットで固定する。

幸いな事に、天文台が平成 18 年度初夏に完成してから 21 年末までの 4 年間は大型の台風は近くに来ていない。

ドーム落雷対策

落雷の場合（直接及び間接落雷）に電気・制御系統の損傷を防ぐように対策を立てた。天文台は標高 500m の山頂にあり、西条盆地は元来雷の多い地方である。従って雷に対する防御対策は非常に重要である。しかし地元の古老の経験によれば落雷の為に山火事の起こった記憶はないとのこと。そこで落雷を招きかねない避雷針の設置は行わないで対策を立てることにした。ドーム及び制御棟の周りの地面下（アスファルト舗装の下）に建物を取り囲むように幅 1m の金属製の網を埋めその網にドーム及び制御棟の鉄筋が接続されている。従ってドーム及び建物全体が同電位になる用に設計されている。直接落雷ではなく間接的に、電源一次ライン、電話線などを伝って落雷のサージ電流が進入するのを防ぐため、電源ラインにはアイソレーション・トランスを、電話線には天文台建物の引き込みおよび光ファイバー口に置かれている電話交換機内に雷サージユニットを設置して対策を施している。また、ADSL を利用したネットワークについては、各機器の LAN 出口に LAN ケーブル中継用の雷サージ対策パーツを設置している。

平成 18 年度夏にひどい雷が到来したことがあり、近くの山の尾根に沢山落雷するのが天文台から見て取れたが幸いなことに天文台には全く影響がなかった。完成後 4 年間で落雷による直接の被害は被っていないが、年間に 3 回程度の原因不明の送電停止（停電）が起き、赤外線検出器のヘリウム冷凍機の停止による観測ロスが起きている。中国電力に原因を問い合わせたが不明との事であった。

3-2 制御棟

制御棟の一階部分には観測機器開発室とセミナー室、展示場、サンタリー施設（車椅子対応トイレを含む）が設けられている。二階は望遠鏡制御室と制御機器室および観測者のくつろぐロビーとトイレが設けられている。

制御室・制御機器室

制御棟とドームは二階渡り廊下で接続されており、一階部分はドームと制御棟は切り離されて風が南北に通るように設計されている。夜の卓越風は北風または南風で、ドーム周辺で出来るだけ流れを乱さない様な設計である。制御棟二階はドームの望遠鏡に最も近く、制御機器室には、望遠鏡制御エレクトロニクス、制御コンピューター、観測機器制御コンピューター、測定データストレージなどを設置したスペースである。制御室には、天文台全体の各種モニターが全て集められており、ドーム内には 5 台の監視カメラが設置され、天文台スタッフ又は観測者がこの制御室にいて全ての状況を把握しながら観測をリモート制御で実行する。従ってネットワークを介して東広島キャンパスからリモート観測も可能な設計になっている。現在は安全の為に誰かが天文台・制御室にいる状態で、観測を行っている。

観測デッキ

制御室に続く屋上部分、一階セミナー室の屋上に当たる、二階制御室の外は見学者や学生が小

型望遠鏡を持ち込んで観測実習が出来る様に、ウッドデッキの中に 4 台の望遠鏡設置コンクリート台及び、AC 電源コンセントが 3 ヶ所用意されている。そのうちの一つは、科学研究費で購入設置した小型ドーム・小型望遠鏡が恒久的に設置され、新星などのモニター観測に使用されている。1m×1m のコンクリート台以外はウッドデッキとなっており星の観望などに配慮されている。

セミナー室

一階のセミナー室は、最大 40 名まで収容でき、床から電源及びネットワーク接続が出来る様に配備されており、少人数のセミナーや研究会が出来る様になっている。天文関連小規模研究会などにしばしば用いられている。

また、この部屋には国立天文台が開発した天文シミュレーター（MITAKA・平面投影型 4 次元シミュレーター）を鑑賞できる用に立体映像投影設備が装備されている。

4 かなた望遠鏡

4-1 かなた望遠鏡の改造仕様書

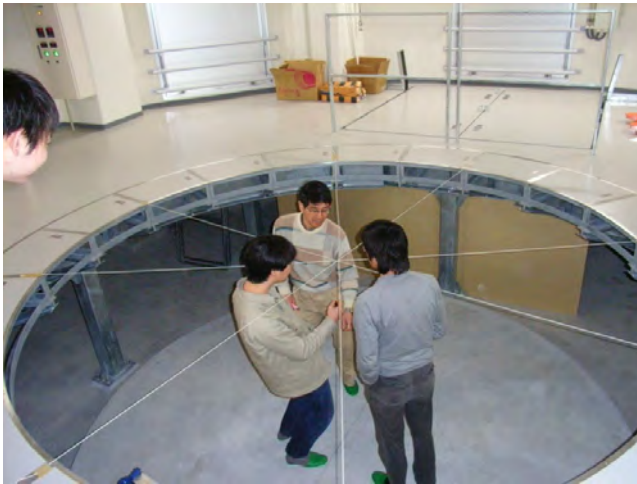
移設直前の赤外シミュレーターは、完成後 10 年以上たっており、制御エレクトロニクス部は既に部品が手に入りにくい状態にあった。又当然その部分の設計は古く、最近の進んだエレクトロニクス及びコンピューターを用いた設計に比べ性能、メンテナンスの容易さなどの点で比較すると更新が必然であった。また、新しい目的である突発・激動天体追跡には機動性が重要であり、その目標を達成するためには、駆動部、制御部を完全に設計し直す必要があった。以下に主な改造部を列挙しておく。尚、光学系は副鏡を除き赤外シミュレーターと変わらない。

- 1) 衛星の見つけた突発天体の方向にどの位置からでも 30 秒以内に望遠鏡を向ける能力を持たせる為に、方位軸、高度軸共に駆動最高速度をそれぞれ 5 度毎秒、2 度毎秒とする。
- 2) 両側ナスミス焦点を使用可能にし、カセグレン、第一ナスミス、第二ナスミスとするため高度軸中心に十分な光路を確保出来る穴を作る。
- 3) カセグレン焦点、両ナスミス焦点を電動切り替え可能な第 3 鏡を開発する。
- 4) 制御系を新しく設計し直し、観測に関係する全ての稼働部をコンピューター制御可能にする。
- 5) カセグレン焦点に大型の観測機器取り付け可能にするため、既設インストルメント・ローター下下に、直径 1.2m × 高さ 1.4m の観測装置装着可能にする。
- 6) 第一ナスミス焦点にインストルメント・ローターを取り付ける。第一ナスミス焦点においてクリアな 15 分角視野を確保する。
大きさ 1.5m（縦）×1.5m（横）×1m（高さ）、重量 1000kg の観測装置設置可能な台を設ける。
- 7) 第二ナスミス焦点の高度軸に十分な開口を設け、一般観望目的用として両眼で覗く眼視装置を付ける。また第二ナスミスと同様な観測機器設置台を付ける。

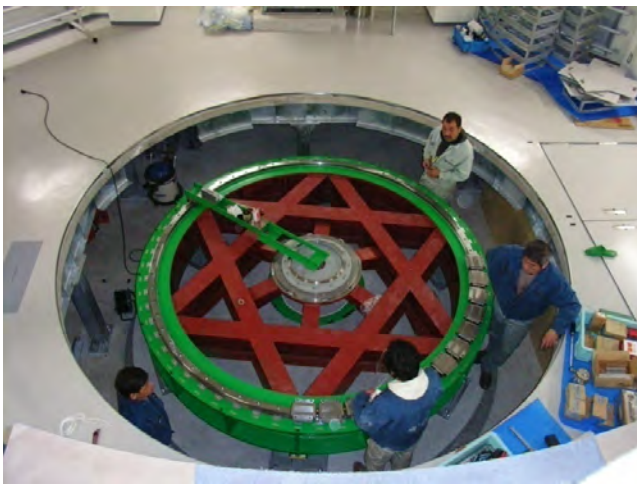
「かなた望遠鏡」の主要性能諸元（一部 沖田ほか 1995, 国立天文台報, 2, 645 による）

項目	内容
かなた望遠鏡の位置	経度：132.745602° 緯度：34.389596°
光学系	Ritchey-Chretien 光学系（赤外シミュレーターと同じ）
主鏡	鏡材外径：1.6m、有効径：1.5m 合成焦点距離：F= 12.2
焦点モード	○カセグレン焦点（視野：直径 10 分角） インストルメンタル・ローテーター 駆動範囲： ○第一ナスミス焦点（視野：直径 15 分角） インストルメンタル・ローテーター 駆動範囲：- 185 度～+ 185 度（南 0 度、東+90 度） 最大駆動角速度：3 度/秒以上 ○第二ナスミス焦点（視野：直径 15 分角）
副鏡	日本セラテック／国立天文台開発 セラミック鏡。鏡面はアルミ鏡面保護のため SiO ₂ コーティングが施されている。
副鏡移動	Z 軸（駆動範囲：-12 mm～+ 6 mm, 位置検出・再現精度：0.003mm 以下） X Y 軸（駆動範囲：-4mm～+4mm, 位置検出・再現精度：0.01mm 以下）
第三鏡（焦点切り替え）	カセグレン、第一ナスミス、第二ナスミス焦点の 3 焦点モードを遠隔制御で切り替え可能な機構とする。カセグレン焦点使用時に中央 10 分角のクリアな視野が確保する。焦点切り替えは 25 秒以内に完了する。鏡面はアルミ鏡面保護のため SiO ₂ コーティングが施されている。
星像の分解能	0.30 ± 0.02 秒（初期調整参照）
追尾精度	約 0.5 秒角／10 分（ポインティングアナリシス後）
指向精度	約 3 秒角 rms（ポインティングアナリシス後）
角度検出精度	0.1 秒角 rms 以下
架台の方式	経緯台
駆動方式	フリクションによるダイレクト・ドライブ
駆動範囲	高度角：10° ～91°、方位角：±270°（南 0°）
最大駆動速度	方位軸：5 度/秒、高度軸：2 度/秒
最大加速度	1 度/秒 ²
眼視装置	接眼部高さ調節機構：子供や車椅子使用者にも簡単に操作出来る高さ調節装置装備すること。調節範囲は 0.8m～1.7m。 視野角：10 分角 φ, 角倍率：200 倍、600 倍の二種類接眼レンズ

かなた望遠鏡の設置作業写真



望遠鏡のセンター
を決めているところ



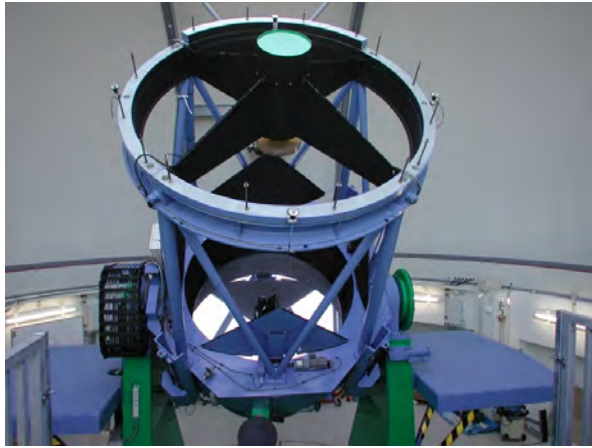
望遠鏡の方位軸回転レール

レールの真円度の測定と調整



フォーク、主鏡格納部と高度軸設置





完成した「かなた望遠鏡」

公募した名前の中から「かなた望遠鏡」と命名、そのネームプレート

眼視装置

事前調査から学童達は、片目で眼視装置を覗く事が苦手であるとのことであったので両眼で覗くことが出来る装置を開発

4-2 かなた望遠鏡制御系と制御ネットワーク

かなた望遠鏡の制御系は(株)西村製作所が望遠鏡本体と共に開発・納品した。望遠鏡制御システムはソケット通信のサーバソフト「telescopeM4」と各種のクライアントソフトで構成される。クライアント側からサーバへ規定の命令を送ることで望遠鏡を動かすことができる。クライアントソフトは自作が可能で、これにより天文台ネットワーク内の任意のパソコンから望遠鏡を操作することができ、また観測の自動化にも適している。この望遠鏡制御システムを利用した例としてガンマ線バーストの自動観測システムが開発された。本章ではこれら望遠鏡制御系と制御ネットワークについて概要を記す。

望遠鏡制御システムの全体像

西村製作所製 1m 級望遠鏡の制御システムは、名古屋大学 Z 研と共同開発した IRSF1.4m 望遠鏡（南アフリカ）の制御システムが基礎となっている。IRSF の望遠鏡制御システムについては参考文献[1]が詳しい。かなた望遠鏡と IRSF ではナスミスローテータと第三鏡の制御が加わっているなどの違いがある。

かなた望遠鏡の制御システムの全体像を図 1 に示す。望遠鏡各駆動部のモーターを制御するためのケーブルは全て天文台二階「制御機器コーナー」内の制御架に繋がっている。制御架は望遠鏡の位置情報などのステータスを保持しつつ、各モーターに動作命令を送っている。また、制御架から望遠鏡の駆動速度や加速時間などを設定することができる。日常的な観測作業で制御架内パソコンを操作する必要はなく、異常時やメンテナンス時に西村製作所が使用することが多い。

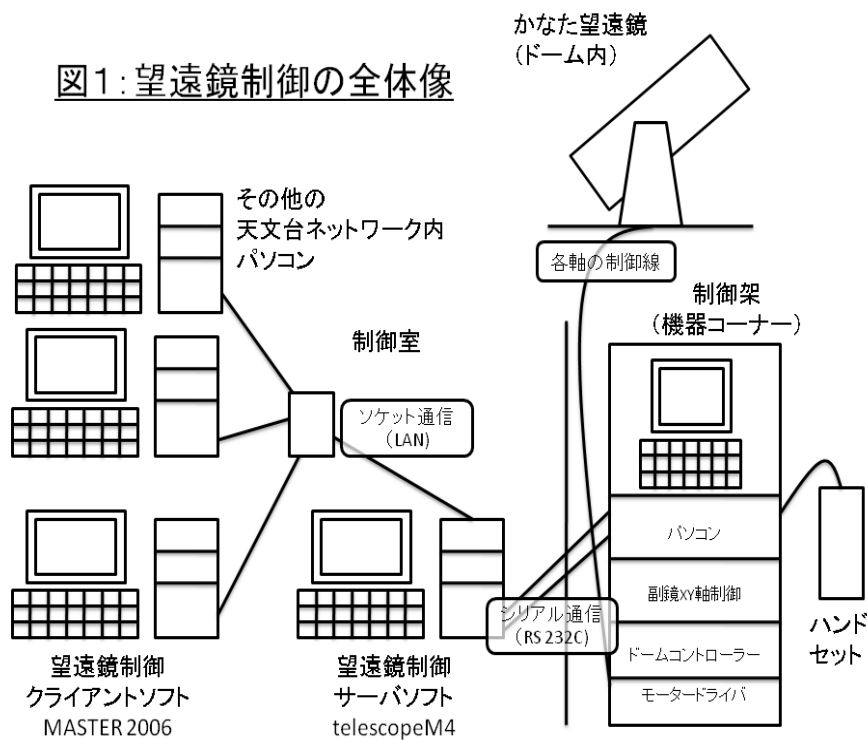
この制御架に命令を送る経路は 2 つある。一つは制御架に繋がっているハンドセットからの操作であり、もう一つが望遠鏡制御プログラム「telescopeM4」である。これら二つの制御経路は制御室内のキースイッチで選択 (manual=ハンドセット、auto=telescopeM4) することができる。

したがって、例えばハンドセットでの操作中にパソコンから望遠鏡を動かすことはできない。これはメンテナンス時などの安全性が考慮されているためである。

telescopeM4 はソケット通信のサーバプログラムであり、クライアントから送られてきた望遠鏡への動作命令を制御架に送る役割を果たしている。この telescopeM4 に望遠鏡を動かす命令を送るクライアントソフトがユーザーインターフェースとなる。また、ユーザーインターフェース部分がなくても、telescopeM4 との間の通信仕様に従った規定の命令を送れば、天文台ネットワーク内のパソコンから望遠鏡を動かすことができる。クライアントソフトとして西村製作所からは Linux 上で動作する CUI ソフト「clientM4」、並びに、Windows 上で動作する GUI ソフト「MASTER 2006」が納品された。通常の観測作業では MASTER 2006（2010 年 6 月に” MASTER 2009” にバージョンアップ）を用いることが多い。

かなた望遠鏡の駆動部は、方位軸、高度軸、カセグレンローテータ、ナスミスローテータ、第三鏡（出し入れと回転）、副鏡 X, Y, Z 軸、主鏡蓋、移動錘であり、これらにドームの駆動部であるスリット開閉、ドーム回転が加わる。これらのうち、telescopeM4 側から制御できるものは方位軸、高度軸、カセグレンローテータ、ナスミスローテータ、第三鏡（出し入れと回転）、副鏡 Z 軸（焦点）、主鏡蓋、ドームスリット開閉である。副鏡 XY 軸は制御架内の副鏡コントローラのタッチパネルで動かすことができ、光軸調整時などに使用する。移動錘は第二ナスミス台下にある制御盤から操作することができる。ドームの回転はドーム内制御盤の中の手動スイッチで操作できる。また、副鏡 XY 軸と移動錘以外の制御はハンドセットからも行うことができる。

図1: 望遠鏡制御の全体像



サーバプログラム「telescopeM4」

telescopeM4 はソケット通信のサーバプログラムである。telescopeM4 が動作するパソコンと制御架の間は望遠鏡制御用とドーム制御用のそれぞれ 1 本ずつ、計 2 本の RS232C ケーブルでつながり、シリアル通信で情報を送受信している。telescopeM4 はクライアントプログラムから送られてきた望遠鏡の移動命令を制御架に送る役割を果たしている。telescopeM4 にはユーザーインターフェースの機能は備わっておらず、起動すると毎秒 10 回の頻度で制御架と通信し、端末に望遠鏡ステータスを表示する。telescopeM4 の通信は ASCII 形式で行う仕様になっている。詳しい通信仕様は西村製作所から納品された資料に記載されており、クライアント側から規定のコマンドを送ることで望遠鏡を操作することができる。

クライアントプログラム「MASTER 2006」の機能

MASTER 2006 は Windows 上で動作する GUI であり、通常の観測作業ではこのソフトが使用される。MASTER 2006 の画面を図 2 に示す。MASTER 2006 では「全天マップ」及び「目標天体」の部分はこのプログラムが独自に計算・表示しているが、その他の部分では telescopeM4 と通信して望遠鏡のステータスを取得、または動作命令を送ることができる。主要な項目の説明を以下に列挙する。なお、「C 視野」「N 視野」はそれぞれカセグレンローテータとナスミスローテータを意味する。

- ① 全天マップ (画面左) : 中央が天頂、上が北、左が東の方角。黄色の丸が現在の望遠鏡方向で、緑の十字印が目標天体の位置。MASTER 2006 が独自に計算している部分。
- ② 現在日時 : 現在の日時。
- ③ 目標天体 : 全天マップ上でクリックした位置の座標などが表示される。MASTER 2006 が独自に計算している部分。
- ④ 望遠鏡 : 現在の望遠鏡の座標など。
- ⑤ 望遠鏡制御 : 望遠鏡のステータスが表示され、目標天体への移動命令や移動中止が行える。望遠鏡ステータスは以下のものがある。
 - (ア) 制御なし : 通信していない状態。
 - (イ) 原点復帰待ち : 望遠鏡起動時の状態。原点復帰する必要がある。
 - (ウ) 停止中 : 各軸が動いていない状態。
 - (エ) 追尾中 : 天体を追尾している状態。
 - (オ) 移動中 : 各軸が動作し、かつ「追尾」ではない状態。主には目標天体への移動中を指すが、何らかの原因で各軸が暴走した時にもこの状態が表示されることがある。
 - (カ) エラー : 何らかのエラー発生時。
- ⑥ バリアフリーの観点から車椅子でのドーム内アクセスが考慮されており、制御棟エレベーター、ドーム内リフターを用いドーム床まで車椅子で安全にアクセス出来る。

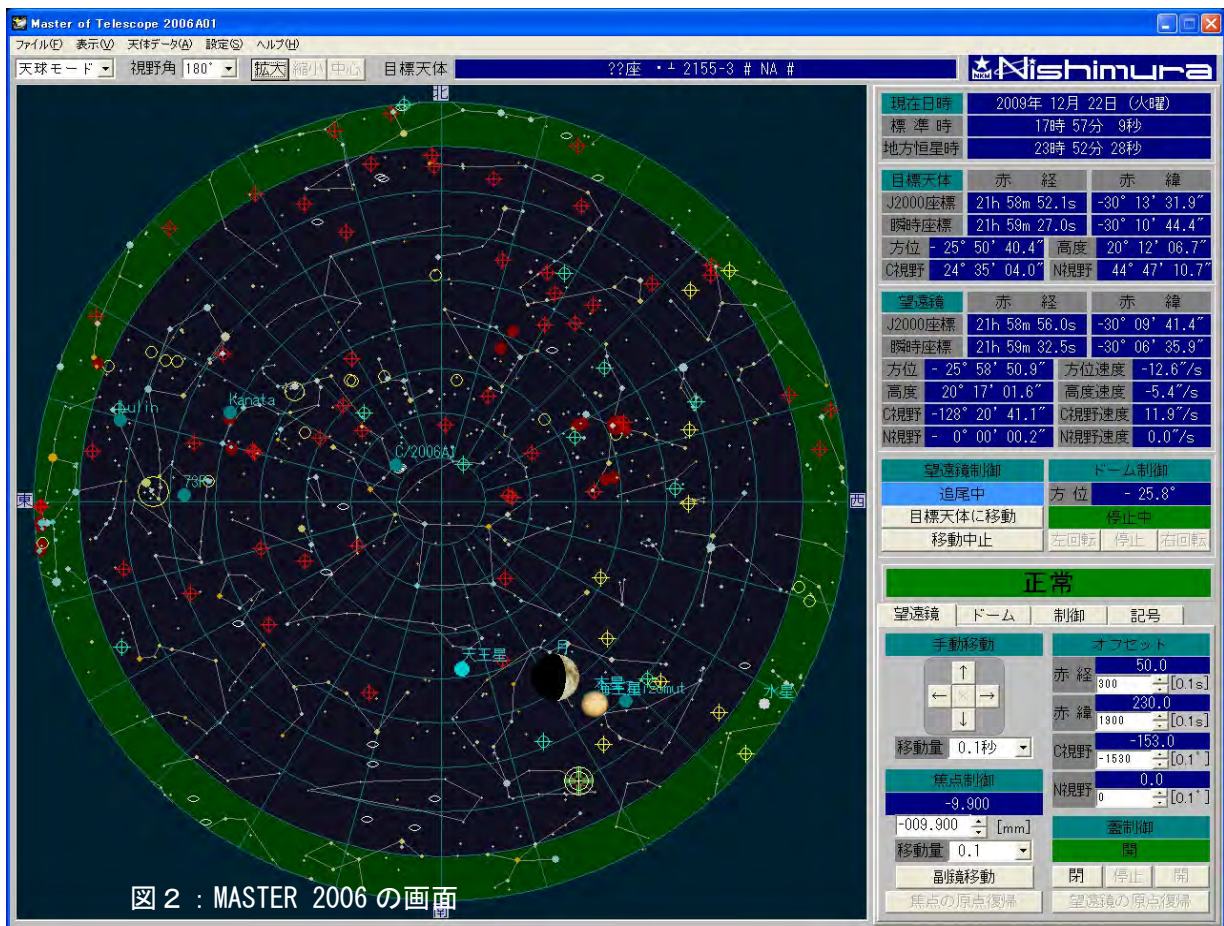


図 2 : MASTER 2006 の画面

- ⑦ ドーム制御：ドームのステータスが表示される。回転は制御できない。
- ⑧ 望遠鏡
 - (ア) 手動移動：追尾天体の座標を微小量変更する。指向方向を微調整する時に使用する。
 - (イ) オフセット：望遠鏡の指向方向にオフセットを指定することで視野中心をわずかに動かす。
 - (ウ) 焦点制御：副鏡 Z 軸を移動する。
 - (エ) 蓋制御：主鏡蓋の開閉を行う。
- ⑨ ドーム
 - (ア) スリット制御：ドームスリットの開閉を行う。
 - (イ) 望遠鏡連動：ドームと望遠鏡の動作を連動/解除する。起動時は「連動」が選択されている。
 - (ウ) ウィンドブレーカー：ドームスリット部のウィンドブレーカーの上げ下げをする。
 - (エ) 照明：かなた望遠鏡では不使用。
- ⑩ 制御
 - (ア) コントローラー状態：かなた望遠鏡では不使用。
 - (イ) コントローラー電源：かなた望遠鏡では不使用。
 - (ウ) コントローラー通信：かなた望遠鏡では不使用
 - (エ) ナスミス焦点切り替え：第三鏡の出し入れ・回転を行う。
- ⑪ 記号：全天マップ中の記号の定義

ガンマ線バースト自動観測システム

かなた望遠鏡ではガンマ線バースト (Gamma-Ray Burst; GRB) が発生すると自動的に望遠鏡がその方向に向き観測を開始するシステムが導入されている (GRB 自動観測システム)。このシステムは、ソケット通信によって外部から GRB の情報を受け取り、GRB の座標に望遠鏡を向ける命令を telescopeM4 に送るシステムと、望遠鏡が追尾状態になるのを待って観測装置で撮像を開始するシステムの 2 つから構成されている。

望遠鏡を自動的に動かすシステムは、外部からソケット通信で情報を受け取る部分と、受け取った情報から観測条件等を判断して望遠鏡に動作命令を出す部分とに分けられる。GRB の情報は NASA の「The Gamma-ray bursts Coordinates Network」(GCN) に登録すればソケット通信で受け取ることができる。システムの仕様で、GCN 側がソケットクライアント、GRB 情報を受け取る側がソケットサーバになっている。送られてくる情報は各観測衛星 (Swift 衛星や Fermi 衛星)、さらには衛星ごとにも数〜数十種類の情報があり、それら情報ごとの処理プログラムは広島大学で独自に開発した。[2] このプログラムは GCN のサイトで公開されているソースコード socket_demo.c を元に改良したものをを用いている。ソケット通信で受けとった情報の中に新しい GRB 発生を伝える情報があった場合は、プログラムが観測可能性などを判断し、可能であれば telescopeM4 にソケット通信で座標を送り、望遠鏡を天体に向ける。観測の可否の判断は、東広島天文台から観測して高度が 10 度以上あることで決定する。また、望遠鏡に動作命令を送った後に主鏡の蓋の状態、第三鏡の状態、及び焦点位置を telescopeM4 から取得して、観測可能な状態でなければ、例えば主鏡蓋を開けるなど、それぞれ動作命令を送る。

これと並行して、観測装置を GRB 観測モードに切り替える。観測装置が露出中であった場合には、その露出を中止して GRB の露出に備える。観測装置は、TRISPEC または HOWPo1 が対応可能となっているが、2009 年以降は GRB において依然希少な偏光観測を行うため、HOWPo1 を用いるようにしている。観測装置が GRB モードに切り替わり、望遠鏡が GRB 発生方向を追尾する状態になったら、観測装置での露出を開始する。各観測装置が GRB 自動観測モードを検知するために、システムのステータス状態を保存するファイルが存在する。このステータスファイルを介した GRB 自動観測システムの概念図を図 3 に示す。GCN とのソケット通信プログラムは、GRB の発生を検知すると、望遠鏡を動かすと共に、ステータスファイルの内容を「2 (GRB 自動観測モード・TRISPEC)」

または「5 (GRB 自動観測モード・HOWPo1)」に書き換える。統合的な機器制御用パソコン (camera) で、このステータスファイルの内容を監視するプログラムが動作しており、その内容が「2」ないし「5」に書き変わったことで GRB 自動観測モードへの移行を検知し、観測装置制御 PC へ現行の観測の中止と GRB モードへの変更の命令をだして、望遠鏡が追尾状態になるのを待って撮像を開始させる。天文台の見学会や観望会など望遠鏡が自動的に動くことが危険な場合はステータスファイルの内容を「0 (GRB 自動観測不可)」にしておくことで GRB が発生しても望遠鏡は自動的に動かない。ステータスファイルの内容が「1 (GRB 自動観測可)」の場合のみ、telescopeM4 に動作命令が送られ、ステータスが「2」ないし「5」に変更されるようになっている。

自動観測に使用される観測装置は TRISPEC と HOWPo1 である。TRISPEC による GRB 自動観測は、GRB 観測モードに入って望遠鏡が追尾状態になると TRISPEC に 63 秒の積分時間で 10 枚撮像する命令を送る。HOWPo1 では、1 露出型広視野偏光モードで 30 秒露出を 10 枚、続いて 60 秒露出を 10 枚撮るようになっている。

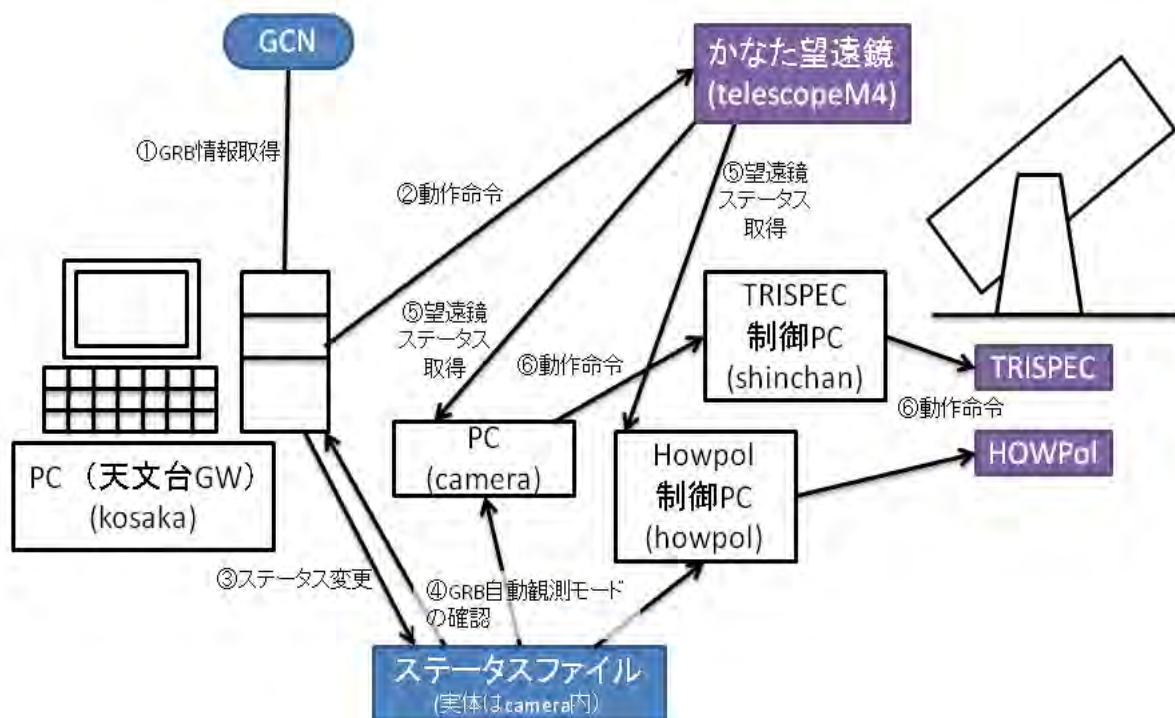


図 3 : GRB 自動観測システムの概要

参考文献

- [1] 加藤大輔, 2000, 修士論文,
http://komatta.astron.s.u-tokyo.ac.jp/~kato/master_kato.pdf
- [2] 上原岳士, 2007, 卒業論文,
<http://www-heaf.hepl.hiroshima-u.ac.jp/thesis/uehara2006.pdf>

4-3 かなた望遠鏡の初期調整作業の記録

東広島天文台は 2006 年 5 月に開所し、その前後数ヶ月間はかなた望遠鏡の初期調整作業が行われた。ここではその作業内容を報告する。特に、1. 開所以前、2. ハルトマンテストを利用した光軸調整、3. 指向精度改良作業、4. 初期の故障・トラブル、についてまとめる。

これらの初期調整作業は 2006 年 10 月に一端完了し、それ以降、現在に至るまで大きな故障やトラブルはなく、定常観測が続いている。

開所以前

表 1 は 2006 年のかなた望遠鏡周辺のできごとをまとめている。西村製作所の工場における新造した架台部分の組み立てから調整に約 2 ヶ月、東広島天文台での組み上げから望遠鏡が動くようになるまでに約 3 週間、そこから初期調整を開始し、9 月下旬には通常観測を開始した。このうち、工場での調整を比較的時間の余裕をもって行えたことが、現在まで大きな故障やトラブルの無い遠因になっている。なお、初期調整に約 3 ヶ月の時間がかかっているが、これは作業に慣れるための期間に加えて、梅雨と秋雨の時期にまたがっていたためである。

2005 年末に望遠鏡ピアの振動調査を行った。表 2 はピア完成時に (株) 国際航業が実施したピアの固有振動数の測定結果で、さらにそこに望遠鏡が設置された時に期待される値も記載されている。望遠鏡本体の構造から、ピアの固有振動数は 5Hz 以上になるよう設計されたが、表の値から実際にこの要求を満たしていることがわかる。

望遠鏡に関する作業は、組み立てから配線、動作テストまでを西村製作所が主導して行い、広島大学からは植村 (助教)・新井 (当時 D1) がそれら工場での作業に立ち会った。望遠鏡ハードウェア面での主な改造箇所は駆動速度の向上と両ナスミス焦点の使用、及び第一ナスミス焦点のローテータ導入である。

表 1. 開所以前から初期調整時期のできごと
(2005 年 9 月末 三鷹から搬出)

12 月～3 月	ピア振動調査
2 月 15 日～	架台部分納品→仮組み開始 @西村製作所
3 月～4 月	望遠鏡調整 @西村製作所
4 月 24 日	搬入開始
5 月 9 日	エンジニアリングファーストライト (目で月)
5 月 15 日	西村製作所、一段落ついていったん撤収
5 月 26 日	開所式、望遠鏡愛称「かなた」発表
5 月下旬～	初期調整 (光軸合わせ&追尾・指向精度向上)
8 月 7 日	京大高速カメラテスト観測
8 月 9 日	名大 TRISPEC、カセグレンに取り付け
8 月 30 日	望遠鏡バランス調整
9 月 1 日	ハルトマンテスト (最終)
9 月 8 日	ナスミス焦点で指向精度改良作業
9 月 13 日	カセグレン焦点で指向精度改良作業
9 月 14 日	TRISPEC で分光観測開始

表 2. ピアの振動試験の結果

調査条件	固有振動数 (東西) Hz	固有振動数 (南北) Hz
ピア完成時(実測値)	9.75	10.50
望遠鏡設置後：観測機器なし (理論値：設定重量 17.3t)	6.90 (6.80)	6.91 (6.80)
望遠鏡設置後：観測機器あり (理論値：設定重量 19.5t)	6.23	6.24

このうち、駆動速度の向上は東広島天文台の主な研究課題である突発現象の即時観測に必須である。改良後の最高速度は方位方向に 5 度/秒、高度方向に 2 度/秒を実現している。また、望遠鏡の制御も西村製作所がこれまで使用してきた制御ソフトを使用しており、Linux ベースの CUI と

Windows ベースの GUI が利用できる。

天体に向けて眼視観望が問題なくできるようになった 2006 年 5 月末時点で西村製作所の作業は一旦終了した。その後の調整作業は西村製作所からの技術的なサポートを受けながら、広島大学側が主導して行った。

ハルトマンテストを利用した光軸調整

望遠鏡の主鏡と副鏡の位置関係が最適な状態にない場合は収差が大きく現れ、結像性能も低下する。かなた望遠鏡では副鏡の位置を変えながら結像性能を調べることで、最適な状態を実現した（光軸調整作業）。

この作業ではハルトマンテストを利用した。ハルトマンテストとは本来は光学系の収差を調べるための方法で、その原理を模式的に図 1 に示した。点光源からの平行光に複数個の穴をあけたマスク（ハルトマン板）を通し、焦点面の前後で撮像することにより、光線の軌跡を追うことができる。理想的な光学系では焦点面で全ての光線が一点で交わるが、実際には光学系の収差などのため有限の広がりをもつ。この広がりが光学系の結像性能の一つの指標（=ハルトマン定数）となる。

かなた望遠鏡の光軸調整作業では、副鏡の位置を図 1 の XY 方向に動かしながら、ハルトマン定数が最も小さくなる（=もっとも高い結像性能になる）位置を探した。実際には、76 個の穴をあけた金属板（ハルトマン板）を望遠鏡のトップリングに取り付け、カセグレン焦点付近に CCD カメラ SBIG ST-10XME を取り付け、適当な明るさ（2-3 等）の恒星の撮像を行った。図 2 はハルトマン板を取り付けた望遠鏡の状態である。撮像の際は、検出器面を焦点の前後に動かすのではなく、副鏡を光軸方向（図 1 の Z 方向）に移動させることで代用した。これらの方法、およびハルトマン定数の計算方法などは赤外シミュレーターの光軸調整の方法と同じものを用いた（文献 [1]）。図 3 は実際に撮った画像の例である。明るい点（スポット）の一つ一つがハルトマン板を通過した光線に相当する。この画像から各スポットの重心を計算し、焦点を挟んだ前後の重心位置から内挿して光線を追跡する。

初期調整作業では 2006 年 6-8 月の間の 7 夜でハルトマンテストを行った。テストに用いた恒星は南の方角、光度 70 度程度のものを常に用いることで、鏡筒のたわみの影響を少なくした。図 4 はその結果得られた典型的なスポットダイアグラムである。上図は観測機器取り付け前、中図は取り付け後、下図は光軸が合っていない時の例である。各図で中央のパネルが焦点位置のもの、左右はそれぞれ焦点から光軸に沿って 500 μm ずつ離れた位置でのものである。

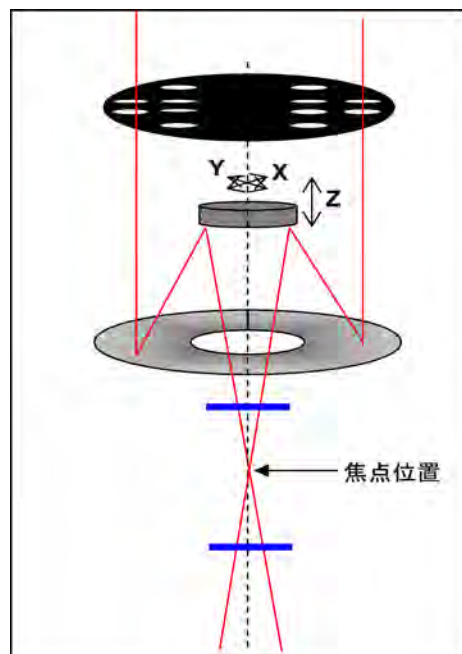


図 1 : かなた望遠鏡でのハルトマンテスト

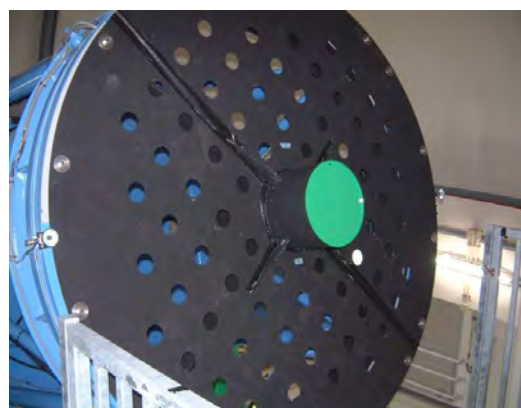


図 2 : ハルトマン板を取り付けたかなた望遠鏡

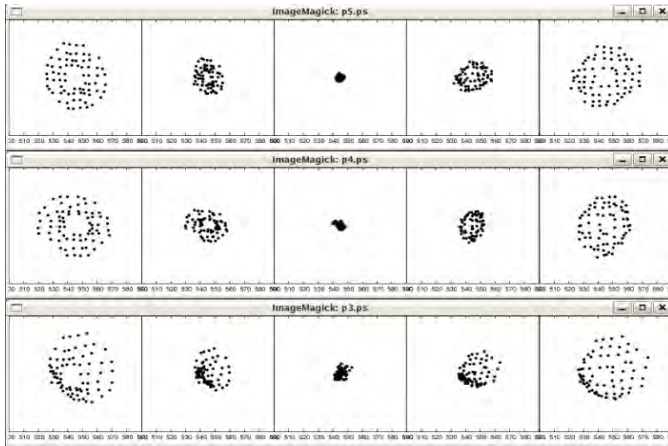


図4: スポットダイアグラムの例

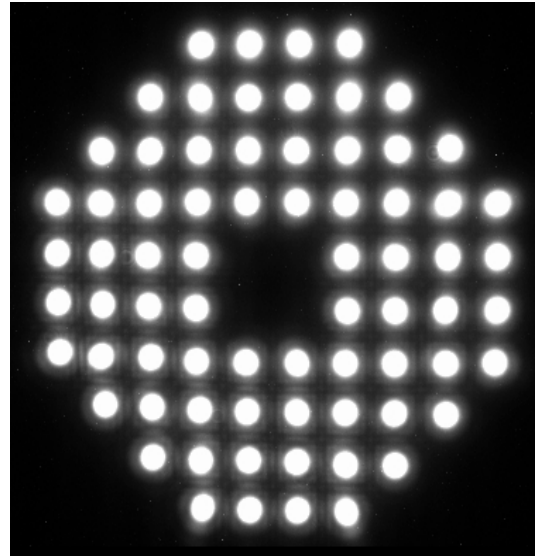


図3: ハルトマンテストで撮像した画像の例

各パネルのスケールは縦横共に 10"。上図・中図から、焦点の前後でスポットが楕円形に収束し、焦点を挟んで楕円の軸方向が 90° 変わっているのがわかる（上図と中図で向きが異なって見えるのは、カメラの取り付け角度が異なるため）。これは、最適な副鏡位置でも非点収差が残ることを示している。

初期調整作業の後、2007年7月に望遠鏡の副鏡が ZPF セラミック製のものに交換された（文献[2]）。この際、光学性能を確認するため再びハルトマンテストを行った。その結果のスポットダイアグラムが図5である。図5上が新しい副鏡でのスポットダイアグラムで、下が旧副鏡での例である。旧副鏡では目立っていた非点収差が新副鏡では消えている。しかし代わりに、端の点の収束が悪いことがわかる。これは鏡の縁で鏡面形状が設計通りでなく、結果、球面収差が現れているものと考えられる。一方で、旧副鏡で見られた非点収差は改善された。この原因としては、副鏡の取り付け面の角度の精度が考えられる。新副鏡装

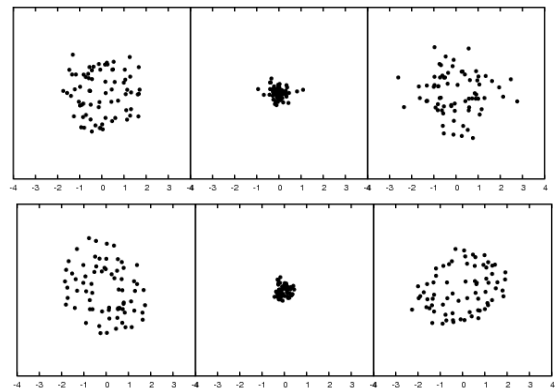


図5: 新・旧副鏡でのスポットダイアグラム。図のスケールは図4のものと同じ。

着の際に、オートコリメータによる副鏡面の傾斜を測定したところ、旧副鏡と新副鏡では約 4 分の角度の差が見られた。新副鏡では取り付け金具の底面と副鏡全面の平行性の精度が測定され保障されているため、おそらく旧副鏡が理想的な向きから数分ずれて取り付けられていた可能性が高い。

表3. ハルトマン定数

観測条件	ハルトマン定数 (")
赤外シミュレーター時代 (文献1)	0.34
観測機器取り付け前	0.30 ± 0.02
観測機器取り付け後	0.32 ± 0.02
新副鏡取り付け後	0.30 ± 0.02

これらのテストで得られたハルトマン定数を表3にまとめる。新旧副鏡のいずれの場合でもハ

ルトマン定数は約 0.3 秒角であり、観測所のシーイングサイズが 1–2 秒角であることを考慮すれば、実用上問題ない結像性能といえる。文献[1]で報告されている赤外シミュレーター時代の値と比較すると、かなた望遠鏡のハルトマン定数はいずれもわずかに小さい値になっている。この原因としては、三鷹と東広島のシーイングの違いや、今回の作業は最良の副鏡位置を求めるため数晩に渡って繰り返し行ったことなどが考えられる(文献1の主目的は光軸合わせというよりも、光学系の収差の評価や経年変化の調査にあった)。また、観測装置(名大 TRISPEC)の取り付け前と後では、取り付け後の方がわずかに悪くなっている。これは望遠鏡構造のたわみの影響を考えると定性的には理解できる。

なお、信頼できるハルトマンテストの結果が得られるようになるまでにはノウハウの取得が必要だった。まず、開所直後の6月はドーム内の湿度が上がるのを避けるためにドーム内で除湿器が稼働したままハルトマンテストを行うことがあった。しかし、ハルトマン定数の値が安定せず原因を調査した結果、除湿器のダクトが鏡筒方向を向いており、ドーム内シーイングが非常に不安定な状態だったことが判明した。除湿器の稼働を止めた後は安定した結果が得られるようになった。

指向精度改良作業

本格的な天体観測を行うためには高い精度で望遠鏡が天体を追尾する必要がある。かなた望遠鏡に取り付けられる検出器のピクセルスケールは 0.3~1 秒角程度であり、シーイングサイズは 1~2 秒角程度、視野は最大で 15 分角であることから、天体を導入する精度は数秒角、追尾時の誤差は数分間で 1 秒程度以下が望ましい。しかし、望遠鏡の構造は完全に理想的ではないため、初期の指向精度は必要なレベルよりはるかに低い。このため、望遠鏡の初期調整作業として指向精度の改良作業が必要となる。

指向精度の改良は望遠鏡指向位置の誤差をモデル化し、あらかじめフィードバックをかけることで実現できる。具体的には、全天の様々な位置で、本来の星の座標と実際に望遠鏡が向いている座標との差を計測し、モデル化する。モデルには方位軸や高度軸の原点の誤差、各軸の直交性の誤差などがパラメーターになる。

かなた望遠鏡の指向精度改良作業には Tpoint 社製のソフトウェアを用いた。作業の手順や自動化スクリプトの作成は主に文献[3]を参考にした。2006年9月8日に90個、9月13日に97個の星の導入精度を測定し、その残差を解析した。測定時、望遠鏡にはカセグレン焦点に TRISPEC が搭載されており、通常観測時の望遠鏡バランスと同じ状態で作業が行われた。モデルのパラメーターは、方位軸の原点誤差、高度軸の原点誤差、方位軸の東西・南北方向の傾き、方位軸と光度軸の直交性、光度軸と光軸の直交性、鏡筒のたわみ、方位軸の機械的な誤差、である。

図6はその解析結果で、上図では本来の座標からの差の値を上方向に北、左方向に東の方位で、下図ではその差を天球面上にベクトルで表示してある。左段がモデルによる補正を掛ける前の状態で、右段が補正した後の状態を示す。補正する前は特定の方向にずれていることがわかり、ずれの量は平均3分角ほどもある。補正した後ではずれの平均は3.0秒角であり、本格的な天体観測が可能な指向精度といえる。実際の観測でも5分積分程度の分光観測を十分行うことができることを確認した。指向精度はさらなる改善が可能と考えられるが、これ以上の精度はむしろ検出器側のオートガイダーに期待した方が作業効率は良いだろう。

初期調整期間が終わったあとも、主鏡蒸着作業後や装置交換後など、指向精度が悪化したと感

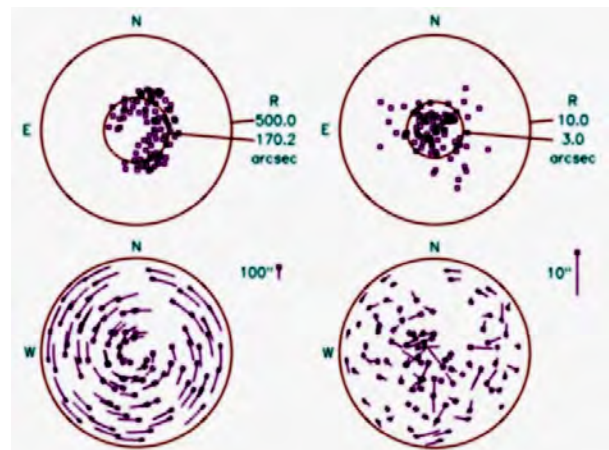


図6：指向位置の解析結果。本来の座標からの差の値を上図では方位方向(上方向が北、左方向が東)、下図では天球面上にベクトルで表示してある。左段がモデルによる補正を掛ける前の状態で、右段が補正した後の状態を示す。

じられる度に、上記と同様の方法で指向精度改良作業を行っている。その際のズレの平均はいずれも3秒角程度である。

初期の故障・トラブル

開所してから最初の1年間は比較的多くの故障・トラブルが発生した。主なものとその対処方法をまとめておく。

(a) 2006年6月13日、光軸調整作業中に望遠鏡が方位方向に暴走した。直後は作業を継続したが、同様の状態が1時間後に再発したため作業を中断した。ハンドセットで方位軸を動かしながら表示される座標を確認したところ、方位軸エンコーダーからの信号が正しくないことが判明した。2日後、西村製作所から作業員が来訪、エンコーダーのヘッド部品を予備のものとの交換したところ症状は改善した。エンコーダーヘッド部の初期不良と考えられる。エンコーダーはドイツ製で国内に予備部品が少ないことから、あらかじめ予備部品を購入しておく必要がある。

(b) 2006年6月20日、光軸調整作業中に望遠鏡の制御架が頻繁にフリーズする現象が発生した。翌日、西村製作所、SEEK電気(モーター制御担当)から作業員が来訪、制御架内PCのCPUのファンが動いていないことを発見し、CPUの温度が上がりフリーズすることを確認した。ファンの交換後、今度は通信エラー(チェックサムエラー)が頻発したが、制御架内PCでの設定で通信割り込みの部分を書き換えて回復した。その後、同様の症状は確認されていない。

(c) 2006年7月20日、曇天で待機時に高度軸が+方向にオーバーランした。移動命令を送っていない状態で少しずつプラス方向へ動くことを確認した。8月1日に西村製作所から作業員が来訪。制御化PCのマザーボードと高度軸モーターのカードとの間の接触不良が原因であることが判明した。コネクタ部の清掃で症状は改善した。西村製作所にとっては、かなた望遠鏡でナスミスローテータ1軸分の制御を増やしたため、これまでの西村製望遠鏡での制御架内ボード構成では足りなくなり、ISAにボードを追加するなど従来の構成を変更した。上記の制御架の頻繁なフリーズも合わせて、このボード構成の変更に起因する問題が初期に連続して発生したものと思われる。

(d) 2006年8月、2007年3月、光軸調整作業中にそれまで最適だった副鏡位置でハルトマン定数が大きな値を示し、副鏡位置が意図せず変化したことが判明。副鏡位置はポテンシオメータで計測した「実測値」と、移動命令分だけ値を変更する「論理値」の二つが記録される。このうち「実測値」はポテンシオメータの計測値が周囲の気温によって変化するため、そもそも信頼できる値ではない。一方「論理値」は副鏡を動かす命令を送らない限り変化しないはずだが、2007年3月には起動時にこの値が前日のものから変化したことが明らかになった。この日は天文台全体で停電が発生していた。その後、西村製作所の作業によって、この停電が副鏡の異常動作の原因であることが判明した。すなわち、副鏡の「論理値」は副鏡監視用シーケンサが保持しているが、この内部メモリの値が長時間の停電によって失われ、その結果、復帰時に副鏡を動かす命令をだす制御仕様になっていたことがわかった。この制御プログラムを改善することで症状はなくなった。

(e) 2007年4月23日、観測開始時に、高度軸の原点復帰に失敗し、観測不能になった。調査の結果、高度軸エンコーダーのZ相(原点)が読み取れていないことが判明した。再起動後には回復したが、その後も断続的に再発し、6月には望遠鏡の追尾不良(振動)が目立つようになってきた。同月、主鏡再蒸着の際のメンテナンスで、高度軸エンコーダーの汚れが激しいことが発見された。おそらく高湿度下においてまれにエンコーダーが結露し、徐々に汚れが付着していたものと思われる。エンコーダー表面の汚れをアルコールで拭き取ることで症状は改善した。このエンコーダーの汚れに起因する高度軸のトラブルはその後にも発生し、約半年に一度、上記の清掃作業を行っている。最終的にエンコーダーにカバーを掛けゴミの付着を防ぐ対策を取る事にした。

(追記: なお、2010年初頭、エンコーダーの清掃作業を繰り返すうちにエンコーダーの目盛が剥げてきていることが判明し、高度エンコーダーは新しいものに取り換えた。その後2010年6月のメンテナンス時に、高度エンコーダー周辺を密封し、埃が入らないよう対処した。)

参考文献

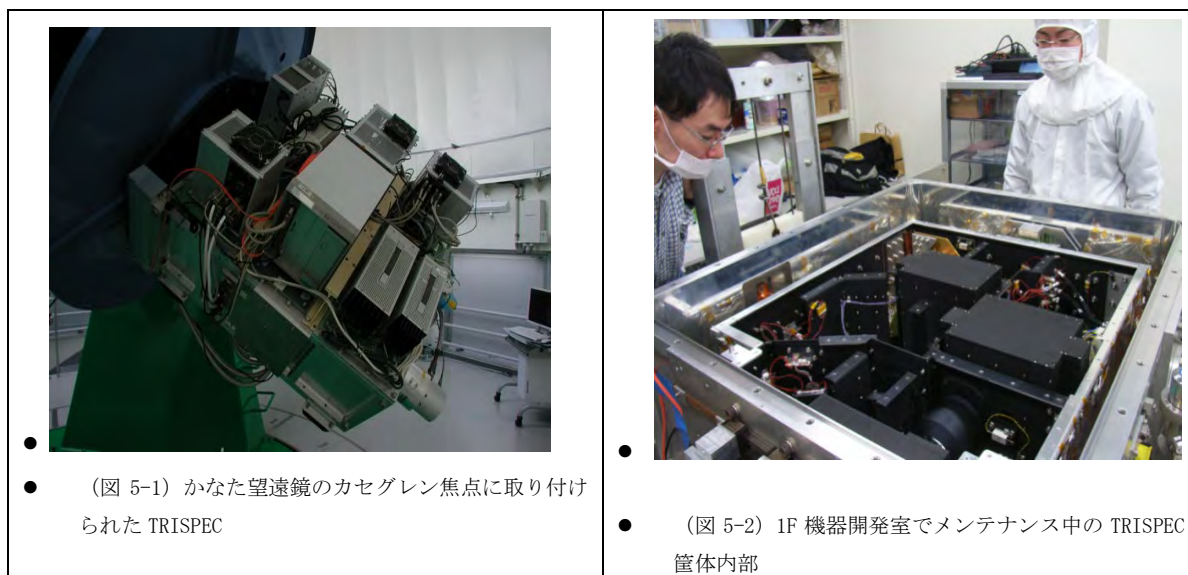
- [1] 表泰秀、1997、東京大学理学研究科 修士論文
- [2] 秋田谷洋、2007、岡山天体物理観測所ユーザーズミーティング
- [3] 加藤大輔、2001、名古屋大学理学研究科 修士論文

5 観測装置

ここでは、かなた望遠鏡の主要な観測装置として、TRISPEC、HOWPo1、HONIR の三つを紹介する。TRISPEC はこれまでかなた望遠鏡の主力装置として利用されてきた装置である。HOWPo1 は第一ナミス焦点に常設され、2008 年末から観測を開始している。HONIR は次期主力装置として、2009 年 1 月に近赤外 1 チャンネルの撮像ファーストライトを迎えた後、完全稼動を目指して鋭意開発が進められている。

5-1 TRISPEC（可視近赤外同時撮像分光装置）

名古屋大学大学院理学研究科素粒子宇宙物理学専攻光赤外線天文学研究室において開発された観測装置で、可視域 1 チャンネルと近赤外 2 チャンネルの計 3 チャンネルで同時に、撮像、分光および偏光観測が可能な装置である [1]。当装置は 1999 年から 2001 年にかけて米国ハワイ州マウナケアの 3.8m 英国赤外線望遠鏡およびハワイ大学 2.2m 望遠鏡に取り付けられて観測が行われた後、国内に戻されて光学系が改修され、国立天文台岡山天体物理観測所 1.88m 望遠鏡、そして広島大学 1.5m かなた望遠鏡に取り付け観測が行われている。特に、2006 年 8 月からは、かなた望遠鏡の主力装置として、ブレーザーや激変星を始め、超新星、X線連星などの観測研究に大きく貢献している（図 5-1, 5-2）。



TRISPEC の大きな特徴は、可視と赤外線とで同時に観測できる点と、観測モードに撮像と分光の他に偏光測定機能も備えるという点である。これにより、観測機会が限られた突発天体においても、そのもたらす情報を余すことなく捕らえることが可能であり、かなた望遠鏡で目指すプロジェクトにまさに適合した観測装置と言うことも可能である。TRISPEC の観測モードと、かなた望遠鏡で用いた場合のその仕様について、表(5-1)にまとめる。Opt は可視チャンネル、IR1、IR2 は近赤外チャンネルである。TRISPEC は元々より大口径（長焦点）の望遠鏡向けに光学設計がな

されているため、画素スケールはかなた望遠鏡における星像のナチュラルシーイングサイズ（Rバンドの典型値が半値幅で1.2秒角）に比べて大きく、アンダーサンプリングの状態となっている。これにより、測光精度ないしは限界等級に対する背景スカイの影響が特に近赤外域では大きい。なお、偏光モードでは、ウォラストン・プリズムによる分離光が重ならないようにするため、通常の撮像ないしは分光モードよりも視野を狭めるマスクが用いられる。

表 5-1 TRISPEC の観測モードと仕様（木野 2007 多波長研究会収録）

撮像モード				分光モード			
	Opt	IR1	IR2		Opt	IR1	IR2
検出器	SITe CCD 512 × 512	InSb 256 × 256	InSb 256 × 256	グリ ム	200 本/mm 頂角 15.0	120 本/mm 頂角 18.0	150 本/mm 頂角 36.8
視野	7.0' × 7.0'			スリ ット	3.4" 幅 × 7.0' 長		
画素スケ ール	0.82" / pixel	1.65" / pixel	1.65" / pixel	波長 域 (μm)	0.45-0.90	0.90-1.85	1.85-2.50
フィルター	B, V, R, I	J, H	Ks, K, H ₂	$\lambda/\Delta\lambda$	138	142	360
限界等級 (基準)	R=18.5 (10分, 10 σ)	J=16.8 (10分, 10 σ)	Ks=15.1 (10分, 10 σ)	限 界 等 級	R=16.7 (10分, 10 σ)	J=16.8 (10分, 10 σ)	Ks=15.1 (10分, 10 σ)
+偏光撮像モード				+偏光分光モード			
視野	7.0' × 1.7' (2スロット)			ス リ ッ ト	3.4" 幅 × 1.7' (2スロット)		
限界等級	R=14.8 (10分 Δp = 0.5%)	J=13.2 (10分 Δp = 0.5%)	Ks=11.4 (10分 Δp = 0.5%)	限 界 等 級	R=12.8 (60分 Δp = 0.5%)	J=12.0 (60分 Δp = 0.5%)	Ks=9.7 (60分 Δp = 0.5%)

TRISPEC 筐体内の構造は図 5-3 のように二重構造となっており、外側が真空容器、内側が冷却容器となっている。上部にある波長校正ユニット及び真空容器のウィンドウを介して天体の光が望遠鏡から入射し、マスクないしはスリット上に焦点を結ぶ。その後、ダイクロイックミラーによって、可視光と近赤外線光が分離され、反射された可視光はコリメータレンズ、光学素子ホイール、カメラレンズを通過して CCD 上に像を結ぶ。近赤外線光は共通のコリメータレンズを通過した後、ダイクロイックミラーによって IR1 と IR2 とに分離され、おのおの光学素子ホイール、カメラレンズを通過して、InSb 検出器へと像を結ぶ。偏光測定に用いられる無色半波長板は、波長校正ユニット内に、ウォラストン・プリズムは光学素子ホイールにそれぞれ収められている。かなた望遠鏡では半波長板を出し入れするステージが、常に入射光が半波長板を通過するように固定されている。筐体全体とその外側に固定された周辺機器全体で 500-600kg 程度の重量となっている。

冷却容器やその内部の光学素子類は、近赤外域でノイズ源となる熱輻射を抑えるために、GM 型冷凍機を利用して 80-90K に冷却されている。検出器は、CCD が 100K、InSb が 30K となるよう、それぞれ温度制御されている。冷凍機ヘッドとコンプレッサの間は、望遠鏡のケーブル巻き取り機構を利用して這わせてある約 25m のヘリウム配管でつながれている。コンプレッサはドーム観測階直下の中二階に設置され、ドーム一階の外に置かれたチラーからの冷却水による水冷方式をとっている。

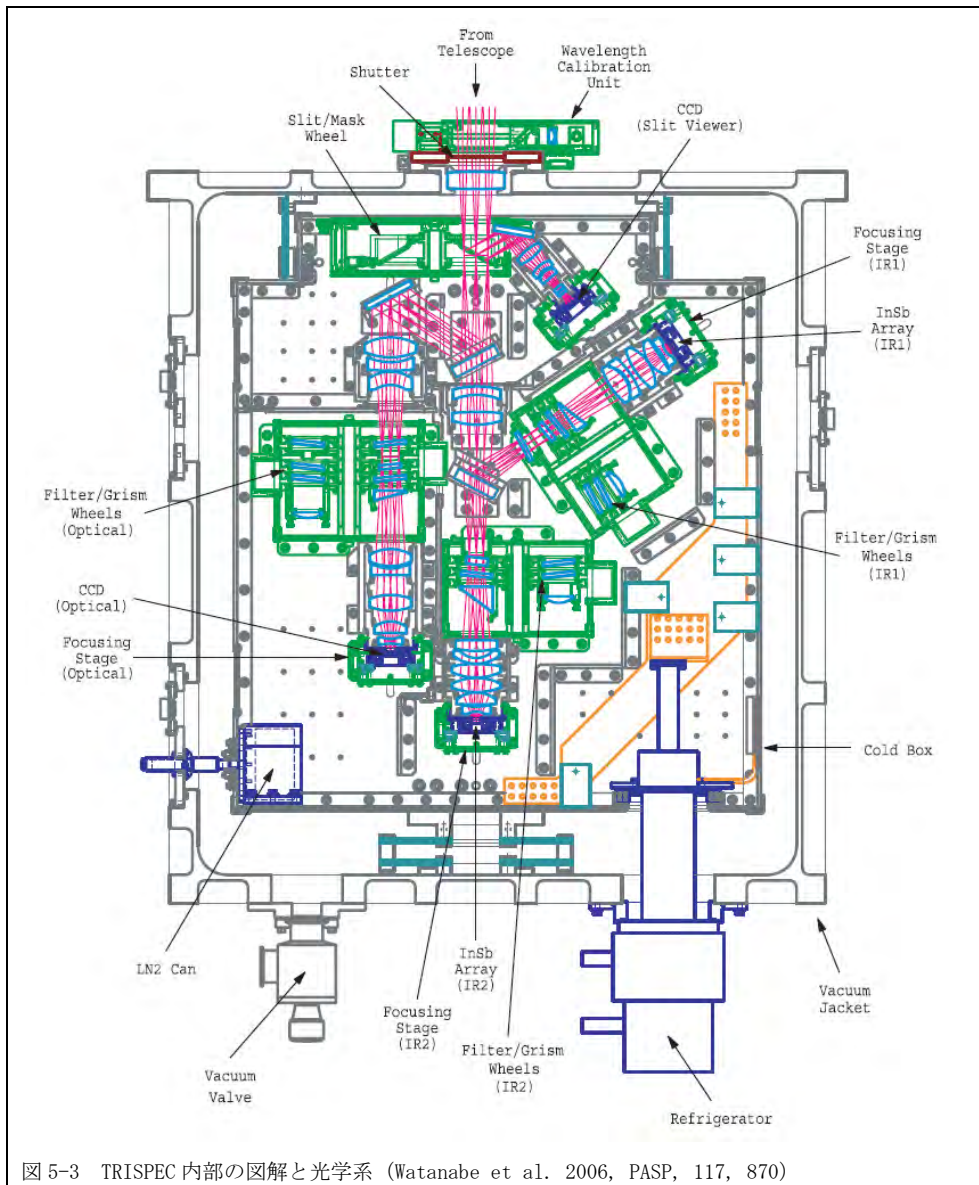


図 5-3 TRISPEC 内部の図解と光学系 (Watanabe et al. 2006, PASP, 117, 870)

TRISPEC は 2 台の計算機(trispec, shinchan)によって制御される。trispec は主に温度制御や 12 個のホイールの駆動をつかさどり、shinchan は検出器コントローラーMessia3 を介してスリットビューアーを含めた 4 つの検出器を駆動する。これらのステータスは trispec 上の html ファイルにリアルタイムで反映され、ウェブを介してすぐに参照できるように整備されている。東広島天文台に持ち込まれた当初は順調に動いていた TRISPEC だったが、既に使用開始から 10 年以上経過している部品が殆どであるからか、いくつかのホイールの駆動や InSb 検出器の読み出しで不具合が見られるようになってきている。2008 年 3 月には TRISPEC チームにより IR1 光学素子ホイールのオーバーホールが行われ、その後は極めて快調に動いているが、新たに Opt 光学素子ホイールやスリット・マスクホイールの駆動に不具合が発生して解消せず、IR2 検出器も異常画像を排出する状態が 2009 年 4 月現在には続いている。今のところ、観測の継続にさしたる支障は出ていないが、適当な時期に修理期間を設けることを検討しているところである。

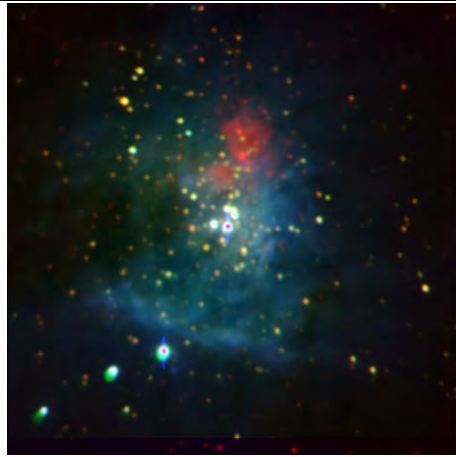


図 5-4 TRISPEC で得られたオリオン星雲の 3 チャンネル
擬似カラー合成画像

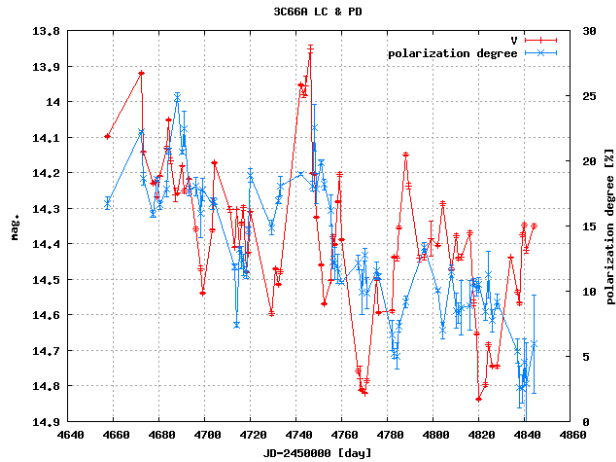


図 5-5 ブレーザーの偏光撮像モニターの結果の一例。赤が可視等級、青が偏光度の日変化を表す。

かなた望遠鏡での TRISPEC の利用状況であるが、これまでの観測時間の多く（おそらく～8 割）は TRISPEC で利用されている。2008 年 12 月に実測した撮像モードにおける検出効率（検出光子数と入射光子数の比で、大気透過率や望遠鏡反射率による減光も含んだ値）は、V, J, Ks バンドでそれぞれ 6%, 12%, 18% となっており、撮像器としては決して高く無いものの、ダイクロミックミラーを用いて 3 チャンネル同時に観測できるようになっていること、分光や偏光モードも備えていることを考慮すると、その総合的な観測効率の高さは極めて高く、かなた望遠鏡の機動性とも合わせ、ユニークな観測性能を誇っている。かなた望遠鏡では 2009 年 4 月までに、矮新星、ブレーザー、古典新星、X 線連星、ガンマ線バーストに対する査読論文が 7 編公表されており、また今後も続々と成果が産出されることが期待される（図 5-4, 5-5）。TRISPEC によって我々が獲得した観測およびデータ解析の技術はそのまま、後継機である HONIR を用いた観測研究にも活かされることが期待でき、将来に亘るより幅の広い活躍の礎となるであろう。

参考文献

[1] Watanabe, M., et al., 2005, Publications of Astronomical Society of the Pacific, 117, 870, 佐藤修二, 2009, 天文月報（日本天文学会月報誌）, 102, 267-271

5-2 HOWPol（一露出型広視野可視偏光撮像器）

かなた望遠鏡ナスミス焦点に常設する基本的装置のひとつとして、広島大学宇宙科学センターで開発が進められてきた装置であり、かなた望遠鏡の持つ 15 分角 ϕ 視野をカバーする撮像機能に加え、位置誤差の大きい（～3 分角）ガンマ線バーストの初期残光の偏光を測定する機能を兼ね備えたものとなっている[1]。HOWPol とは Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter の略で、一露出 (one-shot) と広視野 (wide-field) が特徴の可視偏光器である。2005 年より光学系、検出器系の開発が、2006 年より筐体、駆動制御系の開発がそれぞれ始められた。2008 年 7 月末にファーストライトを迎え、2009 年 2 月からは超新星などに対する観測が本格的に進められている。開発資金としては、宇宙科学センターに配分された特別教育研究経費のほか、国立天文台共同開発研究（平成 16 年度）440 万円、科学研究費補助金（若手 A 平成 17-19 年度）2082 万円、同（若手 B 平成 20-23 年度）320 万円、同（特定領域公募 平成 21-22 年度）400 万円が充てられている。



図 5-6 第1ナスミス焦点に取り付けられた HOWPo1 とその周辺機器

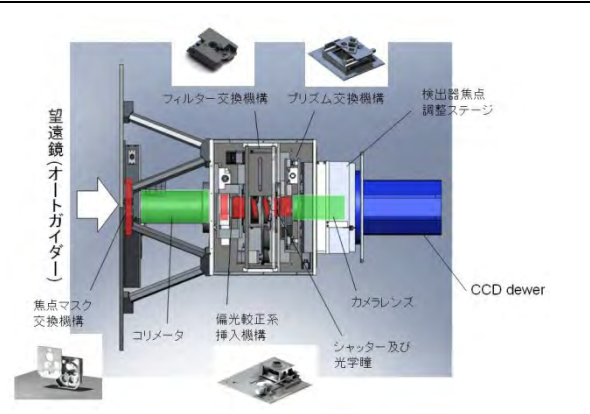


図 5-7 HOWPo1 の器械系の図解。緑色の部分がコリメータ及びカメラレンズ。赤色が各種光学素子。

HOWPo1 はオートガイダー・較正光源部を介して、かなた望遠鏡の第一ナスミス焦点（ナスミス左）のインストゥルメント・ローテータに取り付けられている（図 5-6）。望遠鏡から入射した光は、観測モードに応じ視野を制限する焦点マスク交換機構を通過し、コリメータレンズ系で平行光に変換され、偏光較正系、フィルター、瞳絞り、シャッター、ウォラストン・プリズム、プリズムといった素子を通過して、カメラレンズで収束し、検出器としての $2k \times 4k$ ピクセル CCD 2 枚に結像される（図 5-7）。光学系の設計としては、検出器上における全収差（ $450\text{--}1100\text{nm}$ の 80% encircled energy の直径）が 15 分角視野にわたり $30\ \mu\text{m}$ （ $= 2$ ピクセル $= 0.6$ 秒角）以下を達成しつつ、且つアクロマティックな瞳像（直径 23.9mm ϕ で瞳像の全収差は $52\ \mu\text{m}$ ）を形成するものとなっている。この瞳像は後に述べる一露出型ウォラストン・プリズムと用いる際に重要となる。検出器上でのスケールは、 0.30 秒角/pixel であり、東広島天文台における最良クラスのナチュラルシーイング（FWHM $0.9\text{--}1$ 秒角）に最適化したサンプリングとなっている。

HOWPo1 の主な仕様と観測モードを表 7-2 に掲げる。この中で最も大きな特徴は一露出型の偏光撮像モードである。通常の（直線）偏光観測では、半波長板とウォラストン・プリズムとを組み合わせて、半波長板を回転させた複数フレームの露出を必要としているため、同時性を確保した偏光（ストークス）パラメータを得ることができなかつた。HOWPo1 では、ガンマ線バーストの初期残光のように、位置誤差が大きく、且つ秒・分スケールで時間変化する天体の偏光測定を可能とするため、ウェッジ付きダブルウォラストンプリズムを採用した。このプリズムを瞳像の直下に置くことで、天体の四方位の直線偏光像を同時に得ることができ、一回の露出でストークス I, Q, U パラメータを導出することができる（図 5-8）。ウェッジ付きダブルウォラストンプリズムには、分離角が大きい広視野ガンマ線バースト用（当初方解石製であったが熱変化による亀裂が入ったため、熱変化に強いルチル製で再製作済み）と、収差を小さく抑えた狭視野汎用（フッ化マグネシウム+合成石英製）とに使い分けている。

表 5-2 HOWPo1 の主な仕様と観測モード

観測波長	450-1050nm
観測モード	広視野撮像（15 分角直径） 搭載フィルター: B, V, R, I, z' +y、偏光較正用 偏光撮像（一露出型＝一回の露出でストークス I, Q, U を導出可） 広視野モード（ 7×7 分角視野）Swift/BAT のガンマ線バースト位置誤差をカバー 狭視野モード（ 1×15 分角視野）収差・色分散小 分光（ $\lambda / \Delta \lambda \sim 600 - 2300$ ） 偏光分光（ $\lambda / \Delta \lambda \sim 600 - 2300$ ）
検出器	$2k \times 4k$ （ $15\ \mu\text{m}/\text{pixel}$ ）背面照射 完全空乏型 CCD（HPK）を 2 枚並列 読み出し時間 20 秒（ 1×1 ビン）、9 秒（ 2×2 ビン）、4 秒（ 4×4 ビン）

検出効率 (実測例)	B=7.5%, V=20.4%, R=30.0%, I=27.7% (2008-7-29 測光夜の例)
限界等級 (実測例)	B=18.7mag, V=19.5mag, R=19.7mag, I=19.3mag (100 秒露出で測光精度 0.1mag)

HOWPo1 の検出器は、浜松ホトニクスと国立天文台とで共同開発が進められた完全空乏型 CCD で、 $2k \times 4k$ ピクセルのものを 2 ヶ並べて用いられている (図 5-9)。空乏層厚が $200 \mu\text{m}$ あり、従来のものに比べ波長 $1 \mu\text{m}$ 付近の量子効率が 3 倍程度改善されているため (図 5-10)、銀河面に埋もれた X 線連星や赤方偏移の大きいガンマ線バーストの観測に有利である。CCD は、国立天文台で開発された検出器コントローラー Messia5 と読み出しシステム M-front2 を利用し、 -100°C の冷却下にて駆動される。

HOWPo1 の操作は、検出器や周辺機器を制御する linux PC (howpol) と、本体駆動機構を制御する Windows PC (howpolc) との 2 台の計算機で制御される。駆動機構は計 8 つのパルスモータと関連する位置センサーから成る。個々のモーターにそれぞれドライバが設けてあり、同時に駆動することにより観測モードの素早い切り替えが可能である。現在、howpolc を howpol から統合的に制御するためのプログラムの開発が進行中である。また、ガンマ線バーストの出現アラートに伴い、望遠鏡を向け、HOWPo1 で自動的に観測を開始するシステムが 2009 年 5 月初旬より試験的に動き出している。

HOWPo1 で得られた観測例を図 5-11~5-14 に示す。図 5-11 には、狭視野、広視野それぞれのモードでの偏光撮像例を載せている。おのおの、各視野が 4 方位の偏光像で得られている様子がわかる。図 5-12 は 2008 年 7 月 29 日のシーイングが良い晩に R バンドで撮像したある星像の輝度の半径分布を表している。この時は視野全面に亘り、半値幅で 1.2 秒角の良好な星像が得られた。図 5-13 は V, R, I バンドで撮像したかに星雲の三色合成画像である。ディザリング法を用いて複数フレーム撮影した後、あらかじめ較正観測で求められた像歪曲情報を基に補正し合成しているため、CCD 間のギャップはみられない。図 5-14 には、偏光撮像モードで撮影した反射星雲 R Mon の輝度分布および偏光ベクトルマップを示している。反射星雲に特徴的な、中心星のまわりに同心円状のベクトルマップの様子がわかる。

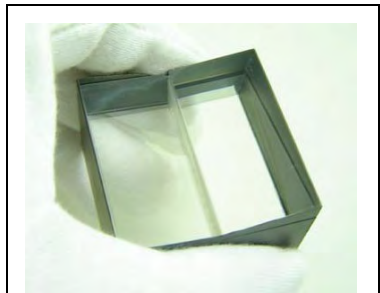


図 5-8 ウェッジ付きダブルウォラストンプリズム

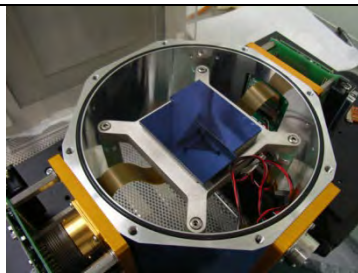


図 5-9 マザーボードに並べられた 2 つの $2k \times 4k$ 完全空乏型 CCD

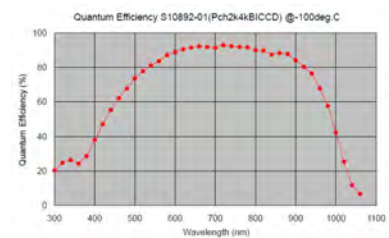
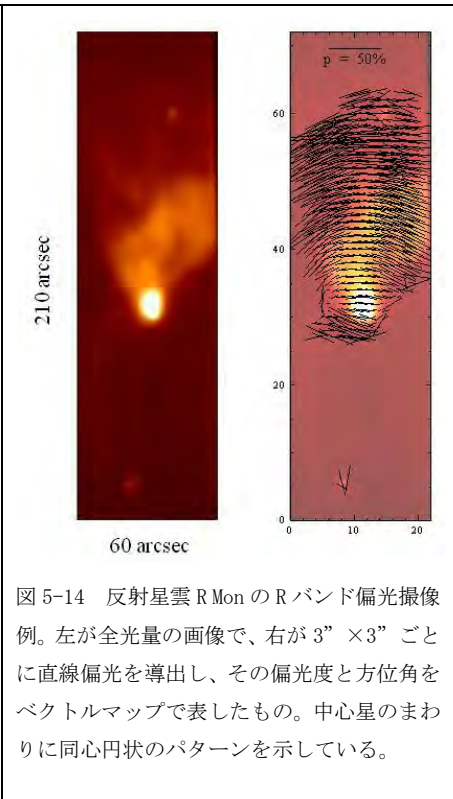
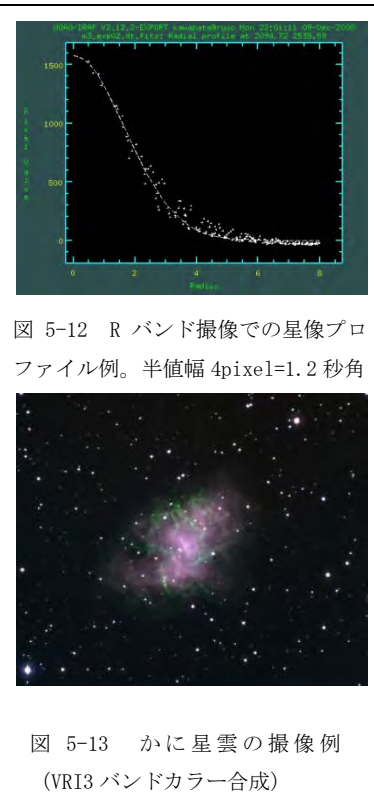
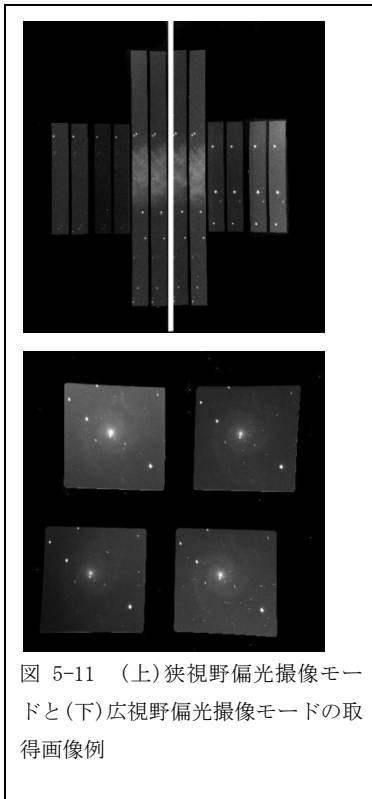


図 5-10 -100°C 冷却下での完全空乏型 CCD の量子効率。 $1 \mu\text{m}$ 付近まで高い。



HOWPo1 はナスミス焦点に取り付けられており、第三鏡の反射による約 4%の器械偏光があることがわかっている。これまでの一露出型偏光撮像モードによる器械偏光のモニターの結果は、第三鏡による器械偏光が一定とする単純なモデルに対し、0.4%の標準偏差をもってばらついている。このことから、0.4%程度の精度で十分な偏光測定であれば、較正は特に必要としないが、0.4%程度ないしはそれ以下の偏光精度を求める場合には、同じフレームに写りこんでいる比較星との相対偏光を行うか、偏光較正系に積んである無色半波長板を用いて複数フレームで偏光測定を行う必要がある。この 0.4%のばらつきの原因であるが、望遠鏡起因のもの（第三鏡の駆動再現性）や、装置内起因のもの（ウォラストン・プリズムの駆動再現性、光学系の撓みによる瞳位置のずれ）が考えられ、追跡調査を行っているところである。

HOWPo1 での最大の観測目標は、ガンマ線バーストの初期残光の偏光測定である。上述の自動観測プロセスが稼動すれば、アラートから 1 分足らずでの偏光測定が開始できると期待される。Swift で見つかったガンマ線バーストの統計によると、約 5%が爆発から 1000 秒後に R=16 等より明るく、1%が 1000 秒後でも 14 等より明るいという結果が出ている。HOWPo1 の偏光撮像モードの測定誤差（器械偏光を除く）が $\Delta p=0.2\%$ となる明るさは、1 分露出で R=14.2 等、10 分露出で 16.0 等である。ガンマ線バーストの出現率を年間 100 個、晴天率 0.4、夜間係数 0.4、高度係数 0.33 (高度 > 20 度) を仮定すると、自動観測モニターを継続すれば、1 年間に 1 個は 1000 秒後に 16 等より明るいサンプルが、4 年間に 1 個は 14 等より明るいサンプルがそれぞれ観測できる計算になる。最低でも 5 年程度はモニターを継続し、数個のガンマ線バーストに対する偏光測定を目指したい。

参考文献

- [1] Kawabata, K. S., et al., 2008, Proc. SPIE, 7014, 70144L
- [2] 千代延真吾、平成 18 年度広島大学 修士論文
- [3] 田中祐行、平成 20 年度広島大学 修士論文

5-3 HONIR (可視近赤外線同時測光装置)

HONIR (Hiroshima Optical and Near InfraRed camera) は、かなた望遠鏡の次期主力観測装置として広島大学宇宙科学センターで開発が進められている装置であり、TRISPEC と似た設計思想ではあるが、光学系をかなた望遠鏡に最適化させることと大型の検出器を用いることにより、限界等級や視野など、観測効率の点で TRISPEC よりも格段に向上した構成となっている。チャンネル数は TRISPEC と同じ、可視 1 チャンネル (Opt) と近赤外 2 チャンネル (IR1, IR2) を想定した設計となっている。2007 年より開発が進められており、2009 年 2 月初旬には近赤外 1 チャンネルのファーストライトが行われた (図 5-15)。2009 年 5 月現在は、東広島天文台の機器開発室において、開発・調整が継続して進められ、2009 年夏の可視・赤外 2 チャンネル (Opt, IR1) での同時撮像の試験観測を予定している。もうひとつの赤外チャンネル (IR2) は、現在のところ予算が不足しており、導入の目途は立っていないが、近い将来実装したいと考えている。

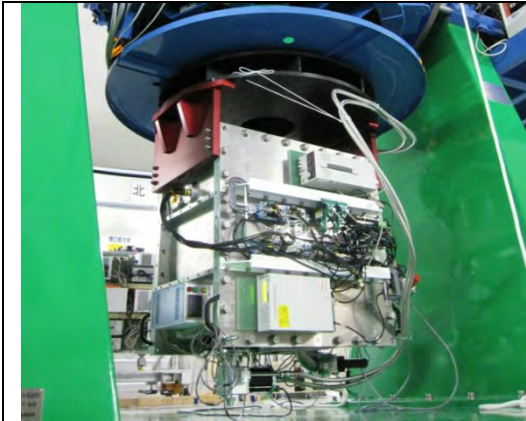


図 5-15 望遠鏡に装着された HONIR

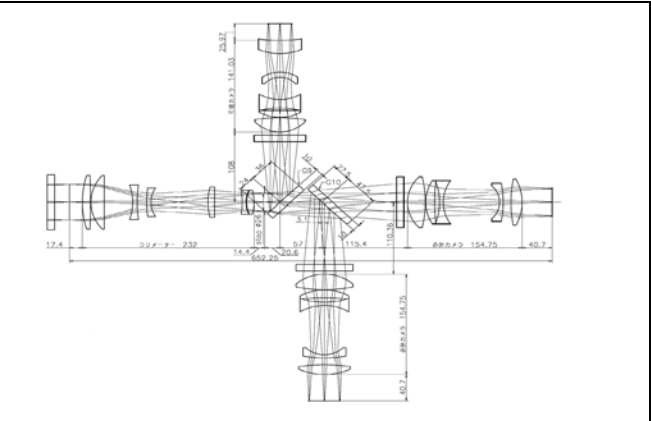


図 5-16 HONIR の光学系

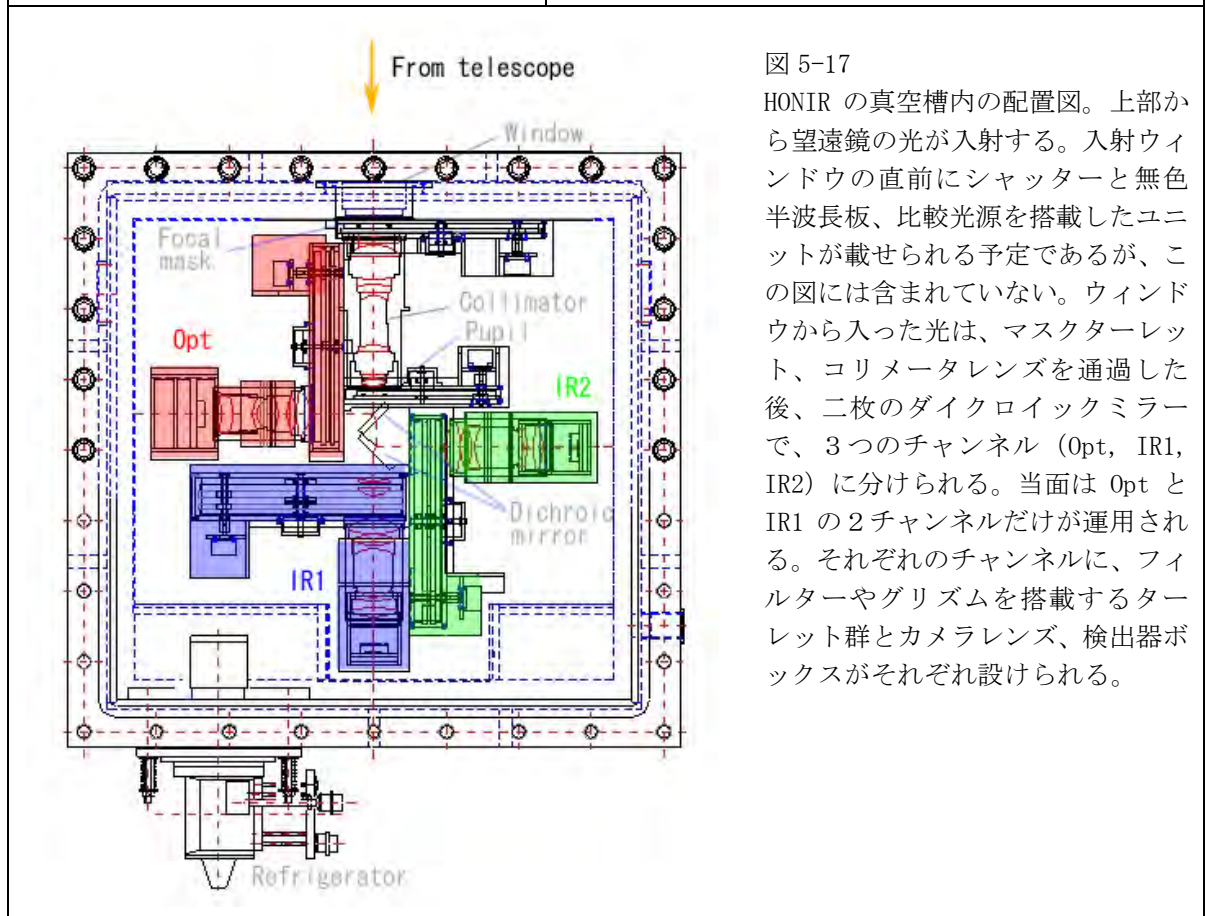


図 5-17 HONIR の真空槽内の配置図。上部から望遠鏡の光が入射する。入射ウィンドウの直前にシャッターと無色半波長板、比較光源を搭載したユニットが載せられる予定であるが、この図には含まれていない。ウィンドウから入った光は、マスクターレット、コリメータレンズを通過した後、二枚のダイクロイックミラーで、3つのチャンネル (Opt, IR1, IR2) に分けられる。当面は Opt と IR1 の 2 チャンネルだけが運用される。それぞれのチャンネルに、フィルターやグリズムを搭載するターレット群とカメラレンズ、検出器ボックスがそれぞれ設けられる。

HONIR の光学系を図 5-16 に示す。この図において、望遠鏡からの収束光は左からウィンドウを通じて入射する。図 5-17 には真空槽内の配置図を示す。こちらでは望遠鏡からの収束光は上側から入射するので、図 5-16 とは 90 度回転させて見比べて頂きたい。ウィンドウのすぐ下の焦点面には視野マスクターレットが置かれている。入射光はその直下に置かれた全チャンネル共通のコリメータレンズ、瞳絞りの順に通過して、二枚のダイクロイックミラーで 3 チャンネルに分離される。チャンネル毎に、フィルターやプリズムなどの光学素子を切り替えるターレット機構が配置される。その後、カメラレンズで収束され、検出器上に結像する。撮像モードにおける視野は 10 分角×10 分角である。検出器上のピクセルスケールは、可視と近赤外の検出器はそれぞれ、1 ピクセルの大きさが $15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ と異なっているが、HONIR の光学系は両方とも 0.30 秒角/pixel となるように設計されている。Opt チャンネルの検出器は HOWPo1 と同じ浜ホト製 $2\text{k}\times 4\text{k}$ CCD であり、IR1 チャンネルの検出器は Raytheon 製 Virgo-2K HgCdTe アレイである。表 7-3 に主な仕様をまとめる。

表 5-3 HONIR の主な仕様 (IR2 については TBD)

	Opt	IR1
視野	10 分角×10 分角	
検出器	2k×4k HPK CCD	2k×2k Virgo HgCdTe
画素スケール	0.30" /pixel	0.30" /pixel
搭載フィルター	B, V, R, I	y, J, H, K
モード	撮像、分光、偏光撮像、偏光分光	

HONIR は真空容器の中にコールドボックスが熱絶縁した状態で保持されており (図 5-18)、近赤外域の熱輻射を抑えるためコールドボックス全体がアイシン精機製の冷凍機で 80K 程度に冷却されている。検出器部はチャンネル毎に専用の温度コントローラーとヒーターが配置され、温度制御が行われる。

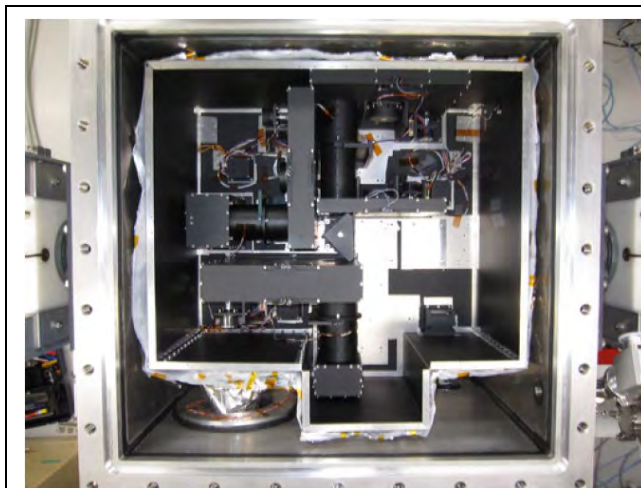


図 5-18 HONIR の真空容器の蓋、及びコールドボックスの蓋を開けてみた様子。上が望遠鏡側。

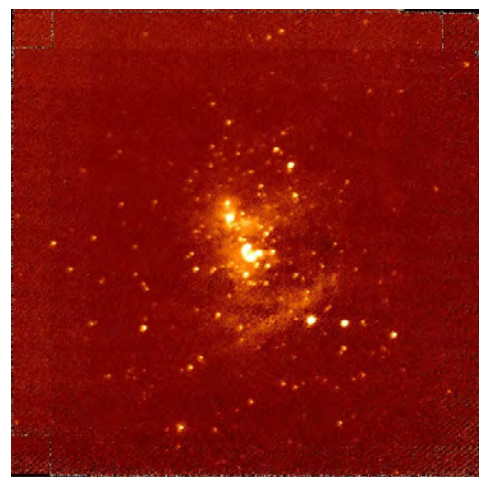


図 5-19 HONIR によるオリオン星雲の Ks バンドファーストライト画像

HONIR の駆動は、ダナハー社製のパルスモータを冷却用に改造 (ベアリング交換) したものを採用している。これは TRISPEC でも採用され成功している方法である。このモーターにより、焦点マスク、瞳絞り、各チャンネルのフィルター、プリズム、プリズム類のターレットを回転させ、光学素子を切り替える。

HONIR の制御は、検出器制御や周辺機器を制御する linux PC (honir) と、駆動系を制御する Windows PC の 2 機の計算機により実現される。検出器は、HOWPo1 と同様に国立天文台で開発さ

れた検出器コントローラーMessia-5で一元的に制御される。検出器を読み出すアナログ回路には、CCDでMfront5、VirgoでMACS2がそれぞれ用いられているが、近い将来MACS2もMfront5に置き換える予定である。

2009年2月にはIR1チャンネルの撮像モードのファーストライトを迎え、試験観測が行われた(図5-19)。真空槽内のアウトガスや望遠鏡に取り付けた状態での検出器のノイズが非常に大きく、それが解決しない状態での試験観測であったが、結像性能や観測効率等の有効な情報が得られた。結像性能では、最良値でシーイングサイズ1.65秒角(半値幅)が得られたものの、視野内の非一様性が大きく、レンズ保持などの光学調整が必要であることが明らかとなった。冷却下でのターゲット駆動やシャッターの導入、制御ソフトウェアの整備などの課題も残されている。2009年5月現在は、今夏のOpt/IR1 2チャンネル同時撮像観測を目標に、実験室にて調整・立ち上げを進めているところである。また、2009年度後半から2010年度に掛けて、グリズムやウォラストン・プリズム、焦点マスクを導入して、分光モードや偏光モードを実現させる予定である。また、近い将来、必要な資金を確保して、近赤外のもう1チャンネル分の検出器を導入し、所期の目標である3チャンネル同時観測を実現させたい。

参考文献

[1] 宮本久嗣、平成20年度広島大学 修士論文

6 天文台ネットワーク

東広島天文台では、ネットワークの充実化を図り、2008年末以降は光ファイバー経路での広島大学の基幹ネットワーク(2009年現在HINET2007)へ接続して主要ネットワークとして利用している。ここでは、その経緯と構成(仕様と運用状況)について解説する。

6-1 経緯

科学研究を推進する研究施設の基盤的設備として、インターネットへ通じる高速ネットワーク回線はもはや必須といえよう。大フォーマットの検出器が生み出す大量の観測データに大学キャンパスからロスなくアクセスするためには、キャンパスと東広島天文台との間を高速ネットワークで結ぶことが必要である。これに加え、貴重な観測機会を逃さない、あるいは突発的な天体現象の観測事実をいち早く知らせるためには、運用上の安定性も求められる。

建設当時は、福成寺地区へは商用および官公庁用の光ファイバー回線は届いていなかったため、当面、メタルの電話回線を利用した一般家庭と同様の商用回線(ADSL)を引いて、インターネットへ接続することにした。(これは予備用回線、及び警備会社用回線として現在も運用している。しかし、実効的な通信速度は10Mbps程度と遅く、また大学のネットワークとは完全に切り離されているため不便も多い。)その一方で、研究運用に見合う高速回線の実現を目指すことになった。

光ファイバー回線を新規に設置するには多額の費用を要する(某社の見積もりでは、既設の電柱を用いる場合、ランニングコスト別で150万円/kmであった)。そこでまず、当時広く出回りつつあった小型パラボラアンテナを用いたプライベートな高速無線LANで結ぶことができないかを検討した。しかし、雨天時には通信が不安定になることや、大学キャンパスと東広島天文台の間は山で遮蔽されており中継基地が必要になることといった不利な点があった。幸いにも、教育学部の50cm望遠鏡で得られた天体のハイビジョン画像のネット配信などを担当されてきた広島大学メディア教育研究センターの相原玲二教授がこの件で相談に乗って下さり、安定性の実現、および技術革新への低コストでの臨機応変な対応という観点で、光ファイバーの利用がベスト、

という助言も頂いたことで、光ファイバーを利用した専用回線を引く方針でさらに検討を進めることとなった。

大学から東広島天文台まで、大学が独自に光ファイバーを設置することは費用面で不可能であった。調査したところ、大学キャンパスから東広島天文台へ至る途中の広島テクノプラザへは、広島県が運用するメイプルネットという光回線が通じており、利用できる可能性があることが判った。また、福成寺地区までは届いていないものの、天文台建設地から1-2km圏（東広島駅付近）までは電話、電力やケーブルテレビ業者の光ファイバーが通じていることも判った。つまり、この1-2km圏にさえ光ファイバーを新設すれば、後は既存のファイバーを用いることでネットワーク回線を構築できることになる。

メイプルネットの利用については、学術部研究支援グループのスタッフ（当時）と相原教授のご尽力、および広島県総務企画部情報総室（2006年より総務部情報政策室）と商工労働部産業技術振興局のご協力の下で、2007年3月から広島大学（広大NOP）と広島テクノプラザ（東広島NOC）との間の「通信サービス」を利用できる運びになった。

また、広島テクノプラザと東広島天文台との間については、商用回線を利用せざるを得なかったが、その方式として、初期費用が高いもののランニングコストが極めて安い芯線利用と、初期費用はほぼ不要であるがランニングコストが高い広域LANサービス利用の両案があった。10年以上の長期に亘る利用を想定した場合には、ランニングコストが圧倒的に安く、且つ技術革新への自由度も高い前者が有利であったため、その方針で仕様書を策定し、特別教育研究経費を財源として入札を行う運びとなった。その結果、株式会社東広島ケーブルメディアが落札し、東広島ケーブルメディアが設置、管理・運用する光ファイバー（2芯）を専用的に利用できることになった。この利用に絡んで、「広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台の光ファイバーケーブルネットワーク設備協定書」が広島大学施設部長と東広島ケーブルメディア代表取締役との間で交わされた。

6-2 ネットワーク構成

図6-1に広島大学-東広島天文台ネットワークで用いている光ファイバーの線路図、図6-2にそれぞれの接続概要図を載せる。広島大学と広島テクノプラザとの間は広島県が運用するメイプルネットの接続サービス（TAG-VLAN）を利用し、広島テクノプラザと東広島天文台の間は東広島ケーブルメディアの芯線利用の形態（両端にメディアコンバータを設置）で接続している。広島大学側は、広島大学の基幹ネットワーク HINET2007 へ直接接続している。図のように大学と東広島天文台との間には2回線設けてあるが、うち一回線は東広島天文台内に設置している HINET2007 用のネットワークスイッチ（HINET2007 側が管理）の制御用に利用している。



図 6-1 光ファイバー線路図

広島大学-東広島天文台間、メイプルネット概要図

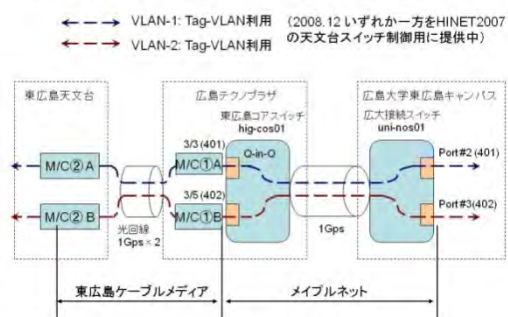


図 6-2 回線接続の概略図

図 6-3 と 4 に、広島テクノプラザ（409 号室、メイプルネット東広島 NOC）におけるメイプルネット

トのラック利用の様子を掲げる。ラック内には2回線に対し3機のメディアコンバーターを置いており、1機は予備としてすぐに付け替えられるようになっている。なお、東広島NOCに立ち入って作業する場合は、原則として10日前までに作業者と所属名を運用事務局（2006年度は広島県総務部財務局情報政策室）に届け出て許可をもらう必要があり、作業には県又は保守運用業者が立ち会う、というガイドラインがあるので注意を要する。



テクノプラザのラック写真1(東広島ケーブルメディア側機器類)



テクノプラザのラック写真2(メイプルネット側機器類)

図 6-3 広島テクノプラザのラック利用 1

図 6-4 広島テクノプラザのラック利用 2

東広島天文台では、制御棟一階機器開発室の分電盤(右)にメディアコンバーターを置いている。図 XX-5 にその様子を示す。広島テクノプラザと同様、1機のメディアコンバーターを予備として設置している。なお、メイプルネットと HINET2007 との接続は、メディア教育研究センター二階で両者のスイッチ間をケーブルでつないでいる。



東広島天文台のメディアコンバーター(メイプルネット側機器類)

図 6-5 東広島天文台機器開発室分電盤

宇宙科学センターで現在運用しているネットワーク機器の構成図を図 6-6 にまとめておく。2008年に HINET2007 での運用を開始してからはこの形態が続いている。HINET2007 へはファイヤーウォール外の Zone-A へ3ホスト、すなわちルーター1ヶ、およびTV会議用2ヶを繋いでいる。このルーターの下に東広島天文台プライベートネットワークを構築して利用している。大学キャンパスの研究室と東広島天文台との間は、HINET2007 の Tag-VLAN を利用して論理的にプライベートネットワークを結んでいるが、HINET2007 の運用ポリシーにより、「HINET2007 のあるスイッチに接続・認識された MAC アドレス機器は、翌朝(ないし翌々朝)4:00 に認証テーブルがリセットされるまで、別のスイッチでは接続拒否される」ため、研究室のプライベートネットワークに繋いで使ったノートPCを東広島天文台へ持ち込んだ場合、次の日までは東広島天文台の外には繋がらないという不便がある。このように持ち込み可能なPCについては、建設当初から用いているメタル電話回線を用いた商用ネットワーク(NTT西日本フレッツADSL)に繋いで外部ネットワ

ークへ繋ぐようにしている。

表 1 に宇宙科学センターで購入し、設置しているネットワーク機器（スイッチ等）の一覧を掲載する。HINET2007 へは、理学部 C 棟のトイレ横のパイプスペース内にある HINET2007 コンセントから理 C217 号室へケーブルを引いて、C217 号室内のネットワークスイッチ⑦およびルーターを介して接続している。東広島天文台では、機器開発室分電盤脇に設置された HINET2007 コンセントにネットワークスイッチ⑤を介して接続している。建設時に各部屋に設置された情報コンセントへのイーサネットケーブル（カテゴリ 5e）が機器開発室分電盤へ集約されているので、ネットワークスイッチ⑤に繋いである二つのスイッチ⑥を介して、原則的にすべての情報コンセントが HINET2007 下のプライベートネットワークに接続されている。但し、2010 年 2 月現在、制御室の天井に付いている二カ所の情報コンセントのみ、上述の外部 ADSL 回線に繋いである。

広島大学宇宙科学センター・東広島天文台間ネットワーク構成図

2009-10-02川端

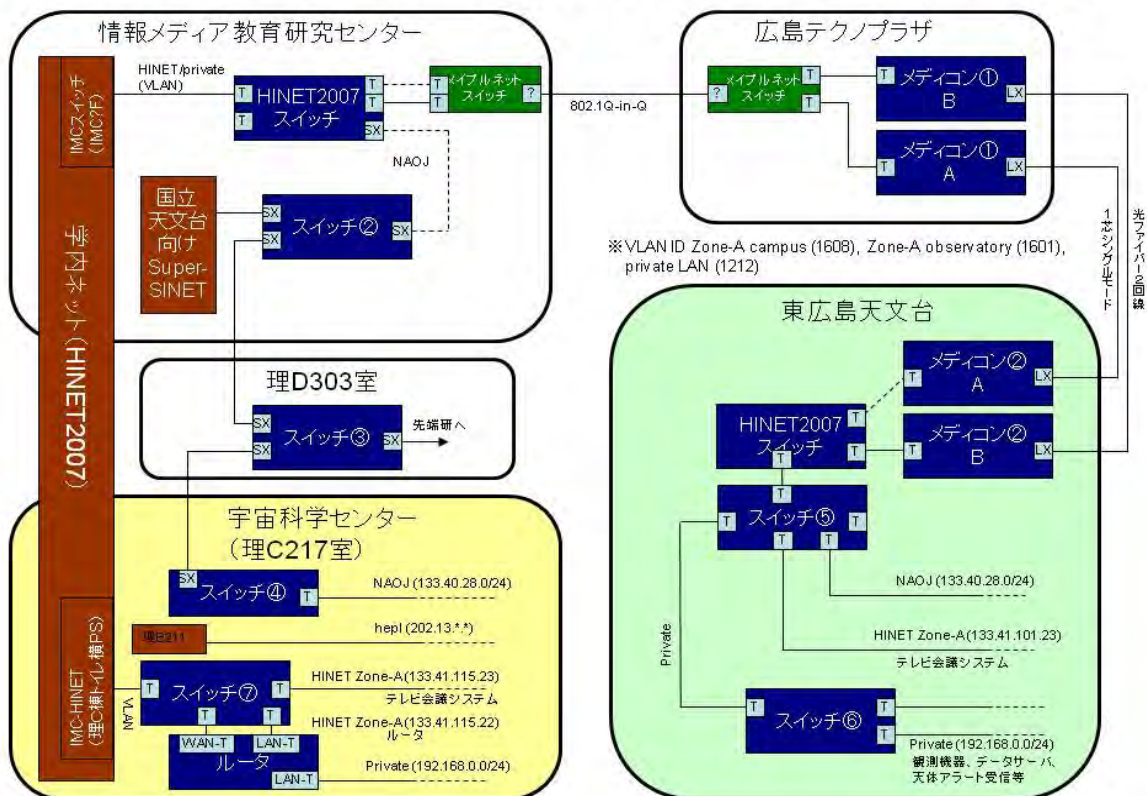


図 6-6 東広島天文台ネットワーク構成図

表 6-1 東広島天文台ネットワーク機器一覧

場所	名称	メーカー・型番 / IP アドレス	摘要
情報メディア教育 研究センター2F	スイッチ ②	プラネックス FMG-226SX 133.40.28.	1000BASE-SX(SC)ポート×6 GBIC スロット×2
理D303室	スイッチ ③	プラネックス FMG-226SX 133.40.28.252	1000BASE-SX(SC)ポート×6 GBIC スロット×2
理C217室	スイッチ ④	プラネックス FMG-226TX 133.40.28.251	1000BASE-T ポート×6 GBIC スロット×2 (オプションモジュール 追加済み)

	ルーター	ブラネックス MZK-04G WAN: 133.41.115.22 LAN: 192.168.0.1	WAN: 10/100/1000BASE-T×1 LAN: 10/100/1000BASE-T×4
	スイッチ ⑦	ブラネックス SW-0208G 192.168.0.3	10/100/1000BASE×8 (Auto MDI/MDI-X 対応) Tag-VLAN 16 グループ VID 1-4094 Mini GBIC ポート×2 (オプションモジュール MGBIC-SX-P 追加) SC-LC コネクタ付き平型光コード 6m により、スイッチ②と接続(2007.07 現在非接続)
広島テクノプラザ 409号室	メディコン① A, B	データコントロールズ DN1800WS3E or 5E	FX ポート IEEE802.3z 1000BASE-X, 1000Mbps, 全二重方式、8B/10B 信号、適合光ファイバー 石英系シングルモード 1.31μm 帯ゼロ分散型光ファイバー、SC コネクタ、適合コネクタ 送受信コネクタ 1 ポート、コネクタ研磨方法 PC, SPC, AdPC, UPC 研磨、発光入信波長 1260-1360nm(3E) 1480-1580nm(5E)、受光波長 1480-1580nm(3E) 1260-1360nm(5E) 伝送距離 2m-20km、発光レベル -3~-8dBm、受光レベル -3~-21dBm、光許容損失 0~13dB TX ポート IEEE802.3ab 1000BASE-T, 1000Mbps, 全二重方式、PAM-5 符号、適合ケーブル UTP Cat5E ケーブル以上、適合コネクタ RJ-45、インターフェース UTP 用コネクタ 1 ポート、ピン配列 Auto MDI-X、最大伝送距離 100m
東広島天文台 機器開発室	メディコン② A, B	データコントロールズ DN1800WS3E or 5E	メディコン①と同じ
	スイッチ ⑤	ブラネックス SW-0208G 192.168.0.2	スイッチ⑦と同じ
	スイッチ ⑥	ブラネックス SW-0222G 192.168.0.5, 192.168.0.6	2ヶ

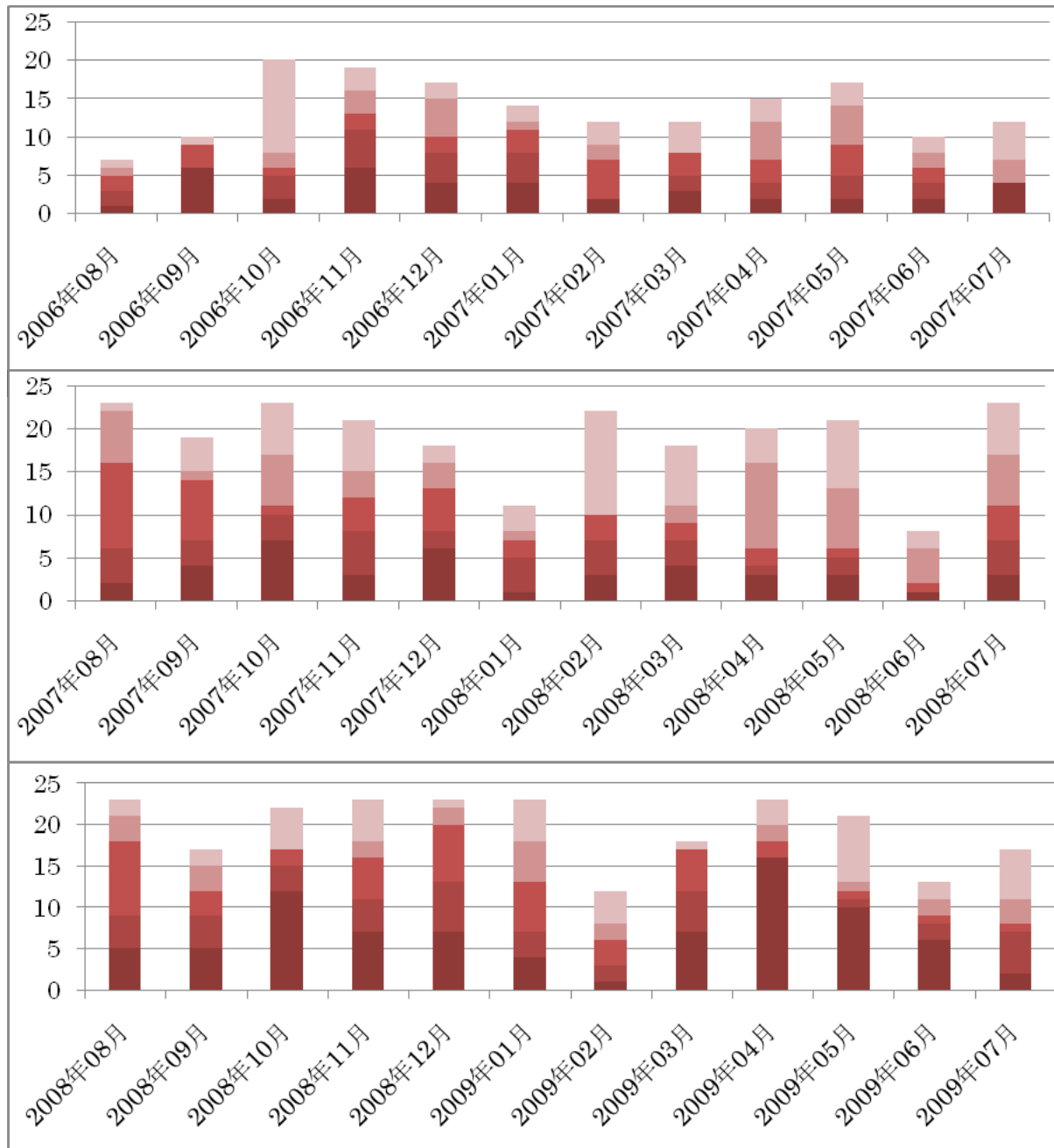
7 東広島天文台観測記録

7-1 観測夜数

望遠鏡の初期調整を終え、本格的な天体観測が開始され始めた 2006 年 8 月からの望遠鏡使用状況を報告する。図 1 は 2006 年 8 月から 2009 年 7 月までの観測夜数を月毎に表示している。観測夜数は科学的価値のある観測データが少しでも取得できた夜を数えている。望遠鏡の調整作業や画像校正用のデータの取得（ダークやフラット画像、標準星の観測）のみを行った夜は含まれて

いない。また、広島大学学外の利用者による観測時間は含まれている。観測者は毎晩の観測終了後にその晩の晴天率を観測達成度として記録している。図ではその観測達成度が色の濃淡で示されている。2006年8－9月は初期調整が完全でなかったため観測夜数が少ない。3年間を通して、毎年6月は梅雨のため、冬（1－2月）は雪雲のため、それぞれ観測が少なくなっている傾向がグ

図1：2006年8月から2009年7月までの観測夜数。横軸は月、縦軸は夜数、1年ごとに3枚のパネルに分けてある。各夜の観測達成度が色の濃淡で5段階に分けられており、色の濃い方からそれぞれ達成度「1～20%」「21～40%」「41～60%」「61～80%」「81～100%」である。



ラフからわかる。月毎では8割以上晴れる夜が数夜—5夜程度であるのに対して、8割以上曇る、もしくは雨天の夜数も同程度である。したがって、長時間連続して快晴が続かないと実現できない、例えば長時間露出するような観測には不向きであり、雲間を狙って短時間で終了する観測を複数実行することには適している。

図1をみると、多い月では8割ほどの日数で望遠鏡が研究のために使用されているが、そのよ

うな短時間観測の組み合わせが主流であるため高い使用率が実現している。

年ごとの合計観測夜数と総観測時間を表1にまとめる。総観測時間は観測装置の露出時間の総和であり、校正用画像の取得時間は含んでいない。観測できた夜では平均3-4時間観測していることになる。晴天率が5割程度であることを考慮すると妥当な値であり、同時に、晴天時には高い頻度で観測データが取得されていることがわかる。なお、2008年度と比較して2009年度は観測夜数が増えている一方で総観測時間が減っているが、これは一晩で観測する天体の数が増えたために、望遠鏡の移動など露光以外の時間が増えたためと考えられる。

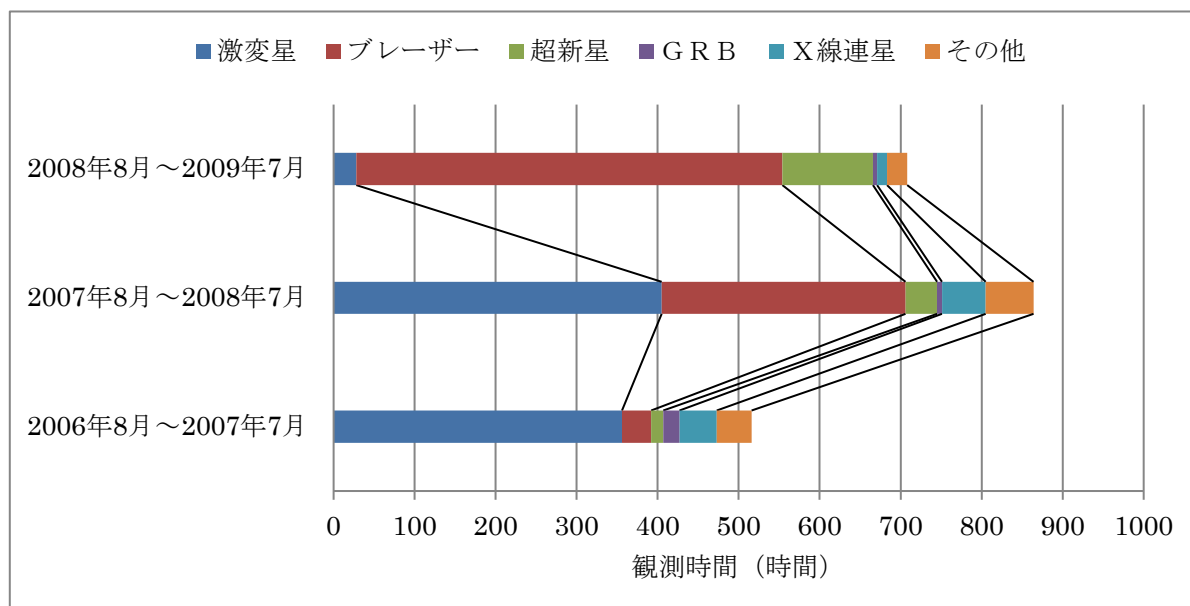
表1：観測夜数と総観測時間

期間	観測夜数 (日)	総観測時間 (時間)
2006年8月—2007年7月	165	516
2007年8月—2008年7月	207	854
2008年8月—2009年7月	235	754

7-2. 観測天体と使用した観測装置

次に、天体種別ごとに観測時間を表示したものが図2である。開所当時は激変星、特に矮新星と古典新星の観測時間が長かったが、2008年のフェルミ・ガンマ線観測衛星の打ち上げと稼働開始に合わせてブレーザーの偏光観測を集中的に行ったため、以降はブレーザーの観測時間が増加している。これら2天体以外の主な研究対象は超新星、ガンマ線バースト(GRB)、X線連星である。「その他」に含まれる天体は、原始星、系外惑星(トランジット天体)、メーザー、彗星、太陽系の惑星・衛星、などである。突発天体現象に特化した研究に主軸を置く一方で、特定の天体現象のみを研究するのではなく、多種多様な現象の観測にかなた望遠鏡が利用されていることがわかる。

図2:天体種別ごとの観測時間の推移



かなた望遠鏡では3つの焦点、すなわちカセグレン焦点と2つのナスミス焦点が利用可能である。2つのナスミス焦点部のうち、第一ナスミスにはインストゥルメンタル・ローテータが付いている。これら3つの焦点部に取り付けられていた観測装置を表2にまとめた。

表 2 : 各望遠鏡焦点部の観測装置

カセグレン	第一ナスミス	第二ナスミス
TRISPEC (2006年8月9日～)	HOWPo1 (2008年7月28日～)	高速カメラ (2006年8月7日～) 高速分光器 (2008年5月27日～)

カセグレン焦点部の常設装置は名古屋大学が開発した TRISPEC である。2006 年 5 月の開所から TRISPEC が取り付けられるまでは初期調整作業用に SBIG 社製冷却 CCD カメラ「ST-10XME」が取り付けられていた。また、カセグレン焦点部は開発中の観測装置の実験にも使用されている（下記 5 章参照）。現在、TRISPEC の後継装置として広島大学で HONIR の開発が進められている。この装置が完成すればカセグレン焦点部の常設装置は HONIR に変わる予定である。第一ナスミス焦点部の常設装置は広島大学が開発した HOWPo1 である。2008 年にこの装置が取り付けられる以前に常設装置はなく、光学調整作業時に Apogee 社製冷却 CCD カメラ「Ultra6」が取り付けられることがあった。第二ナスミス焦点部は眼視観望装置の光学系と研究用の観測装置が併設されている。研究用の観測装置としては、京都大学と広島大学との共同研究で開発された高速カメラ及び分光器が設置されてきた。高速カメラ設置時は眼視観望装置部分（斜鏡の入った筒）と高速カメラは共に望遠鏡側にネジ止めする仕様になっており、必要に応じて手動で装置の交換を行った。2008 年より高速カメラを内部に含めた高速分光器システムが稼働を開始した。眼視観望装置に光を送るための斜鏡もこの装置の中に含まれ、これ以降、第二ナスミスにおける光路の切り替えは遠隔操作が可能になった。

2006 年 8 月から 2009 年 7 月までの 3 年間では、ほとんどの観測で TRISPEC が使用された。しかし、HOWPo1 が定常稼働しはじめてからの 1 年間、2008 年 8 月から 2009 年 7 月までの期間では、全観測時間のうち TRISPEC の使用率が 92%、HOWPo1 の使用率が 6%、高速分光器の使用率が 2%であり、HOWPo1 の使用頻度が上がっている。2008 年度は TRISPEC を用いたブレーザーの観測を広島大学のプロジェクトとして行ったこともあり TRISPEC の使用頻度が依然高かったが、今後は HOWPo1 の使用頻度が TRISPEC と同等になると予想される。高速分光器は観測対象となる天体が他の装置と比べて少ないため観測頻度が低いが、京都大学から観測者が滞在した際、ならびに短時間変動が期待される突発現象が出現した際などには積極的に使用され、一定の使用率が続いている。

7-3 かなた望遠鏡を使った観測的研究

学内使用

広島大学学内では主として大学院理学研究科内の高エネルギー宇宙・可視赤外天文研究室の構成員が研究を目的にかなた望遠鏡を利用している。望遠鏡の定常運用を行ってきた主な観測者を時期ごとに表 3 にまとめた。定常運用に携わっている観測者は主として時間変動の激しく、長期間にわたって密度の高い観測を必要としている天体を研究課題としている（激変星：植村、新井、X線連星：新井、超新星：山中、ブレーザー：笹田、池尻、先本、伊藤）。表からわかるように、常時 3-4 名の観測者が観測を行っている。これらの観測者全員が日没から日の出まで観測作業を行うことが多かったが、2009 年後半からは観測者の増加を背景に前半夜と後半夜で一部観測者が交代するようになった。

表中の観測者の他にも、それぞれの研究課題に必要な短期間の観測、もしくは散発的な長期モニター観測のためかなた望遠鏡は利用されてきた。主な観測者としては、川端（超新星；2006 年当時助手）、永江（X線連星；2006 年当時 D1）、保田（原始星；2007 年当時 M2）、松井（激変星；2007 年当時 M1）、上原（ガンマ線バースト；2006 年当時 B4）、宮本（系外惑星；2008 年当時 M2）、田中（装置試験；2008 年当時 M2）、が挙げられる。それぞれの研究対象に適切な望遠鏡の利用スタイルで観測が行われてきた。

表3：かなた望遠鏡の定常運用に携わってきた広島大学の人員

期間	人員
2006年5月～2007年4月	植村（助教）、新井（当時D1）
2007年5月～2008年3月	植村、新井、笹田（当時M1）
2008年4月～2009年2月	笹田、山中（当時D1）、池尻（当時M1）、先本（当時M1）
2009年3月～	笹田、山中、池尻、伊藤（当時B4）

学外使用及び共同研究

かなた望遠鏡を用いた研究のなかで、広島大学学外の研究者が主導して行った共同研究を表4にまとめる。なお、表中の「日数」はかなた望遠鏡での観測を行った日数に加えて、装置の調整や取り付けなどで天文台施設を使用した日数も含まれている。以下にそれぞれ詳細を記述する。

- 開所以来かなた望遠鏡の主力観測装置だった TRISPEC は名古屋大学との共同研究の一環である。2006年7月から東広島天文台での TRISPEC の調整作業がはじまり、望遠鏡の初期調整が終了するのとほぼ同時期の9月頃には定常稼働を開始した。名古屋大学側が主導して行った観測の他に、装置の調整や修理も名古屋大学が主導して行ってきた。調整・修理は主に木野勝氏が担当した。
- 京都大学との共同研究は高速カメラによる観測である。観測対象は激変星、X線連星やフレア星などである。高速カメラは(株)浜松ホトニクス製のフレームトランスファーCCDカメラを専用の持具でかなた望遠鏡に取り付けたものである。2006年度は撮像機能しかなかったが、2007年度よりこのカメラを含む高速分光器の開発がはじまり、2008年に稼働を開始した。
- 東京大学の研究グループは自作の観測装置の試験観測をかなた望遠鏡で行った。試験した装置は「DMC」「ANIR」「MAX38」の3機で、うちANIRとMAX38はかなた望遠鏡での試験観測を経て現在チリにある東京大学アタカマ天文台で稼働している。3つの装置共にかなた望遠鏡のカセグレン焦点部に取り付けられた。調整・観測作業は東京大学側が、望遠鏡のバランス調整を含む装置の交換作業は広島大学側がそれぞれ主導して行った。
- 国立天文台はZPFセラミックを材質にした新しい望遠鏡用の反射鏡の開発を進めており、広島大学と国立天文台との共同研究として、かなた望遠鏡の新しい副鏡にこのZPF鏡の試作品が用いられることになった。2007年7月に国立天文台秋田谷氏が来訪し、副鏡の交換作業と、それに伴う光学調整作業を行った。この新しい副鏡は2009年現在正常に動作している。
- 2007年10月にホームズ彗星が予期せぬアウトバーストを起こし、早稲田大学の古荘氏からこの天体現象の追跡観測の依頼がかなた望遠鏡によせられた。これを受けて広島大学の観測者が依頼された観測を実施し、古荘氏にデータを送付した。
- 2008年、東北大学・名古屋大学との共同研究で、太陽系の惑星・衛星の可視～近赤外域のスペクトルアトラスの作成のために TRISPEC を用いた観測を行った。実際の観測は東北大学から主としてランドック氏が東広島天文台に来訪し、必要な観測を実施した。
- 2008年、山口大学の杉山氏からメタノールメーザーの電波～近赤外線の間長期同時モニター観測の依頼があった。広島大学との共同研究としてこの依頼を受け、実際の観測は広島大学の観測者が4つのメーザー天体に対して約4ヶ月間のモニター観測を実施した。実際は電波望遠鏡の不具合もあり、完全な電波～近赤外線の同時モニター観測にはならなかったが、メーザーの近赤外線での長期変動観測は例が少なく、実験的な観測となった。
- 2009年、大阪大学の深川氏から原始星の近赤外線モニター観測の依頼があり、広島大学との共同研究として観測を実施した。2009年10月に深川氏が東広島天文台に来訪し、実際に観測作業を行いながら観測の自動化スクリプトを開発した。その後は広島大学の観測者が自動化スクリプトを用いてモニター観測を継続している。同年11～12月には大阪大学から桑田氏が東広島天文台に滞在し、観測作業を実施した。

表4：かなた望遠鏡を使った他大学、他研究機関との共同研究

機関	来訪者	研究内容	施設使用時期・日数
名古屋大学	木野、北川、寺島、加藤、長瀬、Gu, Kwon, 原口、宮本、佐藤	TRISPEC を用いた観測	2006年7月13日-8月18日、9月4-15日、10月5-21日 (計50日間) 2007年1月9-19日、5月20-22日、6月19-28日、12月25-28日 (計26日間) 2008年2月21-22日、3月10-20日 (計13日間) 合計：52日間
京都大学	野上、杉保、大島、田中、蔵本、嶺重	高速カメラ・分光器を用いた観測	2006年8月7-10日、11月24日-12月2日 (計12日間) 2007年2月19-22日、3月16-21日、8月6-9日、9月3-5日 (計15日間) 2008年5月27-29日 (計3日間) 2009年8月11-13日 (計3日間) 合計：33日間
東京大学	土居、高梨、早野、酒向、井原、中村、宮田、諸隈、宇都宮、伊藤、時田、本原、三谷、内一、峰崎、Hanindyo、黒田、利川、大沢	DMC、ANIR、MAX38の試験観測	2007年5月17日-6月14日 (計28日間) 2008年2月19日-3月20日 (計30日間) 2009年1月20-30日 (計11日間) 合計：69日間
国立天文台	秋田谷	ZPF 副鏡の取り付け	2007年7月18-27日 (計8日間)
早稲田大学	(古荘)	ホームズ彗星の観測	2007年10月25日-11月8日 (計9日間)
東北大学	ランドック、市川、沖田、栗田	太陽系惑星・衛星の可視-近赤外線スペクトルアトラス	2008年1月15-18日、5月2-12日、11月19-26日 (計23日間)
山口大学	(杉山、藤沢)	メタノールメーカーの近赤外線モニター	2008年7-12月 (計33-51日間)
大阪大学	深川、桑田	原始星の近赤外線モニター	2009年10月15-19日、11月24日-12月2日 (計約20日間)

以上のように、かなた望遠鏡を使った外部との共同研究は大きくわけて3つのケースがある。すなわち、1. 装置試験（東京大学、国立天文台）、2. 滞在型観測（名古屋大学、京都大学、東北大学、大阪大学）、3. 依頼型観測（早稲田大学、山口大学、大阪大学）、である。参考までに、国内の共同利用観測所では「2」のケースが、海外の場合は「3」のケースが多い。かなた望遠鏡では外部からの突発天体現象や変光星の観測依頼に対して、短期間の観測で成果が期待できる課題は「2」のケースで、長期間のモニター観測が必要な場合は「3」のケースでそれぞれ対応し、柔軟な運営をしている。

これら外部利用の頻度を評価するために、外部機関が施設を利用した日数を、1章で記述した「観測夜数」の3年分の合計607夜で割ると、名古屋大学：8.6%、京都大学：5.4%、東京大学11.4%、国立天文台1.3%、早稲田大学：1.5%、東北大学：3.8%、山口大学：6-7%、大阪大学：約4%、

となり、外部利用全て合わせると約 40%になる。ただし、1 章の「観測夜数」は科学的価値のあるデータが取れた夜のみを数えているが、一方で、表 4 の「日数」は装置の調整などで天文台施設（機器開発室など）を利用した日も数えている。滞在型の共同研究で観測以外の作業を行っている日を考慮すると、上記の結果から、全観測時間の 3 割程度が外部との共同研究に利用されているといえる。

まとめ

かなた望遠鏡は安定運用に入ってから年間 200 夜を超える高い利用率で観測的研究が行われている。研究対象は主に突発天体現象や変光星だが、特定の種類の天体ではなく幅広い天体現象を対象としている。過去 3 年間ではその観測のほとんどが広島大学の観測者が主導して行った TRISPEC を使った観測である。しかし、広島大学が新たに開発した HOWPo1 が稼働し始めた 2008 年以降は HOWPo1 の使用率も順調に上がっており、異なる観測装置を用いることで研究の多様性がより豊かになっている。また、広島大学外部との共同研究が全体の観測時間の約 3 割にあたり、学外との連携も適した頻度で行われているといえる。

8 東広島天文台・かなた望遠鏡の観測・科学的成果 概要

2009 年度末までの成果発表概要

2006 年 9 月からかなた望遠鏡を用いた観測的研究が開始された。この観測や装置開発に関して、2009 年度までに発表された研究成果数は以下の通り。

- 査読論文 17 編（フェルミ衛星等との連携観測成果（ネイチャー V o 1 . 4 6 3）を含む）
- 国際会議での発表および集録記事 17 件
- 学術速報記事（IAU Circular や GCN Circular など） 21 件
- 国内学会での発表 79 件
- 学位論文 学士：8 偏 修士：10 偏 博士：2 偏

成果発表についての詳しい情報や上記以外（かなた望遠鏡関連以外）の宇宙科学センター研究者が行った研究成果発表は、18 章に一覧がある。

以下では、かなた望遠鏡の観測が中心的役割を果たした科学的成果について、天体種別ごとにその概要をまとめる。

8-1. 矮新星

重力エネルギーを解放することで明るく輝く「降着円盤」は、原始星から活動銀河核まで、宇宙のあらゆるスケールで重要な役割を果たしている。矮新星は白色矮星と通常の星からなる連星系で、そのアウトバースト時には星よりも降着円盤が明るく輝くため、降着円盤研究の「天然の実験室」として注目されてきた。

矮新星アウトバーストは降着円盤の熱的不安定性が原因だと考えられている。この理論によると、矮新星の降着円盤は電離水素ガスからなる高温の状態と、中性水素ガスからなる低温の状態の 2 種類しか安定に存在できない。アウトバースト終了時には円盤内のガスの多くが降着してしまい、高温円盤から低温円盤へと状態が遷移するとされている。しかし、一部

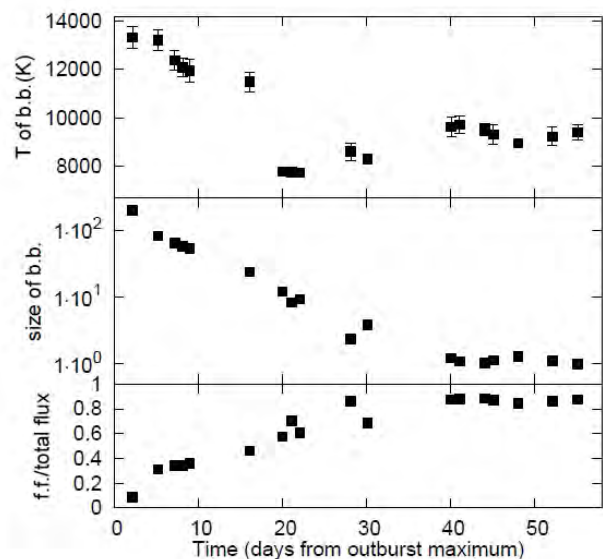


図 1：矮新星 V455 And のアウトバースト。上：降着円盤の温度。中：円盤のサイズ。下：制動放射の寄与 (Matsui, et al. 2009, PASJ, 61, 1081)。

の矮新星ではアウトバーストが一端終わった直後に再び増光する現象が報告されており、この現象は単純な円盤不安定理論だけでは説明することができない。アウトバースト終了直後に降着円盤がどのような状態になっているのか？それを調べるためには限られた期間内にできるだけ幅広い波長域で連続的に観測する必要がある。従来、矮新星のような数日～数週間程度の突発現象では1波長での測光観測しか行われなかったが多かった。かなた望遠鏡に搭載された観測装置「TRISPEC」は可視光—近赤外線域の3波長帯を同時に観測することができる。この優位性を活かして我々は矮新星の観測を行い、アウトバースト直後の降着円盤に未知の近赤外線活動領域を発見した。

図1は矮新星 V455 And が 2007 年にアウトバーストした時の観測結果を示している。かなた望遠鏡の他に岡山天体物理観測所の MITSuME 望遠鏡も観測を行い、その結果、可視光から近赤外線域の6波長帯でのデータを得ることができた。これによって、放射領域の温度を推定することができた。図1の上のパネルは降着円盤の温度を示している。アウトバーストは 20 日間ほどで終了したが、その直後 1 週間ほどは 8000K 程度の温度をもつ円盤が依然残っていたことがわかった。これは、降着円盤がアウトバースト終了後、すぐには静穏状態に戻らず、降着せずに残ったガスによって中間的な状態になっていることを示唆する。

さらに矮新星 J1021+23 の観測では、再増光期間中に近赤外線に変動幅の大きな短時間変動を検出した。これは、再増光中では円盤の外縁付近の低温領域が特に活動的であることを示唆する。これらいずれの結果も近赤外線のデータが可視光と同時に撮られたことで初めて明らかになった知見である。

これらの観測事実から示唆される降着円盤の時間進化を図2にまとめた。図2は円盤の模式図で、上がこれまで考えられてきたアウトバースト中の高温円盤、下が静穏時の低温円盤である。V455 And の観測から、アウトバースト終了直後には比較的低温の円盤が残ることが示唆された(図2左)。また、J1021+23 の観測からは再増光中に近赤外線で活動的な領域が存在することが判明した(図2右)。これらから、降着円盤はアウトバースト終了後、即座に静穏状態に戻るのではなく、残存ガスが十分にある場合は円盤が中間的な状態になることを示唆する。再増光現象はそのような状態で誘発されやすいのかもしれない。(植村誠)

関連する「かなた」の論文:

- Uemura, M. et al., 2008, “Discovery of a WZ Sge Type Dwarf Nova, SDSS J102146.44+234926.3: Unprecedented Infrared Activity during a Rebrightening Phase”, PASJ, 60, 227
- Uemura, M. et al., 2008, “Outburst of a WZ Sge-type Dwarf Nova, AL Com in 2007”, IBVS, 5815
- Matsui, R. et al., 2009, “Optical and Near-Infrared Photometric Observation during the Superoutburst of the WZ Sge-Type Dwarf Nova, V455 Andromedae”, PASJ, 61, 1081

8-2. 古典新星

新星とは矮新星と同様、激変星の一種である。通常星の表面から流れ出たガスは降着円盤を経由して白色矮星に降り積もる。この降り積もったガスの量が臨界値に達すると恒星の内部と同様の核融合反応がはじまり、莫大なエネルギーを解放、それまで降り積もっていたガスが吹き飛ばされる。核融合反応のエネルギーがこの膨張ガス層を通して明るく輝いて見えるのが新星爆発である。噴出したガスは膨張により密度が低下し、それによって新星も暗くなる。やがて集積していたガスがなくなり核融合反応が終了すると新星爆発も終わる。

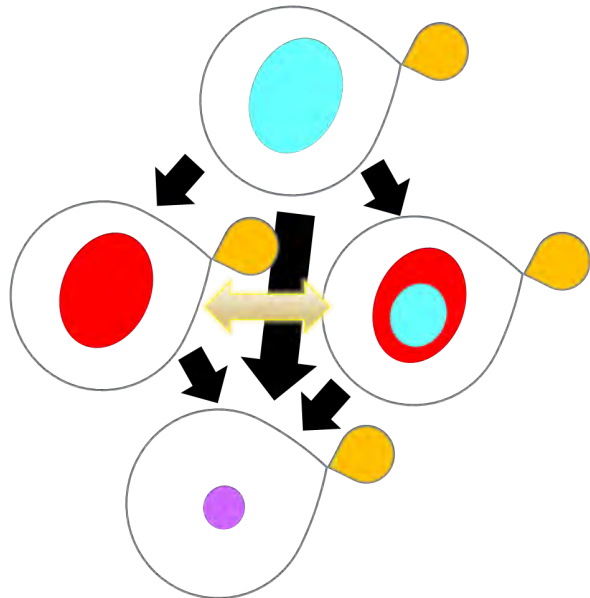


図2：降着円盤の模式図。上がこれまで考えられてきたアウトバースト中の高温円盤。下が静穏時の低温円盤。左が V455 And の観測から示唆される、アウトバースト直後の中間状態で、右が J1021+23 の観測から示唆される、再増光中の円盤

この描像では新星は極大以降、単調に減光することが期待されるが、実際の観測では光度曲線やスペクトルは各天体によって個性が強い。なかでも、V1493 Aql(わし座新星 1999)では極大から50日経過した後で再び明るくなる現象が観測され、注目を集めた。この予期せぬ再増光のエネルギー源は不明で、そもそもそれを調べるために必要な観測データが十分には取得されなかった。

2006年4月、はくちょう座に現れた新星 V2362 Cyg は極大から数十日間は典型的な古典新星の振る舞いを見せていたが、極大後約100日後から再増光を開始した。これがV1493 Aqlについて2例目の大規模な再増光現象となった。かなた望遠鏡はこの再増光極大付近の可視-近赤外線同時観測に成功し、V1493 Aqlでは得られなかった再増光付近の物理描像を明らかにした。図3は V2362 Cyg の光度曲線、図4は可視光-赤外線域でのスペクトルエネルギー分布である。我々の観測から、再増光極大付近では9000K程度の高温の黒体放射が卓越し、これは膨張ガスによって形成された光球面からの放射と考えられる。したがって、再増光極大時では新星極大時のような濃いガス層が再び現れたことがわかった。また、再増光極大を過ぎても1週間ほどは天体の色に変化はなかったが、それ以降は急速に赤く変化し、図3の Ks バンド(近赤外域)の光度曲線のように別の極大が現れた。この時、スペクトルでは光球面からの放射は減少し、代わりに近赤外線で1500K程度の低温放射が卓越した。これは低温で放射する「ダスト」が形成され、可視光を吸収したことを意味する。一般的に、膨張ガスが冷えることによってダストが形成される例は過去の古典新星でも報告があった。しかし、このような再増光の直後にダスト形成が発生したのは今回が初めてである。再増光がなんらかの理由で終了し、その結果冷えた領域でダスト形成が発生したと解釈できる。

これらの結果から、再増光現象は第二のエネルギー解放現象が発生し、膨張ガス層の密度が一時的に増加したことが原因と考えられる。第二のエネルギー解放現象の機構としては磁場に蓄えられたエネルギーの解放などが提唱されている。(植村誠)

関連する「かなた」の論文:

- Arai, A. et al., 2010, "Optical and Near-Infrared Photometry of Nova V2362 Cyg: Rebrightening Event and Dust Formation", PASJ,

8-3. ブレーザー

銀河の中心には巨大なブラックホールが存在すると考えられている。その銀河中心付近が特に明るく、活動的な天体は「活動銀河核」と呼ばれる。活動銀河核のなかには中心からジェット状にプラズマが噴き出ているものがあり、そのプラズマは光速に近い速さまで加速されている。このジェットの放出機構・加速機構・収束機構は現代天文学の中でも未解明の問題である。ブレーザーと呼ばれる天体は活動銀河核ジェットを真正面から

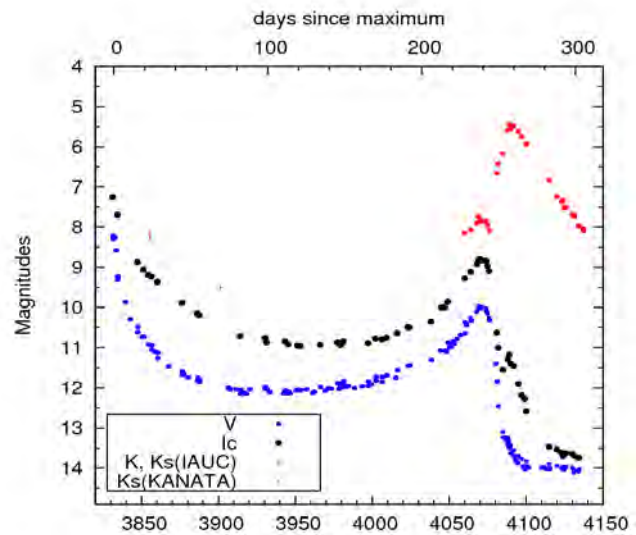


図3：新星 V2362 Cyg の光度曲線。青、黒、赤印がそれぞれVバンド、Icバンド、Ksバンドの光度曲線を表わす (Arai, et al. 2010, PASJ, 62,

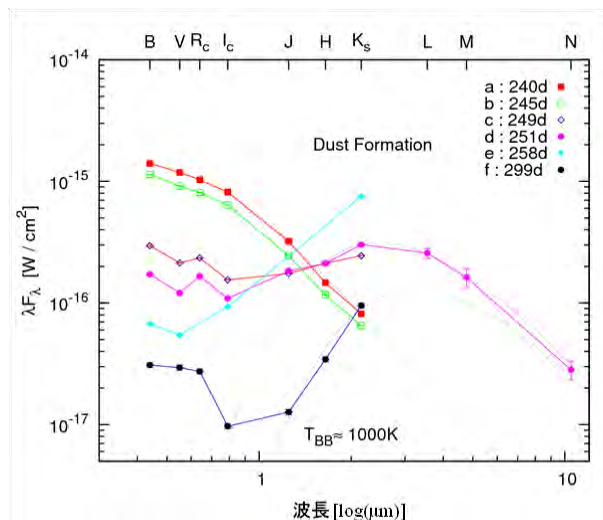


図4：古典新星 V2362 Cyg のスペクトルエネルギー分布の時間進化 (Arai, et al. 2010, PASJ, 62, 1103)

見ている天体であり、相対論的ビーミングの効果を受けてジェットからの放射が明るく観測され、同時に激しく時間変動する。このためブレーザーはジェットを研究する上で重要な天体とされる。

かなた望遠鏡はブレーザー研究に強いアドバンテージをもっている。大学所有であるため長期間にわたる多数の天体の観測が容易であること、TRISPECを用いた可視—近赤外線同時観測によって天体の色の変化を測定できること、さらには偏光観測が可能であることがその理由である。特に、ブレーザーでは強い偏光が観測されることが以前から知られており、ジェット中の磁場に巻きついた電子からのシンクロトロン放射であると考えられている。したがって、偏光の時間変化からジェット中の磁場構造に迫ることができる。さらには、広島大学が開発に参加してきた Fermi ガンマ線宇宙望遠鏡では多くのブレーザーが検出されることが期待されていたため、かなた望遠鏡は多波長同時観測の観点からもブレーザー観測が期待されていた。このため、Fermi が稼働を開始した直後の 2008 年 9 月から半年間、かなた望遠鏡は TRISPEC によるブレーザーの集中的な偏光観測を実施した。その結果、光度、色、偏光の変動データに関しては過去最大規模のデータサンプルを得ることができた。このデータの解析は 2009 年時点で未 completion だが、既に以下のようないくつかの成果が得られている。

S5 0716+714 の観測ではブレーザーとしては最も短いクラスの時間変動である 15 分程度の変動をとらえ、この光度変動に付随して偏光特性も変化することを明らかにした。図5の青線は光度の変動を表わしており、図の中央付近に小さなフレアが検出されている。我々はこのフレアの前後から密度の高い偏光データを取得することに成功し、その結果、フレア時期以外の偏光成分を定常成分として同定することができた。図の赤線は観測された偏光から定常成分を引いた差分が表示されている。フレア付近で偏光にも変化があり、定常成分とは異なる、フレア固有の偏光成分が存在することがわかる。フレアの偏光度は定常成分のものより高いことも判明し、この短時間フレアがジェット中の局所磁場でのエネルギー解放現象だったことが示唆される。

ブレーザーの偏光に関しては、以前はランダムな変動しかしないと報告されてきたが、一部の天体では光度に相関した変動も知られており、全体的な傾向はよくわかっていなかった。上記 S5 0716+714 の短時間フレアも光度と偏光が相関して変動する例であり、このように密度の高い偏光観測を行うことで、従来は見過ごされてきた観測的特徴を明らかにできる可能性がある。一方で、フレアの偏光成分の他にも複数の偏光成分が存在する場合は、観測ではそれらを合成した量しか知ることができないため、フレア固有の偏光成分の情報は他の成分に混じって失われてしまう。実際に、S5 0716+714 でも定常成分を引かない偏光度ではフレアに相関した偏光の変動は見られない。したがって、フレア成分とそれ以外を分離する必要があるが、これは逆問題を解くことになる。

そこで、かなた望遠鏡によるブレーザーの偏光データを解析するために、我々はベイズ統計を利用した偏光成分を分離する手法を開発した。図6はそのベイズモデルを用いて、ブレーザー OJ 287 の偏光から長期変動成分を抽出した例である。図6右の赤印が観測された偏光で、緑線が長期変動成分を表わしている。長期成分は一定の偏光方位角内を振動している。この長期成分を差し引くと、光度と偏光フラックスは常に相関する。

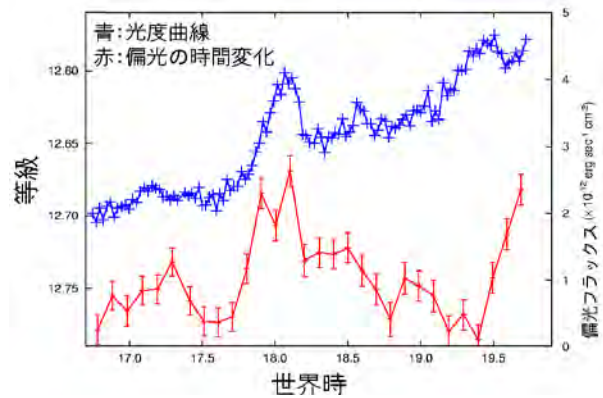


図 5 : ブレーザー S5 0716+714 の短時間変動 (Sasada, et al. 2008, PASJ, 60, L37)

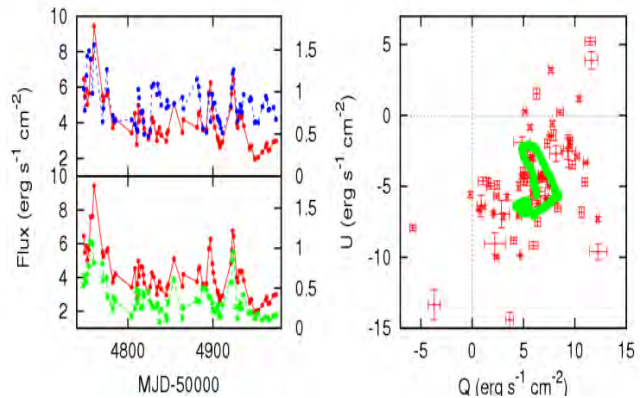


図 6 : ブレーザー偏光成分の分離例。かなた望遠鏡による OJ 287 の観測を使用。左上 : 観測された光度曲線 (赤) 偏光フラックス (青)。右 : Q U 平面での偏光ベクトル。ベイズモデルで推定された長期成分が緑丸で表示されている。左下 : 光度曲線 (赤) と短期成分だけの偏光フラックス (緑) (Uemura, et al. 2010, PASJ, 62, 69)

このような逆問題を解いて成分を分離できたのは、かなた望遠鏡による密度の高い偏光観測が実現したおかげである。今後もこの偏光データを解析して、ブレイザーの変動機構やジェットの高エネルギー構造に迫る研究ができるだろう。

さらに、フェルミ・ガンマ線観測衛星をはじめとする国際的な多波長共同観測においても、かなた望遠鏡の偏光観測が重要な役割を果たしてきた。我々「かなた」チームを含む国際共同研究グループは 2008 年から

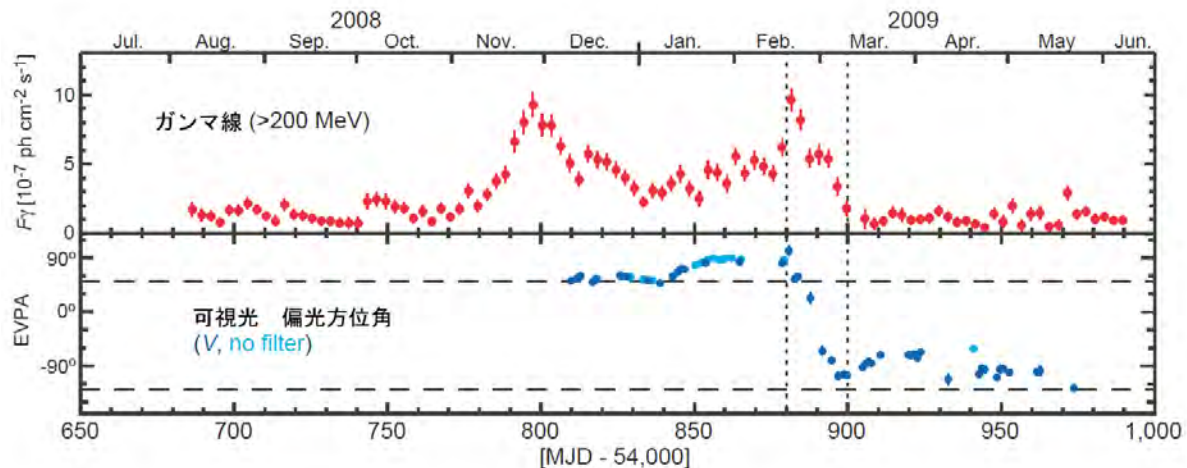


図7：フェルミ衛星が観測した γ 線光度曲線（上）と、かなた望遠鏡が観測した可視光偏光方位角の時間変化（下）。フレアが終わる直前に偏光方位角が回転している (Abdo, et al. 2010, Nature, 463, 919)

ブレイザー3C 279の多波長モニター観測を実施し、可視光と γ 線が同期したフレアを検出、さらにはそのフレア中に偏光方位角が回転したことを明らかにした。図7はその成果の一部であり、 γ 線光度曲線（上）と可視光の偏光方位角の時間変化（下）が示されている。この共同観測においては、可視光の偏光観測はかなた望遠鏡のデータが中心的な役割を果たした。図からわかるように、フレアが終了する前後で偏光方位角が連続的に変化している様子がわかる。この連携観測によって、可視光と γ 線が同じ領域から発生していることが明らかになった。これまで γ 線のようなエネルギーの高い光子はブラックホール近傍で発生していると考えられてきた。一方で可視光の放射領域は中心のブラックホールから1pc程度の位置であると考えられている。今回の観測は、 γ 線放射源が可視光放射源と同様、ブラックホールから遠く離れた場所であることを示唆する。また、フレアに同期して偏光の回転が観測されたことは、フレア発生源で磁場の方向が整列しており、その磁場の変化が観測された偏光方位角の変化の原因であることを意味している。近年、偏光方位角の回転が他のブレイザーでも報告されており注目を集めているが、その原因はよく理解されていない。螺旋状の磁場を放射源が移動することで偏光の回転を説明するモデルが提唱されているが、3C 279の場合、過去に今回とは逆の方向に回転した報告があるため、そのような単純な描像だけでは現象を説明することが難しい。別の描像として、ジェット自体が曲がっており、その曲がった部分を放射領域が通過した時に偏光方位角が変化するモデルも考えられる。この場合、偏光方位角が変化する方向はジェットの幾何的な要素に依存するため、現象を説明できるかもしれない。（植村誠）

関連する「かなた」の論文

- Sasada, M. et al., 2008, “Detection of Polarimetric Variations Associated with the Shortest Time-Scale Variability in S5 0716+714”, PASJ, 60, L37
- Uemura, M. et al., 2010, “Bayesian Approach to Find a Long-Term Trend in Erratic Polarization Variations Observed in Blazars”, PASJ, 62, 69
- The Fermi-LAT Collaboration and members of the 3C 279 multi-band campaign, 2010, “A change in the optical polarization associated with a gamma-ray flare in the blazar 3C 279”, Nature, 463, 919

8-4. X線連星

ブラックホールや中性子星が通常の星と連星系を構成し、相手の星表面のガスが中心の星の強い重力によって引き寄せられ、その周りに降着円盤を形成すると強いX線が放射される。このような天体は「X線連星」と呼ばれる。X線連星の中には活動銀河核と同様の相対論的ジェットが観測されるものもあり、そのような天体では降着円盤とジェットの相互作用が観測できるため注目されている。ジェットがどのような物理状態のときに放出されるのか、まだよくわかっていないが、ガスの降着率が非常に高くなると塊(ブロップ)状のプラズマが放出されることがある。このため、降着率が非常に高い時に降着円盤がどのような状態になっているのか、観測からも理論からも熱心に研究が進められている。かなた望遠鏡では常に質量降着率が高いことで知られているブラックホールX線連星 GRS 1915+105 を近赤外線で長期間観測した。その結果、降着円盤の状態について従来の常識を覆す発見があった。図7は GRS 1915+105 の時間変化で、上から、(a)近赤外線、(b)軟X線、(c)硬X線、(d)電波、の光度曲線が示されている。X線のフレアに付随して電波でもフレアがみられ、これはジェットが放出されたことを示唆する。しかし、かなたの観測によって、このX線フレアに付随して赤外線だけが光度を下げたことがわかった。従来は、赤外線域では降着円盤からの熱放射、もしくはジェットからのシンクロトン放射が卓越していると考えられていた。しかし、いずれの場合も赤外線強度はX線もしくは電波強度と正の相関を示すはずである。赤外線が弱まったことは、ジェットの放出によって赤外線源が隠されたか、もしくは消失したことを示唆する。

最近のX線観測による研究によると、赤外線で見える時期には降着円盤ではなく、降着円盤から噴き出る降着風からの放射がむしろ明るい可能性が指摘されている。そのような描像はこれまでは考えられなかったもので、今回観測された赤外線とX線の奇妙な反相関にも円盤風の存在が寄与しているのかもしれない。今後の降着円盤研究では円盤風からの放射を考慮する必要が増してくるだろう。

X線連星の一部には超高エネルギーガンマ線が観測された連星もあり、それらはガンマ線連星として分類されようになってきた。我々は、2006年以降ガンマ線連星に分類されたLS I +61 303 に対してかなた望遠鏡と岡山 188cm 望遠鏡を用いて偏光分光観測を2005年から2008年にかけて行った。本天体の連星の片方はBe星と呼ばれ、高速で回転しているがゆえに赤道付近が遠心力で膨らみ、円盤を形成していると考えられている。偏光(分光)観測の特徴として、レーザーのように磁場構造に迫ること以外にも、偏光起源が散乱である場合は天体のジオメトリを精査できる可

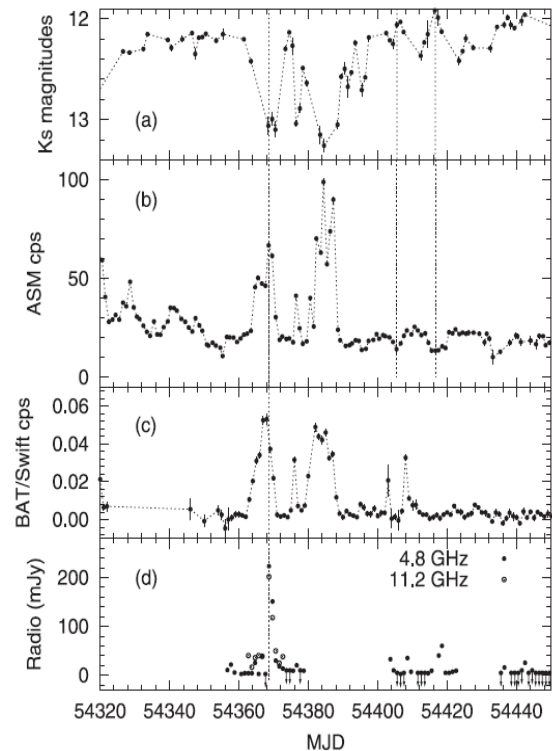


図8：ブラックホールX線連星 GRS 1915+105 の時間変動。上から、(a)近赤外線、(b)軟X線、(c)硬X線、(d)電波、の光度曲線が示されている (Arai, et al. 2009, PASJ, 61, L1)

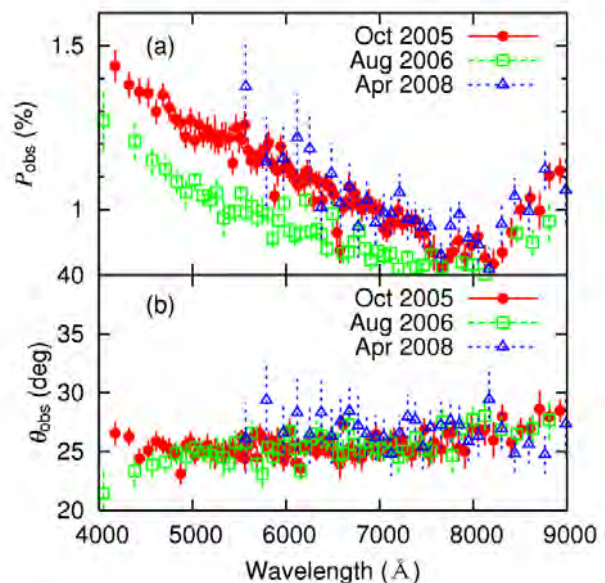


図9：観測されたガンマ線連星LS I +61 303の偏光度(上)と偏光方位角(下)のスペクトル (Nagae, et al. 2006, PASJ, 58, 1015)

能性があることがあげられる。特にガンマ線連星のジオメトリを探ることは、ガンマ線放射メカニズムを知る上で重要である。

図 8 は観測された偏光度(上)と偏光方位角(下)のスペクトルである。我々は、6500 Åあたりの偏光度の振舞いの変化を利用することで、星間偏光(星間空間を伝わる間に付加されてしまう偏光)を差引き、天体固有の偏光特性を導き出した(図 9)。天体固有の偏光度(図 9 上)は数年スケールで変動していることがわかり、Be 星の円盤の盛衰をとらえたと考えられる。一方で天体固有の偏光方位角(図 9 下)は数年にわたり一定(約 25 度)であるがゆえに、Be 星の円盤は天球面上の約 115 度方向に安定して存在していることもわかった。本天体における超高エネルギーガンマ線放射メカニズムには、現在二つのモデル(マイクロクエーサーモデルとパルサーウインドモデル)が提唱されており、対立している。これらの内、パルサーウインドモデルは Be 星の円盤の歳差運動を前提としたモデルであり、今回の我々の結果とは現状相容れないものである。(植村誠、永江修)

関連する「かなた」の論文

- Arai, A. et al., 2009, “Anti-Correlation of Near-Infrared and X-Ray Variations of the Microquasar GRS 1915+105 in the Soft State”, PASJ, 61, L1
- Nagae, O. et al., 2009, “Multiepoch Optical Spectropolarimetry of Three Microquasars, Cyg X-1, LS 5039, and LS I +61° 303”, AJ, 137, 3509

8-6. 超新星

超新星爆発の中でも、近接連星を成す白色矮星中心付近で熱核暴走反応を起こし大爆発にいたるものを Ia 型超新星と呼ぶ。最も明るくなるときの光度が、光度曲線における減光率に非常に良い相関関係を示し、宇宙における距離を測定するための“標準光源”として利用される。遠方の超新星観測では宇宙の加速膨張を示す天文学上重大な結果が得られている。爆発は伴星からの質量降着により白色矮星が太陽のおおよそ 1.4 倍である限界質量近くに到達したときに起こると考えられ、チャンドラセカール限界質量と呼ばれる。

近年、限界質量以内の白色矮星の爆発ではとても説明できないような極めて明るい極大光度を持つ Ia 型超新星が確認された。これらの Ia 型超新星はそのスペクトル上には、白色矮星起源と考えられる特異な炭素の強い吸収が確認され、元の白色矮星が非常に大きな質量を持っていたことが示唆される。

2009 年 4 月 9 日(UT)に SN 2009dc と呼ばれる

超新星爆発が発見された。4 月 16 日には分光観測が行われ、そのスペクトルには炭素の吸収が見られ、極め

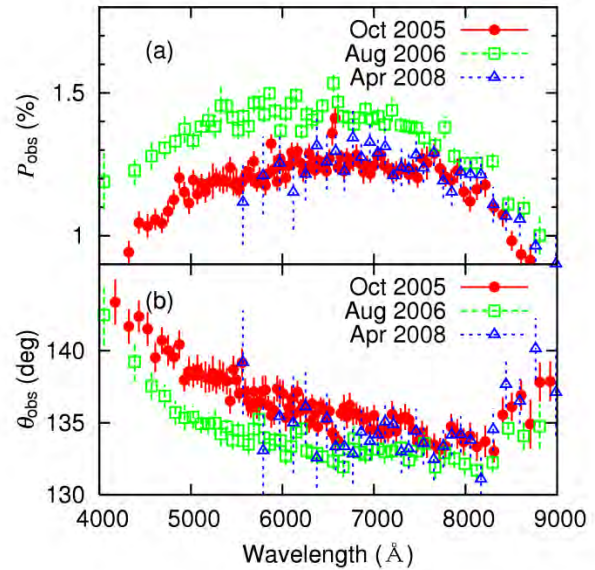


図 10：観測された偏光から星間偏光成分を差し引いた、ガンマ線連星 LS I +61 303 固有の偏光度 (上) と偏光方位角 (下) のスペクトル (Nagae, et al. 2006, PASJ, 58, 1015)

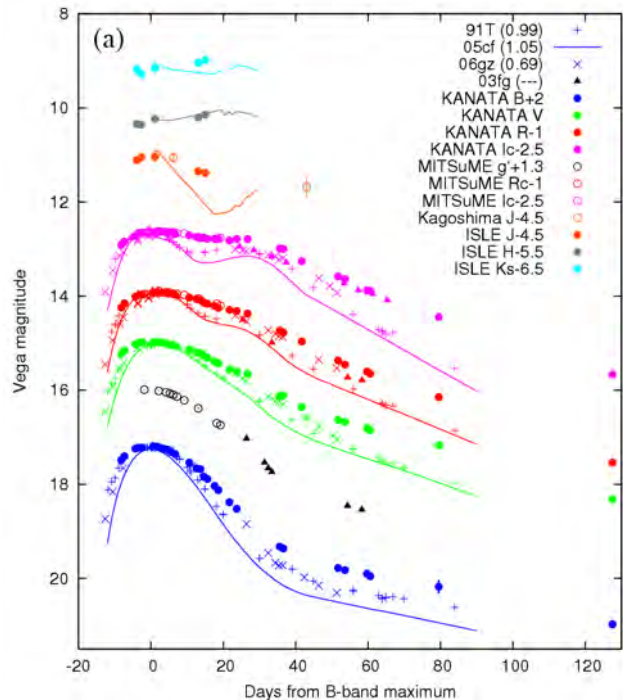


図 11：超新星 SN 2009dc の光度曲線。爆発極大を時刻 0 として、経過日数で表示されている。印の色の違いは観測波長帯の違いを示している (Yamanaka, et al. 2009, ApJL, 707, 118)

て明るい Ia 型超新星 SN 2006gz のそれによく似ていることが報告された。我々は、報告を受けて即時にかなた望遠鏡をはじめとする国内の中小口径の望遠鏡を総動員し、集中的な観測を行った。極大における絶対等級は -20.2 等と見積もられ、SN 2009dc が史上最も明るい Ia 型超新星であることを確認した。また、極大光度から爆発で合成されたニッケルの質量を見積もった。その質量は、太陽質量の 1.6 倍という極めて大きいものであった。

我々はぐんま天文台およびすばる望遠鏡を用いてこの天体の分光観測にも成功した。極大の 6 日後においても強い炭素の吸収が残っていたことを確かめた。これは、爆発する前の白色矮星が非常に大きな質量を持っていたという考えによく一致する。したがって以上の測光分光観測を合わせた結果より、我々は SN 2009dc がチャンドラセカール限界質量を超えた白色矮星の爆発であったことを結論付けた。

このような極めて明るく特異な Ia 型超新星は、非常に例が少ない(全体の 1%にも満たない)ものの、宇宙膨張の検証には注意を喚起する。

また、元の白色矮星がどのような進化過程を経て、チャンドラセカール限界質量を越えるような質量を持つ白色矮星の爆発に至るのか、という連星の進化上重大な問題も提起される。

(山中雅之)



図 12 超新星 SN 2009dc 画像
(かなた望遠鏡+HOWPo1 観測装置)

関連する「かなた」の論文

- Yamanaka, M. et al., 2009, “Early phase observations of extremely luminous Type Ia Supernova 2009dc”, ApJL, 707, 118

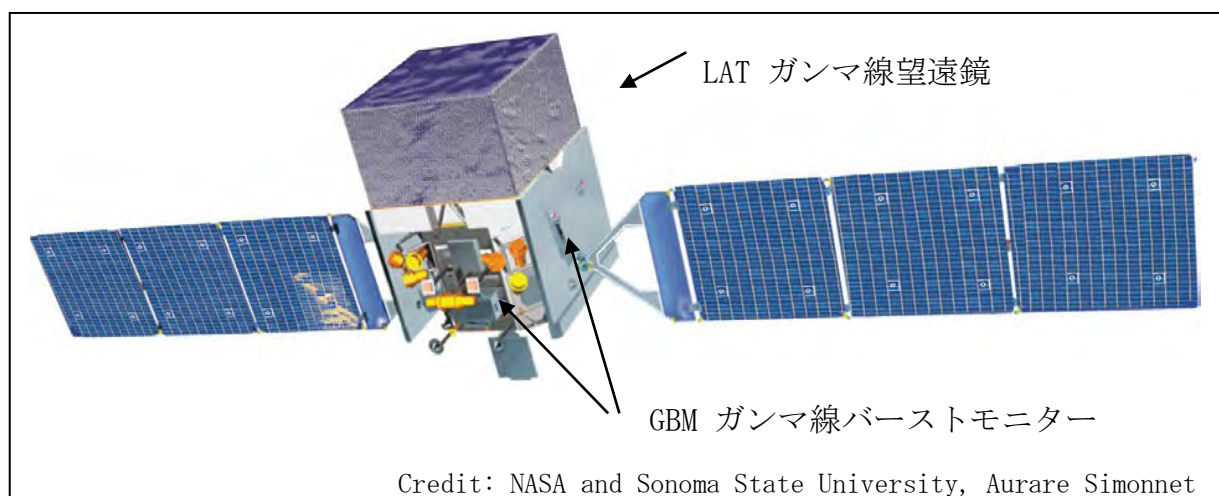
9 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡国際共同開発プロジェクト

9-1 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の概要

Gamma-Ray Large Area Space Telescope (GLAST)は、米国のアメリカ航空宇宙局(NASA)とエネルギー省(DOE)が初めて共同で開発を推進し、5カ国(米国、日本、イタリア、フランス、スウェーデン)の研究者により国際共同開発されたGeVエネルギー領域のガンマ線宇宙望遠鏡である。GeV領域のガンマ線を検出する唯一の方法はガンマ線が物質と反応し、電子・陽電子対を作る素粒子反応を利用する事である。従って高エネルギー素粒子実験で確立された手法である電子対生成スペクトロメーターを、最新のテクノロジーであるシリコン・マイクロストリップ・放射線飛跡センサーを用い実現したものである。望遠鏡の基本的性能要求は、ガンマ線の到来方向を正確に決めること、及びガンマ線のエネルギーを決める事である。精度の良い到来方向測定(良い角度分解能)からガンマ線天体イメージが、良いエネルギー分解能から天体放射スペクトルが観測出来る。

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の主力観測装置は、タングステンフォイルで対生成を起こさせ、生成された電子、陽電子の走る軌跡を精度良く測定するシリコン・マイクロストリップ・センサーからなるトラッカー部と、電子、陽電子のエネルギーを測定するCsIシンチレーション電磁カロリメーター部からなるLarge Area Telescope (LAT)である。その他にGamma-Ray Burst (ガンマ線バースト)を検出するGamma-ray Burst Monitor (GBM)も備えている。LAT および GBM はそれぞれ国際共同開発プロジェクトにより開発され、一つの衛星に組み上げられて、2008年6月11日にフロリダ・ケープカナベラル基地よりNASAにより打ち上げられた。

打ち上げ成功後、衛星の立ち上げと望遠鏡を較正し、全ての機能が正常であることを確認後、Fermi Gamma-Ray Space Telescope (FGST)、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と改名された。



フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡衛星の基本的パラメーター

打ち上げ日: 2008年6月11日

衛星の重さ: 4,303 kg、Large Area Telescope (LAT) の重さ: 2,789 kg

Gamma-Ray Burst Monitor (GBM) Mass: 219 lbs (99.2 kg)

衛星の大きさ: 2.8 meters high x 2.5 meters in diameter

電力消費: 約 1,500 watts (軌道上平均)

太陽電池: 最大発電量 3,122 watts (太陽光下)

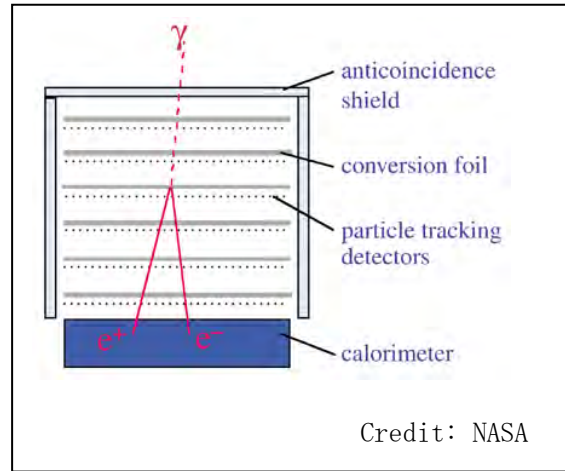
衛星からのデータ送信: 40 megabits per second, multiple contacts per day

打ち上げ基地: Cape Canaveral Air Station, フロリダ州.

打ち上げロケット: Delta II heavy (9 本個体燃料ブースター付き)



Large Area Telescope (LAT) の 4 x 4=16 タワー



LAT ガンマ線望遠鏡の動作原理

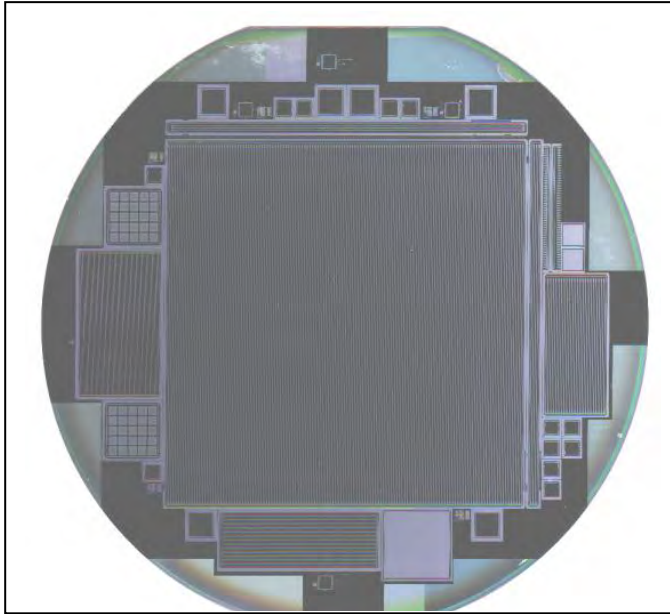
9-2 広島大学のガンマ線宇宙望遠鏡開発への貢献

1) Large Area Telescope (LAT) ガンマ線望遠鏡開発

1996年にシリコン・マイクロストリップ・センサー開発の専門家として、広島大学の杉節は GLAST ガンマ線望遠鏡開発計画に参加の要請を受けた。GLAST プロジェクトとの出会いはその3年ほど前にこの計画の提案者の一人である B. Atwood が杉節の主催した「半導体放射線飛跡センサー」の国際シンポジウムで招待講演をした時であった。広島大学グループは1997年から GLAST 準備グループに参加し、1998年から GLAST 用のシリコン・マイクロストリップ・センサーの開発を始めた。GLAST 準備グループは1999年に NASA にガンマ線望遠鏡の提案書(LOI)を提出した。2001年の3月に行われた NASA のレビューで、広島大学の開発したシリコン・センサーは高く評価され、またそのシリコン・センサーを用いたガンマ線宇宙望遠鏡デザインが、その性能が画期的であると期待され採択された。

シリコン・マイクロストリップ・センサーを用いるガンマ線宇宙望遠鏡デザインは誰もが認める画期的な案であったが、NASAの開発プロジェクトとして認められるためには大きな壁があった。NASAのポリシーとして「衛星の成功確率を最大にするため、衛星開発には十分枯れた、信頼度の高い技術のみ採用する」という確固とした方針がある。従って何よりも評価を固める実績が重視される。つまり、あらゆる部分がデバッグ(虫だし)され、仮に問題が起こってもその対処法が確立しているもののみ用いる。結果として最新のテクノロジーは使用実績不足から使用されず、一世代古い技術に基づく物が採用される事が多い。ここで最大の問題は、シリコン・マイクロストリップ・センサー(SSD)は明らかに最新の技術で、素粒子実験においてかなり使用実績があったが、LAT ガンマ線望遠鏡のような大規模なシステムは世の中に存在していなかった。LATはそれまでに存在したシステムの10倍を超える大きな計画だった。従って、計画は素晴らしいが、信頼度(成功確率)が十分であることを示していないところが最大の問題点であった。この重大な点で我々は大きな貢献をした。浜松ホトニクスと組んだ広島大学の SSD 開発グループは、設計の最適化、シリコンプロセスの最適化などそれまでの10年間に培った設計・製造ノウハウを駆使し、SSD単体の信頼度を20倍以上改善しデータで示した。これはこのガンマ線宇宙望遠鏡実現のための最も大きな障害を乗り越えるブレークスルーになった。この計画の副代表であり、NASAの計画遂行科学者のトップを務めた S. Ritz は NASA の公開ブログの中でこの点を賞賛してくれた。NASAの高エネルギー宇宙部門の責任者からも感謝状をいただいた。

GLAST 衛星開発プロジェクトにおいては、SSD 製造及び品質検査、品質管理の責任者を杉節が勤め、総計1万枚余り、70平米のセンサーを高い品質を保って作りあげた。これには開発・製造のパートナーとなった浜松ホトニクス(株)の技術者の協力が欠かせなかった事を強調しておく。



左図：広島大学が開発したシリコン・マイクロストリップ・センサーの写真。

中央の大きな正方形が望遠鏡に使用したセンサー。周りの構成物は各種品質モニターのために作り込まれたセンサー類。

2) LAT 望遠鏡モニター活動

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡衛星（以下フェルミ衛星と略す）の打ち上げ成功後は、広島大学では他の国内外の機関と共に、LAT 望遠鏡の動作および取得された観測データの処理プロセスを日々モニターする3つの当番（Data Monitor shift, Burst Advocate shift, Flare Advocate shift）を担当している。

Data Monitor shift は、フェルミ衛星からダウンリンクされたLAT 検出器のデータを、検出器に不具合が起こっていないか、またデータ処理のプロセスが正常に動作しているかを確認する当番である。日本からは高橋が2ヵ月に1回程度の割合で1週間にわたって監視を担当している。

Burst Advocate shift は、約1日に1回の頻度でランダムに発生するガンマ線バーストが起こった際に、LAT 検出器で高エネルギーガンマ線が検出されているか（GeV ガンマ線が検出されるのは年に数回の頻度）をリアルタイムにチェックする。日米欧の3極で24時間を分担しており、日本では広島大学、JAXA 宇宙科学研究所、東京工業大学、早稲田大学の約10名のメンバーが毎日8～16時間を担当している。GeV ガンマ線が検出されたイベントについては、これまでに速報としてGCN サーキュラーを流すとともに、その時間に当番だった機関が主著者として論文にまとめている（GRB090926A：高橋を含めた広島大学のメンバーが主著者として2011年論文掲載）。

Flare Advocate shift は、LAT 望遠鏡で刻一刻と観測される全天のガンマ線データから突発現象を見つけ、LAT チーム内やATEL など外部への報告を行う当番である。日本からは高橋とJAXA 宇宙科学研究所の田中研究員の2名が担当しており、これまでに数件のATEL を報告するとともに、この突発現象の情報をもとに「かなた」望遠鏡との多波長観測も行っている。

9-3 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の観測研究成果

広島大学で行われているフェルミ衛星に関連した研究は、「かなた」望遠鏡とのブレーザー天体多波長同時観測、コンパクト天体や超新星残骸、ガンマ線バーストからのガンマ線放射、銀河内の宇宙線強度の測定などである。この中で、宇宙科学センターが主導しているブレーザー天体とコンパクト天体の成果について以下に述べる。

ブレーザーの放射は、シンクロトロン放射と逆コンプトン放射により電波からガンマ線まで多岐にわたることから、多波長での同時観測が必要不可欠である。しかしながら、フェルミ衛星の打ち上げ以前の多波長観測は、同時観測が少なく、また観測期間も数日間のみと限られたものが

ほとんどであった。フェルミ望遠鏡は約3時間毎に全天をサーベイ観測しており、毎日ガンマ線データを取得できる。これに対応できるように、「かなた」望遠鏡は広島大学が占有して利用できることを最大限に活かし、約40ブレイザー天体（そのうち約30天体がフェルミ衛星でガンマ線が検出されている）を可視光での長期モニターを行なってきた。この長期モニターに加え、シンクロトロン放射に起因した偏光を測定できることも「かなた」望遠鏡の大きな強みである。こうしたフェルミ望遠鏡と「かなた」望遠鏡を組み合わせた多波長での長期トレンドデータは、ブレイザー研究において非常に有益であり、すでに数天体については観測結果が学術論文として出版され（この中の3C279を観測した1編はNature誌2010/2/18, Vol. 463に掲載）、他の天体についても論文文化が進められている。

フェルミ望遠鏡以前に検出されていた銀河系内のガンマ線天体はほとんどがパルサー（もしくはパルサー星雲）であったが、理論的な研究ではガンマ線放射が予想されている天体の種族がいくつかあった。そこで、LAT検出器によりガンマ線の検出感度が数十倍も向上したこと、約1000個の新ガンマ線天体が検出されたことから、広島大学高橋を中心として、この中に新しい種族のガンマ線天体がないかを調べている。その中の一つとして興味深い天体がエータカリーナ星である。エータカリーナ星は銀河系で最も重い星の一つ（太陽の百倍もの質量を持つ）である。LAT検出器でエータカリーナ星の方向に発見されたガンマ線天体の詳細な位置、ガンマ線の時間変動やエネルギースペクトルを調べた結果、このガンマ線天体はエータカリーナ星である（エータカリーナ星がガンマ線を放射している）可能性が高いことが明らかになった。（2011年論文掲載）。2010年3月に行われた天文学会春季年会で記者発表（広島大学が行っている銀河系内の宇宙線強度、超新星残骸についての研究成果も合わせて発表された）を行ったところ、時事通信（3月24日）や読売新聞（4月19日「とれたて！科学Monday、ガンマ線謎を解け」、アストロアーツ（3月29日）などに掲載された。

フェルミ望遠鏡が本格的な観測を始めてから1年間は、フェルミ望遠鏡開発チーム（フェルミ開発チーム）が観測データを独占解析し、観測装置の性能評価、モニター、較正および標準解析ソフトウェアの整備を義務付けられていた。結果として、初期の観測成果はフェルミ開発チームが解析、公表することになった。その観測成果を検討する最初のフェルミ開発チームの研究会を、2009年3月に、広島国際会議場で開催した。検討結果は順次論文として公表された。1年後からは観測データはただちに公開された。公開後も観測装置を深く理解するフェルミ開発チームのアドバンテージを生かし、多くの成果は開発チームから出ている。

成果の全体をまとめておくと、2008年夏に観測を開始した後2年足らずの間に、76編の査読付き論文として発表された。その中には、2編のネイチャー誌論文、6編のサイエンス誌論文が含まれる。またサイエンス誌が選んだThe Breakthroughs of 2009の第二番目にフェルミ衛星の成果が入った。

最もサイテーションが多い論文は、宇宙線電子スペクトル観測について報告したもの（Phys. Rev. Lett. 102:181101, 2009）で、ダークマター関連観測データとして300以上の論文でサイトされた。（SPIRES-HEP search, SLAC）

注）発表論文リストは末尾の添付資料18-2）にある。

（文責：大杉 節特任教授、高橋弘充特任助教）

10 教育活動

10-1 大学院教育

広島大学宇宙科学センターの教員は、大学院理学研究科協力教員として、物理学専攻の宇宙・素粒子科学講座の教員と協力し「可視赤外線天文学」研究室を構え、また「高エネルギー宇宙」研究室と連携し、大学院学生の募集及び教育を行っている。東広島天文台に関連する博士論文及び修士論文一覧を掲げておく。

他大学大学院学生の教育協力は、観測研究活動と密接に結び付いて実行されている。共同研究で実行している観測活動には、教員と共に大学院生が参加しており、成果を示す発表論文の中に著者として参加した共同研究大学の学生が含まれている。

2009 年度末までに、広島大学理学研究科物理学専攻の大学院生で、研究活動成果としての学会発表を行った総数は39件、大学院生が筆頭著者としての発表した査読論文は7編であった。(添付資料 18 成果及び成果発表記録参照) 十分活発な研究活動であったといえると共に、それは十分な教育成果でもあると考える。

博士論文

* 新井彰 “Near-Infrared Study of the Accretion Disk and Jet in the Microquasar GRS 1915+105 Observed by the KANATA Telescope” (2009 年度 博士論文)

* 永江修 “X-ray and Optical Observational Studies of Geometries in X/ γ -ray Binaries” (2008 年度 博士論文)

修士論文一覧

2009 年度

* 池尻祐輝 「かなた望遠鏡を用いた可視近赤外偏光観測によるブレーザー天体の光度、色、偏光の相関の研究」

* 先本清志 「かなた望遠鏡用可視近赤外同時カメラ HONIR の真空・駆動・光学系の立ち上げ」

2008 年度

* 上原岳士 「かなた望遠鏡を用いた X 線フレアを伴うガンマ線バースト残光の時間変動スペクトルの研究」

* 笹田真人 「かなた望遠鏡を用いた可視近赤外偏光観測におけるブレーザー天体の変動機構の研究」

* 田中祐行 「かなた望遠鏡用 1 露出型偏光撮像装置 HOWPo1 の開発と性能評価」

* 松井理紗子 「かなた望遠鏡による矮新星 V455 And の降着円盤の時間変化の研究」

* 宮本久嗣 「かなた望遠鏡「可視赤外線同時撮像カメラ」の開発」

2007 年度

* 保田知則 「かなた」望遠鏡を用いたモニター観測による星形成星周円盤の降着現象の研究」

2006 年度

* 千代延真吾 「かなた望遠鏡用 1 露出型偏光撮像装置 HOWPo1 の筐体及び駆動機構の開発」

2005 年度

* 永江修 「可視直線偏光分光観測によるマイクロクエーサー LSI+61° 303 の星周構造に関する研究」

2003 年度

* 上田篤 「天体観測に与える大気の影響とシーイング測定」

10-2 学内学部生教育と西日本の大学学部生を対象にした観測実習

学内理学部生教育

学部学生教育においては、理学部協力教員として物理科学科の高エネルギー宇宙研究室に参加する形で「高エネルギー宇宙・光赤外線天文学」研究室を作って教育に参加している。宇宙科学センター関連の卒業論文一覧を挙げておく。

卒業論文

2009年度

*奥嶋貴子 「重力崩壊型超新星の爆発規模と母銀河の重元素量の関係について」

2008年度 卒業論文

*伊藤亮介「フェルミ衛星とかなた望遠鏡によるブレーザー天体の可視・ガンマ線時間変動解析」

*小松智之「かなた望遠鏡用高速分光器の駆動系制御ソフトウェアの開発」

2007年度 卒業論文

*平木一至「広島大学かなた望遠鏡用自動追尾システムの開発」

2006年度 卒業論文

*上原岳士「ガンマ線バーストの多波長即時解析システムの構築と GRB061121 の観測」

*宮本久嗣 「かなた望遠鏡観測装置に用いる近赤外線検出器のマルチプレクサ駆動試」

2005年度 卒業論文

*保田知則 「広島大学望遠鏡用全天スカイモニターと自動観測スケジュール機能の開発」

2004年度 卒業論文

*千代延真吾 「広島大学 1.5m 望遠鏡移設地シーイングのモニター装置開発と測定」

西日本の大学学部生を対象にした観測実習

宇宙科学センターでは、2002年より国立天文台・岡山において、西日本大学連合および岡山天体物理観測所の主催で開催されていた大学生の観測実習(広島大・岡山大を中心とする西日本の大学生を対象)の開催に世話人および講師として協力してきた。東広島天文台が安定運用フェイズになった2004年からは、当宇宙科学センターの主催で東広島天文台における学部生の観測実習を毎年開催している。2008年以降、岡山天体物理観測所における観測実習は開催されておらず、広島大学における観測実習が、西日本大学連合主催の実習を引き継いだ形で開催している。

東広島天文台の学生実習では、天文学に興味を持ってもらうことを主題として、学部2、3年生を主なターゲットとして、撮像をテーマにした初級者向けの内容となっている。データ解析は、主としてWindowsパソコンで動く「マカリ」(国立天文台開発・配布)を用いている。実施直後に参加者へ記入してもらうアンケートの集計では、講義の難易度は「並」、データ解析の難易度は「やや難」が多い。

東広島天文台におけるこれまでの開催実績は以下の通りである。

開催日程	テーマ	参加大学・学年・人数
2007年8月1-3日	散開星団の年齢と距離	広島大・B3・1、B4・2、岡山理科大・B4・3
2008年8月5-7日	散開星団の年齢と距離	和歌山大・B4・2、愛媛大・B2・4
2009年8月4-6日	散開星団の年齢と距離	和歌山大・B3・2、岡山大・B3・2、岡山理科大、B3・1、B4・3、倉敷芸科大・B4・1、津山高専・5年生・1、広島大・B3・1、
2010年9月1-3日	散開星団の年齢と距離(予定)	広島大、岡山大、愛媛大等 20名以上(予定)

これまで、広島大学以外からの参加者が多いが、これはこれまでの開催日が、補習授業期間(教

職科目含む)と重なったため、広島大学からの参加者がキャンセルしたことも一部影響している。2009年には岡山の大学連合のまとまった参加があり、また2010年には愛媛大学宇宙物理学コース3回生の参加が予定されており、参加人数が増えている。募集形態は、基本的に各大学の教員に任せている状態であるが、広島大学では、宇宙科学センターのウェブに掲載するほか、理学部ピロティにある物理科学科や地球惑星システム科学科の掲示板にポスターを掲示することで行っている。

10-3 高校生への科学教育活動

東広島天文台・かなた望遠鏡の教育利用に関して、高校のクラスないしクラブ単位での見学、観望会依頼については、開所当初から他の団体からの依頼と同様に随時対応してきたが、訪れる高校教員や生徒からたびたび、より実践的な見学会ないし観測実習に対する要望が多く寄せられていた。

かなた望遠鏡における観測研究が軌道に乗り出した2010年2月より、宇宙科学センターが主導となって、高校生向けの科学観測とそのデータ解析をテーマとした実習を開催しだしている。2010年2月19-20日には広島県内の高校の天文・地学部のメンバー26名が集合しての観測実習(高校側世話人は修道中・高等学校の小田教諭)が開催されたのを皮切りに、2010年8月9-12日の3泊4日で全国の高校生を対象に「君が天文学者になる4日間 in 広島」を開催(参加高校生16名; 広島大学後援会助成金対象イベント)、2010年11月20-21日および12月18-19日の1泊2日を2回セットとして主に西日本の高校生を対象に「広島発!天文学者になって宇宙を旅しよう」を開催(参加高校生20名; 日本学術振興会ひらめき☆ときめきサイエンス助成イベント)し、参加者から多くの好評を得た。また、広島大学附属福山中・高等学校との連携活動として、文科省サイエンス・パートナーシップ・プロジェクトの一部としての研修会(2008年10月11日、参加中高生29名、高校側代表者 平賀教諭)およびJST中高生の科学部活動進行事業としての観測実習(2010年8月6-7日、参加中校生26名)が行われている。さらに、2010年12月20-21日には宇宙科学センターOBである永江修氏が教員を務める横浜聖光学院中・高校の20名が参加して観測実習が行われた。これらの観測実習の成果の一部は、日本天文学会年会のジュニアセッションで発表されている。

また、少人数を対象とした高校生観測実習イベントとしては、開所当初から広島大学・マツダ財団連携事業「科学わくわくプロジェクト」の科学塾研究室への協力が挙げられ、2009年度は6名、2010年度は2名の高校生を受講生を対象に、5-7月のセミナー(各月1回ほど)と夏休み中のかなた望遠鏡を用いた観測実施とデータ解析を行った。いずれのプログラムも11月に開催される広島大学中高生科学シンポジウムで発表を行った。



2010年11月に開催した「広島発!天文学者になって宇宙を旅しよう」での東広島天文台セミナー室におけるデータ解析の様子

1 1 社会貢献活動記録

天然資源を持たない日本が豊かな文化的な生活を築くには、教育による人的資源を生み出すほかない。その時に近年子供から大人まで押し並べて理科離れが論じられていることはゆゆしき事態と言える。その中で、宇宙開発、宇宙科学（天文学）は関心と人気を保ち続けている。従って、宇宙への関心を窓口に、科学・技術に興味をかき立てるのは一つの有効な手段と思われる。

東広島天文台が企画されたときに、当然のこととして社会の科学リテラシー教育、地域文化への貢献も柱の一つとして挙げられた。またこの観点から、天文台の敷地及びアクセス道路の整備について東広島市の全面的な支援により準備していただき、天文台の敷地を東広島市から借用している。また地元及び地主の方々からも全面的な協力をいただき、企画から僅か2年で天文台の完成に漕ぎ着けることができた。

東広島天文台は、大学の施設としての教育・研究業務が日々継続されており、危険物も観測のために使用されているため一般には公開していない。しかし完成当初から東広島市民の関心は非常に高く、公開見学会、公募観望会、グループ見学の申し込みなど多数あり、大学の教育・研究の合間を利用した、東広島天文台訪問者は初年度が約4000名を超え、2年目も2000名と大学施設として異例の人気を集めている。

また、東広島市教育委員会が行う、理科教員研修会にも毎年協力している。天文台教員の出前講座講師依頼も東広島市の生涯教育課を通じて多数寄せられている。

平成18年度の社会貢献リスト

天文台年間来訪者合計 ～4000名

実施日	グループ名	講演	見学	観望	備考
2006. 5. 27	東広島市中央公民館講演	○			
2006. 5. 29~31	地元住民招待観望会			○	～300名
2006. 6. 1	広島県秘書室(8~10人)		○		
2006. 6. 4	一般特別施設公開		○		470名
2006. 6. 9	東広島市観光協会バスツアー		○		50名
2006. 6. 11	一般特別施設公開		○		470名
2006. 6. 16	Orenburg State University 学長一行		○		
2006. 6. 18	一般特別施設公開		○		470名
2006. 6. 19	東広島市議員団			○	～20名
2006. 6. 20	東広島市議員団			○	～20名
2006. 6. 25	福成寺関連		○		
2006. 6. 30	東広島市企画部・生涯教育部			○	35名
2006. 7. 1	広島県理科教育研究会 (RICH)			○	30名
2006. 7. 7	元東広島市議会議員の視察		○		42名
2006. 7. 7	プラネタリウム講演会	○			広島市子ども文化科学館
2006. 7. 10	東広島市小中学校教職員			○	35名
2006. 7. 11	広島県市町村税財政室長一行		○		
2006. 7. 11	東広島市小中学校教職員・公民館職員			○	40名
2006. 7. 14	一般公募観望会			○	150名
2006. 7. 15	A0IIIセミナー出席者		○		50名
2006. 7. 19	工学部研究室ゼミ			○	25名
2006. 7. 20	忠海高校科学部			○	20名

2006. 7. 21	異業種交流会		○		29名
2006. 7. 21	一般公募観望会			○	150名
2006. 7. 24	台湾国立中央大学他5名		○		
2006. 7. 26	河内子供会（奥戸議員他児童）			○	15名
2006. 7. 27	広島大学同窓会（～15名）			○	
2006. 7. 28	東広島市発明クラブ（小中学生）		○		128名
2006. 7. 29	宇宙☆自然講座講演	○			岡山・浅口市
2006. 7. 31	公民館講座			○	50名
2006. 8. 1	教養ゼミ学生			○	12名
2006. 8. 2	安古市高校PTA(50名)		○		50名
2006. 8. 5	宇宙少年団広島分団			○	60名
2006. 8. 7	教養ゼミ学生			○	10名
2006. 8. 10	ワクプロ科学塾			○	25名
2006. 8. 11	数理の翼			○	30名
2006. 8. 19	講演@宇宙少年団・呉やまと分団	○			江田島青年の家
2006. 8. 28	中国電力社員見学（10名）		○		
2006. 9. 6	広島大学附属三原幼稚園先生他7名		○		
2006. 9. 11	中央公民館講座	○			東広島市中央公民館
2006. 9. 15	NTT ファシリティーズ8名		○		
2006. 9. 16	御菌宇公民館		○		
2006. 9. 29	河内町入野公民館		○		
2006. 9. 29	三次市立灰塚小学校（17名）		○		17名
2006. 9. 30	広島大学大阪オフィス土曜セミナー講演	○			
2006. 10. 12	西条ロータリークラブ			○	
2006. 10. 17	東広島ロータリークラブ	○		○	
2006. 10. 18	広島市経済同友会講演	○			広島全日空ホテル
2006. 10. 18	三永小学校		○		
2006. 10. 25	近大工学部メディアセンター(出前講座)	○			
2006. 10. 25	東広島市予算関係視察（40名）		○		40名
2006. 10. 26	職業インタビュー(三原高校)1名		○		
2006. 10. 27	広島地区高校天文部			○	30名
2006. 11. 4	東広島市生涯学習フェスティバル観望会			○	150名
2006. 11. 12	ワクプロ科学塾観望会(子供+保護者)			○	25名
2006. 11. 15	三永小学校施設見学(48名)		○		48名
2006. 11. 22	東広島市の出前講座	○			
2006. 11. 23	ひらめきときめきサイエンス	○			
2006. 11. 28	広天会講演	○			
2006. 12. 1	三永小学校観望会(126名)			○	126名
2006. 12. 2	三永小学校観望会(140名)			○	140名
2006. 12. 11	中央公民館講座講師	○			
2006. 12. 15	ベオグラード大学 Dragan Popovic 氏		○		
2006. 12. 18	観光協会見学		○		

2006. 12. 26	福山地区小中理科教諭 観望会			○	15名
2007. 2. 27	広島県人づくり懇談会委員観望			○	15名
2007. 3. 7	Devendra Sahu (インド) 氏来訪		○		
2007. 3. 17	出前講座(東広島市社会福祉協議会)	○			東広島市総合福祉センター

平成19年度(2007年度)東広島天文台社会貢献リスト

実施日	グループ名	講演	見学	観望	備考
2007. 4. 16	ロータリークラブ21	○		○	15人
2007. 4. 21	東広島市青年会議所			○	
2007. 5. 1	一般公募観望会(160名)			○	抽選 160名
2007. 5. 2	一般公募観望会(160名)			○	抽選 160名
2007. 5. 19	宇宙少年団呉ヤマト分団		○		60名
2007. 5. 19	安芸津太田小学校児童・保護者		○		40名 金星観望
2007. 5. 19	広島大学物理系教員+家族			○	60名(半分は小学生)
2007. 6. 1	一般公募観望会(160名)			○	抽選 160名
2007. 6. 6	三永小学校		○		18名
2007. 6. 8	一般公募観望会(予定)(160名)			○	抽選 160名
2007. 6. 29	東広島市中学校長会		○		50名
2007. 7. 10	御菌宇小学校		○		50名
2007. 7. 14	A0IIIセミナー出席者(高校生)		○		50名
2007. 7. 27	学習教室アミハウス見学・観望(26名)		○	○	26名
2007. 7. 27	風早小4年生+引率(~47名)観望会		○	○	47名
2007. 8. 6	教養ゼミ・物理科学教員観望会(5-10名+7名 延期分)			○	17名
2007. 8. 7	出前講座(御菌宇公民館 70名)	○	○		70名
2007. 8. 7	中学校理科教育研究会見学(~40名)		○		40名
2007. 8. 8	東広島商工会議所女性会見学(30名)		○		30名
2007. 8. 8	広大顧問弁護士等 観望会(9名)			○	9名
2007. 8. 9	三原市小中教諭 研修見学(30名程度)		○		30名
2007. 8. 9	国泰寺高校 実習打合せ・観望(14名)			○	14名
2007. 8. 9	物理科学科教員観望会			○	5名
2007. 8. 11	観望会案内(先端研飯沼さん他7名)			○	8名
2007. 8. 22	広島経済同友会広島中央支部 見学		○		80名
2007. 8. 23	三次市中学校理科教員 見学		○		40名
2007. 8. 31	井口高校2年生+教員 見学会		○		42名
2007. 9. 8	東広島商工会議所青年部 見学・観望会		○	○	46名
2007. 9. 8	前市議長・清水迫さんグループ 観望会		○	○	15名
2007. 9. 14	出前講座@天文台 寺家新和会(28名)	○	○		28名
2007. 9. 21	TSS文化大学天文台見学(39名)		○		39名
2007. 10. 8	歯学部国際セミナーグループ見学観望		○	○	30名

2007. 10. 16	宇宙科学博覧会 in 東広島実現化特別委員会	○			
2007. 10. 17	出前講座 東広島学講師@近大工学部	○			
2007. 10. 24	東広島市教育委員会・農業センター 来客 15 名		○		15 名
2007. 11. 6	JICA 南アフリカ理数科教員養成者研修天文台見学		○		15 名
2007. 11. 9	放送大学見学 (~40 名)		○		40 名
2007. 11. 9	平成会天文台見学 (21 名)		○		21 名
2007. 11. 10	広島市こども文化科学館「大人の科学談話室」	○			40 名?
2007. 11. 10	寺西小学校観望 (67 名)		○	○	67 名
2007. 11. 17	東広島青年会議所創立 30 周年記念事業にて講演 (サタケホール)	○			
2007. 11. 20	出前講座: 宗吉女性会 21 名	○			21 名
2007. 11. 22	東広島市教委グループ見学		○		6 名
2007. 11. 22	中国電力(株)天文台見学 (79 名)		○		79 名
2007. 11. 23	福山宇宙少年団観望 (20-30 名)			○	30 名
2007. 12. 8	大学天文同好会の全国大会で講演	○			
2007. 12. 13	高屋中生徒見学 (~20 名 林先生が引率)		○	○	20 名
2007. 12. 14	台湾中央大学メンバー天文台見学 (3 名)		○		3 名
2007. 12. 20	Prabhu 教授 (国立インド天体物理研究所) 来訪		○		
2007. 12. 21	寺西小学校 6 年 3 組観望(45 名)			○	45 名
2008. 1. 15	出前講座@東広島天文台/川上女性会	○			20 名
2008. 2. 5	忠海高等学校見学		○		15 名
2008. 2. 8	文部科学省		○		
2008. 2. 20	天文学入門受講生 観望会		○		
2008. 2. 25	翠町民生委員児童委員協議会見学		○		18 名
2008. 2. 28	広島県教育センター中・高校理科教員研修講座		○		30 名
2008. 2. 28	教員研修講座観望会			○	30 名
2008. 3. 28	廿日市地区の熟年者の会見学(26 名)		○		26 名
2008. 3. 28	一般観望会			○	40 名?

平成 20 年度 (2008 年度) 東広島天文台社会貢献リスト

実施日	グループ名	講演	見学	観望	備考
2008. 4. 23	商工会議所会頭一行 (観望)			○	
2008. 4. 26	特別観望会 (来訪者 68+62=130 名)			○	130 名
2008. 4. 27	特別観望会 (来訪者 51+49=100 名)			○	100 名
2008. 5. 18	彗星会議参加者見学 (20-30 名)			○	30 名
2008. 5. 31	福山大学工学部西尾研究室見学 (7 名)		○		7 名
2008. 6. 13	宇宙研 1.3m 鏡関係者来訪 (成田、松原、村上、米徳ほか)		○		3 名

2008. 7. 3	学術振興会鈴木課長他見学		○		
2008. 7. 6	講演@あすたらむらんど徳島	○			あすたらむらんど徳島
2008. 7. 12	A03 入試生見学会		○		
2008. 7. 14	福山大1年生観望会 (~40名、西尾先生引率)			○	40名
2008. 7. 16	木下大輔氏、呉景煌氏(台湾中央大) 来訪、天文台見学		○		2名
2008. 7. 18	黒瀬中学校見学・観望			○	20名
2008. 7. 24	井口高校 菊本先生ほか高2生徒 計42名見学・研修		○		42名
2008. 7. 25	特別観望会			○	50名
2008. 8. 6	国近サロン・コスモス 出前講座	○			黒瀬町国近公民館
2008. 8. 7	東広島市幼小中学校教諭研修(78名)		○		78名
2008. 8. 8	加速器学会見学(200名)		○		200名
2008. 8. 9.	特別観望会 (154名)			○	154名
2008. 8. 10	特別観望会 (153名)			○	153名
2008. 8. 11	原小学校いきいきこどもクラブ観望 (40名)			○	40名
2008. 8. 13	東広島スペースクラブ観望			○	
2008. 8. 21	ワクプロ感動塾	○			三滝少年自然の家
2008. 8. 23	県関連観望			○	
2008. 8. 28	高知県日高村農業委員会見学 (13名)		○		13名
2008. 9. 8	三澤透氏(理研PD) 見学		○		1名
2008. 9. 10	佐藤さん、河合さん(名大技術センター) 他、名古屋大一行見学		○		3名
2008. 9. 15	天文学普及シンポジウム見学		○		
2008. 9. 24	呉三津田高校出前授業	○			
2008. 10. 11	SPP 福山附属高生徒研修 (~35名+平賀先生、香川大・松村さん)		○		37名
2008. 10. 15	近大・湯浅氏、デリー大・M. K. Das 氏見学		○		2名
2008. 10. 22	出前講座 / 於: 近畿大・工・メディアセンター「東広島学」	○			
2008. 11. 1	学内観望会			○	160名
2008. 11. 3	広大付属三原小学校観望 82名			○	82名
2008. 11. 5	外原町内会 見学 (15名)		○		15名
2008. 11. 25	Chris Packham 氏(フロリダ大) 来訪、見学		○		1名
2008. 11. 29	東広島ボランティアガイドの会見学 (31名)		○		31名
2009. 2. 3	Soojong Pak 氏(Kyung Hee Univ, 韓国)		○		1名
2009. 2. 5	広島市子ども科学感動塾見学		○		
2009. 2. 21	台湾中央大 Hung-Chin Lin 氏ほか5名		○		5名
2009. 2. 21	RCC ラジオカー中継				
2009. 3. 2	風早小見学 (4年生38名+引率2名)		○		40名
2009. 3. 10	賀茂泉・山岳会メンバー 観望会 ~30名			○	30名
2009. 3. 14	(大杉) 日本宇宙少年団東広島分団結団式	○			
2009. 3. 16	広島緑青会観望			○	
2009. 3. 26	宇宙少年団講座	○			

平成 21 年度（2009）東広島天文台社会貢献リスト

実施日	グループ名	講演	見学	観望	備考
2009. 4. 3	広島大学附属高校同窓会（53 回卒）観望会		○	○	
2009. 4. 8	東広島市商工会等観望会		○	○	～30名
2009. 4. 11	広島宇宙少年団 観望会		○	○	～50名
2009. 4. 29	特別観望会		○	○	160名
2009. 5. 2	特別観望会		○	○	160名
2009. 5. 26	鳥取県天文サークル見学		○		20名
2009. 6. 2	国立天文台岡山・小矢野、長山両氏来訪		○		
2009. 6. 13	附属高 半田さん来訪		○		
2009. 6. 21	マツダ財団ワクプロ科学塾スクーリング	○			
2009. 6. 25	中国新聞記者訪問 日食関連				
2009. 7. 7	世界天文年全国同時七夕講演会	○			
2009. 7. 11	A03 入試生天文台見学		○		
2009. 7. 17	国立大学協会事務		○		
2009. 7. 20	ワクプロ科学塾スクーリング				
2009. 7. 22	井口高校見学		○		47名
2009. 7. 28	廿日市市宮園小学校 観望会			○	
2009. 7. 31	げんきっこクラブ見学		○		55名
2009. 8. 3	広島大学公開講座 2009 「世界天文年企画」	○			
2009. 8. 3	高屋西小学校見学		○		16名
2009. 8. 4	学生観測実習	○		○	15名
2009. 8. 4	科学研究塾実習	○		○	4名
2009. 8. 6	教養ゼミ受講生観望会			○	
2009. 8. 10	かなたサイエンスミニワークショップ	○			
2009. 8. 18	生物オリンピック選抜参加高校生観望			○	
2009. 8. 24	感動塾				
2009. 8. 26	慶熙大学校応用科学大学（韓国）見学		○		32名
2009. 8. 28	東広島熟年大学 見学		○		25名
2009. 8. 29	HSTD7 国際シンポジウム	○			
2009. 9. 2	明治大学、龍谷大学学長他見学		○		12名
2009. 9. 8	日東光器 鈴木氏ら天文台来訪		○		
2009. 9. 13	日本地球科学会	○			
2009. 9. 13	日本地球化学会 天文台見学		○		100名
2009. 9. 17	世羅成人大学教養講座見学		○		
2009. 9. 20	生物圏科学研究科長沼准教授+愛媛高校生+ 教員+TA 観望会			○	30名
2009. 9. 27	わくプロ科学塾		○		
2009. 10. 5	西村製作所社長、情報通信研究機構 国森氏 見学		○		
2009. 10. 6	豊四会（ほうしかい＝豊栄中第4回卒業生同窓 会） 見学		○		22名
2009. 10. 6	広島学院高校理学部訪問		○		

2009. 10. 18	わくプロ科学塾		○		
2009. 10. 21	東広島学講演近畿大学工学部	○			
2009. 10. 23	宇宙科学博覧会実現化特別委員会				
2009. 10. 23	広島国際センター関係者 観望会 18名			○	18名
2009. 10. 24	世羅成人大学教養講座観望			○	35名
2009. 11. 2	竹仁小学校 天文台見学		○		~50名
2009. 11. 6	ペアーレ宝町日帰り文化講座見学		○		26名
2009. 11. 6	ウズベキスタン科学相見学		○		4名
2009. 11. 7	中学生高校生科学シンポジウム				
2009. 11. 10	ペアーレ宝町日帰り文化講座見学 ~14名		○		14名
2009. 11. 13	海田東小PTA 見学		○		31名
2009. 11. 16	北大望遠鏡建設チーム来訪・視察		○		4名
2009. 11. 17	付属高校理学部訪問		○		
2009. 11. 18	ペアーレ宝町日帰り文化講座見学		○		33名
2009. 11. 20	ペアーレ宝町日帰り文化講座見学		○		20名
2009. 11. 24	日本分光学会支部会 講演・天文台見学	○	○		
2009. 11. 25	ペアーレ宝町日帰り文化講座見学		○		23名
2009. 11. 26	名古屋大・平原氏 天文台見学		○		
2009. 12. 4	広島・高校教員・物化部会	○			
2009. 12. 5	世羅成人大学教養講座講義	○			
2009. 12. 12	連星系・変光星・低温度星研究会	○			
2009. 12. 14	朝日新聞岡山		○		
2009. 12. 15	中国温州大学書記、通訳、大学事務見学		○		7名
2009. 12. 23	わくプロ中学生見学		○		
2010. 2. 6	世羅成人大学講演	○			
2010. 2. 6	東京大・左近氏 来訪		○		
2010. 2. 10	Dr. J. Denry Sato 他2名見学		○		3名
2010. 2. 18	修道高・小田先生 天文台見学		○		
2010. 2. 19	高校生グループ観望・観測実習			○	
2010. 2. 20	東広島市宇宙少年団観望会			○	
2010. 2. 24	東広島市内小中学生 4Dシアター鑑賞、観望会			○	30-40名
2010. 3. 28	天文学会公開講座	○			90名
2010. 3. 28	天文学会観望			○	90名

1 2 共同研究 と教育協力

宇宙科学センターとして、国立天文台（1）、名古屋大学大学院理学研究科（2）、京都大学大学院理学研究科（3）、東京大学大学院理学系研究科附属天文教育センター（4）と教育研究協力協定を結び、東広島天文台を用いた共同研究及び大学院学生の教育を行っている。また、JAXA/ISAS とは共同で、GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡共同開発に関し、NASA と協定書（agreement）を交わした。

国立大学が法人化した後、共同利用施設ではない広島大学の施設を使って研究や教育を他大学の研究者や大学院生が行う根拠を明確にするために定期的に使用する可能性のある大学研究機関と教育・研究協力協定を締結した。

12-1 国立天文台との協力協定

赤外シミュレーター（かなた望遠鏡）の広島大学への移管（平成 16 年 3 月末日）に当たり、国立天文台と広島大学の間で研究協力協定を結び、改造方針、天文台建設場所の選定など技術的な検討全般にわたって国立天文台岡山物理観測所の方々の協力を得た。後にこの協定は教育にも拡張された。また毎年主鏡再蒸着をこの協定に基づきお願いしている。2007 年には無膨張セラミックという新しい鏡基盤素材で作った鏡（直径 30cm の第二鏡）（1）の基本特性と安定性、強度などをかなた望遠鏡に装着して長期実証試験中である。協定：末尾資料 20 参照。

12-2 名古屋大学大学院理学研究科

平成 18 年春に望遠鏡の改造・移設が完了したが、観測装置開発には当然時間がかかる。そこで赤外シミュレーターの広島大学移管が決まった段階で、自前の観測装置が完成するまでの間、かなた望遠鏡に装着して観測が始められるような適当な観測装置を検討し始めた。我々の望遠鏡を生かす特長ある観測装置として開発を予定していたのは可視偏光観測装置と、可視近赤外線同時撮像装置であったので、その両方の機能を持つ、名古屋大学理学研究科 Z 研究室が開発した、TRISPEC（可視—赤外線分光偏光撮像装置、平成 15 年（2003 年）10 月完成）が最適な観測装置であった。そこで TRISPEC 開発研究グループと共同研究及び教育協力を行うことになった。

平成 18 年 5 月末に望遠鏡を改造移設し、初期調整を済ませた 9 月に、東広島天文台へ搬入、設置、10 月から試験観測に入った。以後何度かの修理を行いながら平成 21 年末まで、かなた望遠鏡の主力観測装置として活躍している。この時点までの観測成果の大部分は、かなた望遠鏡と TRISPEC との組み合わせによる観測成果である。この共同研究の基になる研究・教育協力覚書を平成 19 年 6 月に取り交わした。覚書：末尾資料 20 参照。

12-3 京都大学大学院理学研究科

京都大学理学研究科のグループが、早い時間変動（最速撮像速度：100Hz）を観測・研究する目的で可視高速撮像カメラを開発していたので、それをかなた望遠鏡の第二ナスマス焦点に設置し、共同研究を行うことになった。この共同研究の基になる、研究・教育協力覚書を平成 20 年 1 月に取り交わした。覚書：末尾資料 20 参照。

12-4 東京大学大学院理学系研究科

東京大学理学系研究科附属天文教育センターの研究者達は、南米チリの高山であり、観測条件が良く、世界の共同プロジェクトとなったアタカマ電波望遠鏡が建設されつつあるアタカマ高地（標高～5 千メートル）に口径 6.5m 及び 1m の光学望遠鏡を置く計画を持っている。1m 望遠鏡は昨年設置された。これらの望遠鏡に設置する観測装置開発を活発に行っているが、その観測装置試験観測のために「かなた望遠鏡」を継続的に使っている。これはかなた望遠鏡が国立天文台にあり、赤外シミュレーターと呼ばれていた時代の役割である新開発観測装置試験望遠鏡としての機能を受け継ぐものである。この継続使用を共同研究として位置づけるために研究教育協力覚書

を平成 20 年 7 月に取り交わした。末尾資料 20 参照

12-5 Agreement among NASA, JAXA/ISAS and Hiroshima Astrophysical Science Center for GLAST mission

米国 NASA (National Aeronautics and Space Administration) が計画し、5 カ国の国際共同研究として開発する、世界初の本格的なガンマ線宇宙望遠鏡 (GLAST) 計画に、広島大学が誇る半導体飛跡検出器開発技術を持って参加、貢献するために、日本の参加予定研究機関である広島大学、JAXA/ISAS と NASA との間で Agreement を 2005 年 12 月に取り交わした。広島大学は日本グループの代表であり、半導体飛跡検出器開発の中心であった、宇宙科学センター長の大杉が広島大学を代表して Agreement に署名した。覚書は衛星打ち上げから 6 年間有効とされた。末尾資料 20-1 参照。

GLAST 衛星は、平成 20 年 6 月 11 日にフロリダのケープカナベラル基地から打ち上げに成功し、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡と名付けられた。国際共同開発をしたガンマ線宇宙望遠鏡もほぼ完璧と言える稼働をし、日々観測データを絶え間なく地上に送り続けている。結果として多くの新発見を学術雑誌に報告し、メディアに話題として取り上げられることも多い。

この年の 11 月には、このガンマ線衛星の打ち上げ成功を機に、「X線・ガンマ線観測部門」を宇宙科学センターに増設し、従来の東広島天文台を運用する「光赤外線観測部門」との 2 部門制となり、X線・ガンマ線部門に特任助教 (5 年任期) が学長裁量で付けられた。

以下には、協定を締結していないが共同研究、教育協力を行っている大学である。

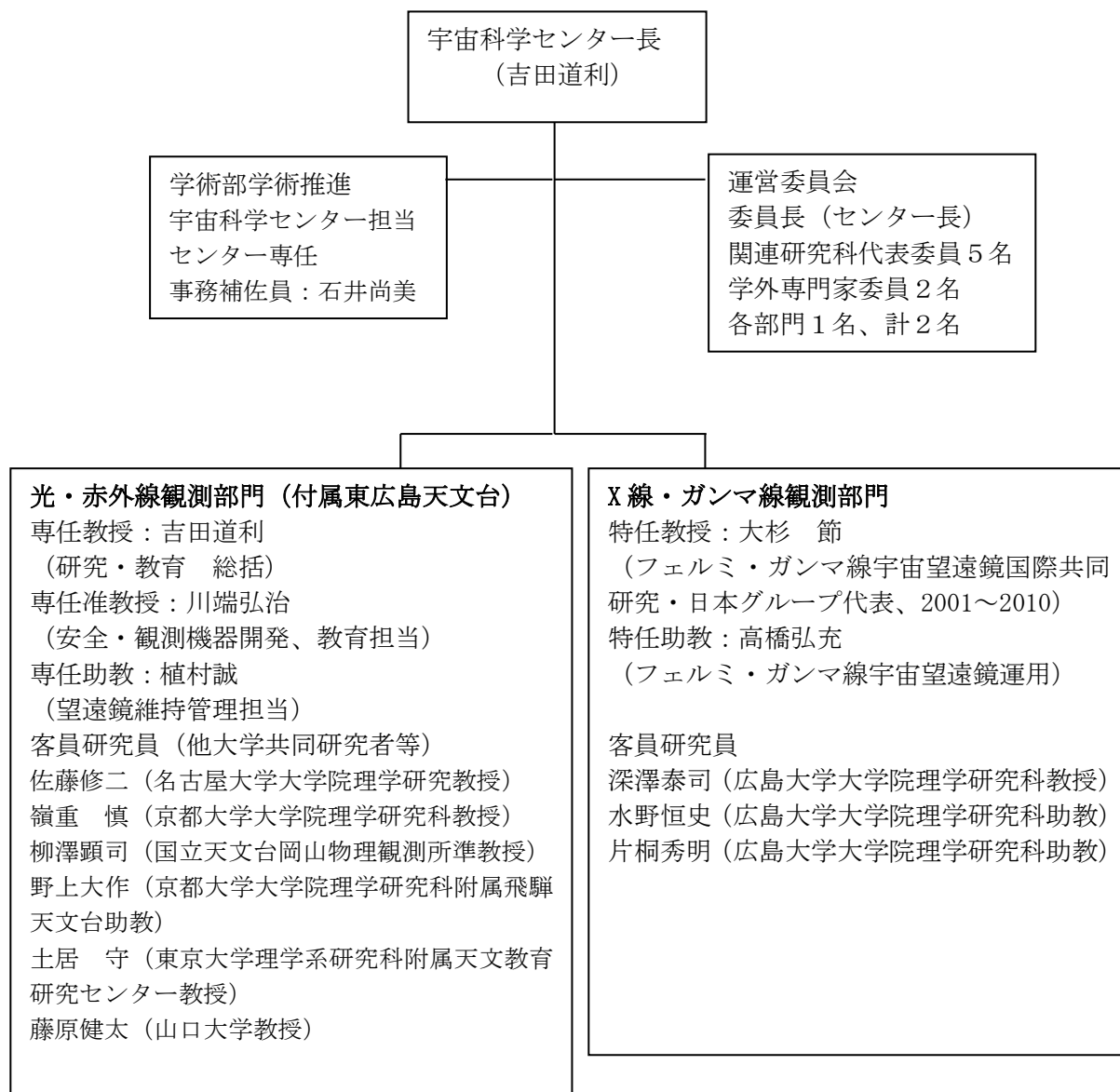
- 6) 東北大学大学院理学研究科
- 7) 大阪大学大学院理学研究科
- 8) 山口大学理工学研究科
- 9) 愛媛大学理学部

13 宇宙科学センターで開催された研究会、シンポジウム

- 1) 宇宙・天文教育研究会・天文教育学会中四国支部研究会 (平成 18 年 6 月)
- 2) 連星系・変光星研究会 (・日 時: 2009 年 12 月 12 日 (土) 13 時 ~ 14 日 (月) 12 時) ・
会場: 広島大学 東広島キャンパス 中央図書館ライブラリーホール
- 3) フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡研究集会 (2010 年 3 月、広島国際会議場)
- 4) 2010. 3 天文学会 (広島大学東広島キャンパス)
- 5) かなた望遠鏡観測レビュー (毎年 3 月)

14 宇宙科学センターの組織（平成22年4月1日現在）

宇宙科学センターは学内共同利用施設のカテゴリーに分類されるセンター群の内の一つである。センター長と3名の専任教員から構成される人員を持つ。センターの運営は、学外委員2人を含む、理学研究科、工学研究科、総合科学研究科、教育学研究科、センター群代表の5名にセンター長、センター専任教授からなる9名から構成され、人事案を広島大学役員会に上げる権限を持ち、予算及び決算など主要項目の計画及び実行を監視する。



15 宇宙科学センター規則

○広島大学宇宙科学センター規則

(平成 16 年 4 月 1 日規則第 51 号)

改正平成 18 年 3 月 31 日規則第 81 号 平成 19 年 3 月 13 日規則第 38 号

平成 20 年 3 月 31 日規則第 129 号

広島大学宇宙科学センター規則

(趣旨)

第 1 条 この規則は、広島大学学則(平成 16 年 4 月 1 日規則第 1 号)第 18 条の規定に基づき、広島大学宇宙科学センター(以下「センター」という。)の管理運営に関し必要な事項を定めるものとする。

[広島大学学則(平成 16 年 4 月 1 日規則第 1 号)第 18 条]

(目的)

第 2 条 センターは、広島大学(以下「本学」という)における宇宙・天文の研究・教育を推進するとともに、大学共同利用機関法人自然科学研究機構等と連携し、全国の大学等との共同研究及び共同利用に供し、もって我が国の宇宙・天文の研究・教育、次世代を担う児童・生徒の科学教育及び生涯学習の推進に寄与することを目的とする。

(組織)

第 3 条 センターに、次の職員を置く。

- (1) センター長
- (2) 専任教員
- (3) その他必要な職員

2 センターに、前項に掲げるもののほか、研究員又は客員研究員を置くことができる。

第 4 条 センター長は、本学専任の教授をもって充てる。

2 センター長は、学術室センター等推進部門(以下「推進部門」という。)の意見を聴いて、学長が任命する。

3 センター長は、推進部門の助言によりセンターの業務を掌理する。

4 センター長の任期は、2 年とし、再任を妨げない。

5 センター長が辞任を申し出たとき、又は欠員となったときの後任者の任期は、その任命された日から起算して 1 年を経過した日の属する年度の末日までとする。

第 5 条 センターの専任教員は、推進部門の意見を聴いて、学長が任命する。

第 6 条 研究員は、本学専任の教員をもって充てる。

2 研究員は、推進部門の意見を聴いて、学長が任命する。

3 客員研究員は、学外の研究者をもって充てる。

4 客員研究員は、推進部門の意見を聴いて、学長が委嘱する。

5 研究員及び客員研究員の任期は、2 年とする。ただし、4 月 2 日以降に任命又は委嘱された場合の任期は、その任命又は委嘱の日から起算して 1 年を経過した日の属する年度の末日までとする。

6 研究員及び客員研究員の再任は、妨げない。

(運営委員会)

第 7 条 センターに、広島大学宇宙科学センター運営委員会(以下「運営委員会」という。)を置く。

第8条 運営委員会は、次に掲げる委員で組織する。

- (1) センター長
- (2) 大学院総合科学研究科，大学院教育学研究科，大学院理学研究科，大学院先端物質科学研究科及び大学院工学研究科が，それぞれその教授又は准教授のうちから推薦する者1人
- (3) センターの専任教員(教授又は准教授に限る。)
- (4) 宇宙・天文分野における学外の学識経験者若干人
- (5) 学長が必要と認めた者若干人

2 委員は，学長が任命又は委嘱する。

3 第1項第2号，第4号及び第5号の委員の任期は2年とし，4月1日に任命又は委嘱することを常例とする。ただし，4月2日以降に任命又は委嘱された場合の任期は，その任命又は委嘱の日から起算して1年を経過した日の属する年度の末日までとする。

4 第1項第2号，第4号及び第5号の委員の再任は，妨げない。

第9条 運営委員会は，センターに関し次に掲げる事項を審議する。

- (1) 教育，研究及び業務の基本方針に関すること。
- (2) 管理運営の基本方針(教員人事・予算の原案作成等を含む。)に関すること。
- (3) 事業計画に関すること。
- (4) 全国共同研究及び共同利用に関すること。
- (5) その他センターの運営に関すること。

第10条 運営委員会に委員長を置き，センター長をもって充てる。

2 委員長は，運営委員会を招集し，その議長となる。

3 委員長に事故があるときは，委員長があらかじめ指名した委員が，その職務を代行する。

第11条 運営委員会は，必要と認めたときは，委員以外の者の出席を求め，その意見を聴くことができる。

(専門委員会)

第12条 運営委員会に，必要に応じて専門委員会を置くことができる。

2 専門委員会に関し必要な事項は，運営委員会が定める。

(運営支援)

第13条 センターの運営支援は，関係部局等の協力を得て，学術室学術推進グループにおいて行う。

(雑則)

第14条 この規則に定めるもののほか，この規則の実施に関し必要な事項は，センターが定める。

附 則

1 この規則は，平成16年4月1日から施行する。

2 センター設置後最初に任命されるセンター長については，第4条第2項の規定にかかわらず，旧広島大学宇宙科学センター設立準備委員会(以下「旧設立準備委員会」という。)の推薦により，学長が任命する。

3 センター設置後最初に任命されるセンターの専任教員については，第5条の規定にかかわらず，旧設立準備委員会の推薦により，学長が任命する。

附 則(平成18年3月31日規則第81号)

この規則は，平成18年4月1日から施行する。

附 則(平成19年3月13日規則第38号)

この規則は，平成19年4月1日から施行する。

附 則(平成 20 年 3 月 31 日規則第 129 号)

この規則は、平成 20 年 4 月 1 日から施行する

○広島大学客員教授等規則

平成16年4月1日
規則第116号

広島大学客員教授等規則

(趣旨)

第1条 この規則は、広島大学学則(平成16年4月1日規則第1号)第28条の規定に基づき、広島大学(以下「本学」という。)における客員教授及び客員准教授に関し必要な事項を定めるものとする。

(資格等)

第2条 本学は、広島大学契約職員就業規則(平成16年4月1日規則第101号)又は広島大学非常勤職員就業規則(平成16年4月1日規則第102号)に基づき雇用される職員(以下「職員」という。)で、引き続き3月以上、専攻分野について教授又は研究に従事する者のうち、次に掲げる資格を有する者について、客員教授又は客員准教授の称号を授与することができる。

(1) 客員教授 本学の教授と同等以上の資格があると認められる者

(2) 客員准教授 本学の准教授と同等以上の資格があると認められる者

2 客員教授又は客員准教授の称号を授与することができる期間は、職員として雇用される期間の範囲内とする。

(選考)

第3条 客員教授及び客員准教授の選考は、当該職員が所属することとなる部局等の教授会(教授会を置かない部局等にあつては、これに代わる機関)の議を経て学長が行う。

(通知)

第4条 学長は、客員教授又は客員准教授の称号を授与するときは、文書にその旨記して本人に通知するものとする。

附 則

1 この規則は、平成16年4月1日から施行する。

2 旧広島大学客員教授等選考基準(昭和52年広島大学規程第1号)に基づき選考された者は、この規則に基づき選考された者とみなす。

附 則(平成19年3月13日規則第20号)

この規則は、平成 19 年 4 月 1 日から施行する。

広島大学東広島天文台内において研究活動を行うものが守るべき内規

07.07.02

東広島天文台内において作業をする時は以下の規約に従うこと。作業とは観測や実験等、天文台内で行う研究教育活動の全てを指す。

- 初めて天文台内で作業する場合
 - 事前に「ユーザー登録申請書」に所定の項目を記入、提出し、センター長の許可を得ること。
 - 宇宙科学センター安全衛生推進者による講習を受講すること。
- 緊急時には、呼び出しに応じて天文台に来ることが可能な宇宙科学センター教員が1名以上存在すること。出張等のためにそのようなスタッフがいない場合は作業することはできない。
- (天文台内の各部屋において一人で作業を行う場合はSOSシステムを携帯すること。)
- 学生は「学生教育研究災害傷害保険」等の保険に加入していること。
- 作業者は作業日誌へ作業内容と点検記録を記入すること。

- 東広島天文台内においてかなた望遠鏡を用いた観測を行う時は以下の規約に従うこと。
 - かなた望遠鏡での観測は、有資格者一名以上を含む二名以上の観測者で行うこと。
 - 有資格者とは、かなた望遠鏡で観測を行うための十分な知識と経験を有する者で、さらに東広島天文台全体の保守・安全管理についても熟知した者とする。
 - 宇宙科学センター教員は有資格者とする。
 - 有資格者になるためには以下の条件のいずれかを必要とする。
 - ✓ 有資格者の指導を受けながら観測作業を 30 時間以上経験した者。
 - ✓ 二名以上の宇宙科学センター教員の有資格者による実技試験に合格した者。
 - ✓ 上記いずれかの過程を経て、宇宙科学センター教員会議においてセンター長の承認を得た者。
 - 有資格者が 3 ヶ月以上観測を行わなかった場合は、その資格を失う。ただし、以下の条件をもって再び有資格者になることができる。また宇宙科学センター教員は例外とし、資格を失わない。
 - ✓ 有資格者の指導を受けながら観測作業を 10 時間以上経験した者。
 - 有資格者になることができるのは大学および研究機関等に勤務する教員や研究者、および博士課程後期大学院生とし、学部生は有資格者にはなれない。ただし余人を持って代え難い場合は、特別に博士課程前期学生にも資格を与えることができる。
 - センター長は有資格者の名簿を管理する。
 - 有資格者は安全に観測を行うための責任をもち、作業日誌に作業内容を毎日記録すると共に、観測開始時、退所時には作業日誌に所定の点検を行うこと。
 - 有資格者は他の観測者が有資格者になることを希望する場合はその指導に努め、観測者が観測作業に従事した時間を業務日誌に記録すること。
 - 観測者として従事する全ての者は、待機時も含め、出来る限り制御室ないしはドーム観測階に滞在して観測研究業務（安全確認や機器保守等含む）に専念すること。機器開発室、セミナー室やラウンジなどでの活動を主に行う者は観測者とは認めない。
- 本内規の改定には宇宙科学センター教員全員の承認を必要とする。
- この内規は平成 19 年 5 月 18 日から施行する。

広島大学宇宙科学センター センター長

大杉 節

備考

2007 年 5 月 18 日 試行開始

2007 年 7 月 2 日 有資格者の条件を「観測時間 50 時間」から「観測時間 30 時間」へ変更

宇宙科学センター附属東広島天文台・かなた望遠鏡を用いた研究成果の

Authorship (論文著者原則) について

当センター内チームプロジェクト

- 1) かなた望遠鏡及び当センターの観測機器を用いた観測
著者はプロジェクト PI が決める。著者の中になた望遠鏡チーム、観測機器開発チームを含める。
- 2) かなた望遠鏡と、他機関の開発もしくは所有する観測機器を用いた場合
観測プロジェクト PI が筆頭著者、その他の著者を決め、著者の中になた望遠鏡チームを含める。観測機器チームからの著者はプロジェクト PI が観測機器責任者と相談の上決める。

共同研究プロジェクト（PI が他機関の場合）

- 1) かなた望遠鏡及び当センターの観測機器を使う観測の場合
かなた望遠鏡チーム及び観測機器チームの全員を含む。ただし、チームを離れて1年間で資格を失う。有資格者のリストは宇宙科学センターが作る。筆頭著者、順番は観測プロジェクトPIが決める。
- 2) かなた望遠鏡と持ち込み観測機器を用いる観測及び機器の試験
宇宙科学センター関係者からは、観測、解析参加・貢献者の他に「かなた望遠鏡チーム」を加える。順序その他は観測プロジェクトPIの責任とする。

注1) この原則は2007年1月1日から適用する。必要に応じて適宜改訂する。この論文著者の原則は、運営委員会の承認を得るものとする。

注2) この原則は出来るだけ早い機会に運営委員会の承認を得る事とするが、それまでは暫定的適用とする

平成18年12月28日

広島大学宇宙科学センター長 大杉 節

1.6 天文台建設、望遠鏡・観測装置開発関連予算

1.6-1 特別教育研究経費（宇宙科学センターにおける事業の推進）

年度	教育研究特別経費 (千円)	広島大学負担額 (千円)	合計 (千円)
平成17年度	185,658	39,567	
平成18年度	86,330	53,400	
平成19年度	18,000	53,900	
平成20年度	18,000	61,200	
平成21年度	18,000	64,700	
合計金額	325,988	272,767	598,755
平成22年度 (継続決定)	18,000	65,300	

1.6-2 科学研究費

- 1) 研究代表者：大杉 節

* 基盤研究費B、 課題名「1.5m 赤外シミュレーターを用いた突発・激動天体追跡専用望遠鏡の開発」、研究代表者：大杉 節（平成17～19年、総額1310万円）

- 2) 研究代表者：川端弘治

* 若手研究(A)、 課題名： 常設1露出型可視偏光撮像器による高エネルギー天体现象の研究
年度： H17-19年度、 直接経費総額： 2082万円

- *若手研究(B)、課題名：「一露出型広視野偏光撮像器を用いたガンマ線バースト初期可視残光の観測的研究」
年度： H20-23年度、直接経費総額： 320万円
- *特定領域 公募研究、課題名： 「明るいガンマ線バースト初期残光の偏光分光測光同時モニター」
年度： H21-22年度、直接経費総額： 400万円
- *・ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ（研究成果の社会還元・普及事業）
課題名： 「広島発！天文学者になって宇宙を旅しよう」、H22年度、41万円

3) 研究代表者：植村誠

- *若手研究（スタートアップ） 課題名「高機動望遠鏡システムによる短時間突発天体現象の観測的研究」、研究代表者：植村誠（平成18～19年度、総額2,540千円）
- *若手研究(B) 課題名「矮新星の降着円盤最外縁における角運動量輸送過程の観測的研究」、研究代表者：植村誠（平成19～21年度、総額2,980千円）

4) 研究代表者：高橋弘充

- *若手研究(B)，課題名：中性子に高感度な結晶シンチレータ検出器の宇宙利用へ向けた開発、課題番号：21740186、（平成21～22年度、総額3,500千円）

16-3 その他の競争的研究資金

研究代表者：大杉 節

- *日米科学技術協力事業（高エネルギー分野）、課題名：フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡開発
平成17～22年、総額：6500万円

研究代表者：川端弘治

- ・国立天文台共同開発研究、課題名：「完全空乏型CCDの開発：大型素子の開発と試験観測」
H16単年度、計440万円
- ・天文学振興財団研究助成、課題名：「ガンマ線バースト観測システム開発」
H16単年度、計100万円
- ・広島大学藤井研究助成基金、課題名：「広大1.5m光学望遠鏡による高エネルギー天体物理現象の研究：全天夜光モニターの開発」、H16-17年度、計90万円
- ・サタケ教育研究助成金 学術講演会等開催助成、「君が天文学者になる4日間」
H22年度、20万円

17 宇宙科学センター職員、運営委員会委員 一覧

宇宙科学センター設立準備委員会委員（平成15年9月）

- 大杉 節 大学院理学研究科教授
- 谷口雅樹 大学院理学研究科長
- 遠藤一太 大学院先端物質科学研究科長

小島健一 総合科学部教授
林 武広 大学院教育学研究科教授
番匠 修 経理部長
神谷勝美 施設部長
秋山吉功 理学部事務長

宇宙科学センター職員

宇宙科学センター準備室（平成 15 年 9 月）

準備室長 大杉 節（理学研究科教授）
準備室担当助手 川端弘治（理学研究科助手、11月着任）

平成 16 年 4 月 1 日 宇宙科学センター発足

宇宙科学センター構成員

平成 16 年（2004 年）4 月 1 日

センター長（併任） 大杉 節（理学研究科教授）
センター専任助手 川端弘治

平成 17 年（2005 年）4 月

センター長（併任） 大杉 節（理学研究科教授）
センター客員教授 山下卓也（国立天文台）
センター専任助手 川端弘治
センター専任助手 植村 誠（6月1日着任）
センター事務補佐員 石井直美

平成 18 年（2006 年）4 月

センター長（併任） 大杉 節（理学研究科教授）
センター専任教授 山下卓也
センター専任助手 川端弘治
センター専任助手 植村 誠
センター事務補佐員 石井尚美

平成 19 年（2007 年）4 月

センター長（併任） 大杉 節（理学研究科教授）
センター専任教授 山下卓也
センター専任助手 川端弘治
センター専任助手 植村 誠
センター研究員（科学研究費） 磯貝瑞希（6月1日着任）
センター事務補佐員 石井尚美

平成 20 年（2008 年）4 月

センター長・特任教授 大杉 節
センター専任教授 山下卓也（9月末国立天文台へ転出）
センター専任助教 川端弘治
センター専任助教 植村 誠
センター特任助教 高橋弘充（フェルミ宇宙望遠鏡運用担当、11月1日着任）
センター研究員 磯貝瑞希（7月31日退職）
センター事務補佐員 石井尚美

客員研究員 佐藤修二 (名古屋大学大学院理学研究教授)
客員研究員 嶺重 慎 (京都大学大学院理学研究科教授)
客員研究員 吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所準教授・所長)
客員研究員 野上大作 (京都大学大学院理学研究科附属飛騨天文台助教)

平成 21 年 (2009 年) 4 月

センター長・特任教授 大杉 節
センター専任教授 吉田道利 (22 年 1 月 1 日着任)
センター専任准教授 川端弘治
センター専任助教 植村 誠
センター特任助教 高橋弘充 (フェルミガンマ線宇宙望遠鏡運用担当)
センター事務補佐員 石井尚美
客員研究員 佐藤修二 (名古屋大学大学院理学研究教授)
客員研究員 嶺重 慎 (京都大学大学院理学研究科教授)
客員研究員 吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所準教授・所長)
客員研究員 野上大作 (京都大学大学院理学研究科附属飛騨天文台助教)

平成 22 年 (2010 年) 4 月

センター長・専任教授 吉田道利
センター専任准教授 川端弘治
センター専任助教 植村 誠
センター特任教授 大杉 節
センター特任助教 高橋弘充
センター事務補佐員 石井尚美
客員研究員 佐藤修二 (名古屋大学大学院理学研究教授)
客員研究員 嶺重 慎 (京都大学大学院理学研究科教授)
客員研究員 柳澤顕司 (国立天文台岡山物理観測所準教授)
客員研究員 野上大作 (京都大学大学院理学研究科附属飛騨天文台助教)
客員研究員 土居 守 (東京大学理学系研究科附属天文教育研究センター)
客員研究員 藤原健太 (山口大学教授)

宇宙科学センター運営委員会委員

平成 16 年 (2004 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・理学研究科教授)
遠藤一太 (先端物質研究科教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小島健一 (総合科学部教授)
小島康文 (理学研究科教授)
多幾山憲 (工学研究科教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授)

平成 17 年 (2005 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・理学研究科教授)
遠藤一太 (先端物質研究科教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小島健一 (総合科学部教授)

小寫康文 (理学研究科教授)
多幾山憲 (工学研究科教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授)

平成 18 年 (2006 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・理学研究科教授)
小島健一 (総合科学部教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小寫康史 (理学研究科教授)
吉川公麿 (ナノデバイスシステム研究センター長)
多幾山憲 (工学研究科教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授)
山下卓也 (宇宙科学センター教授)

平成 19 年 (2007 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・理学研究科教授)
小島健一 (総合科学部教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小寫康史 (理学研究科教授)
吉川公麿 (ナノデバイスシステム研究センター長)
滝 史郎 (工学研究科教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授)
山下卓也 (宇宙科学センター教授)

平成 20 年 (2008 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・特任教授)
山下卓也 (宇宙科学センター教授、国立天文台教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
小寫康文 (理学研究科教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小島健一 (総合科学研究科教授)
滝 史郎 (工学研究科教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授)

平成 21 年 (2009 年)

大杉 節 (宇宙科学センター長・特任教授)
山下卓也 (国立天文台教授)
定金晃三 (大阪教育大学教授)
小寫康文 (理学研究科教授)
林 武広 (教育学研究科教授)
小島健一 (総合科学研究科教授)
滝 史郎 (工学研究科教授)
吉田道利 (国立天文台岡山物理観測所所長・准教授、2010. 1. 1 より当センター教授)
高橋 徹 (先端科学研究科准教授)

18 添付資料

18-1 東広島天文台&かなた望遠鏡関連 査読付き発表論文一覧

(Publications in Refereed Journals)

2007 年

1. "Testing the External-Shock Model of Gamma-Ray Bursts Using the Late-Time Simultaneous Optical and X-Ray Afterglows"
Urata, Y., Yamazaki, R., Sakamoto, T., Huang, K., Zheng, W., Sato, G., Aoki, T., Deng, J., Ioka, K., WingHuen Ip, W., Kawabata, K. S., 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. 2007
Astrophysical Journal, 668, L95-L98

2008 年

1. "Outburst of a WZ Sge-type Dwarf Nova, AL Com in 2007"
Uemura, M., Arai, A., Sasada, M., Schmeer, P., Miller, I., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K. S., Isogai, M., Sato, S., & Kino, M. 2008
Information Bulletin of Variable Stars, No. 5815, 1
2. "Discovery of a WZ Sge-Type Dwarf Nova, SDSS J102146.44+234926.3: Unprecedented Infrared Activity during a Rebrightening Phase"
Uemura, M., Arai, A., Krajci, T., Pavlenko, E., Shugarov, S. Y., Katysheva, N. A., Goranskij, V. P., Maehara, H., Imada, A., Kato, T., Nogami, D., Nakajima, K., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K. S., Nagae, O., Chiyonobu, S., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Ueda, A., Hayashi, T., Okita, K., Yoshida, M., Yanagisawa, K., Sato, S., Kino, M., & Sadakane, K. 2008
Publications of Astronomical Society of Japan, 60, 227-236
3. "The 2006 November Outburst of EG Aquarii: the SU UMa Nature Revealed"
Imada, A., Stubbings, R., Kato, T., Uemura, M., Krajci, T., Torii, K., Sugiyasu, K., Kubota, K., Moritani, Y., Ishioka, R., Masi, G., Kiyota, S., Monard, L. A. G., Maehara, H., Nakajima, K., Arai, A., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K. S., Nagae, O., Chiyonobu, S., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Ueda, A., Hayashi, T., Okita, K., Yoshida, M., Yanagisawa, K., Sato, S., Kino, M., Kitagawa, M., Sadakane, K., Nogami, D. 2008
Publications of Astronomical Society of Japan, 60, 1151-1158
4. "Detection of polarimetric variations associated with the shortest time-scale variability in S5 0716+714"
Sasada, M., Uemura, M., Akira, A., Fukazawa, Y., Kawabata, K. S., Ohsugi, T., Yamashita, T., Isogai, M., Sato, S., & Kino, M. 2008
Publications of Astronomical Society of Japan, 60, L37-L41

2009 年

1. "Multiepoch Optical Spectropolarimetry of Three Microquasars, Cyg X-1, LS 5039, and LS I +61d 303"

Nagae, O., Kawabata, K. S., Fukazawa, Y., Yamashita, T., Okazaki, A., & Isogai, M.
2009

Astronomical Journal, 137, 3509–3519

2. "Anti-Correlation of the Near-Infrared and X-Ray Variations of the Microquasar GRS 1915+105 in Soft State"
Arai, A., Uemura, M., Sasada, M., Trushkin, S. A., Ueda, Y., Takahashi, H., Kawabata, K. S., Yamanaka, M., Nagae, O., Ikejiri, Y., Sakimoto, K., Matsui, R., Ohsugi, T., Yamashita, T., Isogai, M., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Okita, K., Yoshida, M., Yanagisawa, K., Sato, S., Kino, M., & Sadakane, K. 2009
Publications of Astronomical Society of Japan, 61, L1-L5
3. "Suzaku and Multi-wavelength Observations of OJ 287 during the Periodic Optical Outburst in 2007"
Seta, H., Isobe, N., Tashiro, M. S., Yaji, Y., Arai, A., Fukuhara, M., Kohno, K., Nakanishi, K., Sasada, M., Shimajiri, Y., Tosaki, T., Uemura, M., & MAGIC collaboration 2009
Publications of Astronomical Society of Japan, 61, 1011-1022
4. "Optical and Near-Infrared Photometric Observation during the Superoutburst of the WZ Sge-Type Dwarf Nova, V455 Andromedae"
Matsui, R., Uemura, M., Arai, A., Sasada, M., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K. S., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Sato, S., Kino, M., Yoshida, M., Shimizu, Y., Nagayama, S., Yanagisawa, K., Toda, H., Okita, K., & Kawai, N. 2009
Publications of Astronomical Society of Japan, 61, 1081-1092
5. "Tohoku-Hiroshima-Nagoya planetary spectra library: A method for characterizing planets in the visible to near infrared"
Lundock, R., Ichikawa, T., Okita, H., Kurita, K., Kawabata, K. S., Uemura, M., Yamashita, T., Ohsugi, T., Sato, S., & Kino, M. 2009
Astronomy and Astrophysics, 507, 1649–1658
6. "Early Phase Observations of Extremely Luminous Type Ia Supernova 2009dc"
Yamanaka, M., Kawabata, K. S., Kinugasa, K., Tanaka, M., Imada, A., Maeda, K., Nomoto, K., Arai, A., Chiyonobu, S., Fukazawa, Y., Hashimoto, O., Honda, S., Ikejiri, Y., Itoh, R., Kamata, Y., Kawai, N., Komatsu, T., Konishi, K., Kuroda, D., Miyamoto, H., Miyazaki, S., Nagae, O., Nakaya, H., Ohsugi, T., Omodaka, T., Sakai, N., Sasada, M., Suzuki, M., Taguchi, H., Takahashi, H., Tanaka, H., Uemura, M., Yamashita, T., Yanagisawa, K., Yoshida, M. 2009
Astrophysical Journal, 707, L118-L122

2010 年

1. "A change in the optical polarization associated with a gamma-ray flare in the blazar 3C 279"
Abdo, A. A., Ackermann, M., Ajello, M., Axelsson, M., Baldini, L., Ballet, J., Barbiellini, G., Bastieri, D., Baughman, B. M., Bechtol, K., Bellazzini, R., Berenji, B., Blandford, R. D., Bloom, E. D., Bock, D. C.-J., Bogart, J. R., Bonamente, E., Borgland, A. W., Bouvier, A., Bregeon, J., Brez, A., Brigida, M., Bruel, P., Burnett, T. H., Buson, S., Caliandro, G. A., Cameron, R. A., Caraveo, P. A., Casandjian, J. M., Cavazzuti, E., Cecchi, C., Celik, O., Chekhtman, A., Cheung, C. C., Chiang, J., Ciprini, S., Claus, R., Cognard, I., Cohen-Tanugi, J., Collmar, W., Cominsky, L. R., Conrad, J., Corbel, S., Corbet, R., Costamante, L., Cutini, S., Dermer, C. D.,

de Angelis, A., de Palma, F., Digel, S. W., Do Couto, E. E. Silva, Drell, P. S., Dubois, R., Dumora, D., Farnier, C., Favuzzi, C., Fegan, S. J., Ferrara, E. C., Focke, W. B., Fortin, P., Frailis, M., Fuhrmann, L., Fukazawa, Y., Funk, S., Fusco, P., Gargano, F., Gasparrini, D., Gehrels, N., Germani, S., Giebels, B., Giglietto, N., Giommi, P., Giordano, F., Giroletti, M., Glanzman, T., Godfrey, G., Grenier, I. A., Grove, J. E., Guillemot, L., Guiriec, S., Hanabata, Y., Harding, A. K., Hayashida, M., Hays, E., Horan, D., Hughes, R. E., Iafrate, G., Itoh, R., Jackson, M. S., Johannesson, G., Johnson, A. S., Johnson, R. P., Johnson, W. N., Kadler, M., Kamae, T., Katagiri, H., Kataoka, J., Kawai, N., Kerr, M., Knodlseder, J., Kocian, M. L., Kuss, M., Lande, J., Larsson, S., Latronico, L., Lemoine-Goumard, M., Longo, F., Loparco, F., Lott, B., Lovellette, M. N., Lubrano, P., Macquart, J., Madejski, G. M., Makeev, A., Max-Moerbeck, W., Mazziotta, M. N., McConville, W., McEnery, J. E., McGlynn, S., Meurer, C., Michelson, P. F., Mitthumsiri, W., Mizuno, T., Moiseev, A. A., Monte, C., Monzani, M. E., Morselli, A., Moskalenko, I. V., Murgia, S., Nestoras, I., Nolan, P. L., Norris, J. P., Nuss, E., Ohsumi, T., Okumura, A., Omodei, N., Orlando, E., Ormes, J. F., Paneque, D., Panetta, J. H., Parent, D., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Pelassa, V., Pepe, M., Pesce-Rollins, M., Piron, F., Porter, T. A., Raino, S., Rando, R., Readhead, A., Razzano, M., Reimer, A., Reimer, O., Reposeur, T., Reyes, L. C., Richards, J. L., Rochester, L. S., Rodriguez, A. Y., Roth, M., Ryde, F., Sadrozinski, H. F.-W., Sanchez, D., Sander, A., Saz Parkinson, P. M., Scargle, D., Sgro, C., Shaw, M. S., Shradler, C., Siskind, E. J., Smith, D. A., Smith, P. D., Spandre, G., Spinelli, P., Stawarz, L., Stevenson, M., Strickman, M. S., Suson, D. J., Tajima, H., Takahashi, H., Takahashi, T., Tanaka, T., Taylor, G. B., Thayer, J. B., Thayer, J. G., Thompson, D. J., Tibaldo, L., Torres, D. F., Tosti, G., Tramacere, A., Uchiyama, Y., Usher, T. L., Vasileiou, V., Vilchez, N., Vitale, V., Waite, A. P., Wang, P., Wehrle, A. E., Winer, B. L., Wood, K. S., Ylinen, T., Zensus, J. A., Ziegler, M., (The Fermi-Lat Collaboration), Uemura, M., Ikejiri, Y., Kawabata, K. S., Kino, M., Sakimoto, K., Sasada, M., Sato, S., Yamanaka, M., Villata, M., Raiteri, C. M., Agudo, I., Aller, H. D., Aller, M. F., Angelakis, E., Arkharov, A. A., Bach, U., Benitez, E., Berdyugin, A., Blinov, D. A., Boettcher, M., Buemi, C. S., Chen, W. P., Dolci, M., Dultzin, D., Efimova, N. V., Gurwell, M. A., Gusbar, C., Gomez, J. L., Heidt, J., Hiriart, D., Hovatta, T., Jorstad, S. G., Konstantinova, T. S., Kopatskaya, E. N., Koptelova, E., Kurtanidze, O. M., Lahteenmaki, A., Larionov, V. M., Larionova, E. G., Leto, P., Lin, H. C., Lindfors, E., Marscher, A. P., McHardy, I. M., Melnichuk, D. A., Mommert, M., Nilsson, K., di, A. Paola, Reinthal, R., Richter, G. M., Roca-Sogorb, M., Roustazadeh, P., Sigua, L. A., Takalo, L. O., Tornikoski, M., Tringilio, C., Troitsky, I. S., Umana, G., Villforth, C., Grainge, K., Moderski, R., Nalewajko, K., Sikora, M., 2010 Nature, 463, 919-923

2. "PKS 1502+106: A New and Distant Gamma-ray Blazar in Outburst Discovered by the Fermi Large Area Telescope"

Abdo, A. A., Ackermann, M., Ajello, M., Atwood, W. B., Axelsson, M., Baldini, L., Ballet, J., Barbiellini, G., Bastieri, D., Baughman, B. M., Bechtol, K., Bellazzini, R., Berenji, B., Bloom, E. D., Bogaert, G., Bonamente, E., Borgland, A. W., Bregeon, J., Brez, A., Brigida, M., Bruel, P., Burnett, T. H., Caliandro, G. A., Cameron, R. A., Caraveo, P. A., Casandjian, J. M., Cavazzuti, E., Cecchi, C., Çelik, Ö., Chekhtman, A., Cheung, C. C., Chiang, J., Ciprini, S., Claus, R., Cohen-Tanugi, J., Conrad, J., Cutini, S., Dermer, C. D., de Angelis, A., de Palma, F., Digel, S. W.,

- Silva, E. do Couto e., Drell, P. S., Dubois, R., Dumora, D., Farnier, C., Favuzzi, C., Fegan, S. J., Ferrara, E. C., Focke, W. B., Frailis, M., Fuhrmann, L., Fukazawa, Y., Funk, S., Fusco, P., Gargano, F., Gasparrini, D., Gehrels, N., Germani, S., Giebels, B., Giglietto, N., Giordano, F., Giroletti, M., Glanzman, T., Godfrey, G., Grenier, I. A., Grondin, M.-H., Grove, J. E., Guillemot, L., Guiriec, S., Hanabata, Y., Harding, A. K., Hayashida, M., Hays, E., Hughes, R. E., Jóhannesson, G., Johnson, A. S., Johnson, R. P., Johnson, W. N., Kadler, M., Kamae, T., Katagiri, H., Kataoka, J., Kerr, M., Knödlseider, J., Kocian, M. L., Kuehn, F., Kuss, M., Lande, J., Latronico, L., Lemoine-Goumard, M., Longo, F., Loparco, F., Lott, B., Lovellette, M. N., Lubrano, P., Madejski, G. M., Makeev, A., Marelli, M., Massaro, E., Max-Moerbeck, W., Mazziotta, M. N., McConville, W., McEnery, J. E., Meurer, C., Michelson, P. F., Mitthumsiri, W., Mizuno, T., Moiseev, A. A., Monte, C., Monzani, M. E., Morselli, A., Moskalenko, I. V., Murgia, S., Nolan, P. L., Norris, J. P., Nuss, E., Ohsugi, T., Omodei, N., Orlando, E., Ormes, J. F., Ozaki, M., Paneque, D., Panetta, J. H., Parent, D., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Pelassa, V., Pepe, M., Pesce-Rollins, M., Piron, F., Porter, T. A., Rainò, S., Rando, R., Razzano, M., Razzaque, S., Readhead, A., Reimer, A., Reimer, O., Reposeur, T., Richards, J. L., Ritz, S., Rochester, L. S., Rodriguez, A. Y., Romani, R. W., Roth, M., Ryde, F., Sadrozinski, H. F.-W., Sanchez, D., Sander, A., Saz Parkinson, P. M., Scargle, J. D., Sgrò, C., Shaw, M. S., Siskind, E. J., Smith, D. A., Smith, P. D., Spandre, G., Spinelli, P., Stevenson, M., Strickman, M. S., Suson, D. J., Tajima, H., Takahashi, H., Tanaka, T., Thayer, J. B., Thayer, J. G., Thompson, D. J., Tibaldo, L., Tibolla, O., Torres, D. F., Tosti, G., Tramacere, A., Ubertini, P., Uchiyama, Y., Usher, T. L., Vasileiou, V., Vilchez, N., Vitale, V., Waite, A. P., Wang, P., Winer, B. L., Wood, K. S., Yasuda, H., Ylinen, T., Zensus, J. A., Ziegler, M., The FERMI LAT Collaboration, Angelakis, E., Hovatta, T., Hoversten, E., Ikejiri, Y., Kawabata, K. S., Kovalev, Y. Y., Kovalev, Yu. A., Krichbaum, T. P., Lister, M. L., Lähteenmäki, A., Marchili, N., Ogle, P., Pagani, C., Pushkarev, A. B., Sakimoto, K., Sasada, M., Tornikoski, M., Uemura, M., Yamanaka, M., Yamashita, T. 2010 *Astrophysical Journal*, 710, 810–827
3. "Bayesian Approach to Find a Long-Term Trend in Erratic Polarization Variations Observed in Blazars"
Uemura, M., Kawabata, K. S., Sasada, M., Ikejiri, Y., Sakimoto, K., Itoh, R., Yamanaka, M., Ohsugi, T., Sato, S., Kino, M. 2010
Publications of Astronomical Society of Japan, 62, 69–80
 4. "Dwarf Novae with the Shortest Orbital Periods: I. A New Shortest-Period Dwarf Nova, OT J055717+683226"
Uemura, M., Arai, A., Kato, T., Maehara, H., Nogami, D., Kubota, K., Moritani, Y., Imada, A., Omodaka, T., Oizumi, S., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K. S., Isogai, M., Nagae, O., Sasada, M., Miyamoto, H., Uehara, T., Tanaka, H., Matsui, R., Fukazawa, Y., Sato, S., & Kino, M. 2010
Publications of Astronomical Society of Japan, 62, 187–199
 5. "Multiband Photopolarimetric Monitoring of the Outburst of the Blazar 3C 454.3 in 2007"
Sasada, M., Uemura, M., Arai, A., Fukazawa, Y., Kawabata, K. S., Ohsugi, T., Yamashita, T., Isogai, M., Nagae, O., Uehara, T., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Sato, S., Kino, M. 2010, Publications of Astronomical Society of Japan, 62, 645–652
 6. "Infrared/optical - X-ray simultaneous observations of X-ray flares in GRB 071112C and GRB 080506"

Uehara, T., Uemura, M., Kawabata, K. S., Fukazawa, Y., Yamazaki, R., Arai, A., Sasada, M., Ohsugi, T., Mizuno, T., Takahashi, H., Katagiri, H., Yamashita, T., Ohno, M., Sato, G., Sato, S., Kino, M., 2010, *Astronomy And Astrophysics*, in press (arXiv: 1006.0785)

その他で宇宙科学センター教員が主著のもの

2006年

1. "Low- and Medium-Dispersion Spectropolarimetry of Nova V475 Scuti (Nova Scuti 2003): Discovery of an Asymmetric High-Velocity Wind in a Moderately Fast Nova"
Kawabata, K. S., Ohya, Y., Ebizuka, N., Takata, T., Yoshida, M., Isogai, M., Norimoto, Y., Okazaki, A., & Saitou, M. S. 2006, *Astronomical Journal*, 132, 433-442

2007年

1. "Spectropolarimetry of R Coronae Borealis in 1998-2003: Discovery of Transient Polarization at Maximum Brightness"
Kawabata, K. S., Ikeda, Y., Akitaya, H., Isogai, M., Matsuda, K., Matsumura, M., Nagae, O., & Seki, M. 2007 *Astronomical Journal*, 134, 1877-1889

2009年

1. "The Extremely Luminous Supernova 2006gy at Late Phase: Detection of Optical Emission from Supernova"
K. S. Kawabata, M. Tanaka, K. Maeda, T. Hattori, K. Nomoto, N. Tominaga, & M. Yamanaka 2009, *Astrophysical Journal*, 697, 747-757

2010年

1. "Dwarf Novae in the Shortest Orbital Period Regime: II. WZ Sge Stars as the Missing Population near the Period Minimum"
Uemura, M., Kato, T., Nogami, D., Ohsugi, T. 2010
Publications of Astronomical Society of Japan, 62, 613-620
2. "A massive star origin for an unusual helium-rich supernova in an elliptical galaxy"
Kawabata, K. S., Maeda, K., Nomoto, K., Taubenberger, S., Tanaka, M., Deng, J., Pian, E., Hattori, T., Itagaki, K. 2010
Nature, 465, 326-328

その他

2006年

1. "An optical spectrum of the afterglow of a gamma-ray burst at a redshift of $z = 6.295$ "
Kawai, N., Kosugi, G., Aoki, K., Yamada, T., Totani, T., Ohta, K., Iye, M., Hattori, T., Aoki, W., Furusawa, H., Hurley, K., Kawabata, K. S., Kobayashi, N., Komiyama, Y., Mizumoto, Y., Nomoto, K., Noumaru, J., Ogasawara, R., Sato, R., Sekiguchi, K., Shirasaki, Y., Suzuki, M., Takata, T., Tamagawa, T., Terada, H., Watanabe, J., Yatsu, Y., & Yoshida, A. 2006, *Nature*, 440, 184-186
2. "SN 2005cs in M51 - I. The first month of evolution of a subluminescent SN II plateau"
Pastorello, A., Sauer, D., Taubenberger, S., Mazzali, P. A., Nomoto, K., Kawabata,

- K. S., Benetti, S., Elias-Rosa, N., Harutyunyan, A., Navasardyan, H., Zampieri, L., Iijima, T., Botticella, M. T., Di Rico, G., Del Principe, M., Dolci, M., Gagliardi, S., Ragni, M., & Valentini, G. 2006, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 370, 1752-1762
3. "An optical supernova associated with the X-ray flash XRF 060218" Pian, E., Mazzali, P. A., Masetti, N., Ferrero, P., Klose, S., Palazzi, E., Ramirez-Ruiz, E., Woosley, S. E., Kouveliotou, C., Deng, J., Filippenko, A. V., Foley, R. J., Fynbo, J. P. U., Kann, D. A., Li, W., Hjorth, J., Nomoto, K., Patat, F., Sauer, D. N., Sollerman, J., Vreeswijk, P. M., Guenther, E. W., Levan, A., O'Brien, P., Tanvir, N. R., Wijers, R. A. M. J., Dumas, C., Hainaut, O., Wong, D. S., Baade, D., Wang, L., Amati, L., Cappellaro, E., Castro-Tirado, A. J., Ellison, S., Frontera, F., Fruchter, A. S., Greiner, J., Kawabata, K., Ledoux, C., Maeda, K., Moller, P., Nicastro, L., Rol, E., & Starling, R. 2006, *Nature*, 442, 1011-1013
 4. "Premaximum Spectropolarimetry of the Type Ia SN 2004dt" Wang, L., Baade, D., Hoeflich, P., Wheeler, J. C., Kawabata, K., Khokhlov, A., Nomoto, K., & Patat, F. 2006, *Astrophysical Journal*, 653, 490-502
 5. "Spectropolarimetric Study on Circumstellar Structure of Microquasar LS I +61d 303" Nagae, O., Kawabata, K. S., Fukazawa, Y., Yamashita, T., Ohsugi, T., & Uemura, M., 2006, *PASJ*, 58, 1015-1022
 6. "The 2003/2004 Superoutburst of SDSS J013701.06-091234.9" Imada, A., Kato, T., Kubota, K., Uemura, M., Ishioka, R., Kiyota, S., Kinugasa, K., Maehara, H., Nakajima, K., Monard, L. A. G. B., Starkey, D. R., Oksanen, A., Nogami, D. 2006, *Publications of Astronomical Society of Japan*, 58, 143-152
 7. "Discovery of a New Dwarf Nova, TSS J022216.4+412259.9: WZ Sge-Type Dwarf Nova Breaking the Shortest Superhump Period Record" Imada, A., Kubota, K., Kato, T., Nogami, D., Maehara, H., Nakajima, K., Uemura, M., Ishioka, R. 2006, *Publications of Astronomical Society of Japan*, 58, L23-L27

2007 年

1. "WX Ceti: a closer look at its behavior in quiescence and outburst" Sterken, C., Vogt, N., Schreiber, M. R., Uemura, M., & Tuvikene, T. 2007, *Astronomy and Astrophysics*, 463, 1053-1060
2. "Long-Term Monitoring of the Short Period SU UMA-Type Dwarf Nova, V844 Herculis" Oizumi, S., Omodaka, T., Yamamoto, H., Tanada, S., Yasuda, T., Arao, Y., Kodama, K., Suzuki, M., Matsuo, T., Maehara, H., Nakajima, K., Dubovsky, P. A., Kato, T., Imada, A., Kubota, K., Sugiyasu, K., Morikawa, K., Torii, K., Uemura, M., Ishioka, R., Tanabe, K., Nogami, D. 2007, *Publications of Astronomical Society of Japan*, 59, 643-651
3. "SN 2006aj Associated with XRF 060218 at Late Phases: Nucleosynthesis Signature of a Neutron Star-driven Explosion" Maeda, K., Kawabata, K. S., Tanaka, M., Nomoto, K., Tominaga, N., Hattori, T., Minezaki, T., Kuroda, T., Suzuki, T., Deng, J., Mazzali, P. A., & Pian, E. 2007, *Astrophysical Journal*, 658, L5-L8
4. "Keck and European Southern Observatory Very Large Telescope View of the Symmetry of the Ejecta of the XRF/SN 2006aj" Mazzali, P. A., Foley, R. J., Deng, J., Patat, F., Pian, E., Baade, D., Bloom, J. S., Filippenko, A. V., Perley, D. A., Valenti, S., Wang, L., Kawabata, K., Maeda, K., & Nomoto, K. 2007, *Astrophysical Journal*, 661, 892-898

5. "The Unique Type Ib Supernova 2005bf at Nebular Phases: A Possible Birth Event of a Strongly Magnetized Neutron Star", Maeda, K., Tanaka, M., Nomoto, K., Tominaga, N., Kawabata, K., Mazzali, P. A., Umeda, H., Suzuki, T., & Hattori, T. 2007, *Astrophysical Journal*, 666, 1069-1082
6. "The Aspherical Properties of the Energetic Type Ic SN 2002ap as Inferred from Its Nebular Spectra" Mazzali, P. A., Kawabata, K. S., Maeda, K., Foley, R. J., Nomoto, K., Deng, J., Suzuki, T., Iye, M., Kashikawa, N., Ohyama, Y., Filippenko, A. V., Qiu, Y., & Wei, J. 2007, *Astrophysical Journal*, 670, 592-599

2008 年

1. "Photometric Studies of New Southern SUUMa-Type Dwarf Novae, FL Trianguli Australis and CTCV J0549--4921"
Imada, A., Kato, T., Monard, L. A. G. B., Stubbings, R., Uemura, M., Ishioka, R., Nogami, D. 2008
Publications of Astronomical Society of Japan, 60, 267-273
2. "The broad-lined Type Ic supernova 2003jd"
Valenti, S., Benetti, S., Cappellaro, E., Patat, F., Mazzali, P., Turatto, M., Hurley, K., Maeda, K., Gal-Yam, A., Foley, R. J., Filippenko, A. V., Pastorello, A., Challis, P., Frontera, F., Harutyunyan, A., Iye, M., Kawabata, K., Kirshner, R. P., Li, W., Lipkin, Y. M., Matheson, T., Nomoto, K., Ofek, E. O., Ohyama, Y., Pian, E., Poznanski, D., Salvo, M., Sauer, D. N., Schmidt, B. P., Soderberg, A., & Zampieri, L. 2008
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 383, 1485-1500
3. "Asphericity in Supernova Explosions from Late-Time Spectroscopy"
K. Maeda, K. Kawabata, P. A. Mazzali, M. Tanaka, S. Valenti, K. Nomoto, T. Hattori, J. Deng, E. Pian, S. Taubenberger, M. Iye, T. Matheson, A. V. Filippenko, K. Aoki, G. Kosugi, Y. Ohyama, T. Sasaki, & T. Takata 2008
Science (29 Feb 2008), 319, 1220-1223
4. "The Evolution of the Peculiar Type Ia Supernova SN 2005hk over 400 Days"
Sahu, D. K., Tanaka, M., Anupama, G. C., Kawabata, K. S., Maeda, K., Tominaga, N., Nomoto, K., Mazzali, P. A., & Prabhu, T. P. 2008
Astrophysical Journal, 680, 580-592
5. "The Peculiar Type Ib Supernova 2006jc: A WCO Wolf-Rayet Star Explosion"
Tominaga, N., Limongi, M., Suzuki, T., Tanaka, M., Nomoto, K., Maeda, K., Chieffi, A., Tornambe, A., Minezaki, T., Yoshii, Y., Sakon, I., Wada, T., Ohyama, Y., Tanabe, T., Kaneda, H., Onaka, T., Nozawa, T., Kozasa, T., Kawabata, K. S., Anupama, G. C., Sahu, D. K., Gurugubelli, U. K., Prabhu, T. P., & Deng, J. 2008
Astrophysical Journal, 687, 1208-1219
6. "Optical Spectropolarimetry and Asphericity of the Type Ic SN 2007gr"
Tanaka, M., Kawabata, K. S., Maeda, K., Hattori, T., & Nomoto, K. 2008
Astrophysical Journal, 689, 1191-1198
7. "The Fermi Gamma-Ray Space Telescope Discovers the Pulsar in the Young Galactic Supernova Remnant CTA 1"
Abdo, A. A., Ackermann, M., Atwood, W. B., Baldini, L., Fukazawa, Y., Katagiri, H., Mizuno, T., Ohsugi, T., Takahashi, H., Tanaka, T., Yasuda, H., et al. (185 coauthors in total) 2008
Science, 322, 1218-1221

2009 年

1. "Subaru and Keck Observations of the Peculiar Type Ia Supernova 2006gz at Late Phases"
Maeda, K., Kawabata, K., Li, W., Tanaka, M., Mazzali, P. A., Hattori, T., Nomoto, K., & Filippenko, A. V. 2009
Astrophysical Journal, 690, 1745-1752
2. "Spectropolarimetry of the Unique Type Ib Supernova 2005bf: Larger Asymmetry Revealed by Later-Phase Data"
Tanaka, M., Kawabata, K. S., Maeda, K., Iye, M., Hattori, T., Pian, E., Nomoto, K., Mazzali, P. A., & Tominaga, N. 2009
Astrophysical Journal, 699, 1119-1124
3. "Nebular Phase Observations of the Type Ib Supernova 2008D/X-ray Transient 080109: Side-viewed Bipolar Explosion"
Tanaka, M., Yamanaka, M., Maeda, K., Kawabata, K. S., Hattori, T., Minezaki, T., Valenti, S., Della-Valle, M., Sahu, D. K., Anupama, G. C., Tominaga, N., Nomoto, K., Mazzali, P. A., Pian, E. 2009
Astrophysical Journal, 700, 1680-1685
4. "Early Spectral Evolution of the Rapidly Expanding Type Ia Supernova 2006X"
Yamanaka, M., Naito, Hiroyuki., Kinugasa, K., Takanashi, N., Tanaka, M., Kawabata, K. S., Ozaki, S., Narusawa, S., & Sadakane K. 2009
Publication of Astronomical Society of Japan, 61, 713-720
5. "Photometry of Three Superoutbursts of the SU UMa-Type Dwarf Nova, SW Ursae Majoris"
Soejima, Y., Nogami, D., Kato, T., Uemura, M., Imada, A., Sugiyasu, K., Maehara, H., Torii, K., Tanabe, K., Oksanen, A., Nakajima, K., Novák, R., Masi, G., Hynek, T., Martin, B., Buczynski, D., Pavlenko, E. P., Shugarov, S. Y., & Cook, L. M. 2009
Publications of Astronomical Society of Japan, 61, 659-674
6. "Superhump Development during the 2005 Superoutburst of 1RXS J053234+624755"
Imada, A., Henden, A., Kato, T., Moritani, Y., Sumiyoshi, M., Tanada, S., Omodaka, T., Ishioka, R., Uemura, M., Yanagisawa, K., Nogami, D. 2009
Publications of Astronomical Society of Japan, 61, L17-L21
7. "Simultaneous Photometric and Polarimetric Observations of Asteroid 3 Juno"
Takahashi, S., Yoshida, F., Shinokawa, K., Mukai, T., & Kawabata, K. S. 2009
Astronomical Journal, 138, 951-955
8. "Survey of Period Variations of Superhumps in SU UMa-Type Dwarf Novae"
Kato, T., Imada, A., Uemura, M., Nogami, D., Maehara, H., Ishioka, R., Baba, H., Matsumoto, K., Iwamatsu, H., Kubota, K., Sugiyasu, K., Soejima, Y., Moritani, Y., Ohshima, T., Ohashi, H., Tanaka, J., Sasada, M., Arai, A., Nakajima, K., Kiyota, S., Tanabe, K., Imamura, K., Kunitomi, N., Kunihiro, K., Taguchi, H., Koizumi, M., Yamada, N., Nishi, Y., Kida, M., Tanaka, Sawa., Ueoka, R., Yasui, H., Maruoka, K., Henden, A., Oksanen, A., Moilanen, M., Tikkanen, P., Aho, M., Monard, B., Itoh, H., Dubovsky, P. A., Kudzej, I., Dancikova, R., Vanmunster, T., Pietz, J., Bolt, G., Boyd, D., Nelson, P., Krajci, T., Cook, L. M., Torii, K., Starkey, D. R., Shears, J., Jensen, L.-T., Masi, G., Novak, R., Hynek, T., Kocian, R., Kral, L., Kucakova, H., Kolasa, M., Stastny, P., & Staels, B. 2009, Publications of Astronomical Society of Japan, 61, S395-S616
9. "Simultaneous MITSuME g'RcIc monitoring of S5 0716+714"
Stalin, C. S., Kawabata, K. S., Uemura, M., Yoshida, M., Kawai, N., Yanagisawa, K., Shimizu, Y., Kuroda, D., Nagayama, S., & Toda, H. 2009

18-2 フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡関連 査読付き発表論文一覧

(2008.8 - 2010.3)

-- 宇宙科学センタースタッフが著者として含まれる論文 --

- 76) The Spectral Energy Distribution of Fermi Bright Blazars
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 716, 30
- 75) Fermi Large Area Telescope First Source Catalog
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJS, 188, 405
- 74) The First Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 715, 429
- 73) Detection of the energetic pulsar PSR B1509-58 and its pulsar wind nebula in MSH 15-52 using the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 714, 927
- 72) The discovery of gamma-ray emission from the blazar RGB J0710+591
Acciari, V. A. et al. 2010, ApJL, 715, L49
- 71) Fermi-Large Area Telescope Observations of the Exceptional Gamma-Ray Outbursts of 3C 273 in 2009 September
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJL, 714, L73
- 70) Constraints on Dark Matter Annihilation in Clusters of Galaxies with the Fermi Large Area Telescope
Ackermann, M. et al. 2010, JCAP, 05, 025
- 69) Fermi Gamma-ray Imaging of a Radio Galaxy
Abdo, A. A. et al. 2010, Science, 328, 725
- 68) The Vela Pulsar: Results from the First Year of Fermi LAT Observations
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 713, 154
- 67) Fermi-LAT Observations of the Vela X Pulsar Wind Nebula
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 713, 146
- 66) Fermi Large Area Telescope observations of PSR J1836+5925
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 712, 1209
- 65) Discovery of Pulsed Gamma-rays from PSR J0034-0534 with the Fermi LAT: A Case for Co-located Radio and Gamma-ray Emission Regions
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 712, 957
- 64) The First Fermi Large Area Telescope Catalog of Gamma-ray Pulsars
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJS, 187, 460
- 63) Constraints on Cosmological Dark Matter Annihilation from the Fermi-LAT Isotropic Diffuse Gamma-Ray Measurement
Abdo, A. A. et al. 2010, JCAP, 04, 014
- 62) Observations of the Large Magellanic Cloud with Fermi
Abdo, A. A. et al. 2010, A&A, 512, A7
- 61) Fermi detection of delayed GeV emission from the short GRB 081024B
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 712, 558
- 60) Observation of Supernova Remnant IC 443 with Fermi-Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 712, 459
- 59) Observations of Milky Way Dwarf Spheroidal galaxies with the Fermi-LAT detector and constraints on Dark Matter models
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 712, 147

- 58) PSR J1907+0602: A Radio-Faint Gamma-Ray Pulsar Powering a Bright TeV Pulsar Wind Nebula
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 711, 64
- 57) Spectrum of the isotropic diffuse gamma-ray emission derived from first-year Fermi Large Area Telescope data
Abdo, A. A. et al. 2010, Phys. Rev. Lett., 104, 101101
- 56) Fermi LAT Search for Photon Lines from 30 to 200 GeV and Dark Matter Implications
Abdo, A. A. et al. 2010, Phys. Rev. Lett., 104, 091302
- 55) Spectral Properties of Bright Fermi-detected Blazars in the Gamma-ray Band
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 710, 1271
- 54) PKS 1502+106: a new and distant gamma-ray blazar in outburst discovered by the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 710, 810
- 53) Fermi observations of Cassiopeia and Cepheus: diffuse gamma-ray emission in the outer Galaxy
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 710, 133
- 52) Fermi-LAT discovery of GeV gamma-ray emission from the young Supernova remnant Cassiopeia A
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJL, 710, L92
- 51) Detection of Gamma-Ray Emission from the Starburst Galaxies M82 and NGC 253 with the Large Area Telescope on Fermi
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJL, 709, L152
- 50) Swift and Fermi observations of the early afterglow of the short Gamma-Ray Burst 090510
De Pasquale, M. et al. 2010, ApJL, 709, L146
- 49) A change in the optical polarization associated with a gamma-ray flare in the blazar 3C 279
Abdo, A. A. et al. 2010, Nature, 463, 919
- 48) Gamma-ray Emission from the Shell of Supernova Remnant W44 Revealed by the Fermi LAT
Abdo, A. A. et al. 2010, Science, 327, 1103
- 47) GAMMA-RAY AND RADIO PROPERTIES OF SIX PULSARS DETECTED BY THE FERMI LARGE AREA TELESCOPE
Weltevrede, P. et al. 2010, ApJ, 708, 1426
- 46) Fermi Observations of the Very Hard Gamma-ray Blazar PG 1553+113
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 708, 1310
- 45) Fermi Large Area Telescope Observations of the Crab Pulsar and Nebula
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ, 708, 1254
- 44) Discovery of Very High Energy Gamma Rays from PKS 1424+240 and Multiwavelength Constraints on its Redshift
Acciari, V. A. et al. 2010, ApJL, 708, L100
- 43) Direct constraints on minimal supersymmetry from Fermi-LAT observations of the dwarf galaxy Segue 1
Scott, Pat et al. 2010, JCAP, 01, 031
- 42) Fermi Large Area Telescope View of the Core of the Radio Galaxy Centaurus A (Accepted for publication)
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 41) Suzaku Observations of Luminous Quasars: Revealing the Nature of High-Energy Blazar Emission in Low-level activity States (Accepted for publication)
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 40) Gamma-ray Light Curves and Variability of Bright Fermi-Detected Blazars (Accepted for publication)

- Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 39) Fermi LAT observations of the Geminga pulsar (Accepted for publication)
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 38) The Fermi LAT View of Three EGRET Pulsars (Accepted for publication)
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 37) Fermi-LAT and multi-wavelength observations of the flaring activity of PKS1510-089 between September 2008 and June 2009 (Accepted for publication)
Abdo, A. A. et al. 2010, ApJ
- 36) Discovery of a GeV blazar shining through the Galactic plane (Accepted for publication)
Vandenbroucke, J. et al. 2010, ApJL
- 35) Fermi observations of TeV-selected AGN
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 707, 1310
- 34) Multiwavelength monitoring of the enigmatic Narrow-Line Seyfert 1 PMN J0948+0022 in March-July 2009
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 707, 727
- 33) Fermi Observations of High-Energy Gamma-Ray Emission from GRB 080825C
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 707, 580
- 32) Fermi Large Area Telescope Gamma-Ray Detection of the Radio Galaxy M87
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 707, 55
- 31) Fermi LAT detection of pulsed gamma-rays from the Vela-like pulsars PSR J1048-5832 and PSR J2229+6114
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 706, 1331
- 30) Radio-Loud Narrow-Line Seyfert 1 as a new class of gamma-ray AGN
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 707, L142
- 29) Fermi large area telescope observations of the cosmic-ray induced gamma-ray emission of the Earth's atmosphere
Abdo, A. A. et al. 2009, Phys. Rev. D, 80, 122004
- 28) Fermi Large Area Telescope measurements of the diffuse gamma-ray emission at intermediate Galactic latitudes
Abdo, A. A. et al. 2009, Phys. Rev. Lett., 103, 251101
- 27) Modulated High-Energy Gamma-ray emission from the Microquasar Cygnus X-3
Abdo, A. A. et al. 2009, Science, 326, 1512
- 26) The On-orbit Calibrations for the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2009, Astropart. Phys., 32, 193
- 25) Fermi Observations of GRB 090902B: A Distinct Spectral Component in the Prompt and Delayed Emission
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 706, L138
- 24) Fermi LAT Observations of LS5039
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 706, L56
- 23) Fermi-LAT Discovery of Extended Gamma-ray Emission in the Direction of Supernova Remnant W51C
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 706, L1
- 22) A limit on the variation of the speed of light arising from quantum gravity effects
Abdo, A. A. et al. 2009, Nature, 462, 331
- 21) Fermi LAT Observation of Diffuse Gamma-Rays Produced Through Interactions between Local Interstellar Matter and High Energy Cosmic Rays
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 703, 1249
- 20) Pulsed gamma-rays from PSR J2021+3651 with the Fermi Large Area Telescope

- Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 700, 1059
- 19) Fermi LAT Observations of LS I +61 303: First Detection of an Orbital Modulation in GeV Gamma Rays
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 701, 123–128
 - 18) A Population of Gamma-Ray Millisecond Pulsars Seen with the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2009, Science, 325, 848
 - 17) Discovery of high-energy gamma-ray emission from the globular cluster 47 Tucanae with Fermi
Abdo, A. A. et al. 2009, Science, 325, 845
 - 16) Detection of 16 Gamma-Ray Pulsars Through Blind Frequency Searches Using the Fermi LAT
Abdo, A. A. et al. 2009, Science, 325, 840
 - 15) Bright AGN Source List from the First Three Months of the Fermi Large Area Telescope All-Sky Survey
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 700, 597
 - 14) Pulsed Gamma-rays from the millisecond pulsar J0030+0451 with Fermi
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 699, 1171
 - 13) Fermi/Large Area Telescope Discovery of Gamma-Ray Emission from a Relativistic Jet in the Narrow-Line Quasar PMN J0948+0022
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 699, 976
 - 12) Early Fermi Gamma-ray Space Telescope Observations of the Quasar 3C 454.3
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 699, 817
 - 11) Fermi Discovery of gamma-ray emission from NGC1275
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 699, 31
 - 10) Discovery of Pulsations from the Pulsar J0205+6449 in SNR 3C 58 with the Fermi Gamma-Ray Space Telescope
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJL, 699, L102
 - 9) Fermi Large Area Telescope Bright Gamma-ray Source List
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJS, 183, 46
 - 8) The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-ray Space Telescope Mission
Atwood, W. B. et al. 2009, ApJ, 697, 1071
 - 7) Fermi/LAT discovery of gamma-ray emission from the flat-spectrum radio quasar PKS 1454-354
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 697, 934
 - 6) Fermi Large Area Telescope Observations of the Vela Pulsar
Abdo, A. A. et al. 2009, ApJ, 696, 1084
 - 5) Measurement of the cosmic ray $e^+ + e^-$ spectrum from 20 GeV to 1 TeV with the Fermi Large Area Telescope
Abdo, A. A. et al. 2009, Phys. Rev. Lett., 102, 181101
 - 4) Discovery of Pulsed Gamma Rays from the Young Radio Pulsar PSR J1028-5819 with the Fermi Large Area Telescope
Abdo et al. 2009, ApJL, 695, L72
 - 3) Simultaneous Observations of PKS 2155-304 with HESS, Fermi, RXTE, and Atom: Spectral Energy Distributions and Variability in a Low State
Aharonian, F. et al. 2009, ApJL, 696, L150
 - 2) Fermi observations of high-energy gamma-ray emission from GRB 080916C
Abdo, A. A. et al. 2009, Science, 323, 1688
 - 1) The Fermi Large Area Telescope discovers the pulsar in the young galactic supernova remnant CTA 1

18-3 かなた望遠鏡関連 国際学会・シンポジウム発表一覧

(Proceedings of International Conference/Meeting)

2007年

1. "Three Advantages of the KANATA 1.5-m Telescope as a Powerful Partner for GLAST"
Uemura, M., Ohsugi, T., Yamashita, T., Kawabata, K., Arai, A., Nagae, O., Chiyonobu, S., Ueda, A., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Hayashi, T., Okita, K., Yoshida, M., Yanagisawa, K., Sato, S., Kino, M., Kitagawa, M., & Sadakane, K. 2007, The First GLAST Symposium, AIP Conf. Proc., Vol. 921, 205-207
2. "Simultaneous observation of the gamma-ray binary LS I+61 303 with GLAST and Suzaku"
Tanaka, T., Fukazawa, Y., Mizuno, T., Katagiri, H., Takahashi, H., Kawabata, K. S., Nagae, O., Ohsugi, T. 2007, The First GLAST Symposium, AIP Conf. Proc., Vol. 921, 391-392

2008年

1. "Simultaneous optical-infrared polarimetry of blazars with TRISPEC/KANATA"
Uemura, M., et al., 'Workshop on Blazar Variability across the Electromagnetic Spectrum', 22-25 April 2008, Paris
2. "Multi-color polarimetric observation of 15-min variability in S5 0716+714"
Sasada, M., et al., 'Workshop on Blazar Variability across the Electromagnetic Spectrum', 22-25 April 2008, Paris
3. "New Aspects of WZ Sge-Type Dwarf Nova through Simultaneous Optical-Infrared Observations during Superoutbursts"
Uemura, M., et al., 'The 8th Pacific-Rim Conference on Stellar Astrophysics', 5-9 May 2008, Phuket
4. "'KANATA': 1.5-m Optical-Infrared Telescope Dedicated for Astronomical Transient Phenomena"
Uemura, M., et al., 'The 8th Pacific-Rim Conference on Stellar Astrophysics', 5-9 May 2008, Phuket
5. "Rebrightening events of two WZ Sge-type dwarf novae AL Com and 1RXS J023238.8-371812"
Arai, A., et al., 'The 8th Pacific-Rim Conference on Stellar Astrophysics' 5-9 May 2008, Phuket
6. "Automatic prompt and multiwavelength observations for GRBs using the KANATA telescope, Suzaku/WAM, and GLAST"
Uehara, Takeshi, Uemura, Makoto, Fukazawa, Yasushi, Ohno, Masanori, Katagiri, Hideaki, Kawabata, Koji S., Arai, Akira, & Ohsugi, Takashi, 'Gamma-Ray Bursts 2007', Proc. of the Santa Fe Conference, AIP Conf. Proc., Vol. 1000, pp. 547-550
7. "Observations of classical novae at the Higashi-Hiroshima Observatory"
Arai, A., et al., 'The 8th Pacific-Rim Conference on Stellar Astrophysics', 5-9 May 2008, Phuket
8. "Optical---Infrared Observation of Astronomical Transients with the "KANATA" 1.5-m Telescope"

- Uemura, M., et al., 'Astrophysics with All-Sky X-Ray Observations -- 3rd international MAXI Workshop --', 10-12 June, 2008, Wako
9. "Wide-field one-shot optical polarimeter: HOWPol"
Kawabata, K. S., et al. 2008, SPIE, 7014, pp. 70144L-70144L-10
 10. "Application of zero-expansion pore-free ceramics to a mirror of an astronomical telescope"
Akitaya, H., et al. 2007, SPIE, 7018, pp. 70183H-70183H-12
 11. "First light of UT 15-band dichroic-mirror camera"
Doi, M., et al., 2008, SPIE, 7014. pp. 70140F-70140F-12
 12. "HOWPol: Imaging polarimeter deduced for early GRB optical afterglow"
Kawabata, K. S., et al., "Astronomical Polarimetry 2008", 6-11 July 2008, Quebec
 13. "Multi-epoch optical spectropolarimetry of Jet-Launching High Mass X-ray Binaries"
Nagae, O. et al., "Astronomical Polarimetry 2008", 6-11 July 2008, Quebec
 14. "A New Era of Transient Object Astronomy with Small Telescopes: Cataclysmic Variables, X-Ray Binaries, and Gamma-Ray Bursts"
Uemura, M., et al., '10th Asian-Pacific Regional IAU Meeting', 3-6 August 2008, Kunming
 15. "Science with UT's Dichroic-Mirror Camera (DMC), 15-band simultaneous imager"
Kuncarayakti, H., Doi, M., Malasan, H. L., Hayano, J., Utsunomiya, H., Ihara, Y., Tokita, K., Takanashi, N., Sako, S., Okamura, S., Morokuma, T., Furusawa, H., Komiyama, Y., Yagi, M., Okada, N., Arai, A., Uemura, M., Kawabata, K. S., Yamashita, T., Ohsugi, T., Abe, M., Hasegawa, S., '10th Asian-Pacific Regional IAU Meeting', 3-6 August 2008, Kunming

その他

2005年

- "Subaru/FOCAS Spectropolarimetry of Supernovae"
Kawabata, K. S. 2005, *Astronomical Polarimetry: Current Status and Future Directions*, ASP Conf. Ser. Vol. 343, eds. A. Adamson, C. Aspin, C. J. Davis, and T. Fujiyoshi (San Francisco: ASP), p. 238

2007年

- "Peculiar outbursts of a black hole X-ray transient, V4641 Sgr"
Uemura, M., Kato, T., Nogami, D., Imada, A., & Ishioka, R. 2007, *Black Holes from Stars to Galaxies--Across the Range of Masses*, eds. V. Karas & G. Matt, Proc. of IAU Symp. #238 (Cambridge University Press), pp. 465-466

18-4 かなた望遠鏡関連 学術速報発表年度別一覧

International Circulars

2006年

1. "GRB 061121: optical observation at the KANATA 1.5m telescope", Uemura, M., Arai, A., & Uehara, T. 2006, GCN Circ., 5828
2. "GRB 061222A: observation with the KANATA 1.5m telescope", Uemura, M., Arai, A., & Uehara, T. 2006, GCN Circ., 5969
3. "GRB 061222B: observation with the KANATA 1.5m telescope", Uemura, M., Arai, A., & Uehara, T. 2006, GCN Circ., 5971

2007年

1. "GRB070125: optical observation by kanata", Uemura, M., Arai, A., & Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6039
2. "GRB 070220: observation with the KANATA 1.5m telescope", Arai, A., Uemura, M., & Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6117
3. "GRB 070223: Optical-IR observation with KANATA", Uemura, M., Arai, A., & Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6133
4. "GRB 070306: optical and IR observations with KANATA", Uemura, M., Arai, A., Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6171
5. "GRB 070418: optical and IR observations with KANATA", Uemura, M., Arai, A., Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6300
6. "GRB 070419A: optical and IR observations with KANATA", Uemura, M., Arai, A., Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6313
7. "GRB070808: optical observations with KANATA", Uemura, M., Arai, A., Sasada, M., Isogai, M., Uehara, T., Nogami, D. 2007, GCN Circ., 6721
8. "GRB070810B: optical observations with KANATA", Uemura, M., Arai, A., Nagae, O., & Uehara, T. 2007, GCN Circ., 6706
9. "GRB071101: Optical and NIR upper limits by KANATA", M. Uemura, A. Arai, and T. Uehara 2007, GCN Circ., 7037
10. "GRB 071112C: Optical and NIR afterglows observed with KANATA", M. Uemura, M. Sasada, A. Arai, and T. Uehara 2007, GCN Circ., 7062
11. "GRB 071112C: Optical and NIR data observed with KANATA", M. Uemura, M. Sasada, A. Arai, and T. Uehara 2007, GCN Circ., 7094
12. "Comet 17P/Homles", A. Arai, M. Uemura, M. Sasada, K. S. Kawabata, T. Yamashita, T. Yasuda, R. Matsui, H. Tanaka, O. Nagae, M. Isogai, T. Ohsugi, R. Furusho, J. Watanabe, M. Kino, & S. Sato, 2007, CBET, 1118

2008年

1. "HT Cassiopeiae", Waagen, E. O., Chaple, G., Uemura, M., Bortle, J. E., Ripero, J., & Shears, J. 2008, CBET, 1203
2. "GRB 080307: Optical observation with DMC/KANATA", M. Doi, S. Sako, J. Hayano, Y. Ihara, N. Takanashi, H. Kuncarayakti, D. Kuroda, K. S. Kawabata, M. Uemura 2008, GCN Circ., 7363

3. "GRB 0803506: optical observation with KANATA/TRISPEC", K. S. Kawabata, M. Sasada, M. Uemura, T. Yamashita, T. Ohsugi, & R. G. Lundock 2008, GCN Circ., 7686
4. "GRB 080810: optical observation with KANATA", Y. Ikejiri, M. Uemura, T. Ohsugi, K. Kawabata, A. Arai, M. Yamanaka, & K. Sakimoto 2008, GCN Circ., 8081
5. "GRB 080810: KANATA optical-NIR observation, update", M. Uemura, M. Yamanaka, Y. Ikejiri, K. Sakimoto, T. Ohsugi, K. S. Kawabata, & A. Arai, GCN Circ., 8085

2009 年

1. "KANATA confirmation of the optical flare of SDSS J123932.75+044305", Y. Ikejiri, M. Yamanaka, H. Takahashi, M. Uemura, K. S. Kawabata, K. Sakimoto, H. Yasuda, Y. Fukazawa, T. Ohsugi 2009, Atel, 1892

その他

International Circulars

2004 年

- "Supernova 2003jd", Kawabata, K. S., Maeda, K., Deng, J., Nomoto, K., Mazzali, P. A., Pian, E., Wang, L., Ohya, Y., & Iye, M. 2004, IAU Circ., 8410

2007 年

- "Supernova 2006jc in UGC 4904", Kawabata, K. S., Maeda, K., Tanaka, M., Tominaga, N., Nomoto, K., & Hattori, M. 2007, IAU Circ., 8833

18-5 東広島天文台&かなた望遠鏡関連 国内学会発表一覧

Presentations in Domestic Societies (ASJ, etc.)

2004 年

1. 「広島大学望遠鏡計画とシーイング調査」、川端弘治（広島大）、他 7 名、日本天文学会 2004 年春季年会（名古屋大学）
2. 「広島大学 1.5m 望遠鏡計画 II：サイト調査」、川端弘治（広島大）、他 5 名、日本天文学会 2004 年秋季年会（岩手大学）

2005 年

1. 「広島大学 1.5m 望遠鏡計画 III：望遠鏡機能更新、初期観測装置計画」、川端弘治（広島大）、他 11 名、日本天文学会 2005 年春季年会（明星大学）
2. 「広島大学 1.5m 望遠鏡計画における DIMM の開発と測定」、千代延真吾（広島大）、他 13 名、日本天文学会 2005 年秋季年会（札幌コンベンションセンター）
3. 「広島大学 1.5m 望遠鏡計画 IV：望遠鏡移設改造と広視野撮像器開発」、川端弘治（広島大）、他 14 名、日本天文学会 2005 年秋季年会（札幌コンベンションセンター）

2006 年

1. 「広島大学 1.5m 望遠鏡計画 V: 東広島天文台建設と計画の進捗」、川端弘治 (広島大)、他 15 名、日本天文学会 2006 年春季年会 (和歌山大学)
2. 「広島大学 1.5m かなた望遠鏡のファーストライトと周辺の進捗」、川端弘治 (広島大)、他 20 名、日本天文学会 2006 年秋季年会 (九州国際大学)
3. 「広島大学かなた望遠鏡の据付および光学系調整作業の報告」、新井彰 (広島大)、他 7 名、日本天文学会 2006 年秋季年会 (九州国際大学)
4. 「広視野可視偏光撮像器 HOWPol の検出器システムの立ち上げ」、永江修 (広島大)、他 7 名、日本天文学会 2006 年秋季年会 (九州国際大学)

2007 年

1. 「広島大学 1.5-m 望遠鏡「かなた」による GRB 061121 の観測」、植村誠 (広島大)、他 22 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
2. 「新しい WZ Sge 型矮新星 OT_J102146.4+234926 の可視-近赤外線同時観測」、植村誠 (広島大)、他 25 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
3. 「SU UMa 型矮新星 FO And の可視・近赤外線観測」、新井彰 (広島大)、他 21 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
4. 「Nova-likes RW Tri, KR Aur, AC Cnc における短時間変動の観測」、杉保圭 (京都大)、他 4 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
5. 「Nova-likes RW Tri, KR Aur の QPO, flickering の観測」、杉保圭 (京都大)、他 4 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
6. 「広視野偏光装置 HOWPol の器械系および駆動系の開発」、千代延真吾 (広島大)、他 13 名、日本天文学会 2007 年春季年会 (東海大学)
7. 「天文台公開に関する参加者の関心～広島大学東広島天文台を例に～」、林武弘 (広島大)、他 5 名、日本地学教育学会第 61 回全国大会 (2007 年 8 月島根大学)
8. 「デジタルカメラを活用した星の光と色に関する教材について」、金沢大起 (広島大)、他 3 名、日本地学教育学会第 61 回全国大会 (2007 年 8 月島根大学)
9. 「激変星の中で最短の連星周期をもつ天体 OT J055718+683226 の観測」、植村誠 (広島大)、他 30 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
10. 「近赤外線観測から探る典型的な SU UMa 型矮新星降着円盤の最外縁」、植村誠 (広島大)、他 21 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
11. 「特異な矮新星 GK Per の 2007 年アウトバースト」、植村誠 (広島大)、他 24 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
12. 「古典新星 V2362 Cyg (= Nova Cygni 2006) の再増光期の可視近赤外線観測」、新井彰 (広島大)、他 23 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
13. 「古典新星 V1280 Sco (= Nova Scorpii 2007 No. 1) の可視近赤外線観測」、新井彰 (広島大)、他 23 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
14. 「矮新星 GW Lib の増光初期の短時間変動」、前原裕之 (京都大)、他 10 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
15. 「WZ Sge 型矮新星 V455 And のアウトバーストの発見とその観測」、前原裕之 (京都大)、他 15 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
16. 「かなた望遠鏡によるレーザー天体 OJ287 の偏光撮像観測」、笹田真人 (広島大)、他 22 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
17. 「高速分光システムの開発」、磯貝瑞希、他 16 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
18. 「可視 15 色同時撮像カメラ DMC のファーストライト観測と性能評価」、酒向重行 (東京大)、他 17 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)

19. 「可視赤外線カメラに用いる近赤外線検出器 VIRGO-2K の性能評価」、宮本久嗣(広島大)、他 14 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
20. 「広視野偏光撮像装置 HOWPo1 の開発：装置の組み上げと制御系の開発」、田中祐行(広島大)、他 19 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
21. 「かなた望遠鏡の観測装置可視赤外線同時撮像カメラの開発状況」、松井理紗子(広島大)、他 14 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
22. 「可視 15 色同時撮像カメラ DMC の光学系調整および光学性能評価」、早野淳二(東京大)、他 15 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)
23. 「ゼロ膨張ポアフリーセラミックスによる広島大 1.5m 望遠鏡用副鏡の製作」、秋田谷洋(国立天文台)、他 12 名、日本天文学会 2007 年秋季年会 (岐阜大学)

2008 年 春期年会

1. 「かなた望遠鏡と岡山 MITSuME 望遠鏡による矮新星 GW Lib の多色観測」、植村誠(広島大)、他 25 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
2. 「WZ Sge 型矮新星 V455 And の可視近赤外同時測光観測」、松井理紗子(広島大)、他 22 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
3. 「WZ Sge 型矮新星 V455 And の増光の発見と可視光測光観測」、前原裕之(京都大)、他 16 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
4. 「新たに発見された矮新星 OT J080714.2+113812 の可視光測光観測」、前原裕之(京都大)、他 8 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
5. 「矮新星 EG Aqr の 2006 年 11 月の superoutburst」、今田明(京都大)、他 7 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
6. 「2 つの WZ Sge 型矮新星 AL Com と 1RXS J023238.8-371812 の再増光現象」、新井彰(広島大学)、他 18 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
7. 「マイクロクエーサー GRS 1915+105 の 2007 年の近赤外線観測」、新井彰(広島大学)、他 25 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
8. 「かなた望遠鏡で観測した X 線フレアのある GRB 071112C の近赤外から X 線までのスペクトル変化」、上原岳士(広島大学)、他名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
9. 「特異な Ib 型超新星 SN 2006jc の可視近赤外線観測」、川端弘治(広島大学)、他 34 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
10. 「『かなた』望遠鏡による T Tauri 型星の可視近赤外変動現象観測」、保田知則(広島大学)、他 18 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
11. 「ブレーザー S5 0716+714 の可視・近赤外偏光撮像による短時間変動観測」、笹田真人(広島大学)、他 18 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
12. 「ブレーザー 3C 454.3 のアウトバースト期での長期偏光観測」、笹田真人(広島大学)、他 18 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
13. 「ホームズ彗星 (17P/Holmes) のアウトバーストで放出された塵の偏光観測」、古荘玲子(早稲田大学)、他 10 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)
14. 「可視 1 露出型偏光撮像器 HOWPo1 の開発：(1)装置の概要」、川端弘治(広島大学)、他 16 名、日本天文学会 2008 年春季年会 (国立オリンピック記念青少年総合センター)

15. 「可視 1 露出型偏光撮像器 HOWPo1 の開発：(2)検出器系」、永江修（広島大学）、他 10 名、日本天文学会 2008 年春季年会（国立オリンピック記念青少年総合センター）
16. 「高速分光システムの開発 II」、磯貝瑞希（広島大学）、他 16 名、日本天文学会 2008 年春季年会（国立オリンピック記念青少年総合センター）
17. 「Planetary Spectra Library」、Lundock, Ramsey（東北大）、他 5 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
18. 「古典新星 V458 Vul の可視光・近赤外線観測」、新井彰（広島大）、他 21 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
19. 「X 線フレアを伴う GRB 071112C/080506 の残光の近赤外から X 線までのスペクトル変化」、上原岳士（広島大）、他 16 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
20. 「広島大学東広島天文台での突発現象観測」、植村誠（広島大）、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
21. 「最短軌道周期付近の矮新星の分類と分布」、植村誠（広島大）、他 4 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
22. 「レーザー可視近赤外偏光観測による異なったタイムスケールの変動における特徴の違い」、笹田真人（広島大）、他 12 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
23. 「かなた望遠鏡カセグレン焦点搭載装置「可視赤外線カメラ」の開発状況 II」、宮本久嗣（広島大）、他 14 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
24. 「「かなた」望遠鏡と GLAST 衛星を用いたレーザーの多波長偏光観測」、先本清志（広島大）、他 15 名、日本天文学会 2008 年秋季年会（岡山理科大）
25. 「東広島天文台「かなた」望遠鏡によるレーザーの観測と γ 線観測衛星「GLAST」との連携」、池尻祐輝（広島大）、他名、日本物理学会 2008 年秋季年会（山形大）
26. 「高速分光システムの開発 III」、磯貝瑞希（広島大学）他、日本天文学会 2008 年秋季年会（9月11日）、V23b

2009 年

日本天文学会 2009 年春季年会（大阪府立大）

1. 「爆発早期にダスト形成を起こした新星 V5579 Sgr」、新井彰（広島大）、他 7 名、
2. 「Fermi 衛星とかなた望遠鏡によるレーザーの多波長同時観測」、安田創（広島大）、他 12 名
3. 「Ia 型超新星 SN 2008fv の可視近赤外観測：星周物質との相互作用の可能性」、山中雅之（広島大）、他 13 名
4. 「Ic 型超新星 SN 2007gr の可視近赤外観測」、山中雅之（広島大）、他 8 名
5. 「AO 0235+164 の 2008 年アウトバーストと可視偏光および γ 線の挙動」、笹田真人（広島大）、他 12 名
6. 「可視 1 露出型偏光撮像器 HOWPo1 の開発：(4)駆動制御系と性能評価」、田中祐行（広島大）、他 19 名
7. 「WZ Sge 型矮新星 V455 And の可視近赤外同時撮像観測」、松井理紗子（広島大）、他名
8. 「かなた望遠鏡カセグレン焦点搭載装置「可視赤外線カメラ」の開発状況 III」、宮本久嗣（広島大）、他 8 名
9. 「かなた望遠鏡によるレーザー BL Lac の可視近赤外線偏光観測：光度曲線と変動偏光成分の相関関係」、先本清志（広島大）、他 12 名
10. 「かなた望遠鏡による WZ Sge 型矮新星 OT J074727. 6+065050 の可視-近赤外線測光観測」、植村誠（広島大）、他 7 名
11. 「可視 1 露出型偏光撮像器 HOWPo1 の開発：(3)ファーストライトと試験観測」、川端弘治（広島大）、他 19 名

12. 「17P/Holmes の特異な偏光波長依存性を再現する塵モデル構築の試み」、古荘玲子（国立天文台）、他 3 名

日本天文学教育学会平成 21 年度三重大会（2009 年 8 月三重大学）

1. 「天文台公開イベント参加者の関心と期待～特に参加回数との関連について～」、林武広（広島大）、他 4 名
2. 「光害対策に関する研究」、島立翔、萱原宏昭（広島大）、他 2 名

日本天文学会 2009 年秋季年会（山口大）

1. 「ベイズ的手法を用いたブレーザーの可視偏光の成分分離」、植村誠（広島大）、他 7 名、
2. 「極めて明るい Ia 型超新星 SN 2009dc の可視近赤外観測」、山中雅之（広島大）、他 33 名
3. 「ブレーザーPKS 1510-089 における突発的な可視光フレアの観測」、笹田真人（広島大）、他 12 名
4. 「可視領域におけるブレーザーの光度変動に伴う色、偏光変動の系統的調査」、池尻祐輝（広島大）、他 11 名
5. 「かなた望遠鏡と Fermi ガンマ線衛星によるブレーザー天体 3C279 の同時観測」、伊藤亮介（広島大）、他 13 名
6. 「HOWPo1 を用いたナスミ焦点における器械偏光の評価」、小松智之（広島大）、他 15 名

18-6 学位論文 PhD/Master Thesis

<http://www-heaf.hepl.hiroshima-u.ac.jp/thesis.html>
(論文コピーは上記URLより取得可能)

2003 年度

1. 「天体観測に与える大気の影響とシーイング測定」、上田篤、広島大学 2003 年度修士論文

2004 年度

1. 「広島大学 1.5m 望遠鏡移設地シーイングのモニター装置開発と測定」、千代延真吾、広島大学 2004 年度卒業論文

2005 年度

1. 「広島大学望遠鏡用全天スカイモニターと自動観測スケジュール機能の開発」、保田知則、広島大学 2005 年度卒業論文

2006 年度

1. 「かなた望遠鏡用 1 露出型偏光撮像装置 HOWPo1 の筐体及び駆動機構の開発」、千代延真吾、広島大学 2006 年度修士論文
2. 「ガンマ線バーストの多波長即時解析システムの構築と GRB 061121 の観測」、上原岳士、広島大学 2006 年度卒業論文

3. 「かなた望遠鏡観測装置に用いる近赤外線検出器のマルチプレクサ駆動試験」、
宮本久嗣、広島大学 2006 年度卒業論文

2007 年度

1. 「かなた望遠鏡を用いたモニター観測による星形成星周円盤の降着現象の研究」、
保田知則、広島大学 2007 年度修士論文
2. 「広島大学かなた望遠鏡用自動追尾システムの開発」、
平木一至、広島大学 2007 年度卒業論文

2008 年度

1. 永江修 “X-ray and Optical Observational Studies of Geometries in X/ γ -ray Binaries”
広島大学 2008 年博士論文
2. 上原岳士「かなた望遠鏡を用いた X 線フレアを伴うガンマ線バースト残光の時間変動スペクトルの研究」 広島大学 2008 年度修士論文
3. 笹田真人「かなた望遠鏡を用いた可視近赤外偏光観測におけるブレーザー天体の変動機構の研究」、広島大学 2008 年度修士論文
4. 田中祐行 「かなた望遠鏡用 1 露出型偏光撮像装置 HOWPo1 の開発と性能評価」、
広島大学 2007 年度修士論文
5. 松井理紗子「かなた望遠鏡による矮新星 V455 And の降着円盤の時間変化の研究」、
広島大学 2008 年度修士論文
6. 宮本久嗣「かなた望遠鏡「可視赤外線同時撮像カメラ」の開発」、広島大学 2008 年度修士論文
7. 伊藤亮介「フェルミ衛星とかなた望遠鏡によるブレーザー天体の可視・ガンマ線時間変動解析」 広島大学 2008 年度卒業論文
8. 小松智之「かなた望遠鏡用高速分光器の駆動系制御ソフトウェアの開発」
広島大学 2008 年度卒業論文

2009 年度

1. 新井彰 “Near-Infrared Study of the Accretion Disk and Jet in the Microquasar GRS 1915+105 Observed by the KANATA Telescope” 広島大学 2009 年度博士論文
2. 池尻祐輝 「かなた望遠鏡を用いた可視近赤外偏光観測によるブレーザー天体の光度、色、偏光の相関の研究」 広島大学 2009 年度修士論文
3. 先本清志 「かなた望遠鏡用可視近赤外同時カメラ HONIR の真空・駆動・光学系の立ち上げ」
広島大学 2009 年度修士論文
4. 奥嶋貴子 「重力崩壊型超新星の爆発規模と母銀河の重元素量の関係について」
広島大学 2009 年度卒業論文

19 新聞などで報道された宇宙科学センター

19-1 東広島天文台 報道の記録

1. 2004年4月3日 中国新聞 「広島大、東広島市に天文台」
2. 2004年9月2日 中国新聞 「東広島天文台の建設地決定」
3. 2004年10月8日 中国新聞 「天文台建設測量を了承」
4. 2005年8月10日 中国新聞 「天文台建設で安全祈願」
5. 2006年3月18日 中国新聞 「東広島てんもんだい外観完成」
6. 2006年4月26日 中国新聞 「大型望遠鏡の設置始まる」
7. 2006年5月18日 中国新聞 「東広島天文台内部公開」
8. 2006年5月27日 中国新聞 「東広島天文台スタート」
9. 2007年4月27日 中国新聞 「星の「最期」を見つめる」
10. 2007年11月2日 中国新聞 「鮮やかホームズ彗星」
11. 2009年9月14日 中国新聞 「超新星 定説を覆す輝き」
読売新聞 「最も明るい超新星爆発」
日本経済新聞 「明るさ規格外の超新星」
産経新聞 「太陽の80億倍の明るさ」
毎日新聞 goo ニュース 「超新星 太陽の80億倍明るい超新星」
12. 2010年2月19日 中国新聞 「宇宙ジェット構造解明」
読売新聞 「宇宙ジェット螺旋状磁場進行」

19-2 高エネルギー部門（フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡）の報道記録

1. 2008年6月5日 夕刊読売新聞 「広大開発機器搭載衛星宇宙へ」
2. 2008年6月6日 読売新聞 「広大開発衛星搭載、衛星打ち上げへ」
3. 2008年6月12日 時事通信配信 ガンマ線天文衛星打ち上げ成功
4. 2008年6月13日 中国新聞 「広島大技術宇宙へ」
5. 2008年8月28日 中国新聞 「ガンマ線で全天地図、広島大など開発チーム・
天文衛星が観測」
6. 2009年12月18日 日本経済新聞 「米科学誌、今年の10大成果」
7. 2010年4月9日 科学新聞 「フェルミ衛星を利用してー広島大など続々と研究成果」
8. 2010年4月13日 日刊工業新聞 「関係協定ー成果はいかにー広島大・浜松ホトニクス」
9. 2010年4月19日 読売新聞 「とりたて科学 Monday- γ 線ナゾを解け」

20 宇宙科学センターが結んだ教育・研究関連協力協定覚書書

20-1 Agreement among NASA, JAXA, Hiroshima University

Agreement Among the National Aeronautics and Space Administration (NASA), the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), and Hiroshima University for the NASA-led Gamma Ray Large Area Space Telescope (GLAST) mission

NASA, JAXA, and Hiroshima University have expressed a mutual interest in collaborating on the NASA-led Gamma Ray Large Area Space Telescope (GLAST) mission. GLAST is a high priority science mission selected through NASA Announcement of Opportunity AO 99-OSS-03.

GLAST is a science mission funded jointly by NASA and the U.S. Department of Energy. It is planned for a 2007 launch on a Delta-class launch vehicle from Cape Canaveral, Florida. GLAST will identify and study nature's highest energy particle accelerators, measuring the spectra and temporal histories of gamma rays in the energy range from 20 MeV to 300 GeV. GLAST will observe at least ten times as many active galactic nuclei and stellar-mass black holes as previously detected in the gamma-ray band. It will study pulsars and supernova remnants, gamma-ray bursts, the diffuse Galactic and extragalactic high-energy gamma-ray backgrounds, and solar flares. GLAST will also search for annihilation-line radiation from weakly interacting massive particles that may account for much of the dark matter in the universe.

Dr. Peter Michelson of Stanford University has been selected by NASA to serve as the GLAST Large Area Telescope (LAT) Principal Investigator (PI). Dr. Michelson has assembled a team of experts, including the University of California at Santa Cruz, which will be responsible for managing, as a related entity of NASA, the development of the GLAST tracker subsystem, one of four major subsystems of the primary science instrument aboard GLAST, the LAT. JAXA's and Hiroshima University's contribution to the GLAST program will entail development of silicon-strip detectors for use in the tracker subsystem.

RESPONSIBILITIES

To implement this cooperation, NASA and its related entities will use reasonable efforts to:

1. provide overall program management for the GLAST mission;
2. support the GLAST Science Working Group led by the Project Scientist, and the LAT and GLAST Burst Monitor instrument teams, and develop a data use policy as implemented by the Project Data Management Plan.
3. arrange for the design of the GLAST mission, including design and development of subsystem specifications and verification plans, the definition of GLAST science objectives and overall mission requirements;

4. design and develop prototype and flight silicon tracker readout electronics and tray support structure subassemblies;
5. conduct in the United States a high altitude balloon flight of GLAST instrument engineering models;
6. provide a GLAST spacecraft bus and launch vehicle, launch the GLAST spacecraft and conduct tracking, telecommunications, and operations;
7. establish and maintain a NASA Science Support Center for the GLAST science data; and,
8. provide opportunities for participation of the general scientific community in the GLAST Guest Observer Program and Key Project opportunities.

To implement this cooperation, JAXA and Hiroshima University will use reasonable efforts to:

1. procure 5280 flight qualified silicon-strip detectors, including flight spares for the tracker subsystem assembly, and provide quality assurance and quality control functions, including verification testing;
2. arrange for transportation of the silicon-strip detectors to the LAT team's designated tracker integration site, and support their integration into the tracker subsystem and associated subsystem testing and validation;
3. support instrument team meetings and reviews through attendance as appropriate; and,
4. participate as members of the GLAST LAT science team.

POINTS OF CONTACT

The NASA point-of-contact for program management matters is:

Mr. Dan Blackwood
Universe Division
Science Mission Directorate
NASA Headquarters
Washington, DC 20546
USA
Telephone: 1-202-358-0895
Facsimile: 1-202-358-3096

The NASA point-of-contact for technical matters is:

Dr. F. Rick Harnden
Universe Division
Science Mission Directorate
NASA Headquarters
Washington, DC 20546
USA
Telephone: 1-202-358-3809
Facsimile: 1-202-358-3096

The JAXA point-of-contact for program management matters is:

Prof. Ichiro Nakatani
Program Director
Institute of Space and Astronautical Science, JAXA
3-1-1 Yoshinodai, Sagamihara
Kanagawa 229-8510
Telephone: +81-42-759-8303
Facsimile: +81-42-759-8303

The JAXA point-of-contact for technical matters is:

Prof. Tadayuki Takahashi
Department of High Energy Astrophysics
Institute of Space and Astronautical Science, JAXA
3-1-1 Yoshinodai, Sagamihara
Kanagawa 229-8510
Telephone: +81-42-759-8542
Facsimile: +81-42-759-8542

The Hiroshima University point-of-contact for program management and technical matters is:

Prof. Takashi Ohsugi
Director, Hiroshima Astrophysical Science Center
Hiroshima University
1-3-1 Kagamiyama
Higashi-Hiroshima 739-8526
Telephone: +81-824-24-7378
Facsimile: +81-824-20-0277

FINANCIAL ARRANGEMENTS

The Parties shall be responsible for funding their respective activities under this Agreement, including travel and subsistence of their own personnel and transportation of all equipment for which it is responsible. Obligations under this Agreement shall be subject to the availability of appropriated funds. Should any Party encounter budgetary problems that may affect the activities to be carried out under this Agreement, the Party encountering the problems will notify and consult with the other Parties as soon as possible.

TRANSFER OF GOODS AND TECHNICAL DATA

The Parties are obligated to transfer only those technical data (including software) and goods necessary to fulfill their respective responsibilities under this Agreement, in accordance with the following provisions:

1. All activities of the Parties will be carried out in accordance with their national laws and regulations, including their export control laws and regulations and those pertaining to the control of classified information.
2. The transfer of technical data for the purpose of discharging the Parties' responsibilities with regard to interface, integration, and safety shall normally be made without restriction, except as provided in paragraph 1 above.
3. All transfers of goods and proprietary or export-controlled technical data are subject to the following provisions. In the event a Party or its related entity (e.g., contractor, subcontractor, grantee, cooperating entity) finds it necessary to transfer goods or to transfer proprietary or export-controlled technical data, for which protection is to be maintained, such goods shall be specifically identified and such proprietary or export-controlled technical data shall be marked. The identification for goods and the marking on proprietary or export-controlled technical data will indicate that the goods and proprietary or export-controlled technical data shall be used by the receiving Party or its related entities only for the purposes of fulfilling the receiving Party's or its related entity's responsibilities under this Agreement, and that the identified goods and marked proprietary technical data or marked export-controlled technical data shall not be disclosed or retransferred to any other entity without the prior written permission of the furnishing Party or its related entity. The receiving Party or its related entity shall abide by the terms of the notice and protect any such identified goods and marked proprietary technical data or marked export-controlled technical data from unauthorized use and disclosure. The Parties to this Agreement will cause their related entities to be bound by the provisions of this Article related to use, disclosure, and retransfer of goods and marked technical data through contractual mechanisms or equivalent measures.
4. All goods exchanged in the performance of this Agreement shall be used by the receiving Party or its related entity exclusively for the purposes of the Agreement. Upon completion of the Activities under the Agreement, the receiving Party or its related entity

shall return or, at the request of the furnishing Party or its related entity, otherwise dispose of all goods and marked proprietary technical data or marked export-controlled technical data provided under this Agreement, as directed by the furnishing Party or its related entity.

INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

1. Nothing in this Agreement will be construed as granting or implying any rights to, or interest in, patents or inventions of the Parties or their contractors or subcontractors.
2. Intellectual property rights conceived or developed solely by either Party or either Party's contractors and/or subcontractors shall be owned by such Party or by its contractors and/or subcontractors according to either Party's respective laws and regulations. In the event that intellectual property rights are jointly made or created by employees of the Parties, their contractors or subcontractors, or both, and two or more Parties own one or more ownership interests in such intellectual property, the Parties involved shall consult and agree as to future actions toward the establishment of intellectual property protection for such intellectual property and on the terms and conditions of any license or other rights to be exchanged or granted by or among the Parties.
3. All equipment and technical data transferred by the Parties under this Agreement shall remain the property of the originating Party unless specified otherwise in this Agreement.

DATA RIGHTS

Data generated under this Agreement will be treated in accordance with the GLAST data use policy as described in AO 99-OSS-03, and as implemented in the Project Data Management Plan.

Results of the scientific investigations will be made available to the scientific community, as soon as practicable, in general through publication in appropriate journals or other established channels. In the event such reports or publications on the results of the joint scientific investigations are copyrighted, the Parties shall have a royalty-free right under the copyright to reproduce, distribute, and use such copyrighted work for their own purposes.

LIABILITY AND RISK OF LOSS

The Parties agree that a comprehensive cross-waiver of liability among the Parties and their related entities (including their respective investigators) will further the objectives of the GLAST mission. The cross-waiver of liability shall be broadly construed to achieve this objective. The terms of the waiver are set out below.

1. As used in this section:

- a. The term "Party" means a signatory to this Agreement;
- b. The term "related entity" means:
 - (i) a contractor or subcontractor of a Party at any tier;
 - (ii) a user or customer of a Party at any tier; or
 - (iii) a contractor or subcontractor of a user or customer of a Party at any tier.

The term "related entity" may also include another State or an agency or institution of another State, where such State, agency or institution is an entity as described in (i) through (iii) above or is otherwise involved in the activities undertaken pursuant to this Agreement.

The terms "contractors" and "subcontractors" include suppliers of any kind.

- c. The term "damage" means:
 - (i) bodily injury to, or other impairment of health of, or death of, any person;
 - (ii) damage to, loss of, or loss of use of any property;
 - (iii) loss of revenue or profits; or
 - (iv) other direct, indirect, or consequential damage;
- d. The term "launch vehicle" means an object or any part thereof intended for launch, launched from Earth, or returning to Earth which carries payloads or persons, or both;
- e. The term "payload" means all property to be flown or used on or in a launch vehicle; and
- f. The term "Protected Space Operations" means all activities pursuant to this Agreement, including launch vehicle activities and payload activities on Earth, in outer space, or in transit between Earth and outer space. "Protected Space Operations" begin at the signature of this Agreement and ends when all activities done in implementation of this Agreement are completed. It includes, but is not limited to:
 - (i) research, design, development, test, manufacture, assembly, integration, operation, or use of launch or transfer vehicles, payloads, or instruments, as well as related support equipment and facilities and services;
 - (ii) all activities related to ground support, test, training, simulation, or guidance and control equipment and related facilities or services.

The term "Protected Space Operations" excludes activities on Earth which are conducted on return from space to develop further a payload's product or process for use other than for the joint activity in question.

2. a. Each Party agrees to a cross-waiver of liability pursuant to which each Party waives all claims against any of the entities or persons listed in sub-paragraphs (i) through (iii) below based on damage arising out of Protected Space Operations. This cross-waiver shall apply only if the person, entity, or property causing the damage is involved in Protected Space Operations and the person, entity, or property damaged is damaged by virtue of its involvement in Protected Space Operations. The cross-waiver shall apply to any claims for damage, whatever the legal basis for such claims, including but not limited to delict and tort (including negligence of every degree and kind) and contract, against:

- (i) the other Party;
- (ii) a related entity of the other Party;
- (iii) the employees of any of the entities identified in sub-paragraphs (i) and (ii) immediately above.

b. In addition, each Party shall extend the cross-waiver of liability as set forth in sub-paragraph (2) (a) above to its own related entities by requiring them, by contract or otherwise, to agree to waive all claims against the entities or persons identified in sub-paragraphs (2) (a) (i) through (2) (a) (iii) above.

c. For avoidance of doubt, this cross-waiver of liability shall be applicable to liability arising from the Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects, done at the cities of Washington, London and Moscow, on March 29, 1972, where the person, entity, or property causing the damage is involved in Protected Space Operations and the person, entity, or property damaged is damaged by virtue of its involvement in Protected Space Operations.

d. Notwithstanding the other provisions of this section, this cross-waiver of liability shall not be applicable to:

- (i) claims between a Party and its own related entity or between its own related entities;
- (ii) claims made by a natural person, his/her estate, survivors, or subrogees for bodily injury, other impairment of health or death of such natural person;
- (iii) claims for damage caused by willful misconduct;
- (iv) intellectual property claims;
- (v) claims for damage resulting from a failure of the Parties to extend the cross-waiver of liability as set forth in sub-paragraph (2) (b) or from a failure of the Parties to ensure that their related entities extend the cross-waiver of liability as set forth in sub-paragraph (2) (b); or
- (vi) contract claims among the Parties based on the express contractual provisions.

e. Nothing in this section shall be construed to create the basis for a claim or suit where none would otherwise exist.

3. JAXA and Hiroshima University shall purchase insurance coverage to hold harmless the Government of the United States of America, NASA, and its related entities against liability arising from subrogated claims of the Government of Japan against the Government of the United States of America, NASA, and its related entities based on damage arising from activities undertaken pursuant to this Agreement. In any event, JAXA and Hiroshima University shall ensure that the Government of the United States of America, NASA and its related entities are reimbursed for any costs incurred by them relating to any such claims. NASA waives any and all claims, including subrogated claims, of the Government of the United States of America against the Government of Japan, JAXA, Hiroshima University and its related entities based on damage arising from activities undertaken pursuant to this Agreement.

REGISTRATION OF SPACE OBJECTS

The United States shall register the GLAST spacecraft as a space object in accordance with the Convention on the Registration of Objects Launched into Outer Space (the Registration Convention), which entered into force on September 15, 1976. Exercise of jurisdiction and control over the GLAST spacecraft shall be subject to the relevant provisions of this Agreement. Registration pursuant to this section shall not affect the rights or obligations of either Party or its Government under the 1972 Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects.

CUSTOMS CLEARANCE

In accordance with its laws and regulations, each Party shall seek to arrange free customs clearance and waiver of all applicable customs duties and taxes for equipment and related goods necessary for the implementation of this Agreement. In the event that any customs duties or taxes of any kind are nonetheless levied on such equipment and related goods, such customs duties or taxes shall be borne by the Party of the country levying such customs duties or taxes. The Parties' obligation to ensure duty-free entry and exit of equipment and related goods is fully reciprocal.

RELEASE OF GENERAL INFORMATION TO THE PUBLIC

Release of general information to the public regarding this project may be made by the appropriate Party for its own portion of the program as desired and, insofar as participation of the others is involved, after suitable consultation.

MISHAP INVESTIGATION

In the case of a mishap or mission failure, the Parties agree to provide assistance to each other in the conduct of any investigation. In the case of activities which might result in the death of, or serious injury to persons, or substantial loss of, or damage to property as a result of activities under this Agreement, the Parties agree to establish a process for investigating each mishap as part of their program/project implementation agreements.

CHOICE OF LAW


The Parties hereby designate the U.S. Federal law to govern this Agreement for all purposes, including, but not limited to, determining the validity of the Agreement, the meaning of its provisions, and the rights, obligations, and remedies of the Parties.

ENTRY INTO FORCE, DURATION AND TERMINATION

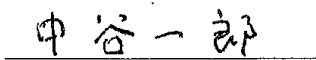
This Agreement shall go into effect upon the date of the final signature of an authorized representative of each of the Parties. It will remain in force for a period of six years following launch of the GLAST mission, or until June 30, 2013, whichever is earlier. The Agreement may be amended at any time by mutual written agreement, and may be terminated by any Party after at least 6 months advance written notification to the other Parties of intent to terminate.

For the National Aeronautics and
Space Administration (NASA):
Ms. Joan Rolf
Acting Director, Science Division
Office of External Relations

For the Japan Aerospace Exploration
Agency (JAXA):
Prof. Ichiro Nakatani
Program Director
Institute of Space and Astronautical Science

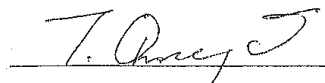


16 DEC 2005
Date



26 Dec. 2005
Date

For Hiroshima University:
Prof. Takashi Ohsugi
Director
Hiroshima Astrophysical Science Center, Hiroshima University



27 Dec. 2005
Date

20-2 広島大学と自然科学研究機構国立天文台との研究教育協力に関する

協定書

国立大学法人広島大学と大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台との
研究教育協力に関する協定書

国立大学法人広島大学（以下「甲」という。）と大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台（以下「乙」という。）は、広島大学宇宙科学センター（以下「宇宙科学センター」という。）における宇宙・天文学研究活動の一層の充実を図るとともに、甲と乙の研究教育協力を推進し、その成果の普及を促進することにより、我が国の学術研究及び科学技術の発展・継承に寄与するため、次のとおり協定を締結する。

（客員教員の身分）

第1条 甲は、宇宙科学センターの研究教育活動及び技術開発を一層活性化するために、乙と協議の上、甲の教授又は助教授に相当する業績を有する乙の研究者を宇宙科学センターの客員教授又は客員助教授の称号を付与する非常勤講師（以下「客員教員」という。）として採用することができる。

第2条 客員教員の採用は、甲の採用手続きに則して行うものとする。

（客員教員の経費等）

第3条 甲は、客員教員に給与を支給しない。ただし、甲の定めるところにより客員教員の甲における研究教育活動等に要する経費を負担する。

（共同利用）

第4条 甲は、乙が実施している共同利用研究機能の一部を担うものとし、甲の研究教育活動に支障がない場合は、宇宙科学センターの設備を甲又は乙以外に所属する研究者に利用させるものとする。この利用に関し必要な事項は、宇宙科学センターと乙が協議の上、運営委員会が定める。

第5条 共同利用に関わる経費の負担については、甲と乙の協議によるものとする。

（知的財産権）

第6条 客員教員の研究成果に係る特許等の知的財産権（工業所有権、著作権、ノウハウその他一切の知的財産権であって、法律により保護の対象となるものをいう。）の取扱いは、甲と乙が協議の上、決定するものとする。

2 この協定において得られた成果の公表は、甲と乙の協議により行うものとする。

（その他）

第7条 甲又は乙が、この協定書に定める事項に疑義又は改正の必要を認めた場合及びこの協定書に定めるもののほか必要な事項を定めようとする場合は、甲と乙が協議の上、処理するものとする。

第8条 この協定は、平成17年4月1日から適用する。

この協定の締結を証するため、本協定書2通を作成し、甲、乙それぞれ1通を所持するものとする。

平成 17 年 8 月 3 日

(甲) 国立大学法人広島大学長

岸田 泰三

(乙) 大学共同利用機関法人自然科学研究機構
国立天文台長

海部 宣男

20-3 広島大学宇宙科学センターと名古屋大学大学院理学研究科の教育研究

協力に関する覚書き

広島大学宇宙科学センター及び名古屋大学大学院理学研究科の教育研究協力に関する覚書

広島大学宇宙科学センター（以下「甲」という。）と名古屋大学大学院理学研究科（以下「乙」という。）は、広島大学宇宙科学センターにおける宇宙・天文教育活動の一層の充実を図るとともに、甲と乙の研究協力を推進し、その成果の普及を促進することにより、学術研究及び科学技術の発展に寄与するため、次のとおり覚書を取り交わす。

（客員教員の委嘱）

第1条 甲は、甲における教育研究活動を一層活性化するために、乙と協議の上、甲の教員として十分な見識・専門知識を有する乙の教員を、甲の客員教授又は客員助教授（以下「客員教員」という。）に委嘱する。

第2条 客員教員の選考は、甲が定める手続きに則して行う。

2. 客員教員の任期は、1年とし、年度ごとに更新する。
3. 客員教員は、甲の管理・運営に関する事項を除き、甲の定めるところにより研究に関する委員会委員等の構成員となることができるものとする。
4. 客員教員が、研究その他甲における必要な職務を遂行するため公共交通機関を利用する場合は、甲の定めるところにより、旅費を支給するものとする。

第3条 客員教員の委嘱にあたっては、以下の各号を要件とする。

2. 乙の本務に支障をきたさないこと。
3. この協力において得られた成果は原則として共同で学会等において公表すること。
4. 甲の管理運営については、一切の責任を負わせないこと。

（研究指導等）

第4条 甲の教員は、乙の要請に従い、乙の大学院生の研究指導に協力する。

2. 乙は、甲において研究指導を受ける学生に対し、学生教育研究災害傷害保険に加入させるものとする。

（その他の協力）

第5条 客員教員は、甲の要請に応じ、乙においてそれを認める場合には甲の研究指導活動に対する協力を行うことができる。

（研究成果の公表）

第6条 乙の学生が、甲において得た研究成果は、甲における研究成果である事を明記して原則公表する。

ただし、学生への学位授与に伴う論文等の公表は、乙の学位規則に従い公表できるものとする。

2. 個々の案件については、乙の定めるところとし、乙は甲の了承を得るものとする。

（知的財産権等の取扱い）

第7条 乙の学生が、甲において研究指導等を受けて成した産業財産権等の権利（特許権、実用新案権、意匠権及び商標権並びにこれらの権利を受ける権利）の帰属は、両者の協議事項とする。

2. 乙が甲における研究協力に関わる事項で、知的財産権に関わる権利が生じた場合には、両者が個々の案件について協議する。

（覚書の有効期限）

第8条 本覚書の有効期間は、平成19年4月1日から3年間とする。その後においては、甲又は乙のいずれかが失効日の1年前までにこの協定を終了させる旨の書面による通知をしない限り、有効期限の

終了日から自動的に3年間延長されるものとする。

(覚書の見直し)

第9条 本覚書は、諸制度の改正に応じて、随時見直しを図るものとする。

(覚書に定めのない事項)

第10条 この覚書に定めのない事項若しくはこの覚書の解釈に疑義を生じた事項については、必要に応じてその都度、甲と乙が協議の上、決定するものとする。

(覚書の発効等)

第11条 この協定は、平成19年4月1日付けから実施する。

この覚書は、2通作成し、甲と乙で各1通を所持するものとする。

平成19年6月15日

甲 広島大学宇宙科学センター長
大杉 節

大杉 節

乙 名古屋大学大学院理学研究科長
近藤 孝男

近藤 孝男

20-4 広島大学宇宙科学センターと京都大学大学院理学研究科の教育研究に関する覚え書き

広島大学宇宙科学センターと京都大学大学院理学研究科の教育研究協力に関する覚書

広島大学宇宙科学センター（以下「甲」という。）と京都大学大学院理学研究科（以下「乙」という。）は、甲と乙における宇宙・天文教育活動の一層の充実を図るとともに、甲と乙の研究協力を推進し、その成果の普及を促進することにより、学術研究及び科学技術の発展に寄与するため、次のとおり覚書を取り交わす。

（研究協力）

- 第1条 甲乙の教員は、甲乙の要請に従い、大学院生の研究指導に協力するものとする。
2. 乙は甲において研究指導を受ける学生に対し、学生教育研究災害傷害保険に加入させるものとする。

（非常勤講師の委嘱）

第2条 甲は、甲乙協議の上、乙の教員を、非常勤講師に委嘱し、客員教授又は客員准教授の称号を付与することができる。

（非常勤講師の選考）

- 第3条 非常勤講師の選考は、甲乙の大学で定める手続きに則して行うものとする。
2. 非常勤講師の任期は、1年とする。
3. 非常勤講師は、甲の管理・運営に関する事項を除き、研究に関する委員会委員等の構成員となることができるものとする。
4. 非常勤講師が、研究その他必要な職務を遂行するため公共交通機関を利用する場合は、甲の定めるところにより、旅費を支給するものとする。

（委嘱の要件）

- 第4条 非常勤講師の委嘱にあたっては、以下の各号を要件とする。
2. 乙の本務に支障をきたさないこと。
3. この協力において得られた成果は原則として共同で学会等において公表すること。
4. 甲の管理・運営については、一切の責任を負わせないこと。

（その他の協力）

第5条 非常勤講師は、甲の要請に応じ、乙においてそれを認める場合には甲の研究指導活動に対する協力を行うことができる。

（研究成果の公表）

- 第6条 乙の学生が、甲において得た研究成果は、甲における研究成果である事を明記して原則公表する。
- ただし、学生への学位授与に伴う論文等の公表は、乙の学位規則に従い公表できるものとする。
2. 個々の案件については、乙の定めるところとし、乙は甲の了承を得るものとする。

（知的財産権等の取扱い）

- 第7条 乙の学生が、甲において研究指導等を受けて成した産業財産権等の権利（特許権、実用新案権、意匠権及び商標権並びにこれらの権利を受ける権利）の帰属は、両者の協議事項とする。
2. 乙が甲における研究協力に関わる事項で、知的財産権に関わる権利が生じた場合には、両者が個々の案件について協議する。

2008. 2. 4

(覚書の有効期限)

第8条 本覚書の有効期間は、平成20年4月1日から3年間とする。その後においては、甲又は乙のいずれかが失効日の6か月前までにこの協定を終了させる旨の書面による通知をしない限り、有効期限の終了日から自動的に3年間延長されるものとする。

(覚書の見直し)

第9条 本覚書は、諸制度の改正に応じて、随時見直しを図るものとする。

(覚書に定めのない事項)

第10条 この覚書に定めのない事項若しくはこの覚書の解釈に疑義を生じた事項については、必要に応じてその都度、甲と乙が協議の上、決定するものとする。

この覚書は、2通作成し、甲と乙で各1通を所持するものとする。

平成20年1月30日

甲 広島大学宇宙科学センター長
大杉 節



乙 京都大学大学院理学研究科長
加藤 重樹



20-5 広島大学宇宙科学センターと東京大学大学院理学系研究科の教育研究に関する覚え書き

広島大学宇宙科学センターと東京大学大学院理学系研究科の教育研究協力に関する覚書

広島大学宇宙科学センター（以下「甲」という。）と東京大学大学院理学系研究科（以下「乙」という。）は、甲と乙における宇宙・天文教育活動の一層の充実を図るとともに、甲と乙の研究協力を推進し、その成果の普及を促進することにより、学術研究及び科学技術の発展に寄与するため、次のとおり覚書を取り交わす。

（研究協力）

- 第1条 甲乙の教員は、甲乙の要請に従い、大学院生の研究指導に協力するものとする。
2. 乙は甲において研究指導を受ける学生に対し、学生教育研究災害傷害保険に加入させるものとする。

（非常勤講師の委嘱）

- 第2条 甲は、甲乙協議の上、乙の教員を、非常勤講師に委嘱し、客員教授又は客員准教授の称号を付与することができる。

（非常勤講師の選考）

- 第3条 非常勤講師の選考は、甲乙の大学で定める手続きに則して行うものとする。
2. 非常勤講師の任期は、1年とする。
 3. 非常勤講師は、甲の管理・運営に関する事項を除き、研究に関する委員会委員等の構成員となることができるものとする。
 4. 非常勤講師が、研究その他必要な職務を遂行するため公共交通機関を利用する場合は、甲の定めるところにより、旅費を支給するものとする。

（委嘱の要件）

- 第4条 非常勤講師の委嘱にあたっては、以下の各号を要件とする。
2. 乙の本務に支障をきたさないこと。
 3. この協力において得られた成果は原則として共同で学会等において公表すること。
 4. 甲の管理・運営については、一切の責任を負わせないこと。

（その他の協力）

- 第5条 非常勤講師は、甲の要請に応じ、乙においてそれを認める場合には甲の研究指導活動に対する協力を行うことができる。

（研究成果の公表）

- 第6条 乙の学生が、甲において得た研究成果は、甲における研究成果である事を明記して原則公表する。ただし、学生への学位授与に伴う論文等の公表は、乙の学位規則に従い公表できるものとする。
2. 個々の案件については、乙の定めるところとし、乙は甲の了承を得るものとする。

（知的財産権等の取扱い）

- 第7条 乙の学生が、甲において研究指導等を受けて成した産業財産権等の権利（特許権、実用新案権、意匠権及び商標権並びにこれらの権利を受ける権利）の帰属は、両者の協議事項とする。
2. 乙が甲における研究協力に関わる事項で、知的財産権に関わる権利が生じた場合には、両者が個々の案件について協議する。

(覚書の有効期限)

第8条 本覚書の有効期間は、平成20年7月1日から3年間とする。その後においては、甲又は乙のいずれかが失効日の6か月前までにこの協定を終了させる旨の書面による通知をしない限り、有効期限の終了日から自動的に3年間延長されるものとする。

(覚書の見直し)

第9条 本覚書は、諸制度の改正に応じて、随時見直しを図るものとする。

(覚書に定めのない事項)

第10条 この覚書に定めのない事項若しくはこの覚書の解釈に疑義を生じた事項については、必要に応じてその都度、甲と乙が協議の上、決定するものとする。

この覚書は、2通作成し、甲と乙で各1通を所持するものとする。

平成20年 7月 1日

甲 広島大学宇宙科学センター長
大 杉



乙 東京大学大学院理学系研究科長
山 本 正 幸



2 1 その他の付録資料集

資料 1 :

「宇宙科学研究・教育センター」設立（準備委員会） 趣意書（案）

平成 14 年 4 月

趣旨

国立天文台の 1.5m 赤外シミュレーター（スバル望遠鏡の観測機器開発用に製作された本格的望遠鏡）と、現国立天文台岡山天体物理観測所内の太陽クーデ望遠鏡施設・建物を譲り受け、広島大学の教育・研究施設として「宇宙科学研究・教育センター」を設立する。国立天文台としての将来計画は、岡山天体観測所を閉鎖、もしくは大学に移管する可能性も検討している。現存の 1.88m 望遠鏡と本館施設は、京都大学が譲り受け、新しく 3m 望遠鏡を設置する計画を推進中である。従って現在計画中の案では、国立天文台岡山天体物理観測所を、京都大学と広島大学が譲り受け、新しい宇宙天体観測施設として生まれ変わらせる計画である。国立天文台の施設の譲り渡しに当たっては、共同利用施設であった歴史の重みを考え他大学の研究・教育にも協力する事が期待されている。

意義

科学・技術立国を目指す我が国において、大学は最先端の研究・教育を担うと共に、その裾野を広げ、社会に科学技術を理解し、高度科学技術社会をサポートする富士山型の広い裾野を築く助けをする義務がある。「宇宙科学研究・教育センター」は青少年や、一般社会に比較的あこがれの深い天体観測を通じて、科学・技術に対する理解と基本的知識を普及する手助けをする、あるいはその手法を開発する事を目的とする。また理学研究科で活発に行われている、高エネルギー宇宙学（ガンマ線バースト、ブラックホール、クエーサー、中性子星などの研究）の X 線、ガンマ線衛星観測研究により発見観測された天体は多くがガンマ線バーストのような突発的現象や激変天体であり、時間が勝負である。また東洋には大きな望遠鏡施設の空白地帯であることも、すぐに消えてしまう可能性のある天体観測にとっては、東洋が夜の時間帯に観測空白を作らないためにも岡山施設の重要性を高めている。従ってこの地域に小型とは言え本格的望遠鏡があることは、ガンマ線や X 線で発見された天体を、直後に観測出来る大きなメリットがある。

主たる目的

教育：

- 1) 広島大及び中・四国の大学生の科学・技術リテラシー教育の内、宇宙科学の分野を受け持つ。
- 2) 小学生、中学生、高校生及び教師への科学・技術教育の普及及び援助
- 3) 社会人の科学・技術知識の普及及び、科学技術教育の重要性の喚起

研究：

1) 高エネルギー極限宇宙現象の、X 線、ガンマ線観測と連繋した多波長観測の一翼を担う。特にガンマ線バースト、ブラックホールが作るジェット現象観測などの突発現象を通じた、極限宇宙現象の観測研究。

経緯

- 1) 国立天文台、岡山天体物理観測所将来計画に関連し、当時の岡山観測所長（前原英夫氏）から、当時の理学部長（牟田泰三）に相談があった。（1996 年）
- 2) 関係者として牟田及び小畷、大杉が岡山観測所を訪問し、地元の大学である広島大学と

- 協力関係を築く事で合意した。(1997年) その後、やはり地元である岡山大学にも呼びかけられ、広島大学、岡山大学の理学部長と岡山観測所長の3者会談が持たれ、地元の大学として、岡山観測所の将来計画に十分な関心を持つことに合意した。
- 3) 岡山観測所の大口ユーザーであり、西日本の有力大学である京都大学が、3m新望遠鏡を岡山に設置する(1.88m望遠鏡の後継機)案と、岡山観測所を京都大学に移管する案を提案。(1998年)
 - 4) 1999, 2000, 2001年の国立天文台、光赤外専門委員会で、3m新望遠鏡計画を審議。大杉(広島大学理学研究科)が2000, 2001年度の委員として出席。
 - 5) 岡山観測所将来計画シンポジウムにおいて、1.5m赤外シミュレーター(スバル望遠鏡用観測機器開発のため作られた)を副望遠鏡(0.9m望遠鏡の後継)として、岡山観測所に移転する案を提案し、その活用法を、研究1/3, 教育1/3, スバル機器開発1/3とし、運用は広島大学が引き受ける事を示唆。(2000年8月岡山新天文台計画シンポジウム) 京都大学3m主望遠鏡と広島大学1.5m副望遠鏡をセットで岡山新天文台計画と考える事が提案された。
 - 6) 2001年3月、天文学会、光赤外天文連絡会において、京大3m望遠鏡計画と岡山新天文台計画を承認。6月に日本学術会議天文学研究連絡委員会で審議し、早期に実現を目指すべきと結論を出す。
 - 7) 2001年8月の岡山観測所ユーザー総会で、岡山観測所将来計画として、3m望遠鏡(京大から要求、京大運用)、1.5m副望遠鏡(広大運用)を提案。
 - 8) 2001年国立天文台光赤外専門委員会(11月)に置いて、3m計画承認。1.5m計画リモート望遠鏡計画を推進し、移転に備えることを承認。
 - 9) 2001年12月、岡山観測所、西日本関係大学研究者による会合を持ち、「岡山新天文台計画推進についての覚え書き」に調印。その中で、3m望遠鏡は京大、1.5m副望遠鏡は広大が運用に責任を持つと明記した。この覚え書きは、国立天文台台長には既に示され、4月17日には文科省に示される。また早期実現が可能ならば、1.5m望遠鏡計画を、3m計画に先んじて推進する事も考える事で合意した。
 - 10) 1.5m副望遠鏡推進委員会を作り、平成14年1月5日に岡山観測所で初会合を開く。広島大学、岡山大学、京都大学、和歌山大学、天文台岡山観測所の参加があり、1.5m赤外シミュレーターの岡山移転を促進すること、ゆくゆくは広島大学が副望遠鏡の運用を引き受けることで合意した。
 - 11) 天文学会(3月29日、茨城大学)の光赤外天文連絡会(光赤外天文のコミュニティーを代表する団体)において、1.5m赤外シミュレーターを岡山観測所の副望遠として岡山移転を推進し、将来は広大が運用に責任を持つ方向で考えていることを説明。議論があり、良い計画であるとのサポートが得られた。
 - 12) 岡山観測所所長(吉田道利助教授)は、1.5m望遠鏡の移転の費用の見積もりをするように海部天文台長に指示を受けているとのこと。その結果が出た後で、「岡山新天文台計画推進委員会」として天文台長に会見を申し込む予定。その結果を受けて広島大学として、国立天文台と交渉を開始する。

具体的計画：

国立天文台1.5m赤外シミュレーター(1.5m反射型望遠鏡、スバル望遠鏡の観測機器開発用に製作、三鷹にある)と、岡山天体物理観測所の太陽クーデ望遠鏡施設(建物)の移管を受けて、太陽クーデ望遠鏡施設を改造し、1.5m望遠鏡を設置する。また望遠鏡はインターネットを利用したりリモート望遠鏡に改造する。その広島大学受け入れ機関として、「宇宙科学教育・研究センター」を設立する。

人員計画：

教官2人、事務官(臨時)1人(国立天文台より2名の教官定員移管を期待する(国立天文台の望遠鏡の利用及び、全国共同利用部分のサポートのため))

国立天文台から定員移管が実現しない場合、主たる利用者である教官を少なくとも一人と臨時雇い1人を運営に対して当てる事を検討する。

年間運用予算（現在国立天文台が使用している年間経費）：1500万円

資料2：

副望遠鏡岡山移転促進委員会

2002. 5. 2

広島大学の準備、考え方

5月14日 学長の元にある戦略会議の、組織部会Bに、設立準備委員会の立ち上げを副学長から提案、設立準備委員長は山西副学長？

- 1) 進展具合によっては、15年度概算要求もあり得る。
- 2) 中期計画に書く準備を始める。

問題点：3m望遠鏡は当分実現しそうにない。(文科省機関課との話の印象：大杉) その条件下で、岡山観測所の存続を計るにはどうすべきか？

- 1) 案：京都大、広島大で1.5m望遠鏡付きで、岡山の施設を移管譲り受け、3m望遠鏡計画は京都がじっくりやる。当面共同利用は、1.88m, 1.5m 両方で考えるがプロジェクト重視。
- 2) 早急に1.5mシミュレーターの移転を決め、岡山観測所の存続を確定する(閉鎖を防止する)。その後移管を検討する。この場合も共同利用は1.88m, 1.5m 両方ともプロジェクト重視。
- 3) 京都大学部分はペンディングのまま、1.5m望遠鏡と、太陽クーデの建物を広島大学が譲り受ける交渉を始める。その場合も1.5mの利用法はプロジェクトを重視した共同利用を考える。

福成寺（東広島天文台隣接）

福成寺は、西条盆地を見下ろす山上にある真言宗の寺院である。寺の縁起によれば、聖武天皇の時代に開基され、はじめは福納寺と称していたが、1020年前後に現在の地に寺地を移し福成寺と呼ぶようになったという。源平合戦のとき、戦禍で諸堂をことごとく炎上し、その後復興されたが、1322年頃、再び火難にあったという。今日、この寺に伝えられる九通の文書(県重文)のなかには、後醍醐天皇、後村上天皇の寺領安堵の綸旨があり、この寺が建武政府の庇護をうけ、この地方における南朝勢力の拠点であったことをうかがわせる。室町・戦国時代に入ると、周防大内氏が新しく獲得した東西条の鏡山城を眼下に見下ろせるこの山上に信仰の拠点を進出させ、大内氏の氏寺氷上山興隆寺の末寺として繁栄した。毛利氏が大内氏にかわってこの地域を支配下におさめるようになると、毛利氏の保護をうけた。伊予の最後の太守河野通直が土佐の長居宗我部氏の猛攻をうけ、救援を求めて1584年6月、この寺に来て、毛利輝元と会談したことを示す文書も残されている。

4月3日付の中国新聞朝刊1面に「広島大、東広島に天文台」という記事が掲載されたのを、ご覧になった方も多いのではないかと思います。記事の内容はほぼ全面的に正しいのですが、掲載が唐突だったのでびっくりされた方もあるかと思います。

実は、この計画自体は、数年前から継続的に進められてきたものです。その経緯をお話しする前に、現在確認されていることを先ずまとめておきましょう。

国立天文台所属であった口径 1.5m の光学望遠鏡(赤外シミュレーター)を広島大学が譲り受けることとなり、3月31日にその所有権の移管が行われました。1.5m の赤外シミュレーターについては、本学ホームページの「お知らせ」欄に写真とともに掲載していますのでご覧ください。

http://www.hiroshima-u.ac.jp/category_view.php?id=272&fnm=new&lang=ja

望遠鏡そのものはまだ東京都三鷹市の旧国立天文台(国立天文台は、本年4月から大学共同利用機関法人自然科学研究機構の一部となりました。)内に置かれていますが、広島大学で4月1日に新設された「宇宙科学センター」の観測サイト(天文台)に、平成17年夏までに移設することとしています。望遠鏡を設置する観測サイト(天文台)の適地調査は、1年以上にわたって岡山県鴨方町から東広島市周辺におよぶ広範囲の候補地について行われました。その結果、広島大学の近くでは、東広島市南東部の福成寺周辺が科学的適地として有力な候補地となりました。今後、夏までに更に精密な調査を継続し、天文台建設地としての適地を絞り込む予定です。

さて、それでは、これまでの経緯を詳しくお話しすることにしましょう。

我が国最大の望遠鏡は、米国ハワイ州ハワイ島のマウナケア山頂に設置されている「すばる望遠鏡」であることは皆さんご存知でしょう。この望遠鏡は、口径が 8.2m もあり、世界最大級です。この望遠鏡が建設される時に同時にその5分の1モデルも作られました。これが口径 1.5m の赤外シミュレーターです。なぜ5分の1モデルが作られたかという、そのわけはこうなのです。

すばる望遠鏡はそれだけがあればいいというものではなく、優れた科学的観測を行うためには、すばる望遠鏡に取り付けて観測するための膨大な観測機器が必要です。それらの観測機器は日本国内で作るハワイ島に運び込むのですが、マウナケア山頂(標高4200m)まで運んだあげくに作動しなかったり、調整不十分であったりすると、また日本に持って帰らなければならなくなります。そんなことを避けるために、日本で前もって観測機器の調整や作動確認を行う必要があります。その作業を行うためのテスト用望遠鏡として、すばる望遠鏡と全く同じ仕様で、大きさが5分の1のモデルが作られたのです。すばる望遠鏡は可視光から赤外線領域を中心に観測を行う望遠鏡です。この望遠鏡の身代わり役をするわけですから、この5分の1モデルは「赤外シミュレーター」とよばれています。シミュレーターは日本語では「模擬装置」と訳されています。

すばる望遠鏡の建設が1991年に開始されてから8年後の1999年1月に望遠鏡が本格的に稼働を開始し、その後世界トップレベルの観測が続けられております。この間、赤外シミュレーターは「縁の下の力持ち」としてすばる望遠鏡の活躍を支え続けました。

最近では、観測機器の開発も一段落し、赤外シミュレーターが必要とされることも少なくなりました。赤外シミュレーターはすばる望遠鏡の補助役であるとはいえ、口径 1.5m というのは、それだけでも国内有数の望遠鏡であり、観測対象によってはこれを使って第一級の観測を行うことができます。そこでこの赤外シミュレーターを研究のために活用しようと考えたわけです。この考えは、すでに5年ぐらい前から芽生えており、私達はねばり強く国立天文台と話し合いを続けてきました。

(続く) 次回は、赤外シミュレーター設置の科学的適地がどのように探索されたかなどについてお話しします。

多分1995(平成7)年頃だったと思いますが、国立天文台岡山天体物理観測所の前原英夫所長(当時)と会って、すばる望遠鏡が稼働した後の岡山天体物理観測所のあり方について語り合ったことがありました(前原先生はその後観測所を定年退官され、現在は広島大学で天文学の講義をして頂いています)。その会話の中で、岡山天体物理観測所を、将来的に広島大学や岡山大学を含む西日本大学連合で運営する可能性についても選択肢の一つとして議論しました。1997(平成9)年頃には、国立天文台の小平桂一所長(当時)とも会ってこの可能性について話し合ったこともありました。この頃、前原先生の案内で三鷹市の国立天文台内に設置されている1.5m赤外シミュレーターを見る機会を得ました。今にして思えば、これが1.5m赤外シミュレーターと私との初めての出会いでした。

その後、岡山天体物理観測所の将来構想については、京都大学を中心とした再開発計画(3m望遠鏡新設を中心に据えた計画)が検討され始め、西日本大学連合という考えは京都大学の計画の中に組み込まれていきました。この計画と並行して、国立天文台の1.5m赤外シミュレーターを岡山天体物理観測所の敷地内に移設して、これを広島大学が管理するという案も検討されました。3m望遠鏡新設計画が、予算的な制約もあり少し時間がかかるということもあるのに対して、1.5m赤外シミュレーターの移設計画は、すぐに実現可能な案として検討が進められました。

一方、広島大学では、1998(平成10)年に先端物質科学研究科と理学研究科の一部で大学院重点化が始まり、研究大学としての体制が整い始めていました。理学研究科の大杉節教授のグループは、ガンマ線バーストの観測的研究に取り組み始めており、東京大学から釜江常好教授を招き入れて、人工衛星を使った観測の大グループを形成しつつありました。ガンマ線バーストというのは、宇宙の彼方から時々地球に届く強いガンマ線のことで、その発生源が謎とされていたものです。この研究グループは、米国のガンマ線バースト研究チームと連携して、GLASTという名称の人工衛星を打ち上げる準備をしています。ここで、GLASTはGamma-ray Large Area Space Telescopeの略で、2006年度に打ち上げ予定のガンマ線天文衛星のことです。GLAST計画は、米国スタンフォード大学を中心に、日本(広島大、宇宙研、東工大)、イタリア、フランス、スウェーデンなどで国際共同プロジェクトとして進められています。前記の釜江教授はその後GLAST計画の最高責任者としてスタンフォード大学に移籍されました。

ガンマ線バーストの発生源の正体を暴くには、バーストが起こってすぐに光学望遠鏡で観測するのが最適です。しかし、これはなかなか容易なことではありません。ガンマ線バーストが確認されてからすぐに観測するには、日本の場合でいえばそれが北半球で見えるものでなければならないし、その時夜間であることが必要であり、さらに天候にも恵まれなければなりません。しかも、観測を行う望遠鏡が大望遠鏡の場合は、共同利用研究のため、通常は他のグループが使っています。そのような事情で、当時(約5年前)は、ガンマ線バースト発生源の光学観測成功例はほとんどありませんでした(現在ではかなり観測例が見られるようになりました)。

1.5m赤外シミュレーターを広島大学の近くに設置できれば、大杉教授のグループによるガンマ線バースト観測と連動して光学望遠鏡による観測ができ、極めて有利な立場に立つことができます。1.5m赤外シミュレーターの広島大学付近への移設は、本学の最先端研究が世界をリードする鍵を握っていると考えました。

(続く)赤外シミュレーター設置の科学的適地がどのように探索されたかなどについては、次回にお話しすることとします。

★ Muta Mail Magazine ★ No.67 2004/05/13 広島大学

★「広島大学宇宙科学センター その3」 広島大学長 牟田泰三

国立天文台岡山天体物理観測所の再開発計画(3m望遠鏡新設を含む京都大学を中心とした計画)は、全国の宇宙科学関係者の支持を得て進められましたが、いま暫く時間を要するということがあって、国立天文台の1.5m赤外シミュレーターを岡山天体物理観測所に移設して、これを広島大学が管理するという案を、上記再開発計画とは独立したものとして推進することになりました。赤外シミュレーターの広島大学への移管は、

平成14年10月の国立天文台運営協議員会でも了承されました。

赤外シミュレーターの移設予定地である岡山天体物理観測所は岡山県鴨方町にあります。広島大学東広島キャンパスから鴨方町までは高速道路経由で1時間40分程度で行けますが、この望遠鏡を広島大学が管理するとなると、近くにあるに越したことはありません。もしも、広島大学東広島キャンパス付近に設置できれば、研究上便利であるだけでなく、地域への貢献という意味でも見逃せない利点があります。この場合、もちろん、全国的な共同利用研究施設として活用することは言うまでもありません。

私は、広島大学内の関係者と良く協議した上で意を決して、平成15年1月末に海部国立天文台長を訪れ、岡山県鴨方町以外の場所に1.5m赤外シミュレーターを移設する可能性について率直に相談しました。海部天文台長にはこちらの考えをよく聞いていただきましたが、「原理的に不可能とは言えないが、現実には、望遠鏡の維持管理、共同利用観測の円滑な推進、移設地の整備などに関して種々の困難があるだろう。」という考えを述べられました。これは至極もつともなことです。私は、これらの困難を承知の上で、鴨方町以外の移設適地調査を進めてみたいという意向を伝え、調査の結果どうしても無理だと分かれば鴨方町という線で進めたいと申し上げました。

その後、大杉教授のグループでは、広島大学東広島キャンパスから約15km以内を目安に、望遠鏡設置の適地探索を始めました。さて、望遠鏡設置の適地はどんな科学的条件を満たせばいいのでしょうか。

瀬戸内はお天気が良いとよく言われます。瀬戸内海沿岸地域は晴天率が高いのは統計データからも明白です。晴天率が高いということは、望遠鏡による天体観測を行う上で大変に重要なメリットです。ところで、天体観測にとってもう一つ重要な要素は大気の安定度です。気流が不安定ですと、大気を通して見た星の像が乱れ、観測上非常に大きな障害となります。地上から望遠鏡などで星を観測したときの星像の見え具合をシーイングと言います。このシーイングがいいかどうか、望遠鏡設置の適地を選ぶときの決め手となります。俗に、「星が瞬く」というロマンチックな表現がありますが、あれは科学的には星の観測を台無しにする大気の乱れによるものであり、研究の大敵です。天気がよい、見晴らしがよい、夜空が暗い、だけでは科学的観測の適地とは言えないのです。シーイングが良くなければなりません。

大気の安定度を調べるためには、そのための観測機器を持って候補地に行き、晴れた夜にシーイングを長時間測定する必要があります。本学では、大杉教授のグループが沢山の候補地でシーイング調査を実施しました。その際、アマチュア天文家にも協力を呼びかけたりもしました。最近のアマチュア天文家達は、車に望遠鏡など観測機器を積み込んで高い山などに出向いて観測を行っていますので、観測の適地(穴場)を知っています。そこで、彼らの情報も活用したいと考え、広島周辺のアマチュア天文家にもネットワークを使って問い合わせたりしました。結局、広島大学東広島キャンパス、東広島市龍王山、豊栄町板鍋山、安芸津町保野山などの調査を続けましたが、残念ながら観測に適したシーイング状態は得られませんでした。

八方手を尽くして調べましたが、科学的観測に耐えうるシーイングを示す場所を見つけることは出来ず、ほぼ諦めかけていたのですが、上田東広島市長の「福成寺に一度行ってみんなさい。」という言葉に誘われて、半信半疑のまま大杉教授グループが調査に出向き、驚くべきデータを持って帰ってきました。

(続く)続きはCMの後で、というわけではありませんが、次号でお話します。

★ Muta Mail Magazine ★ No.68 2004/05/27 広島大学
★「広島大学宇宙科学センター その4」 広島大学長 牟田泰三

平成15年12月初旬に東広島市南東部の福成寺でシーイング測定を行った大杉教授グループの報告を見ると、岡山天体物理観測所(岡山県鴨方町)におけるシーイングデータとほぼ同等のデータが得られていました。これは日本でも第一級の優れたシーイングデータです。これを聞いた私は本当に我が耳を疑いました。到底そんな

ことは考えられないと思い込んでいたのですが今にして思えば、全く失礼な話ですが、私は「一度だけの測定データではとても信用できないから、あと数回行って調べてほしい。」と言いました。もちろん彼らは科学者ですから、確認のための測定ぐらい当然行うつもりでいたのです。

その後、数回の福成寺におけるシーイング測定でも、ほとんど同等かそれ以上のデータが得られました。さらに念のために、岡山天体物理観測所と同時測定を行い、シーイングデータがほぼ同等であることが確認されました。

これで、福成寺並びに岡山天体物理観測所の2カ所が最適地ということになりました。広島大学としては、東広島キャンパス付近に設置できることが望ましいと考え、国立天文台側と協議の結果、福成寺を有力候補とし、今後、夏までに更に精密な調査を継続し、天文台建設の適地を最終決定することとしました。現在、気象データを含む種々の測定データを収集しているところです。

福成寺は、新幹線東広島駅の正面に見えている山の向こう側に位置し、東広島駅から車で5分程度で行けます。天文台立地としては、信じがたいほど便利なところで、全国的な共同利用研究施設としても、この交通の便は大きなメリットです。

一方、既に、メールマガジン65号で書きましたが、望遠鏡自体は法人化前の平成16年3月31日に、国立天文台から広島大学へ移管しました。即ち、望遠鏡はすでに広島大学のものとなったということです。天文台の建設地が決定し次第、建物等の整備を行い、できる限り速やかに望遠鏡を移設したいと考えています。今のところ、特に支障がない限り、平成17年夏頃を目標にしたいと思っています。

1.5m赤外シミュレーターを国立天文台から来年運んでくるためには、まず天文台建物(ドームを含む)を建設しなければなりません。そのためには、天文台建設用地の手当はもとより、天文台までの道路などのインフラ整備をしなければなりません。上田東広島市長をはじめ東広島市の関係者の皆さんにご協力をいただき、大変感謝しているところです。また、建設用地に関しては、地元住民の方々のご理解と東広島市のご協力を得て、滞りなく整備を進めることが出来そうです。

宇宙科学センターの組織は、今年4月1日付で、すでに立ち上げております。現在、センター長は理学研究科の大杉節教授が併任しており、この他にセンター教員として国立天文台から赴任した川端弘治助手が活躍しております。ガンマ線バースト観測やX線観測を行っているグループや、宇宙理論のグループ、天文教育のグループ、地球惑星システムグループなどが、外部からこのセンターを支えています。宇宙科学センターが中心となって、これらのグループが全国共同利用の下でこの天文台を活用し、世界トップレベルの研究を次々と生み出す日も遠くないであろうと期待するところです。天文台を支え且つ最大限に活用するためには、当然宇宙科学センターの体制強化が必要であると思います。

私は、西日本地域に宇宙科学の研究教育拠点を形成することが必要だと、以前から考えてきました。宇宙科学は青少年に夢を与えてくれます。実際、昨年広島大学とマツダ財団の連携事業として開催した「科学わくわくプロジェクト」でも、中学生を対象としたイベント(サイエンスレクチャー)で、目を輝かせて宇宙の話に興味を示す沢山の少年達を見ることができましたし、「広島大学理学部物理科学科に入学した学生にアンケート調査をすると、その半数が宇宙科学をやりたいと言う。」と聞いたこともあります。また、地域の皆さんと話をしても、宇宙の現象に驚異の目を持って聞き入ってもらえます。

広島大学の宇宙科学センターを世界トップレベルの研究教育拠点到に育て、青少年の夢、大人の夢を現実のものとしたいものです。

(終わり)

[特別寄稿]

★「広島大学学長賞を受賞して」 東広島市長 上田 博之

この度は、栄えある広島大学学長賞を賜りありがとうございます

受賞理由は、産学官交流施設設置や宇宙科学センター東広島天文台建設等に対する大学への寄与と伺っていますが、これらの事業は、市の発展にも大きく貢献していただけるものと、多くの市民が期待しています。また、事業の推進にあたりましては、市民や企業のご支援無くしてはできないもので、今回の受賞は東広島市民がいただいたものと考えており、市民を代表して深く感謝申し上げます。

東広島市は広島大学の西条町への統合移転決定を機として誕生し、今年2月には周辺町との合併により、人口約18万人の県央の中核都市となりました。「未来にはばたく国際学術研究都市」を目標都市像として定めていますが、これは大学等の学術研究機能を中核に位置づけたものです。東広島市はこうした機能に加え、新幹線や空港等の高速交通網等が整い交通の利便性が高いことから、多くの企業や研究機関が立地し、今なお成長を続けていますので、今後とも皆様方のご支援をお願いします。

また今回の表彰に際しましては、広島大学だけでなく市内各地をスクリーンに繰り広げられた映画「ちゃんこ」の方々も受賞されており、今後も映画で描かれるようなまちづくりを進めたいと思っています。

☆ Muta Mail Magazine ☆ No.120 2006/05/25 広島大学
☆「東広島天文台」 広島大学長 牟田泰三

広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台がこの度めでたく完成し、その完成記念式典が5月26日(金)にサタケメモリアルホールで行われます。式典の案内については下記のURLをご覧ください。

http://www.hiroshima-u.ac.jp/dircate.php?dir_id=0&lang=ja&id=1426&fl=sif

東広島天文台の建設にあたっては、この10年ほどの間にいろいろなことがありました。

今から8年前のことです。当時国立天文台岡山天体物理観測所長であった前原先生(職名は以下当時のものです)と佐藤岡山大学理学部長と本学の理学部長であった私と3人で国立天文台を訪れ、小平国立天文台長と、岡山天体物理観測所の将来計画について話し合いをしました。前原先生のメモによると、この日付は1998年10月21日となっています。その会談の後で、初めて国立天文台屋上の1.5m望遠鏡(すばる望遠鏡の赤外シミュレータ)を見ました。(前原所長と私は、これに先立って、1997年に、岡山天体物理観測所の将来計画について話し合いを持っておりました。)

それから8年の歳月が流れ、その時は夢にも思わなかった、望遠鏡の広島大学への移設と東広島天文台の建設計画が現実のものとなって、この望遠鏡を核とした「宇宙科学センター」が設置されました。宇宙科学センター設立の経緯については、2年ほど前にこのメールマガジンで解説を書きましたのでそれをご覧ください。

http://onlinehp.hiroshima-u.ac.jp/mmz/backnumber/publish_200404150700.html

http://onlinehp.hiroshima-u.ac.jp/mmz/backnumber/publish_200404290700.html

http://onlinehp.hiroshima-u.ac.jp/mmz/backnumber/publish_200405130700.html

http://onlinehp.hiroshima-u.ac.jp/mmz/backnumber/publish_200405270700.html

この解説を書いてからもすでに2年が経ちました。この間、東広島市の絶大なご協力と文部科学省からの予算措置によって、望遠鏡の移送と改造、天文台までの道路及び天文台建物の建設が進み、遂に本年5月に完成しました。また、天文台名称も「広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台」と正式に決まりました。

東広島天文台建設に関してどのような経費が使われたかについては、これまであまり触れていませんでしたので、このたびの完成を機に、維持経費等も含め、少し紹介しておきます。

1.5m望遠鏡本体:国立天文台と広島大学が法人化される前(2004年3月31日)に移管手続き完了。同じ国立の機関内部なので移管のための経費は必要ありませんでした。

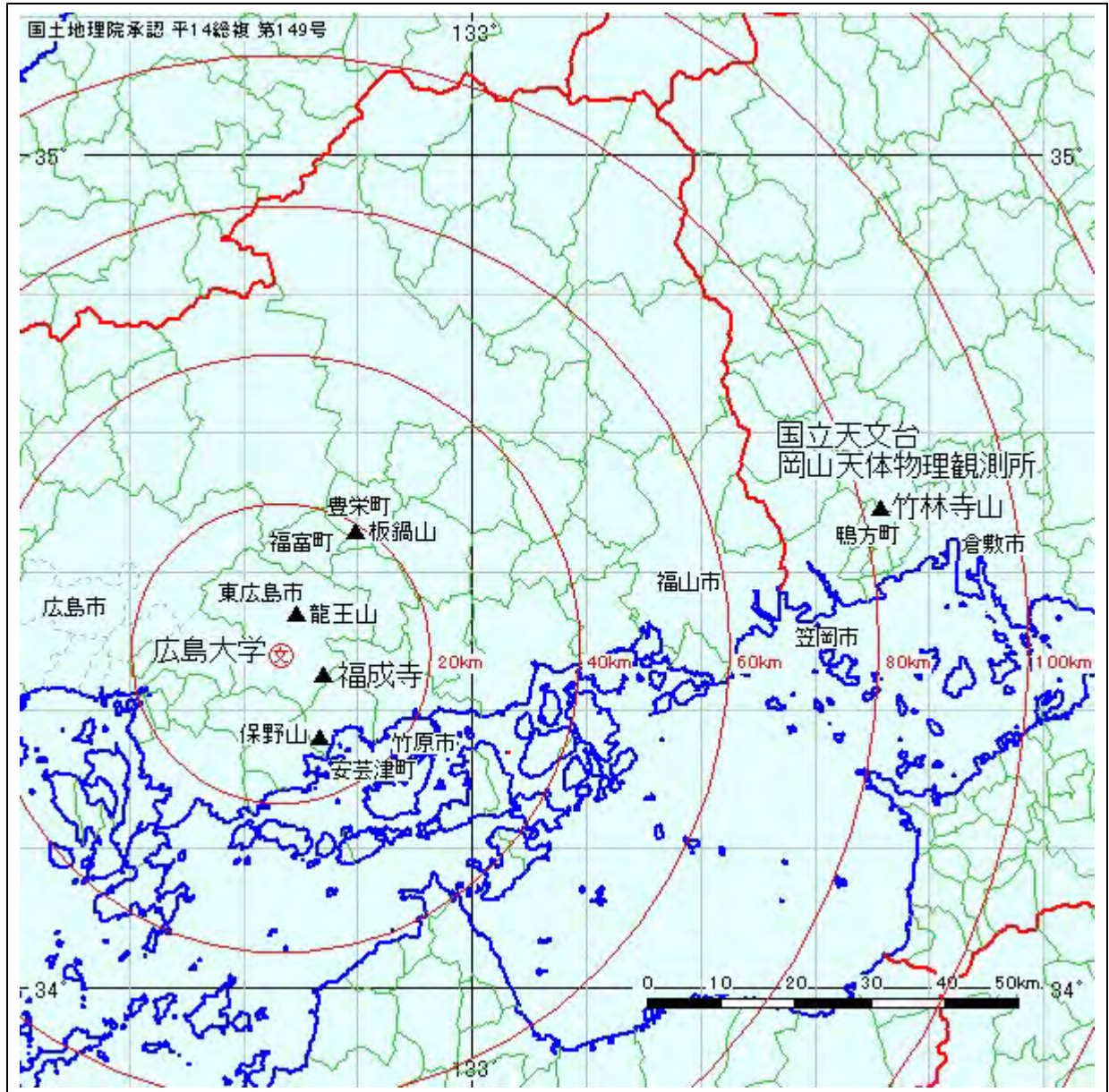
天文台の建物建設及び望遠鏡移設の経費:文部科学省特別教育研究経費により予算措置されました。天文台の維持経費:特別教育研究経費により予算措置されています。天文台までの道路及び天文台敷地:上田前市長のご配慮により、東広島市が全面協力。東広島市議会の議決のもとに市の予算が措置されました。

東広島天文台建設にあたって、建設場所の選定や敷地の確保・整地などそれぞれの重要な節目で、東広島市をはじめ多数の関係者の方々にお世話になりました。心から感謝申し上げます。

東広島天文台の完成にあたって、唯一の残念なことは、上田前市長のご逝去です。上田博之前市長には、広島大学の事業をよく理解していただき、大変なご尽力をいただきました。広島大学の事業に対するこのようなご貢献への感謝を表す意味で、去年は学長表彰もさせていただきました。このたびの完成を心待ちにしておられましたことを考えると、何とか天文台の完成を見てほしかったと思います。上田前市長のことを考えると、万感胸に迫るものがあり、残念でなりません。

本学では、東広島天文台を、大学の研究と教育に活用していくことは勿論ですが、地域における科学の普及にも貢献できるよう活用したいと考えています。21世紀を担う子ども達が、この天文台で宇宙の神秘を体験し、将来の夢を見出してくれることを期待しています。

1.5m 望遠鏡（赤外シミュレーター）移設候補地 サイト調査 報告書



広島大学東広島キャンパス（文）と各調査地点（▲）との位置関係（「白地図 KenMap」の地図画像を編集）

2004年7月28日 広島大学 宇宙科学センター

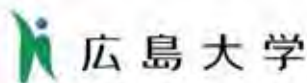
序文

西日本における宇宙科学研究・教育の基盤強化の一貫として、国立天文台三鷹キャンパスに設置されている赤外シミュレーター（1.5m 光学赤外線望遠鏡）を西日本の適地へ移設し、広島大学及び主として西日本地域の大学の天文学研究と教育に十二分に活用するとともに、シミュレーター機能の継承を行う計画が、広島大学宇宙科学センター（2004年4月発足）を中心に進められている。広島大学の主な研究目的は、ガンマ線サーベイ衛星 GLAST および X 線衛星 Astro-E2 と密接に連携した高エネルギー天体の多波長観測であり、共同利用サービスにも配慮しつつ、目的に特化した観測システムの整備も自身で行うことにより、開発基盤強化にも努める。望遠鏡の移管は 2004 年 3 月に完了し、2005 年度中には移設が行われる見込みである。

移設候補地としては当初、シーイング環境に優れ、望遠鏡・施設の維持に現地職員の協力が見込まれる国立天文台岡山天体物理観測所が想定されていた。広島大学と岡山天体物理観測所（以降、岡山観測所と略して表記する場合がある）とは、高速道路を利用した自動車の移動で、約 1 時間半の距離である。一方、大学付設の望遠鏡として考えてみると、院生・学生の研究教育のほか、教員の研修や周辺地域の科学リテラシーの高揚といった面での活用も期待され、その場合にはより大学の近郊に設置することが望ましい。ただし、観測研究利用を第一目的とする当移設の場合には、独自の人員体制を整備することはもちろんであるが、候補地のシーイングや気候といった科学的な観測環境が第一に満たされなくてはならない。一方、世界に目を向けると、各地で口径 10m を超える超大型望遠鏡の計画が進められると共に、中小望遠鏡によるサイエンスの競争はより厳しさを増しており、整備時間への余裕はない。口径 1.5m の望遠鏡の潜在能力を発揮して世界をリードする研究成果を挙げるには、科学的条件のほかに、インフラを整備していち早く建設が進められる社会的条件も満たす土地を、限られた時間の中での確に選定する必要がある。

本報告では、昨年来進められている広島大学近郊のシーイング・気象調査結果に加えて、2004 年 3 月 10 日に開かれた国立天文台光赤外専門委員会および 3 月 24 日に開かれた光学天文連絡会での承認事項に従い、広島大学近郊の候補地（福成寺周辺）への移設に関わる具体的検討および実務作業の経過を報告して、その妥当性を整理するものである。皆様には是非ご一読頂き、忌憚なきご意見をお寄せ頂くようお願い申し上げます次第である。

広島大学 宇宙科学センター 大杉 節、川端 弘治



目次

序文	1
1. サイト調査の目的	3
2. 研究計画の概要	5
2.1 研究計画	5
2.2 望遠鏡運用計画	5
3. 前期シーイング測定による候補地の絞込み	7
3.1 活動経過	7
3.2 前期シーイング測定	7
3.3 福成寺と岡山天体物理観測所における同時シーイング測定	9
4. 福成寺周辺の観測環境	11
4.1 福成寺周辺の地理環境	11
4.2 シーイング	12
4.3 夜空輝度	14
4.4 気象	16
5. 福成寺周辺における土地調査と移設場所の選定	27
5.1 周辺地域の道路建設および土地造成に関わる諸条件	27
5.2 第一候補地における試掘調査	28
5.3 設備配置案（暫定）	32
6. まとめ	34
6.1 福成寺での 1.5m 望遠鏡における観測限界	34
6.2 福成寺移設の場合の年次計画	35
謝辞	37
参考文献	38

1 サイト調査の目的

国立天文台（NAOJ）より広島大学に移管された 1.5m 光学赤外線望遠鏡（赤外シミュレーター；図 1.1）の移設先の選定作業が進められている。当望遠鏡は第一線の科学計測に供されることから、立地場所には観測環境に関する科学的条件を満たすことが厳しく要求される。また、ガンマ線・X線衛星と連携した観測研究を滞りなく推進するためには、該当する土地の整備や施設建設の具体的な見通しも得なくてはならない。

光学（赤外線）観測を行う場合の観測環境に関する科学的条件として一般に、

- シーイングの良さ
- 夜空輝度の低さ
- 夜間晴天率の高さ（高湿度状態の少なさも含む）

が求められる。

シーイングとは、地球大気による擾乱を受けた恒星像の見え具合を指す指標である（図 1.2）。非常に遠くの天体からやってくる光は、理想的な点光源であり、理想的な平面波として地球へ届くが、地球大気内の温度（屈折率）の不均一性によって波面が乱され、結果として恒星像はぼんやりと広がったものになる。自然界においてシーイングを劣化させる要因は、上空の層流境界における温度乱れと、地表付近の接地境界層における温度乱れとに大別される [1][2][3]。前者は大局的な気象条件によるが、後者は周辺の地形や植生、建築物が風の流れの障害物となることによって発生する大気擾乱、および都市などの熱源が生む陽炎などといったローカルな要因に支配される。シーイングは撮像観測における空間分解能や分光観測の能率を大きく左右する重要な条件であり、シーイングの乱れが少ない場所を特定することは、望遠鏡立地場所を選ぶ上で特に重要なパラメーターである[2]。

夜間の都市光は、光学観測において背景光を増加させ、測定精度を劣化させる要因となる。究極的に暗い夜空を求めると、都市圏から遠く離れた地域を選ぶことが本質的に必要となるが、望遠鏡へのアクセスの悪化や施設整備にかかるコストの増大は避けられない。なるべく暗い夜空が望ましいことは変わらないが、今回は、現地の夜空輝度が我々の目指す研究や主たる利用目的において支障がないことを確認することを条件とし、その中では岡山天体物理観測所の夜空輝度と比較することを試みる。

夜間晴天率は地上観測を行う上で本質的に重要である。全国的に見ても瀬戸内地方は降水量が少なめで晴天率が高いと言われているが、ローカルな気象の傾向を把握することは必要である。特に、高湿度下では結露により鏡面が曇り、観測が不能となるほか、鏡面を劣化させる原因ともなるため、夜間の湿度変化や霧の発生については特に注意しなくてはならない。

これらの科学的条件が満たされた上で、候補地周辺の土地調査を行う。具体的には、設備配置計画の策定、埋蔵文化財の有無、土地取得（借り上げ）に関わる交渉、各種法令の照会、取り付け道路の整備や整地に関する調査結果について検討した上で、その工期や費用が本来の研究計画と見合うものであるかどうかを見極める必要がある。

本報告は、これらのサイト調査の結果について報告することが第一の目的である。また、同時にその結果に基づいて、望遠鏡立地に相応しい候補地を選定すると共に、参考のため現状での施設設備計画や年次計画を紹介する。

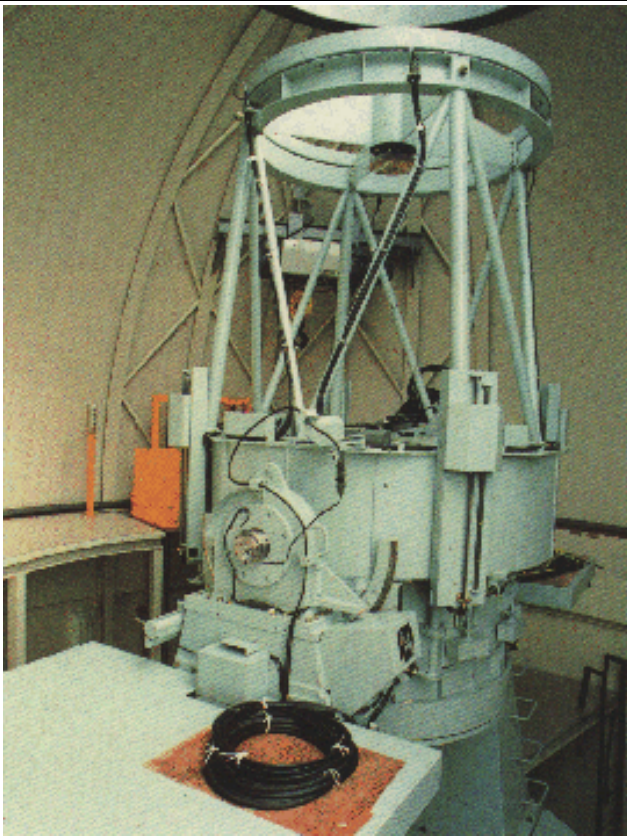


図 1.1 1.5m 光学赤外線望遠鏡（赤外シミュレーター）の外観
（©国立天文台）

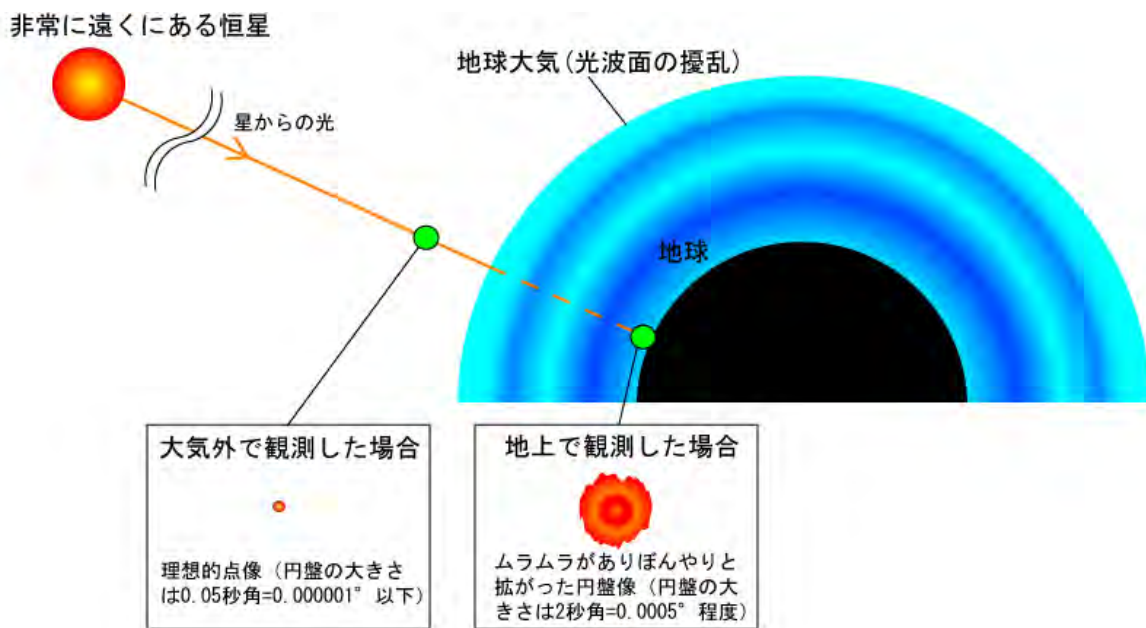


図 1.2 シーイングの模式図。非常に遠方であり理想的点像である恒星像は、地上から観測する場合、地球大気による光波面の擾乱を受けて拡がり、観測に悪影響を及ぼす。シーイングとは一般に恒星像の見え具合を表す言葉であるが、シーイングサイズ（像輝度分布断面の半値幅）を単にシーイングと表記する場合もある。

2 研究計画の概要

2.1 研究計画

X線やガンマ線を用いた高エネルギー天文学は、ダイナミックな高エネルギー現象・極限状態の物理現象が、宇宙に満ちていることを明らかにしてきた。銀河の中には、星の進化の最終段階としてのブラックホールや中性子星が、さらに銀河中心には巨大なブラックホールが存在し、宇宙空間に莫大なエネルギーを解放している。また、数千万度という高温ガスが、銀河の中のみならず、銀河の集団である銀河団の数百万光年にわたる広大な空間に広く存在している。これらのダイナミックな非平衡状態の天体現象は、可視光や赤外線、電波などのエネルギーの低い電磁波のみでは情報を得ることが困難であり、X線やガンマ線を用いることで初めて明快に示されたものも多い。

広島大学大学院理学研究科宇宙・素粒子科学講座に属する高エネルギー宇宙・素粒子実験グループ及び宇宙物理学研究室（理論天文学）では、X線天文学やガンマ線天文学の研究を推進している。特に、高エネルギー宇宙・素粒子実験グループは、2007年NASA打上げ予定のガンマ線望遠鏡衛星GLASTや、2005年JAXA打上げ予定の日本のX線天文衛星Astro-E2の開発にも深く関わっている。GLASTにおいては検出器の主要部品を担当しており、その寄与は大きい。MeV-GeV領域のガンマ線天文学はまだ揺籃期にあり、GLASTによってこのエネルギー領域の天文学研究が一気に加速することは明らかである。Astro-E2において広島大は主に硬X線検出器の開発に携わっているが、この検出器がカバーするエネルギー領域はX線の中でも高い方に位置し、ガンマ線衛星観測との連携が最も期待される領域である。

広島大学宇宙科学センターは、これら既存のグループと密接に連携して、次期高エネルギー天文衛星が観測するデータへの高いアクセシビリティを活かし、1.5m望遠鏡による光学赤外線観測と両衛星のデータを連携した、独自性の高い多波長観測研究を進めることを計画している。具体的には、

- ガンマ線バースト光学残光の機動的観測による高エネルギー物理過程の解明、および深宇宙探査
- 未同定ガンマ線源天体の光学同定
- ブラックホール天体の質量降着過程およびジェット放出過程の解明
- 超新星の爆発過程の物理とガンマ線バーストとの関連

の4つの研究テーマを想定している。いずれのテーマも、X線やガンマ線だけではなく、光赤外を加えた多波長連携で観測を行い、可視近赤外光の光度曲線やスペクトルから得られる多様で正確な情報を利用することで、理解が大きく前進することが期待されるものである。これらの観測計画を効率良く推進するには、1.5m望遠鏡の観測時間を重点的に投入して観測を行う必要がある。特に、ガンマ線バーストの観測については、アラートが報じられた夜には、すべてに優先して望遠鏡をガンマ線バーストに向ける必要がある。このような非汎用型で、研究プロジェクトに特化した運用形態は、国立天文台のような大学共同利用機関に属する大型望遠鏡では現在のところ難しく、逆に大学附設の望遠鏡では特長となる。我々は、これまでの高エネルギー天文学と光学観測天文学の実績を活かして、独自のユニークな高エネルギー天体の観測研究を進めながら、西日本における宇宙研究の新しい拠点の形成を目指し、将来の宇宙科学研究の発展に資する人材を多く排出することも目標とする。

2.2 望遠鏡運用計画

同望遠鏡は広島大学の研究開発に用いるほか、シミュレーターとしての機能継承の必要性を鑑み、全国共同利用の形態で望遠鏡時間の一定枠を提供し、支援することにより、国内の装置開発能力および観測研究の機動性の向上に資する。また、中四国・九州地方における初めての本格的な宇宙科学研究の大学拠点として、我が国の宇宙科学研究の発展に大きく貢献すると共に学生の大きな教育需要に応える。

1.5m望遠鏡へ装置を取り付けるポートは、カセグレン焦点とナスミス焦点の2つがある。焦点の切

り替えは、現在は手作業による第3鏡の着脱により行われているが、電動で素早く焦点を交換できる機構を導入する予定である。2つの焦点のうち、ナスミス焦点は基本的に広島大が占有し、ガンマ線バーストの機動的光学観測やガンマ線源の光学同定に用いる広視野(10分角)カメラを常設し、常に観測可能な状態に保つ。一方、カセグレン焦点は、装置開発や共同利用に供し、用途によって広島大が開発する分光器や、その他の持ち込み装置を取り付けられるようにする。望遠鏡時間枠について、広島大学に50%、装置開発と共同利用に30%、センター長時間(メンテナンス、突発天体の共同利用、施設公開などの機動的運用)に20%を充てることを検討している。

また研究利用に支障が無い範囲の中で、当望遠鏡を本学や近隣大学学生、及び地域社会における宇宙科学・天文学・科学リテラシー高揚の起爆剤として利用し、本センターの研究成果のわかりやすい形での公表に努めたいと考えている。具体的には、本センター施設の研修・セミナー等への一部利用を認める予定である。施設の夜間の一般公開について明確な方針は決まっていないが、望遠鏡を通した天体映像や観測所から見た夜空画像の配信を行う予定である。ライブ画像配信や観望会については本学大学院教育学研究科自然システム教育学講座(林武広教授)において多数の実績があり、50cm光学望遠鏡(教育学研究棟屋上)やその他小望遠鏡と連携した地域貢献を企画する。

3 前期シーイング測定による候補地の絞り込み

3.1 活動経過

2003年5月より、岡山天体物理観測所構内において移設候補地を含む数箇所でシーイング調査が行われた。これは、京都大学や岡山天体物理観測所との協力で行われたものである。測定に用いた装置は、DIMM (Difference Image Motion Monitor) 2つで、ここで紹介するデータは、主として京大望遠鏡 WG により開発された可搬型の DIMM (図 3.1; 以下、京大 DIMM) によって得られたものであるが、一部、国立天文台で開発され、太陽クーデ 65 cm 望遠鏡に常設されている DIMM (図 3.2; 以下、太陽 DIMM) を用いて得られたデータも含む [4][5][6]。DIMM は、一定間隔離れた二つの望遠鏡開口を用いて同じ星を撮影し、二つの星像の重心位置の相対的な揺らぎ (= 時間的変動) を測定する装置である。その揺らぎの量からシーイング、すなわち星像の大きさ (正確には、輝度分布の半値幅) を定量的に評価することが出来る [7]。各 DIMM の積分時間は、京大 DIMM が 6.7 msec、太陽 DIMM が 10 msec である。2003年5月から8月にかけて、構内の移設候補地も含めて重点的なシーイング測定が行われた。



図 3.1 京大 DIMM



図 3.2 太陽 DIMM

一方、東広島市周辺でのシーイング測定は、京大 DIMM を借り受けて 2003 年より行われた [5]。まず 5 月に広島大学構内、及び至近の山で車でのアクセスが可能な龍王山において測定が行われたが、パルスジェネレーターの故障のため正確な値が得られなかった (正確にはシーイングの下限値が得られた)。その後、9 月から 12 月にかけて、広島大学構内の他、豊栄町板鍋山、東広島市福成寺付近、および安芸津町保野山にて、各所複数回のシーイング測定が行われた (表紙の図を参照)。この結果、福成寺においてのみ、岡山観測所に匹敵する好シーイング値が得られたため、その後年末に掛けて、度々観測を行った。そのうち 2 晩については、岡山観測所職員の協力を得て岡山太陽クーデとの同時測定も行った。図 3.1 および 3.2 に測定地点を图示する。



図 3.1 岡山天体物理観測所構内のシーイング測定地点 (岡山観測所が所有する写真画像を編集したもの)



図 3.2 東広島市近郊のシーイング測定地点 (「白地図 KenMap」の画像を編集) 注は、測定地点が山頂ではなく、地図から求めた標高であることを指す。

3.2 前期シーイング測定

2003年に岡山観測所構内および東広島市近郊で行われたシーイング測定の結果について紹介する。個々の詳しいデータとその議論については、上田(2004)[5]および岩田(2003)[4]を参照して欲しい。ここでは要約のみを述べる。岡山観測所における各測定日の統計データを表3.1、東広島市近郊の統計データを表3.2に示す。京都 DIMM は約 20 秒、太陽 DIMM は約 0.3 秒にそれぞれ一点の測定結果を記録するようになっており、この表に載せてある結果は、それぞれの DIMM による一晩中の多数の測定点から、中央値や最頻値(0.1 秒角刻み)などを求めたものである。

岡山における測定は、春季に 5 晩(うち 4 晩は太陽 DIMM, 京大 DIMM の両方で測定) 夏季に 3 晩、冬季に 2 晩行った。二つの DIMM で同時に測定が行われた 4 晩のデータを比べてみると、2 晩は太陽クーデの方がより良いシーイング値を示し、他の 2 晩は京大 DIMM の方が良い値を示している。両者の比較について、有効波長の違いや積分時間の違いが及ぼす影響は(後者は風速モデルにもよるがいずれにせよ) 5%以下で、測定精度に比べて無視できると考えられるが [7][8]、測定値が拮抗していることはこれと矛盾が無い。単純に季節ごとの中央値の平均をとってみると、春季 1.2 秒角、夏季 1.2 秒角、冬季 1.3 秒角となる。いずれの季節も 1 秒台前半の値が出ていることになる。1997 年から 2001 年にかけての 188cm 望遠鏡カセグレンオートガイダーの直接撮像データ解析によるシーイング統計によると、平均 1.4-1.5 秒角という値が得られているが [9]、これはドーム内シーイングや光学収差の影響で多少悪化していると考え、今回の結果と矛盾がない。

東広島市近郊においては、装置の故障のため測定が不良であった 5 月を除くと、9 月から 12 月にかけて測定が行われた。参考のため、広島大学の構内において、理学研究科 C 棟と教育学研究科 C 棟のそれぞれ屋上で行われた測定では 1.6-2.4 秒角という結果であった。付近からは絶えず熱が放射されていることを考えると、このような悪い値が得られるのも不思議ではない。

東広島市近郊の測定場所については、東広島市企画部企画課の協力で作成いただいた、山頂付近まで道やインフラが整備されている山のリストも考慮して、内陸の豊栄町板鍋山から南へ順に、東広島市龍王山、東広島市福成寺、そして瀬戸内海沿岸の安芸津町保野山までの 4 箇所が選ばれた。このうち龍王山では、装置故障のため正確な結果は得られていないが、シーイング値は 1 秒台後半より悪いと概算されるほか、光害がひどいことから、移設候補地からは外し、追測定は見送った。

板鍋山では、秋季に 2 晩の測定が行われた。いずれも快晴夜で、麓ではほとんど風が無い状況での測定であったが、山頂は比較的風が強く、2 晩とも中央値で 2 秒角前後、1 秒角以下の割合が 2%という結果であった。板鍋山は標高 757.2 m で、標高 350-500 m の内陸型高原台地を、天神嶽(757.5 m)、西原山(733 m)などと共に囲むローカルな孤立峰である。周囲で視界を妨げる地形は特に無い(但し、放送用アンテナなどの鉄塔が乱立しており望遠鏡の建設には不適のように思われる)が、測定結果は周辺のシーイング環境があまり良くは無いことを示唆している。

保野山では、12 月初旬に 2 晩の測定が行われた。諸事情から標高 296 m の保野山頂ではなく、西へ 500m ほど離れた標高約 280m のピークにおいて測定がなされた。2 晩の中央値はそれぞれ 1.4 秒角、1.8 秒角となっており、広島大学構内や板鍋山よりは良いシーイング環境にあると言えるが、平均 1.2 秒角の岡山観測所とくらべると見劣りがする。

一方、福成寺であるが、最初の測定日に台風(21号)くずれの発達した低気圧が支配する強い冬型の気圧配置で風も強い状況下において中央値 1.8 秒角という結果が得られたものの、それ以外の 6 晩については、冬型の気圧配置の日も含め、中央値で 0.9-1.4 秒角と、岡山観測所に比べても遜色ない値が得られた。冬場は、日本上空の圏界面を時速 100-200km のジェット気流が横切り、大気中のせん断運動による温度乱れが促進されるためにシーイングが悪化すると考えられているが [2][3]、それでも 1 秒台前半の値を平均的に出していることは、福成寺周辺のシーイング環境が、岡山観測所程度に良いことを示していると考えられる。

表 3.1 岡山天体物理観測所構内における 2003 年シーイング測定結果

測定場所	測定日	シーイング (星像輝度分布の半値幅)		
		中央値(秒角)	最頻値(秒角)	1 秒角以下の割合
太陽クーデーム内 (太陽 DIMM)	2003-05-01	1.1	1.0	38 %
	2003-05-02	0.8	1.0	74 %
	2003-05-27	1.3	1.1	17 %
	2003-05-28	1.5	1.2	8 %
	2003-12-16	0.8	0.6	90 %
	2003-12-24	1.7	1.6	1 %
太陽クーデ屋上	2003-05-01	1.2	1.0	28 %
	2003-05-27	1.0	0.7	49 %
	2003-05-28	1.2	0.9	36 %
移設候補地	2003-05-02	1.3	1.2	12 %
	2003-08-02	1.2	1.1	18 %
CT2 タワー	2003-07-31	1.4	1.3	6 %
	2003-08-01	1.0	0.8	50 %
DIMM ドーム	2003-05-29	1.5	1.3	3 %

表 3.2 東広島市近郊における 2003 年シーイング測定結果

測定場所	測定日	シーイング (星像輝度分布の半値幅)			コメント
		中央値(秒角)	最頻値(秒角)	1 秒角以下の割合	
広島大学 理学研究科 (C 棟屋上)	2003-09-16	2.0	1.7	3 %	晴れ、微風
	2003-09-17	2.4	2.6	0 %	晴れ、微風
広島大学 教育学研究科	2003-08-06	1.6	1.6	3 %	晴 曇、微風
板鍋山 (標高 757m)	2003-09-26	2.2	1.4	2 %	快晴、弱風
	2003-10-08	1.9	1.9	2 %	快晴、弱風
福成寺 (標高 460m)	2003-12-01	1.8	1.5	2 %	晴れ、強風
	2003-12-03	1.1	1.1	44 %	快晴、微風
	2003-12-08	1.3	1.0	15 %	晴 曇、無風
	2003-12-10	1.4	1.4	24 %	薄曇、弱風
	2003-12-14	1.0	0.8	55 %	晴れ、微風
	2003-12-16	0.9	0.7	64 %	薄曇、微風
	2003-12-24	1.3	1.1	23 %	晴れ、弱風
保野山 (標高 280m)	2003-12-02	1.4	1.3	11 %	晴れ、微風
	2003-12-04	1.8	1.9	8 %	快晴、弱風

3.3 福成寺と岡山天体物理観測所とにおける同時シーイング測定

福成寺と岡山観測所とのシーイング環境の優劣を比較する手段のひとつとして、岡山観測所と同時にシーイングを測定することが挙げられる。福成寺と岡山観測所は東西に 80 km ほどしか離れておらず、標高差も 100 m 以下、瀬戸内沿岸からの距離も共に 10 km 程度とよく似た地理環境にあることから、大局的な気象条件で決まる上空のシーイング環境は、ほぼ同じであると仮定して良いであろう。すなわち、同時シーイング調査によって、ローカルな地形要因等で決まる接地境界層のシーイングへの影響の差が判断出来そうである。そこで、岡山観測所のスタッフの協力を得て、福成寺と岡山観測所とで同時シーイング測定が行われた。

結果を表 3.3 および図 3.3 に示す。これを見ると、12 月 16 日は中央値で岡山が 0.8 秒角、福成寺が 0.9 秒角と、岡山の方が良い結果を出しているが、24 日は岡山の 1.7 秒角に対し福成寺が 1.3 秒角と、福成寺の方が良い値を示している。参考までに、16 日は高気圧に覆われた比較的穏やかな日和であり、測定時の観測所構内は風速 1 m/sec 程度であったが、24 日は冬型の気圧配置で、北寄りの 5 m/sec を超える風が測定中絶えず吹いていた。2 晩だけの比較ではあるが、福成寺の方が、気圧配置によらずに安定したシーイング環境を示している。

この結果から、福成寺のシーイング環境は岡山観測所と同程度に良い、という観測事実がより信頼性を持つことになった。シーイング測定の結果は動かしようが無い観測事実である。福成寺は大学キャンパスや新幹線の駅からのアクセスも良く、立地条件は非常に良いことから魅力的ではある。半世紀前、全国規模の調査で岡山観測所の立地場所が選定されたことを考えると、このような好条件の場所に比較的短い調査で巡り合えたことは幸運である。しかし逆に、調査期間は短いけれども、80 km しか離れていない岡山観測所の歴史があるからこそ、その比較によって福成寺の観測環境の良さが信頼できるのであるとも思われる。我々は、東広島市近郊での候補地を福成寺周辺に絞り、より詳細な観測環境や社会的条件の調査を進めることにした。

表 3.3 福成寺、岡山同時シーイング測定結果

測定日	地点	中央値 (秒角)	最頻値 (秒角)	1 秒角以下 の割合
12 月 16 日	岡山	0.8	0.6	90 %
	福成寺	0.9	0.7	64 %
12 月 24 日	岡山	1.7	1.6	1 %
	福成寺	1.3	1.1	23 %

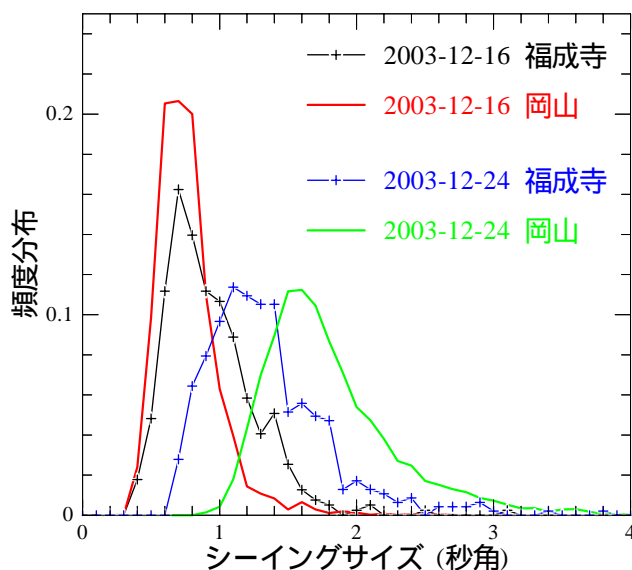


図 3.3 同時シーイング測定結果のヒストグラム

4 福成寺周辺の観測環境

ここでは、福成寺周辺の科学的観測環境について、より包括的に調査した結果を報告する。福成寺周辺のシーイング環境が良好であることがわかったが、測定された期間は2003年12月のみと短い。他の季節にも測定を行わなくては信頼性に乏しい。光学観測には、夜空輝度も重要な条件となる。また、ローカルな気象条件も把握し、本格的な立地条件を満たすことを確認しなくてはならない。以下に、各項目について順に報告する。

4.1 福成寺周辺の地理環境

瀬戸内地方は、年間を通じて雨が少なく晴れが多い。これは江戸時代より、現在の兵庫県から山口県に至る各地で入浜式塩田が発達したことからわかる。福成寺は、その瀬戸内沿岸から約7.5 kmに位置する丘陵地にある(図4.1)。この丘陵地は、瀬戸内沿岸と、広島大学東広島キャンパスがある西条盆地との分水嶺に対応する。西条盆地の標高は200mを越え、風も穏やかで、日によっては朝霧に沈むことがある。福成寺周辺の住民に聞くと、その霧は盆地から上がってくることはないそうであるが、現地における明け方の湿度変化については注意する必要があるとされている。

福成寺はJR山陽新幹線東広島駅から車で5分の距離にある(図4.2)。また福成寺から南東へかけては開拓地が広がり(図4.3)、段々畑が美しい。駅方面から福成寺周辺までは、幅6mの舗装道路が通じており、交通は便利であるが、それよりも奥の開拓地へは幅が狭く畦が高い未舗装道になっており、軽四駆でないとなり入るのが難しい状況である。

ところで、福成寺の東南東1.1 kmにある洞山(標高544.6 m)地域はかつて、現在広島空港がある本郷町用倉地区と共に、空港の建設候補地に選ばれ、その建設計画のため広島県により1982年から1983年にかけて詳細な気象調査が行われた経歴がある。天文台建設の検討のみ利用という条件で、その1年間の調査報告書を手に入れたので、そのデータも気象把握の参考とすることにする。

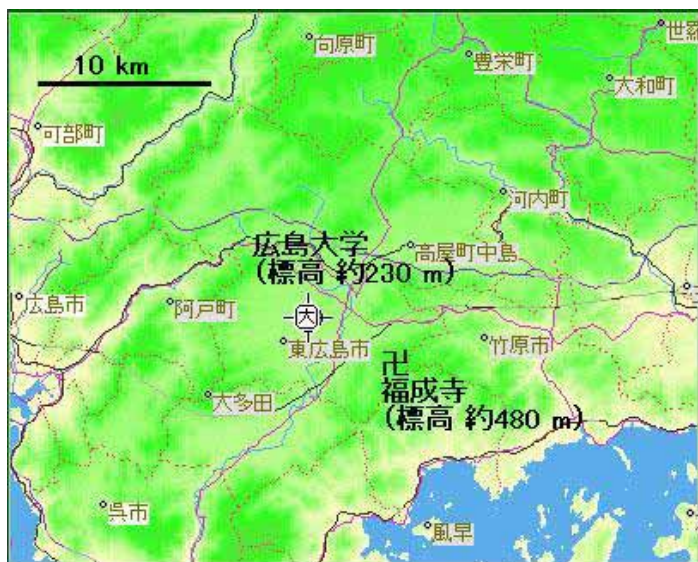


図 4.1 福成寺の地理環境。標高が高くなるにつれ、白色から濃い緑色へと塗り分けられている。水色の部分は瀬戸内海。福成寺は瀬戸内沿岸と大学のある西条盆地の、分水嶺となる丘陵地の中にある。(「地域情報検索エンジン onMap」の画像を編集)



図 4.2 西条盆地の地図と福成寺がある丘陵地の位置関係。標高500m以上の地域は緑色で着色してある。洞山はこの丘陵地で最も高い山である。(Mapion 画像を編集)

4.2 シーイング

2003年12月のシーイング調査により、福成寺周辺のシーイング環境が良いことがわかったが、シーイングは気象や地形的な要因により変わることが知られている。そこで、2004年4月から5月の入梅前に福成寺周辺の数箇所においてシーイング調査を行い、他の季節におけるシーイングはどうか、多少離れた場所ではどうかを把握する基礎資料を得ることとした。

4.2.1 シーイング測定結果

測定地点の選択は、機材運搬が可能な道路脇で視界も十分に得られる、という条件を満たす場所で、且つ、福成寺周辺の数箇所の移設候補地付近をなるべくカバーする、という基準のもとに行われた。測定地点を図4.3に示すとともに、測定地点の風景をいくつか図4.4に紹介する。なお、前節で紹介した2003年12月の測定はすべて、福成寺進入道で行われた。

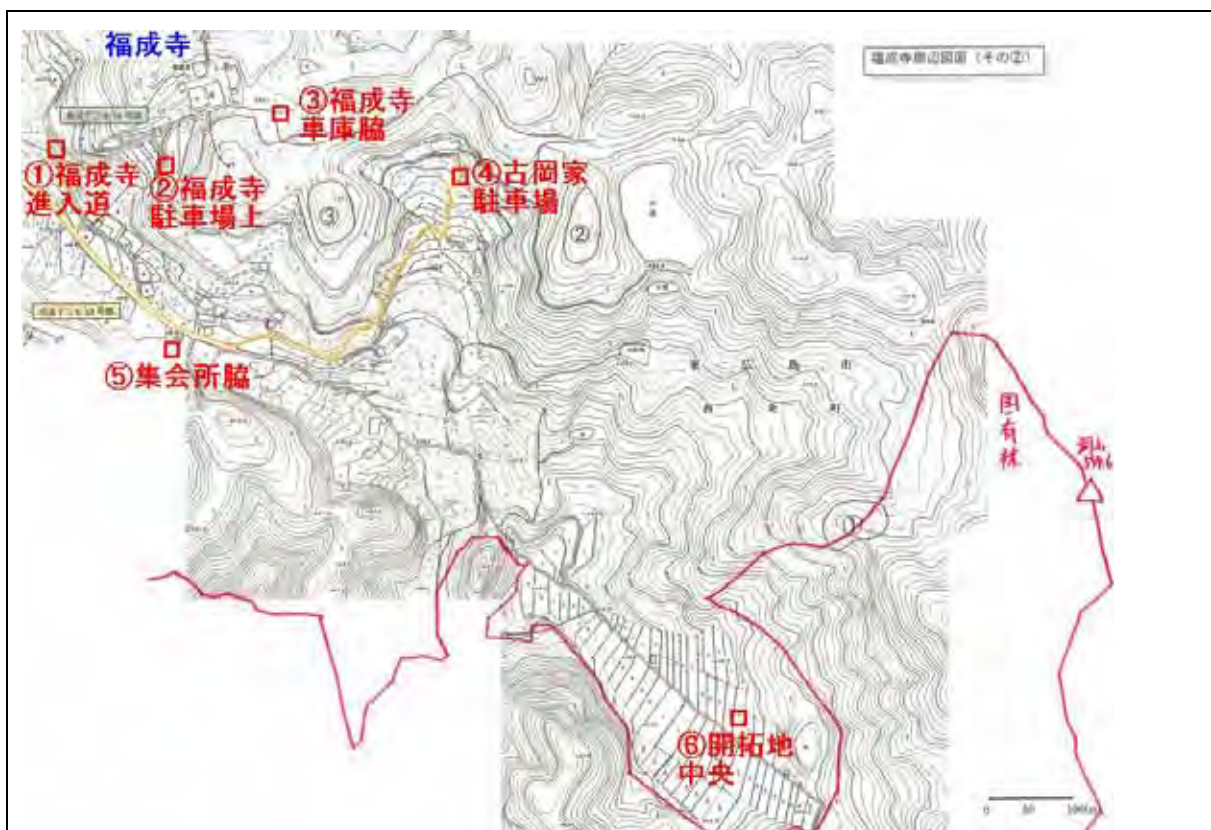


図 4.3 シーイング測定地点



図 4.4a 福成寺進入道



図 4.4b 福成寺車庫脇



図 4.4c 開拓地中央

4.2.2 シーイング測定結果

福成寺周辺におけるシーイング測定はすべて、京大 DIMM を借り受けて、各測定地点に持ち込ん

で行われた。すべての測定結果の統計量を表 4.1 にまとめる。図 4.4 には図 4.3 にシーイングの典型値を記入したものを載せる。福成寺周辺ではいずれも 1 秒台前半の値を記録している。

表 4.1 福成寺周辺におけるシーイング測定結果

	測定日	有効データ点数	シーイング (秒角)			# 秒角以下の割合	
			平均値と	中央値	最頻値	1.0	1.5
福成寺進入道	2003.12.01.	316	1.83 ± 0.45	1.79	1.5	2 %	23 %
	2003.12.03	580	1.07 ± 0.31	1.05	1.1	44 %	91 %
	2003.12.08	163	1.34 ± 0.35	1.31	1.0	15 %	68 %
	2003.12.10	423	1.45 ± 0.62	1.37	1.4	24 %	60 %
	2003.12.14	480	1.03 ± 0.31	0.96	0.8	55 %	93 %
	2003.12.16	394	0.94 ± 0.33	0.88	0.7	64 %	95 %
	2003.12.24	466	1.34 ± 0.45	1.26	1.1	23 %	73 %
	2004.04.29	471	1.23 ± 0.31	1.20	1.3	25 %	79 %
	2004.05.24	35	0.93 ± 0.24	0.87	0.8	66 %	97 %
2004.05.28	128	1.03 ± 0.28	1.01	0.9	48 %	95 %	
福成寺駐車場上	2004.05.10	106	1.24 ± 0.20	1.23	1.3	13 %	90 %
福成寺車庫脇	2004.05.11	120	0.87 ± 0.17	0.86	0.9	78 %	100 %
古岡家駐車場	2004.05.10	72	1.06 ± 0.21	1.05	1.2	39 %	96 %
	2004.05.14	305	1.53 ± 0.41	1.48	1.4	7 %	51 %
	2004.05.22	275	1.63 ± 0.37	1.61	1.8	2 %	39 %
	2004.05.23	343	1.40 ± 0.33	1.37	1.3	10 %	65 %
	2004.05.24	186	1.45 ± 0.39	1.40	1.4	10 %	61 %
	2004.05.28	79	1.52 ± 0.30	1.51	1.4	4 %	47 %
集会所脇	2004.05.05.	378	1.33 ± 0.38	1.25	1.2	15 %	75 %
開拓地中央	2004.05.06	200	2.22 ± 0.53	2.19	2.1	0 %	7 %



図 4.3 2004 年春季の福成寺周辺各測定地におけるシーイング典型値 (表 4.1)

福成寺周辺数百メートルほどの地域では、いずれも一秒台前半の好シーイング環境にあることがわかった。第一候補地について、詳しくは第 5 節を参照のこと。

4.2.3 福成寺周辺のシーイング環境

この結果をみると、福成寺を中心とする半径 400 メートルほどの地域はいずれも 1 秒前半のシーイングを記録しており、一帯が好シーイング環境にあることがわかった。この中でも特に、昨年冬からシーイングを測定している 福成寺進入道では、春季も 1.2, 0.9, 1.0 秒角と安定して良い値を出していることは特筆に値する。この場所は、図 4.4a からわかるように道路が崖となって（直下の畑から約 5m の高さ）せり出したようになっており、他の場所に比べて接地境界層の影響が軽減されているのではないかと考えられる。

測定した中で最も良い値を記録した 福成寺車庫脇は、第一候補地（第 5 節参照）にほど近い鞍部にあるが、周囲は竹林で囲まれた窪地のようになっている。ここは、後に述べる気象調査で、周囲に比べて夜から明け方の湿度が高く推移しており、夜間の風の流れが止まることによってより良いシーイングが得られているという描像が得られる。一方、開けた窪地となっている 古岡家駐車場においてはシーイングがやや良くないようである。窪地になっていることで風の流れによる接地境界層の乱れの影響が出ているのかもしれない。この傾向が顕著なのは、南東に離れた場所にある開拓地である。高原状の土地であるが、周囲が高く窪地となっている場所である。軽四駆 2 台を都合して乗り込み、いざ測定したものの、シーイングは 2 秒角を越えていた。

より正確に判定するには測定を重ねる必要があるが、これらの測定から、少なくとも福成寺近隣数百メートルについては、岡山観測所と同程度のシーイング環境にあると言って良いであろう。シーイングには地形と風が影響すると考えられているので、より理解を深めるには気象測定結果も合わせて考慮することが求められる。福成寺周辺の気象測定結果について、4.4 節に述べることにして、次に福成寺周辺の夜空輝度について報告する。

4.3 夜空輝度

夜空による背景放射は光学観測においてノイズ源となるため、なるべく少ないことが望ましい。ここでは福成寺周辺における夜空輝度を測定して、岡山観測所における輝度と比較することを目標とする。

4.3.1 測定方法

測定は 2003 年 12 月 21 日、24 日、および 25 日に、京大望遠鏡 WG から借り受けた CCD カメラ一式（SBIG ST-7E、カメラレンズ $f=50\text{mm}$ 、フィルター HOYA HA-30+R-60）を用い、京大望遠鏡 WG とほぼ同様の方法で測定し、データ処理を行った [10]。すなわち、擬似的な Cousin- R バンドフィルターとカメラレンズを取り付けた CCD カメラを三脚に載せ、フォーカス合わせをした後（測光精度を出すため星の区別できる範囲で若干デフォーカスにする）、高度 30 度と 45 度において、方位角で 45 度ずつずらして、それぞれ 15 秒間露出することを繰り返した後、天頂付近で位置をずらしながら 10 枚露出する、というものである。測定地点は、図 4.3 における 福成寺進入道である。較正データについて、ダークフレームは測定の前後に撮影し、フラットフィールドフレームについては天頂のフレームからメジアン画像を得て代用する。測光の較正は、これらは別に多数撮影した標準星フレームから大気補正係数を求めて行った。このフィッティングから得られる 1 フレームあたりの誤差はおよそ ± 0.2 等となり、京大 WG の測定とほぼ同等の測定がなされたと言えよう。

4.3.2 輝度測定結果

快晴に恵まれた 12 月 21 日と 24 日の測定結果を図 4.4 に示す。測定は 19:00 前後と 21:00 前

後の二つの時間帯に行われた。この時期は新月期で、月の影響は皆無である。また、この時期の天文薄明終了は 18:30 頃で、太陽光の影響は含まれないと期待されるため、両者の時間帯での明るさの変化は市民活動によるものであると考えられる。この時間帯の変化は目で見ていても明らかであったが、21:00 以降については時間変化は目立たなかった。

図から、西条市街の方向である北西方向の明るさが際立っていることがわかる。21:00 における北西方向高度 30 度の輝度は、両日とも天頂に比べて 1.3 等 (3.3 倍) ほど明るくなっている。また比較的小さい東～南向きの空でも、高度 30 度では天頂に比べて約 0.5 等 (1.6 倍)、高度 45 度では約 0.3 等 (1.3 倍) ほど明るくなっている。通常の観測は、見通す大気の厚さが天頂の 2 倍を越えない高度 30 度以上で行われるが、月明かりが無い澄んだ日には、殆どの観測において背景光は 19 等級以下となることが期待される。

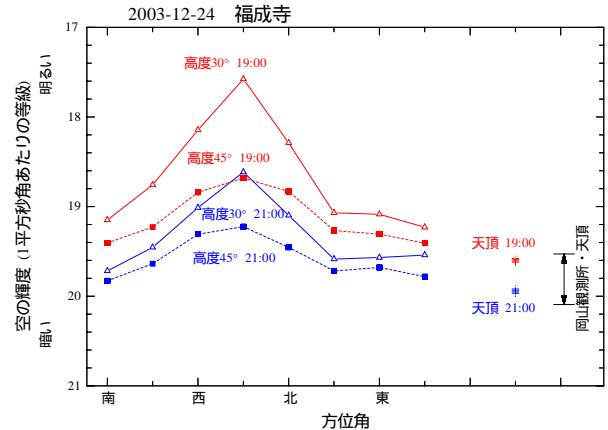
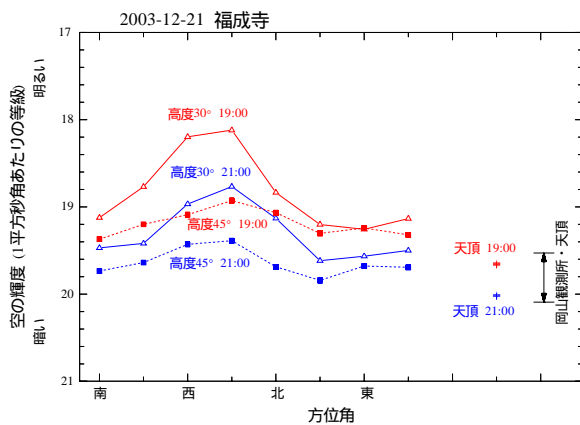


図 4.4a 12月21日 (快晴、月齢27日)

図 4.4b 12月24日 (快晴、月齢1日)

快晴夜の Rバンドにおける夜空輝度の方位角分布。高度 30 度、45 度、90 度 (天頂) の測定結果が示してある。縦軸について、1 等級の違いは、リニアスケールの輝度で約 2.5 倍の違いに対応する。19:00 と 21:00 とで明るさに大きな時間変化がみられるが、これは市民活動の影響によるものである。比較のため岡山観測所における天頂輝度もパネルの右端に示してある。

次に天頂の結果に絞って議論する。図 4.5 に、天頂における夜空輝度の時間変化を示す。快晴夜にみられる時刻と共に暗くなる傾向は、薄曇りの 12 月 25 日はみられなかった。これには薄雲の光学的厚さの時間変化の影響も含まれているだろう。総じて、福成寺の天頂における夜空輝度は、月明かりの無い快晴夜で 20.0 等程度であり、薄曇りの日にはそれよりも 1 等ほど明るくなるという結果が得られた。

その瀬戸内沿岸から約 7.5 km にある標高 500m 前後の丘陵地に位置する。この丘陵地は、瀬戸内沿岸と西条盆地との分水嶺に対応する。このことから、福成寺の気象は、瀬戸内沿岸と西条盆地の中間的なものになることが予想される。ここではまず、この地方の大局的な気象に対する福成寺の気象の位置づけについて考察したい。洞山と福成寺とは距離にして 1.1 km、高度で 60m しか違ってしかいないのでほぼ同じ気象状態と考えてよからう。

洞山の測定によると、1982 年 5 月 16 日から 1983 年 5 月 15 日までの年間降水量は 1350.0mm である。一方、福成寺に近い 2 つのアメダス測定地点は、東広島（西条盆地西側）と竹原（瀬戸内沿岸）であるが、両地点における同時期の降水量は、東広島が 1523.5mm、竹原が 1136.0mm となっている（但し洞山の測定期間に合わせるため、1982、1983 両年の 5 月のデータは平均して用いた）。つまり、洞山の雨量は、東広島と竹原の中間的な値となっている。

洞山は位置的にも東広島と竹原のアメダス測定点の中間に位置しているが、降水量が中間になることは、気象の傾向も両者の中間の値をとることが期待される。山陽地方においては年間日照時間や降水量は瀬戸内沿岸からの距離でほぼ決まっていると言ってよく（図 4.6）洞山や福成寺の気象が、瀬戸内沿岸の竹原と、西条盆地西部に位置する東広島の、それぞれのアメダスポイントの中間的な傾向を示すと考えるのは、リーズナブルであろう。

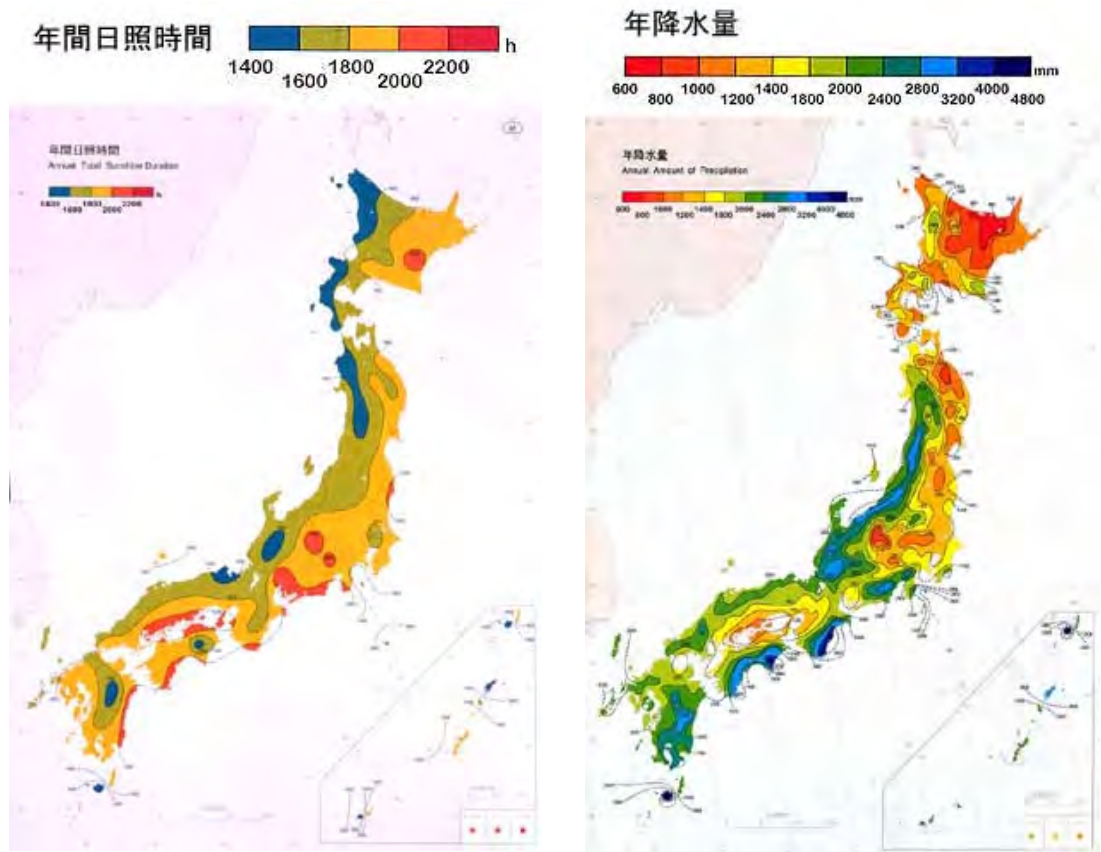


図 4.6 年間日照時間と年間降水量の分布図（日本気候図 1990 年度版，気象庁刊より抜粋） [16]

4.4.2 日照時間に関する東広島・竹原地方と笠岡・倉敷地方の比較

光学観測において最も重要である気象パラメーターの一つは、夜間の晴天率である。しかし、福成寺における過去の夜間晴天率の資料は殆ど無い。ここでは、夜間の晴天率に直接関係があると思われる日照時間で比較を行う。なお夜間の晴天率に関係があると思われる別パラメーターである湿度変化（夜霧、朝霧の類）については現地気象調査の項で述べる。気象衛星による赤外線画像解析については、前述の理由で信頼性に問題があると判断し見送った。

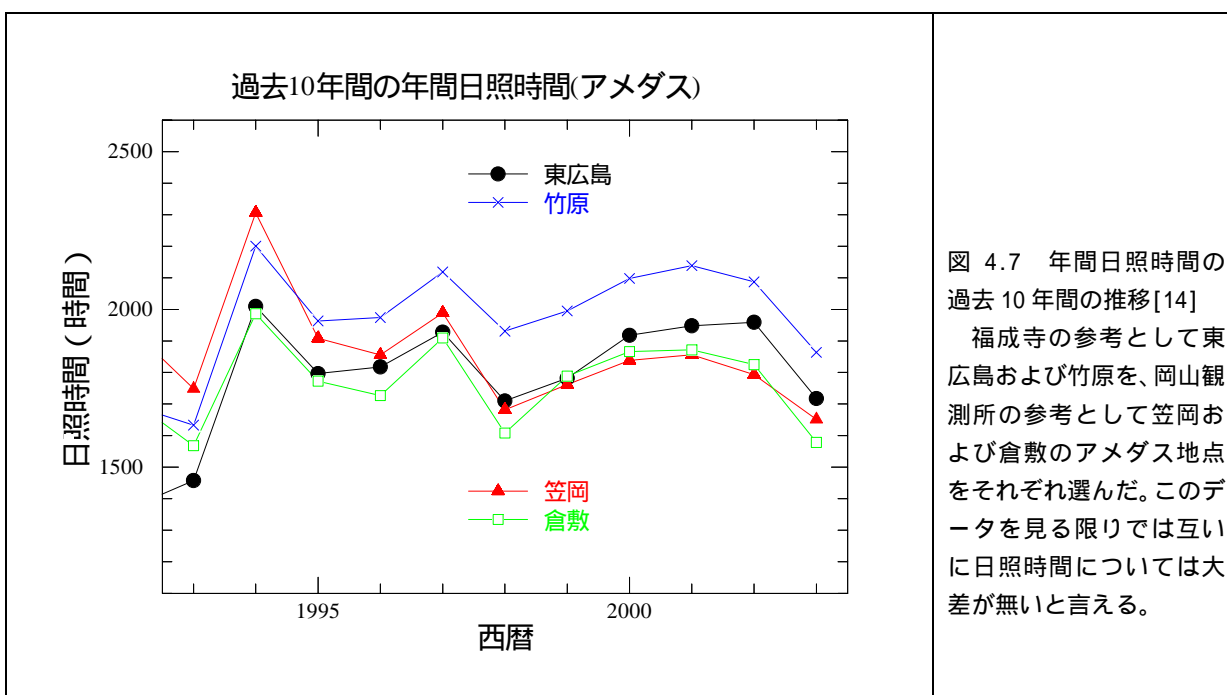
日照時間が計測されているアメダス測定地点のうち、福成寺に至近の 2 箇所は前述の東広島と

竹原であり、岡山観測所に至近の2箇所は笠岡と倉敷である。これらの位置関係について、表4.2にまとめる。

表4.2 福成寺および岡山観測所の参考にしたアメダス地点

対象地名	至近アメダス地点	対象地からの地理的位置	コメント
福成寺	東広島	西北西 9 km	標高 224 m、西条盆地西部
	竹原	東南東 21 km	標高 5 m、瀬戸内沿岸
岡山天体物理観測所	笠岡	南西 11 km	標高 0 m、瀬戸内沿岸
	倉敷	東 19 km	標高 3 m、岡山 / 倉敷平野

これら4箇所の過去10年間の日照時間をグラフにしたものが図4.7である。東広島と竹原とを比べると、瀬戸内沿岸にある竹原の方が東広島に比べて年間150-200時間ほど日照時間が多いことがわかり、福成寺はこの中間値をとることが期待される。一方、笠岡と倉敷はともに瀬戸内ないしはそれに面する平野部にあり、100-200時間ほど笠岡の方が多い年もあるものの、ここ数年はほぼ同じ日照時間となっていることがわかる。ここ数年だけで比べると、笠岡・倉敷地方よりも、東広島・竹原地方の方がやや日照時間が多く推移しているものの、全体としては明確な差はみられず、福成寺と岡山観測所の大局的な日照時間は同程度と考えて良いであろう。



4.4.3 福成寺周辺候補地のローカルな気象

大局的な傾向として福成寺と岡山観測所との日照時間は同程度であるようである。一方、気象庁データベースからは、福成寺周辺の丘陵地帯におけるローカルな気象の傾向を探ることは困難である。洞山については過去に1年間の測定データを入手できたが[15]、一ヶ月ないしは季節ごとに平均化されるなど、整理されたデータになっており、気象変動の細かい特徴を知ることは難しい。そこで、独自に気象センサーを設置して、福成寺周辺のローカルな気象特性を把握することにした。

測定に用いた器具は、岡山観測所での気象モニターに用いられているものと同類の「ウェザーステーション ヴァンテージ・プロ」(米国デービス社製、日本代理店 株AOR)1機と、携帯可搬型の「エコログ」(中村理工工業株式会社製)7機である(図4.8)。ヴァンテージ・プロは気温、

相対湿度、気圧、風速、風向、日射量、雨量を測定できるが、一定の電力を消費するため、電気を確保できる場所に置く必要がある（太陽電池モデルもあるが、視界が開けた場所でなくてはならない）ため、我々は地域の了解を得て、福成寺近隣の集会所の屋上にセンサーを設置することにした。データは接続する PC に、10 分間に一度記録される設定とした。一方、エコログについては、電池式の携帯型で、気温、相対湿度、気圧、光量、騒音を測定でき、30 分に 1 度の設定なら 1 ヶ月にわたり記憶できるため、インフラの無い候補地にも設置できる。我々は土地所有権者の了解を得て、福成寺周辺の候補地など 6 箇所にエコログを設置した（図 4.9）。気温と相対湿度の測定精度は、それぞれのマニュアルによると、ヴァンテージ・プロ / エコログの順で、 $\pm 0.5 / \pm 1$ 、 $\pm 3\%$ (90%以上なら $\pm 4\%$) / $\pm 5\%$ (60%以下) となっている（参考までに、同環境下で試験した際の 7 台のエコログの気温および湿度のばらつきは、peak-to-peak で 0.7、5%であった）。これらの気象データは、ヴァンテージ・プロが 2004 年 4 月 28 日から、エコログが同 5 月 14 日より継続して得られており、1、2 週間おきに現地をまわって回収している。



図 4.8 集会所屋上に設置されたヴァンテージ・プロの屋外センサー（左）と、候補地の山中に設置されたエコログ（右；雨よけのカバーの中に据えてある）



図 4.9 気象センサーの設置場所

ヴァンテージ・プロ（据付型）
集会所屋上（地上高～5m）

エコログ（電池式携帯型）：
集会所軒下
九品堂脇
第 2 候補地
第 1 候補地
第 3 候補地
福成寺車庫脇

これらのセンサーにより得た気象データを解析する前に、福成寺周辺の大まかな傾向を把握しておきたい。洞山における湿度と気温の日変化について[15]、季節ごとの平均をプロットしたものを図 4.10 に載せる。比較のため、岡山観測所における季節平均(2002-2003 年)についても、データベースから取り寄せたもの[17]をプロットしておいた。これを見ると、洞山において夏季、秋季、冬季と洞山における夜間の湿度が 80%台後半に達していることがわかる。光学観測において高湿度状態では、主鏡面が結露して反射率や結像性能が格段に落ちてしまうため観測が行えない。また結露すると、アルミ蒸着面の劣化が激しい。岡山観測所では、ビジターズガイドにおい

て、外気の湿度が 95%を超える場合（又は主鏡付近の湿度が 90%を超える場合）にはドームを閉じて観測を中止させている。このことから夜間の湿度が高く推移することは注意する必要がある。ただし、この洞山の結果は必ずしも悲観的なものではない。つまり、これは曇りや雨の日も含んだ平均であって、そもそも観測が不可能な日（で且つ湿度が高いと期待される日）も含まれていること、およびこの年は冷夏で特に7月や9月の雨量が多かったことから平均湿度も高めであったと推定されること、および（平均値 + 標準偏差）が相対値としての限界である 100%近くまで達していることは（平均値 - 標準偏差）を大きく下回る日も多数存在することを指している、などが理由である。ただしこのままでは楽観は出来ないので、以下では湿度変化には多少注意することにして、福成寺周辺で得られたデータを見て行くことにする。

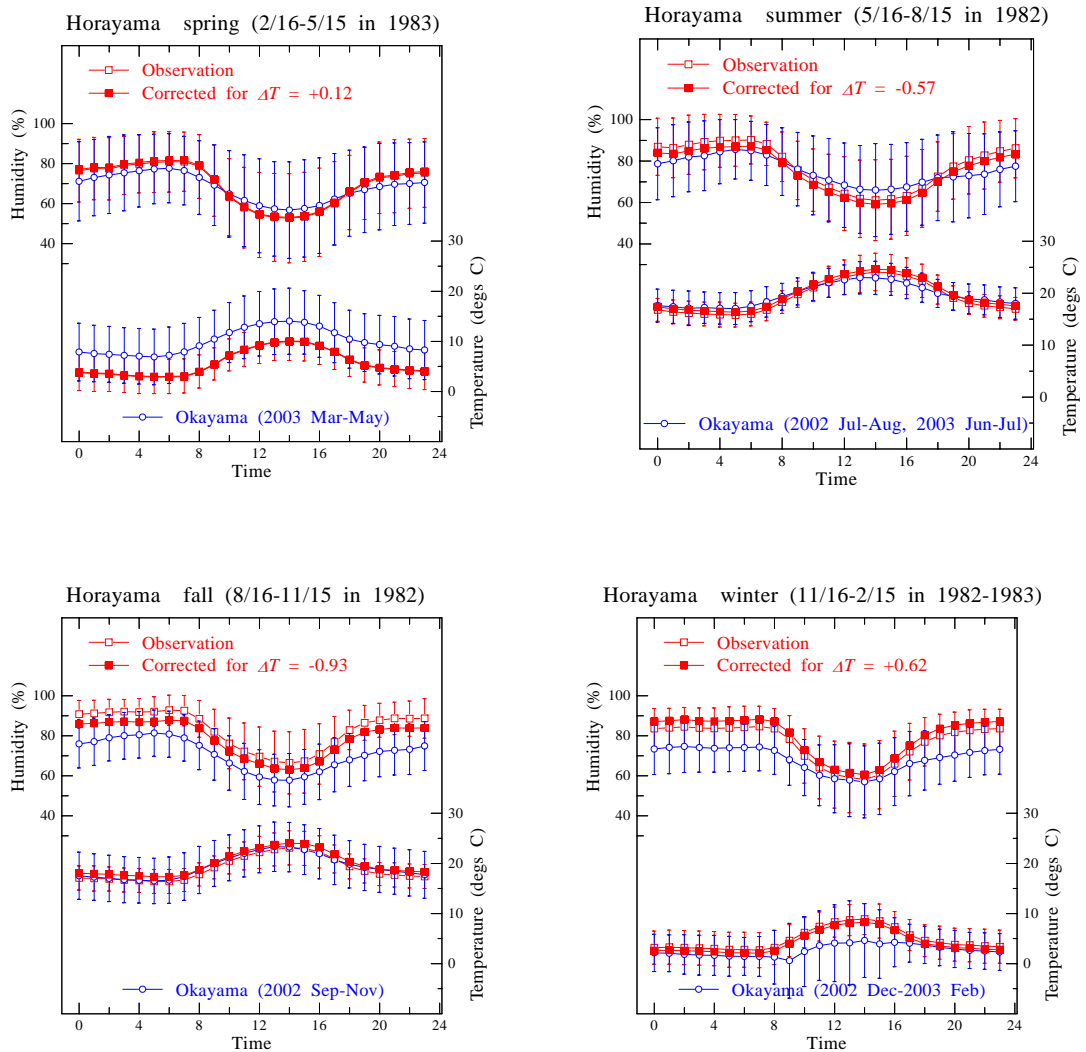


図 4.10 1982-1983 年の洞山における湿度と気温の日変化の季節平均。上段が左から春季(2/16-5/15)、夏季(5/16-8/15)、下段が左から秋季(8/16-11/15)、冬季(11/16-2/15)のもの。比較のため、岡山観測所における 2002 年の季節平均を青でプロットしてある。誤差棒は標準偏差である。湿度については、各季節の呉と福山の気温の平年値との偏差（1982 年夏季から 1983 年春季まで順に、 -0.57 、 -0.93 、 $+0.62$ 、 $+0.12$ ）を考慮し、シャルルの法則及び Sonntag の飽和水蒸気圧の式を用いて、「湿度の平年値」を換算し、塗り赤四角で示した。これを見ると、夏季、秋季、冬季と夜間の湿度が平均的に 80%台後半と高い値で推移している。ただし、これは雨の日も含む単純平均値であること、1982 年夏季は冷夏で雨も多かったこと、特に 7 月や 9 月は停滞前線や台風の影響が大きかったこと[15]、（平均値 + 標準偏差）が最大値である 100%近くにまで達していることは、（平均値 - 標準偏差）を大きく下回る日も多数存在することを指している、などに注意する必要がある。

まず、設置したセンサーにより得た気象データの典型例を見よう。図 4.11 と 4.12 に、6 月上旬に福成寺周辺で得られた気象データの時間変化を示す。比較のため、岡山観測所（188cm 鏡ドーム脇）および洞山の季節平均データと比較したのも載せてある。

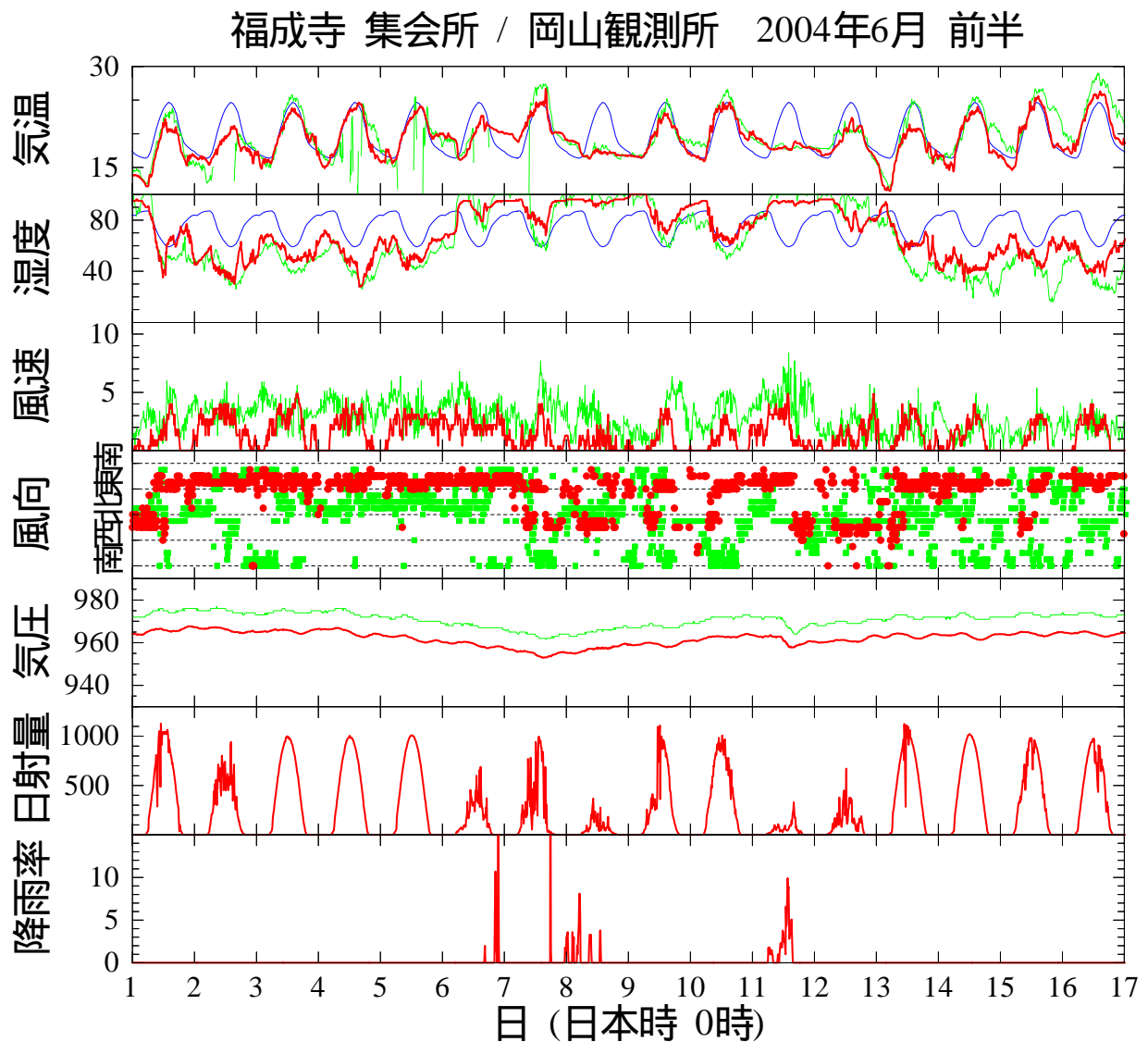


図 4.11 福成寺集会所で得られた 10 分おきの気象データの例。上から順に温度 ()、相対湿度 (%)、風速 (m sec^{-1})、風向、気圧 (hPa)、日射量 (W mm^{-1})、降雨率 (mm hr^{-1}) で、6 月 1 日から 16 日までの時間変化をプロットしてある。集会所のものは赤線又は赤点で示してあり、緑色は岡山観測所の 188cm 鏡ドーム脇のデータ (1 分おきに記録されたものを間引いて 10 分おきにした。気温については一部欠損がある) で、青線は 1982 年の洞山における一日の気温・湿度推移の夏季平均 (5 月 16 日-8 月 15 日) である。

2004年6月 福成寺周辺候補地

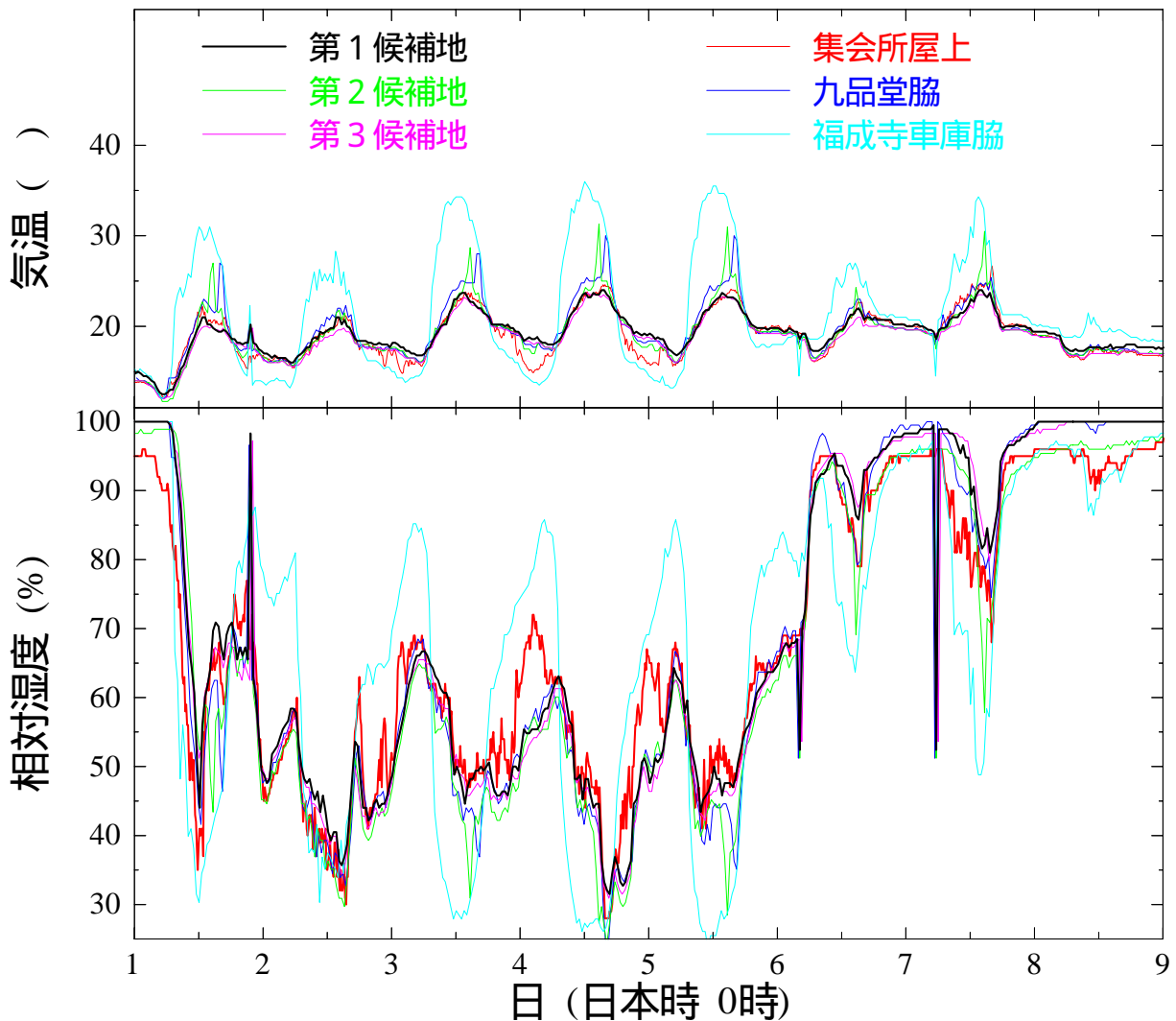


図 4.12 福成寺周辺の各候補地（第 5 節参照）参考地、および集会所で得られた気温と相対湿度の例。第二候補地や九品堂脇で見られる昼間のピーキーな変動は、センサーに直射日光が当たったための変化で多くは有意なデータでは無いことに注意する必要があるが、1 日夜や 6 日朝、7 日朝の急激な変動は各候補地に共通しており、リアルと見てよいであろう。この図は一例であるが、候補地（ピーク）と集会所との違いや、候補地と近隣の窪地（車庫脇）での違いがよくわかる。

図 4.11 において、日射量がきれいな山形の推移をしている日は、福成寺周辺は快晴と考えてよく、山形がくずれている日は晴れ（薄雲を含む）又は曇りと考えてよい。降雨があった日は降雨率のグラフから判別できる。この図を見ると、(1)気温と湿度について、福成寺と岡山観測所はだいたい似た推移をしているが、(2)夜間の湿度は福成寺が高めであることが多い、(3)夜間の風速について岡山では昼と変わらず毎秒 2-3m の風が吹いているのに対して、(4)福成寺は風が殆ど止むことが多い、(5)福成寺の風向は西北西ないしは東南東に二元化している、などの特徴が見られる。(2)(4)は良く相関しており、風が止んで気温が下がり、湿度が上がる傾向は福成寺においてよくみられる。これについては後にまた議論する。

図 4.12 には、集会所のほか、候補地のピークを含む数箇所の気温と湿度の変化をプロットしてある。候補地と集会所での気温や湿度の推移はよく似てはいるが、よくみると、集会所において 4 日の 0 時過ぎや 5 日の 0 時前後には、候補地に比べて気温が下がり、湿度が上昇しているこ

とがわかる。この時は集会所において風が止んでいることから（図 4.11）、夜間の湿度や気温の変化には風の影響が大きいことが、このグラフからもわかる。また、窪地である福成寺車庫脇では、昼間は日射の影響もあって気温が上がり湿度も下がるが、夜間には冷え込み、湿度も高くなっている。ここは最良のシーイングを記録した場所でもあり、風が遮られることが原因でこのような変化を示すと考えられる。

以下では、福成寺周辺において得られた気象データについて、項目別に議論する。

A) 湿度変化

2004年4月28日から7月17日までの集会所における温度、湿度、風速の平均日変化を図 4.13 に示す。この図では、1mm 以上の降雨があった日を除いたものと、すべての日のそれぞれ平均を示している。雨の日も含んだ平均において岡山観測所と比べると、明け方の湿度で 10%ほど高いようであるが、晴れた日の明け方の湿度は 80%を多少超える程度で観測に影響するほどではない。なお、福成寺においては、気温や湿度の日変化と、風速の日変化はよく相関している。

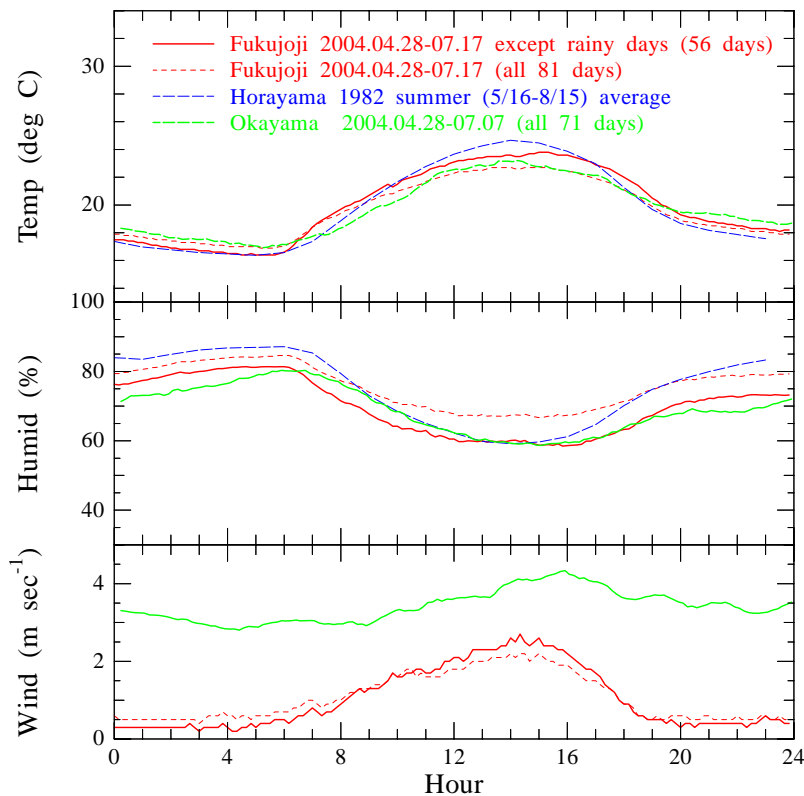


図 4.13 福成寺集会所における気温、相対湿度、風速の 2004 年 4 月 28 日 - 7 月 17 日の平均日変化（10 分間隔）。赤実線が 1mm 以上の降雨があった日を除いた平均（全 56 日）、赤破線がすべての日の平均（全 81 日）で、青破線が 1982 年夏季の洞山のすべての日の平均値（1 時間間隔）。緑実線は同時期の岡山観測所における全平均。福成寺と岡山との風速の違いが顕著である。

B) 夜間の風速

図 4.13 からわかるように、福成寺の風速は岡山観測所に比べて平均的に小さく、特に夜間の風速が小さい。これは福成寺の一般的な傾向で、多くの晴夜の夜中には風速がゼロとなっている（図 4.11）。候補地（ピーク）における風速は、周辺の木を伐採しないと正確な測定は出来ないため未測定であるが、移設地確定後は、ドーム施設の設計にも関係するため、なるべく早く測定する必要がある。なお、洞山においては、年間平均で夜間も 4m 前後の風速が測定されている。福成寺周辺において風速が小さいことには、地形的な環境が影響している可能性もある（表 4.3）。

表 4.3 1982-1983 年期の洞山における時刻別風速・風向の年間平均

時刻	平均風速	最多風向	時刻	平均風速	最多風向	時刻	平均風速	最多風向
0 1 時	4.1m/秒	W	0 9 時	3.4m/秒	E	1 7 時	3.7m/秒	SSE
0 2 時	4.1m/秒	W	1 0 時	3.5m/秒	E	1 8 時	3.9m/秒	SSE
0 3 時	4.0m/秒	E	1 1 時	3.6m/秒	SE	1 9 時	3.9m/秒	W
0 4 時	4.0m/秒	E	1 2 時	3.8m/秒	SE	2 0 時	4.0m/秒	W
0 5 時	4.1m/秒	E	1 3 時	3.9m/秒	SE	2 1 時	4.1m/秒	E
0 6 時	3.9m/秒	E	1 4 時	3.8m/秒	SE	2 2 時	4.1m/秒	W
0 7 時	3.8m/秒	E	1 5 時	3.8m/秒	SE	2 3 時	4.1m/秒	W
0 8 時	3.5m/秒	E	1 6 時	3.9m/秒	SSE	2 4 時	4.1m/秒	E

C) 湿度変化および気温変化と、風速との相関

先にも述べたように、福成寺周辺における湿度と気温の変化と風速には、良い相関がある。2004 年 5 月と 6 月の晴天期の気温、湿度、風速の時間変化の例を図 4.14, 4.15 に示す。これを見ると、福成寺集会所においては、深夜に風が止み、気温が下がり、湿度が上がる傾向が明確である。この傾向は、風がある岡山観測所をはじめ、福成寺周辺の高地(候補地)でも特に見られない。つまり、福成寺下の鞍部に特徴的な傾向と言えよう。

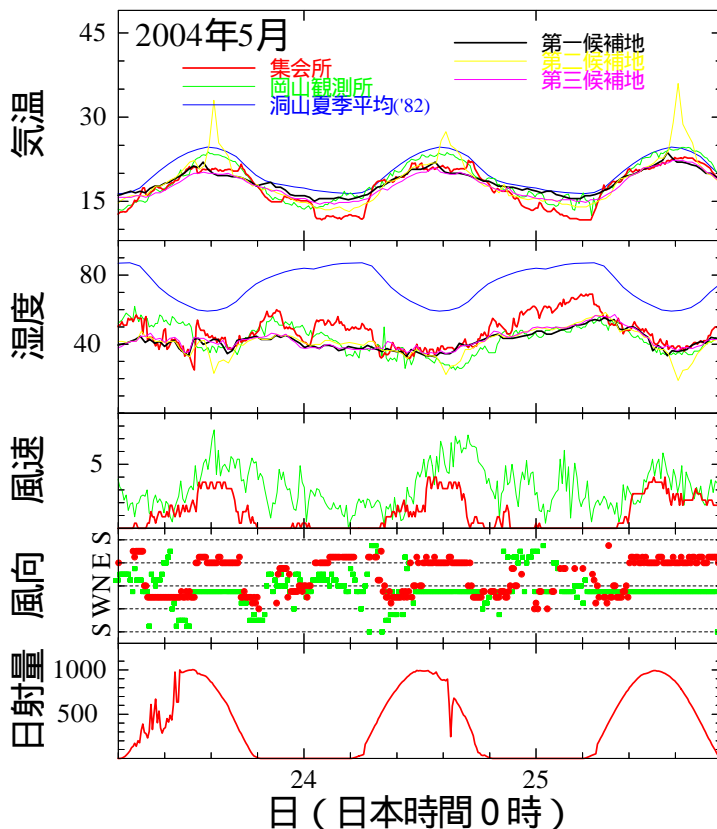


図 4.14 2004 年 5 月 23 日から 25 日にかけての晴天期の福成寺周辺の気象変化。24 日 0 時前後、25 日 0 時前後には集会所における風速がゼロの時間帯があるが、その時間帯には気温が下がり、湿度が高くなっていることがわかる。候補地となっている高地(ピーク)や風がある岡山観測所ではその傾向はみられない。23 日昼の湿度上昇は、東寄りの湿った風が吹いたためであろう。

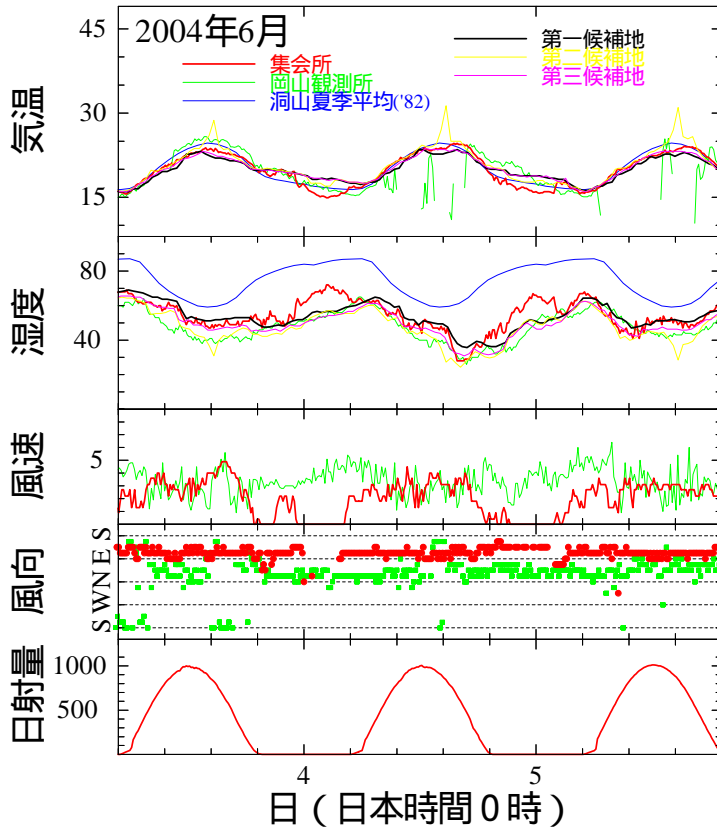


図 4.15 2004 年 6 月 3 日から 5 日にかけての晴天期の福成寺周辺の気象変化。4 日 0 時過ぎや 5 日 0 時前後には集会所における風速がゼロになっているが、その時間帯には気温が下がり、湿度が高くなっていることがわかる。図 4.14 と同じ傾向である。

D) 高地（候補地）と集会所（低地・鞍部）との差異

福成寺周辺の高地（候補地～標高 500 m）と、集会所をはじめとする低地（鞍部～標高 450 m）の違いをみている。C) で触れたように、晴夜においては、低地に比べて高地では夜間の湿度変化が少なく、岡山観測所とほぼ同様の気温・湿度変化を示すことがわかる。これは、福成寺周辺においても、高地においては低地に比べてやや風があることを指しているのかもしれない。高地における風の測定は伐採を待つ必要があるが、いずれにせよ、風通しが良くなることで、湿度がこれまでの測定よりも下がる傾向にあると考えられる。一方、高地（候補地）どうしで比べると、気温や湿度の差異は比較的少ない。すなわち、候補地としている標高 500 m 前後のピークはいずれも、同じような気象変化を示している。

E) 高地（候補地）のみの一時的な湿度変化

図 4.12 を見て頂きたい。6 月 1 日の夜 22:00 前後の 30 分にわたり、集会所を除く各地点において気温が一時的に 30% も上昇し、湿度が 90-100% に達したことがわかる。これは、ピーク周辺に一時的に霧がかかったためかもしれない。このような高地のみの（且つ、高地にいずれも共通した）30 分程度急激な湿度変化については、降雨当日又は翌日に限りみられる現象である。前日の 5 月 31 日は一日中降雨があったし、もう一つのイベントである 5 月 18 日（夜 20:30 頃）の前日にも降雨があった。エコログを設置した 5 月 14 日以降で、集会所において 1mm 以上の降雨があった日は 20 日あるが、このような湿度の急上昇は都合 2 回見られたことになる。（湿度上昇幅が 15% 以下と小さい上昇も含めると、雨天当日の 5 月 17 日夜 19:00 頃、同じく雨天当日の 7 月 10 日朝 7:30 頃と翌 7 月 11 日朝 9:30 頃にも似た変化が見られる）。この 30 分程度の変動がどういうメカニズムで起こるのかに

ついて、一帯の地表は水分を多く含んでおり、風が止んで地表面の湿度が非常に高くなった状態で一陣の風が吹いた可能性もあると考えているが、風については候補地から下った集会所でしか測定しておらず、明らかな傾向は今のところ見られていない。いずれにしろ注意する必要があるだろう。また、もう一つコメントしておきたいのは、6月1日22:00頃の変化と全く逆の変化が、6月7日の朝5:40頃に見られることである。この日の前の晩に降雨があり、湿度が100%近くで推移していたが、30分程度の間だけ、温度が1ほど下がって湿度も40%以上下がっている。これら一過性の現象がこういったメカニズムで起こるのは気になることであり、前者は湿度が上がることから特に注意する必要があるが、いずれも持続時間は短く、観測を大きく妨げるものではないと考えられる。

F) 卓越風

福成寺集会所における測定では、風向は明らかに、東南東、又は西北西に二元化している。これは、集会所周辺の地形（鞍部の形状）の影響もあるであろう。1982-1983年期の洞山においての卓越風は、東ないしは西となっている（表4.3）。地図を見ると、洞山周辺で東西方向にゆるやかな谷が伸びており、その影響もあるかもしれない。総合すると、福成寺周辺における卓越風は、だいたい東ないしは西の二元化しているようであるが、周辺の地形が影響している可能性もあるので、より正確には候補地において周囲を伐採して測定を行う必要があるだろう。

センサーを設置して測定したことで、福成寺周辺の気象状況がかなりよくわかってきた。気象庁データベースによる全般的な傾向として、岡山観測所と同程度の晴天が期待されることは既に述べたとおりであるが、福成寺周辺において夜間には風が極端に弱まって、温度が下がり湿度が上昇する傾向があること、ただし一定の風が通っていると思われる各ピーク（候補地）における湿度上昇は比較的少なく、岡山観測所と同程度で推移していることなどが明らかになりつつある。雨天直後の高地のみの急な気温・湿度変化の原因は不明であり、今後の調査を必要とするが、頻度が少ないこと、いずれも持続時間が30分程度と短くすぐに回復することから、観測上大きな支障とはならないであろう。

以上のことから、気象条件について、福成寺周辺は岡山観測所と同程度の気象環境を保持しており、現時点において、望遠鏡の立地に支障が無いと判断する。

5 福成寺周辺における土地調査と移設場所の選定

福成寺周辺が、岡山観測所と並び、科学的観測環境に優れた場所であることがわかった。この節では、具体的な候補地を掲げて土地調査を行った結果について述べる。

5.1 周辺地域の道路建設および土地造成に関わる諸条件

まず、福成寺から洞山にかけての地域について、保安林に指定されている集会所南側の地域を除き、特徴的な3箇所の候補地（旧第一～旧第三候補地）を選定した（図5.1）。そして、東広島市の全面的な協力を得て、関わる法令や取り付け道路の整備について調査を行った。東広島市では関係10課（企画課、文化課、生涯学習課、農林課、農村整備課、建設課、都市計画課、都市整備課、建築指導課、用地課）からなるプロジェクトチームが発足して、用地準備について具体的な検討を行っている。旧第一～第三候補地それぞれの設置計画について課題をとりまとめたものを表5.1に示す。

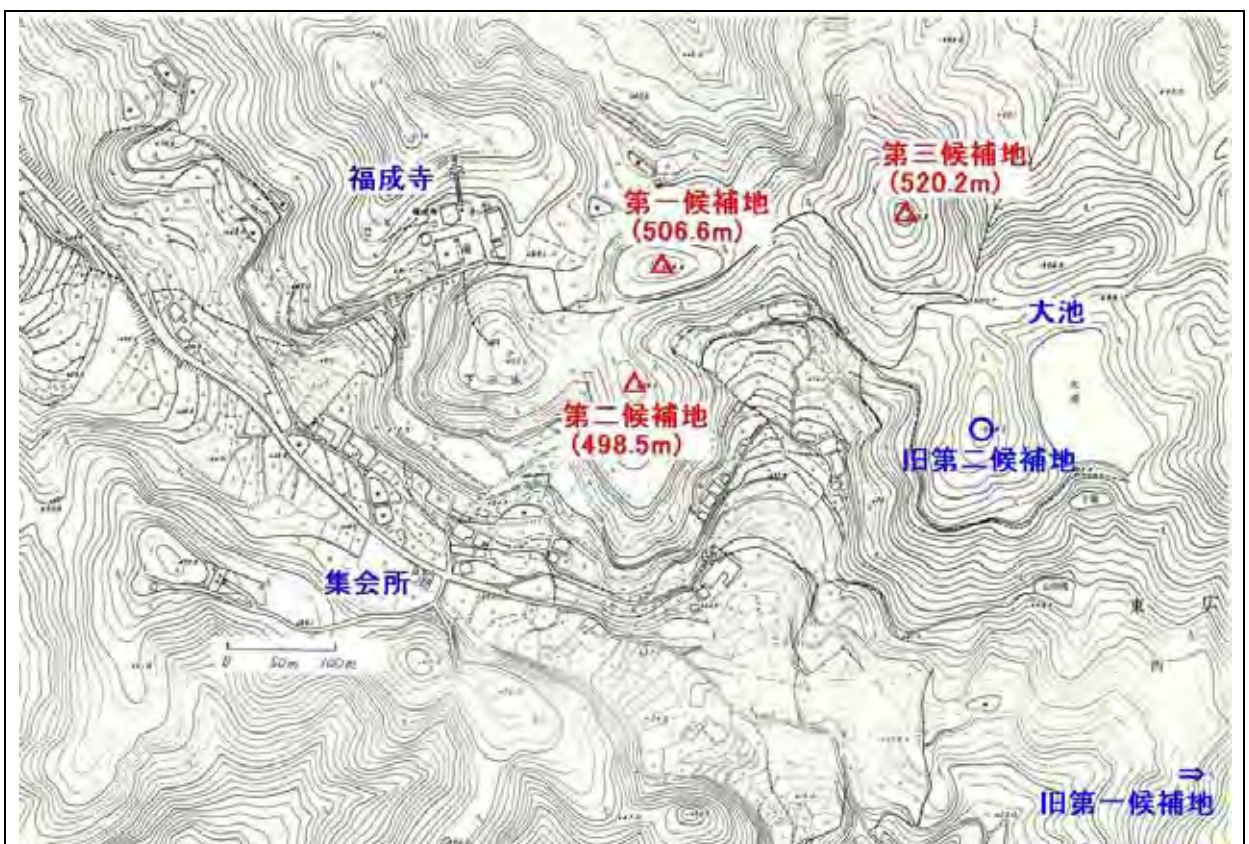


図 5.1 候補地の場所。旧候補地は市が設置計画について課題をとりまとめるため、特徴的な三箇所を選んだもの。現在は、シーイング調査の結果も勘案して、赤字で示した第一～第三候補地を挙げている。旧第三候補地は、現在の第二候補地と一致する。旧第一候補地の位置については図 4.3 を参照のこと。

表 5.1 旧候補地の設置計画に関する検討課題

	旧第一候補地	旧第二候補地	旧第三候補地 (= 現 第二候補地)
アクセス道整備について (金額は用地費を除く)	工事 2 年、測量設計 6 ヶ月 用地測量・取得 6 ヶ月 全長 1200m、3 億円以上	工事 1.5 年、測量設計 6 ヶ月 全長 650m、2 億円以上	工事 6 ヶ月、測量設計 2 ヶ月 全長 300m、1 億円未満
	幅員 5m 以上の場合地方特定道路整備事業の補助導入が可能となる。		

	用地取得の方法（寄付・買収）、買収の場合事業の位置づけの決定が必要（一般道路改良では寄付が原則）。		
	道路面積が 1000m ² (林地)に達する場合林地開発の手続きが必要。最後の約 300mは受益地が無い場合農道整備困難	小規模農地を通過するため工事単価が高くなる。採択基準（受益戸数 2 戸以上、受益面積 0.5ha 以上）に達しないので農道整備は困難	文化財の可能性。採択基準に達しないので農道整備は困難
文化財について	試掘調査の確認要	試掘調査の確認要	試掘調査の確認要 遺跡が存在する可能性大
	アクセス道についても遺跡有無の確認が必要。棚田等周辺の景観保護の在り方の検討。遺跡が存在する場所で計画された場合、文化財保護法第 57 条の 2 により、文化庁長官宛てに「埋蔵文化財の発掘について(届出)」を工事着手 60 日前までに提出しなければならない。そして遺跡に影響があると判断された場合、発掘調査が必要となる。その後、発掘調査を実施する機関は、文化庁長官宛てに届出を調査着手 30 日前までに提出する必要がある。		
用地について	国有林（保安林）の解除に 1 年弱必要。森林法の範囲に入らなければ（1ha 未満）伐採届のみであり工事着手直前でも可能。但し道路区域が 1ha 以上となれば連絡調整。要国有林は現時点では独立行政法人に移管（貸借・売却）困難。		
開発等の制限について	市街化調整区域・宅地造成工事規制区域である。造成工事について都市計画法第 29 条の許可及び宅地造成等規制法第 8 条の許可が、建築物については建築基準法第 6 条にかかる建築確認がそれぞれ必要である。（広島県開発審査会は例年 2～5 回開催されており、許可に際してスケジュール調整する必要がある） 農地が存在していないが、道路のアクセスに関しての農地開発については公共事業の場合は手続き不要である（面積確定後、農林振興課へ連絡要）。中山間地域等直接支払制度の対象地域であるため事前調整を要する。道路等への変更により、過去に遡って交付金の返還が必要となる。21 円/m ² 。 造成面積が 1ha を超えれば森林法の林地開発許可手続き（約 7 ヶ月）が必要。未満であれば森林法による伐採届で済む（市へ提出）。 周辺に芝生を張る（地形・地質変更）のなら造成面積に含めるよう指導あり。 アクセス道路が不十分な施設（取り付け道路）であると判断されると、道路も含めた面積で申請を求められる（森林法）。		

1.5 m 望遠鏡との密接な連携を予定しているガンマ線衛星 GLAST は 2007 年 2 月に打ち上げられる予定になっており、準備期間も含めると、2006 年度ははじめの定常観測開始は是非とも確保しなくてはならない。そのためには、2005 年春には取り付け道路の工事を終了して、ドーム施設の着工に移る必要がある。その結果、旧候補地の中では第三候補地（現 第二候補地）のみが条件を満たすことになる。そこで、旧第三候補地周辺のピークから、図 5.1 のように第一～第三候補地を選定し直した。これとほぼ並行して周辺でのシーイング調査が行われているが、これらの地域ではだいたいどの場所でも良いシーイング環境にあることが判っている。

5.2 第一候補地における試掘調査

福成寺周辺第一候補地において、東広島市による試掘調査が行われ、6 月 16 日付けで調査結果が報告された。それによると、図 5.2, 5.3 のとおり、第一候補地の西側約 3 分の 1 程度の範囲で、福成

寺旧境内遺跡（中世の古墓群）の存在が確認された。一方、ピーク中心を含む東側では、遺跡は確認されなかった。遺跡を外した残りの領域だけでも、取り付け道路を含むドーム施設を建設するのに十分な用地が確保できる見込みである。遺跡をドーム建設に併せて撤去ないしは移設することについては、今後広島市と協議を進めたいと考えている。

積石塚状遺構



手前左：2号積石、手前右：3号積石、奥：1号積石



1号積石



2号積石

図 5.2a 福成寺周辺第一候補地における文化財試掘調査で確認された遺跡



7T 土坑墓 (火葬墓)



13T 土坑墓



14T 土坑墓



16T 集石遺構 (墓)

図 5.2b 福成寺周辺第一候補地における文化財試掘調査で確認された遺跡

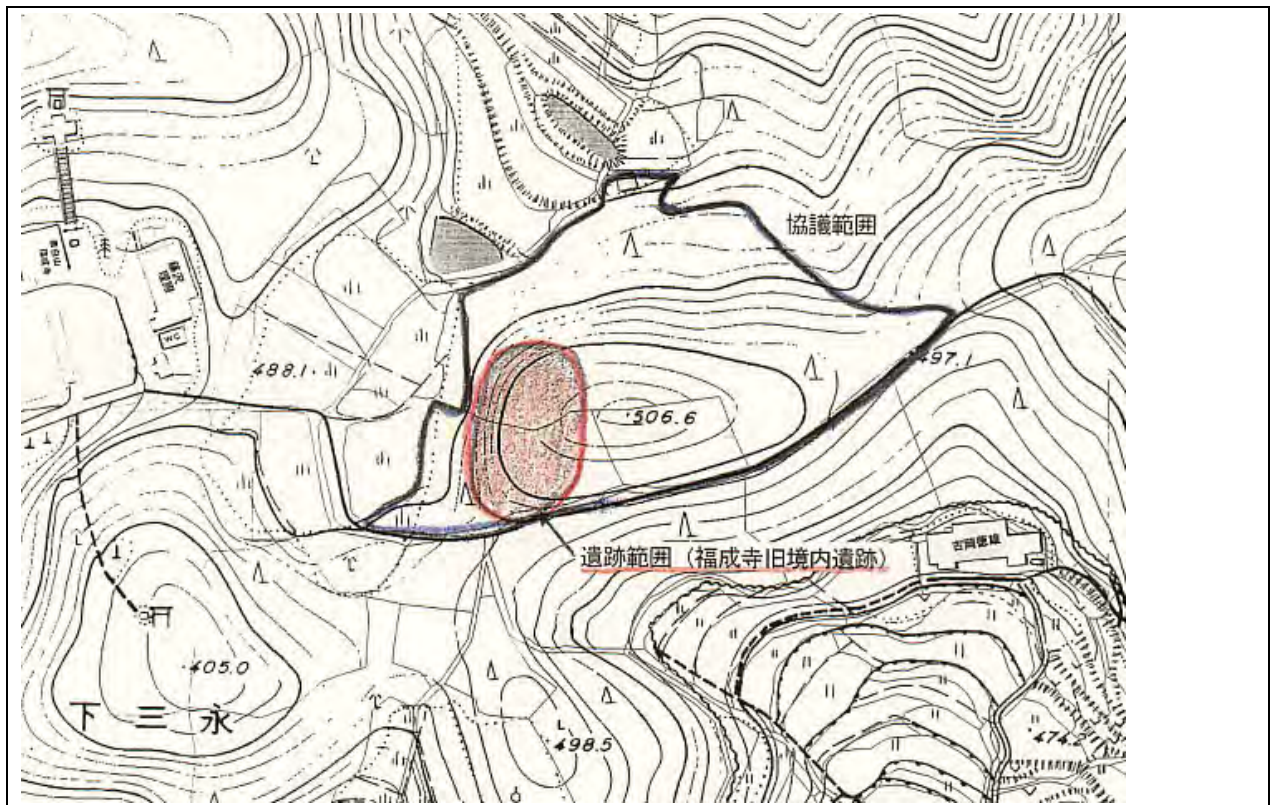


図 5.3 福成寺周辺第一候補の協議範囲のうち、遺跡が確認された範囲

5.3 設備配置案（暫定）

取り付け道路や施設の配置案については、確保できる予算の都合もあるため確定はしていないが、遺跡を避けた暫定案として、図 5.4 のような配置案を考えている。これは標高 506.6m のピークを削って 503m-502.5m の平場を確保し、現ピーク付近に 1.5m 望遠鏡ドーム（直径 9m 以上、不動点高 8m 以上）を据え、南側の低くなった部分に制御棟兼教育棟を構えるものである。ドームを中心に半径 50m 程度の範囲は樹木を伐採し、シーイング環境の確保に努める。ドームと制御棟との向きについては、周辺伐採後の卓越風測定により確定する予定である。取り付け道路については、福成寺の駐車場まで延びている道路を延長する形で、（遺跡を避けて）2つのピークをぐるりと回するような配置案となっている。

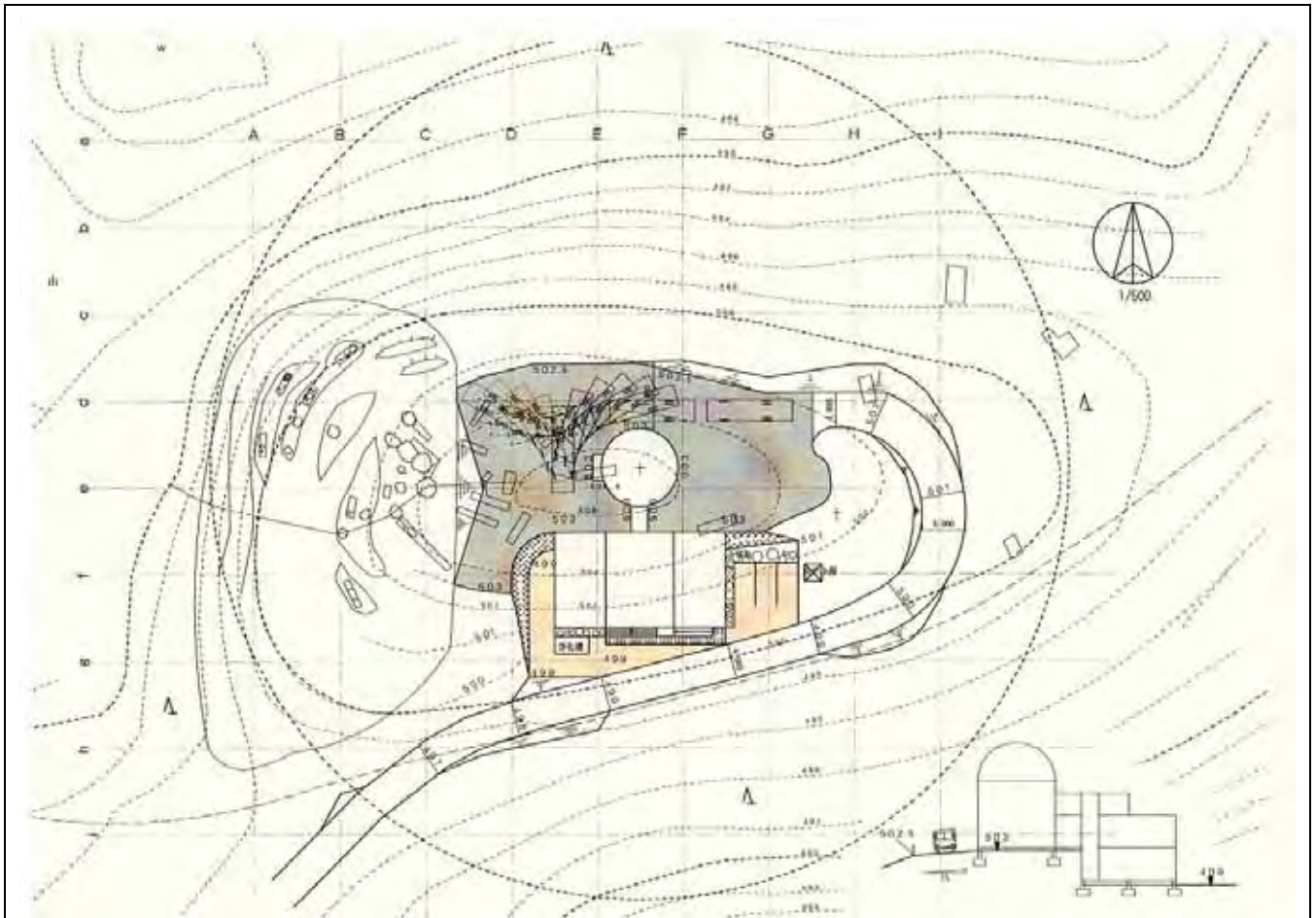


図 5.4a 福成寺周辺第一候補地におけるドーム施設の配置案（暫定）。真ん中が望遠鏡ドームで、南側に制御棟を設ける案である。ドーム周囲を大型バスが展開できる程度に広く舗装し、そこから遺跡を避けて東周りで取り付け道路を設ける。ドームを中心とする円は半径 50m で、この範囲内の樹木は伐採する予定。また図中には等高線が示してある。

6 まとめ

福成寺周辺における科学的環境は、国立天文台岡山天体物理観測所と並び、1.5m 望遠鏡の設置に相応しい場所である。また、埋蔵文化財試掘調査を含む社会的条件の調査の結果、我々が第一候補とする 506.6 m のピークにおけるドーム施設建設の可能性について、具体的な目処が立ったと考えている。以下では、1.5m 望遠鏡を福成寺に置いた場合の具体的な観測限界を評価し、想定する観測研究に十分な性能を持つことを再確認するとともに、現状における年次計画案を紹介して締めくくりとしたい。

6.1 福成寺での 1.5m 望遠鏡の観測限界

シーイングと夜光輝度の典型値を得ることが出来たので、福成寺に 1.5m 望遠鏡を置いた場合の観測限界について、開口測光 (aperture photometry) を例に評価してみる。等級 m の星に口径 1 m の望遠鏡を向けたときに、波長 () における単位時間当たり、単位波長当たり ($\text{sec}^{-1} \text{Å}^{-1}$) に集めると期待される光子数 N は、

$$N = 4.5 \times 10^{10} / \text{Å} \times \exp[0.4 (m + A X)] \text{ 個 sec}^{-1} \text{Å}^{-1}$$

となる [11]。ここで、 A は大気減光 (等 airmass⁻¹) で、は見通す大気量 (airmass; 天頂を 1) である。等級 m は、フラックス f を用いて $m = -2.5 \log f - 48.59$ とあわせてる。

主鏡有効径 1.5 m、副鏡による遮蔽 0.303 m、焦点面スケール 11.27 秒角 mm^{-1} 、1/2 縮小光学系を採用、大気減光 0.15 等、Rバンド有効波長 6600、有効波長幅 1100、検出器ピクセルサイズ 15 μm 、読み出しノイズ 4 e⁻、望遠鏡の反射率 0.9³=0.729、装置の効率 0.65 として、シーイングサイズの 3 倍にわたる円領域の輝度を積分する開口測光を考えて誤差評価をする。AB等級とRバンド等級の差として+0.182 [12]を採用する。

以上のパラメーターにより、測光精度 (S/N 比) を計算した結果を図 6.1 に載せる。この図では、観測環境が良好な場合として、シーイングサイズを 1.1 秒角、夜空輝度を 20 等としたものと、環境が比較的悪い条件として、シーイングサイズ 1.5 秒角、夜空輝度 19 等の 2 通りを考えている。観測限界の条件として S/N=50 (等級誤差 0.02 等)、検出限界として S/N=5 を採用すると、ガンマ線バーストの初期観測で想定される 1 分間露出の場合で、観測限界はおおよそ $R=18-19$ 等、検出限界は 20-21 等となる。偏光測定の場合はこれに比べてほぼ 5 等級下がるが、15 等程度まで偏光観測が可能であるというのは目指す天文学において十分な性能である。また、未同定ガンマ線源の同定では 3 時間程度の露出時間も想定されるが、その場合の観測限界はおおよそ $R=21-22$ 等、検出限界は 23-24 等となる。この検出限界は、8.2m すばる望遠鏡における低分散分光の限界とほぼ一致しており [13]、すばる望遠鏡の準備観測としての用途においても、十分な性能を発揮できそうである。

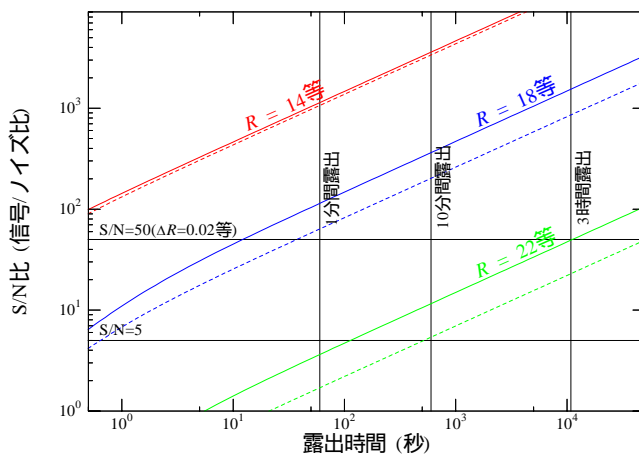


図 6.1 福成寺に 1.5m 望遠鏡を置いた場合の誤差評価。R 等級が 14, 18, 22 等それぞれの恒星を、露出時間を変えて開口測光を行った場合の誤差。実線は 良好な天候の場合 (夜空輝度 20 等、シーイング 1.1 秒角) で、点線は 貧弱な天候の場合 (19 等、1.5 秒角) の S/N 比を表している。ガンマ線バーストの初期観測で想定される 1 分間露出での観測限界は 18-19 等、検出限界は 20-21 等と見積もられる。

6.2 福成寺移設の場合の年次計画（案）

福成寺に移設する場合には、土地の手配に始まり、取り付け道路の設計建設、土地・インフラ整備、地盤調査、ドーム建設などの作業が順に入ることになる。その年次計画について、現状では図 6.2 のように考えており、2004 年 9 月には取り付け道路建設に着工し、2005 年春には地盤調査を行った後、ドーム建設に入り、2005 年冬には望遠鏡を移設する見込みである。これにより、2006 年春には観測を開始し、2007 年のガンマ線衛星 GLAST の打上げまでに装置や観測体制の整備を行う予定である。

スケジュール表	2004年		2005年												2006年												
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
研究計画	人員・休前整備/サイト調査/概念設計												観測施設整備/可視光装置開発							可視光観測定常運用/赤外線							
観測地調査	観測条件調査												定常気象・シーイングモニター														
ドーム施設・制御棟設計・建設・整備・改良	概念設計			行政庁打合せ 計画・設計・積算・地盤調査						ドーム・制御棟建設			ドーム制御系整備														
1.5m望遠鏡ハードウェア													自動追尾・縮小光学系設計		自動追尾・縮小光学系製作		三原解体		望遠鏡移設 三原→広島		自動焦点切替器・検回						
1.5m望遠鏡・ドーム制御ソフトウェア													自動制御ソフト開発			現地ネットワークおよび制御ソフト開発			カメラレンズ焦点調整								
観測機器													可視光/近赤外カメラ設計		可視カメラ製作 可視分光偏光器開発			可視カメラ運用調整 可視分光偏光器調整									
用地・道路・インフラ(東広島市)	道跡調査		道路敷地取		道筋造成・敷地整地			電気・上下水整備																			

広島大学 宇宙科学センター

スケジュール表		タイトル 広島大学宇宙科学センター 天文台(1.5m光学望遠鏡)建設スケジュール																																							
日付範囲		2006年												2007年												2008年															
2006/03/28~2008/08/01		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
研究計画		可視光観測定常運用/赤外線装置開発												定常観測・共同利用開始、自動制御化												全定常運用・成果出し															
		▲カセグレン試験 ▲カセグレン定常運用 ▼Sci.FL ▲主鏡蒸着 ●日本天文学会												▲オズミス試験 ▲オズミス定常運用 ●GLAST打上り ●日本天文学会												▲主鏡蒸着 ●日本天文学会															
		●日本天文学会												●日本天文学会												●日本天文学会															
		定常観測(Astro-E2との連携した可視観測)												定常観測(GLAST/Astro-E2と連携した可視・近赤外線)																											
候補地調査		定常気象・シーイン												気象・シーイングモニターアーカイブ/配信																											
ドーム施設・制御棟 設計・建設・整備・改良		ドーム制御系整備				ドーム保守・運用 自動制御システム設計								ドーム保守・運用 自動制御システム開発								総合調整				ドーム保守・運用 リモート観測システム開発															
1.5m望遠鏡 ハードウェア		自動焦点切替器、機回転補正器 開発								ナスカセ 総合調整				望遠鏡保守・運用 自動制御システム開発								総合調整				望遠鏡保守・運用 リモート観測システム開発															
1.5m望遠鏡・ドーム 制御ソフトウェア		カセグレン焦点 観望				自動制御ソフトウェア設計								ナスカセ 総合調整				自動制御システム開発								総合調整				リモート観測システム開発											
観測機器		可視カメラ運用調				可視装置定常運用・改良 近赤外線カメラ開発								近赤外線カメラ運用・改良								試験観測 総合調整				第2期観測装置設計															
用地・道路・インフラ (東広島市)																																									

広島大学 宇宙科学センター

図 6.2 福成寺周辺候補地移設の場合の年次計画(案)

7 謝辞

本報告書の作成に当たっては多数の方々の協力を得ることができました。

京大 DIMM、および夜空輝度測定機材の借り受けに際しては、京都大学望遠鏡ワーキンググループの皆様、および国立天文台岡山天体物理観測所の皆様にお世話になりました。特に、国立天文台光赤外研究部の岩田生氏、岡山天体物理観測所の服部堯氏、柳澤顕史氏、沖田喜一氏には多方面でお世話になりました。岡山天体物理観測所の小矢野久氏、京都大学の和田晋平、木村仁彦両氏にも作業等で御協力いただきました。国立天文台ハワイ観測所の浦口史寛氏には、我々からの太陽 DIMM に関する質問に対して丁寧な御回答を寄せて頂きました。

福成寺周辺候補地の選定にあたっては、国立天文台岡山天体物理観測所の吉田道利所長、沖田喜一助教授、柳沢顕史上級研究員各氏には数々の貴重な助言を頂きました。岡山構内の候補地に関わる作業や調査についても多大なご支援とご指導を頂きました。国立天文台の海部宣男台長、観山正見副台長にも助言頂きました。特に岡山の皆様には、太陽 DIMM におけるシーイング測定を初め、ドーム設計の検討など数多くの場面においてお世話になりました。また、大阪教育大学の定金晃三教授や前岡山天体物理観測所所長の前原英夫氏にも貴重な助言を度々頂きました。

土地調査においては東広島市関係機関にお世話になりました。特に企画部企画課には色々と導いて頂きました。また福成寺地域の方々には寛大なご協力を頂き、感謝しています。

これらの活動において、学術部支援グループの皆様、とりわけ青山恵子副課長と中尾健二主査には多方面でお世話になりました。また牟田泰三学長にも度々助言を頂きました。また施設管理部施設計画グループの皆様にもドーム設計・配置案策定など、度々お世話になりました。

シーイング調査の多くについては、当時広島大学大学院理学研究科宇宙・素粒子科学講座に所属していた上田篤氏（現、株マツダ）が主力となって行い、自身の修士論文としてまとめた結果を拝借しました。またシーイング測定にあたっては、同講座に所属する院生・学生の多くにご支援を頂きました。広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座の林武広教授と、林研究室の修士1年の石井隼人氏には、気象センサーの提供、シーイング測定支援に留まらず、多方面でご協力を頂きました。洞山用倉地区気象調査報告書の手配にあたっては、広島大学地域連携センターの橋本教授にお世話になりました。

その他、ご協力いただいた皆様も含め、この場所を借りて感謝申し上げます。

8 参考文献

- [1] Azouit, M., & Vernin, J. 1981, *J. Atm. Sci*, 37, 1550
- [2] Lena, P., Lebrun, F. & Mignard, F. 1998, *Observational Astrophysics* (Berlin: Springer)
- [3] 和田 晋平、他 2004, 国立天文台岡山天体物理観測所(OAO)サイト調査: 接地境界層の評価, 国立天文台報, 投稿済
- [4] 岩田 生 2003, ドーム候補地とサイト調査報告(DIMM), 2003年度岡山ユースミーティング集録, 121
- [5] 上田 篤 2004, 天体観測に与える大気の影響とシーイング測定 広島大学宇宙科学センター望遠鏡設置場所調査, 修士論文(広島大学)
- [6] 浦口史寛 2000, 岡山観測所環境モニターの現状について, 2000年度岡山ユースミーティング集録, 53
- [7] Sarazin, M., & Roddier, F. 1990, *Astronomy & Astrophysics*, 227, 294
- [8] Soules, D. B., et al. 1996, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 108, 817
- [9] 柳澤顕史、下農淳司他 2001, 岡山天体物理観測所の簡易シーイング統計, 2001年度岡山ユースミーティング集録, 253
- [10] 岩田生、島尚徳、衛藤茂、藤村実代子、持田大作他、OAOと美星天文台での空の明るさ、<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwata/newtel/>
- [11] Massey, P. et al. 1988, *Astrophysical Journal*, 328, 315
- [12] Fukugita, M., et al. 1996, *Astronomical Journal*, 111, 1748
- [13] Kashikawa, N., et al. 2002, *Publ. Astron. Soc. Japan* 54, 819
- [14] 気象庁電子閲覧室 <http://www.data.kishou.go.jp/>
- [15] 洞山用倉地区気象調査報告書(昭和56年5月16日~昭和57年5月15日), 広島県土木建築部空港港湾局
- [16] 日本気候図 1990年版 1993, 気象庁
- [17] 吉田道利、清水康広他、1998, 岡山天体物理観測所気象モニターの開発, 国立天文台報, 3, 135

広島大学宇宙科学センター外部評価報告書

2011年1月24日

まえがき

この報告書は、広島大学宇宙科学センター長の吉田道利教授よりの依頼を受けて我々評価委員会が行った同センターの外部評価の報告書である。本外部評価報告書は、要旨と本文から成る。評価にあたっては、宇宙科学センターのこれまでの研究活動が国際的に見てどのレベルに位置づけられるかという観点を重要視したが、研究・開発にとどまらず、組織・体制、教育、広報・普及、将来計画にも留意し言及した。

評価は、「宇宙科学センター附属東広島天文台建設及び初期5年間の運用報告書（平成22年3月）」をはじめとする評価委員に事前送付された資料、及び2010年11月22日の広島大学における評価委員会での報告と質疑応答及びそれに附属する資料を基に、委員の議論をまとめる形で行った。岡村委員長と河合委員は、11月22日の評価会議の終了後、東広島天文台を視察した。柴田委員は評価会議には出席できなかったが、事前資料及び後に送られた評価会議の附属資料に基づいて議論に参加した。

参考までに、11月22日の評価委員会の議事次第を以下に掲げる。

（岡村定矩：委員長）

宇宙科学センター外部評価委員会

日時：11月22日（月）13:00～17:00

場所：広島大学・本部5F会議室

委員会議事次第：

- ・宇宙科学センターの活動報告
 - 宇宙科学センターの概要紹介 吉田道利
 - かなた望遠鏡観測成果 植村 誠
 - かなた望遠鏡装置開発 川端弘治
 - X線ガンマ線部門運用と研究成果 高橋弘充
 - 教育活動・地域貢献 吉田道利
- ・外部評価委員クローズドセッション
- ・東広島天文台視察（希望者のみ）

評価委員会

岡村定矩(委員長)	岡村定矩	東京大学大学院理学系研究科教授
河合誠之	河合誠之	東京工業大学理学研究科教授
定金晃三	定金晃三	大阪教育大学教授
佐藤修二	佐藤修二	名古屋大学大学院理学研究科特任教授
柴田一成	柴田一成	京都大学大学院理学研究科教授附属天文台長
観山正見	観山正見	自然科学研究機構国立天文台長

要旨

1. 研究と装置開発

1.1 研究成果とその水準

- ・2年間という短期間で、国立天文台より移管された口径1.5mの赤外シミュレータの機能を改良・強化して「かなた望遠鏡」として再生し、観測適地を新たに調査選定して建設した東広島天文台に移設し運用に至ったことは高く評価できる。
- ・かなた望遠鏡は、豊富で自由度のある観測時間をベースに、「突発現象の即時観測」と「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡との連携」に重点を置くという特色ある観測戦略をとり、世界水準の研究を行えるレベルに到達している。
- ・X線・ガンマ線部門は、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡プロジェクトに参加し、主要検出器であるLATのシリコン検出器開発の中核となってプロジェクトを成功に導いた貢献は著しい。また、衛星の運用においても地道な「当番」を分担していることは評価できる。
- ・ガンマ線データとかなた望遠鏡による可視赤外線データを総合した研究は、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による多くの世界的水準の研究の中でも高く評価されている。
- ・センター所属の教員は装置開発や天文台の運用に当たる一方、すばる望遠鏡他を用いて特色ある研究成果を出し、ネイチャー誌などに発表する高水準の研究活動を行っていることは高く評価できる。
- ・高エネルギー分野と光赤外線分野が観測面でこれほど緊密な連携をしている例は世界的にもまれであり、そのことが特色ある研究の推進に大きく貢献している。

1.2 観測装置開発

- ・自前装置開発と全国の大学装置共用という、かなた望遠鏡が装置開発に果たす二つの役割は、これまでと同様に今後とも維持されるべきである。
- ・偏光撮像と分光機能の備わった特長ある第一期自前装置（HOWPol）を実用に供し、すでにいくつもの成果を挙げていることは高く評価できる。
- ・自前の装置として現在開発が行われているHONIRを次期主力装置として位置づけ重点的に注力すべきである。
- ・特に2011年度にHONIRの可視・赤外の撮像機能に重点を絞って開発する方針は妥当である。しかし、開発のマンパワーは不十分であり、最低限専任の若手研究員1名の雇用（約2年間）が必要であろう。他機関との共同研究に基づく人材確保や、院生に加えて学部学生等の参加も視野に入れるとよい。
- ・かなた望遠鏡は科学面においてめざましい初期成果を挙げたが、HOWPolに続くHONIRの就役によって、はじめて広島大学宇宙科学センターの高い評価が定まるであろう。

1.3 他機関との共同研究

- ・多くの他大学からの共同研究や支援要請（装置開発の試験観測および訪問観測）に丁寧に誠実に応対していることは高く評価できる。
- ・東大や京大などの拠点大学との共同研究に加えて、中国地方の諸大学との教育面を含めた広汎な連携をより強力に進めるとよいであろう。

2 組織・体制

- ・優秀な人材をタイムリーに獲得したが、装置開発と運用、科学研究、教育および社会貢献まで含めた当初のセンター設立の目標にある『使命及び責務』を達成するには、体制が不十分でマンパワー不足であることは否めない。
- ・その制限の下で、多くの科学的成果を挙げたことは高く評価できるが、装置開発に十分力が向けられなかったうらみがある。科学研究と装置開発は、双方ともにセンターの活力にとって不可欠である。

3. 教育

- ・センター教員が関わる大学院教育は、種々の制約のなかでよく頑張っており、かなた望遠鏡が稼動した2006年度以後修士9名、博士2名を輩出したことは評価できる。スタッフが院生とともに研究と開発を進める中で、少ない院生に多大の労力や時間など過度の負担がかかる可能性や安全管理の面について適切な考慮が必要である。
- ・一方で、学部教育には、センター教員がより適切な関与ができる環境の構築が望まれる。これは理学部のみならず、社会の科学リテラシーを向上させるために、大学の全学生を対象とした教養教育の推進という形が望ましい。
- ・かなた望遠鏡による体験のみならず、小望遠鏡や小装置を使った工作、実習、実験を織り交ぜた学部教育プログラムを教育学部の中学高校教員養成課程と連携して展開することは、広島大学および我が国の理科教育にとって極めて意義が大きいと考える。
- ・中国地域の拠点大学として、天文学に関する教育を行っている中国地域の複数の大学が協力して「共同学位課程」の設立を検討することは重要と考える。

4. 広報・普及

- ・地域貢献や社会還元の立場から行われてきたこれまでの広報普及活動は大変活発で、高く評価できる。
- ・天文台見学、かなた望遠鏡による天体観望、講演会からなる従来の活動に加えて、地元の天体愛好家と連携した、小望遠鏡や双眼鏡による観望会など、より多様な形態も視野に入ると良いと考える。

5. 将来計画

- ・提示された将来計画は概ね適切であるが、高エネルギー分野と光赤外線分野が観測面で緊密な連携をしたことが今日のセンターの活力を生み出してきたことに鑑み、どのような分野の強化を図るかなど、発展の方向は慎重に検討する必要がある。
- ・将来計画の第一段階については実行可能と考える。そのためには次期主力装置のHONIRに専任の若手研究員（約2年間）の雇用が必要と考える。
- ・マンパワーを考えると、研究および装置開発に関して他大学等とのより密接な協力が必要であろう。相手方機関にとっても有益になるように（相互互惠）協力プログラムを設計するように双方が心がけるべきである。
- ・望遠鏡本体および観測装置の運転・維持・改良発展とともに、継続的に（約5年に1台）装置を開発するとすれば、物理実験系の大学院教育の充実が不可欠であり、そのためにはパーマネントの専任教員最低1名の配置が望まれる。

本文

1. 研究と装置開発

2004年3月に国立天文台より口径1.5m光赤外望遠鏡（赤外シミュレータ）の移管が決定され、同年4月に広島大学宇宙科学センターが発足してから、天文台建設の3つの大きな要素、すなわち、サイト調査と選定と天文台建設、望遠鏡の改良（実質的に機械系と駆動系および制御系の全面改良）および移設、観測装置の移設（名古屋大学 TRISPEC）と新規開発（HOWPOL）のすべてをほぼ2年間という短期間に実行した。かなた望遠鏡と名付けられたこの望遠鏡は、2006年5月にファーストライト、9月から試験観測、10月から本観測に入った。

かなた望遠鏡関連の研究成果は2007年に最初の論文が出て以来、2010年11月現在までに査読論文21編、プロシーディングなど26編が出版されている。また、X線ガンマ線部門が主に関わるフェルミガンマ線宇宙望遠鏡関連では、センター発足以来、2010年11月現在までにセンターの研究者が著者に含まれる査読論文90編が出版されている。この他にセンターの研究者が著者に含まれる査読論文55編が出版されている。

1.1 研究成果とその水準

宇宙科学センターは発足以来活発な研究活動を展開し、現在その研究活動は世界的に見ても高いレベルにある。その根拠となる具体的項目を以下に列挙する。

- ・2年間という短期間で、国立天文台より移管された口径1.5mの赤外シミュレータの機能を改良・強化して「かなた望遠鏡」として再生し、観測適地を新たに調査選定して建設した東広島天文台に移設し運用に至ったことは高く評価できる。
- ・かなた望遠鏡は、豊富で自由度のある観測時間をベースに、「突発現象の即時観測」と「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡との連携」に重点を置くという特色ある観測戦略をとり、世界水準の研究を行えるレベルに到達している。
- ・X線・ガンマ線部門は、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡プロジェクトに参加し、主要検出器であるLATのシリコン検出器開発の中核となってプロジェクトを成功に導いた貢献は著しい。また、衛星の運用においても地道な「当番」を分担していることは評価できる。
- ・ガンマ線データとかなた望遠鏡による可視赤外線データを総合した研究は、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による多くの世界的水準の研究の中でも高く評価されている。
- ・センター所属の教員は装置開発や天文台の運用に当たる一方、すばる望遠鏡他を用いて特色ある研究成果を出し、ネイチャー誌などに発表する高水準の研究活動を行っていることは高く評価できる。
- ・高エネルギー分野と光赤外線分野が観測面でこれほど緊密な連携をしている例は世界的にもまれであり、そのことが特色ある研究の推進に大きく貢献している。

1.2 観測装置開発

国立天文台より移管されたかなた望遠鏡を、本来のシミュレータとして全国の大学開発装置の立ち上げ試験に供すると同時に、自前でも装置を開発して自分たちの科学研究を展開するという方針は優れて正しい戦術であった。そして、その双方が見事に機能して現在に至っ

ている。自前装置開発と全国の大学装置共用という、かなた望遠鏡が装置開発に果たす二つの役割はこれまでと同様に今後とも維持されるべきであろう。

偏光撮像と分光機能の備わった特長ある第一期自前装置（HOWPol）を実用に供し、すでにいくつもの成果を挙げていることは高く評価できる。もう一つの自前の装置として現在開発が行われている HONIR を次期主力装置として位置づけ重点的に注力すべきである。マンパワーが十分でない状況では、既存装置の運用と新しい装置の開発を複数並行して行うのは困難で、目標を絞り戦略的に集中して力を投入すべきである。

特に2011年度に HONIR の可視・赤外の撮像機能に重点を絞って開発する方針は妥当である。しかし、開発のマンパワーは現状ではまったく不十分であり、装置開発経験者および若手の補強が望まれる。最低限専任の若手研究員1名の雇用（約2年間）が必要であろう。同時に他機関との共同研究に基づく人材確保や、院生に加えて学部学生等の参加も視野に入れるとよい。かなた望遠鏡は科学面においてめざましい初期成果を挙げたが、HOWPol に続く自前観測装置である HONIR の就役によって、はじめて広島大学宇宙科学センターの高い評価が定まるであろう。望遠鏡本体、観測装置2台（HOWPol および HONIR）の定常オペレーションが可能となれば、広島大学宇宙科学センターは、実力を備えた我が国の一大観測研究拠点となる。

1.3 他機関との共同研究

多くの他大学からの共同研究や支援要請（装置開発の試験観測および訪問観測）に丁寧に誠実に応対していることは高く評価できる。試験観測に協力し支援した他大学の装置には、ANIR（東大：本原顕太郎）、DMC（東大：土居 守）、IMAX（東大：宮田隆／酒向重行）、IRHS（名大：平原靖大）、高速カメラ（京大：嶺重慎／野上大作）がある。また、訪問観測への協力は、東北大学（市川隆＋大学院生）、大阪大学（深川美里＋大学院生）、神戸大学（伊藤洋一＋大学院生）、京都大学（野上大作＋大学院生）がある。

このように、他機関との共同研究は活発に進められている。今後は、東大や京大などの拠点大学との共同研究に加えて、中国地方の諸大学との教育面を含めた広汎な連携をより強力に進めるとよいであろう。

2 組織・体制

優秀な人材をタイムリーに獲得したが、装置開発と運用、科学研究、教育および社会貢献まで含めた当初のセンター設立の目標にある『使命及び責務』を達成するには、体制が不十分でマンパワー不足であることは否めない。その制限の下で、多くの科学的成果を挙げたことは高く評価できるが、装置開発に十分力が向けられなかったうらみがある。科学研究と装置開発は、双方ともにセンターの活力にとって不可欠である。体制の充実については「5. 将来計画」で述べる。

3. 教育

広島大学は、旧広島高等師範学校以来、西日本の初等中等教育を担う人材養成の中心であ

る。古くからの伝統を受け継ぐ広島大学教育学部において天文学教育の拡充と充実を図ることは、広島大学の特徴を鮮やかにすると我々は考える。それは、天文学・宇宙科学は、年齢を問わず幅広い人々が興味を持つ分野として、理科教育、生涯教育にとって重要な位置にあると考えるからである。その理由を二つ挙げておこう。天文学・宇宙科学は、ビッグバンからはじまり、銀河の誕生、太陽系の誕生、地球上での生命誕生、大陸移動、そして人類の誕生まで、人類とその人類の住む宇宙の進化の全体を描き出す学問で、年齢を問わず誰でも関心を持ちやすい。また、天文学で使う装置（望遠鏡）は、たとえ大型のものであっても、他分野の大型装置と違って、人類の目（感度と感じる波長）を拡大するものとして直感的にわかりやすいことも挙げられよう。

センター教員が関わる大学院教育は、種々の制約のなかでよく頑張っており、かなた望遠鏡が稼動した2006年度以後修士9名、博士2名を輩出したことは評価できる。スタッフが院生とともに研究と開発を進める中で、少ない院生に多大の労力や時間など過度の負担がかかる可能性や安全管理の面について適切な考慮が必要である。

一方で、学部教育には、センター教員がより適切な関与ができる環境の構築が望まれる。これは理学部のみならず、社会の科学リテラシーを向上させるために、大学の全学生を対象とした教養教育の推進という形が望ましい。上述したように、とりわけ教育学部の中学高校教員養成課程と連携した教育活動の展開は、広島大学および我が国の理科教育にとって極めて意義が大きいと考える。この教育活動には、かなた望遠鏡による体験のみならず、小望遠鏡や小装置を使った工作、実習、実験を織り交ぜたプログラムを盛り込むとよい。このような基盤の上に立って、中国地域の拠点大学として、天文学に関する教育を行っている中国地域の複数の大学が協力して「共同学位課程」の設立を検討することは重要と考える。

4. 広報・普及

地域貢献や社会還元の立場から行われてきたこれまでの広報普及活動は大変活発で、高く評価できる。天文台見学、かなた望遠鏡による天体観望、講演会からなる従来の活動に加えて、地元の天体愛好家と連携した、小望遠鏡や双眼鏡による観望会など、より多様な形態も視野に入れると良いと考える。

5. 将来計画

科学研究、装置開発、そして教育・普及活動のいずれもが、広島大学宇宙科学センターの使命でありかつ発展のために不可欠である。その体制の充実が強く望まれる。しかしながら、法人化後の国立大学はどこでも厳しい財政状況にあり、特にパーマネントの教員を増やすことは極めて困難な状況にある。このような背景を認識しつつ我々は提示された将来計画を議論した。

提示された将来計画は概ね適切であるが、高エネルギー分野と光赤外線分野が観測面で緊密な連携をしたことが今日のセンターの活力を生み出してきたことに鑑み、どのような分野の強化を図るかなど、発展の方向は慎重に検討する必要がある。どのように連携して行くのか具体的な展望が無いままに隣接分野の教員を集めるだけではセンターの活力向上につな

がらない可能性が高いことには注意しておかなければならない。

将来計画の第一段階については実行可能と考える。そのためには最低限次期主力装置の HONIR に専任の若手研究員 1 名（約 2 年間）の雇用が必要と考える。また、マンパワーを考えると、研究および装置開発に関して他大学等とのより密接な協力が必要であろう。相手方機関にとっても有益になるように（相互互惠）協力プログラムを設計するように双方が心がけるべきである。

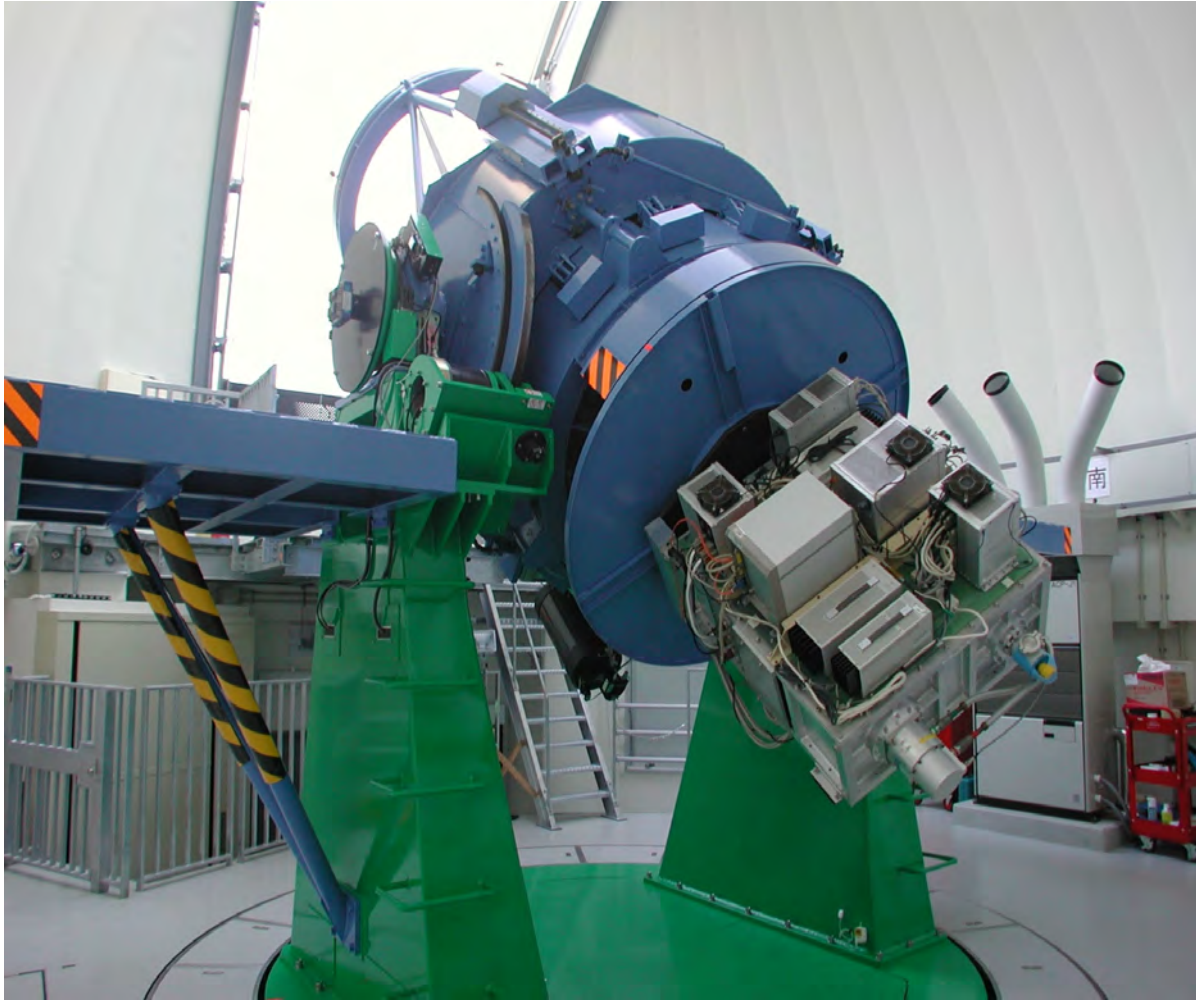
望遠鏡本体および観測装置の運転・維持・改良発展とともに、継続的に（約 5 年に 1 台）装置を開発するとすれば、物理実験系の大学院教育の充実が不可欠であり、そのためにはパーマネントの専任教員最低 1 名の配置が望まれる。このような人材を配置することによって、わが国内における広島大学宇宙科学センターの地位は、すでに確立しつつあるサイエンスの面の評価に加えて、実験開発研究教育の面でも確立されるであろう。

発行年月日:平成23年(2011)3月

発行者:広島大学宇宙科学センター長 吉田道利

編集責任者:大杉 節

データ収集・原稿執筆者:吉田道利、大杉 節、川端弘治、植村誠、高橋弘充、石井尚美



かなた望遠鏡と TRISPEC