

新天文台建設に至る経緯と東広島天文台概観

大杉 節・川端 弘治・吉田 道利

かなた望遠鏡チーム

〈広島大学宇宙科学センター 〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1〉

e-mail: ohsugi@hirax7.hepl.hiroshima-u.ac.jp

赤外シミュレーター¹⁾³⁾を国立天文台から譲り受け、東広島市西条町下三永の標高 503 m の山頂に東広島天文台を建設した。「かなた望遠鏡」と愛称を付けて据え付けを完了したのが平成 18 年 5 月末であった。望遠鏡の調整をし、名古屋大学が開発した TRISPEC^{*1, 4), 5)}をカセグレン焦点に取り付け、京都大学開発の高速撮像カメラ^{*2}をナスミス焦点に付け突発天体追跡専用望遠鏡として運用を開始してから 5 年が経過した。われわれ独自の観測装置開発も進み、順調に初期状態から巡航状態に近づいている。天文コミュニティの共同利用機器群の一つであった赤外シミュレーターを譲り受け、東広島天文台を建設し、かなた望遠鏡として設置し運用を行ってきたわれわれとしては、その経緯とかなた望遠鏡の 5 年間の観測成果をまとめて報告しておくことは責務であろう。この記事で、東広島天文台建設・かなた望遠鏡移設改造の経緯と東広島天文台の設計指針および望遠鏡改造、観測装置開発指針について紹介する。観測・研究成果については、植村 誠氏、山中雅之氏、笹田真人氏、上原岳士氏、ランドック氏の記事を参照いただきたい。

1. 東広島天文台建設に至る経緯 話の始まり

1990 年代の中ごろであった。当時の岡山天体物理観測所（以後、岡山観測所）の所長、前原英夫氏が広島大学を訪れ、岡山観測所の活性化について広島大学・牟田理学部長と協力の可能性を協議したことに始まる。同じころ理学部物理では大杉が NASA のガンマ線宇宙望遠鏡「GLAST」開発計画に参加を要請されていたため、大きな関心を

もってこの訪問を受け止めた。そして、牟田理学部長は岡山大学理学部長、前原岡山観測所長とともに、小平国立天文台長と会談を行い、大学における天文学教育研究と赤外シミュレーターの活用が話題になったと聞いている。時を同じくして岡山観測所活性化、新天文台計画に向けて西日本光赤外線天文研究者連合（仮称）が活動を始め、1999 年には京都大学が新しい主望遠鏡として 3 m 級望遠鏡を建設する計画を発表した。2000 年には、広島大学が主体となり赤外シミュレーター

*1 可視赤外線同時撮像分光偏光装置 TRISPEC (Triple-Range Imager and SPECTrometer with polarimetry), 名古屋大学 Z 研のグループにより開発され、赤外シミュレーター 1.5 m 鏡、ハワイ大 2.2 m 鏡、UKIRT 3.8 m 鏡、岡山 1.88 m 鏡などで運用された後、2006 年より広島大学かなた望遠鏡に取り付けられている。かなた望遠鏡での立ち上げや初期運用は、名古屋大学の木野 勝氏を中心に進められた。

*2 京都大の嶺重 慎、野上大作両氏を中心とするグループにより、浜松ホトニクス製高速読みだし CCD カメラを用い開発された。2008 年には磯貝瑞希氏（2007 年 6 月-2008 年 7 月、宇宙科学センター研究員）により分光器が備えられ、高速分光撮像器として運用されている。ホームページは <http://www.hida.kyoto-u.ac.jp/~nogami/HSSpec/>

を副望遠鏡として岡山観測所に移設・運用し、国際共同開発中であった GLAST ガンマ線望遠鏡との連携観測を視野に、突発・激変天体観測に活用する計画を岡山ユーズミーティングで提案した。この頃から国立天文台の光赤外専門委員会でも岡山新天文台計画の一環として赤外シミュレーターの移設が継続的に議論されることになった。2001 年に入り概算要求をすべく 3m 望遠鏡建設計画を文部科学省に持ち込んだが予算化には至らなかった。その後 12 月の西日本光赤外線天文研究者連合の会合を神戸大学で開き、諸般の事情を鑑みて、この盛り上がった機運を失速させないため、また GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の打ち上げに遅れないようにしたいという広島大学の強い希望から、赤外シミュレーターの移設計画を先行させることにした。なお、西日本光赤外線天文研究者連合が岡山観測所の協力を得て 2002 年春に開始した大学生対象の観測実習は、2008 年より場所を岡山観測所から東広島天文台に移し毎年継続開催されていることを付け加えておきたい。

1.1 移設検討加速

2002 年に入ると移設計画は急速に展開を始めた。移設タスクフォース（構成員：吉田道利、沖田喜一、渡辺悦二、泉浦秀行、柳澤顕史（以上国立天文台岡山観測所）、平田龍幸（京大）、定金晃三（大阪教育大）、富田晃彦（和歌山大）、川口建太郎（岡山大）、大杉 節（広島大）、敬称略）が設置され、1 月 5 日に岡山観測所において初回会合を行った。2 月 19 日には国立天文台天文機器開発実験センター（現・先端技術センター）ユーズミーティングで吉田岡山観測所長が移設案を発表。6 月 12 日、海部国立天文台長と牟田広島大学長との第 1 回会談が実現し、広島大学が「赤外シミュレーター移設活用提案書」をまとめ、できるだけ早く海部台長宛に提出することになった。9 月 2 日、それまでの 3 回のタスクフォースで検討し、まとめ上げた赤外シミュレーター移設活用提案を海部台長に提出。9 月 25 日、岡山ユ-

ーズミーティングで移設活用計画を広島大学が発表。10 月 18 日の光赤外専門委員会で赤外シミュレーターの広島大学移管、岡山観測所敷地内へ移設を決定し、赤外シミュレーター移設準備小委員会（委員長：野口邦男氏）を設置し、移設のスケジュールを調整することになった。10 月 24 日国立天文台運営委員会で移管移設を承認。2003 年 2 月 12 日海部国立天文台長より牟田広島大学長へ、赤外シミュレーターの広島大学移管を正式に通知。これを受けて 2 月 21 日の広島大学部局長会議で望遠鏡移管が報告され、新聞の報道記事となり地元にも広く知られることとなった。広島大学内では、赤外シミュレーターの改造と移設費用の概算要求を文部科学省に提出し、6 月から 7 月にかけてヒアリングを受け趣旨説明などを行った。

ここで、望遠鏡の移設先について岡山観測所以外の候補地を検討するきっかけとなる出来事が訪れる。7 月に近隣の自治体の首長が広島大学長を訪れ、地元に移設する可能性を検討するように申し入れたのである。さらに同様の申し入れが文部科学省にも届いたと聞いている。ここから地元と近隣の複数の市町村の誘致運動が始まった。広島大学としては、基本的に科学的データに基づき移設適地の選定を行うという方針を崩さないで（シーイングの良さは岡山観測所内移設の重要な理由の一つであった）、東広島市およびその周辺町村において山頂まで道路が通じ、地元の支援が期待できる複数の候補地を選定し、シーイング測定を始めた。8 月には広島大学宇宙科学センター設立準備会（委員長：研究担当副学長）が宇宙科学センター準備室（室長：大杉）の設置と準備室に設立準備委員会を置くことを決めた。9 月 12 日、第 1 回設立準備委員会において助手ポストを理学部より借用して専任助手を公募することを決めた。11 月 1 日に川端弘治助手が宇宙科学センター準備室担当として着任した。

2003 年 8 月から 11 月まで東広島市近隣 4 カ所

で晴天の日を選び各地2回以上のシーイング測定を行ったが、岡山観測所内の移設候補地に匹敵する適地は見つからなかったため、データをまとめ岡山観測所内移設を決める報告書を準備した。このタイミングで当時の東広島市長より標高500mの山頂近辺まで道路の整備されている東広島市西条町三永の福成寺地区を追加調査するように要請があった。また、別の依頼により、比較的良好な天候が期待できる瀬戸内の海岸に近いピーク（安芸津町）も追加調査することになった。12月に入り季節風の強い季節になっており、良いシーイングは期待できなかったが、要請に基づいて2カ所でそれぞれ観測を2度行った。すると、そのうち福成寺の1回で岡山観測所のデータを凌駕する値が得られたので引き続き観測を継続することにした。岡山観測所の柳澤顕史、小矢野久、岩田生、服部堯各氏の協力を得て同日同時刻帯の比較観測なども行い、福成寺地区において安定して良いシーイングが得られるという、当初にわかには信じ難かったことが徐々に確信に変わっていった。気象庁のアメダス年間日照時間データから観測可能日数も岡山観測所と同等に期待できそうであった。また広島大学のメインキャンパスからの直線距離～7km、乗車で20分、新幹線東広島駅より道のり4km以内とアクセスも非常に良いことから、このデータを見た牟田学長は、「この地に新天文台を建設する可能性を至急検討する」と決意し、ここから新天文台建設可能性追求へと突き進むことになった。

1.2 移設から新天文台建設へ

直ちに東広島市を通じて地元へ詳細調査への協力を申し入れ、地元住民の了解を得て西条町下三永福成寺周辺で系統的なシーイング測定を開始した。また2004年1月19日にはそれらのデータをもって牟田学長は海部国立天文台長と会談、つづ

いて2月20日に、1,2月の追加データを携えて再度会談をし、東広島市西条町下三永に新天文台を作る可能性を検討させていただきたいと申し入れ協力を要請した。また3月末の日本天文学会会場で開かれた光学赤外線天文連絡会において、これまでの経緯を説明し、新天文台の建設地を広島大学近郊に変更する可能性について夏まで検討させてほしいと了承を求めた。海部台長の説明・サポートもあり、夏までに新天文台建設の可能性を信ずるに足る計画書（インフラ整備を含む）および関連資料を広島大学が用意して国立天文台長宛に提出し、岡山観測所内移設か新天文台建設かの判断を、国立天文台長に委ねることになった。赤外シミュレーターは3月末日に国立天文台から広島大学に移管され、4月には広島大学宇宙科学センター（センター長・併任：大杉節、専任助手：川端弘治）が正式に発足した。センターの運営委員には学外委員として、吉田道利氏（国立天文台）、定金晃三氏（大阪教育大）をお願いした。広島大学では、学長と宇宙科学センター長が東広島市長と会談し市の全面的支援の約束を取り付けた。以後、広島大学と東広島市は共同で地元住民説明会を頻繁に開き協力を求めるとともに、東広島市は天文台建設用地および取付け道路に関する調査（地主の意向、取得可能性、遺跡の有無など）に、広島大学は天文台建設適地の科学的根拠（シーイング、天候、地盤など）を調べることであり天文台建設予算獲得の準備にそれぞれ全力を上げた。7月末日には天文台建設適地の科学的根拠を示す「サイト調査報告書」*3を発表し、岡山観測所のシーイングに比べ遜色ない良さであることを確認した。この報告書および、地元自治体のサポート、広島大学の準備状況から判断し、海部国立天文台長は、広島大学が東広島市西条町下三永の福成寺隣の丘に新天文台を建設し赤外シミュ

*3 <http://home.hiroshima-u.ac.jp/hasc/kawabata/siterep2.pdf>. また、関連するシーイング調査については、上田篤著 2003年度修士論文（広島大）や千代延真吾著 2004年度卒業論文（広島大）に詳しい。



図1 山陽新幹線の車内から南に見た東広島天文台。東広島駅より1 km ほど東寄りの地点。



図3 東広島天文台近景（2006年5月撮影）。



図2 東広島天文台上空から西北西方面を望む（2006年5月撮影）。右下は岡山天体物理観測所との位置関係を表す（白地図 KenMap により作成）。

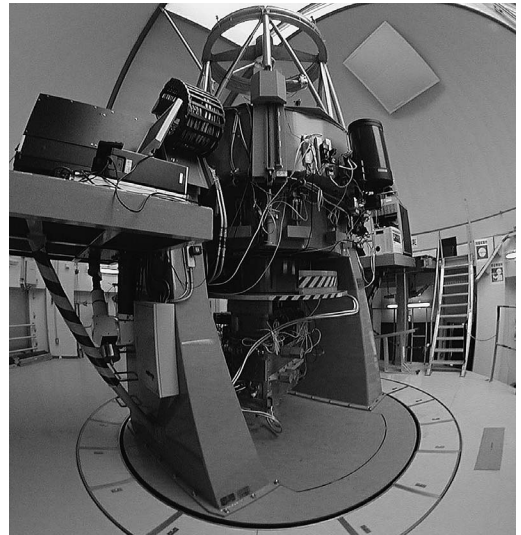


図4 かなた望遠鏡（旧赤外シミュレーター）。

レーター移設を目指すことに「ゴー」の裁定を下した。10月には地元および地主の了解を得て新天文台建設場所を決定、11月には予定地の樹木を伐採して視界を確保したうえで、シーイングの調査を開始した。12月末に望遠鏡改造・移設予算の内示があり、いよいよ新天文台の実現が間近となった。

1.3 新天文台建設

2005年1月に東広島市が天文台公園として用地買収を決定、同月には天文台建物の建設予算も内定し、公園内に広島大学が天文台建設用地を借

用して天文台施設を建てることになった。天文台施設の設計や望遠鏡の改造についての具体案は、2004年から2005年にかけて、沖田喜一氏、山下卓也氏、定金晃三氏をはじめ、多くの方々のご支援をいただいて練り上げることができた。同じころ、国立天文台の観山正見氏、林左絵子氏、家正則氏に相次いで宇宙科学センター談話会・講演会の講師を務めていただき、新天文台建設の意義を広島大学内へ周知させるために協力をいただいた。また、このころより IRSF1.4m 望遠鏡（名古屋

屋大学、南アフリカ設置)の建設経験をもつ佐藤修二氏に、TRISPECを初期観測装置として使用することも含め、設計・改造の具体的な検討に加わっていただいた。

5月には天文台公園の整地および取り付け道路の工事が始まった。6月に植村 誠助手が着任。8月に天文台建物の建設開始、および赤外シミュレーター改造・移設業者入札決定。9月には、国立天文台先端技術センターの支援を受け、主鏡のアルミ再蒸着を施したうえで、赤外シミュレーター一式を国立天文台三鷹キャンパスから撤去した。撤去へ向けた具体的な準備については、シミュレーターの運用を設置以来担当されていた東京大学の田中培生氏にお世話になった。赤外シミュレーター自身は、京都の西村製作所(株)工場に移され、半年にわたって改造が進められた。

2006年3月末に新天文台建物完成(図1-3)、4月初旬の取り付け道路舗装完了を待って望遠鏡の据え付けを開始し、5月25日に改造された望遠鏡の設置が完了した(図4)。望遠鏡愛称は公募愛称の中から選ばれ、「かなた望遠鏡」と命名された。翌26日に新天文台(正式名称:広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台)の開所式が行われた。6月と7月は地元住民や各界の方々にお披露目見学会および眼視装置を使った星の観望会を実施し、新天文台実現の喜びを分かち合った。

1.4 観測開始

6月、7月と望遠鏡の最終調整を行い、8月に名古屋大学開発のTRISPECをカセグレン焦点に、京都大学開発の高速撮像カメラをナスミス焦点に、それぞれ設置し試験観測を開始。2007年4月より本格的な突発天体観測を開始した。観測成果はこの記事に続く、植村 誠、山中雅之氏、笹田真人氏、上原岳士氏、ランドック氏の記事を参照されたい。2008年6月にはGLAST(フェルミ)ガンマ線観測衛星の打ち上げが成功し8月より全天サーベイ観測を始めると、かなた望遠鏡もフェルミ衛星との連携を意識し、10月より80%の観測

時間を投入してブレイザー観測の特別プロジェクトを走らせた。フェルミ衛星とかなた望遠鏡との連携観測の成果として、ブレイザー3C279のガンマ線フレアに同期する可視光偏光の貴重なデータをかなた望遠鏡で取得したことが挙げられる。このブレイザー3C279の研究成果はNature誌に掲載された⁶⁾。またブレイザー約40天体に対して、質・量共にこれまでで最も密度の高い観測データセットを取得した(植村氏記事参照)。

観測開始から2011年3月末までにかなた望遠鏡観測のデータが重要な部分を占める査読付き論文として発表された論文数は22編である。

2. 東広島天文台概観

東広島天文台は広島県中部の西条盆地東端に位置し、広島大学東広島キャンパスから東南東~7 km、新幹線東広島駅の南東~2 km、瀬戸内海の海岸線から6~7 kmの、標高503 mの小高い山頂(広島大学キャンパスのある西条盆地は標高約200 m)に建てられている(図2、住所:東広島市西条町下三永695-1)。年間の日照時間は1,800~2,000時間で国内最良地域の一つに挙げられる瀬戸内海気候に属す。なだらかな山容と北西に西条盆地、南の瀬戸内海に挟まれて地上風はさほど強くはなく、昼は海風の南風、夜は陸風の北風が卓越している(2006年4月~2010年4月の5分おきサンプル風速の平均値±標準偏差は、 2.0 ± 2.8 m/s)。冬も北西の風はさほど強くはなく、夜の北風が少し西よりに変わる程度であり、この穏やかな空気の動きがよいシーイングを導出していると思われる。夏の宵に瀬戸の凧と呼ばれる無風状態が訪れるがこのときが最もシーイングがよい。唯一の欠点は、海に近く風が弱いためか、夜半以降に気温が下がると湿度が大きくなることである。

天文台の建物は、西の端に直径10 mの円筒型ドーム建屋をもっている。地下8 mの岩盤に達する直径1.2 mの鉄筋コンクリート製の杭5本を伴

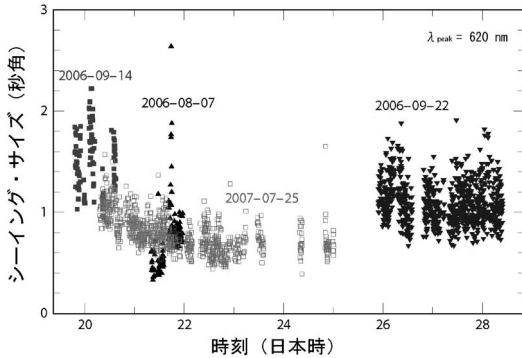


図5 東広島天文台のナチュラル・シーイング測定例。横軸は日本標準時、縦軸は恒星像の直径(半値全幅)を表す。4日分のデータを示す。

う、直径6 m 厚み1 m の望遠鏡基礎がドーム建屋の地下2-3 m に設けられており、この基礎に直径3.7 m のコンクリート製ピアが立ててあり、さらにその上にかなた望遠鏡は設置・固定されている。

ピアとドーム建物の基礎は独立しており、震動が伝わらないように配慮されている。望遠鏡の高度軸は地面からの高さ8.2 m である。ドームの東に観測準備棟および望遠鏡制御室を備えている。また2階制御室横は屋上デッキになっており、小型望遠鏡が設置できるコンクリート台が4カ所備えられている。そのうちの一つは小型ドームと30 cm モニター望遠鏡が設置されている。天文台建設地において2004年11月から2007年7月までの19晩、DIMM (Differential Image Motion Monitor) を用いて測定したナチュラル・シーイングは、夜ごとの中央値の平均・標準偏差で1.12 ± 0.30 秒角である。図5に屋上デッキで測定した例を示す。

3. 望遠鏡改造

かなた望遠鏡(旧赤外シミュレーター)の運用主体として広島大学が名乗りを上げた当初から、ガンマ線観測衛星との連携を視野に「突発・激変

天体追跡専用望遠鏡」とすることを目指していたと同時に、従来からの共同利用機器としての使命である「観測装置開発支援・試験観測」望遠鏡としての役割も併せ持ち、使いやすくするための改造を施した。また、天文学・宇宙科学を通じた地域一般の科学的リテラシーの普及をめざし、人気の高い眼視装置を新たに備えた。これらの改造と機能更新は西村製作所(株)により行われた。

基本設計としては、方位軸回転方式を軸受け式から円形水平ルール式(直径3 m のRガイド+可動ブロック)へ変更し、軸周りの重量アンバランスに対する耐性が高く高速駆動可能な経緯台とした。またカセグレン焦点は、大型の観測装置装着を容易にするため、ドーム床とカセグレン焦点下の望遠鏡床を同じレベルに揃え作業環境を改善するとともに、ヨーク高を20 cm かさ上げし観測装置装着空間として高さ1.4 m、直径1.2 m を確保した。また、第2ナスミス焦点側の高度軸中心の空洞径を拡大することで、第1ナスミス同様に直径10分角以上の広い視野を確保した。第1ナスミス焦点には、経緯台特有の視野回転を補償するためのインストゥルメント・ローテーターを付加した。なお、カセグレン焦点には同ローテーターが既設であったが、本改造により可動幅を180°から360°に拡大した。カセグレン焦点には0.5トンまで、二つのナスミス焦点にはそれぞれ1トンまでの観測装置が装着可能である。三つの焦点を自動で切り替えるための第3鏡のマウントと駆動機構を新たに開発・設置した。第3鏡駆動による焦点の切り替えは20秒以内に完了する。望遠鏡全般の制御は、IRSF1.4m 望遠鏡の制御系を基に、ナスミス・ローテーターや第3鏡の制御などを付加し、全体としてリモート制御が可能な望遠鏡を目指した。

かなた望遠鏡は、GRB(ガンマ線バースト天体)のアフター・グロー(残光)のすばやい追跡開始を目指し、方位軸最高回転速度:5度/秒(ドーム回転も同速)、高度軸最高回転速度:2度/

表1 「かなた望遠鏡」の主要性能諸元.

項目	内容
位置	北緯 34 度 22 分 39 秒, 東経 132 度 46 分 36 秒
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°-90°, 方位角: -270°-+270°
最大駆動速度	方位軸: 5°/秒, 高度軸: 2°/秒
最大加速度	1°/秒 ²
光学系	Ritchey-Chretien 光学系
主鏡	鏡材外径: 1.6 m, 硝材: ULE (超低膨張ガラス), 質量 983 kg アルミ蒸着, 有効径: 1.5 m, 主鏡 F 値=2.0
副鏡	ULE 製 直径 302.8 mm, または ZPF (セラミック) 製 直径 323.2 mm ともにアルミ蒸着 (SiO ₂ 膜によるコート付き) ※2007 年 7 月より ZPF セラミックス製副鏡を使用
駆動機構	Z 軸=光軸方向 (駆動範囲: -12~+6 mm, 位置検出・再現精度: 0.003 mm 以下) XY 軸 (駆動範囲: -4~+4 mm, 位置検出・再現精度: 0.02 mm 以下)
第 3 鏡	平面鏡, アルミ蒸着 (SiO ₂ 膜によるコート付き)
支持機構	平面鏡の可倒機構およびベースの回転機構の組み合わせによる 3 焦点の切り替え
焦点モード	
カセグレン	視野: 15' φ (ただし, 10' φ の外側の一部は第三鏡支持機構により遮蔽される) 合成 F 値: 12.2 (12.3) 合成焦点距離 $f=18,300$ mm (18,501.7 mm) ※括弧内は ZPF セラミック副鏡およびバッフルを用いた場合の値 インストゥルメント・ローテーター駆動範囲: -185°~+185°, 最大駆動速度: 毎秒 3°
第 1 ナスミス	視野: 15' φ 合成 F 値, 合成焦点距離はカセグレン焦点と同じ インストゥルメント・ローテーター駆動範囲: -185°~+185°, 最大駆動速度: 毎秒 3°
第 2 ナスミス	視野: 15' φ 合成 F 値, 合成焦点距離はカセグレン焦点と同じ. ローテーターなし, 眼視観望用光学系を実装
結像性能	ハルトマン定数: 0.30-0.32 秒角
指向精度	カセグレン焦点: 約 2.5 秒角 rms, ナスミス焦点: 約 3 秒角 rms ※結像性能・指向精度は東広島天文台での実測値
眼視装置	子供や車椅子使用者も簡単に利用できるように, 高さ調節機能付き. プリズムを用いた双眼型 角倍率: 200 倍 (視野角約 10 分角 φ), または 600 倍 (視野角約 3 分角 φ)

秒を誇る。これにより GCN (Gamma-Ray Coordinates Network; NASA) のアラート受信から 100 秒以内の観測開始も可能となった。第 2 ナスミス焦点下部に設置した眼視装置は、事前調査から学童は片目でのぞくことが苦手であるとの情報を得て両眼でのぞく方式にした。なお、2007 年 7 月より、副鏡には、国立天文台 ELT プロジェクト室と

日本セラミック社が開発したゼロ膨張ポアフリー (ZPF) セラミックス素材の新副鏡が使われている。この副鏡は焦点の引出し量を 50 mm 長く取っているため、光学系のパラメーターに若干の変更がある (表 1)。主鏡のメンテナンスについては、国立天文台の協力を得て、毎年 6 月に岡山観測所の施設を使わせていただき、アルミ膜の再蒸

着を行っている。また、副鏡と第3鏡は、 SiO_2 膜でコーティングしてあり、不定期ではあるが膜面のクリーニングを行って反射率の維持に努めている。表1にかなた望遠鏡の主要性能表を示す。光学系の諸元については赤外シミュレーターに関する国立天文台報も参考にした¹⁾³⁾。

4. ガンマ線バースト自動観測システム

かなた望遠鏡は、ガンマ線バースト (GRB) が発生すると自動的にその方向に向き、観測を開始するシステムを実装している。このシステムは、ソケット通信によって GCN から情報を受け取り、条件が合うものについて望遠鏡を（必要に応じて焦点を切り替えつつ）GRB の方向に指向するプロセスと、観測装置を GRB 観測モードに切り替え、望遠鏡の指向後に観測を開始するプロセスの二つに分けられる。観測装置は、TRISPEC または単一露出型広視野偏光撮像装置 (HOWPol) が対応可能となっているが、2009 年以降は GRB において依然データが希少な偏光観測を行うため HOWPol を優先使用するようにしている。

5. かなた望遠鏡専用の観測装置

かなた望遠鏡に取り付ける観測装置には、前述の名古屋大学で開発された TRISPEC と京都大学で開発された高速撮像カメラ (2008 年より高速撮像分光器に更新) 以外に、フェルミ・ガンマ線衛星との連携観測、特にジェット現象を継続的な可視近赤外線観測によって追求することを視野に、

広島大学で新たに開発したものがある。一つは、フェルミ衛星の重要な研究ターゲットであるガンマ線バーストにおける残光の偏光を確実に観測するために、第1優先度で開発された単一露出型広視野偏光撮像装置 (HOWPol)^{*4,7)}であり、もう一つは第2優先度の装置として現在開発中の、可視赤外線同時撮像カメラ (HONIR)^{*5)}である。

5.1 単一露出型広視野偏光撮像装置 HOWPol

かなた望遠鏡第1ナスマス焦点に常設し (図6)、GRB の初期残光の偏光観測を目標とした装置であり、GCN 情報の予想位置誤差が大きい GRB に対し 15 分角 ϕ 視野をカバーする撮像機能に加え、変化の速い偏光現象の観測を可能にする「単一露出型」偏光測定機能を実装している。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、2008 年7月末にファーストライトを迎えた。本格

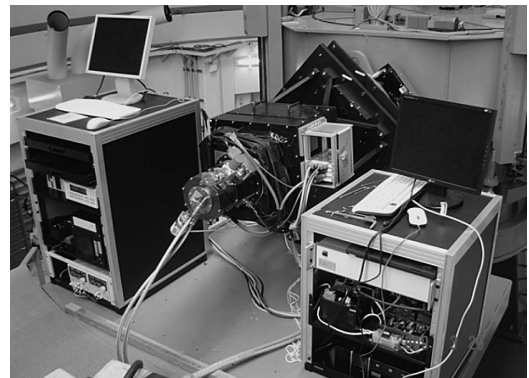


図6 第1ナスマス焦点に取り付けられた HOWPol とその周辺機器。

*4 Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter の略で、ホームページは <http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/instruments/howpol/>。なお、設計や性能評価については、千代延真吾著 2006 年度修士論文 (広島大)、田中祐行著 2008 年度修士論文 (広島大)、小松智之著 2010 年度修士論文 (広島大) に詳しい。

*5 Hiroshima Optical and Near InfraRed camera の略で、ホームページは <http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/instruments/honir/>。なお、設計や立ち上げ作業については、宮本久嗣著 2008 年度修士論文 (広島大) や先本清志著 2009 年度修士論文 (広島大) に詳しい。

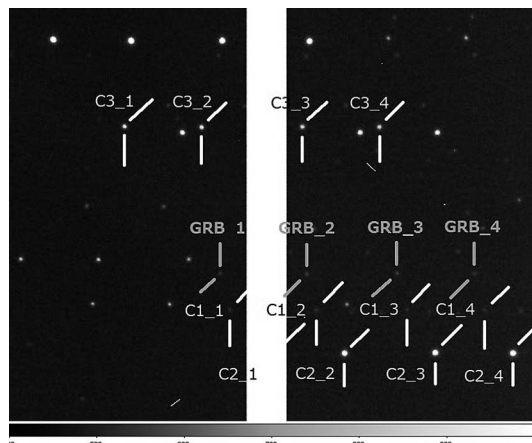


図7 HOWPolの単一露出型偏光モード(狭視野型)の取得データ例。GRB 091208B(撮影時はR~17等)とその周辺星の4方位の偏光像が写っている。中央の帯は二つのCCD間のギャップ。

的な観測開始は2009年からで、5月にはGRB自動観測も開始された。平常時は、分光観測や深撮像観測に用いられることが多い。平常時の偏光観測については、露出中にも刻々と回転するナスミス焦点特有の器械偏光(直線偏光度~4%)の影響を避けるため、固有偏光度が大きい一部天体を除き、カセグレン焦点のTRISPECを用いることが多い。

HOWPolの大きな特徴は、単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、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パラメーターを得ることが難しいが、HOWPolでは、瞳像の直下にウェッジ付きダブルウォラストンプリズムを置き、天体の4方位の直線偏光像を同時に得ることができ、1回の露出でストークスI, Q, Uパラメーターを導出することができる(図7)。検出器には、阪大の常深博氏や国立天文台の宮崎聡氏らが開発した浜松ホトニクス製2k×4k

完全空乏型CCDを2個並べ、国立天文台の中屋秀彦氏らが開発したMessia5/M-Front2⁸⁾を用いて駆動している。

HOWPolでは、GRB 090529以来26個のGRBに対して自動観測が行われた。GCN受信から露出開始までかかった時間の平均±標準偏差は100±24秒間で、うち5回は1分以内に露出が開始できた。この中で偏光測定が可能なレベルで残光が検出できた例は、検出限界に近いGRB 091208Bの1例のみである。今後しばらくは現状のままスタンバイを継続する予定で、明るいイベントに遭遇する機会もあるものと期待している。

5.2 可視赤外線同時カメラ HONIR

HONIRは、可視1チャンネル(Opt)と赤外2チャンネル(IR1, IR2)を備えた、かなた望遠鏡の次期主力観測装置として開発が進められており、限界等級や視野など、観測効率の点でTRISPECを上回る設計となっている。2006年末より開発が開始され、2008年半ばからは実験室での組み上げが行われて、2009年2月初旬には近赤外1チャンネルの撮像ファーストライトが行われた(図8)。その後、実験室に戻されて、真空筐体、制御系、光学系等の開発・調整が進められている。Optチャンネルの検出器はHOWPolと同じ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。いずれの検出器もHOWPolと同じく検出器コントローラーMessia5で駆動され、読み出し部のアナログ回路には、VirgoにMACS2、浜松ホトニクス製CCDにM-Front2がそれぞれ用いられていて、2検出器同時露出と読み出しも可能である。開発は広島大学のメンバーに加え国立天文台の共同研究者も参加して鋭意進められており、2011年度中に撮像モードの実用化と、分光・偏光モードの実装を進める予定である。将来はもう一つの赤外チャンネル(IR2)も実装したいと考えている。

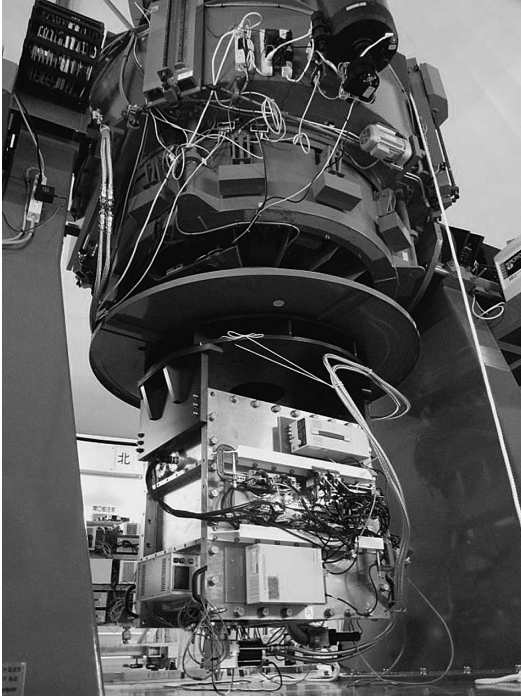


図8 望遠鏡に装着された HONIR (2009年2月)

6. 東広島天文台運用組織と人員

2004年4月の宇宙科学センター発足時は、併任のセンター長と専任助手の二人で出発し、天文台の建設に入ってから二人の専任教員が追加された⁹⁾。人員の確保は予算獲得にも増して難しく、研究科・学部の中で新しい部門のためにポストを捻出することは不可能に近い。東広島天文台の運用母体である宇宙科学センターは、学内共同教育研究施設のカテゴリーで設立された。したがって学長の下にリザーブされている共通人員（当時すべて3年任期のポスト）から配分を受けた。幸いなことに開所式前には併任センター長（大杉 節 理学研究科教授）と3人の専任スタッフ（山下卓也教授、川端弘治助手、植村 誠助手）が揃った。山下卓也氏には、前年度から東広島天文台立ち上げのために国立天文台より来ていただいた。その後、順調に研究成果、教育成果、社会貢献を

積み重ね、学内の認知度も上がり、教授ポストは任期なしとなり現在の陣容に至った。現在、東広島天文台の運用人員は、吉田道利教授・宇宙科学センター長、川端弘治准教授、植村 誠准教授と、特任契約教員である大杉 節特任教授、秋田谷洋特任助教の5人である。専任の3人は理学研究科物理科学専攻の教育にも協力教員として参加し大学院生の指導を行っている。

現在、宇宙科学センターの組織は、光・赤外線観測部門とX線・ガンマ線観測部門の2部門から構成される学内共同教育研究施設であり、東広島天文台は光・赤外線観測部門が運用するセンター附属施設となっている。X線・ガンマ線観測部門には2008年11月よりフェルミ衛星運用のために高橋弘充特任助教が着任している。また2011年度より専任准教授ポストが付き現在選考中である。

7. 観測装置試験観測

赤外シミュレーターは、全国の大学や研究機関で開発される観測装置の試験的な観測に用いるという役割を担っていたが、かなた望遠鏡もこの役割を継承している。これは、当初からわれわれがコミュニティに対して約束してきたことでもある。2006年の開所以来、これまでに次のような観測装置の試験観測が行われてきた。望遠鏡に装着された期間も合わせて示しておく。

- 可視15色同時撮像カメラ DMC（東京大）2007/5/21-6/1, 6/8-12, 2008/3/3-16
- 中間赤外線カメラ MAX38（東京大）2007/6/2-7, 2008/2/27-3/2
- 近赤外線カメラ ANIR（東京大）2008/2/22-26, 2009/1/23-27
- 中間赤外線高分散分光器 GIGMICS（名古屋大）2011/2/4-4/18

また、観測装置以外にも ZPF 製副鏡の試験が2007/7/19-27に行われた。この副鏡は、その後も通常の観測環境における耐用試験も兼ねて、装着

されたまま、運用を続けている。かなた望遠鏡による試験観測は、随時受け付けているので、希望されるグループは、早めに宇宙科学センターの教員へ相談されたい。

8. 今後の運用方針

かなた望遠鏡は、世界的にみても希少な可視近赤外線同時撮像分光装置、および広視野偏光撮像装置が常設された、特色ある1 m級の望遠鏡と言えよう。フェルミ衛星やMAXI衛星が高エネルギー宇宙の全天モニターとして活躍し、地上の可視変動天体の追跡も勢いづく昨今、突発・激変天体を観測ターゲットとするこの望遠鏡の役割が、にわかになくなることは考えにくい。特に機動的運用が可能な望遠鏡は、突発天体の研究にとって不可欠であるので、これまでの運用方針をしばらくは変える必要はないと考えている。また、光学赤外線天文コミュニティへの約束である装置開発支援試験観測望遠鏡としての役割も継続する。これらに加えて、国内の大学がもつ望遠鏡群を連携させた「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築」が2011年度から6年計画で走り出した。われわれはこの重要な推進メンバーとして活動する所存である。このプロジェクトの帰結として、望遠鏡群連携をベースにした共同利用に、かなた望遠鏡を一部供する可能性も将来の視野に入れている。その他、興味ある観測テーマがある場合にも、センター教員に相談されたい。運用には柔軟性があり、共同研究として受け入れが可能な場合も多くこれまでもいくつか実績がある。

教育については、これまでどおり大学院生の研究や学部学生実習などに活用する。近隣社会にもすでに地元の天文台として受け入れられており、社会一般教育、学童教育に関しても、科学リテラシー教育入門に有効な手段として望遠鏡を活用していきたい。

謝 辞

当初、岡山観測所構内に間借りして移設する計画であったものを、2004（平成16）年に広島大学と地元の希望で新たな土地に天文台を建設する方向へ舵を切ってから、わずか2年で新天文台の建設、赤外シミュレーターの改造・移設（かなた望遠鏡と改名）を完了したことは、思い出しても奇蹟に近い出来事であった。まず、われわれ広島大学のわがままを許してくださった光赤外線天文コミュニティの皆様から感謝と御礼を申し上げたい。また、それぞれの過程・決断の場面で、国立天文台の関係者、特に岡山観測所の所員の方々をはじめ、西日本の大学関係者、東京大学、名古屋大学、京都大学関係者、東広島市の上田市長（当時）および関連部局、地元住民など多くの方々に援助・協力を受けた。どの援助・協力が欠けても計画は容易に頓挫したであろう。改めて、あらゆる場面でそれぞれ援助・協力をいただいた方々に心から御礼を申し上げたい。最後に、われわれの目標・意図を的確に理解して下さり迅速な対応をしていただいた文部科学省の関係者にも、また学内で陰に陽に支援して下さった方々にも、御礼に代えて掲げた目標を確実に実現していくたゆまない努力を約束します。また、役目とはいえ、最もたいへんな時期に前例のないような勢いで、学内、文科省、東広島市、地元住民との間を飛び回って調整をしてくれた広島大学の青山恵子氏の働きがなければ東広島天文台の実現はなかったことを記しておきたい。

参考文献

- 1) 田中 濟, 田中培生, 和瀬田幸一ほか, 1995, 国立天文台報 2, 537
- 2) 沖田喜一, 和稲田幸一, 能丸淳一ほか, 1995, 国立天文台報 2, 645
- 3) 表 泰秀, 田中培生, 中村京子, 田中 濟, 1998, 国立天文台報 3, 99
- 4) Watanabe M., Nakaya H., Yamamuro I., et al., 2005, PASP 117, 870
- 5) 佐藤修二, 2009, 天文月報 102, 267
- 6) Abdo A. A., Ackermann M., Ajello M., et al., 2010, Nature 463, 919
- 7) Kawabata K. S., Nagae O., Chiyonobu S., et al., 2008, Proc. SPIE 7014, 70144L
- 8) Nakaya H., et al., 2006, PASP 118, 478
- 9) 川端弘治, 2005, 天文月報 98, 688

Higashi-Hiroshima Observatory and Kanata Telescope, Part 1 “Outline Story to Lead to a New Observatory Construction and General View of the Higashi-Hiroshima Observatory”

Takashi OHSUGI, Koji S. KAWABATA, Michitoshi YOSHIDA and Kanata Team

Hiroshima Astrophysical Science Center, Hiroshima University, 1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan

Abstract: Sekigai-Simulator, the 1.5-m optical and Infrared telescope developed and operated by the National Astronomical Observatory of Japan for testing the observational equipment developed for the Subaru telescope, was transferred to Hiroshima University and changed its name to “Kanata telescope.” It was installed in the Higashi-Hiroshima observatory constructed at the peak (503 m above sea level) of Shimo-Minaga, Saijyo-cyou, Higashi-Hiroshima city at the end of May, 2006. Since then, the telescope has been operated for 5 years as a specific telescope to investigate astronomical transient objects with TRISPEC (developed by Nagoya University), High Speed Camera (developed by Kyoto University) and HOWPol (developed by Hiroshima University). Status and activities of Higashi-Hiroshima Observatory are getting close to steady state. At this moment we have to write down the outline story to lead to the new observatory as a record and report the current status of the Kanata telescope. Outcomes of the 5 years observation will be reported by Dr. M. Uemura, Dr. M. Yamanaka, Mr. M. Sasada, Mr. T. Uehara and Dr. R. Lundock in this volume.