

赤外シミュレーターの移設活用提案

平成14年9月25日

1.5m 望遠鏡移設ワーキンググループ（注1）代表、
広島大学大学院理学研究科 教授 大杉 節
（広島大学宇宙科学研究教育センター（仮称）設立のための準備会副座長）（注2）

提案：

国立天文台三鷹の開発センターに設置されている、1.5m赤外シミュレーターを、シーイングのよい岡山天体物理観測所に移設し、シミュレーター機能に加えて、広島大学及び全国の大学の天文・宇宙研究、教育に十二分に活用する。移設は、可能であれば15年度内に、遅くとも16年度中に行う。

運用は、広島大学が責任を持つ。移設後広島大学に移管する。従って移設・移管に要する費用は、国立天文台と広島大学が応分に分担するものとする。広島大学内の赤外シミュレーター受入機関として、学内に「宇宙科学研究教育センター」を設立し、2名の教官を配置する事を考える。

少なくとも初めの数年間の運用については岡山天体物理観測所との緊密な連携が必須と考える。望遠鏡の運用時間については、広島大学1/2、国立天文台関連1/3、その他1/6を時間割り当てを目安として考える。国立天文台関連の中には、赤外シミュレーター機能の継承、共同利用サービスの継承も含む。尚この計画は岡山新天文台計画の一環と考える。

望遠鏡の運用戦略については、突発・激動天体アラート対応観測を機動的に行う事を最優先とする。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-E 衛星との同時多波長観測である。ASTRO-E 衛星、GLAST 衛星開発には、広島大学は深く関与しており、2005年に宇宙研から、2006年初めにNASA からそれぞれ打ち上げられる。その後は全力を挙げて観測、及びデータの解析体制に入る。その場合、ガンマ線のみならずX線及び可視光に、同時観測手段を持つことは、世界との競争に非常に有利になると考える。この場合、ガンマ線源は、ガンマレイバーストの例が典型的であるが、非常に時間的変動が激しく、発見直後に間髪を入れず観測態勢に入る事が肝心である。一つの焦点は常に観測機器と共にスタンバイ状態にある必要がある。ガンマ線源以外の突発天体の観測についても重要度に応じて同様に考える。このためには可視光「突発・激動天体観測共同研究チーム」を作る必要があると考える。

またこの望遠鏡の大事な役割として教育があげられる。大学院生に自分のアイデアを試し、工夫する十分な時間を与えることが、将来のアイデアにあふれた研究者を育てる。その目的にふさわしい運用が出来る望遠鏡である。

純粋科学としての天文・宇宙科学教育は、現代文明の基盤である科学リテラシー教育の一翼を担わなくてはならない。天文・宇宙科学理解者、支持者（サポーター）を増やす目的にも十分活用する。

以上まとめると

- 1) 突発・激動天体追跡、発見ガンマ線点源同定。
- 2) シミュレーター機能、観測機器開発等、共同研究。プロジェクト研究。
- 3) 大学の学部学生の専門教育、および天文・宇宙科学リテラシー教育・理科教員再教育・理科関心喚起一般教育

を3本柱として運用する。研究用では機動性を中心に据えた運用を、シミュレーター機能については国立天文台と協議、また大学の研究・教育協力に関しては、「運用協議会」を作り、便宜を図る。

望遠鏡基本機能：

研究目的の特質に鑑み、機動性を最も重視する仕様にする。当面、時間と費用の節約のため望遠鏡の機械的な大幅改造は行わない。従って使用可能焦点は、カセグレン及びナスミス一つのみとする。カセグレン、ナスミス焦点、ワンタッチ切り換え鏡を開発する。

- 1) カセグレン焦点：シミュレーター機能、観測機器開発・調整。機器持ち込み共同利用。
- 2) ナスミス焦点1：X線、ガンマ線衛星で発見された、突発天体追跡観測用機器の設置と常時スタンバイ。

基本観測装置の開発

- 1) 撮像、測光用 CCD カメラ（大学支援経費に申請）
- 2) 低分散の明るい分光器（競争的経費に申請する）

突発・激変天体同定追跡に必要な撮像、測光機器：

- (1) 撮像・測光機器：突発・激変天体同定、新発見ガンマ線点源同定には、ガンマ線衛星の出すデータのエラー円に相当する広い視野（～10分）が必要である。これだけの広い視野をカバーするには、広い面積の CCD を用意するか、縮小光学系を付けて適当な CCD サイズに像を縮小するしかない。検討の結果、1/2縮小光学系と 2k x 2k CCD の組み合わせで 10分角の視野が確保でき、しかも開発費が最小になると予想される。天文台「大学支援経費」に申請した。
- (2) 分光器：観測装置としては、撮像、測光用 CCD カメラを優先するため、当面の間、堂平で使用していたニコン分光器の利用を考える。しかしこの分光器は f 比が暗いため、突発・激変天体用に明るい分光器を開発製作し、出来るだけ早い機会に置き換える。そのための開発チームを作り、科学研究費等の獲得を目指す。

教育用観測機器：

- (1) 教育用裸眼観測：教育用には裸眼観測が最もインパクトが強いことは分かっている。裸眼観測のポートが可能か検討中。簡易冷却カラー CCD カメラも教育用として必須。（広島大学学内科研費等に申請する）

「説明補足」

1) 広島大学の研究目的

1-1) 突発・激変天体同定・追跡

広島大学では、ガンマ線衛星 GLAST の開発・製作に深く関与しており、2006年始めに NASA が打ち上げる予定になっている。GLAST の特徴は、全天サーベイ型の、高感度、高視野 (2.4 sr)、高位置分解能、高時間分解能のガンマ線衛星で、しかもカバーするエネルギー領域が 50MeV から 300GeV と 5桁近くに及び高性能衛星である。また、そのガンマ線望遠鏡の構成主要エレメントであるシリコンマイクロストリップセンサーは広島大学が開発した。

この高性能ガンマ線衛星観測で目指すサイエンスは

- 1) ブレーザー中心にあるブラックホール及びその形成するジェット形成機構
- 2) 遠方 AGN をガンマ線源とする、ガンマ線の optical depth 測定
- 3) ガンマ線バーストの観測と謎の解明
- 4) 未確認ガンマ線点源の同定と背景ガンマ線
- 5) 新星残骸の観測と宇宙線加速機構の解明
- 6) 高エネルギーラインガンマ線探索によるダークマター探索
- 7) 中性子星からのガンマ線観測による放射機構解明等が主なサイエンスである。

この中で、光学望遠鏡の活躍を必要とする、もしくは光学観測は十分重要的な付加情報を与えるものは、1), 2), 3), 4) である。

ガンマ線バーストを例に取って考えると、年間約200ヶのガンマ線バーストをGLAST-LAT 検出器は検出すると予想される。その中で~50ヶについてはガンマ線で十分に明るく、発見後直ちに位置を衛星のオンボードで計算し、光学観測のために15秒以内にGCNネットワークにアラートを出す。暗いバーストについては地上解析で位置を出し、Web上に公表する。従ってガンマ線で非常に明るい事象のみを考えても、年間10ヶ以上の事象について5時間以内に観測体制に入れる可能性がある(天候は考慮に入れていない)。これらの明かるいGRBの予想位置誤差は典型的に数分である。観測が可能な場合は2日間の観測日を必要とする勘定になる。(シミュレーション予想)。言い換えると、極東においてこの望遠鏡のみが良い観測の機会を得るGRBが年間少なからずあることを示している。

参照：

GLAST Flight Investigation (<http://www-heaf.hepl.hiroshima-u.ac.jp/glast/doc/flight-invest.html>)

口径1.5m望遠鏡でGRB afterglow が観測出来るかという問いに対しては、BeppoSAX 衛星が見つけたGRB-010222を3.64時間後に1.2m Telescope (Whipple Observatory)で測光、5時間以内に1.5m telescope (Tillinghast)で、分光した例が論文として報告されている事を挙げておく。参照：(Saurabh Mathheson et al. The Astrophysical Journal 554:L155-L158,2001 June 20, Krzysztof Z. Stanek et al. The Astrophysical Journal, 563:592-596, 2001, December 20.)

EGRET (CGRO 衛星に積まれていたガンマ線望遠鏡)の発見を外装すると新しいガンマ線源は2年間で5 σ 以上のシグナルとして~1万個発見される予想になる。これらの発見天体の光学同定も重要な仕事である。この場合は大部分が30秒から数分以内の誤差で位置が測定されると予想されるので同定はそんなに困難ではないと思われる。これらについて全て赤方変移を測り、距離を決めなくてはならないが、1.5m望遠鏡であっても大きな戦力になる。

X線ノバを検出した場合も光学同時観測のチャンスである。この場合は1ヶ月の単位で観測・追跡が必要である。X線ノバは、バイナリーの一方がブラックホールである場合が議論されている天体現象である。X線フレアが起こった場合は可視光でも増光が観測されており、ブラックホール近傍のサイエンスに関わる観測のチャンスであり、ノバの起こる機構を解明するデータ取得のチャンスである。

参照：Guillaume Dubus et al., The Astrophysical Journal, 553:307-320, 2001 May 20, Raj K. Jain et al., The Astrophysical Journal, 546:1086-1097,2001 January 10.

ナスミス焦点は、X線衛星 (ASTRO-E)、ガンマ線衛星 (GLAST) と連携観測専用とする。測光及び分光が同時に出来れば理想的であるが、測光専用のロボット望遠鏡 (50cm) が岡山に設置されようとしている(責任者：東工大河合氏、天文台柳澤氏)ので、測光と分光を分担する事も考えたい。分光については低分散でよいが出来るだけ明るいものが望ましい。偏光の測定可能性については別途検討する。

2) シミュレーター：観測機器開発：

基本的に、現在のシミュレーター機能を引き継ぐ。当面の問題としてレーザーガイドスター技術開発が平成15年度末に予定されているが16年度にすれ込む可能性がある。その場合移設とスケジュール調整が必要である。

3) 教育目的：

広島大学に取って研究のみならず、教育効果が最も高い望遠鏡運用を考える事は自明であるが、地域の大学に取ってもこの施設を中心に、教職員と学生の交流が深まり、研究・教育の相乗的な効果が期待出来る。つまり学生の立場から多様な指導者と接し、また教職員は多様な学生と共同作業ができる。大学院生教育、学部生教育どちらにおいても共通する大きな利点である。

以下では大学院生教育、学部生教育、一般社会への広報、学校関係者の教育の順に新天文台での教育分野の意義を強調する。

3-1) 大学院生教育

大学院生教育は研究分野の推進と不可分のものである。継続的に観測研究する大学院生、機器開発で長期滞在する大学院生を、広島大学を初め全国の大学から共同研究者として受け入れる事になる。萌芽的な研究を試す雰囲気を作り、良質の修士論文、博士論文作成へと繋ぎたい。

この望遠鏡は萌芽的なものを試す自由度と冗長性を保持する一方、大学院生に気軽なお客様の立場を用意しないし、データ取得や開発で独自努力が必要なことが多くある。この主体性要求が大学院生を研究者として鍛える。

3-2) 学部生教育

学部生の科学リテラシー教育は、これまであまり重要視されてこなかった。将来の天文学・宇宙物理学研究者育成をねらった大学院生教育は、当然として、学部教育は大学だけが力を発揮でき、もっと力をいれるべきで部分である。

学部学生は、全てが天文学（あるいは関連する学問分野）の研究者あるいは技術者を目指すわけではない。しかしそのような学生にも、研究現場をよく理解して広く社会に拡散して行って欲しい。天文学・宇宙物理学は学生に人気があり、自然科学研究の導入や紹介として解りやすい。また研究は、研究者が一人で行っているものではなく、技術職員を始め多くの支援職員、多くの研究者どうしの協力による地道な共同作業である。この点を理解する上でも天文台は絶好の経験場所である。科学の現場の正しい理解をもった人が行政職や企業人あるいは社会教育者として散り、純粋科学研究を理解し支援してくれる人口が社会に増えることは科学文明の健全な発展に取ってたいへん望ましい。（注3-1）

3-3) 一般社会への広報

どの研究分野においても一般社会への広報がこれからの時代には最も重要な仕事の一つになるであろう。特に天文・宇宙物理学分野ではその重要性が大きい。具体的には観測所公開、講演会や観望会の開催、解りやすい成果報告（出版、報道）が挙げられる。天文台は、これらの開催場所として適している。これまでも広島大学は岡山天体物理観測所と組んで2度高校生を対象とした公開講座を主催した事がある。（注3-2参照）

これらの作業は、大学院学生も主体的に参加してもらおう。社会に自分の成果を訴えていくことで、研究の動機、そして天文学・宇宙物理研究者としての社会人的自覚と意識を促すことになる。一般社会への広報活動と学生教育が同時にできるのは、大学天文台ならではの特徴である。

3-4) 学校理科教員、関係者の研修

小中高などの学校教員に対する研修場所の提供がある。しかし単発的な講演会だけでは、

大きな教育効果が出にくいことが知られているので、合宿研修可能な施設が将来の課題である。学校教員の研修充実が期待されているが現在はいいい研修場所が少く、「宇宙科学研究教育センター」はこの一翼を担うべきと考える。

一般社会への広報や学校関係者の教育を、教育指向の学生の実践とも重ね合わせて行うところが新しい観点である。最先端研究者に加え、良質の純粋科学伝達者（サポーター）を増やし、天文学・宇宙科学を広く支えていきたい。

運用について

運用原則：

- 1) 運用は広島大学が全面的に責任を持つ。
- 2) 岡山天体物理観測所と緊密な連携の基に運用を行う。
- 3) 突発天体対応の機動的運用を基本とする。
- 4) 広島大学持分時間（運用可能時間の1/2）は広島大学固有のプロジェクト、教育及び他大学との共同実験、共同プロジェクトに用いる。国立天文台の持分（1/3）は広島大学宇宙科学研究教育センターと協議の上、観測機器開発および共同利用に供する。残りの1/6は特別枠としてセンター長預かりとし、大学共同のプロジェクトに用いる。

広島大学持ち分時間の一部は、プロポーザルを学内で募集して宇宙科学研究教育センターの運営委員会で決めることになる。従って広島大学の誰かと組み、研究や教育のプロポーザルを出す事は可能であるし、良いプロポーザルは歓迎される。

観測機器開発などは、関係大学で科学研究費等の競争的研究費を獲得、開発し、持ち込む方式は歓迎する。

運用に関する検討事項

- * 移管後数年間は、スムーズに移管、移行出来るように国立天文台と緊密な協議の上運用する。
- * 利用をスムーズにするために、広島大学以外の学識経験者及び国立天文台関係者を含めた「運用協議会」を、広島大学宇宙科学研究教育センター運営委員会のもとに専門委員会として設ける事を考える。運用協議会の任務及び構成は、広島大学放射光科学研究センター（全国共同利用センター）規定を参考にして定める。（注4）
- * ユーザー会を、岡山観測所のユーザー会にあわせて、年1回以上行う。
- * 共同利用時間は、国立天文台が広島大学と協議の上運用する。その期間の運営費の国立天文台負担について。
- * 岡山観測所環境維持費（道路維持、周囲の草刈りなど）の広島大学分担について。

教育施設：

現在、岡山天体物理観測所内には、教育施設は全くない。広島大学としては、教室、学生の宿泊施設を含む施設へ発展させたいと考えている。その場合太陽クーデの建物は、その目的に改造可能な建物として注目している。

望遠鏡（赤外シミュレーター）設置場所

赤外シミュレーター設置場所は、太陽クーデドーム、74インチ西、74インチ南、事務棟西上等が考えられている。太陽クーデ以外は新設ドームである。ただし太陽クーデドームも大幅な改造が必要である。シーイングが良いと期待される場所がかつ道路に近くアクセ

スが良い場所が望ましい。これは望遠鏡搬入組み立て費用に大きく影響する。また毎年の鏡蒸着時の鏡搬出・搬入が容易な場所である必要がある。また岡山観測所の将来計画に組み込んで最適の場所を選択すべきである。

移設に掛かる時間

移設に掛かる時間は、解体1ヶ月、運送及び組立2ヶ月（かなりの余裕を入れて）と見積もられている。従って、設置するドームの準備が出来ていれば、移設に要する時間は大きな問題とはならないであろう。ただし移設後調整にかなりの時間を要する。

注1：1.5m 望遠鏡移設ワーキンググループ

岡山新天文台計画ワーキングの中に、作られたワーキンググループ。広島大学、岡山大学、神戸大学、大阪教育大学、京都大学、和歌山大学、岡山天体物理観測所から関心のある者が参加している。移設の技術的問題、望遠鏡設置場所、必要な観測装置開発、望遠鏡運用方針、望遠鏡を最も有効活用できるサイエンス、教育プログラム等を検討中。

注2：評議会の下に研究所・学内共同教育研究施設等の整備を検討するために置かれた部会（組織部会B）の中に設置された組織

注3-1：学部学生のための「天文観測実習」 2001年度3月実施、2002年度9月実施（予定）（関係大学：広島大学、岡山大学、大阪教育大学、和歌山大学）

注3-2：高校生のための「宇宙物理学講演と体験学習」1998年、1999年実施

注4：運用協議会に関する規定（案）（放射光科学研究センター規定に準拠）

I) 運用協議会は、センターに関する管理運営の基本方針に従い次の各号に掲げる事項を審議する。

- (1) 共同研究、及び共同利用に関する事
- (2) 点検評価に関する事。
- (3) センターに関する重要事項の内センター長から諮問された事項

II) 運用協議会は、半数を学外の委員で構成し、次に掲げる協議員で構成する。

- (1) センター長及びセンター主任
- (2) センターの教授及び助教授
- (3) 広島大学専任教授又は助教授の内、センター長が必要と認めた者
- (4) 学外の学識経験者の内センター長が必要と認めた者

「赤外シミュレーター岡山移設、広島大学移管問題」の説明

広島大学理学研究科 大杉 節

経緯：

この計画は、3m新望遠鏡建設を中心に計画されている「岡山新天文台」計画の一環として検討されているものである。

昨年12月に開かれた西日本大学が参加する天文コミュニティの、「岡山新天文台計画」大学間連絡会において、「岡山新天文台計画推進についての覚え書」をかわし、主望遠鏡は京都大学が計画、建設し、副望遠鏡は広島大学が主として計画し運用の責任を持つことになった。

1月に副望遠鏡計画推進ワーキンググループを作り岡山観測所で初会合を開き活動を開始した。2月の開発センターユーザーズミーティング、3月末の天文学会の会場で開催された光天連総会において、広島大学の副望遠鏡運用計画が、天文台の赤外シミュレーターの岡山移設を念頭に置いた計画として披露され好意的に受け止められた。

それを踏まえ、5月2日に岡山観測所で副望遠鏡推進会を開き具体的な計画を立てるとともに、赤外シミュレーターの移設、移管を検討するため、岡山観測所側は天文台長に移設する場合の問題点を検討する事を申し入れ、広島大学は受け入れのための学内体制を検討するように学長、副学長に申し入れることになった。五月中旬に広島大学として受け入れ体制を整えるため、「宇宙科学研究教育センター」設立準備委員会を広島大学評議会、作業部会Bの中に作った。

5月27日に海部天文台長と、岡山観測所吉田所長が、岡山新望遠鏡計画について検討した。この場で、副望遠鏡計画と、広島大学の意志及び準備状況、また広島大学長が海部台長に会見を希望している旨を伝えていただいた。

海部天文台長が広島大学長の会見希望を受け入れるとの返事を受け、広島大学長から、直接海部台長に電話をいれ、6月12日の会談が決まった。

会談内容 (文責：大杉)

14:00～より天文台長応接室で会談が始まった。

まず挨拶の後、牟田学長より、4～5年前に岡山天体物理観測所の将来について、前天文台長の小平氏との会談を持った経緯から説明があり、広島大学としては積極的に岡山天体物理観測所施設を引き受ける意志があった事を改めて伝えた。その後京都大学が中心になって岡山新天文台計画を推進する事になったので、経緯を注意深く見守っていた。ここに来て、岡山新天文台計画の一部である副望遠鏡計画として入っている赤外シミュレーターの移設、最終的に広島大学へ移管、広島大学が運用責任を引き受ける部分を先行した方が、計画全体にとって良いのではという機運が西日本コミュニティの間で高まったことを知り、この際自分が乗り出して、海部天文台長と直接話し合った方が、

話が明快になり、ひいては計画の遂行を促進することになると考えて、今日の会談を申し込んだ旨の発言があった。

これを受けて、海部台長から、昔、牟田学長が小平台長を訪ねてこられたことを覚えている。岡山新天文台計画、岡山施設の活用についてはずっと懸案であった。京都大学の研究者が乗り出して新望遠鏡計画を立てることになり、新望遠鏡建設が順調に行けば、岡山施設京都大学移管、京都大学中心運用の線で行く計画を全面的にサポートしてきたつもりであったが、必ずしも京都大学の計画が直ぐに実現するような情勢にない。赤外シミュレーターを移設し、岡山で活用する可能性についてはかねがね考えていた。それを新天文台の副望遠鏡とし、広島大学が中心になって運用することで、広島大学に新しい天文・宇宙学の拠点が出来るのであれば天文コミュニティのためにも望ましい方向と思うという趣旨の発言があった。

また、牟田学長から広島大学としてねらっているサイエンスはガンマ線衛星と連携観測で得られるもので明快であるが、もし移管が現実になった場合、広島大学としては独占するつもりはない。コミュニティの貴重な財産として運用するつもりである旨のコメントがあった。

この後、赤外シミュレーターを見学しながら、具体的な問題について話し合った。移管の事務的問題は、天文台辻田管理部長と広島大学松岡経理部長の間で検討する事とし、技術的問題は、吉田岡山天体物理観測所と、広島大学が連絡を取りながら検討することになった。海部台長としては、サイエンスの目標、運用に関するプロポーザルがないと天文台として正式に検討できないので、「提案書」を作ってほしいとの要望があった。大杉が西日本のコミュニティ及び副望遠鏡推進ワーキングにはかり、出来るだけ早く提案書を作り台長宛に提出することを約束した。

以上、経過、準備状況をかいつまんで説明しました。