

国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2013年1月1日 No.234

歴史トピックス

国立天文台水沢の歴史



- 2012年「ALMA-J ユーザーズミーティング」報告
- 国立天文台公開講演会「アルマ望遠鏡が描く新しい宇宙像」報告
- 壮観! アルマ望遠鏡のアンテナ群
- 次世代超大型望遠鏡応援団の結成
- シリーズ「国立天文台アーカイブ・カタログ」10
フランス製プランの子午儀

1

2013

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

巻頭言

2013年を迎えて — 林 正彦

04

歴史トピックス

国立天文台水沢の歴史

— 亀谷 収 (水沢 VLBI 観測所)

I 1899年～国際緯度観測事業 (ILS) 時代

II 1962年～国際極運動観測事業 (IPMS) 時代

III 1988年～国際地球回転観測事業 (IERS) 時代

08

- Z項の発見
- 木村 榮記念館のご案内

10

おしらせ

- 2012年「ALMA-J ユーザーズミーティング」報告
- 国立天文台公開講演会「アルマ望遠鏡が描く新しい宇宙像」報告
- 壮観！アルマ望遠鏡のアンテナ群

12

連載 Bienvenido a ALMA ! 23回

ALMAを支えるデータ・アーカイブ、チリとのネットワーク、ユーザーポータル

— 森田英輔・中村光志・Panta Bhola Raj (チリ観測所)

13

おしらせ

- 次世代超大型望遠鏡応援団の結成
- 平成24年度永年勤続者表彰
- 平成24年度防災訓練報告
- 平成25年理科年表 (国立天文台編) が刊行されました

15

ニュースタッフ
人事異動

- 編集後記
- 次号予告

16

シリーズ 国立天文台アーカイブ・カタログ10

フランス製プランの子午儀 — 中桐正夫 (天文情報センター)



表紙画像

水沢 VLBI 観測所にある木村榮記念館で展示されている眼視天頂儀 1号機。

背景星図 (千葉県立郷土博物館)

渦巻銀河 M81 画像 (すばる望遠鏡)



シリウスとおおひぬ座。吐く息も白く。

国立天文台カレンダー

2012年12月

- 2日 (日) 学術講演会「暗黒宇宙の謎に迫る—宇宙創成、そして惑星・生命誕生」
- 3日 (月)～8日 (土) 野辺山宇宙電波観測所30周年記念国際シンポジウム
- 4日 (火) 太陽天体プラズマ専門委員会
- 12日 (水) 天文データ専門委員会
- 14日 (金) ふたご座流星群極大
- 19日 (水) 総研大専攻長会議

2013年1月

- 4日 (金) しぶんぎ座流星群極大
- 8日 (火) 台長新年挨拶
- 10日 (木) 天文情報専門委員会
- 11日 (金) 運営会議
- 15～17日 (火～木)「すばる」ユーザーズミーティング
- 16日 (水) 総研大専攻長会議

2013年2月

- 4日 (月) 研究計画委員会
- 11日 (月) スターアイランド2012 (VERA 小笠原局特別公開)
- 20日 (水) 総研大専攻長会議

巻頭言



国立天文台長 林正彦
二〇一三年を迎えて

明けましておめでとうございます。

今年、アルマ（ALMA）が完成記念式典を迎えます。野辺山の45m電波望遠鏡やミリ波干渉計による成果が出始めた1980年代の中ごろ、次の大型計画として海外の最適地に大型ミリ波干渉計を建設することは、多くの人の目に明らかでした。その構想から30年、2004年に建設を開始して、アルマはついに完成に至ります。ここまで到達できたのは、多くの国立天文台職員の献身的な働きがあったこと言うまでもありませんが、それにも増して文科省を初め多くの学術関係者から強いサポートをいただいたことや、何よりも多くの国民に理解され支援されてきたからに他なりません。ここに、深く感謝を申し上げます。

アルマは、すばる望遠鏡のような光学赤外線望遠鏡では見ることができない宇宙を見ることができます。たとえば、太陽以外の恒星を公転する惑星（系外惑星）は光学赤外線望遠鏡で検出されますが、このような惑星がどうやってできたかは、アルマを使わないと分かりません。アルマは、惑星の原料を詳細に観測することによって、惑星の形成過程を明らかにしていくはずですが、その原料には、生命の起源物質も含まれているかも知れません。

すばる望遠鏡が、引き続き華々しい成果を挙げているのは嬉しい限りです。最近、特に高コントラストカメラ（HiCIAO）を用いた系外惑星や原始惑星系円盤の直接観測で世界の注目を浴びる成果が出ています。また昨年完成した超広視野主焦点カメラ（HSC）は、試験観測を続行中です。近いうちに試験観測で撮れたすばらしい画像が見られるのではないかと、ワクワクしています。今年中にはHSCを用いた本格的な観測が始まる予定です。

HSCによる観測は、研究者がそれぞれ興味のある天域を観測するというこれまでのスタイルから、広い範囲をくまなく観測して銀河の大地図を作り、それをもとに研究者がそれぞれ得意な研究をするというスタイルが中心になっていくと思います。もちろん、すばるのお家芸とも言える遠方宇宙の研究に圧倒的な威力を発揮することは間違いありません。それに加えて、ダークマターの分布がより詳細に解明されることでしょう。ダークマターは未検出の素粒子（物質）だと考えられており、それを直接検出する実験が日本でも行われています。天体観測から分かってくるダークマターの性質を実験とつぎ合わせれば、ダークマターがどのような素粒子かを特定できるはずですが、HSCでは10億個以上の銀河が検出される予定ですが、それらの位置関係を詳しく解析して、全く不可解なダークエネルギーの性質に迫ることも重要な目標です。

東京天文台から国立天文台になって、今年で25年となります。この間、大型プロジェクトとしてはすばるで初めて海外に出て、アルマで初めて国際プロジェクトに取り組みました。これは、大学の附置研だった天文台にとっては極めて大きな変化です。多くの職員は、これまでやったことのない仕事に当惑しました。これらのプロジェクトに尽力した研究者らは、海外と日本の違いに起因する問題に取り組み、関係諸国との意思疎通のために大部分の時間を使うこととなりました。しかし、これは日本のすべての研究者に最先端の研究の機会を提供することを責務とする大学共同利用機関にとって必要不可欠の仕事であり、今後もその必要性を積極的に位置づけていく必要があります。一方で、国立天文台には日本の天文学の最先端研究機関としての責務があり、常に世界第一線の研究成果を上げていくことが求められます。そのため、どのように両者のバランスをとっていくかが、今後の課題のひとつだと思っています。

2013年もまた、すばる望遠鏡などによる成果に加えて、アルマによる素晴らしい成果を多数ご紹介していきたいと思っています。また、今年、次世代超大型光学赤外線望遠鏡（TMT）の建設に向けて、最終的な準備を整える年でもあります。これはアルマ以上にたいへんな国際プロジェクトになる予感がしています。気を引き締めて行きたいと思っています。

どうぞ今年もよろしく願い申し上げます。

国立天文台水沢の歴史



亀谷 収

(水沢 VLBI 観測所)

★国立天文台水沢（現水沢VLBI観測所）は、1899年に臨時緯度観測所として産声を上げました。その1世紀以上にわたる観測研究の歴史は、位置天文学を切り口とした世界の天文学の動向と日本の天文学の歴史を見事にトレースしています。2012年10月号「日本の暦の歴史」に続く歴史トピックスの第2弾として、国立天文台水沢の歴史を概観しながら国立天文台のルーツのひとつを辿ることにしましょう。

I 1899年～国際緯度観測事業 (ILS) 時代

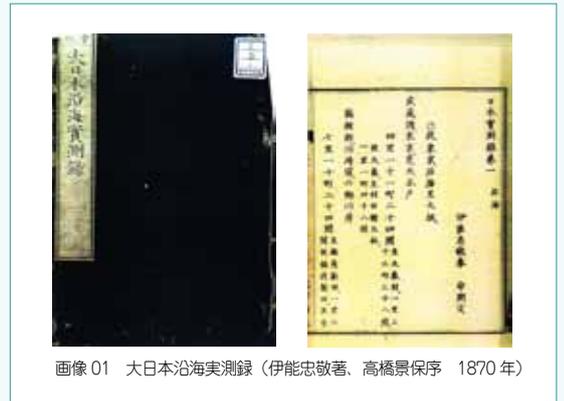
なぜ臨時緯度観測所が水沢に設置されたのかについては、次のような経緯によります。当時、地球の極軸が地球自体に対して動く現象（極運動）の解明が、天文学の最先端の研究テーマのひとつでした。このような運動が存在して、地球が完全な剛体であれば周期が10か月になるはずであることを予言したのはスイスの有名な数学者であるオイラーで、1767年頃（今から約250年前）のことでした。この極運動が存在すれば、地球上の任意の位置で緯度（および経度）が少しだけ変化することになります。例えば直径10m程度の大きさの極運動があれば、緯度変化は最大0.3秒角ほどになります。

19世紀中頃からそれを検出する試みがなされましたが、実際にそれが発見されたのは、1884年にキュストナーによります。ついで1891年、チャンドラーにより極運動の周期が10か月ではなく14か月であることが発見され、地球が完全剛体ではない事が示されました。これは、緯度変化の観測により地球内部の物理状態を調べる手段を我々が得たことになります。そこで、1895年にベルリンで開催された第11回万国測地学協会総会で、ILSを設立することが決議されました。極運動の決定精度を格段に上げるため、国際観測網を同一緯度上に展開し、全ての観測所が同じ星を観測し、星の位置誤差に起因する誤差を取

り除くことにしました。観測所の選定作業の結果、北緯39度8分上にある世界の6か所（アメリカ大陸のゲイザーズバーグ、シンシナチとユカイア、地中海の島カルロフォルテ、中央アジアのチャルジュイ、そして日本の水沢）に観測所を置くことに決めて、1899年から観測を開始しました。

日本の観測所を日本人の手で観測運用する事については、西欧諸国は当初は懐疑的で、ドイツから技師を派遣する提案もありました。しかし、結局、物理学者・田中館愛橋（たなかだて あいきつ）らの主張がとおり、水沢局は日本人自身が観測することになりました。実は、この背景として江戸期の観測技術の蓄積がありました。ILS開始の約100年前の1801年に伊能忠敬が蝦夷地の測量を開始しましたが、その頃から天測の技術は高いものでした（国立天文台ニュース2012年10月号・歴史トピックスを参照・画像01）。明治時代になり、明治政府は1872年に太陽暦に切り替えると共に、フランス武官から測地測量の指導を受け、日本人は高い観測技術を習得していました。さらに1891年に発生した濃尾地震（M8.0、死者7000人以上）で様々な測地観測が行われています。そして、東京帝国大学星学科を卒業した木村榮（ひさし）は、当時麻布にあった東京天文台で1895年に緯度変化観測を行い、田中館愛橋に測地測量などを学んでいました（画像02）。これらの下地があり、弱冠29歳の木村榮は、ポツダムでのILS観測準備の後、ドイツから借り受けた眼視天頂儀（画像03）と共に帰国し、臨時緯度観測所の所長に迎えられました。そして1899年12月よりILS観測を開始しました（画像04）。

観測開始から約2年後の1902年（今から約110年前）、木村は緯度変化と極運動の関係にさらに一つ項（後にZ項と呼ばれる）



画像01 大日本沿海実測録（伊能忠敬著、高橋景保序 1870年）



画像02 田中館愛橋(右)と木村榮(左)



画像03 眼視天頂儀1号機。

を加えると観測結果をうまく説明できることを発見しました。このZ項の発見は、日本の天文学の世界への初めての貢献と言っても良い快挙でした（8ページ参照）。

その後、中央局であったドイツは第一次世界大戦で大敗を期した事もあり、さまざまな駆け引きの末、中央局は1922年～1934年の間、水沢が担うことになり、木村が中央局長になりました。同時に、それまで臨時の設置観測所の位置づけであった臨時緯度観測所が緯度観測所と改名され、恒久的な位置づけになりました。また、新しく大きな庁舎（現在の奥州宇宙遊学館）も建設されます（画像05・06は観測所の全景）。中央局を担当した間に木村は、大戦で少なくなった観測局を増やす努力や、南半球でも観測する努力を惜しまず、2度に渡り詳細な中央局のまとめを発行しています。

一方、なぜZ項が必要なのかという根本的な疑問については、当初木村は地球の気圧に何らかの原因があると考え、当時の最新の気象装置を導入して、高層大気の研究を初めとして、様々な観点から原因を追求します。しかし、結果は全て否定的でした。実はZ項の原因が地球の内部にある流体核（外核）の存在によると判明するのは、Z項発見から68年も経った1970年になってからのことです（後述）。

その後、緯度観測所では、最新の望遠鏡と写真撮影により、測定精度の向上をはかります。浮遊天頂儀（1939年／画像07）、写真天頂儀（これにより経度変化・地球自転速度変化の観測も可能になった・1955年／画像08）、ダンジョン・アストロラープ（1964年／画像09）なども同じ緯度線上に置かれ、観測が進められました。

国際的な観測体制の面では、再び勃発した第二次世界大戦によって、極運動の観測を行う局が減り、しかも交戦国に分かれたため、データのやり取りが一時期中断しますが、水沢の緯度観測所では、黙々とデータが蓄積されていました。戦後、解析が再開されることになります。

II 1962年～国際極運動観測事業（IPMS）時代

1962年にこれまでのILSがIPMSへと拡大改組され、水沢に再び中央局がおかれまして。初代中央局長に服部忠彦が命名されましたが、急逝したため、弓滋が引き継ぎました。

このころには、観測精度の向上により、極運動による変化は、緯度変化だけでなく、経度変化や自転速度変化も捉えられるようになり、これらの測定も必要になりました。一方、これらの測定には、精密な時計が必要となりました。緯度観測



画像04 1901年ごろ。左から夜間休息所、観測所、気象観測器。



画像05 日本館のたたずまい。1921年に新築された。



画像06 1935年ごろ。研究施設も充実。



画像07 浮遊天頂儀



画像08 写真天頂筒（右はその観測室）。



画像09 ダンジョンアストロラープ（右はその観測室）。



所でも水晶時計やその後の最新鋭の時計を導入して、対処していきました。これが、現在、水沢VLBI観測所天文保時室として中央標準時を担っている素地になっています（画像10・6ページ）。1967年には、国際天文学連合（IAU）の分科会も「緯度変化」から「地球回転」に名称変更



画像 10 標準時セシウム時計

なっています。つい最近までこの分科会名が続いていました。それまで別々に扱われていた極運動と自転速度変動はまとめて扱う必要が出てきています。その趨勢を受けて、世界時を決めていたバリの報時局 (BIH) は、この年、極運動と自転速度変動のデータ公開が開始し、水沢の中央局も遅まきながら1978年からBIHと同様の極運動と自転速度変動のデータ公開に踏み切っています。

一方、なかなか原因が判明しなかったZ項ですが、地震波観測などから、地球内部に流体核 (外核) とその内部の固体の核 (内核) が存在することが判明していました。さらに一晩の中での観測データを増やすことにより、Z項が一晩の間にも変化すること分かりました。1970年に当時の緯度観測所所員であった若生康二郎が、Z項の原因が、流体核とその外側が独立に動く事による共鳴現象である事を究明しました。1971年にIAU国際シンポジウム「地球回転」が盛岡開催され、1899年から始まった緯度観測が一つのエポックを迎えます。

その後、世界では人工衛星ドップラー追跡法による極運動の観測、月レーザー測距法★01による地球自転速度変動の観測 (1972年)、NASA地殻動力学計画 (1977年) など、新しい地球回転の計測方法が刷新され、光学観測によらない新世代の観測手法に移る事になります。水沢の緯度観測所は、極運動と自転速度変動のデータ公開開始 (1978年)、水沢ILS再計算データの成果公開 (1980年) を行うとともに、これまでの光の観測の限界を感じ、人工衛星ドップラー追跡法の導入や月レーザー測距法の検討後、精度が一挙に数十倍向上するVLBI (超長基線電波干渉法) 観測★02に軸足を移すことを検討します。当時の日本電信電話公社・横須賀通信研究所から譲渡された3mのアンテナをVLBI用に改造して、VLBI技術を

身につける事を始めます。並行して地球回転研究専用の大型VLBI装置計画 (VERAの前身の計画) についての検討を1983年から始めます。一方、眼視天頂儀観測は、1986年まで続けられました。また、写真天頂塔の観測は1991年まで続けられました。ここで、光の地球回転観測は終止符を打つことになります。

1988年～国際地球回転観測事業 (IERS) 時代

1985年11月のIAU総会で、VLBIなどの新技術を駆使した新しい国際地球回転観測事業 (IERS) を行うことに決定し、1988年1月から開始しました。緯度観測所では、この新しい事業に参加するためにVLBI技術を自前で持つ必要性を感じ、当時の東京天文台野辺山宇宙電波観測所のグループや郵政省電波研究所 (現在NICT) 鹿島グループや国土地理院のグループの協力を得ながら、鹿島にある26mVLBIアンテナを借用してIERSに参加してVLBI観測を行っています。

このような光から電波技術への移行の荒波の中で、BIHが国際度量衡局 (BIPM) へ改編された要因もあり、緯度観測所は、その使命を一応終え、1988年7月に東京天文台や名古屋大学空電研究所の一部と共に国立天文台という新しい組織に改組されました。緯度観測所は、国立天文台の中で地球回転研究系5部門と水沢観測センター (及び理論研究系1部門) という位置づけになり、野辺山のグループと密接な協力の元に、VLBI観測の新技術観測等を推進していくことになりました。

その後、笹尾哲夫や横山紘一を中心に、段階的にVLBIを発展させていく事を検討し、実行していきます。まず、三鷹で使用されていた6mミリ波望遠鏡をいったん水沢に移設し、VLBI用に改造した上で、水素メーザ原子時計とVLBIバックエンドがある野辺山地区に移設して1990年からIERSへ参加しています。また、水沢地区では、10m電波望遠鏡 (画像11) を設置し、水素メーザ原子時計 (画像12) とVLBIバックエンドを用意して、1992年からVLBI観測を開始しています。そして、究極の目標であるVLBI専用装置VERAの建設に向けた実績を積んでいく事

newscope <解説>

▶ 01 月レーザー観測法

月に置いてある反射器に対してパルス状のレーザー光を放射し、反射して帰ってくるまでの時間を正確に測定することで、レーザーを放射した場所と月の間の距離を正確に測る方法。地球の自転により時間とともに距離が変化することから地球の自転速度を求める事ができ、長期に観測することで、自転速度の変動を求めることができる。

newscope <解説>

▶ 02 VLBI

超長基線電波干渉法 (Very Long Baseline Interferometryの頭文字をとった) の事で、電波が波である性質を利用して、遠く離れたアンテナ同士を組み合わせ、一台の巨大なアンテナを実質的に作る。アンテナの位置を1cm以下の精度で測定したり、天体の位置や構造を非常に高精度で求める事ができる。各アンテナで天体の電波情報を時刻情報と共に磁気テープやハードディスクなどに個別に記録する。このデータが送付される相関局では、各アンテナのデータの同時再生作業 (相関処理) を行って、アンテナ同士を実質的につなぎ合わせる。



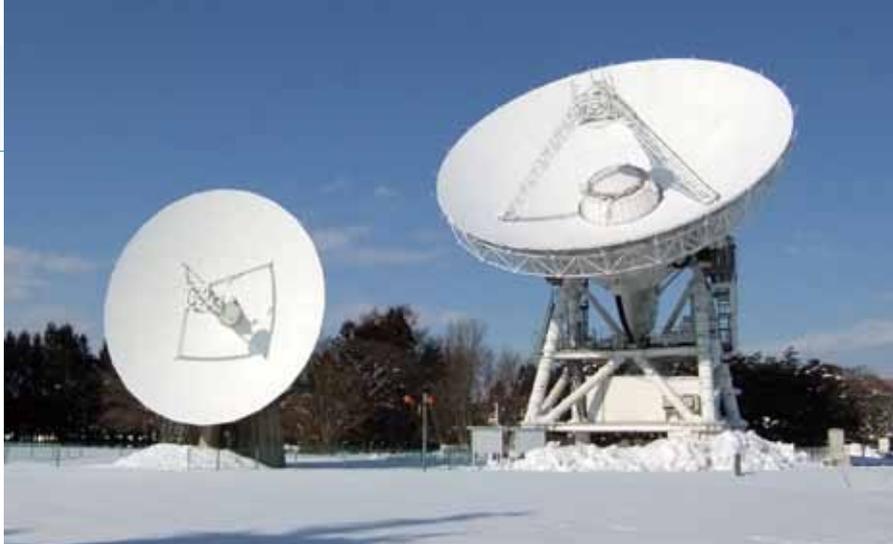
画像 11 水沢 短波長高精度 VLBI用10m アンテナ



画像 12 水素メーザ原子時計 (奥)。手前は世界時 UT の表示装置。



画像 13 鹿児島6m電波望遠鏡



画像 14 水沢局のVERA20m電波望遠鏡(右)。左は10m電波望遠鏡。

を選択します。

その頃、野辺山のグループは45m電波望遠鏡と電波研鹿島の34mアンテナを組合わせたKNIFEというユニークでパワフルなVLBI観測を開始していました。そこで、10m電波望遠鏡は、これに相乗りし、さらに、鹿児島大グループの主導により鹿児島に移設した6m電波望遠鏡(画像13)を組み合わせ、天体詳細イメージを得る国内VLBI網(J-Net)を実施しました。これにより、地球回転研究のためのVLBI装置だけでなく、天体イメージを得るVLBI観測の経験も積むことができました。また、国内に多くの若手研究者を育てることができました。

その後、これら若手の研究者が主体になって、新しい発想から新VLBI装置であるVERAのコンセプトが検討され、当初の地球回転観測専用のVLBI装置から、位置天文学専用のVLBI装置へと発展し、現在のVERA建設へと続いています(画像14/VERAの詳細については、国立天文台ニュース2010年8月号の特集記事を参照してください)。

また、緯度観測所時代から育ててきた固体地球と測地の研究グループは、GPSと重力計を武器に江刺地球潮汐観測施設(画像

15)や南極昭和基地など地球各地に装置を展開し、地球内部と地殻の研究を進めていきました。また、地球の動きから月や惑星への研究対象の拡大を行っています。その例が、RISE(Research In SElenodesy)グループで、ご存知の月周回衛星「かぐや」のミッションの一翼を担当し、詳細な月面の地形図と重力異常図を完成させることに成功しました(画像16)。出来て間もないVERAも使って、精度をあげる観測を行って成果を上げています。現在、その成功を受けて、RISE月惑星探査検討室として、次期計画★に向けた研究を行っています。

このように、緯度観測所時代には極運動から地球回転研究を中心に行っていた研究は、現在では、精密に測定する数々の手法を駆使して、銀河系の位置天文学研究や月や惑星の研究へと広がっています(画像17)。

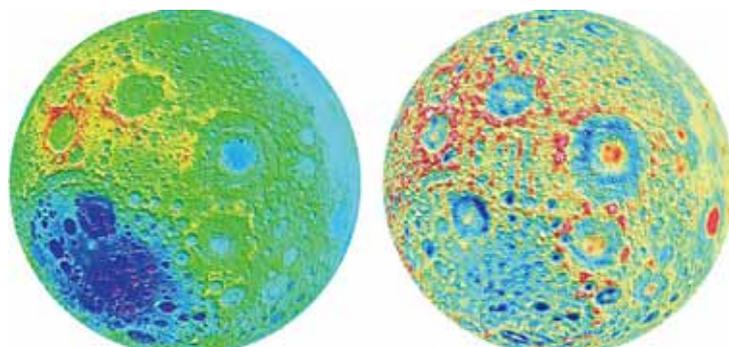


画像 15 江刺地球潮汐観測施設

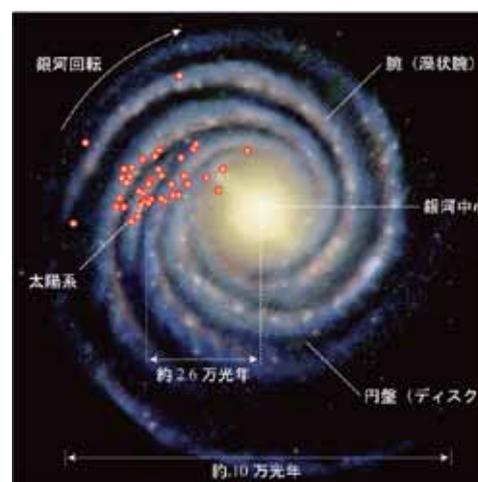
newscope <解説>

▶次期月惑星探査計画

天体の内部構造を調べることで、その進化と起源を探るといった研究の軸を発展させます。次期月探査計画「SELENE-2」や、次期小惑星探査機「はやぶさ2」、次期火星探査計画「MELOS」でも機器開発に加わっています。さらに水星や他の惑星の探査においても、新たな開発と研究を行っていきます。それとともに、国立天文台内外の惑星科学、太陽系天文学、系外惑星の研究者との協力を深めていく予定です。



画像 16 RISEグループが作成した月の地形図(左)と重力異常図(右)。(©NAOJ/千葉工業大学/JAXA)



画像 17 VERAの観測によって、銀河系内の数万光年遠方の天体の精密な位置や運動の測定が可能となった。図の赤印が測定された天体の例(欧米のVLBI観測の結果も含む)。

Z項の発見

亀谷 收（水沢 VLBI 観測所）

木村榮（ひさし）初代所長が1899年12月から観測を開始してから1年が経過し、1901年9月にポツダムの中央局より初期観測結果の報告が出されました。極運動についての高精度の成果が出された一方、水沢とチャルジュイの観測誤差が大きいとの指摘がありました。その結果に日本の関係者は衝撃を受け、木村たちは徹底的な調査を行いました。その結果、観測機器や観測手法には全く問題がないことが判明しました。観測測定の結果自体に原因を探った木村は、半年ほど悩みましたが、好きなテニスを行ったあと、ほっとして所長室に戻って、ポツダムからの手紙のデータを見直した時に各観測所の観測誤差のデータが長期に同様に変化していることに気がつきました。その後、詳しい解析を行い、緯度変化と極運動の関係式に、さらに一つ項（後にZ項と呼ばれる）を加えると観測結果をうまく説明できることを発見しました。Z項とは極運動を求めるとき、観測局（緯度 ϕ 、経度 λ ）の緯度変化 $\Delta\phi$ と極位置（X、Y）の関係式に対し、観測値残差をより少なくするために導入された項の名前です。

$$\Delta\phi = X \cos \lambda + Y \sin \lambda + Z$$

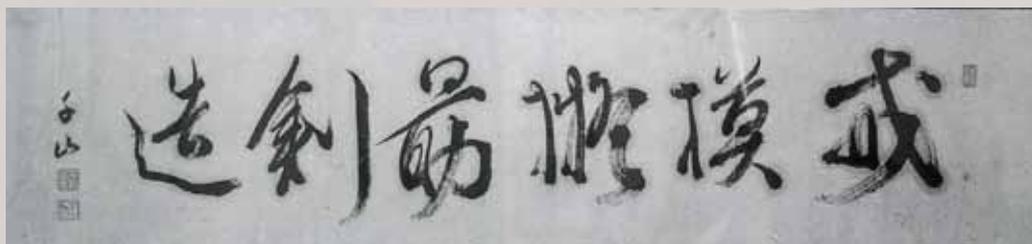
この結果は、すぐポツダムの中央局に報告するのではなく、まず、学術論文の形でアメリカとドイツの専門雑誌に投稿し、掲載が決まってから報告しました。この結果は、中央局でも認められ、その後、このZ項を含めて極運動の解析がされるようになりました。解析後の残差は、水沢が一番少ないというおまけも付きました。このZ項の発見は、日本の天文学の世界への初めての貢献と言って良い快挙であったといえ

ましょう。1902年の発見は、今から約110年前になります。

木村は、この快挙により、1911年に第一回帝国学士院恩賜賞を受賞しました。また、1936年には英国王立天文学会ゴールドメダルを日本人として初めて授与されています。これらの結果を受け、翌1937年には第一回文化勲章を受賞しました。水沢では、文化会館（Zホール）、Zアリーナ、Zバス、日本宇宙少年団水沢Z分団など、多くの名前に今なお“Z”の文字が使われていて、Z項発見の快挙が市民の記憶に留められています。



木村榮の肖像画（橋本八百二画伯作）。



木村榮の自筆「模擬を戒め、創造につとめよ」。



木村榮がやり取りした様々な手紙や手記が保存されている。

世界に挑んだ木村榮

日本天文学の歴史的快挙 "Z項発見"の記録



Z項を発見した眼視天頂儀 1号機。



木村榮が使用していた所長室を再現。



緯度観測所で使用していた歴代の観測機器。右は浮遊天頂儀

木村榮記念館

国立天文台水沢キャンパスの一角に、緯度観測所の初代所長、木村榮の業績を顕彰する記念館があります。

この記念館は、1900年（明治33年）に臨時緯度観測所の庁舎として建築された建物で、1966（昭和41）年の現庁舎新築にあわせて、現在地へと移転しました。

木村榮記念館では、木村が使用していたテーブルや椅子など当時の所長室が再現され、Z項発見当時の緯度観測所の様子を忍ぶ事が出来ます。また、木村の直筆の書や論文、観測記録、音声などのほか、Z項の究明のために用いられた歴代の観測装置、木村に授与された第一回の文化勲章など貴重な資料も多数展示されています。

木村榮記念館の前には、水沢観測所の前身である緯度観測所本館であった奥州宇宙遊学館があります。水沢キャンパスに立ち寄った際は合わせて見学したい歴史スポットです。



木村榮記念館

開館時間 09:00 - 17:00（入館は16:30まで）

休館日 年末年始、火曜日（祝日の場合は翌日）

観覧料 無料

電話番号 0197 - 24 - 2020（奥州宇宙遊学館）

WEB http://www.miz.nao.ac.jp/content/tour_guide_mizusawa_campus

2012年「ALMA-Jユーザーズミーティング」報告

松田有一 (チリ観測所)

2012年11月20日から22日にかけて、ALMA-Jユーザーズミーティングが国立天文台三鷹キャンパスで開催されました。本ミーティングは英語で行われ、海外からの8名(台湾から7名と韓国から1名)を含め、計108名の参加がありました。最初の2日間で、アルマプロジェクトの現状報告と初期科学成果の発表が行われ、最終日にはデータ解析講習会が開かれました。

初日のビジネスセッションでは、まずアルマ望遠鏡の現状報告が行われました。午前中はプロジェクト全体に関わる報告(写真1)、午後の最初は、ACA(★01)や偏波観測など、具体的な観測モードとその試験状況等の報告(写真2)がありました。午後の後半は、台湾アルマ地域センターの活動、韓国のアルマへの参加の可能性に向けた活動状況、国立天文台が運用する南半球の単一鏡電波望遠鏡ASTE(★02)とMopra(★03)についての紹介がありました。初日の最後には、コミュニティーフォーラムが開かれ、これからのアルマの共同利用観測に関して、どのように改善していくべきかについて活発な議論が行われました。また、初日の夜にはコスモス会館で懇親会が開催されました。

二日目のサイエンスセッションでは、午前から午後の前半にかけて、アルマによる初期成果について9つの講演が行われました(写真3)。さらに午後の後半はこれからのサイエンスの展望について、東大の吉田教授、東工大の井田教授による2つの基調講演を含む、6つの講演がありました。お昼の後のポスターセッションでも、全部で8つのポスターの前に人が集まり、議論が行われていま

した。口頭、ポスターの両方で、特に大学院生の活躍が目立っており、アルマを通じて、若い力が着実に育っていることがわかりました。

最終日のデータ解析講習会にも40名以上が参加し、アルマのデータ解析ソフトであるCASAの使い方を学びました。干渉計の基礎、干渉計データ解析、単一鏡データ解析、干渉計と単一鏡データの画像合成、画像データの解析方法についての講義および実習が行われ、たくさんの質問が出ていました。反省点としては、CASAがWindowsや、最新のMacOSに対応していないことから、データ解析センターで臨時のアカウントを発行してもらいま

したが、発行後に解析を始められるようにするまでに予想以上に時間がかかってしまったことがあげられます。しかし、全体としては、参加者にまずはCASAに親しんでもらうという目的は達成できたように感じました。

今回の会議には、総勢100名を超える参加者が集まり、アルマ望遠鏡の現状と今後について、熱のある議論ができました。本会議に参加された皆様、および、会議の開催にお力添えを頂いた皆様に感謝いたします。どうもありがとうございました。

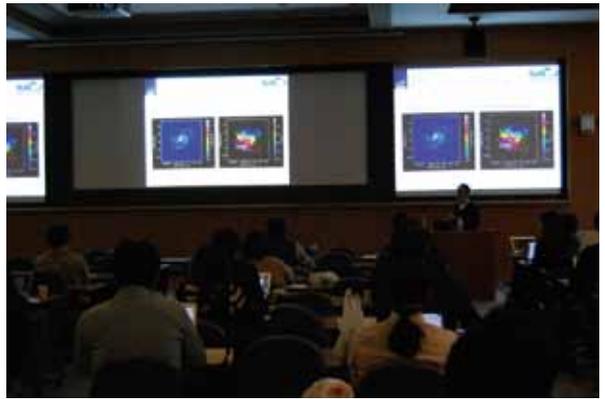


写真2 初日の午後、ACAを用いた画像合成について講演する黒野研究員。



写真3 二日目のサイエンスセッションでアルマの初期成果について講演する秋山研究員。

★01 ACA

Atacama Compact Array (アタカマコンパクトアレイ) の略。ALMAの画質向上のために導入される小口径の干渉計システム。日本が開発と製造を担当する。直径7メートルの超高精度アンテナ12基と単一鏡観測仕様の超高精度12メートルアンテナ4基、および専用の相関器システムからなる。ACAのアンテナ部分の愛称は「いざよい」。このシステムを導入すれば電波強度を正確に測定でき、物質の量についての定量的な解析や、他波長の観測データとの定量的な比較が可能となる。

★02 ASTE

Atacama Submillimeter Telescope Experiment (アタカマサブミリ波望遠鏡実験) の略。国立天文台が、日本の大学やチリ大学との共同研究として高精度の口径10メートルサブミリ波望遠鏡をALMA建設地に設置して行なったサブミリ波観測の先駆け的プロジェクト。

★03 Mopra

オーストラリアの口径22メートルミリ波望遠鏡(単一鏡)。国立天文台がALMAの準備研究のために日本の研究者向けの時間を確保し、2013年より共同利用観測を開始する。



写真1 初日のビジネスセッションでアルマの現状と今後の展望について講演する井口教授。

国立天文台公開講演会「アルマ望遠鏡が描く新しい宇宙像」報告

平松正顕 (チリ観測所)

2011年9月末よりいよいよ科学観測を開始したアルマ望遠鏡。その概要と初期成果、さらに今後の展望を紹介する公開講演会「アルマ望遠鏡が描く新しい宇宙像」を2012年11月11日(日)に日本科学未来館みらいCANホールで開催しました。約110名の方が参加され、熱心に講演に耳を傾けておられました。

講演では、まず平松が「アルマ望遠鏡で探る星と惑星の誕生」というタイトルで、アルマ望遠鏡の概要紹介と星・惑星形成研究や太陽系外惑星の研究におけるアルマ望遠鏡への期待をお話しました。すでに800個を超えた太陽系外惑星の多様性の原因を探り、「第2の地球」と呼べるような惑星が誕生する条件を探るといことは、アルマ望遠鏡を使った一つの大きな研究テーマとなることでしょう。また、アルマ望遠鏡の観測から惑星が誕生する領域に糖類分子が見つかったという報告もあり、電波天文学の得意な分子輝線観測から生命の起源に迫るような観測もアルマ望遠鏡でどんどん行われていくことでしょう。「第2の地球」の可能性について調べることで、翻って「新しい地球像」を描くことができるようになるかもしれません。

講演会後半では、チリ観測所の松田有一助教が「アルマ望遠鏡で探る銀河の誕生」というテーマで、これまで可視光赤外線望遠鏡で盛んに行われてきた太古の銀河の研究をアルマ望遠鏡を使って行うことの意義を紹介しました。すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡で観測される星

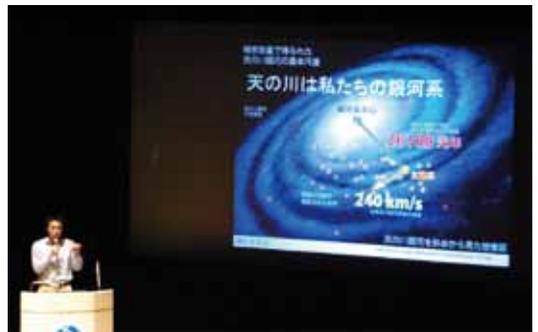
そのものと、アルマ望遠鏡で観測できるガスや塵の研究を合わせることで、銀河の誕生に正確に迫れることが紹介され、既にアルマ望遠鏡の成果として発表されている124億年前の赤ちゃん銀河の観測の成果や100億年前の銀河のベビーブームについての解説がありました。

聴講者の入室から退室まで含めて90分間という限られた時間でしたが、最新の成果や今後の期待を紹介すると熱心にメモを取る方やスライドを写真に収める方が多くいらっしゃいました。また講演内容についての質問も時間いっぱいまで相次ぎ、「アルマ望遠鏡の観測テーマはどのように選ばれて実行されるのか」、「日本が作った小さい7mアンテナの役割は何か」といった質問や、「視力6000でのアルマの画像を早く見たい」という期待のこもったコメントも寄せられました。

この講演会は、(独)科学技術振興機構が企画する科学イベント「サイエンスアゴラ2012」の一環としての開催でした。サイエンスアゴラの会場である日本科学未来館や産業技術総合研究所臨海副都心センターなどはサイエンスコミュニケーションや一般の親子連れなどでにぎわっていました。講演会にはあまり子供連れは参加されていませんでしたが、来年のサイエンスアゴラではより幅広い年



目で見る世界と電波で見る世界の違いを太陽と東京タワーの写真を使って解説する平松。



天の川銀河の中での私たちの位置について紹介する松田助教。

齢層の方にアルマ望遠鏡に関心を持っていただくためにブース展示や何らかの実演を企画してもよいかもしい、と考えています。

また、これまでの国立天文台講演会にはネット中継してほしいという要望も多く寄せられていたため、今回の講演会の模様はUstreamで生中継を行いました。録画も残っており、現在までにすでに400名以上の方にご視聴いただいています。<http://www.ustream.tv/recorded/26901011>からご覧ください。

壮観！ アルマ望遠鏡のアンテナ群



完成を目指して急ピッチで建設が進むアルマ望遠鏡。写真は、2012年11月7日にチャナントール山(標高5640m)から撮影された1枚です。この日、ヨーロッパの12mアンテナが運び上げられて山頂施設(標高5000m)のアンテナ台数は45台に。

★撮影:ALMA(ESO/NAOJ/NRAO), S. Komugi(NAOJ/ALMA)

23

ALMAを支えるデータ・アーカイブ、
チリとのネットワーク、
ユーザーポータル

アルマ望遠鏡

検索

森田：観測データは
全ての研究成果の源になる
重要なもの。責任重大です！！
中村：ALMAによる新しい発見に
期待しています。
パンタ：ユーザーポータルの最大
活用お待ちしております！
(写真右から中村・森田・
パンタ)

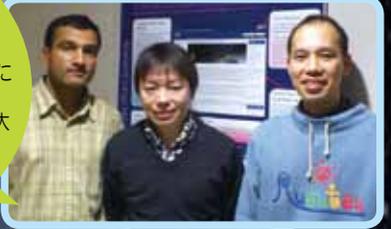


図1. アーカイブ・システムの全体像。チリを拠点として日米欧の地域センターがネットワークで結ばれている。

ALMA望遠鏡で観測されたデータは、世界中の研究者に迅速に提供できるように、逐次ネットワーク経由で日米欧の各地域センターのデータ・アーカイブに送信されます。データ・アーカイブに蓄積された観測データは、ユーザーポータルというWebサイトを通じて研究者に提供されます。

●データ・アーカイブ

山頂施設 (AOS) のアンテナから送られてきた観測データは、山麓施設 (OSF) のアーカイブ①に保存された後、ネットワーク経由でサンチャゴ中央事務所 (SCO) のアーカイブ②にコピーされ、そこを拠点として日米欧の各地域センターのアーカイブ③にコピーされます (図1)。データがアーカイブされる際は、観測プロジェクトの内容や観測データのメタ情報等はリレーショナルデータベース (RDBMS) に、バイナリ形式の観測データはヨーロッパ南天天文台 (ESO) が開発したファイル管理システム NGAS (Next Generation Archive Management System) に保存されます。日本では、これらのサーバーは

国立天文台三鷹にある東アジア地域センター (EAARC=East-Asian ALMA Regional Center) の計算機室で運用・管理され (図2)、ユーザーポータルを通して研究者へ提供されます。現在は初期観測のためデータ量はそれほど大きくはありませんが、66台すべてのアンテナを使用した観測が始まると、1日のデータ量はおよそ500 GB、1年では200 TBにもなるため、どんどん増加するデータを格納するために毎年ストレージを追加していく必要があります。日々のメンテナンスに加え、データ量が増えてもパフォーマンスが低下しないようにチューニングすることは簡単ではありませんが、とてもやりがいがあり、また腕の見せ所でもあります。

●チリとのネットワーク

デジタルカメラの解像度が高くなると保存される写真のサイズが大きくなるように、高性能なALMA望遠鏡が観測によって生成するデータ量は膨大なものとなります。これをほぼ地球の真裏のチリから転送してなければなりません。日本、米欧にある3つのARCの中でも、距離的には日本が最も不利な場所であり、小さなデータの往復にも約0.3秒から0.5秒かかります。

こうした状況にもかかわらず、これまでのところ日本は大きなトラブルもなく、データ転送を継続しています。しかもかなり安価に。これは、SINETをはじめとす

る既存の学術ネットワークを活用させていただいているおかげです。専用線を使わず、経路の定まらないインターネットを使用していると様々なトラブルに遭遇することもあります。合同アルマオフィス (JAO) の協力と優秀な国立天文台のスタッフのおかげで、今日も順調にチリから貴重な観測データが届いています。

●ユーザーポータル

ユーザーポータルは上記の各ARCで運用されているウェブサービスで、ALMAが提供するサービスへの入口の役割をしています (図3)。実は、ALMAユーザは観測プロジェクトのプロポーザル作成する段階からユーザーポータルとかかわりがあり、専用のサービス使ってプロジェクトの進捗状況確認、観測終了後もアーカイブデータ参照、ダウンロード等、長く付き合います。

各ARCでローカルニュースの一部以外はまったく同じLook and Feelのポータルが運用されています。ユーザはポータルでALMAの観測スケジュール、各種ニュースのアナウンスはもちろん、観測プロポーザル作成用のツール (OT=Observation Tool)、科学評価観測のデータ、各種シミュレーションツール等のダウンロードもできます。2012年12月にはアーカイブデータの検索とダウンロードが可能になります。そのほか、一括ログイン (SSO=Single Sign On) 機能が採用されていて、ポータルに一度ログインすると認証を必要とするALMAのほかのサービスに再度ログインしなくても入れるので便利です。

以下、EA-ARCのユーザーポータルのURLです。

<http://almascience.nao.ac.jp>

ぜひアクセスしてみてください!



図2. 国立天文台三鷹のALMA棟に設置されたコンピュータ。



図3. 東アジアARCのユーザーポータル。

次世代超大型望遠鏡応援団の結成

伊東昌市 (天文情報センター)



家さんの解説。

2012年10月29日月曜日にすばる棟大セミナー室で、全国から集まっていたいたプラネタリウムや科学館担当者、国立天文台職員など50名を超える皆さんを対象に、次世代超大型望遠鏡応援特別講演会を開催しました。

国際協力による次世代超大型望遠鏡建設への参加が、国民の理解を得るためには、まず各地のプラネタリウムや科学館の職員にも応援していただく必要があると考えたからです。

ビッグバンの後には何が起こったのか？ 何時頃どのようにして最初の星や銀河が生まれ、宇宙は明るく輝くようになったのか？ 銀河中心核に存在すると考えられる巨大質量ブラックホールはどのように形成されるのか？ 宇宙の膨張を加速させているダークエネルギーの正体は何か？ ダークマターの分布はどのようになっているのか？ 生命の宿る惑星はどこにあるのか？ 日本の天文学研究コミュニティが次世代超大型望遠鏡

にける期待は計り知れません。

講演ではアメリカ、カナダ、中国、インドなど海外の機関との協力関係／役割分担の調整、財政的・技術的な問題、そして日本の存在感を示す先端的研究や技術を語っていただきました。サイエンス・フロンティアへの挑戦とそれを達成するための新しい技術への挑戦に日本が大きく関わる話は、まさに胸躍るものでした。参加が正式に決まれば、これまでも技術的評価の高かった望遠鏡本体の製作に加えて主鏡製作やすばる望遠鏡で培った観測装置の製作など、世界に誇るさまざまな役割が待っていることなどが語られました。日本の天文学研究や装置開発が世界の最先端レベルにあることは、必ずしも広く一般に知られているとはいえません。日本が次世代超大型望遠鏡プロジェクトの中心的役割を担うことを強くアピールすることによって、閉塞感が漂う日本人々に明るい希望をもたらすに違いありません。

繰り返しますが、我々が目指す次世代超大型望遠鏡建設という新たなプロジェクトを、大勢の人々に知っていただき共感してもらうためには全国の科学コミュニケーター達の協力が是非必要なのです。科学コミュニケーターたちは、それぞれの職場や地域で次世代超大型望遠鏡建設の意義を伝えてくれることになります。ですから、今回のように国立天文台がプラネタリウムや科学館職員あるいは教員を対象とするワークショップや講演会を開催することは大きな意味を持つと考えます。

この会が開催されるきっかけは思わぬ



全国から50名以上の応援団が集まった。



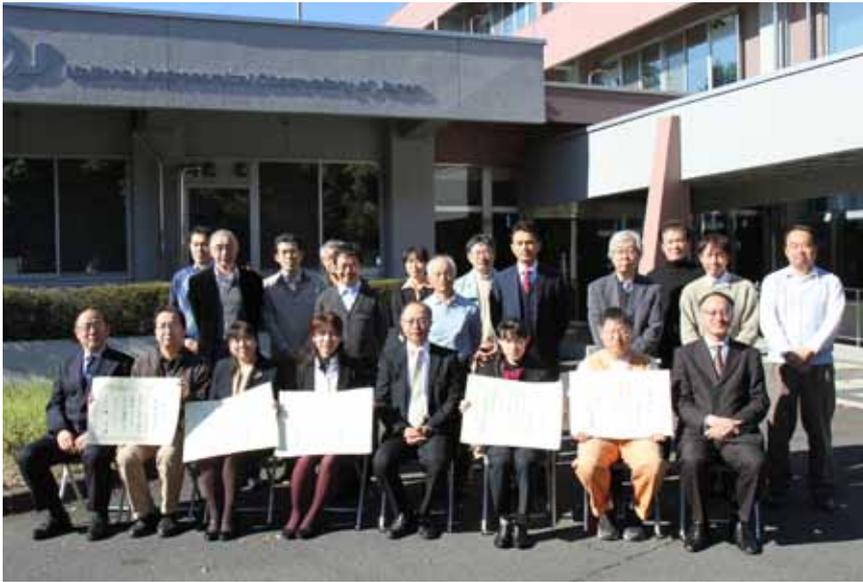
TMTの主要部分は日本の担に。

ことでした。2012年9月に国立天文台主催で全国の科学館職員や教員を集めた「最新の天文学の普及をめざすワークショップ」—世界最先端を突き進む『すばる望遠鏡』—をヒロのハワイ観測所で開催しました。このときちょうど現地職員にTMT計画の状況説明の講演に来られていたTMT推進室長の家正則教授と遭遇し、今回の特別講演会を開催し次世代超大型望遠鏡応援団を作ろうということになったのです。ハワイでのワークショップ参加者による報告会との合同会となりましたが、WS参加者以外の科学館関係者もたくさん参加してくださり、家教授からは今年度末までのTMT第一期寄付者の銘板をハワイに掲示するという企画の宣言もあり、思わぬ盛況な会合となりました。懇親会では、三鷹へ出張中の有本信雄ハワイ観測所長も加わり、天文学の未来を語る楽しい場となりました。ご協力をいただいた関係者のみなさまに深く御礼を申し上げます。

応援団みんなで記念撮影。



平成 24 年度永年勤続者表彰式



左から小林副台長、柴田さん、宮澤さん、中村さん、林台長、山内さん、福田さん、渡部副台長。

平成24年度の永年勤続者表彰式が2012年11月21日に行われました。所属長をはじめ職員が参列する中、林台長の式辞の後、各人に表彰状授与並びに記念品が贈呈されました。ハワイ観測所の有本教授は、TV会議にての出席となりました。表彰式の後、引き続き玄関前での記念撮影が行われました。永く天文台を支えてこられ、表彰された方は、次の6名です。

有本 信雄（ハワイ観測所）
柴田 克典（水沢VLBI観測所）
山内 美佳（事務部財務課）
宮澤 千栄子（野辺山宇宙電波観測所）
中村 京子（チリ観測所）
福田 武夫（先端技術センター）

「三鷹地区 2012 防災訓練」報告

毎年秋に行われている三鷹地区の防災訓練。2012年は11月30日に行われました。三鷹消防署の協力により、今回もさまざまな災害対応の訓練メニューが用意されました。大地震に襲われたとの想定で訓練はスタート。まず、防災マニュアルに従って災害対策本部が設置され、グラウンドに避難後、安否確認が行われ



防災本部を設置！

ました。今回も昨年に続いて、かつて訓練で設置されていた災害対策本部のテントは建はず、より実践的な訓練となりました。東日本大震災の記憶もまだ新しく、参加者は、煙にまかれたときの避難訓練や、消火器による消火訓練、起震車による耐震訓練、AEDを使った応急処置の講習などに積極的に参加していました。



ゴホゴホ…。煙体験ハウスで避難訓練。



震度7。起震車による訓練。！



初期消火が大切。



『平成 25 年 理科年表（国立天文台編）』が刊行されました

今年ノーベル賞に輝いた山中伸弥教授が以前執筆されたトピックスもオフィシャルサイトで公開中！
<http://www.rikanenpyo.jp/>

暦部では閏秒、天文部では2011年ノーベル物理学賞テーマの宇宙の加速膨張、探査機はやぶさが持ち帰った小惑星サンプルについて解説しています。さらに、地学部では前年比4倍強にまで膨れ上がった2011年の地震を反映しました。（暦計算室：片山真人）

●技術職員



清水上 誠 (しずがみ まこと)
所属：水沢 VLBI 観測所
出身地：岩手県

8月1日付で技術員に着任いたしました清水上 誠と申します。これまで VERA グループにて制御技術の面で運用保守開発に携わってきました。今後も VERA の安定運用に一層努め、より貢献できるよう技術を磨いていきたいと思っております。趣味はスキーと写真撮影です。冬のスキーシーズンに向けて 6kg の撮影機材を担いで毎日通勤し体力づくりをしています。どうぞ宜しくお願い致します。



宮下隆明 (みやした たかあき)
所属：TMT 推進室
出身地：新潟県

11月1日付でTMT推進室・主任研究技師として着任いたしました宮下隆明と申します。前職は、株式会社リコー・中央研究所で光デバイスの研究開発・実用化、あるいは研究企画業務などに携わって参りました。その間、海外の研究機関、企業との共同研究・開発、光学分野をはじめとする国際標準開発ほか、さまざまな国際プロジェクトへの参画など多様な経験を積ませていただきました。このたび、TMT推進室で皆さんと一緒に仕事をさせて頂くことになりましたが、光学分野に進むきっかけとなった天文少年の頃に戻れるかのような高揚感があります。TMTという口径30mの次世代超大型望遠鏡実現のため、お役に立てるよう鋭意取り組んで参ります。どうぞ宜しくお願いいたします。

●平成 25 年度 国立天文台共同開発研究等の公募のお知らせ

募集する種目は「共同開発研究」「研究集会」「共同研究」です。募集要項および、申請書フォームは <http://jouhoukoukai.nao.ac.jp/kouryuu/koubo/h25kyodo.html> へ。
※本年度の採択課題一覧は <http://jouhoukoukai.nao.ac.jp/kouryuu/h24/kekka/index.html> でご覧になれます。

●共同利用採択結果のお知らせ

●ハワイ観測所は2013年2月から2013年7月までの6か月間を、すばる望遠鏡共同利用 S13A 期として公開しました。詳しくは以下をご覧ください。
<http://www.naoj.org/Observing/Schedule/s13a.html>

●お詫びと訂正

・2012年11月号14ページの「VERA (ベラ) プロジェクト、観測開始から10周年を祝う」はタイトルと筆者名が誤って記載されていました。正しくは
タイトル：VERA 入来局施設公開「八重山高原星物語 2012」報告／筆者：中川亜紀治 (鹿児島大学) です。お詫びして訂正いたします。
・2012年12月号15ページの人事異動で宮下隆明さんの異動後の所属・職名等が誤って記載されていました。正しくは「光赤外研究部 (TMT 推進室) 主任研究技師」です。お詫びして訂正いたします。

編集後記

ウコンの錠剤を胸ポケットに入れたまま洗濯しちまった。ひでえっ、まっ黄っ黄。おまけに落ちない。ここで効くとは……。 (O)

2011年9月以来、1年ぶりのチリ出張から帰国。山頂のアンテナ数は2倍以上に増え、科学観測も続々と実行されていた。撮影してきた写真はアルマ望遠鏡ウェブページで順次予定。お楽しみに。 (h)

今年は初日の出はどこで見ることになるかな。いつも行っていた海に行けるようになってるかな。少しでも自分のことをしていきたくて。今年もよろしくお祈りします。 (e)

ふたご座流星群、完全に見逃した。寒いせいかこのところインドアの傾向。2013年は活発に動ける体力をつけることが目標。 (K)

また、行きつけのCD屋が無くなりました。有名レーベルも軒並み店頭から姿を消しています。良い音質で音楽を聴きたい者にとっては、受難の季節です。 (J)

今年の師走は寒いようで朝はよく霜が降りています。車の窓も白く霜がついてしまい、これでは前が見えないと、水をかけて融かそうとしたところ、今度は窓が凍り付いてしまうことに……。ただでさえ布団からなかなか抜け出せない冬の朝、遅刻が累積していきます。 (K)

雪の札幌でこたま酔っ払って、あやうく転倒しかけ……。足下には気をつけましょう。 (W)

国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.234 2013.01

ISSN 0915-8863

© 2013 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日 / 2013年1月1日

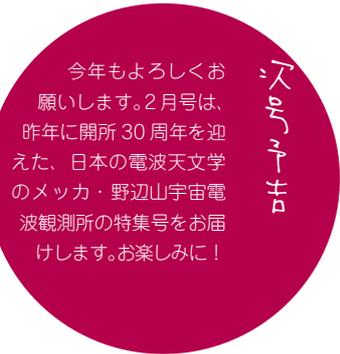
発行 / 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

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・副会長) / 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 (チリ観測所) / 小久保英一郎 (理論研究部) / 岡田則夫 (先端技術センター) ●編集：天文情報センター 出版室 (高田裕行 / 福島英雄 / 岩城邦典)

●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。

フランス製プランの子午儀

中桐正夫 (天文情報センター)

アーカイブ・メモ

品名：プラン子午儀
 製作：P.GAUTIER G.PRIN-succ^R 社（フランス）／購入：1925年
 望遠鏡：76mm屈折望遠鏡（焦点距離約850mm）
 架台：東西反転式（水銀盤搭載）
 所在地：国立天文台三鷹地区

公開状況：一般公開され、見学することができます。



写真1 発見された望遠鏡部



写真2 天文機器資料館で復元されたプラン子午儀



写真3 発見されたプラン子午儀に刻印



写真4 架台中央の水銀盤

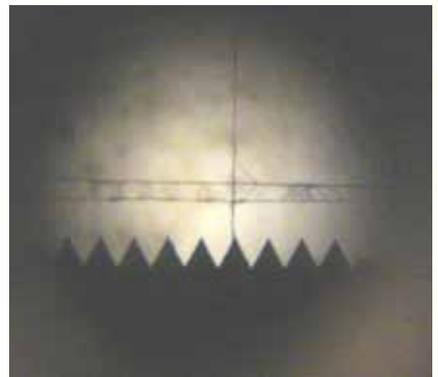


写真5 プラン子午儀にマイクロメータ

プランの子午儀は大正14年に日本に2台購入されたとあり(★01)、1台が東京天文台、もう1台は水沢の緯度観測所に置かれた(緯度観測所については歴史トピックス参照)。写真6が水沢のプランの子午儀である。これらプランの子午儀は、他の子午儀と違ってどのように観測に使われていたのかについてはよく知られていない。東京天文台のプラン子午儀は、聯合子午儀室の4号室に設置されていたと伝えられている。また、不思議なことに、国立天文台三鷹には、完全な姿ではないがもう1台のプランの子午儀が存在する。このプランの子午儀は架台部分がなく、高度軸と鏡筒だけであり、対物レンズもない(写真7)。これにもプランの刻印がある(写真8)。2台輸入されたはずなのに、2.5台が現存しているのである。



写真6 水沢のプラン子午儀



写真7 三鷹で見つかった1.5台目のプラン子午儀の望遠鏡部分



写真8 1.5台目プラン子午儀の刻印

★01：参考文献「科学画報」昭和2年1月臨時増刊号「日本に於ける天文学史」理学士ABC P107