

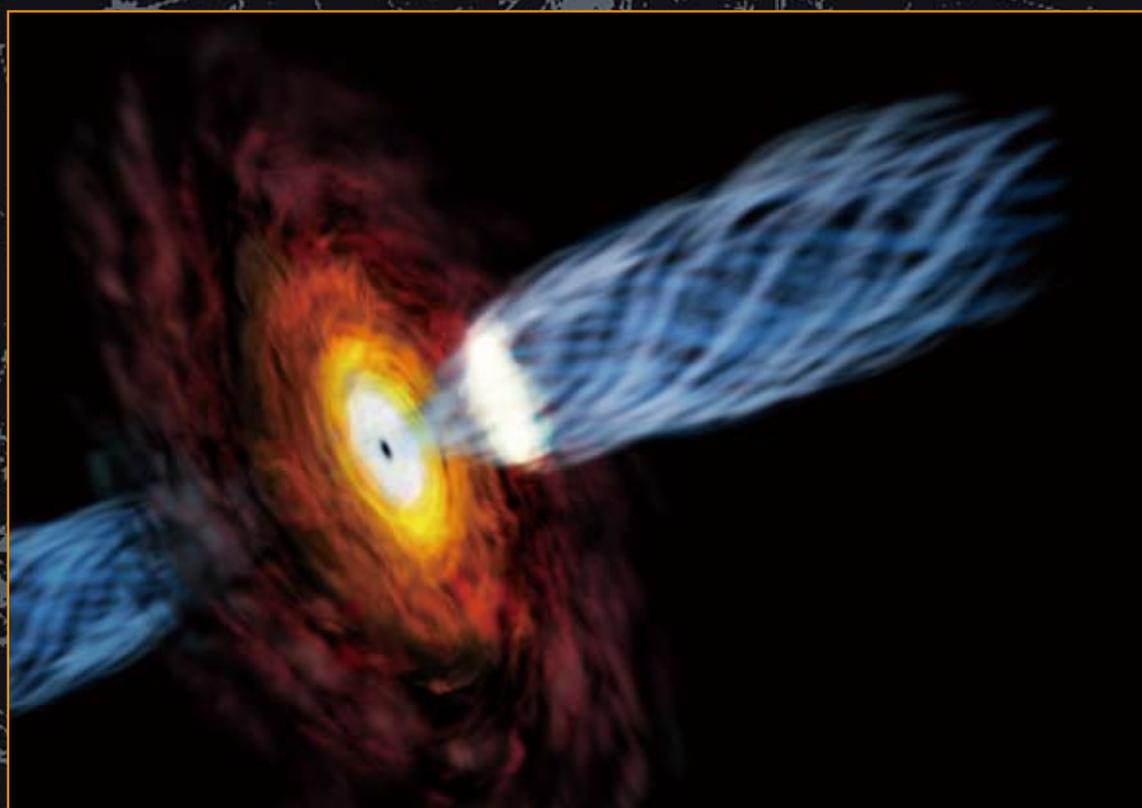
自然科学研究機構

国立天文台
NAOJ

国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2011年8月1日 No.217

超巨大ブラックホールは何処に？
噴出ガス源流の隠れ家突き止める

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

エジプト・コッタミア観測所188cm望遠鏡の光学系改修／ナイジェリアとの天文学交流／ペルーとの太陽物理学共同研究／ウズベキスタン・マイダナク天文台との研究協力／モンゴルの天文学／10cmコロナグラフが雲南天文台へ／アジア冬の学校／日本発の天文教育支援プロジェクト「君もガリレオ」

- 「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」事業
- 「第6回自然科学研究機構技術研究会」報告
- アルマ望遠鏡に16台のアンテナがそろそろ&国立天文台ALMA推進室チリ事務所開所式
- 「すばる春の学校2011」報告～「春の学校」のこれまで・これから
- 森 匠さんが“Amaldi conference best student poster prize 2011”を受賞

8

2011

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

研究トピックス

超巨大ブラックホールは何処に？ 噴出ガス源流の隠れ家突き止める
——秦 和弘（総研大／水沢 VLBI 観測所）

19

受賞 森 匠さんが“Amaldi conference best student poster prize 2011”を受賞

07

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

- エジプト・コッタミア観測所 188cm 望遠鏡の光学系改修
- ナイジェリアとの天文学交流
- ペルーとの太陽物理学共同研究
- ★途上国向け国際協力・支援活動一覧マップ
(10cm コロナグラフが雲南天文台へ／アジア冬の学校)
- ウズベキスタン・マイダナク天文台との研究協力
- モンゴルの天文学
- 日本発の天文教育支援プロジェクト「君もガリレオ！」
- 国立天文台の天文学普及を目的とした国際協力活動

06

おしらせ

- 「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」事業
- 「第6回自然科学研究機構技術研究会」報告
- アルマ望遠鏡に16台のアンテナがそろう&国立天文台ALMA推進室チリ事務所開設
- 「すばる春の学校2011」報告～「春の学校」のこれまで・これから

21

連載 Bienvenido a ALMA ! 15回

初期科学運用開始！
——井口 聖（ALMA 推進室）

23

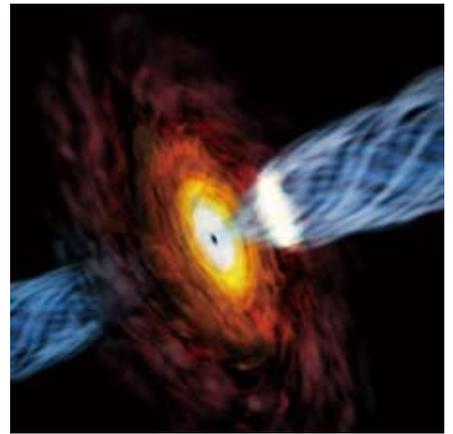
New Staff
すばる望遠鏡の障害発生と復旧について
共同利用のお知らせ

- 編集後記
- 次号予告

24

シリーズ 分光宇宙アルバム 17

X線で探る超新星残骸内部のレアメタル
——馬場 彩（青山学院大学）



表紙画像

ジェットを噴出す巨大ブラックホールの想像図（国立天文台／AND You Inc.）。

背景星図（千葉市立郷土博物館）
渦巻銀河 M81 画像（すばる望遠鏡）

天の川に映る「はくちょう」とナデシコ。

イラスト／石川直美

国立天文台カレンダー

2011年7月

- 2日（土）公開講演会「七夕の夜は宇宙を見上げて」（小金井市民交流センター）
- 4日（月）先端技術専門委員会
- 6日（水）宇宙映像利用による科学文化形成ユニット第3回シンポジウム
- 9日（土）平成23年度国立天文台公開講演会（三鷹）／第2回日本科学普及リーダー養成研修会
- 13日（水）運営会議
- 14日（木）太陽天体プラズマ専門委員会
- 16日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 20日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議／天文情報専門委員会
- 21日（木）平成23年度前期第3回「職員みんなの天文レクチャー」
- 22日（金）研究交流委員会

2011年8月

- 1日（月）～5日（金）電波天文観測実習（野辺山）
- 1日（月）～7日（日）スターウィーク2011
- 2日（火）光赤外専門委員会
- 4日（木）教授会議
- 7日（日）VERA 石垣島局特別公開
- 9日（火）～10日（水）2011年度岡山ユーザーズミーティング<第22回光赤外ユーザーズミーティング>（広島大学）
- 9日（火）～11日（木）第5回Z星研究調査隊（水沢 VLBI 観測所）／美ら星研究調査隊（VERA 石垣島観測局）
- 20日（土）野辺山観測所特別公開／水沢 VLBI 観測所特別公開／VERA 入来局特別公開
- 27日（土）岡山天体物理観測所特別公開
- 28日（日）ナショナル白熱授業「夏休み！こども宇宙塾」
- 31日（水）教授会議

2011年9月

- 2日（金）電波専門委員会
- 10日（土）～10月10日（月）東京国際科学フェスティバル2011
- 13日（火）理論専門委員会
- 14日（水）研究計画委員会、天文データ専門委員会
- 19日（月）～22日（木）日本天文学会秋季年会（鹿児島大学）
- 21日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 23日（金・祝）アストロノミー・パブ（三鷹市芸術文化センター）
- 28日（水）先端技術専門委員会

超巨大ブラックホールは何処に？ 噴出ガス源流の隠れ家を突き止める

秦 和弘

(総合研究大学院大学／
水沢 VLBI 観測所)



ブラックホールの直接撮像という大目標に向けて

人にはそれぞれ生涯を終えるまでに一度は見ておきたい景色や光景というものがあるかと思います。雄大な大自然、世界遺産、満天の星空、などなど。私の場合はどうかというと、エベレストの頂上から見渡す地上の景色、地元松江の宍道湖の夕日、それからあとは、ブラックホールの姿でしょうか。人類は未だブラックホールの姿を見たことがありません。直接写真におさめてその本当の姿を見極めることは現代科学における究極の目標の1つです。今回の研究は、銀河の中心部に潜む巨大ブラックホールの居場所をかつてないほど精密に突き止めた、という内容です。これにより、ブラックホールの直接撮像実現に向けて大きな一歩を踏み出しました。

噴出ガスに隠された超巨大ブラックホール

これまでの研究から、多くの銀河の中心部には太陽の数百万倍～数十億倍という、大きな質量を持った巨大なブラックホールが存在することがわかっています。ブラックホールとは、強い重力によってあらゆる物質を吸い込む、光さえも脱出できない天体です。そのごく近傍では強い重力によって引き寄せられた物質が高速で回転する円盤（降着円盤）を形成し（図1）、ブラックホールは円盤を通して降着するガスの重力エネルギーを燃料として活性化しています。ブラックホール自体は輝きませんが、その周辺でおこる様々な活動的現象からその存在は確実視されています。

ブラックホールは非常にコンパクトな天体現象なので、その周辺構造を直接撮影して確かめるには圧倒的な空間分解能を誇る超長基線電波干渉計（Very-Long-Baseline-Interferometer：VLBI★）による電波観測が有効です。多くの場合、電波で観測できるブラックホール周辺の活動現象は「ジェット」と呼ばれるものです（図1）。ジェットはブラックホールから「吹き出す」高速のプラズマガスの流れで、シンクロトロン放射によって電波で輝いています。見方を少し変えれば、ジェットの源流にはブラックホールが潜んで

いる、ということになります。

しかし、高い解像度を誇るVLBIを持ってしても、これまでブラックホールの正確な居場所はわかっていませんでした。ブラックホールの近くになるほどジェットの密度が濃くなり、電波放射が吸収されてしまうからです。その結果、VLBI観測ではブラックホールが潜むジェットの真の根元まで見通すことができず、電波で観測できるのは流れの途中からなのです。電波写真を撮るとあたかもここからジェットが出ているように見えることから、私たちは「見かけの根元」と呼んでいます。この見かけの根元とブラックホールの位置関係は画像上からは判断がつかえません。そのため、これまではジェットの形状等から真の根元位置を見積もるといったことしか推測する術がなく、ブラックホール位置の精度にはその直径★の数百倍もの不定性がありました（次ページ図2）。

吸収の壁を克服する

私たちは、この困難を突破するため、多周波相対VLBIという観測手法を駆使してブラックホールの位置特定に挑みました（図3）。ジェットからのシンクロトロン電波放射は、高い周波数ほど透過率が良くなるという性質があります。低い周波数から高い周波数

news scope <解説>

▶超長基線電波干渉計(VLBI)

VLBIとは、地球の各地に存在する複数の電波望遠鏡を繋ぎ、地球サイズ規模の実効口径を持つ巨大電波望遠鏡を実現する技術です。これにより、すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡の100倍以上という、あらゆる天文観測装置の中で圧倒的な解像度を実現することができます。

news scope <解説>

▶ブラックホールの大きさ

ブラックホールには大きさがあります。「事象の地平面」と呼ばれる光さえも脱出できなくなる（従って観測者には真っ黒に見える）領域の大きさで定義されています。事象の地平面の大きさはブラックホールの質量に比例し、M87銀河中心のブラックホールの場合、その大きさはおよそ240天文単位になります（太陽の60倍のブラックホール質量を仮定）。

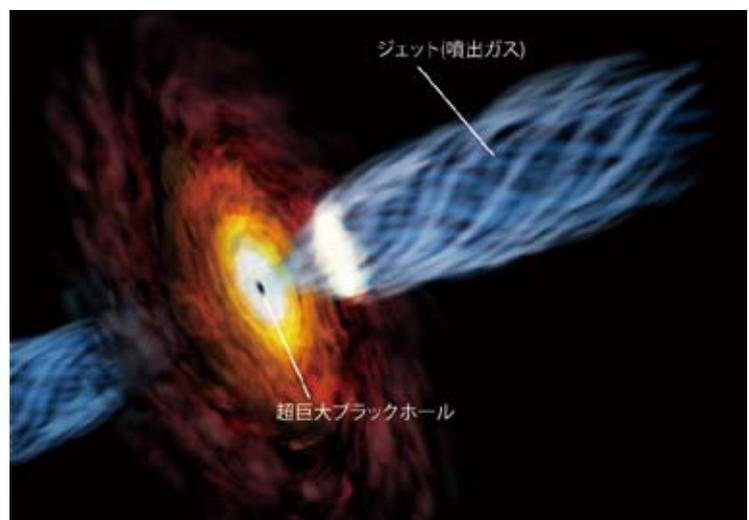


図1 巨大ブラックホール周辺の想像図（国立天文台／AND You Inc.）。

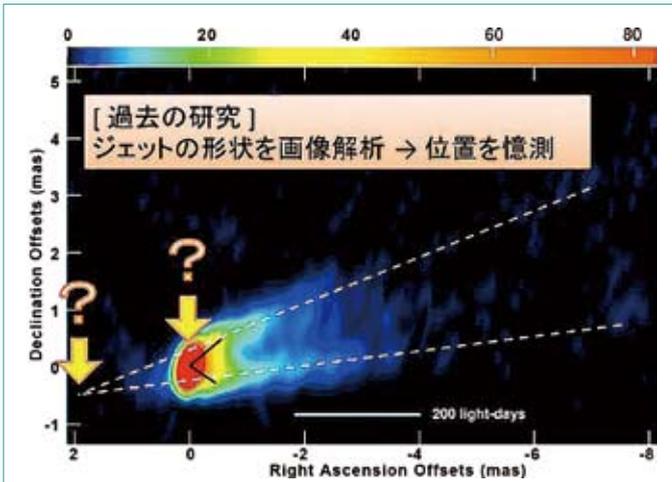


図2 ブラックホールはどこに？ 赤色の部分がジェット「見かけの根元」(VLBI画像：NRAO)。

へと観測周波数を上げていくことで、ジェットをより奥へ奥へと見通すことができ、その結果「見かけの根元」が上流側へずれていくのです。ジェットの放射理論に基づくと、上流へ遡るほど見かけの根元がずれる量が小さくなっていき、やがてそれ以上遡れない「収束地点」に行き着くと予想されています。まさにこの収束地点こそ、ジェットの真の根元、つまり隠されたブラックホールの居場所と考えられます。私たちはこの位置ずれの様子を精密に追尾するために、全ての周波数で相対VLBI観測を行いました。相対VLBIとは、目標天体とは別の電波源を位置基準として利用し、目標天体の位置を精密に測定するVLBI観測のテクニックです。これにより、収束地点の場所を極めて正確に決定することが可能になります。

おとめ座A (M87) のブラックホール位置の決定

私たちは地球から約5440万光年離れたところにあるM87(おとめ座A)に狙いを定め

ました(図4)。M87はおとめ座銀河団の中心部に位置する巨大電波銀河で、その中心には太陽の60億倍という宇宙最大クラスの超巨大ブラックホールを抱えていることが知られています。地球から比較的距離が近く、質量が大きく、将来のブラックホール撮像の最有力候補の一つですから、その位置を正確に知ることは大変重要なのです。

2010年4月、私たちは米国国立電波天文台が運用するVLBI専用観測網Very Long Baseline Arrayを用いて、M87のジェット根元を6周波(2、5、8、15、22、43 GHz)

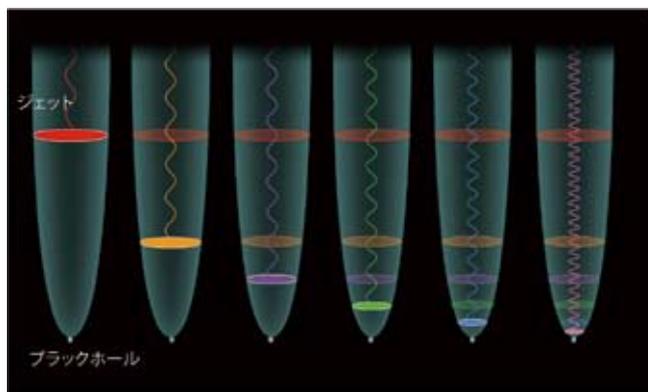


図5 多周波相対VLBIによる「見かけの根元」の位置測定結果。収束地点、すなわち隠されたブラックホールの居場所を突き止めることに成功した(概念図：国立天文台／AND You Inc.)。

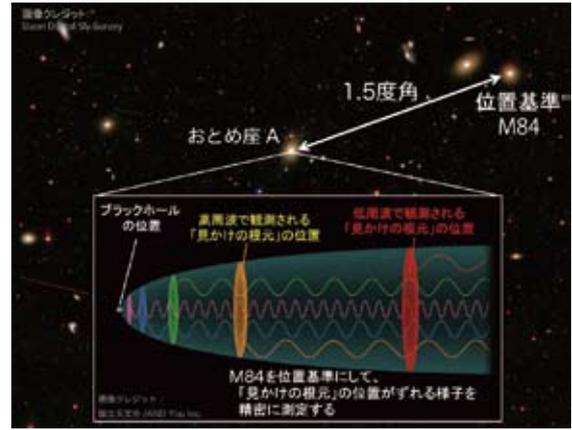
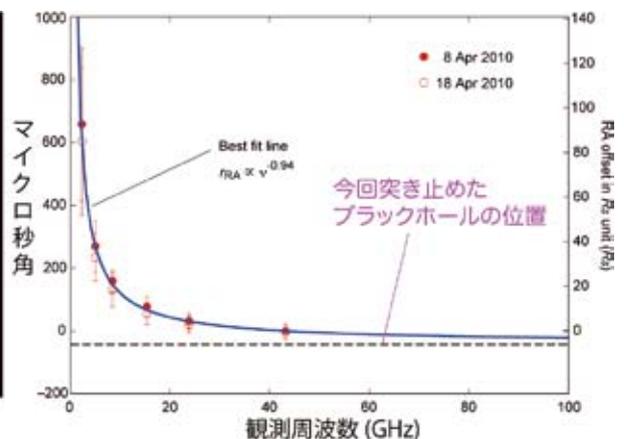


図3 多周波相対VLBI観測による吸収の克服(画像：可視光/Sloan Digital Sky Survey, 概念図：国立天文台／AND You Inc.)。



図4 M87の観測写真(画像：左上/Sloan Digital Sky Survey, 右上/NASA and the Hubble Heritage Team)。



で多周波相対VLBI観測をしました。そして、M87の中心部に潜む超大ブラックホールの居場所を約20マイクロ秒角（1度角の1億8千万分の1）という精度で突き止めることに成功しました（図5）。これは予想されるブラックホール直径のわずか2倍にまで迫るといって驚かす精度です。

さらに驚くべきことに、突き止めたブラックホールの居場所は43GHzで観測される見かけのジェット根元の位置から僅か0.02光年しか離れていないことがわかりました（図6）。これは予想されるブラックホール直径の僅か7倍しか離れていないことを意味しています。実はM87の電波観測は、ブラックホールを見通せる寸前のところにまで迫っていたのです。

インパクトと今後の展開

これまでは電波吸収のために、ブラックホールの位置を正確に知る手段がありませんでした。いくつかの天体では、ジェットの見かけの根元からはるか遠く奥深く（ブラックホール直径の1万倍から100万倍遠方）に埋もれているのでは？ という憶測もなされるなど、高い解像度を誇るVLBIでもブラックホールに迫ることは難しいかもしれないと考えられてきました。今回の研究成果はそのような不安要素を取り払い、国立天文台をはじめとして世界各地に展開されるVLBIが、ブラックホール極周辺の直接探査に極めて有効であることを改めて実証してくれたのです。

本結果によるとM87の場合、あともう少しだけ高い周波数（さらに高い透過率と解像度）でVLBI観測しさえすれば、吸収の壁をほぼ完全に克服してブラックホールまで直接見通すことができるようになる、ということを示しています。

今回のVLBI観測は2GHz（波長18センチメートル）から43GHz（波長0.7センチメートル）のいわゆる「センチ波」での電波観測でした。一方、「サブミリ波」と呼ばれる波長約1ミリメートル以下の電波帯で活躍する電波望遠鏡が世界各地に存在しています。現在これら世界中のサブミリ波望遠鏡を結びつけることでサブミリ波VLBI観測網を構築するプロジェクトが、日本の研究者も含め、世界中のVLBI天文学者の協力のもと進められています。今後M87をサブミリ波でVLBI観測することにより、ブラックホールの「真の姿」が明らかになるものと期待されます。

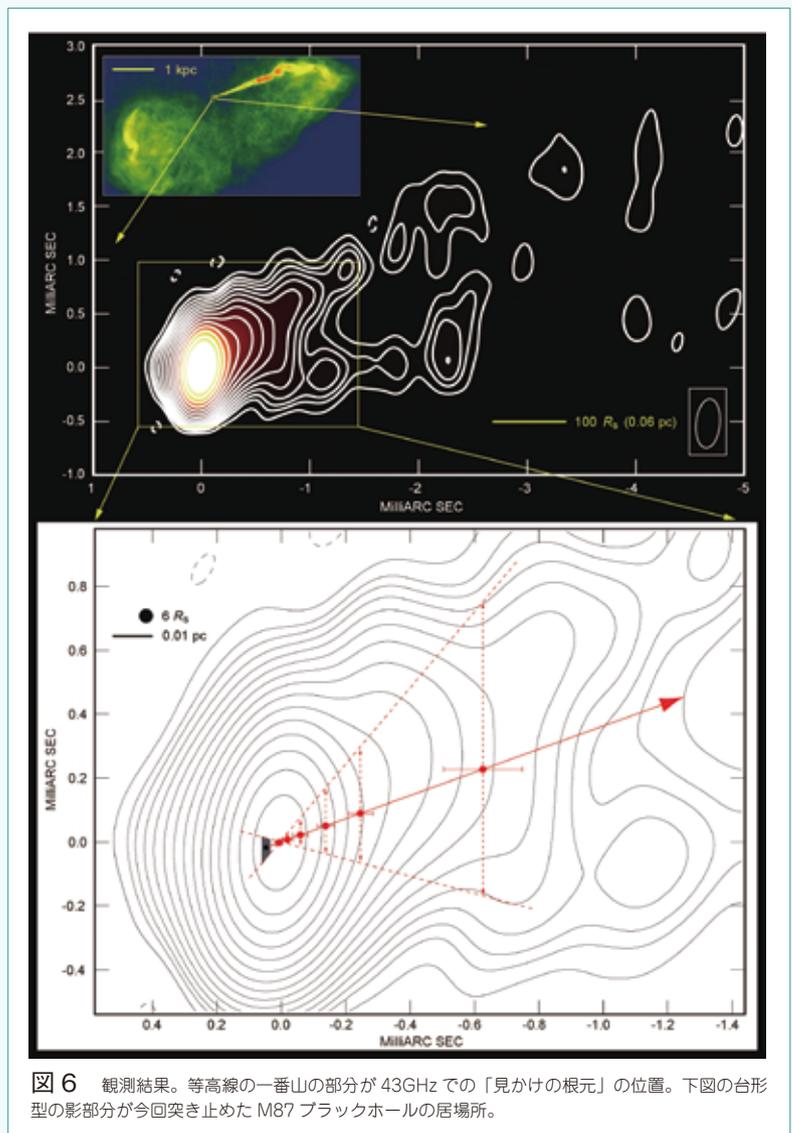


図6 観測結果。等高線の一山部分が43GHzでの「見かけの根元」の位置。下図の台形型の影部分が今回突き止めたM87ブラックホールの居場所。

●簡単な研究チーム紹介

本研究チームは秦 和弘（総研大/水沢VLBI観測所）、土居明広（ISAS/JAXA）、紀 基樹（水沢VLBI観測所）、永井 洋（ALMA推進室）、萩原喜昭（水沢VLBI観測所/総研大）、川口 則幸（水沢VLBI観測所/総研大）から構成されています。世界中の研究者達がしのぎを削るブラックホール研究において、国立天文台をはじめとした日本のVLBIチームはその前線に立ち、世界をリードする研究を行っています。今回の成果も、今後のブラックホール研究の進展に大きく貢献することが期待されます。私たちVLBIチームは引き続き、この分野を牽引すべく、研究を推進していきたいと考えています。

★謝辞 論文をまとめるにあたっては、研究チームを超えた多くの方々からの多大なるご支援ご協力を頂きました。この場を借りて、サポートいただいた全ての方々にお礼申し上げます。本研究成果は2011年9月8日発行の英国の科学雑誌「ネイチャー」に掲載されました。

参考文献

- Hada, K., Doi, A., Kino, N., Nagai, H., Hagiwara, Y., Kawaguchi, N.: 2011, *Nature*, **477**, 185.
- Ly, C., Walker, R., Junor, W.: 2007, *ApJ*, **660**, 200.
- Junor, W., Biretta, J., Livio, M.: *Nature*, **401**, 891.
- Marscher, A., et al.: 2008, *Nature*, **452**, 966.
- Blandford, R., Konigl, A.: 1979, *ApJ*, **232**, 34.
- Doeleman, S., et al.: 2008, *Nature*, **455**, 78.

「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」事業

関口和寛 (光赤外研究部/国際連携室)

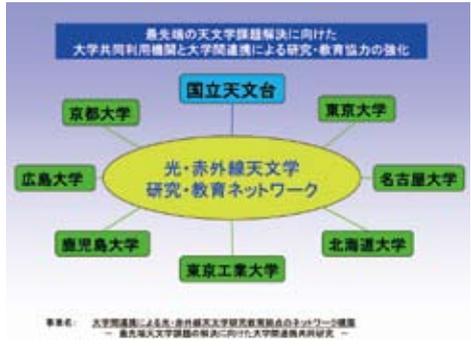
2010 03 30

国立天文台と、北海道大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、鹿児島大学の7大学が連携し、日本の大学が国内外に持つ中小口径の光学赤外線望遠鏡を有機的に結びつけて、ガンマ線バスターや超新星などの突発天体およびブラックホールや中性子星を持つ連星系等の即時および連続観測により、それらの物理現象の解明をメインテーマとした共同研究の推進と、大学における天文学教育を促進するための事業が2011年度から6年間の予定で始まりました。

国立天文台ではすでに、大学間連携によるVLBI連携観測事業が行われており、2005年の本格観測開始以来、国内の大学におけるVLBI・電波天文学の発展に大きく寄与しています。そこで、今度は光・赤外線の望遠鏡を使った共同研究として、突発天体のフォローアップ観測等、天文学の比較的未開拓な次元である「時間軸」に焦点を当てた共同研究を行うことになりました。すばる望遠鏡のような大望遠鏡だけでは出来ない研究を行うこ

とにより、大学での光学赤外線天文学教育と研究を促進し、広い視野と知識を備えた研究者を育成することを目指しています。また、大学の垣根を越えて広く研究者の人的交流を奨励することが期待されます。

本事業の一環として、4月25日から5月2日（日本時間）の間、南米チリ（東大mini TAO望遠鏡）や南アフリカ（名大IRSF望遠鏡）の望遠鏡を含めた12台の望遠鏡を使った第1回目の共同観測キャンペーンを実施しました。このキャンペーン観測には、39名の大学・研究機関スタッフ、17名の大学院生、2名の学部学生が参加しました。突発天体としては、ちょうど発現したIa型超新星SN 2011by、45年ぶりに増光した回帰新星T Pyxなどの共同観測に成功しました。また、9月末から10月初めにかけて、第2回目の共同観測キャンペーンが計画されています。国立天文台が、国内各大学の持つ施設を共同で使う研究をサポートするという、大学間共同利用機関としての新しい役割が試されます。



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の概念図。

自然科学研究機構 佐藤彦彦機構長のコメント

国立天文台では、岡山県浅口市の岡山天体物理観測所に口径188cm、91cm、50cmの3台の望遠鏡が、沖縄県の石垣島天文台に口径1m望遠鏡があります。瀬戸内地方は、夜間の晴天率が国内では最も良く観測に適しています。石垣島は本州とは気象条件や夜明けが本州に比べ1時間ほど遅いことなどから観測時間帯や時期にメリットがあります。岡山188cm望遠鏡は、主として可視および近赤外の分光観測、91cm望遠鏡は1回に広い領域を近赤外波長で撮影でき、岡山50cmと石垣島1mは可視3バンドを同時に観測可能と、複数の方法で同時に観測します。岡山天体物理観測所は、この大学間ネットワークの中核拠点となる計画です。



6月22日に学士会館で開かれた記者会見に勢揃いした各機関代表者。左から、佐伯 浩 北海道大学・総長、清水孝雄 東京大学・理事（副学長）学術企画担当（濱田純一・総長の代理）、伊賀健一 東京工業大学・学長、國枝秀世 名古屋大学・大学院理学研究科長・教授（関口道成・総長の代理）、佐藤彦彦 自然科学研究機構・機構長、観山正見 国立天文台長、松本 紘 京都大学・総長、土屋英子 広島大学・理事・副学長（研究担当）（浅原利正・学長の代理）、吉田浩己 鹿児島大学・学長。

特集

国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

渡部潤一（天文情報センター）

世界天文年2009の活動は、ユネスコが主導し、国連の世界（国際）年の中でも極めて大きな広がりを見せた。国内はもちろんだが、世界的にもそうであった。それは国際天文学連合（IAU）への参加国は70に満たないのに、世界天文年への参加が170あまりの国と地域に上ったという事実にも端的に表れている。そんな中、天文学先進国が発展途上国と、天文学の様々なレベルで国際協力をしていくという動きが目立った。国際協力というと、すぐにすばるやALMA、TMTなどの大型プロジェクトを思い浮かべがちなのだが、この種の支援・協力には実は日本は、そして国立天文台はずいぶんと地道な活動をしてきた実績がある。

そこで、世界天文年が終了した2010年、「こういった国際協力・支援活動を並べて紹介できないか」と考え、平成22年度の「科学記者のための天文学レクチャー」で取り上げることにした。このレクチャーは通常の記者会見とは異なり、普段は忙しい第一線の科学記者・メディアの方々に、天文学の最前線の話題をじっくりと聞いていただくための企画である。毎年、1～2回の割合で開催しているが、平成22年は10月26日に

第14回目として「超大型望遠鏡の時代に向けて—30m望遠鏡（TMT）計画—」を行っている。引き続き、第15回目を「海外への天文学支援：日本の役割」と題して、2011年1月14日の金曜日の午後に開催した。最初に国際連携室長の関口和寛さんに「日本としての天文学支援：ODAを例に」と題して、北村名誉教授を中心に行われてきたODAによる支援活動のレビューをしてもらい、現在、天文情報センター普及室と協力して行っている「君もガリレオ！」プロジェクトなどのインドネシアやモンゴルへの展開についても紹介された。これに関連して、参加者の中でモンゴルへの天文施設供与を既に行っている長野県小川村天文台の坂井氏からも紹介があった。こうした情報が集まり、関わっている人がつながっていくのが、このようなレクチャーの良い点でもある。

次に、組織ではなく有志による支援の代表例として、兵庫県立西はりま天文台、兵庫県立大学教授の黒田武彦さんから「有志による天文学支援：ペルーへの支援を例に」と題して、寄付金を中心にした支援活動の現状をレビューして頂いた。この活動には、国立天文台の太陽研

究者および電波天文学研究者も深く関わっている。最後に、放送大学教授で、IAU president-electでもある海部宣男さんから「IAU・アジアを通しての天文支援」と題して、現状でのIAUの立場でのレビューがあった。IAUでは、発展途上国に対する天文学の普及促進を目的とする「天文学普及と教育のための戦略プラン2010-2020」を前回の総会で採択し、力を入れつつあること、そのために新しいオフィスや役職をつくりつつあること、また世界天文年2009を通じての「アジアの星」プロジェクトの現状なども紹介された。国立天文台では、IAUのプランに沿って、東アジアの中核を担うべく、オフィスを新設して、海外から担当者を公募する計画も進んでいる。

このレクチャーで紹介しきれなかった海外協力・支援の例を、この特集でまとめてみた。それぞれのプロジェクトは、天文学研究のための技術協力から、普及教育のための支援活動まで様々である。読者の皆さんだけでなく、職員の皆さんにも、これらの小粒でもぴりりとスパイスのきいた多様な活動の現状をご紹介しますことで、国立天文台の天文学研究とは別な一面を知っていただければ幸いである。



海部宣男さんの「IAU・アジアを通しての天文支援」レビュー。



関口和寛さんの「日本としての天文学支援：ODAを例に」レビュー。



黒田武彦さんの「有志による天文学支援：ペルーへの支援を例に」レビュー。

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

Egypt

エジプトの首都カイロから東方 60km にあるコッタミア観測所には、岡山 188cm 望遠鏡の同型機があります。光学系の調整不足で、長い間、満足な観測ができなかったこの望遠鏡を粘り強く調整して甦らせることができました。

エジプト・コッタミア観測所 188cm 望遠鏡の光学系改修

佐々木敏由紀 (ハワイ観測所)

● 3度にわたる改修

カイロ東方 60km の砂漠のなかにあるコッタミア観測所は、岡山 188cm 望遠鏡の姉妹機を有しています。国立天文台ニュースで以前報告 (2009年 10月号) したように、この望遠鏡は、光学系の調整不足のために 10年以上の間、科学的データを得られない時期が続いていました。我々は、日本-エジプトの天文学研究協力の一環としてこの問題を解決するため、2009年と 2010年の 3回にわたり望遠鏡の調整に出かけました。今回の記事は、2009年 10月号 (http://www.nao.ac.jp/naojnews/data/nao_news_0195.pdf 参照) で「これから…」としていたことの報告完結編です。

● 2度目の改修作業

2009年 6月訪問時に望遠鏡で撮られた星像が 3点像であることの原因が、軸方向主鏡サポート固定点の誤設定と同定し、正しい設定後にそれなりに綺麗な点像が得られることを確認して日本に戻りました。初回訪問時のハルトマンテストは後日解析してハルトマン値 0.67 秒角でした。ハルトマン値は星像半径ですので、星像直径は 1 秒角を超えています。応急的な軸方向主鏡サポートの高さ調整



写真 1: 副鏡支持部周りを調べる小矢野さんと野口さん。

のみでは不十分で、ハードウェアの改造を含めた改修が必要です。

2009年 11月に 2回目の訪問をしました。作業をすすめるために 188cm 望遠鏡に詳しいその道のベテラン、岡天文体物理観測所の小矢野さんが加わりました。主鏡サポートの高さ調整のための改造と望遠鏡の動きに伴うコマフリー星野移動の原因究明が主な目的です。しかし、現地地で星像が再度 3点像になっているとの報告を受けました。以前と同様に主鏡サポートの固定点を動かして、観測視野外にも移動するコマフリー星野を観測視野に入れるように調整していたようです。コマフリー星野の移動原因を明らかにして取り除かない限り同じことが繰り返されます。

● 原因が判明

まずは軸方向主鏡サポートの可動範囲を調整するために、高さリミッタのハードウェア改造ののち高さ調整を行いました。主鏡サポートがほぼ均等に主鏡裏面に当たるように調整ができました。高さ調整には初回同様にプラスチックシートを用いたままです。

コマフリー星野が望遠鏡の移動に伴って動く原因としては、半径方向主鏡サポートの緩みによる主鏡の移動、ニュートン斜鏡の筐体内での移動、あるいは副鏡を支えるスパイダーの移動、などが考えられます。

このうち、半径方向主鏡サポートの緩みによる主鏡の移動の可能性は、サポートが主鏡側面にジャストタッチしていましたが少なさそうでした。ニュートン斜鏡やカセグレン副鏡をそれぞれ分解して調べましたが、大きなガタの兆候はありません。副鏡支持スパイダーはがっちりとして望遠鏡鏡筒についていました。夜には、主鏡サポートの高さ調整の効果を見るために、ハルトマンテストを行って星像の定量的な評価をする予定です。そのために、コマフリー星野移動の原因は不明ですが、組み



写真 2: 主鏡サポートの支持力調整中の小矢野さん。

上げたニュートン斜鏡を再度取り付けました (写真 1)。

ニュートン斜鏡を副鏡支持スパイダーに取り付ける時に、クランプねじを回して締めていた小矢野さんから「まだ締まるよ」の声。なんと、クランプがほとんど締まっておらずニュートン斜鏡がぐらぐらの状態で観測をしていたことが判明。そのために、望遠鏡を振るとそれに伴ってニュートン斜鏡が動き、コマフリー星野が大きく動いていたようです。つまり、望遠鏡を目的の星野に向けるために、主鏡サポートの固定点を動かして調整していたのです。これは本来やってはならないことです。同じことを何回か行えば、サポートの調整幅以上に軸方向主鏡サポート固定点が出っ張り、固定点にかかる主鏡支持重量が大きくなって像が変形してしまいます。望遠鏡星像劣化の問題は、初歩的なニュートン斜鏡のクランプ締め忘れに端を発して、主鏡固定点操作という禁断の処理に因っていたものだったのです。問題点が明確になった以上、作業は比較的楽です。

その晩にはハルトマンテストをすることができました。日本 (あるいはヒロ) に戻ってから解析をし、ハルトマン値 0.31 秒角が得られました。初回訪問の調整時には 0.67 秒角でしたのでかなり改善されていますが、Carl-Zeiss での研磨時の値 0.12 秒角と比較するとまだ不十分です。主鏡サポートの個別支持力が均等でないため (10kg 程度違いました)、主鏡をゆがめている恐れがあります。研

磨時の光学像を目標に星像をよくするためには、再度訪問して主鏡サポートの個別支持力の調整が必要です。また、恒久的な改修のためには高さ調整のスペーサを金属製にする必要があります。一方、前回の私たちの訪問の後に行われた、吉田さん、川端さん(広島大)や沖田さん(岡山観測所)の試験観測では星像は安定していると報告を受けていました。

●3度目の改修作業

2010年11月に最終調整のために3回目の訪問しました。軸方向主鏡サポートの高さ調整用スペーサは、金属製のものを用意しました。真鍮シートで厚さ0.1mmから5種類です。前回の測定を再度行って高さを確認しながらスペーサを挿入して高さを揃えます。

続いて軸方向主鏡サポート支持力の調整です(写真2)。主鏡1620kgを18点の軸方向主鏡サポートで支えるには平均90kgにする必要があります。個別支持力を精度良く測定しました。軸方向主鏡サポートではテコの原理で錘を錘軸で支え支持力にしています。90kgの支持力を出すには錘軸が短いサポートがありました。Carl-Zeiss製とは思えない製品です。錘軸の代替ができないので、錘を追加する必要があります。観測所のなかで適当な錘がなかなか見つかりません。運良く適当な重さの錘がありましたが、錘軸に取り付けるには錘の中心にある穴が大きすぎます。ここで小矢野さんの職人芸が登場しました。軸方向サポート高さ調整用の予備の薄いアルミ製スペーサを用意していましたが、これを切って錘中心穴の内径を錘軸の外径にあわせ込みました。おかげで、全てのサポートについ

て支持力90kgに調整できました。これで主鏡サポート調整のために予定していた作業は完了です。

ハルトマンテストを実施しました。結果は、ハルトマン値0.18秒角(光量80パーセント像直径で0.51秒角)です。Carl-Zeissでの研磨時の値に比べると大きいですが、望遠鏡に取り付けた状態ではなかなか良い値です。岡山観測所188cm望遠鏡のハルトマン値0.23秒角に伍した値です。望遠鏡を振るとコマフリー星野(直径2分角)が天頂距離30~45度で約1分角動きますが、望遠鏡指向解析で補正する範疇に入っています。その後改修された望遠鏡光学系を用いた超新星探査観測の画像がエジプトのガマル氏から届きました(写真3)。

CCDを用いた観測に必要なドームフラット補正システムも用意し、188cm望遠鏡筒頂に設置しました(写真4)。ニュートン焦点(CCD視野10分角)で強度数パーセントの精度でフラット補正ができます。

この先、高精度測光観測のための光学系バップルの導入、主鏡蒸着装置の改造、砂漠の砂を除去するための主鏡CO₂スノー洗浄法の導入などがありますが、望遠鏡の基本機能の修復という点では今回を含め3回の訪問でほぼ完了しました。

コッタミア観測所の所属する国立天文地球物理学研究所(NRIAG)と広島大学(吉田道利教授)、国立天文台(関口和寛教授)とで学術振興会および国際協力事業団支援の科学共同プロジェクトが進んでいます。修復がほぼ完了したコッタミア188cm望遠鏡が日本-エジプトの天文研究協力で役立つことを期待しています。天文学は平治の学問です。エジプトでの政治情勢が安定してコッタミア



写真4:望遠鏡筒頂部に装着したドームフラット光源を点灯したコッタミア188cm望遠鏡。



写真5:NRIAG所長Saad女史、Issa名誉教授との記念写真(コッタミア観測所で)。

観測所の友人たちが天文研究に邁進できることを切に願うものです。

★今回もコッタミア天文台の職員の方々には大いにお世話になりました。望遠鏡調整、観測を一緒に行ったGamal Ali博士、Aly Haroon博士、Ahmed Essam博士、Hamed Ismail博士、Ibrahim Selim博士に感謝します。観測所長であったIsmail博士は2010年にはサウジアラビアに移籍していました。NRIAG所長Nadia Saad女史と岡山観測所に滞在したことのあるI.A.Issa名誉教授とコッタミアでお会いすることができました(写真5)。Essam博士にはまたエジプトの国内見学に大いに尽力して頂きました(写真6)。ここに感謝します。また、主鏡サポートシートの製作やドームフラット補正システムの製作では岡山観測所にお世話になりました。



写真6:アブシンベル神殿前でガイドの説明を受ける(左から)野口、佐々木、小矢野。

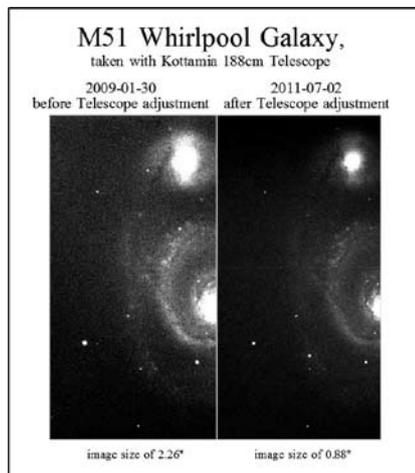


写真3:Kottamia 188cm望遠鏡で撮影されたM51銀河(西側半分の像)。望遠鏡光学系改修前(左)と後(右)で星像サイズは2.26秒角と0.88秒角です。右側の写真には超新星が写っています(像中央下側です)。

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

Nigeria

中部アフリカの大国ナイジェリアとの交流が始まったのは20年ほど前のことです。一人の研究者の日本滞在から始まった協力・支援の流れは、年を追うごとに大きくなり、とくに最近では、電波天文学分野で成果をあげています。

ナイジェリアとの天文学交流

川口則幸 (水沢VLBI観測所)、縣 秀彦 (天文情報センター)

●ナイジェリアとの出会い

ナイジェリアと日本との天文学交流は、ナイジェリア大学 (UNN) の高エネルギー天体物理学オケケ (Pius N. Okeke) 教授が、1990年代初頭に国立天文台に長期滞在したことから始まった。その後、彼の弟子であるリバース州立科学技術大学 (RSUST) のシガー口 (Friday B. Sigalo) 氏が、2002年度に1年間国立天文台に滞在し両国の交流が進んだ。ナイジェリアでは1962年にUNNで天文学の講義が始まり、21世紀当初には理論天文学者が国内の10大学程度には在籍していて、観測天文学への関心が高まりつつあった。オケケ氏の要請により、2005年4月18～23日には当時の海部宣男台長、櫻井 隆、川口則幸、小久保英一郎、縣 秀彦の5名がナイジェリアを訪問し、首都アブジャの宇宙研究開発局 (NASRDA) や、ヌスッカのUNN、ポート・ハーコートのRSUSTなどを歴訪した。電波分野としては、川口則幸が参加しナイジェリア科学技術大学においてVLBI技術について、UNNにおいてVLBI天文学を、NASRDAでは10m級アンテナの日本における状況を、それ



野口 猛氏による天体望遠鏡実習 (野口 猛氏提供)。



2006年3月、国立天文台三鷹にて。シガー口さん、オビさん、オケレさんの望遠鏡操作実習の様子。

ぞれ講演した。ナイジェリア側では、中・小型電波望遠鏡の導入に積極的であった。

当時のナイジェリアは、平均月収が1万ナイラ (1ナイラ=約1円) で、大学進学率は1割程度とのこと。ただし、大学学費は国費負担であり、学生は男女が3:1の比。ナイジェリアの天文学者15人でうち2名が女性とのことだった。ナイジェリアの人はとてもおしゃれで、男の人でも毎週1回は理髪店へ行くそうで、長髪の人はいなかった。女性の服もカラフルでセンスがよい。一方、道路のあちこちに廃車が転がっていて、途中で途中でライフルを構えた警察官からの検問が頻繁であった。私たちはアブジャ以外では常に警官警護で移動せざるを得ない状況であった。建設途中であったアブジャの立派なプラネタリウム館やRSUSTの観測棟は、現在はどんな状態か気になるところである。

●観測天文学の芽生え

2003年7月にシガー口氏が帰国する際、国立天文台はRSUSTに口径10cmの屈折望遠鏡を寄贈した。この望遠鏡はナイジェリア国内の大学最初の天体望遠鏡である。その後、UNNでも口径25cmの反射望遠鏡を日本から購入している。2005年11月には元国立天文台助教授の野口 猛氏が3週間、RSUSTとUNNに滞在し、CCDカメラによる撮像観測技術を両大学の学生たちに伝えた。なお、国立天文台は簡易式の4D2U用プロジェクター装置一式もその後、ナイジェリアに寄贈している。

●電波天文学の始まり

2006年2月から3か月間、シガー口氏とともに



ナイジェリア大学にて。左から2人目がシガー口氏、5人目がオケケ教授。

に、大学院生のオビ (Obi) 氏とオケレ (Okere) 氏が研修生として来日し、三鷹にてVLBIの相関処理について研修するとともに水沢にて電波観測実習を行った。当時は岐阜大学の3mアンテナを移設する予定で日本ナイジェリア間で準備が進んでいたが、輸送経費の目処が立たず残念ながら断念した。2007年以降は、10m級望遠鏡の新設計画がスタートし、現在、南アフリカが進めているSKA計画へのナイジェリアの参加を勧めているところである。2009年12月にはナイジェリアからの研修生が総研大の電波観測実習に参加したり、2010年1月にも光結合VLBI観測実習に参加するなど両国の交流が続いている。



2009年度の電波観測実習 (野辺山) に参加した研修生。45m鏡の前で。

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

Peru

磁気赤道の直下にあるペルーは、古くから太陽研究が行われています。日本で学びペルーの天文学推進に尽力された石塚さん父子との縁で始まった国立天文台の協力支援は、太陽や電波天文など広範囲にわたっています。

ペルーとの太陽物理学共同研究

桜井 隆・花岡 庸一郎 (太陽観測所)

●磁気赤道直下にあるペルー

ペルーでの太陽研究の歴史は古く、磁気赤道の直下にあることから、高山の町ワンカイヨ (海拔3370m) にカーネギー研究所の地磁気観測所 (現在の地球物理研究所IGPの前身) が1930年代に置かれ、そこに太陽観測施設も併置されたことに始まります。

1957年、当時京都大学の大学院生だった石塚睦さんが、太陽コロナの観測施設を建設するためペルーに渡り、IGPの職員となって、ワンカイヨからさらに70kmほど離れた海拔4600mの地にコスモス観測所を完成させたのは1979年のことです。装置の調整、運営の資金繰りで実際にコロナ観測ができたのは1988年7月のことですが、その2か月後、センデロ・ルミノソというゲリラ組織に観測所を武力占拠され、結局観測所の太陽観測機材は爆破されてしまいました。しかし石塚さんは粘り強く活動を続け、政情の安定化とともに、1994年には日本の外務省より、地磁気計や口径15cmの屈折望遠鏡の供与を得ました。IGPの本部のあるリマは晴天率が低く、ワンカイヨは晴天率25パーセント程度で高山での観測環境は優れていますが、学生教育には適しません。南部のイカは晴天率も50パーセント程度と高く、国立イカ大学は理科教育研究にも熱心なことから、IGPはイカ大学と協力して太陽の基礎的研究と教育を進めることとしました。

●一大観測拠点へ

石塚睦さんのご子息、ホセさんは電波天文学の研究者で、日本で学位を取られたので、それがきっかけで電波天文学に関する国立天文台とIGPとの協力は始まりました。太陽の研究でも協力をという話は2004年ごろに始まりました。国立天文台太陽観測所には、老朽化したため使っていない観測装置があります。教育や基礎的研究ではまだ使える機材なので、ペルー側の実情と希望を調査するため、まず西野洋平・主任研究技師 (当時) と、乗鞍コロナ観測所OBの宮崎英昭氏を派遣しました (2005年1月)。その

結果、IGPにあるシーロスタットを修理する部品、分光器を構成するレンズや回折格子など基本要素をペルーに寄贈しました (2006年3月)。2006年9月にはイカ大学から若手2名を呼び、1か月ほど国立天文台で研修を行いました。その後、イカ大学には立派な太陽観測施設 (太陽ステーション) ができ、2009年3月には再度西野・宮崎氏と桜井が出張して分光器の調整を行いました。その後、京都大学からは飛騨天文台で使われていたフレアモニター望遠鏡FMT (より高機能のSMART望遠鏡が飛騨天文台に完成したため) が移設されました。これによりイカ太陽ステーションはFMTとシーロスタット/分光器システム、そして白色光用太陽望遠鏡 (15cm屈折) を持ち、研究棟・事務棟・宿泊棟を備え、日本から寄贈された60cm反射望遠鏡も一時設置して立ち上げを行うという一大観測拠点として歩み始めました。

●第1回ラテンアメリカFMT Workshop

この設備面の充実には比べ圧倒的に不足しているのが人的資源です。その中でFMTが稼働し始めて太陽望遠鏡からデータが生産されるにいたったことは、ペルーの若手が自らデータの解析まで行う機会をもたらすものでありました。

そこでこれを受けて、2010年11月にイカ大学で第1回ラテンアメリカFMT Workshopが開催されました。FMTとタイトルが付いていますが、実際にはもっと広く太陽物理や関連のサイエンスの解説を主に日本とラテンアメリカ諸国の研究者がペルーの若手向けに行う、というものです。学部学生を中心に100名程度が聞きに来ていて、国立天文台からは末松・花岡が参加し、講演のほか観測や解析の解説・実習も行いました。さらに2011年7月に今度は日本でデータ解析ワークショップを開催し



イカ大学太陽ステーションに設置されたシーロスタット。

ました。石塚さん親子とペルーの若手5人が来訪し、飛騨天文台でまとまった時間を取ってFMTのデータの解析を行うとともに、三鷹ではシーロスタット/分光器の観測とデータ解析の実習や太陽白色光観測についての講義・議論を行いました。期間中は戻り梅雨のような雨模様でしたが、幸いわずかに日の射す時間があつたので、我々が現在行っている観測に触れてもらう機会ともなりました。今回来た5人は既に太陽ステーション関係の仕事も行っており、今回のような経験がペルーで生きることを期待しています。

ペルーは地球の反対側なので、宇宙天気の観点での太陽の観測にとって魅力のある場所であり、我々が支援しているシーロスタット/分光器についても今後は本格的な観測に使える装置として立ち上げることを視野に入れています。これからは一方的な支援という考え方から脱し、若い人の育成に日本側が協力してペルー側の自立を確かなものにするともに、最終的に観測が立ち上がればその成果をお互いに得るといふ共同事業を行っているとの認識のもとに、ペルーとの協力関係を継続していきたいと考えています。



2011年7月の三鷹でのワークショップ参加の面々。

特集 途上国向けの主な国際協力・支援活動マップ

The World

現在、国立天文台の各セッションで行われているおもな途上国向けの国際協力・支援活動を一覧地図としてまとめてみました。研究協力活動から、教育支援プログラムまで、さまざまな活動が展開されています。

Mongolia

モンゴルの天文学

→ P.16

2006年にIAUに加盟したモンゴルは、天文学のこれからの発展が期待される国のひとつです。研究面の支援とともに天文普及の底上げも大切。そこで「君もガリレオ！」プロジェクトなどの教育支援も活発に行われています。



Khurel Togoot 天文台の20cm コロナグラフ (カール・ツァイス製)。

you are Galileo! for Mongolia

「君もガリレオ！」モンゴル・プログラム

→ P.17

「君もガリレオ！」モンゴル・プログラムは、2011年度のユネスコの政府開発援助プログラムに採用され、2011年6～7月にモンゴル各地で実施されました。



生徒向けの自作望遠鏡講習。みんな上手です！

Egypt

→ P.08

コッタミア観測所188cm望遠鏡の光学系改修

エジプトの首都カイロから東方60kmにあるコッタミア観測所には、岡山188cm望遠鏡の同型機があります。光学系の調整不足で、長い間、満足な観測ができなかったこの望遠鏡を粘り強く調整して甦らせることができました。



岡山と同型のグラフ・パーソンズ製188cm望遠鏡。

Nigeria

→ P.10

ナイジェリアとの天文学交流

中部アフリカの大国ナイジェリアとの交流が始まったのは20年ほど前のことです。一人の研究者の日本滞在から始まった協力・支援の流れは、年を追うごとに大きくなり、とくに最近、電波天文学分野で成果をあげています。



2009年度の電波観測実習(野辺山)に参加した研修生。45m鏡の前で。

Uzbekistan

マイダナク天文台との研究協力

→ P.14

マウナケアを凌ぐ観測環境に恵まれたウズベキスタンのマイダナク天文台。旧ソ連崩壊後、機能停止に追い込まれていましたが、国立天文台との研究協力によって復活。今や多くの国際協力・支援の拠点に成長しています。



復活した60cm望遠鏡は、小惑星観測で活躍中！

you are Galileo! for Indonesia

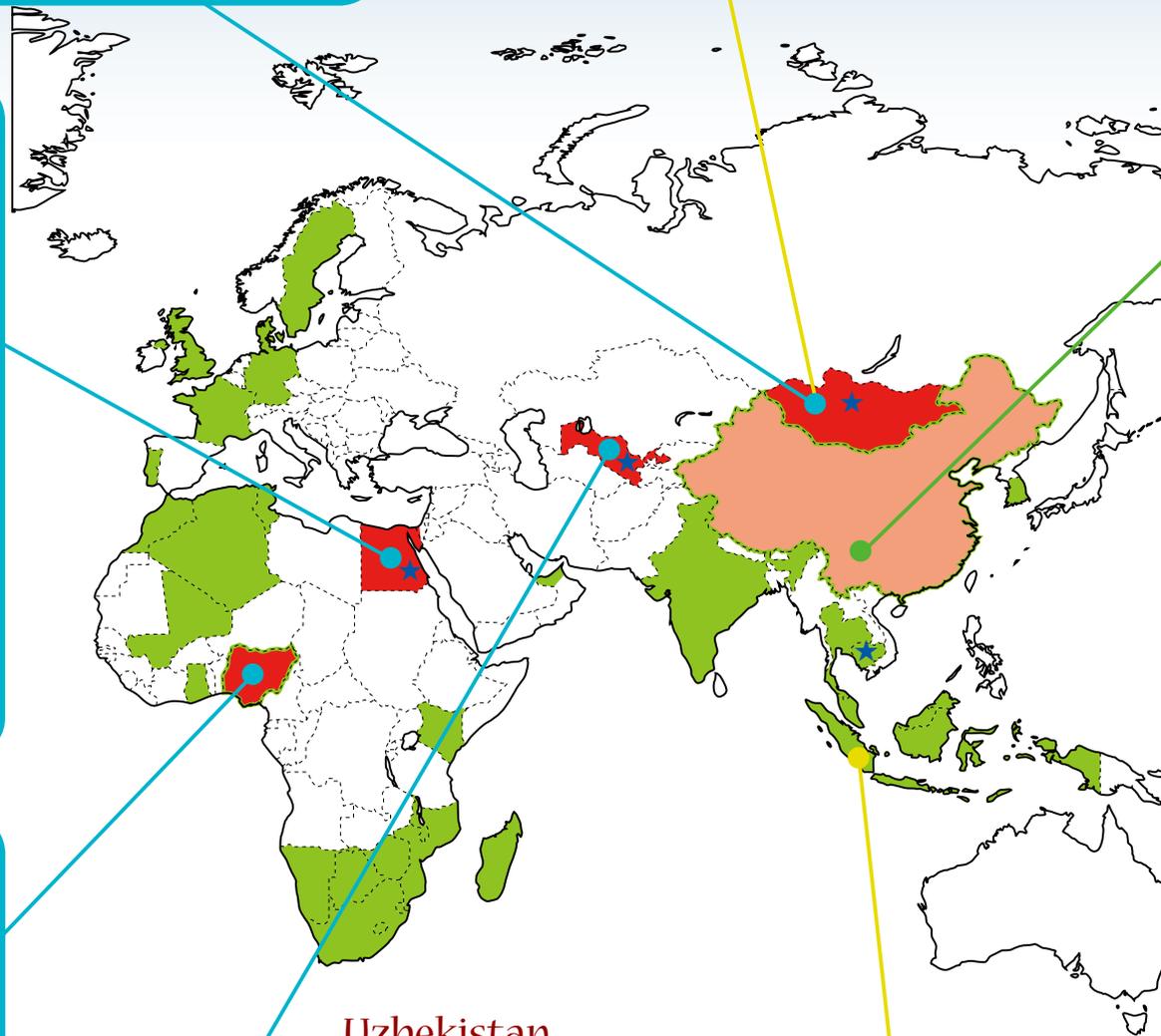
「君もガリレオ！」インドネシア・プログラム

→ P.17

「君もガリレオ！」インドネシア・プログラムは、2010年度のユネスコの政府開発援助プログラムに採用され、2011年2～3月にインドネシア各地で実施されました。



理科教師を対象にした指導者講習のようす。



世界各地でこんな協力・支援活動を展開中！

China

旧乗鞍観測所10cmコロナグラフの中国・雲南天文台への移設計画

2009年に閉所となった旧乗鞍コロナ観測所には、口径25cmと10cmの2基のコロナグラフがありました。25cmコロナグラフは、歴史的な観測装置として三鷹の天文機器資料館に保存されていますが、10cmコロナグラフは鏡筒をリニューアルして、中国雲南省昆明の雲南天文台に移設し、引き続き共同でコロナ観測を行う計画が進められています。

旧乗鞍観測所に設置されていた10cmコロナグラフ。



アジア冬の学校

国立天文台と総合研究大学院大学物理科学研究科天文学専攻が共催で行う、アジア諸国の若手研究者（大学院生、ポスドク）向けの研究教育プログラムです。今年の2月7日～11日には「東アジア干渉計冬の学校」が国立天文台三鷹キャンパスで開催されました。参加者は、日本国内から29名のほか、韓国から13名、台湾から13名、中国から12名、オランダとオーストラリアから各1名の計69名でした。台湾からも4名の講師を招き、電波天文学の基礎、目指すサイエンス、電波望遠鏡の仕組みや、干渉計観測における観測手法、観測準備についてを学び、実習や野辺山観測所の見学も行われました。



Peru

ペルーとの太陽物理学共同研究 → P.II (イカ大学太陽観測ステーション)

磁気赤道の直下にあるペルーは、古くから太陽研究が行われています。日本で学びペルーの天文学推進に尽力された石塚さん父子との縁で始



イカ大学の15cm屈折望遠鏡。

まった国立天文台の協力支援は、太陽や電波天文など広範囲にわたっています。

シカヤ宇宙電波観測所では、ファーストウェーブ受信に成功！

アンデス山脈にある高原都市ワンカイヨの郊外には、かつて衛星通信に使われていた直径32メートルのパラボラアンテナがあります。これを電波望遠鏡に改造し、ペルーにおける宇宙電波観測を推進する計画が、2002年からIGPと国立天文台、および日本の研究者らにより進められ、シカヤ宇宙電波観測所が開設されました。そして、2011年2月25日（ペルー時間）に、この32メートルアンテナで、メタノールメザン源である天体からの信号を受けることに成功し、ペルーにおける宇宙電波観測が本格的にスタートしました。太陽観測のみならず、電波天文学の研究拠点としても将来が期待されます。

「君もガリレオ！」プロジェクトの実施国

「君もガリレオ！」プロジェクトは、世界天文年2009からスタートした国際教育支援プロジェクトです。2009年には、モンゴル、カンボジア、エジプト、ウズベキスタン、ブラジル、ペルーでワークショップが開かれました（★印の国）。さらに「君もガリレオ！」望遠鏡の無料提供による教育支援を行った国は、ワークショップ実施国の他に、インドネシア、アメリカ、アラブ首長国連邦、ガーナ、マリ、ケニア、マラウイ、南アフリカ、スウェーデン、チリ、マレーシア、ホンコン、中国、カナダ、フランス、インド、タイ、ポルトガル、ナイジェリア、ドイツ、マダガスカル、イギリス、メキシコ、コロンビア、韓国、デンマーク、アルジェリア、ナミビア、モロッコ、モザンビーク、チュニジア、レソト、ボツワナ、ザンビア、スワジランドと、途上国を中心に、計41か国（●色の国）に上ります。



特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

Uzbekistan

マウナケアを凌ぐ観測環境に恵まれたウズベキスタンのマイダナク天文台。旧ソ連崩壊後、機能停止に追い込まれていましたが、国立天文台との研究協力によって復活。今や多くの国際協力・支援の拠点に成長しています。

ウズベキスタン・マイダナク天文台との研究協力

吉田二美 (国際連携室)

●マウナケアを超える空

「マウナケアを超える空がウズベキスタンにある」と言う噂を聞いて2003年8月に現地へ赴き、ユーラシア大陸の真ん中の天文台で観測した初めての日本人になった。

マイダナク天文台はウズベキスタンの首都タシケントから車で10時間南下したアフガニスタンとの国境から北へ約120kmの標高2500m程の山岳地帯に位置する旧ソ連の天体観測施設で、1.5mと1m望遠鏡が一台ずつ、60cm望遠鏡が4台設置されている。2003年当時マイダナク周辺には人工的な明かりが全くなく、肉眼で天の川の中の暗黒星雲や銀河中心方向の星の集まりや、星の色の違いも確認でき、圧倒的に印象深い空だった。

マイダナクの観測条件の調査は1980年代から行われ、1996～1999年のシーイングの調査では平均シーイングサイズは0.69秒角、1999～2003年の調査では0.71秒角と安定している。晴天夜数は年間200日以上、特に7～9月はほぼ100パーセント快晴状態が続く。ソ連崩壊後、ウズベキスタンでは、望遠鏡や観測装置を維持する予算がなく、3台の60cm望遠鏡が観測装置がないまま放置されており、海外からの支援なしには観測も天文台の維持もできない状態だった。そこで、マイダナク天文台が属するウルクベク天文研究所(タシケント)の共同研究者と協議の上、国立天文台がCCDカメラを貸し出す代わりに、1台



シーイングも良好、晴天率も高いマイダナク天文台の青い空 (左が夏、右が冬)。



古い60cm望遠鏡をどう改修するか、いろいろと議論と工夫を重ねています。

の60cm望遠鏡の観測時間の50パーセントを小惑星の継続観測に充て、国立天文台の研究者のために観測を行う旨の研究協力協定を2004年12月に締結した。これがウズベキスタンとの長い付き合いの始まりである。

2005年3月に、まだ雪が5mも残っているマイダナク天文台へ、研究推進費で購入したCCDカメラを搬送した。2005年度の1年間はウルクベク天文研究所での小惑星観測チームの立ち上げと、観測者のトレーニングに費やした。マイダナク天文台では、望遠鏡操作や観測を行う者は必ずしも天文学の教育を受けているわけではなく、観測者は望遠鏡操作に習熟した夜間作業員に過ぎない。マイダナクの望遠鏡はすべて旧式なので、星

の導入は観測者がガイドスコープと目盛環を使って手動で行う。熟練した観測者のBahadir氏は毎回同じ星を同じCCD上の1ピクセルに瞬時に落とすことができるという。つまり人間が精密機器の代わりにやるので、熟練した観測者が辞めれば観測精度や効率が落ちる。若い観測者の育成も重要な課題である。

●小惑星 Samarkand

我々はマイダナク天文台の観測者を年間5000～8000ドルで雇い、60cm望遠鏡の観測時間の50パーセントを占有している。観測だけでなく、取得したデータの解析処理の一部もウズベキスタンの研究者が担当する。

2003年頃から複数の国がマイダナク天文台を支援しているが、各国の支援状況がつかめなかったため、2009年にマイダナク天文台のユーザー(ウズベキスタン、日本、韓国、ロシア、ウクライナ、台湾等)が、共同研究や天文台運営、観測装置について議論する機会としてユーザーズミーティングの立ち上げを提案し、これまでにソウルとタシケントで開催した。ミーティング参加者の旅費の大部分は日本学術振興会のアジア・アフリカ学術基盤形成事業が支援している。また、ウズベキスタンの若手研究者育成のために、国立天文台、JAXA、日本スパー

| | |
|--------------------------|---|
| 2003.08 | マイダナク天文台の1.5m望遠鏡で若い小惑星族小惑星を観測。 |
| 2004.12 | 国立天文台とウルクベク天文研究所で共同研究協定を締結。 |
| 2005.03 | 国立天文台の経費で購入したCCDカメラ(ST9)を60cm望遠鏡に取付。 |
| 2006.04 - 2009.03 | 科研費で望遠鏡オペレーターを雇い、若い小惑星族小惑星を継続観測。 |
| この頃から多くの日本人がマイダナクに行き始める。 | |
| 2009.03 | 共同研究協定を2012年3月まで延長。 |
| 2009.04 - 2012.03 | 日本学術振興会のアジア・アフリカ学術基盤形成事業により、マイダナク天文台ユーザーズミーティングと若手研究者のための観測講習会の開催、岡山で60cm鏡の再蒸着等観測装置整備の援助。 |
| 2011.04 - 2012.09 | 60cm望遠鏡の新しい観測装置として、京都大学の大字陀観測所で使われていたCCDカメラを改造し、10月にマイダナクへ輸出予定。 |



岡山天体物理観測所での60cm鏡の蒸着作業。鏡をきれいに洗浄して(左)、再蒸着も完了(中)、しっかり梱包して、遙か西方、ウズベキスタンの地へと返送します(右)。

スガード協会が中心となり、日本での最新機器を使用した観測実習を行い、さらにIRAFを使ったデータ解析講習会への参加を補助している。2010年には、マイダナク天文台の60cm望遠鏡の鏡とウズベキスタンの大学教育用の50cm望遠鏡の鏡のアルミの再蒸着作業を岡山天体物理観測所で実施した。この共同研究を通じて、我々はこれまでに43個の若い小惑星族の小惑星の光度変化やカラーのデータを取得している。これは世界初の若い小惑星族の小惑星に特化したデータベースであり、天体衝突過程や宇宙風化の時間スケールを知る上で重要な成果である。

昨今のウズベキスタンの経済発展の影響を受けて人々の生活スタイルが変化しつつあるためか、2008年からマイダナク天文台では冬期の電力不足が発生するようになった。頻繁に停電が起こり、ときには長期間にわたるので、気温零下の天文台に人が常駐することができ

ず、冬の間観測は中断された。自家発電装置の購入が望まれたが、なかなか予算はつかなかった。ところが、2007年10月に1.5m望遠鏡で初めてウズベキスタンの研究者の手によって小惑星が発見され、数年を経て軌道が確定した後、ウズベキスタンの大統領によって(210271) Samarkandと命名された。これを受けて政府から発電機購入の予算があり、今年からは冬期も観測が可能である。国立天文台との共同研究が開始される以前、マイダナク天文台では小惑星の研究はマイナーな存在だった。小惑星 Samarkandの発見にウズベキスタン政府首脳が感銘を受けて予算措置を施したという事実は、私達との共同研究がウズベキスタンでのマイダナク天文台の重要性を認識させる一助になったと考えている。

●マイダナクの桜

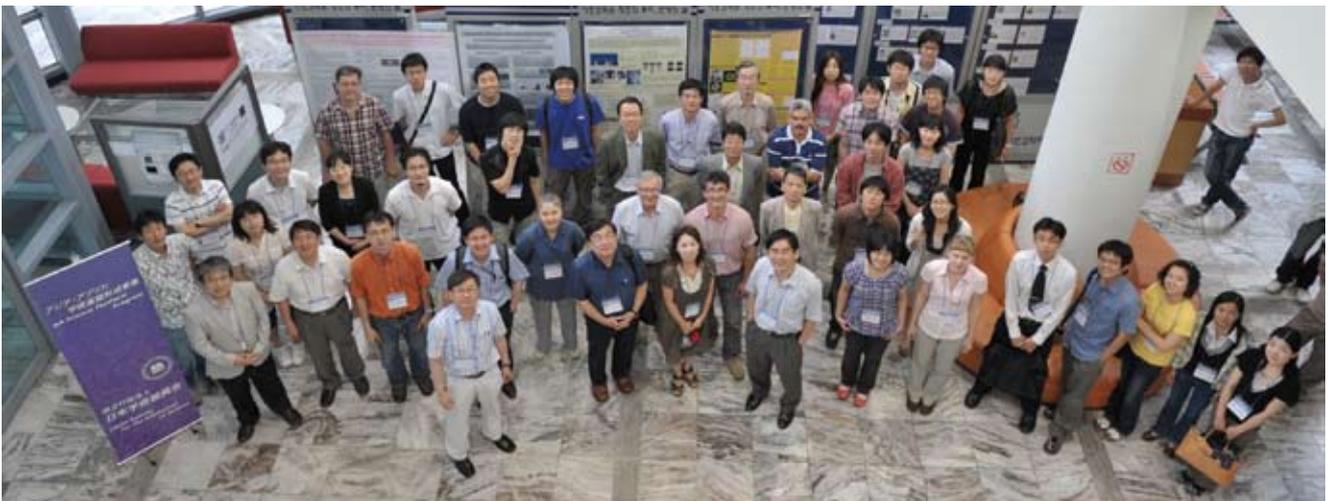
60cm望遠鏡の新しい観測装置として、京都大学の大宇陀観測所で使われてい

た CCDカメラの無償貸与を受け、現在岡山天体物理観測所で改造を行っている。より感度の高いプロ仕様のカメラを使うことで上質のデータ取得を目指す。

さらに、国際共同研究による大型予算を獲得し、新規に1~2mクラスの望遠鏡を設置したいと考えている。将来的にはマイダナク天文台との定期的な通信経路を確保するためのインターネット設備の導入も必須だろう。

今年日本でマイダナクユーザーズミーティングを開催し、マイダナク天文台の将来計画について議論する。我々の研究活動が、ウズベキスタンと日本との人的交流や経済交流の架け橋になるように、地道ではあるが支援を続けて行きたい。

2012年に我々が日本人として初めてマイダナク天文台を訪れてから10年目を迎える。その記念に、マイダナク天文台の所長が夢に見たと言う日本の桜を贈りたいと思っている。



マイダナク天文台ユーザーズミーティング。ソウルにおける1回目(上)とタシケントにおける2回目(下)。

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

Mongolia

2006年にIAUに加盟したモンゴルは、天文学のこれからの発展が期待される国のひとつです。研究面の支援とともに天文普及の底上げも大切。そこで「君もガリレオ！」プロジェクトなどの教育支援も活発に行われています。

モンゴルの天文学

関口和寛（光赤外研究部／国際連携室）

●モンゴルの天文学事情

モンゴル国は、北をロシア、南を中国に囲まれたユーラシア大陸のモンゴル高原にある大草原とゴビ砂漠の国として知られています。現在の国土は、日本の約4倍の面積ですが、人口は約270万人（2008年）と世界で最も人口密度の低い国の一つです。ソビエト政権の崩壊後、1992年からは直接選挙による大統領と議会を持つ民主制国家として現在に至ります。

モンゴルの気候は、冬は最低気温摂氏マイナス40度以下、夏は最高気温摂氏プラス40度を越すこともあり、乾燥しています。晴天率は、場所にもよりますが、1年間に250日以上晴れると言われています。人には厳しい気候ですが、天文学の観測を行うにはさほど支障の無い気候条件です。

モンゴル国は、人口の約1/3近くが首都のウランバートルに住み、また約1/3は遊牧生活です。それでも、かつて社会主義政権下で教育に力を入れたことから、90%近くの識字率を持ち、国内には7つの国立大学があります。その中で、現在唯一天文学のコースを持つのが、ウランバートルにあるモンゴル国立大学（National University of Mongolia）です。

●モンゴルの天文学研究機関

モンゴル国立大学は、1942年創立のモンゴルでは最も権威ある大学であり、約1万人の学生と、約600人の教員がいます。天文学の授業は、物理・電子工学スクール（School of Physics and Electronics）の、地球物理学部（Department of Geophysics）に所属する3人の教員が、学部レベルの授業を担当しています。地



（左）モンゴル国立大学でのIAU天文学夏の学校（IAU International Astronomy Summer School）の授業風景。（右）ウランバートルに建設中の宇宙科学博物館（2011年6月撮影）。

球物理学部には、毎年約80人の学生が入学し、4年間で卒業しますが、天文学概論は必修科目になっています。さらに、惑星科学、銀河天文学、恒星天文学、宇宙物理学の4つの科目を選択コースとして受講できます。今まで、大学院で天文学を専攻する学生がいなかったのですが、今年初めて1人がマスター・コースに進学しました。

地球物理学部は、1978年に大気物理学コースを主として創設されましたが、最近では衛星からのデータを使ったりモートセンシングの研究が盛んです。この学部には、大気学、地球プレート物理学、地球物理学データ・ラボ、天文学ラボの4つのセクションがあります。天文学ラボには、以前は口径20cmの望遠鏡が、校舎の屋上ドームにあったのですが、今は壊れて使えません。天文学の授業では、2002年に書かれたモンゴル語による学部レベルの天文学の教科書なども使われています。

また、大学とは別に天文学・地球物理学研究所（The Research Center of Astronomy and Geophysics: RCAG）が、1957年の国際地球観測年に設立されています。RCAGは、モンゴル科学アカデミーに属する15の研究所の一つであり、ウランバートルの東約20km、標高1620mにあるKhurel Togoot天文台（ウランバートル天文台とも呼ばれる）を運営しています。この天文台は、1961年にカール・ツァイス製の口径20cmコロナグラフを導入して、主に太陽活動と、小惑星研究を行って来ました。数年前には、アメリカの支援を受けてMeade製の口径40cm望遠鏡とCCDカメラが設置されましたが、雷が落ちて、現在は使用不能になっています。

●国立天文台の協力・支援活動

2006年、モンゴル国はIAU（国際天文学連合）に加盟することになりました。そこでIAUは、モンゴルの天文学発展を支援するために、2008年7月に首都ウランバートルにあるモンゴル国立大学で約1週間の“IAU International Astronomy Summer School”（IAU天文学夏の学校）を開催しました。これには、主にモンゴルの大学生と中・高等学校の理科教師、さらには北朝鮮の天文学者4名を含めた60人以上が受講しました。筆者は、IAUから派遣された4人の講師の一人として、この夏の学校に参加しました。筆者の他には、オランダ、ライデン大学のGeorge Miley（IAU Vice President）、カナダ、トロント大学のRay Jayawardhana、オーストリア、ウィーン大学のKatrien Kolenbergが教鞭をとり、太陽から宇宙論までの天文学概論を講義しました。

これが縁となり、翌年には「世界天文年2009」活動の一環として「君もガリレオ！」プロジェクトのワークショップをウランバートルで開催。さらに、今年（2011年）6月にはUNESCO日本委員会の支援を受けた「君もガリレオ！」プロジェクトのワークショップを、モンゴル国内の各地で開催しました（p17参照）。モンゴルでは今、元宇宙飛行士のジェクテルデミット・グラグチャ（Jügderdemidiin Güragchaa）氏を館長に迎えて、ウランバートルに宇宙科学博物館の建設が進んでおり、天文学教育と普及のために、プラネタリウム機材を日本から寄贈する計画があります。国立天文台では、EACOA（東アジア中核天文台）による東アジアでの天文学振興活動の一環として今後もモンゴルの天文学教育・研究を支援して行く考えです。



首都ウランバートルにある、モンゴル国立大学の本館正面。

特集 国立天文台の途上国向け国際協力・支援活動

You are Galileo!

「君もガリレオ！」プロジェクトは、世界天文年 2009 を契機としてスタートした国際教育支援プロジェクトです。現在、ユネスコの政府開発援助プログラムに採用され、インドネシアやモンゴルで実績を挙げています。

日本発の天文教育支援プロジェクト「君もガリレオ！」

縣 秀彦 (天文情報センター)

●世界天文年生まれの教育プログラム

「君もガリレオ！」プロジェクトでは、子どもたちが組立式望遠鏡を制作して、その望遠鏡で天体を観察し、ガリレオ同様の発見を追体験することを目的としています。世界天文年にスタートし、今では、日本ユネスコ委員会からの支援もあって、海外に展開しています。2011年には2月にインドネシア、そして6月にはモンゴルに出かけて主に学校の先生対象に「君もガリレオ！」ワークショップを実施しました。

●「君もガリレオ！」プロジェクトとは？

およそ400年前、イタリアの天文学者ガリレオ・ガリレイが1609年に手作りの望遠鏡を宇宙に向けました。ガリレオは、月の表面のクレータや、木星の周りを回っている4つの星を発見し、さらに天の川がたくさん星の集まりであることなど沢山のことに気づき、近代天文学の扉を開けました。

世界天文年2009日本委員会は、400年前にガリレオが初めて宇宙を観察した望遠鏡と同じ口径の4cm組み立て式望遠鏡2種類（ただしケプラー式を採用）を世界中に紹介し、世界中の子どもたちにガリレオが体験した驚きや発見の追体験をしてもらおうと「君もガリレオ！」プロジェクトを開始しました。

「君もガリレオ！」プロジェクトでは、天体観察プログラムを日本語の他、英語やインドネシア語、モンゴル語など各国の言語で提供しています。ウェブページより、観察用のワークシートや観察手引きをダウンロードして、個人やグループで月、木星、金星、天の川、土星、アンドロメダ銀河などを観察します。「君もガリレオ！」望遠鏡には現在のところ、(株)オルビィスの口径4cm×35倍と(株)星の手帖社の口径4cm×15倍があります。

●世界天文年2009での成果

世界天文年の一年間、世界天文年国際本部が企画した主要企画の一つ“The Galileoscope”の関連企画として「君もガリレオ！」は位置づけられ、一般市民



自作のきみがり望遠鏡で星空観察会。北斗七星はモンゴルでは誰もが知っている神さまの星の並びです。

が直接参加できる企画として、日本が呼びかけ全世界で行われたイベントは、この「君もガリレオ！」プロジェクトのみです。世界天文年では「アジアの星」プロジェクトと並んで日本を代表する国際的な活動となりました。

2008年10月初旬には「君もガリレオ！」望遠鏡が10ドル台で誰でも購入できる望遠鏡として新聞に取り上げられ、その問い合わせで、世界天文年2009日本委員会事務局の電話がバンクするという事態が生じました。2009年の一年間に日本委員会が配布した望遠鏡の実績は、国内に約1万台、海外に約3千台でした。国内は日本委員会を介しての特別価格での提供で、海外へは日本委員会からの寄付が約600台、注文を受けての頒布が約2400台でした。海外でのワークショップの実施はモンゴル、カンボジア、エジプト、ウズベキスタン、ブラジル、ペルーの6カ国。海外への望遠鏡の無料

提供はインドネシア、モンゴル、ウズベキスタン、ペルー、ケニア、南アフリカ、ガーナ、アラブ首長国連邦など41か国にもなりました。

●インドネシアで、そしてモンゴルで

世界天文年終了後、「君もガリレオ！」は国立天文台天文情報センターと国際連携室の共同事業として継続実施されています。2010、2011年度に日本ユネスコ委員会が募集する政府開発援助ユネスコ活動費補助金「アジア・太平洋地域等における開発途上国の教育、科学又は文化の普及・発展のための交流・協力事業」に応募したところ、続けて採択となり、2010年度にインドネシア、2011年度にモンゴルにて「君もガリレオ！」ワークショップを開催することが出来ました。

インドネシアでは、バンドン工科大学ボスカ天文台の協力を得て、ハキム・マラサン台長と彼のスタッフ計7名と日本からのスタッフのべ7名が力をあわせて、

インドネシアの各島の小・中・高校の教師向けに指導者講習会を、国立ジャカルタ第38高校、ジョグジャカルタ州立大学（以上ジャワ島）、マタラム大学（ロンボク島）、ロッコン・St.ニコラウス高

校（スラウェシ島）、GRAHAテクノロジーセンター（スマトラ島パレンバン）の5か所にて2011年2～3月に実施し、合計281名がワークショップに参加しました。また、ワークショップ実施に先

立ち、君もガリレオ！ウェブページを新たに立ち上げ、新規「君もガリレオ！」ワークシート7種類の日本語、英語、インドネシア語版を制作しました。

一方、モンゴルでは、モンゴル国立大学のトルモン博士と彼女のスタッフ・学生たちと協力し、ワークシートのモンゴル語化を進めると共に、中・高の教師を対象に2011年6～7月にウランバートル、ホブド、ミャンガド村、ゴビ砂漠（マンダルゴビとダランザドガド）等でワークショップと天体観望会を実施しました。ワークショップ実施後も、各国と連絡を取り継続的な事業の発展を目指しています。

今後も「君もガリレオ！」は、IAU本部や同じく国際的な天文教育プログラムであるGTTP（Galileo Teacher Training Program）やHOU（Hands-On Universe）などとも連携して、主に発展途上国の天文教育支援に関わっていかうと思っております。ご支援よろしくお願ひします。

★ <http://www.kimigali.jp/>



講演と望遠鏡自作WSが「きみがり」の基本スタイル。参加者はみな熱心。各開催地では大歓迎を受けました。

おわりに

国立天文台の天文学普及を目的とした国際協力活動

関口和寛（光赤外研究部/国際連携室）

国立天文台の国際協力という、すばる望遠鏡やALMAなどの大型国際協力プロジェクトをはじめ、ひので、RISE、東アジアVLBI、等々、さらに個人の研究も、ほとんどの研究プロジェクトが国際協力抜きでは考えられなくなっています。これら、研究を目的とした協力が、研究機関としての国立天文台の伝統的な国際協力の本道です。しかし近年、特に世界天文年2009の成功を基として、天文学の更なる発展のためには、天文学の教育と研究を世界中に奨励することが重要であるとの認識が広まっています。

今までは、天文学といえばお金持ちの（国の）科学、というような見方が一般的でした。天文学は、日常の社会からかけ離れたものと思われていました。しかし、今日の天文学は、最先端の技術を駆使した極限の感度と精度を求める科学分野として、CCD素子、無線ランの信号解析等、天文学での技術的な開発の成果が日常生活に大きく貢献しています。また、天文学の研究成果は、宇宙に関する知識に触れられることを通して、科学的、文化的な面でも現代社会の発展のために大きく寄与しています。

そして天文学では、すばる望遠鏡をはじめ国際的な大望遠鏡のほとんどは、世界の全ての国の天文学者に門戸を開いています。さらに、大規模なサーベイ観測のデータも、世界中どこからでもインターネットを通じて取得できるようになっています。先進国だけでなく、発展途上国や経済力のあまりない国の研究者が最先端の研究に参加することが出来ます。発展途上国でも天文学の教育と発展を奨励することにより、それらの国々の持続的な発展のために必要な次世代の科学と技術を担う若い世代に、最先端の科学、技術に興味を持ってもらうことが出来ます。

そこで、国際天文学連合（IAU）は、主に発展途上国に対する天文学の普及と促進を目的とした「天文学普及と教育のための戦略プラン2010-2020」を2009年8月のブラジル・リオデジャネイロでの第27回総会で採択しました★。そして、この戦略プランの実施のために、2011年4月に新しくIAU Office for Astronomy Development（IAU天文普及促進局）を南アフリカ天文台に設置しました。

この戦略プランでは、先進国の中核天文学研究機関や、新しい天文学プロジェクトは、その予算の0.7%程度を世界的な天文学発展のために使うことが求められています。国立天文台は、東アジアにおける中核、そして最先端の天文学研究機関として、この要請に答える必要があります。そして、すでに国立天文台では、今回の特集で紹介するように数々の国際協力・支援活動を行っています。これらの活動が、国々の社会の持続的な発展に寄与し、引いてはそれが世界の天文学全体の発展となることが期待されます。

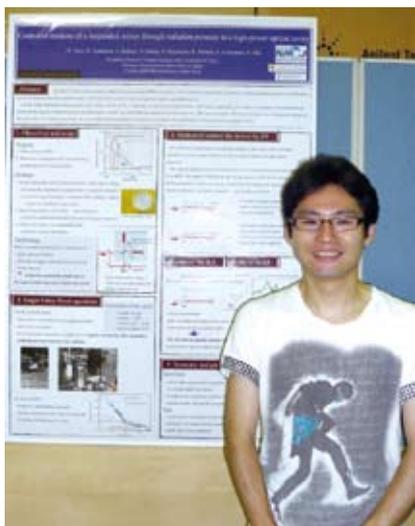
国立天文台では、IAU天文普及促進局や、東アジア中核天文台連合（EACOA）の各機関などと連携して、天文学普及を目的とした国際協力活動を進めていこうと考えています。今後ともご協力とご支援をよろしくお願ひします。

★

IAUの戦略プラン2010-2020は、http://iau.org/static/education/strategicplan_091001.pdf からダウンロードできます。また、天文月報第103巻、第12号、729-734ページに東京大学・岡村定矩教授の要約と解説があります。

森 匠さん（重力波プロジェクト推進室）が “Amaldi conference best student poster prize 2011” を受賞

森 匠（東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻/重力波プロジェクト推進室受託院生）



2011年7月10日から15日、イギリスのカーディフ大学においてAmaldi 9（重力波に関する第9回アマルディ国際会

議）とNRDA（数値相対論・データ解析国際会議）が行われました。Amaldiは、重力波とその検出に関する実験・理論・解析などの研究を対象とし、隔年で開催されている国際会議です。NRDAは、数値相対論によるシミュレーションや重力波検出器におけるデータ解析に関する会議で、今回はこの2つの会議の共催という形でした。

今回、私が受賞した賞は、国立天文台先端技術センターで、現在私が進めている実験に関する発表に対して与えられたものです。レーザー干渉計型重力波検出器は高感度化のためにレーザーの高パワー化が不可欠ですが、それに伴いレーザーの輻射圧による影響が無視できなくなります。私は、輻射圧による影響を実験的に実証するために、輻射圧が見やす

くなるような非常に軽い鏡を用いたレーザー干渉計を作成し、実験を行っています。今回の学会では特に、輻射圧によって鏡の振動を能動的に抑えこむ研究について報告を行いました。

この研究は、将来の重力波検出器への応用が期待されている技術の基礎的な部分にあたります。現在、次世代の重力波検出器LCGTが神岡鉱山地下に建設されようとしています。LCGTや更にその先の重力波天文学に貢献できる成果を出せるよう、今回の受賞を励みに今後も研究に邁進していきたい所存です。

Amaldi conference best student poster award

Amaldi9/NRDAでの学生のポスター発表のうち、特に審査員が優秀と判断したものに対して与えられる研究奨励賞。今回は2件の発表に対して与えられた。

「第6回自然科学研究機構技術研究会」報告

2010 05 26-27

おしらせ
NO.02

岡田則夫（世話人代表）



稲谷順司教授による特別講演会。双方向放送も並行して実施。

第6回自然科学研究機構技術研究会が5月26日から27日の2日間、三鷹キャンパス大セミナー室において国立天文台技術系職員会議主催で開催されました。

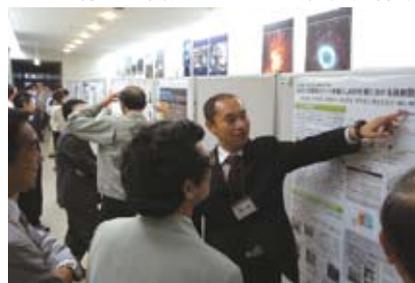
開催の趣旨は自然科学研究機構の5つの研究所の技術系職員が多様な科学技術業務の交流と連携を通じ、機構内の技術系職員のネットワークの構築を行うことです。この研究会は2006年に第1回目を国立天文台で開催しその後、分子研、核融合研、基生研、生理研の順で毎年開催されてきました。

今回は2順目の初回ということで、従来の研究所紹介セッションに加え、新たな取り組みとして①共通テーマセッションの新設、②TV会議システムの活用、③ポスターセッションの新設などを盛り

込みました★。参加者数は三鷹85名（他機関からの31名を含む）、サテライト合計35名（初日）でした。

研究会の冒頭では国立天文台ALMA推進室の稲谷順司教授による特別講演「高度化した科学装置と技術集団の課題」が行われ、聴講者の関心を集めました。

研究所紹介セッションは各研究所の業務内容や技術内容を知る上で最も重要なセッションですが、今回は従来よりも口頭発表時間枠を縮小し、その分を新規に設けたポスターセッションに充てることで参加者と発表者の距離を縮め、興味深い分野や専門分野での情報交換がダイレクトに行える機会としました。発表件数



新設したポスターセッションでは熱心な討論の輪がいくつも。

は25件あり、ポスター会場（廊下）ではいたるところで熱心な議論が行われました。エクスカッションは2日目の午後に行い天文台歴史館、展示室、4次元デジタル宇宙シアター、先端技術センターを見学しました。曇天模様の天候でしたが幸い傘は用いずに済みました。

●この研究会は次回は、分子研で開催が予定されています。今回の研究会ではサテライト中継実現のため、特に分子研計算科学技術班の方々に大変ご尽力いただきました。また、特別講演の稲谷順司教授をはじめ、エクスカッション関係者の皆様にも大変ご協力いただきました。この紙面をお借りしてお礼申し上げます。ありがとうございました。

★新たな取り組み

①では各研究所で行われている「研修」をテーマにして、各研究所でのこれまでの経緯や内容についての詳細な紹介が行なわれました。②ではMCUシステムにてハワイ、水沢、岡崎、土岐など7つのサテライトに三鷹会場の模様を中継し、三鷹に集えなかった方々も会に参加して質問や議論に加われる環境を実現しました。また、ストリーミング機器を用いた双方向放送も並行して実施し、サテライト以外での個別のPCでの視聴を可能としたほか、ストリーミングデータを後日VOD配信することも試行しました。③のポスターセッションでは時間帯を2分割し前半と後半で説明者を入れ替えることで効率良く質疑応答ができるように工夫しました。

アルマ望遠鏡に 16 台のアンテナがそろう & 国立天文台 ALMA 推進室チリ事務所開所式

平松正顕 (ALMA 推進室)

着々と進むアルマ望遠鏡の建設。9月末からの初めての科学観測に向け、マイルストーンとなる2つの出来事がありました。

●アルマ望遠鏡に16台のアンテナがそろう

2011年7月28日は、アルマ望遠鏡にとって記念すべき日になりました。この日、欧州製の直径12mパラボラアンテナ1号機が標高5000mの山頂施設に運ばれ、総アンテナ数が16台に到達したのです。この16台という数は、アルマ望遠鏡が初期科学運用(★1)を行うのに必要なアンテナ数であり、またこれまで日本製と米国製のアンテナが設置されていた山頂施設に欧州製のアンテナが加わったことで、3種類のアンテナがそろったこととなります。

アルマ望遠鏡のようにパラボラアンテナをたくさん並べて一つの巨大な望遠鏡として使う「電波干渉計」というシステムは、アンテナの数が多ほど感度が上がり、またより高画質な電波写真を撮ることができます。アルマ望遠鏡は最終的には66台のアンテナ(うち、12mアンテナが54台、7mアンテナが12台)をそろえ、これまでの電波干渉計では到底到達できなかった感度と画質が実現することになります。アルマ望遠鏡とほぼ同じ周波数の電波を観測することができるSMA(★2)が6mアンテナ8台から構成されることを考えると、個々のアンテナの直径が2倍、アンテナ数約8倍のアルマ望遠鏡がどれほどたくさんの電波を集めることができるかは明らかです。

完成時のアルマ望遠鏡の性能がきわめて高いのは言うまでもないのですが、アンテナの建設が徐々に進んでいくことを考えると、完成前のある段階ですでに世界最高の性能に到達することになります。世界最高性能の望遠鏡があるのに、完成をただ待っているのはもったいない、ということで、アルマ望遠鏡では完成を待たずに観測を開始することになっています。観測開始の目安とされたのが、完成時の約1/4のアンテナ数となる16台でした。

初期科学運用が始まる9月末までにはさらに数台のアンテナが追加され、メンテナンス等で観測に使えないアンテナが

あっても16台での観測ができる体制を維持できるようになります。日本が製造を分担した12mアンテナ4台はすでに全機が山頂施設に設置されており、米欧から来た「兄弟」アンテナたちと科学観測の開始を待っています。史上最大の天文学プロジェクトと呼ばれるアルマ望遠鏡の観測開始まで、あと少し。さあ、どんな宇宙の姿を見せてくれるでしょうか。素晴らしい成果をこの国立天文台ニュースでお伝えできることを楽しみにしています。

●国立天文台ALMA推進室チリ事務所開所式

アンテナが16台そろった7月末からさかのぼること一か月、6月30日に国立天文台ALMA推進室チリ事務所の開所式が行われました。駐チリ日本国特命全権の林渉大使をはじめとする在チリ日本大使館の方々、合同アルマ観測所や米欧のアルマスタッフ、さらにチリ大学に所属する天文学者など、国立天文台のチリにおける活動でお世話になっている方々にご出席いただきました。開所式ではチリ事務所長の立松健一教授による開会のあいさつの後、林大使から「日米欧の国際協力で建設が進められているアルマの科学成果に大いに期待し、また、将来の様々な国際協力に期待する」という祝辞及び乾杯の音頭をいただきました。

チリの首都サンティアゴ市に設置されたこのチリ事務所には、開所式挙行時点で日本から赴任している15名の研究者・技術者・事務職員と現地雇用の



山頂施設に向けてトランスポーターで運ばれる、欧州製アンテナ1号機。カーボン素材を多用したことによる、つるつとした外観と直線的な副鏡支持機構が特徴です(クレジット: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), S. Stanghellini (ESO))。

スタッフ5名、計20名のスタッフが働いています。今年から開始されるアルマ望遠鏡の科学運用を受けて、ますます活発化するチリでの研究活動を本格化させる拠点となる施設です。欧州南天天文台(ESO) サンティアゴ本部敷地内に建設されたアルマ望遠鏡のサンティアゴ中央事務所からも程近く、密な連携関係を保つことができます。このチリ事務所は、主に日本でのアルマ望遠鏡ユーザーの支援をするために国立天文台三鷹に設置された東アジアアルマ地域センターと連携し、アルマ望遠鏡で最大限の科学的成果を出せるよう協力して事業を進めていきます。

★1 初期科学運用

ALMA完成に向けたアンテナや受信機の追加とその試験観測が科学観測と並行して行われる段階のこと。最初の初期科学運用は2011年9月末から9カ月間続きますが、そのうち限られた時間しか科学観測には割り当てられません。

★2 SMA (Submillimeter Array)

アメリカのハーバード・スミソニアン天体物理学センターと台湾の中央研究院天文及天文物理研究所が共同で運用する、世界初のサブミリ波電波干渉計。ハワイ・マウナケア山に設置されており、すばる望遠鏡のお隣さんでもあります。



ALMA山頂施設に並ぶ16台のパラボラアンテナ。6月末から7月初旬にかけて降った記録的大雪のあとが見られますが、除雪作業が着々と進み、無事アンテナを山頂施設で運用できるようになりました。



開所式参加者の集合写真。中央やや左の駐チリ日本国特命全権の林渉大使をはじめ、多くの方にご参加いただきました。



Bienvenido a ALMA!

かなりハードですが、国際計画は面白い!

ALMA 推進室
東アジア・
アルマプロジェクト
マネージャ
井口 聖



15 初期科学運用開始!

アルマ望遠鏡

検索

●初期観測開始

2001年4月に東京で開催されたALMA Coordination Committee において日米欧三者で“世界で唯一の究極の望遠鏡”を建設しようという合意が取り交わされてから(図1) ほぼ10年が経ち、“ALMA 初期科学運用開始!”と宣言できることまで辿り着くことができました。

2002年にALMA望遠鏡の建設がスタートしましたが、それは米欧でのスタートであり、そこに日本はいませんでした。日本の建設予算が認められたのは、その2年後でした。米欧に比べて体制面が弱かった日本にとって、この参加の遅れは大きな十字架となり、交渉の上で不利益を被りそうな局面が幾度ありました。これは、日本が予算獲得に遅れたことに対する米欧側の強い不信感からきていたようです。

このような状況が続く中、2008年12月に、この状況を大きく打開する出来事がありました。それはALMA第一号アンテナに認定されたのが、日本が製造したアンテナになったことです(図2)。2年遅れで参加したにも関わらず、ALMA望遠鏡にとって最も重要な装置の1つであるアンテナの、その初号機が日本製になったことは、これまでの不信感を払拭するに十分な成果でありました。これにより、日本に対する敬意を表す発言が増え、国際共同計画において日本が活躍できることが認知されるようになりました。この結果は、アンテナチームのみならず、



図1 ALMA Coordination Committee において日米欧三者で合意に署名(当時の代表者達: 左からNSF 数学物理部門 元副議長 Robert Eisenstein, ESO 元台長 Catherine Cesarsky, 国立天文台 元台長 海部宣男)。

受信機チームや計算機チームそしてシステム・サイエンスチームの多大な協力があったことは言うまでもなく、さらに安全・品質管理・物流チームの支援に、数千ページにも及ぶドキュメントの英訳に全力を注いだ翻訳チームの貢献も忘れてはいけません。私は、オール ALMA 推進室で取り組んだことが、このような成果に結びついたのだと思っております。

●餅は餅屋

最初の4年間は、まさに戦いの毎日でした。そもそも国立天文台にはALMAのような大型計画を進められるような環境整備が整っていませんでした。そこに、受信機や制御・解析ソフトウェアはin-houseで製造することを判断したことは、まさにどこかの大海原へ冒険に向かうようなスタートだったと、あらためて感じずにはられません。

協定書の作成でも、研究者である我々がESOの法務局の担当者と膝詰めで英語の文言の調整をしなければなりません。“自分たちが好きで始めた計画であるから、自分たちですべて対応しろ”というお叱りの中、当時のALMA推進室長の長谷川哲夫さんと素人ながらに頑張ってきました。が、限界を感じることは何度もありました。我々の領分に議論を持って行き、ささやかな抵抗をするのが精一杯でした。東大60cm電波望遠鏡にてESOと交渉をした経験がある長谷川さんでさえ、ALMAのような巨大望遠鏡計画における交渉は大きなハードルだったと思います。法的な問題や組織内規約の調整、そして利害関係をガチンコで国際交渉した経験がそもそも国立天文台になっただけに、ESOやNSFからは「不思議の国」日本という感じでは見られてしまいました。

●まだガラバゴス日本、開国は自分たちの良さを軸に

ヨチヨチ歩きながらも、なんとか我々はここまで来ることができました。この4年間、我々はある局面では米欧をリー

ドすることがありました。ただ、それは一部であり、総合的に見れば、まだまだ我々は米欧から学ぶ必要があることを痛感させられます。しかしながら、我々に弱い所があるからと言って、米欧に依存し、完全コピーをすることは絶対に避けなければなりません。仕組みだけを真似ても、そこに理念がなければ何の発展も生み出されないからです。

今、ALMAでは、米欧と同等の貢献度を日本に期待されるようになりました。これは本当に嬉しいことではありますが、一方でそれだけ責任も増えることを意味します。ゼロか1かの議論ばかりをするのではなく、“しなやかで強かな”判断と行動ができるようにならなければなりません。そのような力量がなければ、それぞれの国の利益を背負った代表者同士の交渉では妥協点を見出すことが絶対にできないからです。いつまでも閉鎖的で且つ独自路線を言い続けるほど、今日の科学分野は軟な環境でなくなっています。世界の中で、主要な役割を担うことが求められていることを自覚する必要があります。日本には、世界に誇れる良い所が一杯あります。我々は、それらを最大限に活かし、これからは質の高い国際貢献を行っていくことが必要となるでしょう。

●最後に

建設終了の成功に向けてラストスパートがはじまりました。推進室メンバー全員の力を結集し、この最後の大事な仕事をまとめ上げる必要があります。いろいろ理屈を言っても、結局のところ、一丸になって立ち向かうことが何より成功の秘訣だと思います。



図2 日本が製造したアンテナがALMA第一号機アンテナとなる署名式。

* Bienvenido とはスペイン語で「ようこそ」の意味です。



図1 解析講習はじまる。まずはデータ解析手順の説明を受ける。その後、基本は各自作業。わからないことは講師に質問する。

ハワイ観測所・天文データセンター・光赤外研究部の共催で、恒例の「すばる春の学校」が開催されました。国立天文台三鷹キャンパスすばる棟において、5月30日から6月1日までの3日間の開催でした。

●「すばる春の学校」の歩み

すばる望遠鏡の共同利用が2000年に始まり、日本の光学赤外線天文学の分野では、それまでになかなか手にするのできなかった質の高いデータが大量に得られるようになりました。しかし、カメラや分光器などの観測装置から出てくるデータは、そのままでは結果になりません。正確に処理され、目的に応じた解析を行うことによってはじめて科学的成果になります(★1)。

そこで、全国の研究者や学生にデータ処理の基本を学んでもらってより多くの観測成果を得ることができるよう、観測装置を熟知し、データ解析に通じた講師を揃えてデータ解析講習会が行われるようになりました。この講習会は、実際にはユーザーの多い主焦点カメラのデータ処理から始まり、次いで他の装置についても広がりを見せていたのですが、やがてより定期的に、特に学生(大学院生・学部生)向けの企画に発展させることになりました。こうして始まったのが、「すばる冬(秋)の学校」です。せっかく学生が集まるので、データ解析講習以外にも、より一般的なデータ解析の講義やすばる望遠鏡による観測成果の紹介、あるいは観測提案や論文の書き方についての講義・議論も盛り込むようになりました。

こういった「学校」を実際に開催してみると、やはり学部生と大学院生では、天文学の基礎知識、計算機の使用経験な

どに大きな差があり、一緒に講習を実施するのに困難があることがわかりました。そこで、「学校」を年2回の開催とし、片方は主に大学院生向けに実践的なデータ解析の講習としてすぐに研究に使えるような内容にし、もう一方は主に学部生向けに、データ解析の基本を学んでもらうことにしました。後者が「すばる春の学校」です。2008年から開催し、今年で4回目となりました。

この「春の学校」のデータ解析講習は受講希望が多く、例年約30人もの応募があります。本当はたくさん受け入れられるとよいのですが、データ解析に用いることのできる計算機の数や、講師が個別対応できる人数に限りがあることから、10人から12人程度に受講生を絞っています。一方、データ解析講習以外の講義等には予約なしで誰でも参加できるようにしています。

●春の学校2011

今回もデータ解析講習には28人の応募があり、選抜の結果、学部2年から4年までの11人に受講してもらいました。今回は撮像データとしてMOIRCS(★2)で得られた銀河のデータと、分光データとしてHDS(★3)で得られた原始星のスペクトルデータを扱いました。

計算機(Unix)の使い方から始まり、一通りの処理を終えて科学的な意味を読み取る手前までのデータに到達することを目標とするため、短期間の講習ではどうしても駆け足になりがちです。そこで「春の学校」ではできるだけ細かいところには立ち入らず、本質的なところに絞ってデータ処理の背後にある考え方を理解してもらうことを目指しています。そのために、通常は自動処理にしているところも手を動かしてやってもらうなどの工夫をしています。おかげで最近は、「データは処理できただけ結局何をやっているのかわからなかった」というような感想はほとんど聞かれなくなってきました(図1)。

データ解析講習以外では、これまで「観測提案の書き方」を中心とした研究生生活の実際についての講義・議論の時間をとっていましたが、学部生にはなかなかピンとこないだろうということで、今年研究生生活の実際について、大学院生

からも話をしてもらいながら懇談の時間をもうけました(図2)。参加者のレポートでは、有意義であったとの評価もあり、それなりによかったかと思いますが、この部分はまだ手探りです。



図2 大学院生の研究生生活の話に熱心に聞き入る。

●今後の課題と展望

4回の開催を経て、「すばる春の学校」はほぼ定着し、実施方法も確立してきました。これを毎年開催していくことが大事だと考えています。今年は震災もあり、募集を行うかどうか一度は迷いましたが、学生にとっては受講の機会は限られるので、やはり例年どおり行おうと決断しました(実際は大きな問題なく開催できました)。

検討課題のひとつは、現在は平日のみ

★1 データ解析

すばる望遠鏡がとらえるのは、可視光と一部の赤外線です。カメラや分光器などの観測装置によって電気信号として記録されたデータは、たいへいは見ただけでは何だかわかりません。これを「天体からどのくらいのエネルギーが光として我々に届いたか」という、意味のあるデータに直さないといけません。このプロセスは、データ解析一般と区別してデータ処理(データ整約)とよぶこともあり、装置の「くせ」はこれによって取り除かれます。「春の学校」では主にここまでを学んでもらいます。より一般的に「データ解析」というのはそこからさらに「天文学として意味のある」「新しい」情報を引き出すために行う作業で、これは研究目的に応じて様々な方法があります。

★2 MOIRCS (多天体近赤外撮像分光装置)

赤外線では撮像・分光観測ともに行うことができる装置。視野内の多数の天体を同時に分光観測することができるのが最大の特長ですが、撮像観測でも、すばる望遠鏡クラスの大型望遠鏡の中では視野が広く、さまざまな観測成果をあげています。「春の学校」では、撮像データの扱い方のひとつの例としてデータ解析講習が行われました。

★3 HDS (高分散分光器)

可視光を波長に細かく分けて観測することができる装置。幅広い波長域の光を記録するために、スペクトルを検出器(CCD)上に折りたたんで観測することができるのが特長ですが、その解析は分光データ一般の処理の域を超えるので、「春の学校」ではあえて短い波長域を(折りたたまずに)記録した場合のデータを扱いました。

に実施しているため、講義等で参加できない学生が少なくないことです。こういった学生にも受講の機会をどうもうけていくのか、工夫をしていきたいところです。また、大学での教育内容との連携や役割分担をさらに工夫していくことも必要だと考えています。

「春の学校」「秋の学校」に加え、ハワイ観測所では学生向けの「観測体験企画」も実施しております。これらを通じて意欲的に研究に取り組んでいく若手研究者が育っていくことを願っています。

★世話人のつぶやき

「春の学校」の最後には、参加者から一言ずつ学んだことを話してもらおうにしていますが、そこで聞かれる感想には共通して、「自分の大学以外で天文学をやっている人の話を聞いて、とても刺激になった」というものがあります。学部生の場合、普段は確かに他大学の学生と話したり、一緒に作業をしたりすることはめったにないでしょうね。国立天文台として「データ解析講習」を行うのは、あくまで共同利用の望遠鏡で得られたデータ解析の支援という位置づけになりますが、全国から学生が集まることで別の効果を生んでいるようです。

また、この記事を書くにあたって過去の記録を見ていたら、「秋の学校」を受講した大学院生が今や講師をやってくれていることが少なくないことに気づきました。こういう「世代」のつながりができるのに、ちょっと嬉しくなりました。



図3 懇親会では講師、学生いっしょに話がつきない。

NEW STAFF ニュースタッフ



藤原健一 (ふじわらけんいち)

所属：事務部財務課司計係長

出身地：東京都

7月1日付けで財務課司計係長として着任いたしました藤原健一です。こちらに来る前は東京大学経済学研究科財務係にありまして、小さい部署でしたので財務・経理・施設に関する何でも屋のような仕事をしていました。天文台では一転、司計係という予算に関するスペシャリストのような係に就かせていただきましたので、プレッシャーを楽しみつつ頑張りたいと思います。また、せっかく天文台でお仕事させていただくことになりましたので、観望会等にも参加させていただき天文台についていろいろ学べれば良いなと思っております。まずは仕事に早く慣れて、少しでも早く天文台に貢献出来るよう努力いたしますので、どうぞよろしくお願いたします。

●すばる望遠鏡の障害発生と復旧について

すばる望遠鏡は、7月2日（ハワイ時間、以下同じ）に望遠鏡上部の主焦点付近で冷却液漏れの障害を起こし運用を中断していました。その後、順次復旧を進め、7月22日に可視および赤外ナスマス焦点での共同利用観測を再開、8月26日にはカセグレン焦点において共同利用観測を再開しました。現在カセグレン焦点では、冷却液漏れの影響を受けていない冷却中間赤外線分光撮像装置 COMICS と、多天体近赤外線撮像分光装置 MOIRCS の撮像機能での観測を行うことができます。詳しくは、http://subarutelescope.org/j_index.html 参照。

●共同利用のお知らせ

●すばる望遠鏡の2011年8月から2012年1月までの共同利用 S11B 期の採択結果は

<http://subarutelescope.org/Observing/Schedule/s11b.html> をご覧ください。

●岡山観測所 188cm 望遠鏡 2011 年度後期の共同利用観測日程は http://www.oao.nao.ac.jp/stockroom/program/2011b_ja.pdf をご覧ください。

編集後記

国立天文台ニュース編集チームとチリへ。標高5000mの夜。半月があるのに、地上のアンテナにライトがついているのに、天の川が見える。取材の成果は年末の本誌で。(h)

IAUのアジア太平洋地域会議でタイのチェンマイへ。遠足ではゾウに乗って山を歩きました。山岳少数民族に会えたのがうれしかったです。(e)

2年ぶりにISAS 特別公開日のお手伝いをしてきました。昨年と比べるとお客さんは減ったようですが、それでも2日間で1万人を超えるのはすごいです。「はやぶさ」の映画撮影にも全面協力していたようす、まだまだ人気は健在です。(K)

今年は暑い夏だ、熱中症だ、節電だと言いつつ、晩夏になって結構寒暖の差が激しく、早めに秋が来たらいいです。昨年の暑さが毎年続くと言う考えが固定化されているようで、騒ぎが大きくなっているように思えます。(J)

天文学会@鹿児島からの帰路は見事台風15号に当たり、羽田便が欠航ということに…。台風で飛行機が飛ばなかったのは人生2回目です。もっとも1回目は「22時間遅延」という扱い（航空会社は決して欠航とは言わなかった）だったことに比べれば、今回の方がよほどマシでしたが。(κ)

天文台の木々の葉の色が変わりつつあります。なのに、8月号の編集後記というのは……。 (W)

※お詫び：研究トピックス「超巨大ブラックホールは何処に？」は、9月に記者発表されたものでした。8月号の発行が11月と遅れてしまい、掲載月号とリリース時期の前後が入れ替わってしまったことをお詫びいたします（係）。

国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.217 2011.08

ISSN 0915-8863

© 2011 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日 / 2011年8月1日

発行 / 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員：渡部潤一（委員長：天文情報センター）／小宮山 裕（ハワイ観測所）／寺家孝明（水沢VLBI観測所）／勝川行雄（ひので科学プロジェクト）／平松正顕（ALMA推進室）／小久保英一郎（理論研究部）●編集：天文情報センター出版室（高田裕行/山下芳子）●デザイン：久保麻紀（天文情報センター）

★国立天文台ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話あるいはFAXでお願いいたします。なお、国立天文台ニュースは、http://www.nao.ac.jp/naojnews/recent_issue.htmlでもご覧いただけます。

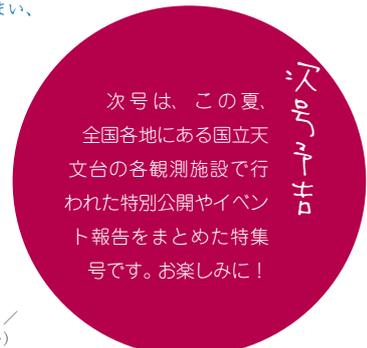




図1 2005年7月10日に打ち上がった「すざく」衛星(想像図)。前方に出ているのは全反射を利用してX線を集光するX線望遠鏡で、検出器は胴体底部分にある。

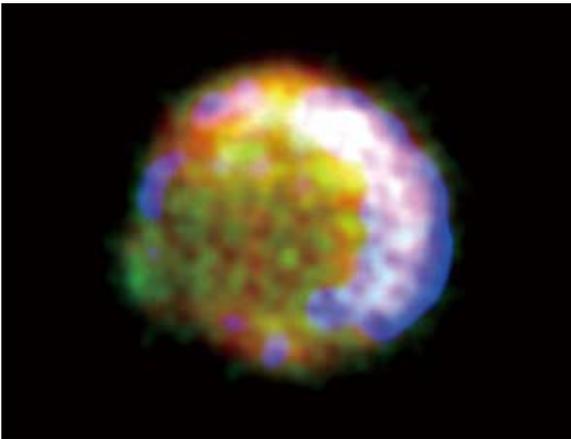


図2 「すざく」衛星搭載撮像分光検出器XIS(左下)で観測したティコの新星。カラーは、X線のエネルギーの違いを表し、赤→緑→青の順にエネルギーが高くなる。

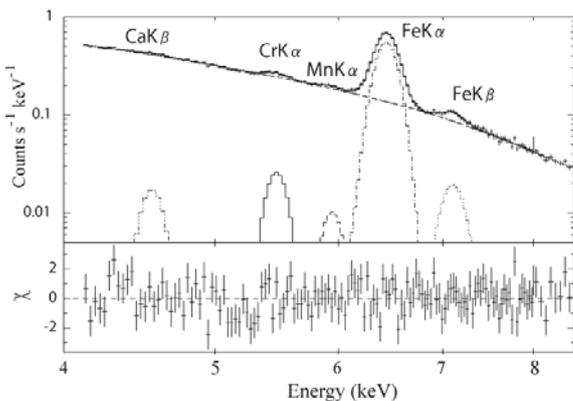


図3 「すざく」衛星搭載撮像分光検出器XISで観測したティコの新星の分光スペクトル。微弱ながらクロムやマンガンの輝線が見える。

★「すざく」は超新星残骸以外にも多くの成果を挙げています。興味のある方は、ぜひ「すざく」の公式ホームページ <http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/> を訪れていただくと嬉しいです。

- ・天体名 / ティコの新星 (SN1572)
- ・観測装置 / X線天文衛星「すざく」搭載撮像分光検出器XIS
- ・波長データ / X線

X線で探る 超新星残骸内部のレアメタル

●馬場 彩 (青山学院大学)

星の中にはその一生の最後に超新星爆発という大爆発を起こすものがある。秒速数千kmの爆風は数百万度のプラズマを作り出し、まさしく一つの世界の終末である。しかし、その残骸は星が生きていた時代に核融合で作らした重元素をばらまき、次世代の星や惑星、その上に生きる生命の素となる。

この「星の生と死」も研究テーマの一つにしているのが日本のX線天文衛星「すざく」だ(図1参照)。超新星爆発の残骸は高温なので可視光ではなくX線で強く輝く。また、物質が全て激しくイオン化し、「特性X線」と呼ばれるX線を放射するため、重元素が爆発と共にどのように散らばったのか知ることが出来る。「すざく」は過去の衛星に比べ雑音が低く較正も正確なため、より正確に重元素量を測定したり、含有量の少ない重元素を発見したりすることが可能だ。図2は、ティコ・ブラーエが爆発の瞬間を観測した「ティコの新星」の現在の姿だ。爆発から400年以上経った現在も、シャボン玉のように膨張を続けている。「すざく」はティコの新星からのX線の中に、「レアメタル」として最近話題になっているクロムやマンガンからの特性X線を発見した(図3)。超新星残骸からのレアメタル発見はこれが世界で初めてである。またこの発見は単なる一元素の発見に留まらず、星の中でどのように元素合成・宇宙空間への拡散が行なわれたかを知る手掛かりになると考えられている。

「すざく」衛星と 可視光天文学

おひさし

「すざく」衛星に搭載されている撮像分光検出器「XIS」は、「すばる」など可視光の望遠鏡にも用いられているCCDと実はほぼ同等の検出器である。ただ、X線は可視光に比べて1光子のエネルギーが高く、天体からたどり着く光子数も少ないため、一つ一つの光子の到来時間とエネルギー、位置の全てを測定する検出方法がとられており、現在ではX線天文学の標準的な検出器の一つになっている。JAXAが2014年打ち上げを目指して開発中の次世代X線天文衛星ASTRO-Hの撮像分光検出器SXIは、国立天文台との共同研究で開発が進められている。