

国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2016年12月1日 No.281

特集 水沢 VLBI 観測所 — 測りを究める —



- I: VERAの研究成果 / II: VERAの装置開発 / III: 大学連携 / IV: 日韓合同KaVA / V: 東アジアEAVN / VI: ミリ波VLBI / VII: VERAを支える若手スタッフたち / VIII: さまざまな研究成果 / IX: アウトリーチ・アーカイブ活動 / 水沢VLBI観測所ユーザーズ・ミーティング報告 / ★宮澤賢治生誕120周年「銀河鉄道の夜空へ」巻
- New Scientist Live に国立天文台が出席 / 「第12回最新の天文学の普及をめざすワークショップ」報告 / 「2016三鷹・星と宇宙の日」報告 / 三鷹見学コースでの音声ガイドシステムの構築 / 災害に備えて防災避難訓練を実施 / 第5回DTAシンポジウム
- 追悼: 田鍋浩義さん

12

2016

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

特集

水沢 VLBI 観測所—測りを究める—

はじめに：本間希樹（水沢 VLBI 観測所長）

I：VERA の研究成果（永山 匠、本間希樹／坂井伸行／酒井大裕／中川亜紀治／廣田朋也／新沼浩太郎）

II：VERA の装置開発（金口政弘、小山友明）

III：大学連携（藤沢健太／米倉覚則／面高俊宏）

IV：日韓 VLBI 合同観測網（KaVA）（柴田克典／廣田朋也／今井 裕／紀 基樹）

V：東アジア VLBI ネットワーク計画（EAVN）（秦 和弘）

VI：ミリ波 VLBI（秦 和弘、本間希樹）

VII：VERA を支える若手スタッフたち（朝倉 佑／酒井大裕／田崎文得／松枝知佳／平野 賢／坂井伸行）

VIII：さまざまな研究成果（寺家孝明／田村良明／佐藤克久）

IX：アウトリーチ・アーカイブ活動（舟山弘志／馬場幸栄）

・第14回 水沢 VLBI 観測所ユーザーズミーティング報告（秦 和弘）

おわりに：本間希樹

★宮澤賢治生誕120周年 「銀河鉄道の夜空へ」巻
—— 渡部潤一／「銀河鉄道の夜空へ」制作委員会

38

受賞 TMT の分割鏡交換ロボットがグッドデザイン賞を受賞
—— 石井未来／杉本正宏（TMT 推進室）

39

おしらせ

- New Scientist Live に国立天文台が出演 —— 山岡 均（天文情報センター）
- 「第12回最新の天文学の普及をめざすワークショップ」報告
—— 波田野聡美（天文情報センター）
- 「最新の天文学の普及をめざすワークショップ」を振り返って
—— 伊東（佐伯）昌市（天文情報センター）
- 「2016三鷹・星と宇宙の日」報告
—— 羽村太雅／高島規子（天文情報センター）
- 三鷹見学コースでの音声ガイドシステムの構築
—— 白田・佐藤功美子（天文情報センター）
- 災害に備えて防災避難訓練を実施 —— 御子柴 廣（野辺山地区安全管理者）
- 「三鷹地区2016防災訓練」報告
- 第5回 DTA シンポジウム
「プレッシャー粒子から探る星間ダストの進化と太陽系の起源」研究会報告
—— 野沢貴也（理論研究部）・脇田 茂（天文シミュレーションプロジェクト）

追悼 田鍋浩義さん —— 渡部潤一（天文情報センター）

- 編集後記
- 次号予告

47

47

48

シリーズ「アルマ望遠鏡観測ファイル」09

小惑星ジュノー —— 平松正顕（チリ観測所）／渡部潤一（天文情報センター）



表紙画像

北天の星空と水沢 VLBI 観測所の VERA20メートル電波望遠鏡（右）・10メートル電波望遠鏡（左）。

（撮影：飯島 裕）

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）

特別附録！

水沢 VLBI 観測所スペシャル・ポスターを同封します！

今月号の特集「水沢 VLBI 観測所—測りを究める—」のスペシャル・ポスターをお届けします（※台外発送のみ）。



国立天文台カレンダー

2016年11月

- 10日（木）幹事会議／防災訓練
- 11日（金）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 12日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 19日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 21日（月）天文データ専門委員会
- 24日（木）安全衛生委員会（全体会）
- 25日（金）三鷹地区安全衛生委員会
- 26日（土）観望会（三鷹）
- 30日（水）幹事会議

2016年12月

- 2日（金）教授会議
- 7日（水）天文情報専門委員会
- 9日（金）幹事会議／太陽天体プラズマ専門委員会
4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 10日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 13日（火）～14日（水）プロジェクト成果報告会
- 17日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 21日（水）幹事会議／先端技術専門委員会
- 22日（木）電波専門委員会／三鷹地区安全衛生委員会
- 24日（土）観望会（三鷹）

2017年1月

- 7日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 13日（金）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 14日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 17日（火）幹事会議
- 18日（水）運営会議
- 20日（金）プロジェクト会議
- 21日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
光赤外専門委員会
- 27日（金）三鷹地区安全衛生委員会
- 28日（土）観望会（三鷹）

特集

水沢 VLBI 観測所

— 測り を 究 め る —

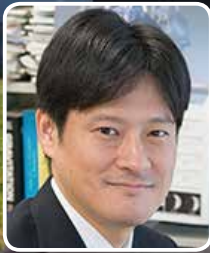
制作協力
水沢 VLBI 観測所

水沢 VLBI 観測所は、前身となる緯度観測所の開設から数えて117年の歴史を有する VLBI 観測の世界的拠点のひとつです。ベ^ラVERA を用いた天の川銀河系の立体マッピングをはじめとして、観測局のネットワークの拡充が観測能力の向上に直結する VLBI の特性を活かすために、さまざまな国内・国際連携を進めることで電波天文学の新領域を開拓してきました。この特集では、その多彩な研究活動の最前線をお届けします。

★国立天文台ニュース2010年8月号の水沢 VLBI 観測所の特集記事「VERA 計画10年の歩み」も合わせてご参照ください。
http://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/data/nao_news_0205.pdf

写真撮影：飯島 裕

はじめに



本間希樹（水沢 VLBI 観測所長）

このたびは国立天文台ニュース「水沢VLBI観測所特集」を手にとりいただき、ありがとうございます。水沢VLBI観測所の特集記事は2010年以来、6年ぶりのことです。2010年の特集はVERAの建設から10年に合わせた「VERA計画10年の歩み」というものでした。それからの6年という年月の間に、水沢VLBI観測所ではいろいろな出来事がありました。プロジェクトの進展に伴って様々な成果が出ましたし、また、韓国や中国などと連携した国際共同観測も加速されました。また、6年という歳月の間に人の入れ替わりも数多くありました。前回の特集号掲載時の元所長だった川口則幸氏に代わって、私が所長としてこの巻頭言を書いているのも、その一つの事例かと思えます。

今回の特集では、この6年間にあった様々な研究の進展を中心に、現在の水沢VLBI観測所の活動をまとめています。この間の特筆すべきできごととしては、VERAによる銀河系位置天文学研究の進展、日韓共同VLBI観測網KaVA（KVN and VERA Array）の運用開始と初期成果の創出、さらには東アジアVLBIや国際ミリ波VLBI観測網に向けた準備研究の進展などがありました。今回の特集記事では、これらの最新の成果を、それぞれの活動を中心的に担っている研究者自身の言葉で解説していますので、是非ご一読いただければ幸いです。また、6年前の前回の特集と異なるもう一つの特徴として、観測所の運用や研究活動を支える若いスタッフに焦点を当てた人物紹介記事も組んでみました。観測所の装置や成果といった「もの」だけでなく、日々現場で活躍している「人」を通して観測所を見て頂くと、また違った角度から我々の活動を理解していただけるのではと思います。それでは、本特集号が一人でも多くの皆様に水沢VLBI観測所の活動を知っていただく機会になればと願いつつ、巻頭の言葉とさせていただきます。

それでは、どうぞ本編へお進みください、水沢 VLBI 観測所へようこそ！

ベラ
VERAは「VLBI Exploration of Radio Astrometry」を略したもので、水沢観測局と小笠原・父島、鹿児島・入来、沖縄・石垣島の各観測局によるVLBIを中心として運用され、さまざまな観測に取り組んでいます。

VERAで解明する銀河系の基本構造

永山 匠、本間希樹



●進む銀河系の精密測量

VERAは、銀河系の3次元立体地図を作るプロジェクトです。VLBI★01という電波干渉計の技術を用いて、銀河系内の電波天体（メーザー源）の距離と運動を高精度で計測し、銀河系の真の姿を明らかにします。国立天文台水沢VLBI観測所を中心に鹿児島大学をはじめ、多くの大学・研究所の研究者・大学院生と協力しつつ観測しています。2002年に建設を完了し、2007年から定期的に天体の距離計測を行っています。VERAはこれまでに約200天体の観測を終了し、そのうち約90天体について正確な距離と運動が測定されました。米国のVLBI装置であるVLBAとヨーロッパのVLBI装置のEVNで得られた結果を含めると合計約160天体の距離が得られています。これらの天体の銀河面での分布を示したものが図01です。今後2022年頃までに300天体程度まで増やす計画です。

VERAによる天体距離計測は、天文学にとって最も基本的な観測量を提供するものです。我々の銀河の渦巻き構造や外縁部まで回転速度と質量分布などの銀河系構造を明らかにする研究、正確な絶対等級にもとづく変光星の周期光度関係の解明、星形成領域の物理的・力学的パラメータ決定や3次元の立体構造を明らかにする研究が進められています。

●位置精度10マイクロ秒角の達成

地球は太陽の周りを公転しているた

め、例えば夏と冬では天体の位置はほんの少しだけ変化します。この天体位置変化を年周視差と呼びます。この年周視差による距離計測は、仮定のいない最も直接的かつ正確な方法として知られています。しかし、銀河系の大きさはおよそ直径10万光年もあるので、年周視差は大変小さく、その測定は容易ではありません。

VERAは最先端の観測技術を駆使して、年周視差を10マイクロ秒角（=3

●用語解説

★01

VLBI：Very Long Baseline Interferometry（超長基線干渉計）の略称で、とても遠い場所にある複数の電波望遠鏡をつないで大きな望遠鏡に匹敵する解像度を得る観測システム。

★02

2ビーム駆動機構：大気の揺らぎを取り除くために、目標天体と参照天体の2天体からの電波を同時にとらえつつ、長時間追尾しながら観測できるようVERAに搭載された観測システム。

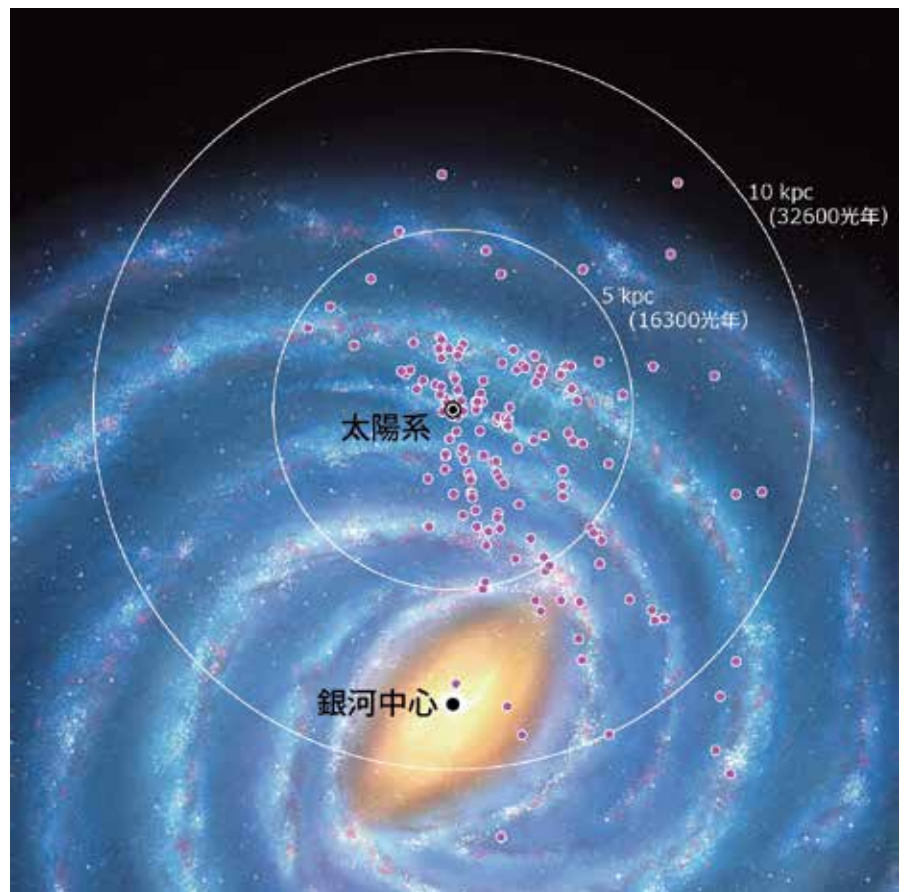


図01 銀河系を上空から見た想像図と精密測量が行われた160天体の分布（紫印）。

億6000万分の1度) という超高精度で計測します。10マイクロ秒角は、月面上におかれた1円玉を地球から観測したときの見かけの大きさに相当し、世界最高の位置測定精度となります。VERAは独自の**2ビーム駆動機構★02**を用いた最先端の大気揺らぎの補正技術を用いることで、見事位置精度10マイクロ秒角を達成し、3万光年を超える天体の距離測定に成功しました(図02)。これにより銀河中心までも含む、これまでにない広大な領域で年周視差が検出できることが実証されました。

●銀河系の基本尺度と銀河回転線の測定

精密測量の結果を用いて、銀河系の基本尺度を正確に測定しました。太陽系から銀河中心までの距離が2万6100光年、太陽系の場所での銀河回転速度が毎秒240キロメートルであることがわかりました(図03)。これらの距離と回転速度は、銀河定数と呼ばれ、銀河系の回転を考える際の基準となる

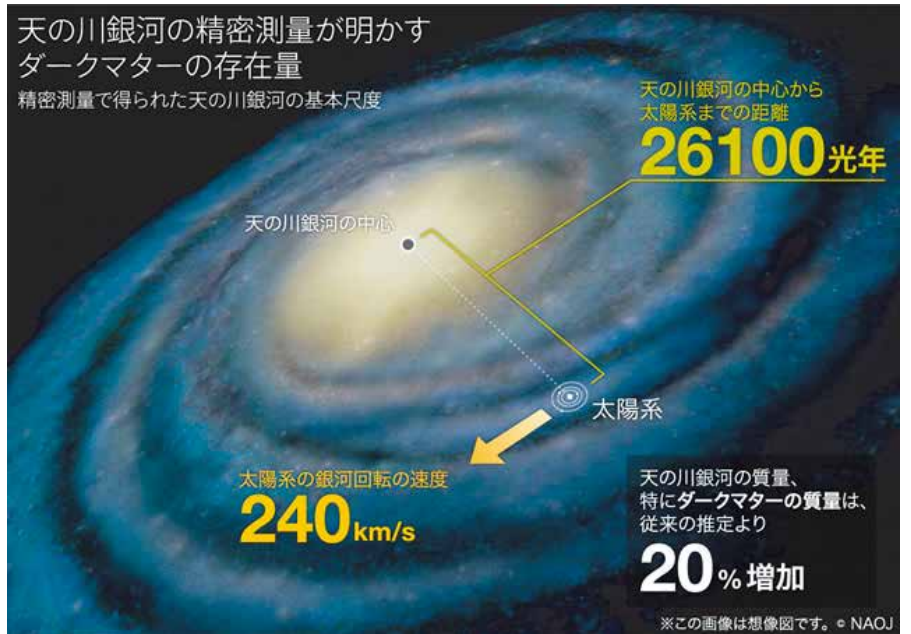


図03 精密測量から得られた銀河系の基本尺度。太陽系と銀河中心までの距離2万6100光年と太陽系の回転速度240 km/sが得られた。この距離と速度から、太陽系は銀河系内を約2億年で1周することがわかる。

もっとも重要なパラメータです。回転速度は1985年以來の国際天文学連合の推奨値である秒速220キロメートルより約10%大きくなり、銀河系の回転速度と質量分布に修正をせまるものになります。

図04は銀河回転速度を銀河中心距離の関数として表示したもので銀河回転曲線と呼ばれます。銀河系の回転速度が中心から5万光年を超える外側まで、ほぼ一定であることがわかりました。これらの基本尺度や銀河回転曲線の測定は、VERAの三角測量をベースにした直接的かつ高精度な測定であることが非常に重要な点です。

これら最新の銀河回転速度を用いて太陽系よりも内側の銀河系の質量を求めると、これまでの値を用いた場合に比べ、約20%も増加することになります。すなわち、この領域にあるダークマターの量が従来の推定より多くなることを意味しているのです。

今回は、VERAの特徴である距離計測を生かした銀河系構造に関する成果を紹介しましたが、VERAに加えてVLBAやEVN、さらには欧州の光学位置天文衛星GAIAなどの位置天文観測も合わせると、これからの5~10年で銀河系の理解が飛躍的に進むことが期待されます。

これら最新の銀河回転速度を用いて太陽系よりも内側の銀河系の質量を求めると、これまでの値を用いた場合に比べ、約20%も増加することになります。すなわち、この領域にあるダークマターの量が従来の推定より多くなることを意味しているのです。

★03
PC (パーセク) : 年周視差が1秒角となる距離の単位。1パーセク=3.26光年。
1kpc = 3260光年。1光年 = 約9兆5千億km。

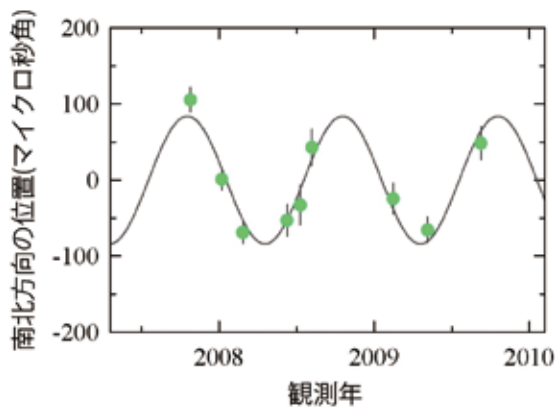
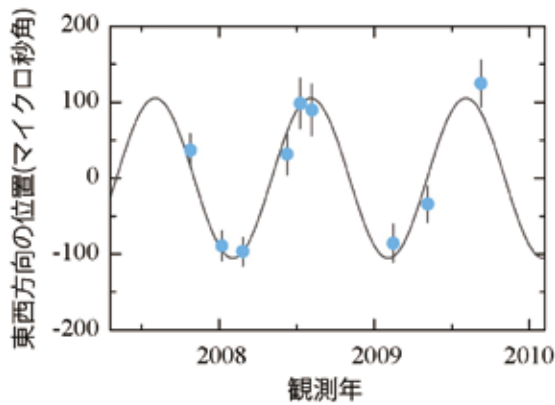


図02 VERAで測定された銀河系内星形成領域G135.28+02.80の年周視差。周期1年、振幅約100マイクロ秒角で振動する年周視差の様子がわかる。フィッティングで得られた正確な視差は110±9マイクロ秒角で、距離で9.1±0.8kpc★03(約3万光年)に相当する。

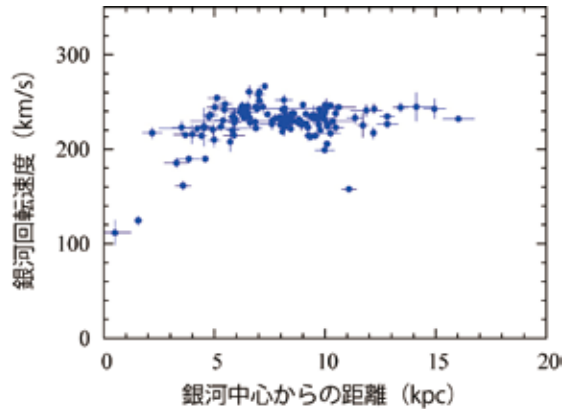


図04 銀河系の回転曲線(160天体の回転速度)。天体がどの場所でも240 km/s前後のほぼ一定の回転速度であることがわかる。

VERAが明かす銀河系の渦状腕構造

坂井伸行



●ペルセウス座腕の観測結果

VERAが三角測量を行うことで、太陽近傍の様子が徐々に分かってきました。図01はペルセウス座腕の実際の観測結果を示し、腕で特徴的な非円運動が見られることが分かりました★01。多くの天体が秒速約20キロメートルで、銀河の中心に落ち込み、かつ(時計回りの)銀河回転から遅れる運動を示しています。この大きさと向きに関しては、1960年代に提唱された渦状腕の理論、密度波理論の予測と一致することも判明しました。

●渦状腕の2大モデル

渦状腕は円盤銀河で普遍的に見られる構造で、持続可能な構造と認識されてきまし

た。Lin & Shu (1964) は腕を持続的に維持するために、密度波理論を提唱しました。この場合の腕は銀河中に伝播する粗密波(音波)起源で、腕を構成する星やガスは常に入れ替わります。

一方で主にシミュレーション研究に基づいて、動的渦状腕理論が提唱されてきました。この場合の腕は銀河の回転周期(数億年)で破壊と再生を繰り返します。2つの理論は大きく異なりながら、直接観測結果と比較することが難しく、詳細な検証が行えていませんでした。

図02はペルセウス座腕の観測結果(●印)と、密度波理論に準拠した力学モデルとを比較した結果です。ペルセウス座腕の天体が、渦状腕ポテンシャルモデル(青色

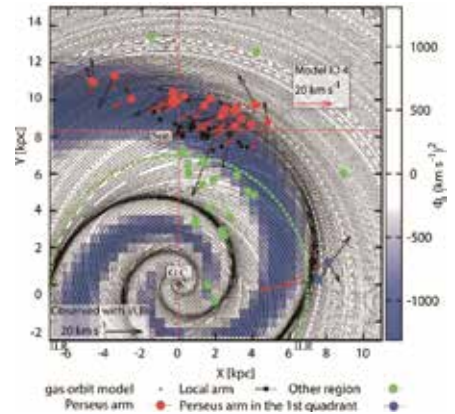


図02 VLBi観測結果と2本腕モデル(力学モデル)とを比較した結果(本文参照。Sakai et al. 2015より転載)。

の領域)に対し、縁の方に偏って分布しています。

実際の渦状腕ポテンシャルは、星の分布を調べることで分かります。今後星の位置天文観測の結果と(例: Gaia衛星)、VERAの観測結果を組み合わせることで、さらに理論の検証が進むことが期待されます。天の川銀河の渦状腕はどの様に生まれどの様に進化していくのか、今後の観測・理論研究の進展が期待されます。

★01

銀河中の若い天体は、円運動成分と渦状腕や棒状構造の影響による非円運動成分を有しています。図1では見易さのために、円運動成分を差し引いています。

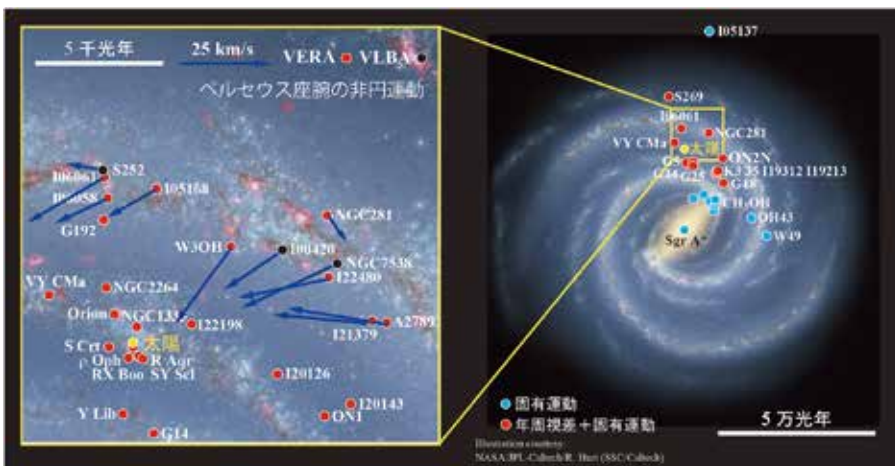


図01 VERAやVLBAの観測結果。青色の矢印は、ペルセウス座腕で見られる非円運動ベクトルを示す(本文参照。Sakai et al. 2012, 2013より転載)。

銀河系中心方向天体のアストロメトリ

酒井大裕(東京大学大学院 博士課程2年)



銀河系の中心付近の星やガスは、銀河系の棒状構造の影響を受けて複雑な非円軌道に乗っていると考えられています。詳細な運動や起源については長らく議論がなされてきましたが、分子からの輝線や吸収線の視線速度の情報に基づいた議論がほとんどであるために、未だに統一的な結論は得られていません。そこでVLBIを用いた銀河系中心に付随する天体の固有運動(天球面

上に垂直方向の運動)の測定は新たに2次元の速度情報を得ることができるため、銀河系中心のガスの運動をより正確に把握し、運動シナリオに大きく制限をかけることが期待されます。

さらに、銀河系中心方向の天体は基本的に視線方向と直交する方向に回転運動しているため、視線速度がゼロ付近に集中しているため、運動学適距離を測定するのが困難で

す。ここでは、年周視差により距離を決めることの重要性がより増します。

しかしながら、銀河系中心領域は北半球では高く上がらないので、大気の影響を大きく受けてしまいます。また、位置天文観測に不可欠な位置参照天体となるクエーサーが暗く、精度よく観測を行うには、観測手法や解析方法に手を加える必要がありました。

実際には、明るいメーザー天体に対してフリンジフィッティングを行い、位置参照天体の位置の移動量から絶対位置を得る逆位相補償や非常に明るい水メーザー源を含むSgrB2を経由することで間接的に強度が弱いメーザー天体の絶対位置を得る変則的な位相補償解析など新しい方法を模索してきました。

こういった努力の甲斐もあり、幾つかの天体について成果が得られ始めています。今まで距離がわかっていなかったSgr D H II領域については年周視差計測により距離の測定に成功し(図01)、さらに現在も複数の天体について観測が進行中で、今後1、2年のうちに結果が得られると期待されます。

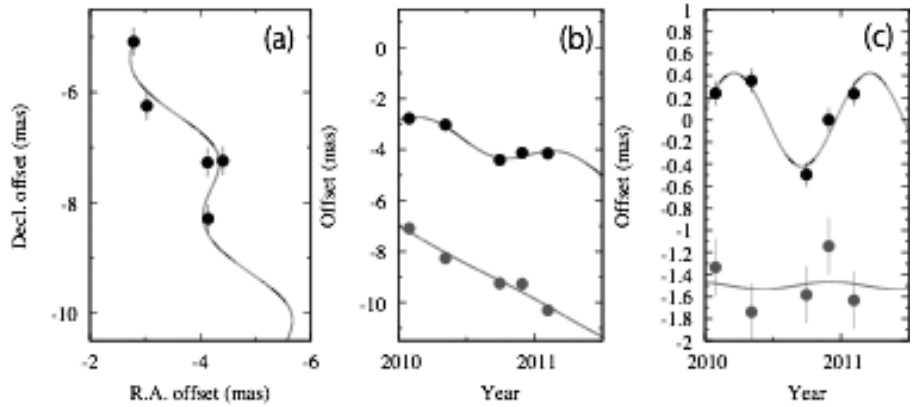


図01 Sgr D H II領域に付随する水メーザーの年周視差測定結果。(a) 天球面上での運動。(b) 時間に対する赤経・赤緯方向の運動。(c) (b) から直線運動を差し引いたもの。年周視差から得られた距離は $2.36 \pm 0.58 - 0.39$ kpc。

Mira型変光星の位置天文観測

中川亜紀治 (鹿児島大学)



人類が暮らす天の川銀河の運動の様子を解明しようと国立天文台VERAプロジェクトが起り、鹿児島大学でも連携研究が始まりました。VERAは私たちの銀河を構成する色々な星を観測対象としていますが、なかでも私たちは長周期変光星を中心とした観測的研究を続けています。この長周期変光星にもまた多くの種類があります。およそ1年をかけて、教科書で目にする三角関数のようなきれいな曲線を描いて明るさを大きく変えるMira型変光星、変光の規則性がやや崩れた半規則星 (Semiregular)、そして3年を超えるようなとても長い周期の変光を示すOH/IR星などです。

Mira型変光星では、その変光周期と絶対等級の間に周期光度関係と呼ばれる比例関係が存在し、天文学では星の距離を測る尺度として重要な役割を果たしています。この距離尺度を天の川銀河の中で独自にかつ正確に決めるのがVERAを用いた変光星観測の目的です。これまでのVERAおよび米

国のVLBAなど、VLBI位置天文の手法を用いてその距離が決定された変光星は20個ほどありますが、その過半数はVERAによる成果です (Nakagawa et al. 2016中のTable7を参照されたい)。こうしたデータから導き出される周期光度関係を図01に示します。この図に含まれる星たち以外にもまだ多くの変光星を観測しており、現在も学部生や大学院生を交えて研究を進めています。

鹿児島大学ではこれまでも多くの学生が変光星の年周視差計測に携わっており、対馬美雪、丹生大輔、松井真、西田芳郎、亀崎達也、星原一航、村上琴音、大山まど薫 (敬称略)らの地道な努力なしには現在までの成果は得られていません。彼らの多くはすでに社会で活躍しています。なかには卒業後も変わらずVERAに愛着を持ち、その成果をまだかまだかと待ち続けてくれる学生もいます。何物にも代え難い大切な学生時代をVERAプロジェクトと共に過ごし

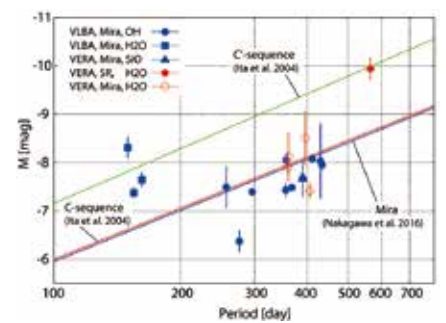


図01 VLBI位置天文観測により得られたミラ型変光星の周期光度関係。

た彼らのためにも、そして位置天文データに基づく現代天文学の発展のためにも、これまでと同じ思いで研究室一丸となって日夜研究を続けているところです。

★VERAによる変光星観測の方針や成果については、例えば次を参照してください。
・和文：中川『天文月報』2013年6月号417頁
・英文：Nakagawa et al. 2016, PASJ, 68, 78.

VERAによる星形成研究とALMAへの発展

廣田朋也



VERAの研究テーマである銀河系の3次元立体地図作りでは、渦状腕の星形成領域にある22GHz (波長1.3cm) 水メーザー

天体が主要な観測対象となります。また、VERAではメーザーの分布と運動を観測することで、生まれたばかりの原始星から噴

出されるアウトフローやジェットと呼ばれる現象を研究することも可能です(図01)。アウトフローやジェットは星が生まれる際

に必ず見られる現象ですが、それがどのようにして駆動されているのか、星、特に太陽の8倍を超える大質量星が質量を集める（降着）時にどのような役割を果たすのか、という星形成研究における根本的な問いに関する不明な点も多く残されています。VERAをはじめとしたVLBIでは、天球面上での固有運動計測も可能なため、3次元の運動を極めて高い空間分解能（すばる望遠鏡や現時点でのALMAの最高空間分解能の100倍ほど）で調べることが可能です。

最新の重要な成果の例としては、秒速100kmを超える高速ジェットが大質量原始星から間欠泉のように噴き出す様子 (Motogi et al. 2016) や噴き出すジェットが周囲のガスと相互作用をして衝撃波を作り出す様子 (Burns et al. 2016) など、多くの研究でアウトフローやジェットの様々な描像が得られています (図02)。

さらに、最近ではVERAによる22 GHz水メーザーや43 GHz (波長7mm) の一酸化ケイ素メーザーのデータとALMAによる

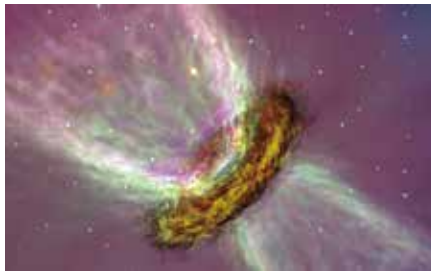


図01 大質量原始星に付随するアウトフローやジェット、星周円盤の想像図 (国立天文台ニュース2014年5号より)。水やメタノール、一酸化ケイ素など様々なメーザーで低速のアウトフロー、高速のジェット、星周円盤の構造と運動が捉えられると考えられています。

サブミリ波帯の観測データを組み合わせることで、メーザーの増光「バースト」現象解明の研究 (Hirota et al. 2014a)、大質量原始星周辺における回転円盤やアウトフローの研究 (Hirota et al. 2014b) のような新たなテーマへも発展しています。

ALMAの共同利用ではVERAやKaVAを組み合わせた星形成研究がこれまでも複

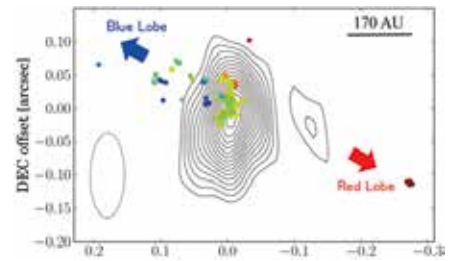


図02 大質量原始星 G353.273+0.641 から吹き出す双極ジェット (VERAウェブサイトより)。等高線は中心星周囲に分布する高温の星周塵からの放射で、そこから噴き出すジェットが色付きの点で示された水メーザーにより付随する水メーザー源の分布と運動がVERAによって検出されています。

数件採択されており、その成果が期待されています。

★参考文献：

- Burns et al. 2016, MNRAS, 460, 283
- Hirota et al. 2014a, PASJ, 66, 106
- Hirota et al. 2014b, ApJL, 794, L35
- Motogi et al. 2016, PASJ, 68, 69

活動銀河核ジェットの位置天文観測

新沼浩太郎 (山口大学)



2011年の9月に地球からおおぐま座の方向4.3億光年彼方にある活動銀河マルカリアン421 (以下 Mrk421) の中心核 (活動銀河核: AGN) において、X線大爆発現象が発生しました。Mrk421はAGNの中でも「ブレイザー」と呼ばれ、その銀河の中心にある超巨大ブラックホール近傍から我々観測者の方向に「ジェット」と呼ばれる強力なプラズマの噴出流を吐き出している天体です。

私たちはこのX線大爆発直後からVERAを用いて2~3週間間隔という非常に高頻度な「相対VLBI」観測をMrk421に対して7か月間行いました。その結果、動かないと信じられていた電波ジェット根元の場所 (「電波コア」と呼ぶ) が、ジェット噴流の軸に沿って大きく「ふらつく」という現象を世界で初めて捉えることに成功しました (図01)。

私たちの観測で検出された「ふらつき現象」は、「電波ジェット根元」の動的な性質を世界で初めて示す発見となり、この結果から超巨大ブラックホールと電波ジェットの根元は30光年以上離れている時期があるということが分かりました。そして、電波ジェット根元の「ふらつき現象」は、超

巨大ブラックホール近傍から噴出される速度の異なるプラズマの塊同士が玉突き衝突することでその衝突場所が輝くという理論モデル (内部衝撃波モデル) の枠組みで説明できます。今回の観測結果と玉突き衝突の理論モデルの対比からX線大爆発直後に噴出するプラズマ塊の速度は、従来考えられているよりも速い速度であることが示唆されました。

VERAだからこそ得られた本観測結果と理論モデルとの対比から得られた示唆は、ジェットがどのように形成され噴出しているのか? という宇宙物理学における長年の謎を解き明かすための新たな手掛かりになることが期待されます。

ぼくは、又三郎



又三郎は、奥州宇宙遊学館のシンボルキャラクターです。

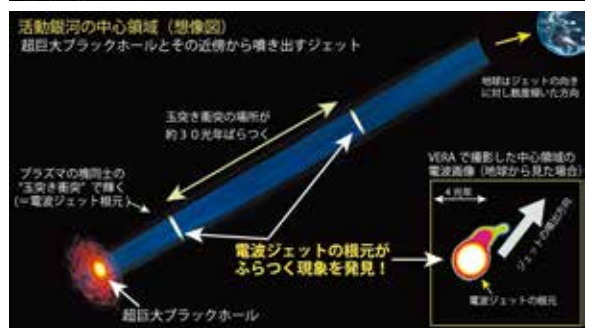
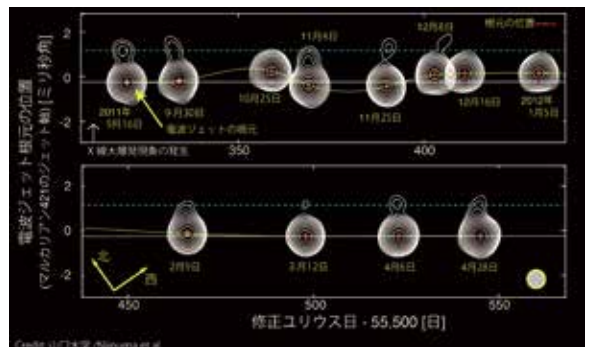


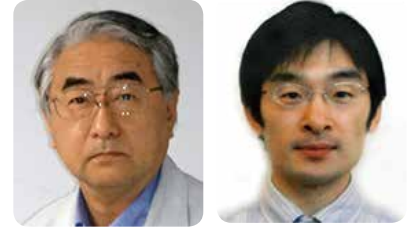
図01 VERAによる観測結果と電波ジェット根元の「ふらつき」の模式図。(左図) X線大爆発現象発生後から7か月の間VERAで観測したMrk421の電波ジェット根元の位置を示している。観測開始からおおよそ1か月が経過した後電波ジェットの根元の位置がふらつき始めているが、しばらくすると再び元の位置に戻ってきている様子が分かる。ふらつきの大きさは最大で~500マイクロ秒角に達した。(右図) ジェットの玉突き衝突想像図。この玉突き衝突を地球から見たとき、天球面上においてジェットの根元が動いて見えると予想される (credit: (左図) 山口大学、(右図) 気象庁、山口大学)。



VERAの定常観測開始から10年。電波干渉計は電子通信技術のかたまりのような観測装置ですので、この間の急速な電子通信技術の進歩にともなって、VERAの装置もさまざまな進化を遂げてきました。その概要を紹介します。

相関局装置と運用

金口政弘、小山友明



VERA建設開始から15年程経った2014年3月に、それまで三鷹キャンパス南棟3階にあったVERA相関局を水沢VLBI観測所へと移転しました。この際、観測データ記録装置もHDD Array記録へと進歩し、以前のテープ記録と比較すると、装置自体も、また輸送貨物の大きさも、共に10分の1程度と小さくなり、相関局と各観測局間でのデータの移送も非常に安価で楽になりました。

さらに、韓国との共同観測では、HDD Arrayを観測局から韓国にある東アジア相関局へ直接送付するルートを立ち上げ、韓国との共同観測では観測から処理開始までの時間を短縮することができるようになりました。

一方、計算機の処理速度の進歩により、三鷹キャンパス南棟3階にありました高額な相関処理専用機1台の処理から、水沢相関器室の安価な汎用計算機群によるソフト相関を使用した観測毎の平行処理へとシステムも大きく変更され、全体の処理速度は速くなり、また、汎用計算機のため故障時の部品交換・システム復帰も非常に早くなりました。その結果、上記の大容量HDD Array記録装置導入にもかかわらず、VERA観測終了時点から水沢相関局での相関処理終了までに掛る平均時間は、以前の三鷹相関局での処理時間と比較して約半分で済む様になりました。

多くの方々の御尽力により、このように相関処理システムの更新がなされ、より早く、しかも安価に処理が可



図01 AOC、相関器運用室にて、相関処理、AOC運用中の一コマ。



図02 相関器サーバー室内の相関器サーバー、観測データ記録装置群。

能となりましたが、今後さらに水沢のVERA相関局に設置した計算機の演算速度を上げ、台数を増す等システムの

更新を続けることにより、相関処理の効率をアップし、広帯域観測での相関処理定常運用へ進めて行く予定です。

VERAは定常運用開始から10年が経過し、銀河系基本パラメーターの決定、渦巻き構造の詳細を明らかにするなど着実に成果をあげてきました（P05・永山、坂井参照）。しかしながら、現在までにVERAが距離決定した星、星形成領域の図01を見ると大きく抜けているいくつかの領域が存在することに気がつきます。

日本からは観測する事が不可能な南天はもちろんのこと、銀河系の地図作りに欠かせない銀河系中心Sgr A*を含む銀河系中心棒状の領域も抜けています。これらの天体は仰角が低いことによる位相補償観測の困難さもありますが、一番の大きな理由は参照電波源の数の不足にあります。これは科学的というより、たまたま不幸にも強い連続波源が存在しないことが原因です。また、他にも重要なCygnus領域など参照電波源の不足により観測不可能な領域がいくつか存在します。これらの解決には感度の向上による参照電波源の増加が必要であり、この項では現在

取り組んでいるいくつかの感度向上方法の中で、広帯域化について紹介します。

データを記録して後処理を行うVLBIでは、広帯域化を行うには記録レートの増加、またそのデータを生み出す高サンプリングレートのA/D変換器が必須です。VERAは長い間 10^9 サンプル/秒でのA/D変換、 10^9 ビット/秒の生データを専用テープ（1巻600 Gbyte 80分）を用いて記録、観測を行ってきました。しかしながら、この10年の間に汎用記録メディア容量の増加が著しく、現在では汎用HDD（3Tbyte 12個 80時間）からなるディスクパックでの運用を行うまでになりました。また記録容量の増加とともに記録速度も飛躍的に増加し、現在では 32×10^9 ビット/秒という超高速の記録が可能となりました。そして2005年より初号機の開発が開始された超高速RFダイレクトA/D変換器の開発も終了し、現在VERA、野辺山45m各局に配備、評価中です。このA/D変換器は高サンプリングレートのみなら

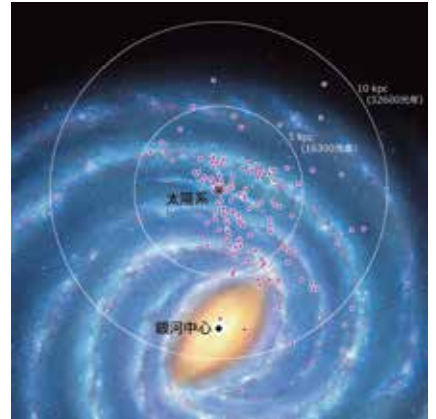


図01

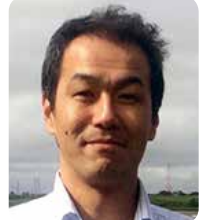
ず、高い周波数（22 GHz等のRF帯）の直接サンプリングとデジタルベースバンドコンバート機能が搭載されており、従来の電波天文観測装置では必須であったアナログのダウンコンバーター、ベースバンドコンバーター、それに伴うローカル信号も不要となる画期的なものです。VERA全局への搭載完了は2018年を予定しており、2019年度よりこれらの新装置群を用いた広帯域VLBI観測が開始となる予定です。銀河系全域の地図完成に向けVERAは進化しつづけています。



VLBIは、よりたくさんの観測局とネットワークを組むことで性能を高めることができます。その一環として、電波天文学の研究・教育が盛んな国内のさまざまな大学と連携・協力することで、多くの研究成果を挙げています。

大学連携から東アジアVLBIへ

藤沢健太 (山口大学)



2005年に始まった大学連携はすでに11年以上継続し、大学VLBI連携観測網(JVN)は安定した観測網となりました。JVNの観測結果によって書かれた論文も多く出版され、2016年10月には大学連携の成果を集めたPASJの特集号が出版されました(図01)。これは光赤外線の大学間連携と共同の特集であり、大学連携という研究組織の形態が日本に根付いてきたものと言えます。

ここ5年間、JVNは特に6.7GHzメタノール・メーザの観測に力を注ぎました。形成中の大質量星周囲のガスの運動を直接調べることを目的として、2010年から4年間かけて、星形成領域36天体が放射するメタノール・メーザをVLBIモニター観測したのです。データ解析と研究は現在も進行中ですが、ALMAの成果とも対比できるVLBIの観測結果を出しつつあると自負しています。特筆すべきは、この観測は中国・上海局を巻き込んで「東アジアVLBI観測網」として実施したことです。出版された論文

には日本、中国、韓国の研究者が名前を連ねており、まさに東アジアVLBI観測網の最初の成果と言えます。同じころ、VERAとKVNの連携であるKaVAも初成果を出し、また最近では中国で上海65m、そしてFAST(500m)が完成しました。これから発展する東アジアVLBI観測網の先頭に立てたことは、JVNの重要な成果と言えます。

AGN・連続波天体関連の研究も新しい動きが始まっています。広帯域観測システムへの更新は進行中で、すでに広帯域画像観測は成功しています。また、画像化を行わず、少数・高感度基線(茨城-山口基線)・長時間観測に特化して特色を出す計画も進行中です。これは大学の望遠鏡ならではの観測方法であり、大学連携の魅力の一つになると期待しています。これらの新しい観測方法を用いて、時間領域天文学への貢献や、これまで研究例が少ない銀河系内コンパクト電波源の観測などを計画中です。

一方、望遠鏡の老朽化などの問題もあります。今年(2016年)3月には苫小牧局が



図01 大学連携のPASJ特集号。2016年第5号。

閉鎖され、つくば局も年末には解体の予定です。ですが、北大で苫小牧局を駆使して研究を行って学位を取得した元木業人さんが、2016年10月から山口大学で助教になりました。これも大学連携の大切な成果です。

大学連携は将来計画を議論している最中です。SKAなどの将来計画への展開も考え、一方で大学の独自性を活かした研究も重視し、将来のあり方を形作ろうとしているところです。大学連携の研究を通じて育った若手研究者が、将来計画の牽引に力を発揮することを期待しています。

茨城大学との連携

米倉覚則 (茨城大学)



茨城大学と国立天文台は、2009年をはじめにKDDIより国立天文台に譲渡された2台の直径32メートル通信アンテナを電波望遠鏡へ改造する作業を共同して進めてきました(図01)。その初期の動向については、国立天文台ニュース2010年8月号の記事を参照いただくとして、その後の進捗をお知らせいたします。

2台のアンテナ(日立32-mアンテナ、高萩32-mアンテナ)には、当初予定通り、6.7GHz帯(主な観測ターゲットは、大

質量の星が生まれる時のみに生じるメタノールメーザ放射)、8GHz帯(中心にブラックホールが存在すると考えられている銀河(=活動銀河核)などからの連続波)、22GHz帯(星形成活動や晩期型星などに伴う水メーザ放射、連続波)の3つの周波数帯の電波を受信する装置が搭載されました。2010年8月には、VERA20メートル4台、上海25メートル、日立32メートルの6台の電波望遠鏡が参加したVLBI観測を実施し、メタノールメーザ源の空間分布お



図01 国立天文台水沢VLBI観測所茨城観測局。手前が高萩32メートルアンテナ、奥が日立32メートルアンテナ。

よびその時間変化から固有運動を求める事に成功しました (Fujisawa et al. 2014)。その後も、毎年、年間200~300時間程度 (30~40観測) のVLBI観測を実施しています。

一方で、日立、高萩の2台のアンテナを、単独の電波望遠鏡として使用し、メタメーザー源や水メーザー源の分光観測を行う単一鏡観測モードの整備は2012年度までに完了しました。2012年12月より、6.7GHzメタノールメーザー源の強度変化を調べるための、約450天体に対するモニター観測を毎日行っています (Yonekura et al. 2016) (図02)。

さらに、日立と高萩の2台のアンテナで同時かつ独立に取得したデータを分析する事により、単一鏡では観測が比較的難しい連続波観測に威力を発揮する「2素子干渉計モード」を、現在整備中です。この2素子観測モードでは、地球大気の変化あるいは装置の性能の時間変化などの影響を受け

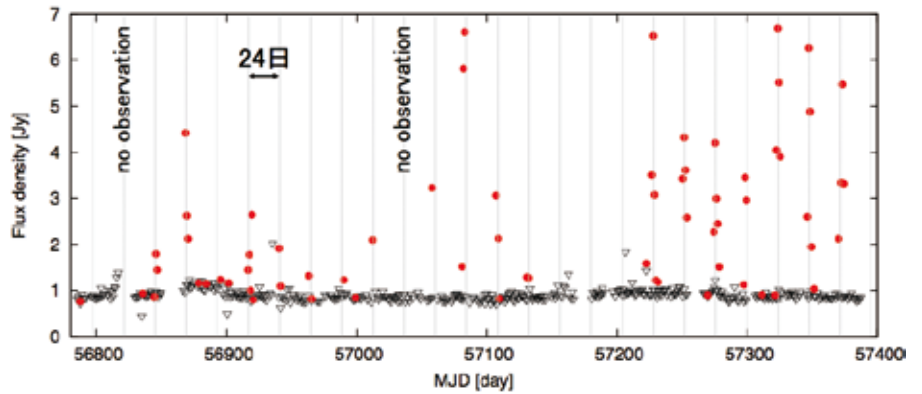


図02 6.7GHzメタノールメーザー源の高頻度モニター観測によって発見された、周期的な突発的増光現象。横軸が観測日(修正ユリウス日)、縦軸は電波強度。

にくいため、10分の観測時間で、1mJyという非常に高い感度を達成可能です(現在の単一鏡観測モードでは数Jy程度までしか達成できません)。この2素子干渉計モードを用いて、あらかじめ選定された

ターゲットを毎日モニター観測を行う事によって突発的な強度変動を検出したり、他の波長などで検出された突発増光現象を即座にフォローアップする観測を行うなどの観測を計画しています。

鹿児島大学との連携

面高俊宏 (鹿児島大学)



図01 VERA入来局と1m光赤外線望遠鏡。

鹿児島大学入来牧場内には直径20mのVERA望遠鏡と1m光赤外線望遠鏡が立っている。(図01)。我々は2000年VERA入来局建設スタートから国立天文台と協力して私たちが住む渦巻銀河である天の川の精密立体地図づくりを目指すVERAプロジェクトを進めてきた。毎年20名程度の学部学生、大学院生が望遠鏡の立ち上げからその後の運営・観測に携わってきた。VERAの成果をまとめた多くの卒論や修論、博士論文が書かれ、多くは査読論文として発表されている。VERAに惹かれて日本人学生だけでなく、英国、ナイジェリア、ハンガリー、香港など多くの外国人留学生が鹿児島を訪れ、大学で学び学位を取得し、それ

ぞれの国に帰り活躍している。

次に研究成果を紹介したい。我々は天の川銀河の精密立体地図作りを進めるだけでなく①太陽の1~8倍の質量を持ち周期100日~1000日程度の規則的な変光を示すミラ型変光星の周期・光度関係式の導出。②渦巻銀河の渦状腕構造の解明。③太陽系は銀河中心の周りを回転しているが、得られた回転速度が従来より10パーセント大きいことを発見。④生まれたての大質量星の周囲のガスから放たれる強い水蒸気耀線を観測し、大質量星誕生のメカニズムの解明などである。④の最近の注目すべき成果は、英国の大学院生がぎょしゃ座原始星から吹き出す高速ガス流を発見し、ガス流が細く絞られた竜巻状の回転運動を示していることを明らかにしたことである (図02)。

先日VERAのライバルである光学の位置天文衛星GAIAのデータがリリースされた。今後、100億個の星までの距離を計測し、近傍の渦状腕の姿が見えることだろう。渦巻銀河は星とガスから構成されており、VERAはこのガスの運動を求めるのが得意だ。星とガスの回転速度は違うので、GAIAで得られる近傍の渦状腕に流入していくガスのふるまいが求まり、長い間の大問題である渦状腕の形成問題に貴重なデー

タとなろう。

最後に、国立天文台と鹿児島大学とのVERA共同建設・運営を認めてくれた文科省に感謝したい。



図02 ぎょしゃ座原始星から出る竜巻状の高速ガス流(想像図)。

★参考文献

- 1) Burns, R.A, et al. 2015, MNRAS, 453, 3163
- 2) Nagayama T, Omodaka T, et al. 2011, PASJ, 63, 719



VLBIは、より遠くの観測局とネットワークを組むことで性能を高めることができます。国境を越えて韓国と連携した日韓VLBI合同観測網 (KaVA) では、VERA4局に韓国VLBI網3局をあわせた7局による観測が続けられています。

日韓 VLBI 合同観測網 (KaVA)

柴田克典



日韓 VLBI 合同観測網 (KaVA カヴァ : KVN and VERA Array) は、VERA20m鏡4局と韓国VLBI観測網 (KVN) の21m鏡3局を合わせて周波数22 GHzと43 GHzで観測するVLBI観測網です (図01)。KVNは、2004年に建設が開始され、2008年に21m鏡3台が完成しました。その後、22 GHz/43 GHzの受信機が搭載され、2009年10月VERAとのVLBI試験観測に成功しました。これが、KaVA観測の始まりです。

引き続き性能試験観測や科学観測が行われ最初の科学成果論文が出来上がったことを受けて、KaVA共同利用観測が2014年2月から開始されています。最初は日本と韓国の研究者のみへの共同利用公募でしたが、2016年からは全世界に公募しています。

さらに2016年からKaVAの特徴を生かし最大限の科学成果を目指すラージプログラム観測が開始され、2010年には年間100時間足らざったKaVA観測時間が最近では年間1000時間を超えるまでになっています。KaVAは、中国、台湾、タイ等東アジアの電波望遠鏡で作る東アジアVLBI観測網 (EAVN) の中核と考えられており、さらなる性能強化が進められています。

VLBIでは遠くはなれた電波望遠鏡で観測したデータを持ち寄り、時刻を同期させて処理することが必要です (相関処理と言います)。KaVAの相関処理は韓国大田広域市にある韓国天文研究院日韓相関局 (KJCC) で行われています。KJCCにあるテジョン相関器 (図02) は、日本と韓国によって共同開発されたもので、KVNやKaVAの相関処理のみではなくEAVNの相関処理も行うことも想定して製作されました。そのため1局あたり2ギガビット毎秒の観測データを16局同時に相関処理することが可能となっており、世界最大のVLBI相関器です。



図01 日韓VLBI合同観測網KaVA。VERA20mは岩手県奥州市、東京都小笠原村、鹿児島県薩摩川内市、沖縄県石垣島市に、KVN21mはソウル市、蔚山市、西帰浦市に置かれています。



図02 日韓共同相関局のテジョン相関器。中央3つのラックに納められているのが相関ユニット、両側の黒いラックに納められているのが国立天文台が開発担当した相関データバッファとVERA記録装置 (OCTADISK)。

KaVA大質量星形成研究プロジェクト



廣田 朋也

KaVA星形成研究ワーキンググループでは、主に22 GHz（波長1.3 cm）の水メーザー、44 GHz（波長7 mm）のメタノールメーザーを用いた高空間分解能観測による

大質量星形成の研究を推進しています。

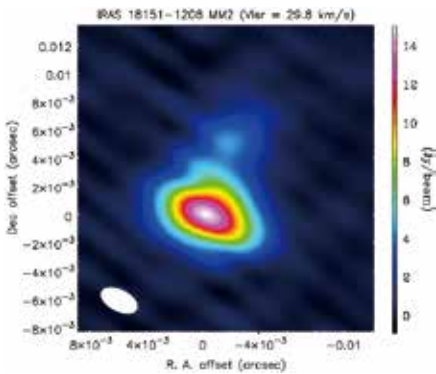


図01 KaVAによって初めて検出された、大質量原始星候補IRAS18151-1208 MM1における44GHzメタノールメーザー放射（スポット）の電波画像（KaVAウェブサイトより）。大きさは5ミリ秒角（72万分の1度）程度しかありませんが、これはVLBIで検出するには比較的「大きい」スケールとなっています。

太陽の8倍以上の質量を持つ大質量星は、強い紫外線や星風、進化末期の超新星爆発による元素合成や衝撃波などにより、恒星進化や銀河進化へも大きな影響を与える重要な天体です。それにもかかわらず、その形成・進化には多くの謎が残っています。KaVA大質量星形成研究プロジェクトでは、VLBIの特徴を生かしたメーザーの高精度固有運動計測により、生まれたばかりの大質量原始星周辺にある低速アウトフローや高速ジェット、星周円盤の3次元運動と構造（図01）を解明し、その形成や進化を探る研究を開始しました。

KaVAの最大の特徴としては、韓国内3局とVERA入来局を含む4局で、基線長500 kmというVLBIとしては短い基線による撮像観測が可能なが挙げられます。これにより、KaVAでは他のVLBIでは検出できない空間的に広がった構造を持つ44 GHzメタノールメーザーを観測できる

という利点があります（図01）。実際に、KaVA最初の科学的成果の論文は、VLBIによる44 GHzメタノールメーザーの世界初検出の報告でした（Matsumoto et al. 2014）。

本プロジェクトでは、初年度に87天体のサーベイ観測に基づいて天体を絞り込み、数年間で固有運動計測を行う計画です。この結果は、大学連携VLBIによる6.7 GHz（波長4 cm）メタノールメーザー観測と合わせることで、アウトフローやジェット、回転円盤のような、10~10000天文単位という幅広いスケールに及ぶ異なる力学的構造の総合的な理解を可能にします。また、これらVLBI観測データは、近年高分解能が進むALMAによる分子スペクトル線や星間塵からの熱放射と組み合わせることで、大質量原始星の進化段階の理解を深めることにも発展していくと期待されます。

★参考文献

Matsumoto et al. 2014, ApJL, 789, L1

KaVA 晩期星研究ワーキンググループと ESTEMA プロジェクト



今井 裕（鹿児島大学）

H₂OやSiO等の星間分子からのメーザー放射が発見されてから、45年以上経過しています。この間にこれらメーザーが、星形成や恒星質量放出、活動銀河中心核を研究する上で、また天の川銀河中天体の三角測量や近傍銀河の永年固有運動計測の基準光源として、広く天文学研究で利用されてきました。しかし、それらメーザーの放射機構や生成物理条件について多くの謎が残っています。

研究対象です。

星周メーザー源は、長周期脈動変光星星周縁に付随し、周期的変光による星周縁物理状態の周期的変化や脈動変光衝撃波の生成とその膨張的伝播の様子を把握しその仕組みを理解する上で有用だと期待されています。そればかりでなく、これらメーザー源が太陽系近傍に見られ、比較的はっきりとした周期的振舞いが見られ、さらに多数のメーザー輝線が同じ星周縁から同時に観測されるため、宇宙メーザーの基本的性質や励起機構の理解において注目されるべき

KaVA晩期星研究ワーキンググループは、これら星周メーザー放射の複数輝線動画を、連続的かつ系統的なVLBI撮像観測を通して作成する計画を練りあげてきました。メーザー研究において重要なデータ遺産を撮像能力が高いKaVAによって生成し、宇宙メーザー励起機構の完全解明を目指します。比較的短い積分時間でも充分高いメーザー源マップの画質が得られることを確認し（図01参照）、2015年秋から1年間かけて80星（今までVLBI撮像された晩期星総数のほぼ倍の数）の星周メーザー（H₂OとSiO合わせて7本の輝線）のスナップショット撮像を開始しました。このESTEMA（Expanded Study on Stellar Masers）事業を終えた後、より少数の良好データを産する星に絞ってKaVA連続撮像を数年間継続する予定です。

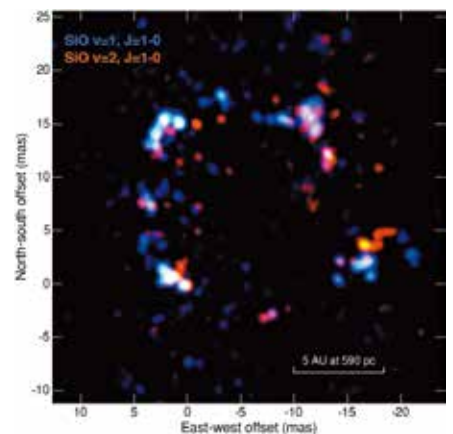


図01 KaVAにより得られたうお座WX星周辺のv=1、v=2 SiOメーザー強度分布を互いに重ね合わせた図。2種類のSiOメーザーの発生領域はほぼ一致しているが、観測時にはv=2メーザーのリング状分布（図の点線）の平均半径がv=1メーザーのそれより0.5 masだけ中心星に近いことが分かりました。

★参考文献

Yun J.Y. et al., ApJ, 822, 3 (2016)



AGN（活動銀河核）の観測

紀 基樹（韓国天文宇宙科学研究院）



「巨大ブラックホールは、どのようにしてジェット噴流を作るのか?」。この謎の解明にむけて、私たちKaVA活動銀河核（AGN）サイエンスワーキンググループはKaVAを用いた活動銀河核のサイエンスを推進しています。

同グループは、日本、韓国他に、中国、スペイン、オーストラリア、ドイツといった国籍のメンバーを含む総勢20人を超える国際色豊かな人員構成で、年数回の国際会合と月例のスカイプ会合を通じて活発な議論を続けています。

私たちは現在「巨大ブラックホールジェット研究のロゼッタストーン」として注目される、おとめ座銀河団中心の電波ジェットM87に狙いを定めて集中的なモニター観測を行っています。これまでのM87の先攻研究では、ジェット根元付近では遅い運動速度が示唆されていました。しかしながら、モニター観測の頻度が数か月間隔と長かったため、ジェットの運動をきちんと追尾できていない可能性があります。そこで私たちは、KaVAの13ミリ帯における約3週間間隔の高頻度なM87ジェッ

トのモニター観測を2014年度に行いました。その結果、先攻研究では見落とされていたジェット根元付近（中心ブラックホールからおおよそ5光年の地点）における「超光速運動」を発見しました。

2016年春からは、さらに本格的な13ミリと7ミリの両波長帯での2週間間隔というかつてない高頻度で大規模なモニター観測プログラムを開始し、M87ジェット噴出流を克明に観測しつつあります。この大規模モニター観測データによって、ジェット速度のブラックホールからの距離依存性プロファイルが得られます。この速度プロファイルとジェット噴流の理論モデルを詳細に比較することによって、理論モデルをテストすることが可能となります。

私たちはこのユニークな大規模モニター観測プログラムを主軸として、ブラックホールジェット噴流の形成メカニズムの解明に挑んでいます。

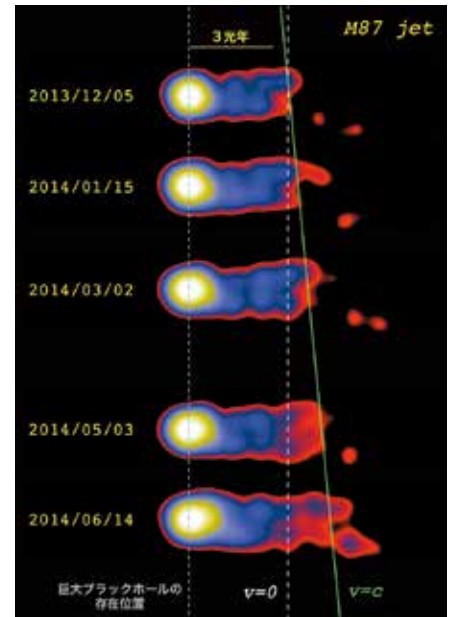


図01 2013年12月から2014年6月の間に行われたKaVAによるM87ジェット根元のモニター観測データを示しています。左端の輝度が明るい場所に巨大ブラックホールが潜んでいて、ここがジェットの噴出口に対応しています。そこから数光年下流の位置でジェットが伝播していく様子をKaVAがとらえました。この地点において既にジェットが「見かけ上」光速（緑の実線）よりも速い速度に達していることが本観測によって明らかになりました。



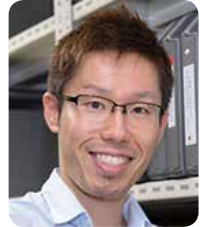
水沢観測所の旧本館。今は奥州宇宙遊学館として多くの見学者で賑わっています（撮影：飯島 裕）。

V 東アジアVLBIネットワーク計画 (EAVN)

日韓VLBI合同観測網 (KaVA) の成果を踏まえて、その枠組みさらに拡張し、中国の電波望遠鏡群とも連携する東アジアVLBIネットワーク計画 (EAVN) が進められています。この計画は、地球規模のVLBIへと繋がるものです。

東アジアVLBIネットワーク計画 (EAVN)

秦 和弘



VERAは運用開始から早15年が経過し、安定的に研究成果を創出する時期に入ってきました。一方でこの間に、韓国や中国などの東アジア地域では韓国VLBI観測網 (KVN) を始めとする新しい電波望遠鏡群が次々と建設、計画されています。東アジアVLBIネットワーク計画 (The East Asian VLBI Network、通称EAVN) とは、こうした各国の電波望遠鏡群が国境を越えて協力し、東アジア地域で1つの巨大なVLBIネットワークを形成する国際プロジェクトです (図01)。VLBIは望遠鏡同士の距離が離れるほど、また台数が多いほど解像度や性能が向上するため、国際協力をすることで、銀河系の構造や、巨大ブラックホール周辺の活動現象がより一層鮮明に観測できるようになるのです。日韓合同VLBI観測網KaVAは言うなればこのEAVN計画の第一歩であり、15ページに記載の通り既に定常運用が開始し、研究成果も着々と出始めています。

EAVNの構築に向けて現在私たちが精力的に取り組んでいるのは、中国との連携をより強化することです。中国には現在5台の電波望遠鏡が上海、北京、ウルムチ、昆明で稼働しており、更には建設・計画中のものもいくつかあります。中国との連携はEAVNの性能向上にとって極めて重要です。例えば最西端のウルムチ局を合成することで、VERA/KaVAで最長2300kmだった基線長が一気に5500kmになり、解像度が2.4倍も向上します。また上海には口径65mという東アジア最大級の電波望遠鏡が稼働しており、EAVNの集光力(感度)を大きく押し上げてくれます。

私たちは日中韓の合同チームで定期的にインターネット会議等を行い、試験観測の立案や問題点の洗い出し、観測データの性能評価などを行い、安定的な運用の実現に向けてネットワークの整備を進めてい



図01 東アジアVLBIネットワークの全体図 (韓国天文宇宙科学研究院 輪島清昭氏提供)。

ます。今年は日本 (VERA、JVN) と韓国 (KVN) に加え上海局やウルムチ局も参加してEAVNとして初の本格的な撮像観測を行うなど、重要なイベントを数多く実施しています。順調にいけば2017年度中の定常運用開始を目指しており、今後1年間は観測網の整備をより一層加速させていく予定です。

この他にも年に一度EAVNワークショップという国際会議を行い、日中韓の研究者が一堂に会してEAVNの機運を盛り上げる活動も行っています。今年は先日11月に中国の貴陽で行われました。今回一番の目玉イベントは何と言っても完成したばかりの世界最大の電波望遠鏡FAST (口径500m!) 見学ツアーでした (貴陽市の郊外にあります)。いずれFASTもEAVNの一員として合成することができれば、東ア

ジア地域には世界でも類を見ない超強力なVLBI観測網が誕生します。

EAVNは今後も様々な発展の可能性を秘めています。日中韓以外にも、数年後には東南アジアのタイにも電波望遠鏡ネットワークが誕生し、EAVNへの参加が期待されています。更にはアジアを飛び出し、オーストラリア等の環太平洋地域や欧州との連携も進めていくことで、地球規模のVLBIネットワークが実現できる日もそう遠くはないでしょう。EAVNが本格稼働した暁には、ブラックホールや銀河系、星形成の研究が大きく進展することが期待されています。





地球規模のVLBI連携によって、ブラックホール（シュバルツシルト半径）の直接空間分解を試みるのが国際プロジェクト「Event Horizon Telescope (EHT)」です。高い技術と精度が必要とされるミリ波VLBIに挑みます。

Event Horizon Telescopeプロジェクト

秦 和弘、本間希樹

宇宙や天文についてあまり詳しくない人でも、ブラックホールという言葉は一度は耳にしたことがあるかと思います。もともとは約100年前にアインシュタインの一般相対性理論によって予言された理論上の天体でしたが、天文学の進展にとまらぬ、今では宇宙のいたるところ、特にほぼ全ての銀河の中心には巨大なブラックホールが存在すると信じられています。しかしながら、これまでの観測は全て「間接的証拠」であり、実は人類は未だかつてブラックホールの本当の姿を直接見たことがありません。

Event Horizon Telescope (EHT) プロジェクトとは、銀河の中心に潜むブラックホールの姿を史上初めて直接写真に収め、その存在の究極的証明を得ようという野心的な国際プロジェクトです。VLBI観測の解像度は基線長が長いほど、観測波長が短いほど良くなります。EHTでは従来より10倍程度波長の短いミリ波を使い、かつ地球規模の基線長でVLBI観測を行うことで、極限の解像度を追求します。その視力は約300万（すばる望遠鏡の約3000倍の解像度に相当）に達し、天の川銀河を始めとする近傍銀河のブラックホールのシュバルツシルト半径（「黒い穴」に相当する半径）を直接空間分解できる解像度に到達します。EHTは米国を中心に2000年代後半から実験が始まり、（まだ写真を撮るには至っていませんが）シュバルツシルト半径に匹敵するスケールの構造を検出するなど、すでに重要な初期成果が数多く得られています。

EHTは現在米国、欧州、東アジアが共同で取り組んでおり、水沢VLBI観測所は日本側の代表として参加しています。これまでチリのASTEやハワイのJCMTの運用などを通してEHTの発展に重要な貢献をしてきました。また、自前のVERAやKaVAを用いてEHTと相補的な観測を行い、ブラックホール周辺の降着ガスやジェット

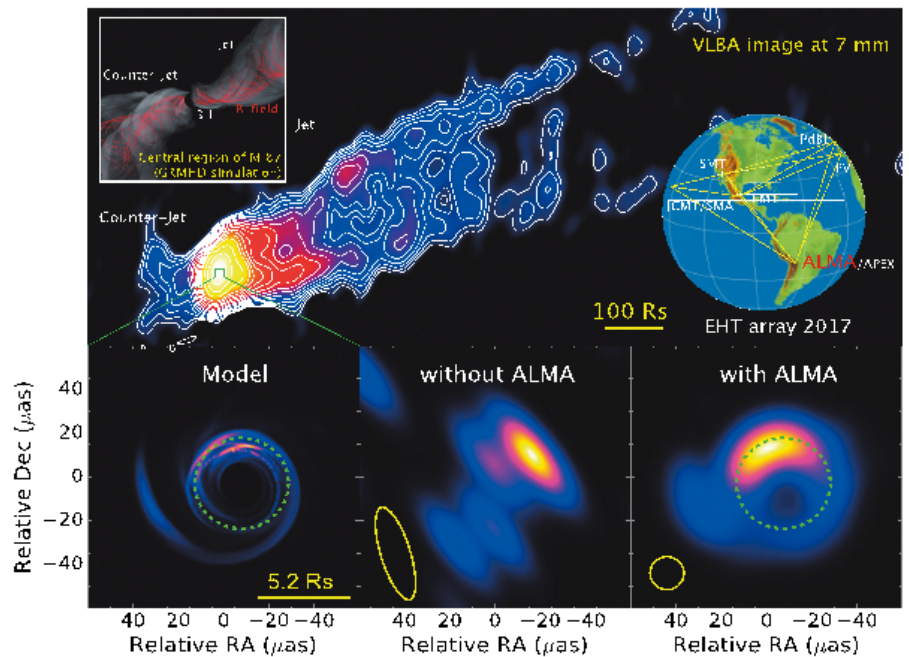


図01 Event Horizon Telescopeによる活動銀河M87の観測の概要（2017年4月に実施予定）。ジェットの根元に潜む巨大ブラックホールの「シャドウ（影）」を人類史上初めて撮影することに挑みます。

運動・物理状態を明らかにする活動もっています。真っ黒なブラックホールは周辺の明るいガスを背景に「影絵」のように検出する必要があることから、これら高温ガスの性質を事前に詳しく知っておくことが実は大変重要なのです。EHTに比べ解像度は劣りますが、周辺ガスの観測には機動力と撮像品質に優れたVERAやKaVAの方がとても強力です。更に最近では、スパースモデリングという新たな数学的手法をEHTデータに適用し、より鮮明にブラックホール画像を復元できるイメージング手法の開発も精力的に行っています。

EHTは来年2017年の春に大きな節目を迎えます。というのも、ミリ波で圧倒的感度を誇るALMA望遠鏡がEHTに初参加した共同利用観測がいよいよ始まるからです。ALMAが加わることでEHT観測網全体の

感度や解像度が格段に改善し、ブラックホールの画像を取得できる可能性が飛躍的に高まります（図01）。ブラックホールを直接写真に収めることができれば、それは黒い穴の証明にとどまらず、降着ガスの性質、噴出ガス（ジェット）の生成機構の解明、更には一般相対性理論の検証といった天体物理学の重要課題に繋がる幅広い将来展望が期待できます。今まさに激動の時代を迎えつつあるブラックホール天文学において、水沢VLBI観測所は今後も中心的な役割を果たしていきます。



VII

VERAを支える若手スタッフたち

VERAの初観測成功から14年。多くの観測成果とともに、その観測ネットワークを国内・国外へ着々と拡大しながら発展を続ける水沢VLBI観測所では、それらを支え次世代を担う、多彩な若手スタッフたちが活躍しています。

VERAアンテナの点検、相関処理、AOC運用等を行っています

朝倉 佑（水沢VLBI観測所 特定技術職員）



昨年から本館に居室が移り、現在はVERAアンテナの点検、各局で行われた観測の相関処理、夜間のAOC運用を当番で行っています。それ以前は水沢局の観測棟で研究支援員としてアンテナの点検、テープの管理・発送等を行っていました。観測棟は本館から離れた位置にあり、訪れる人も限られ夕会以外人と会わない日も多々ありました。そのような経緯もあり、去年は深山幽谷から人里に降りてきたような感覚がありました。

いきなり人が多くなって大変では？と聞

かれたこともあったのですが、去年1年は覚えることが沢山あり、それどころでは無かった記憶があります。それに、人が多ければ何気ない会話等から新しい物事を覚えるきっかけも増え新鮮な面白さを実感しています。けれどAOC運用は夜間のみ担当しているので、シんと静まり返った本館の一室で一人もくもくと仕事をしていると以前の支援員時代を思い出すことがあります。

真夜中の仕事は面白いです。各局の20mアンテナの様子をカメラで見ると、朝焼けのタイミングがそれぞれ違っているこ

とに気づき「わー本当に地球って丸いんだ」等とぼんやりした頭で感動したこともありました。

また、去年から相関処理も行うようになりました。新しい仕事は覚えるまで大変で、そして周囲の方々にも沢山のご迷惑をおかけしてしまったのですが、今までよく分からなかったことが理解出来るようになり、出来ることの範囲が広がっていく日々はとても楽しいです。

銀河系中心の研究やっています

酒井大裕（東京大学大学院 博士課程2年）



東京大学の大学院生です。VERAプロジェクトに関わるのは、2013年に修士課程で入ってから今年で4年目となります。VERAを使って銀河系（天の川銀河）の中心部のメーザー天体の位置天文観測研究をしています。銀河系の中心部は円盤部とは環境がかなり違って複雑な運動をしていると考えられています。そのため、視線速度だけでなく固有運動の測定が可能なVLBIによる観測の格好のターゲットです。しかし観測条件の厳しさにより、期待され

ているほど観測が進んでいないのが現状です。

私は、観測手法や解析手法といった観点から状況を改善し、銀河系中心領域のより多くの天体について位置天文観測が可能になるよう研究を進めています。どこか一つ問題が改善されたと思えばまた別のところで問題が現れるといった感じで、なかなか思うようにいきませんが、最近になって年周視差の結果も出始めており、少しずつですが成果が出てきています。何より、装置

のギリギリの性能を引き出すことにやりがいを感じています。

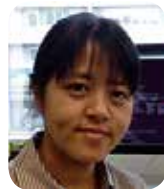
今年の4月からは研究拠点を三鷹キャンパスから水沢キャンパスに移しています。水沢キャンパスには他に学生はおらず寂しい面もありますが、電波望遠鏡のある場所で研究できる貴重な環境に居られるのは非常に楽しいです。今後はVERAで得られたデータを基に他の望遠鏡のデータと組み合わせ、銀河系中心部の運動メカニズムの解明を目指していきたいと考えています。



水沢観測所の旧本館（現奥州宇宙遊学館）（左）と水沢VLBI観測所の現本館（右）。（撮影：飯島裕）

電波干渉計の超解像イメージングをやっています

田崎文得 (水沢 VLBI 観測所 科研費特任研究員)



ブラックホールシャドウの直接撮像を目指して、サブミリ波 VLBI 国際観測網 (Event Horizon Telescope: EHT) プロジェクトが始動しています。EHT のターゲットは大きくて近くにある銀河系中心ブラックホール (いて座 A*) や M87 (おとめ座 A) ブラックホールなのですが、EHT の空間分解能はこれらのシャドウの視直径と同程度なので、確実にシャドウを検出して質の良い画像を得るためには、超解像イメージングを実現することが求められています。

そこで私は EHT 日本チームのメンバーとして、スパースモデリングという統計技法を応用した新しい超解像イメージングシステムの開発に携わり、パイプラインの整備やチェック、開発プロジェクトの管理などを行っています。

また、M87 ブラックホールから噴出しているジェットと呼ばれる高速のプラズマ流を実際に観測したデータから、超解像イメージを復元する研究もしています。この画像は今までにないほどジェットの詳細な

構造を再現しており、今後画像を解析することで新たな知見を得ることができるかもしれません。

私生活では昨年出産して、現在は1歳児の母となりました。歩いたり言葉を話したりと日々成長する娘を見ながら「私も毎日成長したいものだ」と感心しています。まずは、来年春の ALMA を含めた EHT 観測でブラックホールシャドウを撮像することを目指してがんばります。

広帯域の観測や相関処理を行っています

松枝知佳 (水沢 VLBI 観測所 研究支援員)



天の川銀河を精密計測するという VERA の最先端のビジョンに魅力を感じ、2015年5月から水沢 VLBI 観測所の研究支援員として働き始めました。業務内容は主に、広帯域の観測や相関処理業務、それに使用するソフトウェア相関器や観測機器の運用、整備、性能評価を行っています。昨年は三鷹からの相関局移設に伴い、ソフトウェア相関器の計算機を約20台作成し、定常運用できるように整備を行いました。同じパーツを使用しているも1台1台の動作に違いが

生じ、トラブル対応も困難でしたが、解決する度にトラブル内容から原因を推測する能力を習得することが出来たと実感しております。今では無機質な計算機に愛着を感じています。また最近、相関処理で用いるプログラムを作成しています。プログラミングは未経験の為、一から勉強中ですが、広帯域観測や相関処理業務を簡素化・安定化することを目標に意欲的に取り組んでいます。

私が所属する開発グループは、「面白いことをやる」「新しいことに挑戦する」とい

う雰囲気満ちていて、常に新しい知識を身につけ習得していく大変さと同時に、知的好奇心が尽きない面白い職場だと実感しています。まだまだ技術も知識も未熟者の私ですが、今後は様々な経験を積み、業務にかかわる専門技術や電波天文学に関する理解を一層深め自らのスキルアップをすることで活躍の場を広げ、技術面で貢献できる人間になりたいと考えています。

観測機器の保守・改良を行います

平野 賢 (水沢 VLBI 観測所 技術員)



2016年3月に、水沢 VLBI 観測所技術員として着任しました。保守部門の一員として、電波観測システムを構成する20mアンテナや受信機、水素レーザー、気象装置等の保守改良業務を行っています。

現在主に取り組んでいることは、アンテナを時刻どおりに駆動制御するための時刻同期制御システムの改良です。これを行う理由はふたつあります。ひとつは、既存の装置の保守部品が古い市場に流通しなくなり、かつ天文台内でも予備品が枯渇し

つつあるため、代替機が必要な状況になっているためです。もうひとつは、既存の装置に起因すると推定されているエラーにより、観測中、一時的にアンテナ駆動ができなくなるためです。システムの改良と、不具合発生原因の特定というふたつの側面がありますので、成功すれば安定運用の実現が期待できます。チームで力を合わせて取り組み、成功させたいと考えております。

一方、観測所では職場合唱団に所属し、毎週木曜日の昼休みに練習に励んでいます。

実は私は着任前まで約17年間、合唱を続けてきました。練習によく出席するメンバーは5名程度と少ないですが、その分各パートの声(ひとりしかいない場合もあり)よくまとまるので、ハーモニーを合わせやすい面もあります。まさか着任後も歌を続けられるとは思いませんでしたので、大いに楽しんでいます。歌が好きな方、水沢にお越しの際はぜひ一緒に歌いましょう!

VERAで銀河系の地図を作っています

坂井伸行（水沢VLBI観測所 特任研究員）



私は修士1年の頃から現在まで、VERAを用いて銀河系構造の研究を行ってきました。VERAの成果をまとめて修士論文・博士論文を執筆し、現在は研究員としてVERAプロジェクトに携わっています。研究員の仕事としては主に、①VERA共同利用観測におけるVLBI観測運用、②日韓合同VLBI観測網（KaVA）における位置天文班の取りまとめ、③VERAを用いた研究、などが挙げられます。

③に関しては学生時代の延長なので、特

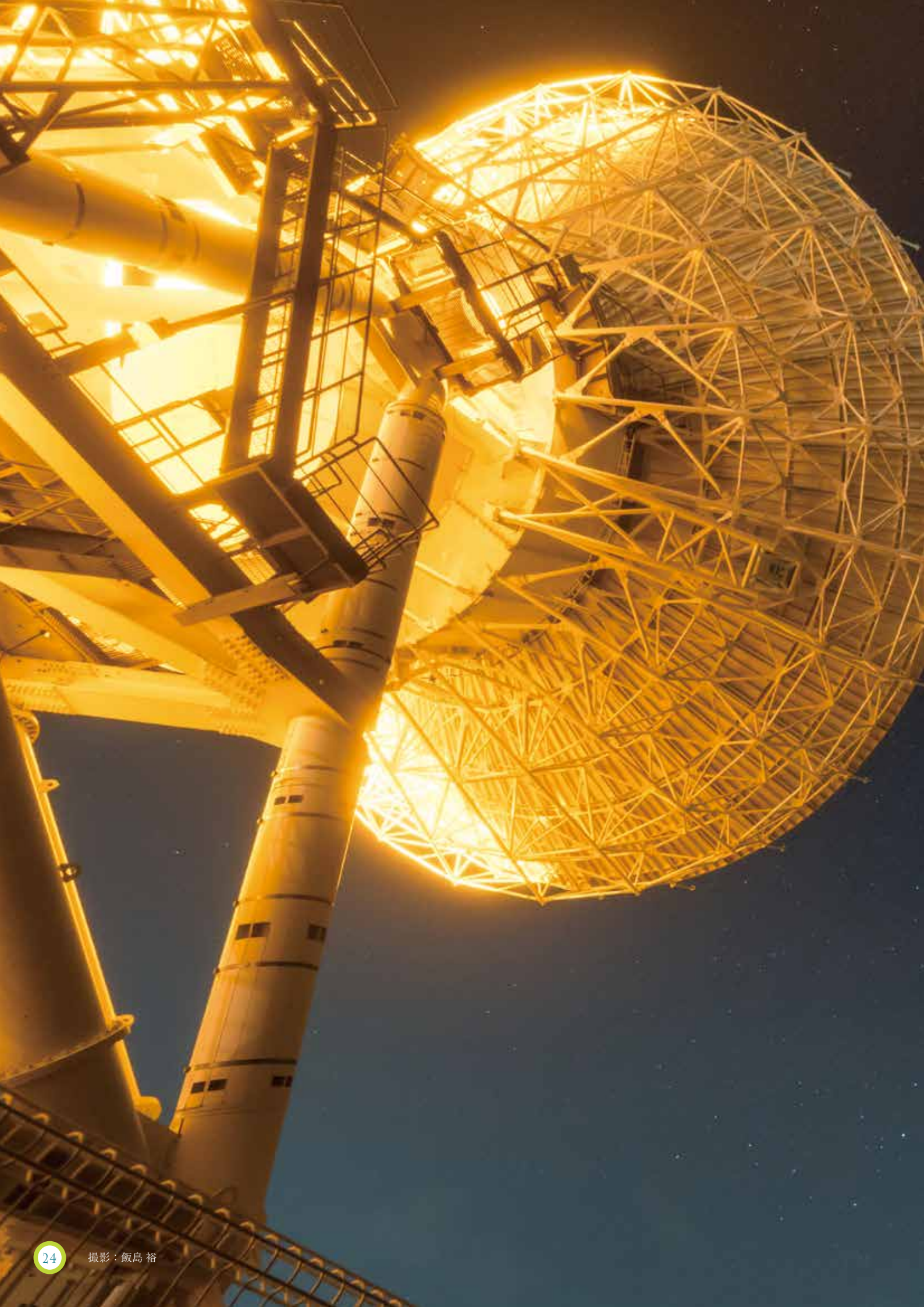
に問題なく取り組んでいるかと思います。

①に関しては、私は特に野辺山45m鏡のVLBI観測運用を担当しています。野辺山におけるVLBI観測の際は、IF信号以降のケーブル結線は自前で行う必要があります。ローカル信号やアッテネーターの調整、基準信号（水素メーザー時計）のチェック、信号記録系の準備など、観測中はそれなりに大変です。今年は50時間連続観測の運用に当たり、同行者ともども疲労困憊しました。

②における私の仕事は、VERAがこれまで行ってきた位置天文観測をKaVAでも行えるように、観測システムの構築・評価を行うことです。VERAは2ビームという世界で唯一、VERAだけが有するシステムを採用しているので、データ解析においてもVERA独自の補正テーブルがいくつか用意されています。最近一番のネックはマンパワーですが、VERAの性能向上のために、日韓のグループで協力して進めていきたいと思っています。



撮影：飯島裕





水沢 VLBI 観測所では、天文学の観測・研究だけでなく、前身となった緯度観測所の研究活動を受け継いだ測地学や地球物理学の観測・研究や天文保時などの業務も行われています。その特徴的な活動のようすを紹介します。

VERA局と2011年東北地方太平洋沖地震

寺家孝明



VERAは位置天文精度を保障するためにアンテナの位置を監視していますが、地震や地殻活動に伴う不規則な地殻変動はVERA局の変位量の予測を乱す大きな要因になります。VERAが建設されて以降、VERA局は大きな地震に何度も襲われており、その地殻変動の時間変化を正確に見積もることは常に大きな課題となっています。ホットな話題としては2016年熊本地震による入来局位置の変位がありますが、地震発生時のステップと余効変動を見積もるための測地観測と位置推定が継続されています。

2011年の東北地方太平洋沖地震はVERA水沢局のそれまでの変位をすべてリセットする地震でした。この地震によって東北各地で地史的規模の地殻変動が発生し、水沢局の地震発生時の変位量は2.26mになりました。地震発生以降も現在まで震源域方向に向かう余効変動が継続しており、元のプレート運動に戻る時期の予測ができません。2011年以前にも水沢局は3回の近地地震に襲われており、その度に地殻変動が推量されてきましたが、その変位は水沢局が乗っているプレートの動きに地震によ

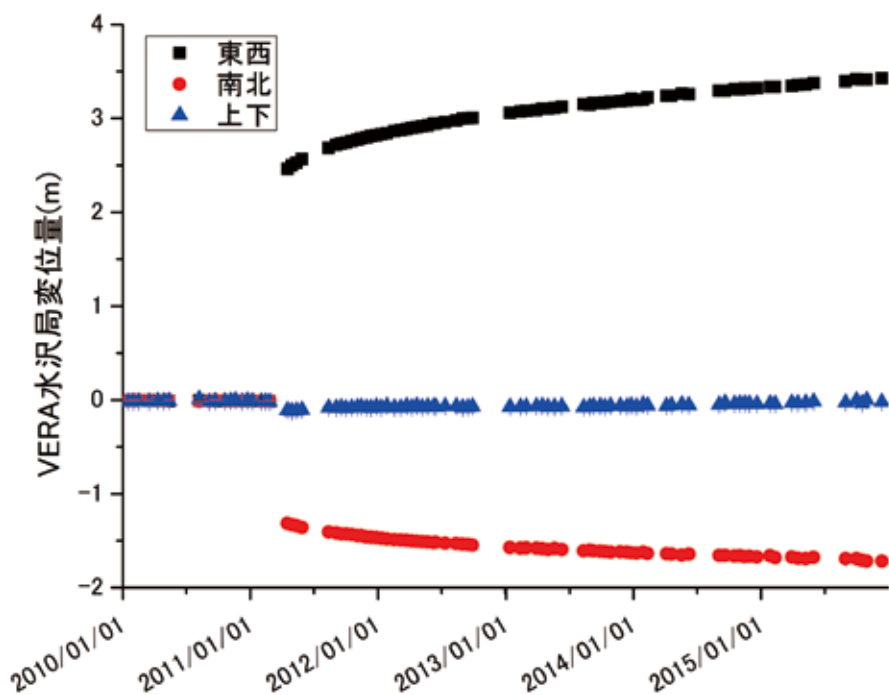


図01 2010年から2015年までのVERA水沢局の変位。2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生。

る地殻変動が重なった状態であり、長期的な変位のトレンドに現れる変化は小さなものでした。しかし、2011年の地震以降は変位速度の規模・方向・時間変化すべてで様相が変わりました(図01)。

VERAの運用が始まって以降、2004年スマトラ沖地震、2010年チリ地震と同等規模の地震が発生し、その余効変動が何年も継続中と言う報告を聞いて

いたので、日本で発生したらVERAで困ることになる予想は頭の片隅にありましたが、東北地方での超巨大地震発生が予想外であったことは、近年の経験の積み重ねから予測される現象と地史的規模の現象が結合されていなかったことを示しています。この地震で継続している余効変動は国際地球規準座標系の局位置変化に余効変動を導入するきっかけの一つになりました。



図02 水沢キャンパス内に設置された水準点(撮影: 飯島 裕)。



江刺地球潮汐観測施設での地球物理観測

田村良明

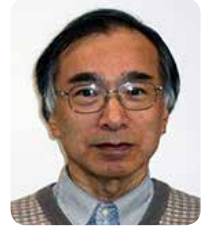


図01 江刺施設の坑道の様子。

江刺地球潮汐観測施設は、国立天文台水沢VLBI観測所の東方約17kmの北上山地に位置し、1979年から石英管伸縮計や水管傾斜計を用いて地球潮汐の観測を継続しています(図01)。また、国際絶対重力測定点網(IAGBN)に登録されていて、国土地理院や京都大学、東京大学地震研究所などが施設を利用して絶対重力測定を繰り返し行ってきています。さらに、2008年からは地震研究所と共同研究の協定を結

び、江刺施設のひずみ観測データは、2011年度末より関連研究機関にリアルタイムで配信されるようになっていました。

江刺施設は名前のとおり潮汐を観測対象としていますが、長期に安定した記録が得られていることから地殻変動の観測施設としても有用な

データを得ています。2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震の前後では、地殻ひずみの様相が東西圧縮から東西膨張に一変したことが捉えられています。

地殻の東西膨張は時間とともに小さくなってきてはいるものの、この傾向は現在も続いています。この変動は、 $\exp(-t)$ 型、ないし $\log(t)$ 型の関数で近似されます(図02)。このような変化は、VLBIやGPSによる位置変化の観測にも現れています(29ページ図01参

照)。その要因ですが、余震活動の蓄積、間隙水の拡散、さらに粘性緩和による現象が複雑に絡み合っているものと考えられます。

この変動はいつまで続くのでしょうか。変動のパターンは、 $\exp(-t)$ 型よりも $\log(t)$ 型の方が良く合うように見えます。すると、変動がいつまでも続くということになります。この地震が1000年に1度の現象だとすれば、私たちはまだ現象のほんの一瞬しか見ていないことになるのです。

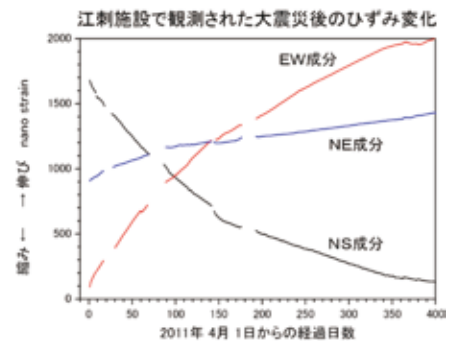


図02 2011年3月以前は、地殻ひずみの変化速度は年間たかたが 10^{-7} 程度のものでしたが、2011年4月以後は符号が反転し、年間 10^{-6} オーダーに増大しました。

天文保時室の研究活動

佐藤克久



図01 NTPサーバー及び時計監視装置。

天文保時室では、政令による天文台の責務である「中央標準時の決定及び現示並びに時計の検定に関する事務」を遂行しています。

天文保時室で保有している4台のセシウム原子時計とVERA水沢観測局の1台の水素メーザー原子時計は、GPS衛星による高精度国際時計比較により世界70か国以上の機関に設置されている500台を超えるセシウム原子時計群によって維持されている国際原子時

(TAI)に寄与し、TAIを基にした協定世界時(UTC)の決定に貢献しています。

また、3台のネットワーク時刻情報(NTP)サーバーを自動的に切り替えて負



図02 中央標準時を決定する時計装置。

荷分散を図りつつ、インターネットを通じて1日当たり90万回を超える標準時配信を行っています。

● 緯度観測所、奥州宇宙遊学館の誕生

奥州宇宙遊学館は、1921年（大正10年）に建設された緯度観測所の旧本館です。当時としては珍しい望楼を持つ木造2階建てのドイツ風建築になります。

Z項の謎に挑み続けてきた歴史ある観測所であり、木村博士亡き後も研究は続けられ、1966年（昭和41年）まで緯度観測所本館として利用されました。

国立天文台では、老朽化に伴い、平成17年10月に取り壊しを決定、翌年2月に解体工事を行うこととしていましたが、その時期にたまたま宮澤賢治学会の一行が旧本館の見学に訪れた際、宮澤賢治が幾度となく来所し、「風の又三郎」や「銀河鉄道の夜」などの構想を練った歴史ある観測所をぜひとも残してほしいとの希望を残して帰っていったことがきっかけとなり、全国の学会員に伝わり、保存の声が広がって行ったとのことです。

その後地元水沢の有志が保存のために動き、市民運動へと発展していきました。これにより平成19年2月11日の市民集会を経て、4月4日、国から奥州市への建物の譲渡



図03 奥州宇宙遊学館。

が正式に決定しました。耐震改修工事などが進められ、現在「奥州宇宙遊学館」として岩手県や東北地域に多くの情報を発信する天文学習館として活躍を続けています。

★参考

- ・「国天ニュース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」
- ・「緯度観測100年」（【緯度観測100年】編集委員会）
- ・「奥州宇宙遊学館オフィシャルサイト」
<http://uchuyugakukan.com/>

アウトリーチ活動

舟山弘志

水沢VLBI観測所では、日本国内の4か所（岩手県奥州市、鹿児島県薩摩川内市、東京都小笠原村、沖縄県石垣市）に口径20mの電波望遠鏡を設置し、観測したデータを組み合わせることにより、2300kmのVLBI観測網を形成しています。この組み合わせた電波望遠鏡を使用し、天の川銀河の天体位置を高精度で計測する観測を行ってきました。星までの距離と動きを正確に求め、天の川銀河全体の構造と運動の研究等を進めています。

全国4か所の観測拠点では、毎年地元自

治体や岩手県をはじめとする各市町村、各団体や教育機関と連携し、特別公開や、各種イベント、講演会を開催してきています。また、茨城大学宇宙科学教育研究センター（茨城県高萩市）、宇宙科学研究所（神奈川県相模原市）、野辺山宇宙電波観測所（長野県南佐久郡南牧村）など、特別公開の際にはスタッフを派遣し、公開等に参加・応援を行っています。また水沢VLBI観測所の各観測所では、見学対応、職場体験学習、高校生を対象としたVERA20m電波望遠鏡を用いた電波観測による天文学研究体験「Z星研究調査隊（水

沢）、美ら星研究体験隊（石垣）」を長年実施しています、その他、岩手県奥州市の小中学校を対象とした天文出前授業「キラリ☆奥州市天文教室」も今年度から奥州市と連携し、スタートしました。

日本全国、観測所だけにとどまらず、たくさんの方所でたくさんの方々にお会いし、国立天文台や水沢VLBI観測所の研究を知っていただき、そして研究成果の共有や、子供たちの学習等教育の分野にも役立てられるよう、観測所として様々な試みを続けています。



図01 「いわてサイエンスシンポジウム2016」のようす。



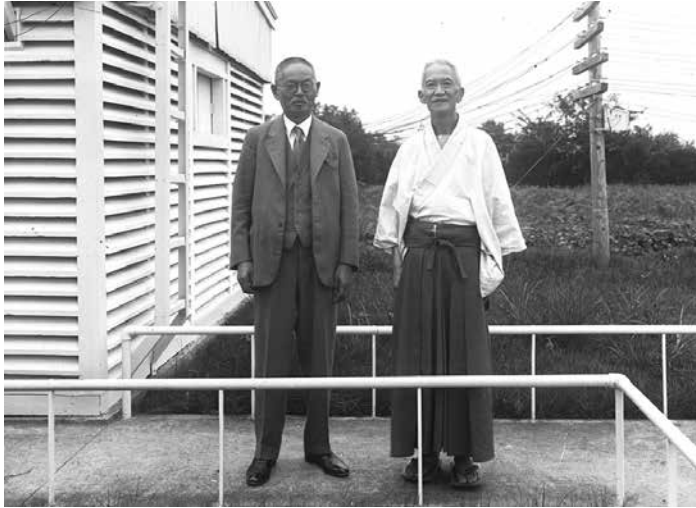
図02 地元中学校による職場体験学習。



図03 水沢VLBI観測所の特別公開「いわて銀河フェスタ2016」のひとコマ。

緯度観測事業120周年に向けて 水沢における歴史資料の整理と公開

馬場幸栄 (国立民族学博物館)



本多光太郎(左)と緯度観測所初代所長・木村 榮(右)。二人とも東京帝大出身で第1回文化勲章の受章者。木村の長女・伊登子さんは本多の弟子である茅誠司と結婚しており、二人の縁は何かと深い。

1899(明治32)年に岩手県の水沢に緯度観測所が設置されてから、あと3年で120周年を迎えます。1988(昭和63)年に東京天文台等と統合され国立天文台として生まれ変わるまで、緯度観測所は初代所長・木村榮ひさしに代表される偉大な研究者や技術者を多数輩出し、また地元岩手の人々からも愛されてきました。

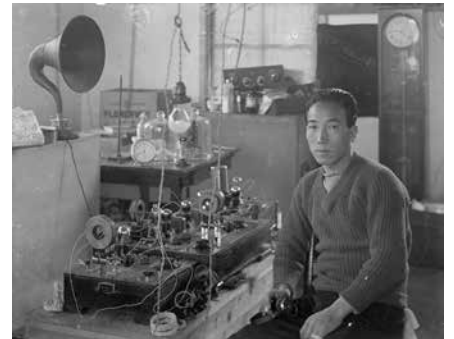
そのような緯度観測所の歴史と功績を未

来に伝えるため、国立天文台水沢の敷地には木村榮記念館(国立天文台)と奥州宇宙遊学館(岩手県奥州市)があり、誰でも緯度観測所の歴史資料を見学できるようになっています。

来に伝えるため、国立天文台水沢の敷地には木村榮記念館(国立天文台)と奥州宇宙遊学館(岩手県奥州市)があり、誰でも緯度観測所の歴史資料を見学できるようになっています。ですが、これらの館に展示されているのは緯度観測所の歴史資料のごく一部にすぎません。大部分の資料(機器、野帳、図面、帳簿、冊子、手稿、写真、録音テープ等)は、未だに国立天文台水沢の倉庫で整理・公開される機会を待っています。

そこで2015年の春、国立天文台水沢VLBI観測所の本間希樹所長、石川利昭氏、亀谷收氏、舟山弘志氏、緯度観測所元職員の方々にご協力いただき、倉庫に眠る資料の所在調査、保存環境整備、修復、デジタル化、公開に着手しました。

所在調査では、緯度観測所時代に撮影されたガラス乾板が500枚以上も見つかりま



通信機の前に座る平三郎。工作担当として国内外で製造された観測機器のメンテナンスや部品作りを行い、緯度観測所の精確な観測活動を支えた。第1回吉川英治文化賞を受賞。

した。試しにその一部の写真を復元してみましたところ、緯度観測所職員やそのご家族の生き生きとした姿が記録されていました。そこで2016年3月に水沢で「ガラス乾板で蘇る緯度観測所の記憶」と題した写真展を開催すると、緯度観測所元職員やそのご家族、市民の方々が大勢お越しくださり盛況となりました。翌日には岩手県の新聞数社がこの写真展を朝刊1面トップで取り上げるなど、地域の文化活動としても大きな反響がありました。

緯度観測事業120周年まであと3年。これからも国立天文台の方々、緯度観測所元職員の皆様とそのご家族、また地域の方々と協力しながら、緯度観測所歴史資料の整理と公開を進めてゆきます。



手作りの反射望遠鏡を覗く山崎正光。十代で単身米国へ渡り天文学を学び、京都大学の講師を経て、緯度観測所で勤務した。日本初の彗星発見者となった。



家族ぐるみでの参加が恒例だった緯度観測所の運動会。木村は職員とそご家族の福祉や教育に熱心で、職員たちにスポーツや芸術活動を推奨したほか、緯度観測所の近くに幼稚園もつくった。



「第14回水沢VLBI観測所ユーザーズミーティング」報告

秦 和弘 (水沢 VLBI 観測所)

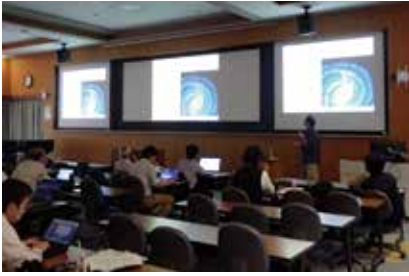


図01 VERA 銀河系アストロメトリプロジェクトの進捗報告の様子。



図02 水沢 VLBI 観測所の将来計画セッションでは、SKA に関する技術検討の発表もあった。

2016年10月3、4日に、国立天文台三鷹キャンパスにて第14回水沢 VLBI 観測所ユーザーズミーティングが行われました。国内から49名、韓国・中国・オランダから4名の計53名の参加があり、口頭30件、ポスター13件の講演が行われました。

1日目は主にVERA (05ページ参照) と KaVA (KVN and VERA Array・15ページ参照) に関するステータス報告が行われました。VERA セッションでは銀河系位置天文プロジェクト観測の進捗、VERA を用いた様々な研究成果 (晩期型星、星形成、銀河中心) の最新結果、測地観測、そして開発グループから広帯域・高感度化を始めとするシステムのアップグレードの進捗報告が行われました。

KaVA セッションでは、2016年から本格的に観測がスタートしたKaVA ラージプログラムについての進捗報告が行われました。KaVA ラージプログラムは活動銀河核、星形成、晩期型星の3つの日韓合同KaVAサイエンスワーキンググループが中心となって遂行する大型観測であり、KaVAを最大限活用してとりわけインパクトの高いサイエンスを目指すプログラムです。3つのラージプログラムは今後数年をかけてミッションを遂行しますが、例えば活動銀河班では巨大ブラックホールから噴出するジェットの詳細な運動測定に成功するなど、すでに幾つか

の初期成果が挙がっており (17ページ参照)、今後のKaVAによる研究の発展に大きな期待を寄せる内容となりました。

2日目は他プロジェクトとの連携、および水沢 VLBI 観測所の将来計画について議論が行われました。VERAによる銀河系測量プロジェクトは2022年頃をめどに1つの区切りを迎えるため、水沢 VLBI 観測所ではそれ以後の将来計画の策定が課題となっています。その中でも短中期的な視点で最重要課題の1つとなっているのが、日韓に加え更に中国などと協力した東アジア VLBI 観測網 (EAVN) の構築です (18ページ参照)。今回のミーティングでは2016年に行われたEAVN撮像試験観測の結果報告や、共同利用観測開始までのタイムラインや問題点、更には今後タイやオーストラリア等を含めたネットワークの拡張可能性、撮像品質のシミュレーションなど、定常運用開始に向

けてこれまでにない具体的な議論が展開されました。またミリ波 VLBI に関連する国内の活動 (気球 VLBI、KVN や 野辺山と共同したミリ波 VLBI) や今後の展開についても積極的な議論が展開されました。

一方で長期的な視点に立つと、世界的にはALMAの次の国際大型電波天文プロジェクトとしてSKA (Square Kilometer Array) が本格的に始動しつつあります。国内の天文コミュニティからも水沢 VLBI 観測所にSKAへの協力を期待する声が高まっており、将来計画の可能性の1つとして考えられます。このような状況を踏まえ、私たちは所内有志のメ

ンバーでSKAに参加した場合のインパクト (主にVLBI、サイエンスという観点から) について検討を進めており、今回はその検討状況についての中間報告等が行われました。

今回のユーザーズミーティングを総括すると、VERAはもちろんのこと、日韓KaVAによるエキサイティングな観測成果が数多く出始めていること、EAVNやミリ波VLBIなど短中期的なビジョンが非常に具体化しつつあることが印象的かつ大きな収穫であったといえます。その一方で水沢 VLBI 観測所の今後10年20年先を見据えた長期的なロードマップについても方向性の具体化を加速させる必要があることも参加者間の共通認識として得られました。水沢 VLBI 観測所は今後も日本・東アジア地域における電波天文学の中心機関としての役割を果たすべく、検討の更なる熟成を進めていきます。

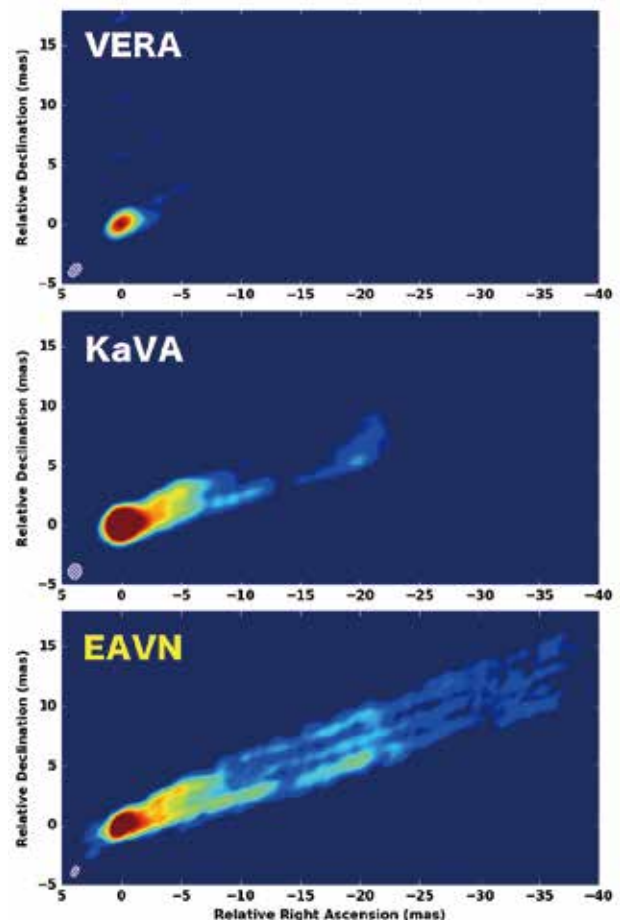


図03 東アジア VLBI ネットワーク (EAVN) が完成した場合のイメージングシミュレーション。巨大ブラックホールジェット天体 M87 の観測を想定している。上段が VERA の場合の画質、中段が KaVA の場合の画質、下段が EAVN の場合。EAVN では解像度、感度、撮像品質の全てが VERA や KaVA に比べて格段に改善することが期待される。

おわりに



本間希樹（水沢 VLBI 観測所長）



撮影：飯島 裕

水沢 VLBI 観測所の特集記事をお楽しみいただきましたでしょうか？我々が日々進めている幅広い研究活動について理解を深めていただけたなら、たいへん嬉しく思います。

水沢 VLBI 観測所は、これから3年後の2019年に、旧緯度観測所の設立から数えて120周年という大きな節目を迎えます。私としてはこの120周年という契機を、これまでの歴史を振り返るとともに次の120年（！）の国立天文台水沢のありかたを俯瞰する良い機会にしたいと思っています。そのために最も重要なのは、国立天文台水沢における長期的な将来計画の策定です。10年～30年先に来るべき、ポストVERA時代の電波天文学の方向性をしっかりと見据え、日本の天文学コミュニティ、さらには国際的な研究コミュニティとも協力しながら将来計画の舵取りを進めていきたいと思っています。将来計画は、我々のこれまでの経験が生きる発展的なものであると共に、新しい時代にふさわしい魅力にあふれるものであって欲しいと願っています。

将来計画がどのようなものになるにしても、今後の水沢 VLBI 観測および国立天文台がより魅力的な研究機関となるよう、観測所職員一同これからも邁進していくつもりです。ついては、今回のこの記事を読んでもらった皆様も、これからも水沢 VLBI 観測の活動にどうぞ注目していただき、そして応援していただければこの上なく光栄に思います。では、本特集を最後までお読みくださりありがとうございました。



宮澤賢治
生誕120周年

銀河鉄道の夜空へ
Al Nokta ĉielo de la Galaksia Fervojo

巻



水沢VLBI観測所図書室に収蔵されている「星座早見」（日本天文學會編 三省堂発行 第卅六版 ※初版は明治四十年発行）



冬本番を迎えようとしていた12月最初の日、会議のために岩手県奥州市水沢地区にある、水沢 VLBI 観測所を訪れていた。会議が延びてしまったこともあって、予定した新幹線には間に合わず、一本遅らせて帰ることになった。

さて、どうするか、と窓外をみると、木立が冬支度をしている姿が寒々しく、裸になった枝が一瞬の強い風に揺れた。おお、又三郎がやってきたな、など思う。そういえば風の又三郎の初期の原稿には緯度観測所の木村榮先生が打ったテニスボールにいたずらをする様子が描かれていたはずだ。そう思うと、妙に木村記念館に立ち寄りたくなった。

身支度を調べて本館から出て、木村記念館に向かった。不思議なことに記念館の玄関は空いていた。中に入って、展示物を見ながら奥へ進む。時代を感じさせる雰囲気はゆっくりと静かに自分自身を包み込むのがわかる。そして奥の木村先生が仕事をしていた所長室に入った。と、その机の上には一つの星座早見盤がおかれていた。日本天文学会が編集し、三省堂が明治時代に出した古い星座早見である。星座盤は黒の背景に、白抜きで星や星座線、そして天の川が描かれている。「星座早見」の文字も右から左だ。

それにしても、と近づいていく。この星座早見、大事なものとして図書室に収蔵されていたはずでは？ そう思い出すと同時に、体が宙に浮くような妙な感覚に襲われた。あっ、と思って床を眺めて何事もないことを確かめてから、顔を上げると、そこにはそれまでいなかったはずの二人が会話をしているのに驚いた。しかも、当の星座早見盤を手にはしているのは、写真でも見たことのある木村榮先生そのものだった。

「賢治さん、1910年のハレー彗星は、このあたりに位置していてね。夕方、西の空に沈んでいくのが見えたんですよ」

そう語る相手は、これまた若き日の賢治であった。

「そうでしたね。学生時代の友人が甲斐の国に居るときに目撃したスケッチを見せてもらったことがあります。南アルプスの山並みの上に長大な尾をたなびかせた姿でした」

「ほう」

「しかも彼はスケッチに、そのときの印象を描き残していました。いわく『銀漢ヲ行ク彗星ハ、夜行列車ノ様ニテ 遥力虚空ニ消エニケリ』と」

「よく覚えていますね」

賢治は少しうつむき、寂しそうに言った。

「ええ、彼とは親友でしたから」

いったい、俺は何を見ているのだ。これは夢なのか。幻なのか。あるいはとても精巧なホログラムのような出し物なのか。心臓が高鳴って、まるで動けない。彼らの会話は、そのまま進む。私が見えていないようだった。それでも、必死に手を伸ばしてみた。





その手が二人の幻影に届くか届かないかの時のことだった。再び体が何かに包まれるような妙な感覚に襲われた。と、同時に見ている部屋の形もぐにゃっと曲がり、賢治さんも木村先生の姿もまるでムクの叫びのごとく、細長くなっていった。おお、これがブラックホールに吸い込まれるときの「スパゲッティ」現象か、と思った瞬間、その姿は霧のように消えていき、ふたたび足下がしっかりする感覚が戻ると、先ほど木村先生が持っていた星座早見盤を手に行っているのに気づいた。

…あの体験は本当に幻影だったのか。もしかすると、机の上の星座早見盤に気づいて、近づき手にする動作だけが現実だったのか。そんな風に思いながら、星座早見盤をしげしげと見つめてみた。と、セットされた日時は今夜、つまり12月1日20時だった。そういえば、すでに外は暗い。星座早見を手にしたまま、外へ出て、夜空を眺めてみた。

そこには東京では見られないような星空が広がっていた。水沢では、まだこれだけ星が見えるのか。そう思いながら、西側を眺めると夏の星座たちが沈みつつあった。低いところには、わし座の一等星アルタイル。北側にはこと座の一等星ベガが仲良く沈もうとしていた。その上、高度で言えば30度から40度ほどのところだろうか。はくちょう座が地平線に向かって落ちる姿を見せていた。天の川の中に屹立する「北十字」の姿だ。星座早見を見直してみると、まさにそれらの星たちが再現されていた。

と、遠くからかすかに音が聞こえてきた。それは次第に大きくなっていった。ガタゴトガタゴトという音のはっきりと聞こえるようになると、同時にしばしばシューという、甲高い擦れたような音が混じっている。それは子どもの頃、故郷で聞き慣れた音だった。間違いなく蒸気機関車の音である。

(そんなはずはない)

そう思った。蒸気機関車が現役を引退して、すでに半世紀近い。観光用に走らせて居る地域はあるが、このような時間に東北本線を走るはずはない。また幻想なのか、それとも何かの間違いか。そう思いながら、はくちょう座を眺めていると、そこから天頂へ伸びている天の川が妙に輝いている気がした。

(秋の天の川って、こんなに濃かったかな?)

しばらく、星空をじっくり眺めていない自分にとって、それは実際の星空を忘れていただけだったのかもしれない。そんな風に思いながら、天高く秋の星座へ流れ昇っていく天の川を目でたどるうちに、蒸気機関車の音はなんだか東北本線を外れて、こちらに向かってきているのではないか、と思うほど大きくなっていったのである。

★「忒」は2017年春の号に掲載の予定です。



TMTの分割鏡交換ロボットがグッドデザイン賞を受賞

石井未来 (TMT 推進室)

日本で開発されているTMTの分割鏡交換ロボットが2016年のグッドデザイン賞を受賞しました。このロボットは、世界初となる分割鏡交換機構の鍵となる部分で、次世代超大型望遠鏡の鏡の反射率を最高の状態に保つため、膨大な数の分割鏡を安全かつ効率的に交換するために開発されました。

グッドデザイン賞は、私たちの暮らしや社会をよりよくすることを目的とした総合的なデザインの推奨制度です。分割鏡交換ロボットはオリジナリティのある創意工夫と高い技術力を評価され、2016年の審査対象4085点の中からベスト100に選ばれました。さらに、「きたるべき社会の礎を築くと認められるデザインに対して贈られる」グッドデザイン特別賞(未来づくり)を受賞しました。

10月28日～11月3日にはグッドデザイン賞受賞展が開催され、分割鏡交換機構の模型が展示されました。10月31日に行われた審査報告会では、分割鏡交換ロボットも含まれる産業・医療機器ユニットの審査員が審査方法や受賞理由について説明しました。始めにユニットリーダーの朝倉重徳氏から、生産性やコストが最重要視される産業・医療機器の中で、何をグッドデザインと評価したのかという説明がありました。製品に求められる精度、信頼感の追求と、使用者の立場に立った「美しさ」の追求、この2つが一致して一つの形を成したものをグッドデザインと考えたというお話だったと思います。また、デザインの領域も広がりつつあり、無形のものや、有形のものでもその背後の思想までを含めてデザインとして捉えるようになってきているとのことでした。

分割鏡交換ロボットの受賞理由については、ユニークな機構に機能美を感じたことに加え、その背後にある目的を評価したとのこと、「宇宙で最初に生まれた星を大望遠鏡で見る」という自然科学の壮大な夢の実現を応援したい」というコメントがありました。受賞展を通して、TMTがとらえる宇宙の姿は人類共通の夢でもあるのだと、あらためて感じました。

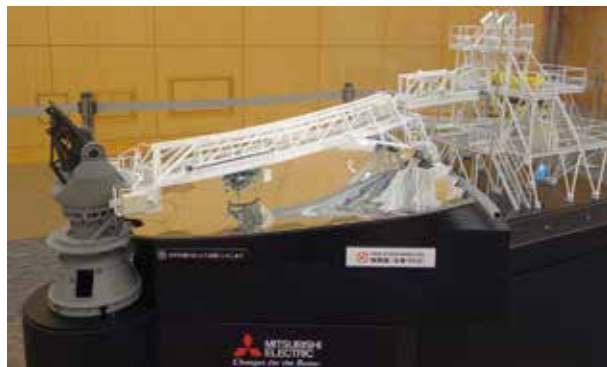


図01 グッドデザイン賞受賞展(東京ミッドタウン)で展示されたTMT分割鏡交換機構の1/20サイズ模型。主鏡は1/6部分のみが再現されています。



図02 10月31日に行われたベスト100デザイナーズプレゼンテーションでは、三菱電機 川口昇 主管技師長が分割鏡交換ロボットについてのプレゼンテーションを行いました。望遠鏡の制作を通して天文学の発見に貢献したいという思いを力強く語っていました。

分割鏡交換ロボットの開発 杉本正宏 (TMT 推進室)

今回グッドデザイン賞を受賞した「分割鏡交換ロボット」が運搬する鏡の重さは約250kgです。運ぶだけでも大変な重量物ですが、鏡を正確に・落とさないようにしっかりと(でも衝撃をあたえないように優しく)掴む工夫がされています。

まずロボットにはビジョンセンサーと呼ばれる画像認識システムが搭載されており、分割鏡との正確な位置関係を把握した後、鏡へ近づいていきます。また鏡の荷重を少しずつロボットへ移す(離す)際には、ロボットに搭載された力センサーをリアルタイムにモニターしながらロボットの位置や傾きを自動調整し、分割鏡へ余計な負荷がかからないようにしています。作業は全て自動化されてお

り、UFOキャッチャーのような手動操作はありません(図03)。分割鏡交換ロボットはそのスマートな外見だけでなく、最先端のロボット技術が詰め込まれたまさにグッドデザインと呼ぶにふさわしい装置なのです。

ロボットによって交換される鏡はジャッキと呼ばれる“棒”によって周囲の鏡よりも高い位置に持ち上げられています。また分割鏡の中心にはシリンダーと呼ばれる“筒”があり、ここに“棒”が差し込まれています。ロボットが鏡を持ち上げる(置く)作業は、すなわち“筒”を“棒”から抜き出す(差し込む)作業と言えます。

ロボット開発に携わる技術者達は、試作・試験を繰り返す中で、真っ直ぐだった“棒”

の形をダンベルのような2つコブ形状に変えることで、より早く正確に鏡を持ち上げられることに気がつきました。この“筒”と“棒”の設計・製造はロボット開発者達の責任範囲外でしたが、交渉・調整の末、彼らの提案が最終的に受け入れられることとなりました。ジャッキ(棒)そのものは今回の受賞対象ではありませんが、性能を極限まで追求し、より良いものを作ろうという技術者魂が窺えるエピソードの一つです。

最後に、交換ロボットの設計開発に携わってこられた技術者・関係各位の皆様に対し、この度の栄えある受賞を心よりお祝い申し上げます。またこれまでのご尽力に感謝し、本稿の結びとしたいと思います。



図04 ロボット操作へ向けた訓練?と称して会議の後にUFOキャッチャーでリラックスするカナダのTMT職員、ヒュー・トンブソン氏。(注)交換ロボットはこのような手動作業はありません。



図03 交換ロボットが分割鏡を持ち上げるようす(左)。ジャッキ(棒)をダンベル形状にすることで、より早く正確に鏡を持ち上げることが可能となりました(右)。(画像:三菱電機提供)

New Scientist Live に国立天文台が出展

山岡 均 (天文情報センター)



写真01 日本をイメージした展示スペース。

New Scientistは、創刊から60年を迎えるイギリスの科学雑誌だ。日本で言えばニュートンや日経サイエンスのような存在で、自然科学や工学・技術について最新情報を幅広く提供している。この雑誌の出版社が、100を超えるブースと、高名な科学者や英国人宇宙飛行士などの講演を多数集めた大がかりな展示会「New Scientist Live」を企画した。同社ではこれまで講演会などは開催してきたが、これほど大きなイベントは初めてのことだ。会場はロンドン郊外の大規模コンベンションセンター ExCeL Londonで、会期は2016年9月22～25



写真02 準備が整ったブースのようす。

日の4日間。

この展示会に、日本の大学や研究所が合同でブースを出さないかとのお願いがあり、国立天文台として参加することにした。ブースに掲示するポスターや動画、チラシやパンフレットを各プロジェクトに提供いただき、ロンドンに飛んだ。8m四方の展示コーナー(写真01)を8機関でシェアした★01)ので、ブース本体はそれほど広くない。ポスターパネルは90cm四方1枚と45cm×90cm1枚で、下のほうは動画を映し出すディスプレイに隠れてしまう(写真02)。蓮尾国際連携室長とふたりで飾りつけ、とにもかくにも準備は整った。

展示会の入場料は前売りでも1日25ポンド(日本円でおおよそ3000円)と高額で、いったいどれほどの来客があるか危惧していたが、開場を待つ人の列は長く、ロンドンっ子の科学への関心の高さを改めて再確認することとなった。最終的な来

場者は延べ2万人を超え、客層も家族連れや学生の団体、若いカップルや老夫婦などたいへん広く、パンフレットを渡しながらの説明も相手に応じて変えるなど、あわただしくも有意義な広報活動を展開した。日本の展示コーナーの中央に設けたスペースではサイエンティスト・トークを毎日3回実施し、私も話すチャンスも3回いただいた。最初はお堅い研究成果の紹介、2回目からは客層に合わせてMitakaを使った宇宙散歩(写真03)と、臨機応変の対応ができて有益だった。

今回の出展の目的のひとつに、現地の科学ジャーナリストと顔の見える関係を

構築することが挙げられる。これを実現するため、参加登録した記者を招待するネットワーキング・ランチを初日昼に開催した。三菱自動車の現地販売店 Colt Car Companyと、ネットワーク機器開発会社 Cisco にスポンサーになってもらい、握り寿司や焼き鳥など和食をふるまった(写真04)。10人以上のサイエンスライターや編集者と名刺交換

し、サイエンティスト・トークを聴講に来てもらえるなど、一定の成果を得ることができた。

今後、国立天文台の海外での広報活動を拡大・充実していく方針だ。今回は初



写真03 Mitakaを使った宇宙散歩。



写真04 寿司の質も良くって好評だった。

めの試みということもあり、パンフレットの部数や展示の方向性など、試行錯誤と突貫作業の連続だったが、この経験を次の試みに活かしていきたい。活動紹介の場として、今回のような市民向けイベントに加え、研究者が集まる学会・研究会、国際的なジャーナリストの集會などへもブース出展することを構想している。NAOJを世界に浸透させる活動は、いま始まったばかりだ。

★01 他の7機関は、沖縄科学技術大学院大学、京都大学、大阪大学、九州大学、東京大学カブリ数物連携宇宙機構、海洋研究開発機構、理化学研究所(写真05を参照)。



写真05 参加機関全員で記念写真。

「第12回最新の天文学の普及をめざすワークショップ」報告

波田野聡美 (天文情報センター)

本ワークショップは、全国の科学館・博物館・プラネタリウム・公共天文台の職員及びプラネタリウム番組制作者、教員、大学院生、科学コミュニケーター等、様々な分野で天文教育に携わる人材に、「最新の天文学の成果を体系的に学ぶ場を提供する」という取り組みです。今年度は、2016年10月2日(日)～4日(火)の日程で「重力波天文学」をテーマに開催しました。参加者は、64名(講師・スタッフ含む)で(写真01)、富山大学を会場として2日間の講義を行い(写真02)、3日目は東大宇宙線研究所神岡地区にて、大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」、地下ニュートリノ観測装置「スーパーカミオカンデ」(東大宇宙線研究所)、液体シンチレーター反ニュートリノ検出器「カムランド」(東北大学)の装置について、簡単なレクチャー及び見学を行いました(写真03)。KAGRAは、東京大学宇宙線研究所がホスト機関であり、国立天文台、高エネルギー加速器研究機構が、主要三機関としてプロジェクトを共に支えています。開催初日にはこのKAGRAプロジェクト代表である、梶田隆章 東京大学宇宙線研究所長からご挨拶を賜り、このワークショップが実りあるものであるように、とのお言葉をいただきました。また、富山大学理学部 松島房和教授にも、素敵なお挨拶をいただいた他、会場につきまして様々な心配りをいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

今回のワークショップのコーディネーターは、国立天文台重力波プロジェクト推進室の大石奈緒子助教が行いました。講師陣の顔ぶれと講演タイトルは別表の通りです(表01)。歴史的経緯と背景、最前線、そして将来への展望と、重力波天文学を系統的に学ぶことができる構成に

●講師一覧

オーバービュー「重力波天文学の夜明けに」	大原謙一 (新潟大学)
「The Significance of the Detection of Gravitational Waves」	Kipp Cannon (東京大学 RESCUE)
「超新星爆発から来る重力波信号」	滝脇知也 (国立天文台)
「重力波と同期したX線/ガンマ線突発天体の観測」	米徳大輔 (金沢大学)
「重力波天体からの電磁波放射と可視光・赤外線観測」	田中雅臣 (国立天文台)
「初代星起源連星ブラックホールからの重力波」	衣川智弥 (東京大学 宇宙線研究所)
「重力波天文学時代における電波天文学の可能性」	新沼浩太郎 (山口大学)
「将来計画と初期宇宙観測」	黒柳幸子 (名古屋大学)

●装置レクチャー

大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」	麻生洋一 (国立天文台)
地下ニュートリノ観測装置「スーパーカミオカンデ」	亀田純 (東京大学宇宙線研究所)
液体シンチレーター反ニュートリノ検出器「カムランド」	古賀真之 (東北大学ニュートリノ科学センター)

表01

なっています。また、講師の先生方も事前にメールでお互いのプレゼンテーションファイルを確認するなど、全体としてストーリーがつながるように工夫していただきました。おかげさまで、会場からも多くの質問が飛び交い、活気あるワークショップとなりました。また、講演の他に、参加者から日頃の天文学普及活動の事例等を紹介しましたが、講師からも発表者に質問が出るなど、大変有意義な交流を持つことができましたと感じています(写真04)。

今回のワークショップの成果は、参加者それぞれが持ち帰り、各地域での普及活動に役立てられると確信しております。また、講師の皆さまにも、参加者の行う草の根の普及活動について知っていただくことができました。このワークショップを機会に、重力波天文学の知見が、多くの方に届けられることでしょう(写真05)。

「重力波天文学」とは、今、まさにホットな話題ですが、実はこのテーマ、昨年のワークショップの準備を行っていた2015年の春ごろ、つまり、LIGOの初検



写真02 熱心に聞き入る参加者。



写真03 最新の観測機器を間近で見学。



写真04 参加者による事例紹介。

出の何か月も前に、世話人会において既に決まっていた。これは、偶然ではなく、いつも「最新」の天文学を伝えるワー



写真01 2015年のノーベル物理学賞を受賞された梶田隆章所長も一緒に参加者で記念撮影。

クショップにしようと、世話人一同がアンテナを張り巡らせていたからにはほかなりません。

本ワークショップは、天文台の事業としては、今年度をもって、いったん終了し、来年度からは、有志の世話人による新体制で開催予定とのことですが、新世話人の皆様のご尽力により、これからも、天文学の普及活動に大きな成果を上げられるよう、心より願っております。

主催：国立天文台

共催：日本プラネタリアム協議会、天文教育普及研究会、日本公開天文台協会

後援：日本天文学会

運営：最新の天文学の普及をめざすワークショップ世話人会／伊東昌市（国立天文台）、鷹宏道（日本プラネタリアム協議会理事長）、縣 秀彦（国立天文台）、本間隆幸（府中市郷土の森博物館）、加藤一孝（比治山大学）、根本しおみ（国立天文台）、事務担当：波田野聡美（国立天文台）



写真05 ここで重力波が検出される日も近い。

「最新の天文学の普及をめざすワークショップ」を振り返って

伊東(佐伯)昌市（天文情報センター特別客員研究員）

今年の10月に第12回「最新の天文学の普及をめざすワークショップ—重力波天文学—」を成功裏に終えることができました。重力波プロジェクト推進室をはじめ大勢の関係者のみなさまのお陰です。厚く感謝申し上げます。これまで12回実施したこのワークショップを立ち上げた一人として振り返ってほしいと云われました。各回の様子については既に何回か書かせていただいています。そこで、その背景など、本当の思いを打ち明けてさせていただきます。

この勉強会を立ち上げたのはプラネタリアムや科学館職員の就職対策の意味合いもありました。ご存知かもしれませんが、プラネタリアムや科学館の担当職員の身分は短期の契約や指定管理など外部の団体や会社に委託されるケースが急激に増えています。マンネリ化を脱するメリットがあるとも言えるかもしれませんが、身分が不安定な職員が増えているのです。仕事を安定して続けるためにはそれぞれがスキルを高め続けることが必要だと考えたからです。例えかつて大学で天文学を専攻したとしても、急速に発展する天文学の研究を研究現場の外から追いつけることはかなり困難を伴います。しかも天文学の研究領域も多岐にわたっています。ですから時には大学へ戻り講義を受けたいと考えるのは私だけではないと思ったのです。そして何よりも、プラネタリアムや科学館が科学の歴史あるいは「過去」を学ぶだけではなく、科学の「今」を知るあるいは楽しむ施設へと発展させなければならないと考えたからでした。

最新の天文学の進捗状況を現場の研究者に話してもらいたと思う同士が集まり勉強会を開こうという構想は、研究者の方々の賛同を得て第1回「最新の天文学の普及をめざすワークショップ—系外惑星—」として実現しました。まったく予算の無い中で、西はりま天文台を会場に開催することができたのです。系外惑星の研究者の皆さんの研究会を開催していただき、そこへ参加者がはせ参じるという形式で実現にこぎつけたのです。国立天文台へも協力をお願いし、当時の海部宜男台長にも参加していただきました。第一線の研究者と天文の普及活動をする担当者たちが寝食を共にして過ごし、できれば実際の観測を経験してみるなどお互いがより理解を深めることもめざしました。参加人数も講演者たちを入れて40名程度に絞ったのです。ですから内容は単に研究者に講義していただくというだけではなく、プラネタリアムや科学館の担当者からも、現場がどのような活動をしているかなどの実践経験の発表を含めるといふ双方向的なプログラ

ムを組むように努めました。

第2回目からは国立オリンピック記念青少年総合センターの「子ども夢基金」の助成を得て継続できることになったのです。またアンケートを取り、テーマや内容に反映するようにしました。2009年からは、国立天文台主催事業となり、すばる望遠鏡やALMAをテーマに現地を訪ねて開催するなど、より充実した内容へと発展させることが出来たと思っています。その陰には研究分野を熟知するコーディネーターの方からの並々なぬご尽力をいただいた結果であることを強調しておきたいと思えます。

さてこのワークショップを始めてから10年以上が経過しています。当初の目標通りならば、例えば飲み屋で「ダークマターの正体って何だと思う？俺はニュートラリーノだと思うけどな」「いやー、それは違うでしょう…」。あるいは…「ダークエネルギーのせいで、遠くの銀河が見えなくなるそうだよ！」「空間が加速度的に膨らんでいるんだって？…M87やソンプレロ銀河を今のうちに望遠鏡で見ておいた方がいいかなあー」。別のグループからは「…宇宙から地球の光を分析すると、オゾンなど大気成分だけでなく葉緑素も分かるらしいぜ…」「系外惑星だってTMTなら解るかなあ？…ところでエウロパからも海水が噴き出てるらしいよ…」「じゃ、探査機を飛ばせば生命体があるかどうかも解りそうだなあ…」などという会話が普通に聞こえてくる…そんな社会になっているはずなのですが、そこまでにはなっていません。けれども全国のプラネタリアムの様子を見ると、時空の歪みや超新星爆発など最先端天文学を扱う番組がかなり増えているように思います。

本ワークショップは、来年から再び国立天文台を離れて実行委員会形式で開催されることになりました。世話人も若いメンバーが中心になります。国立天文台はそれを応援する立場に変わります。予定としては、スーパーコンピュータによる可視化がもたらす新たな世界をテーマにしようということで準備が進められています。これまで同様、皆様の暖かいご支援とご協力をいただきますようお願いいたします。

回	開催日	場所	テーマ	参加者数
1	2005.9.5-7	西はりま天文台	太陽系外惑星	44
2	2006.7.15-17	国立天文台野辺山宇宙電波観測所	宇宙論	40
3	2007.9.8-10	京大大学付属花山天文台飛騨観測所	太陽	41
4	2008.9.15-17	広島大学及び東広島天文台	ブラックホール	44
5	2009.10.11-13	国立天文台岡山天体物理観測所	銀河	38
6	2010.11.13-15	JAXA 相模原キャンパス	惑星探査	53
7	2011.11.6-8	国立天文台三鷹キャンパス	電波天文学最前線	52
8	2012.9.10-13	国立天文台ハワイ観測所	世界最先端を突き進む「すばる望遠鏡」	35
9	2013.11.17-19	東京大学数物連携機構	宇宙論	75
10	2014.9.22-26	国立天文台チリ観測所 ALMA	ALMA	25
11	2015.11.15-17	国立天文台及び海洋開発研究機構	アストロバイオロジー	68
12	2016.10.2-4	東京大学宇宙線研究所神岡観測所及び富山大学	重力波天文学	64

表02 「最新の天文学の普及をめざすワークショップ」開催リスト。

2016年「三鷹・星と宇宙の日」報告 2016 10 21-22

羽村太雅 高島規子(天文情報センター普及室)

毎年恒例の特別公開「三鷹・星と宇宙の日」が、10月21日(金)、22日(土)の2日間、国立天文台、アストロバイオロジーセンター、東京大学天文学教育研究センター、総合研究大学院大学天文学専攻の4者共催のもと開催されました。降雨が予想された天候のもと、21日のプレ公開は542名、22日の本公開は3992名、合計4534名の来場者をお迎えすることができ、例年以上の熱気が雨雲を吹き飛ばしてくれました。

今年のメインテーマは、「重力波が拓く天文学」。2015年9月に初めて重力波が検出され、大きなニュースになりました。まさに、新しい天文学の研究分野が幕を開けた瞬間でした。そこで現在、重力波を直接調べる研究に加え、可視光や電波なども使って重力波源を調べる取り組みが進んでいます。重力波実験棟をはじめ、様々なプロジェクトが展示やミニ講演、楽しいクイズやゲームなどを通じて、研究の紹介を行いました。日頃夜空を観察している研究者も、この日は熱心に質問して下さる皆さんの目の輝きに魅了されました。特に本公開の22日はどの会場もたいへんにぎわいで、スタッフは大忙し！構内は一日中活気にあふれ、多くの方に楽しんでいただけました。

21日
ミニ講演会

- 国立天文台
- ★「重力波天体を追って」
- 東京大学天文学教育研究センター
- ★「TAO/MIMIZUKU で探る宇宙の物質の起源」

- 田中雅臣 (国立天文台 助教)
- 上塚貴史 (東京大学 特任研究員)

22日
講演会

- 国立天文台
- ★「Listening to the Universe with Gravitational Waves」
- ★「重力波を電磁波で見る？」
- 東京大学天文学教育研究センター
- ★「トモエゴゼンが木曾の空に観る宇宙」

- FLAMINIO, Raffaele (国立天文台 特任教授)
- 吉田道利 (広島大学 教授)
- 酒向重行 (東京大学 助教)



今年の講演は同時通訳付き！



ゆる(?)キャラ大集合！ 開門時にみんなでごあいさつ。



美しい切り絵で表現された重力波に天文台長も思わずにっこり。



整理券を受け取って、いざ、TAMA300 潜入！



VR体験コーナーは3か所も

太陽塔望遠鏡の地下で、太陽光のスペクトルを観察。きっと、90年前もこんなふうだに…



身振り手振りで解説する研究者 学会発表より熱が入る?!



毎年おなじみ JASMINE プロジェクトの実験コーナー。



ひので衛星は打ち上げ10周年。



太陽電波や〜い!



目を輝かせて天文学者に質問! もちろん、やさしくていねいに答えます。



ガチャマシンに吸い寄せられる〜



ザ・看板娘! 銀河探しゲームはここでーす。



最先端の観測機器のふるさと先端技術センター。



何枚集めた? オリジナルカードゲーム「アンドロメダファンタジー」も10周年。



すごろくに挑戦中。外国のスタッフにもものおもしろい子供たち。



大好評のフレア博士によるクイズ大会。紙芝居やポスターの解説なども行いました。

がんばったご褒美はマグネットしおり



カードゲームですばるマンに挑戦!



急に現れた巨大な太陽に、皆さん興味津々…会場は終了寸前まで熱気にあふれていました。



三鷹・星と宇宙の日2016

主催 自然科学研究機構 国立天文台
 自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター
 東京大学大学院 理学系研究科附属 天文学教育研究センター
 総合研究大学院大学 物理科学研究科 天文科学専攻

後援 社団法人 日本天文学会
 財団法人 天文学振興財団

協力 東京大学消費生活協同組合 天文台支所
 大沢地区住民協議会
 三鷹市 星と森と絵本の家
 ホニャブラン株式会社

- 当日のようすは、Instagram でご覧いただけます。 http://www.instagram.com/naoj_mtk/
- 22日の国立天文台講演会は、Youtube でご覧いただけます。
 Youtube 国立天文台チャンネル <https://www.youtube.com/user/naojchannel>
- 東京大学天文教育センターの講演会は、Youtube でごらんいただけます。
 イベントページからリンク <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/iaa/open-day2016/>

三鷹見学コースでの音声ガイドシステムの構築

白田 - 佐藤 功美子 (天文情報センター)



録音風景。読み上げも録音も、全て天文情報センタースタッフで行いました。

国立天文台三鷹キャンパスでは、年末年始を除いて午前10時から午後5時まで毎日見学コースを公開しています。様々なイベントを含めて年間4万人前後の方が三鷹キャンパスを訪問されますが、その約半数が個人や少人数のグループで自由見学されています。2万人ほどの方が、職員の解説なしで、受付でお渡しする「見学ガイド」を読みながら見学されていることとなります。

これまでに、わたしたちは、できるだけ多くの方が親しみやすい見学コースを目指してきました。例えば、視覚障害者が読みやすい「見学ガイド」点字・拡大文字版を作成するなど、ユニバーサルデザインの取り組みを行ったり★01、「見学ガイド」の英語、中国語、韓国語、スペイン語版を作成したり、子ども向けワークブックを作成したりしました★02。



三鷹・星と宇宙の日用に作成したポスター。

これらの取り組みに加えて、ガイドブックの文章を音声解説で聞くほうがよりわかりやすく、楽しめるのではないかと考えました。特に、視覚障害者にもわかりやす

い説明文を作成し、見える・見えないに関わらず、聞いてわかりやすい音声ガイドを作成したいと前から思っていました。知り合いの視覚障害者に随時相談をしていたのですが、「お金をかけず、職員が解説を録音したもので十分」といったアドバイスをいただきました。最初の一步を踏み出すために、まずは晴眼者（視覚に障害がない人）にターゲットを絞り、スマートフォンやタブレットを使って聞ける音声ガイドシステムの構築にとりかかりました。各見学施設にてQRコードを読みとり、そこから音声ファイルを開いてもらうシステムです。

今年度始めから毎週音声ガイド会議を行い、少しずつ説明文を完成させていきました。各担当者が作成した文章を、会議に出席したスタッフ全員で一字一句、表現や語順に配慮して文章を作成しました。最終的には視覚障害者にも聞いてもらいたいため、音で聞いて理解しやすい、想像しやすい文章を目指したのです。第一赤道儀室、子午儀資料館、ゴーチェ子午環室、天文機器資料館の4施設において、説明文が完成した段階で、複数の視覚障害者に読んでいただき、コメントを反映させました。たとえば、目の前にある展示物について説明したつもりでしたが、視覚障害者に気付いてもらえず、「左から順番に、…、…、…があります。」という表現に変えました。

初めての試みであるため、今後必要に応じて文章の変更などを気軽に行いたい、また予算をかけずに作りたい、という理由から天文情報センター職員の読み上げで録音しました。そして、音声ガイドは上記4施設において、2016年10月21

日、22日の三鷹・星と宇宙の日（42ページ参照）より試験運用を開始しています。実は音声ファイルは、ウェブサイト上にありますので（<http://www.nao.ac.jp/access/mitaka/audio/>）、どこからでも聞くことができます。アンケートのサイトも作成しましたので、お試しの上、是非ご意見をお聞かせください。



スマートフォンで見た音声ガイド・ウェブサイト。音を出したくない状況や聴覚障害者を考慮入れ、文字(テキスト)で読むことも可能にしました。

現在、残りの施設でも音声ガイドが聞けるように作業をすすめています。来年度以降になる予定ですが、日本語版が完成したら、英語版の作成にとりかかるつもりです。音声ガイドのウェブサイトは、ひとつの施設につき1ページずつ作成していますが、将来的にはそのページに、音声ファイルだけでなく関連動画や手話通訳での解説動画などもアップロードできればと考えています。また、日本語版が完成した段階で、視覚障害者対応を考えていくつもりです。視覚障害者もスマートフォンを使用されていると聞きますが、その数はごくわずかとのことです。複数の視覚障害者から情報を集め、よりよい方法を探っていくつもりです。少しずつではありますが、これからも進化し続ける見学コースにご期待ください。

★01 国立天文台ニュース2014年4月号p25を参照。

★02 国立天文台ニュース2015年5月号p10を参照。

災害に備えて防災避難訓練を実施

御子柴 廣 (野辺山地区安全管理者)

国立天文台野辺山宇宙電波観測所では、9月30日の午後に防災避難訓練を実施しました。

この訓練は、災害に備えて毎年秋に実施しているものです。13時30分、火災報知器の警報が全館に鳴り響く中、厨房から事務室への「火事です!」との第一報で訓練は始まりました。野辺山観測所の全職員は、「本部・搬出」「防護措置・通報」「避難誘導・救護」及び「消火」のいずれかの係に割り振られています。また、大学院生や業務委託の方はもちろん、当日所内の共同利用宿舎に宿泊している方にも参加をお願いしています。

集合場所は公用車の車庫前で、当日の参加者40名全員の避難確認ができました。そこで、屋内消火栓による放水、救護場所の設営などの訓練を行いました。これらの係は3~4年継続した後に交替します。訓練のため、実際の火災発生時

の対応と一致しないところもありますが、職員が緊急時になすべきことを理解し、経験しておくことは大切です。

ところで火災ではありませんが、この夏、野辺山観測所ではキロスズメバチによる被害が2件あり、病院に搬送しました。幸いどちらも大事に至らずに済みましたが、刺された直後の対応が重要であることは言うまでもありません。近くで発見された巣は駆除しましたが、その後もスズメバチが頻繁に目撃される場所がありました。よって、その周辺を立ち入り禁止とし、PETボトルを利用した手作りの捕獲器でスズメバチを駆除しました。

9月30日はおよそ1時間の訓練でしたが、野辺山観測所では今回のような訓練を重ね、災害や事故が発生した時には居合わせた職員が協力して迅速な対応ができるよう努めて行きたいと思います。



消防署員の指導を受けて放水訓練をする消火係の職員。



参加者全員による小型消火器による消火訓練。

「三鷹地区2016防災訓練」報告

岩城邦典 (天文情報センター)



写真01 続々とグラウンドに集まってくる避難者達。

毎年秋に行われている三鷹地区の防災訓練。2016年は11月10日に行われました。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。

三鷹地区に震度5を超える地震が発生したとの想定で訓練はスタート。地震発生後、余震の収まりと同時に、日本語と英語で身の回りの安全確認とグラウンドへの避難指示が放送されます。同時に、自衛消防隊が招集され、防災行動に出動。



写真02 「はい、いま震度7です」。起震車による訓練。

自衛消防隊により各建物での避難状況・被害状況の確認が進められる中、グラウンドに設置された対策本部では、職員や出張者、見学者の安否確認がおこなわれるという実践的な訓練が行われました。

昨年に引き続き、三鷹消防署の協力により、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もおこなわれたほか、今年は、災害用備蓄品として整備しているドライカレー及び白米50食分の炊き出し訓練も行われました。炊き出しされたご飯は、バックに詰められ、試食会として希望者に配布されました。また、使用期限が来るため入れ替えを行う備蓄品(消毒スプレー、カイロ)の配布も行われました。



写真03 ス...スゴイ煙で前が見えない!ゴホゴホ...



写真04 今回初めて行われた炊き出し訓練。試食会にはお腹をすかせた希望者が殺到。

第5回DTAシンポジウム 「プレソーラー粒子から探る星間ダストの進化と太陽系の起源」研究会報告

野沢貴也 (理論研究部)・脇田 茂 (天文シミュレーションプロジェクト)

2016年9月26日(月)～27日(火)の二日間にわたり、第5回DTAシンポジウム「プレソーラー粒子から探る星間ダストの進化と太陽系の起源」研究会を国立天文台の講義室にて開催しました。この研究会は、国立天文台理論研究部が主催するシンポジウムのシリーズで、第5回目となる今回は「プレソーラー粒子」をキーワードに星間ダスト進化から太陽系形成までを幅広く議論しました。

プレソーラー粒子は、主に隕石中で発見され、その同位体組成から太陽系形成以前の世代の星で形成されたと考えられる0.1-10 μm のサイズの固体微粒子です。プレソーラー粒子の特異な同位体組成は、これら粒子の起源天体を同定する有力な情報として利用され、星での元素合成、核物理、宇宙の化学進化を理解する上で主要な役割を果たしています。

一方プレソーラー粒子は、進化末期の星で形成されてから星間空間中での様々な破壊過程を経て原始太陽系星雲に取り込まれ、隕石母天体である微惑星内部での熱変成をも生き抜いた非常にたくましい微粒子です。それゆえ、プレソーラー粒子の化学組成・サイズ分布・存在量は、星でのダスト形成環境、星間空間での破壊過程、原始太陽系星雲での物質循環、微惑星の熱進化についての記録を保持しており、星間ダストから惑星形成までの宇宙の固体物質進化の一つの線としてつなぐ上で理想的な研究対象なのです。

そこで本研究会では、地球上にて解析することができるこの太陽系外固体物質「プレソーラー粒子」の物理的・化学的性質を基軸とし、多角的な視点からその起源・進化に迫ることを目的としました。またこの目的を達成するため、プレソーラー粒子に関連する天文学者・惑星科学者を集め、各分野での研究アプローチや問題点を共有するこ

とにより、研究分野の垣根を越えた人的交流を促進することも本研究会の理念としました。

本研究会には、総勢38名もの研究者が参加しました。これまで、プレソーラー粒子を中心に据えた分野融合型の研究会はほとんど存在しなかったため、講演については各分野で活躍されている研究者に招待講演をお願いしました。その結果、気づけば全17件の講演のうち15件が招待講演となってしまう、二日間の研究会にもかかわらず一週間の国際会議に匹敵するほど招待講演者の顔ぶれは豪華になりました。一般の参加者も含め、ここまでプレソーラー粒子に関する国内の研究者が一堂に集まることは、おそらく後にも先にもないのではないかと思います。

さて、ひとえに「プレソーラー粒子」と言っても、その研究手法・内容は多岐にわたっています。本研究会では、プレソーラー粒子の同位体分析、星内部での元素合成計算、星でのダスト生成観測、星間空間中でのダスト進化モデル、原始太陽系星雲におけるプレソーラー粒子残存の理論的検証など、レビューや最新の成果も含め多彩な研究が紹介されました。それゆえ、プレソーラー粒子に関連する物理素過程・天体现象を分析・理論・観測・実験のあらゆる視点から討議することができ、まさしく異分野が融合した非常に内容の濃い研究会となりました。

また本研究会の特色として、講演中に質疑や議論を自由に行えることにしました。それが功を奏し、各分野の研究者から質問が絶えず飛び交い、どの講演も講演時間内にはとても収まり切らないほどに議論が盛り上がりました。その結果、休憩時間の短縮を余儀なくされましたが、熱い議論を通して異なった分野の研究者が有機的につながり、本研究会の目的の一つである人的交流も達成されたことと思います。

この研究会を通じて、「プレソーラー粒子」について何が理解されていて、何が未解決の問題であるのか俯瞰的に眺めることができました。また、ミクロンメートル程度の非常に小さい固体微粒子の中に、数十億年にも渡る時間スケールと銀河から原始太陽系星雲までの広い空間スケールにわたるその進化の情報が凝縮されていることを実感でき、プレソーラー粒子は極めて重要な研究対象であることを再確認することができました。

プレソーラー粒子の研究は、その性質上、天文学・宇宙物理学・天体物理学から惑星科学・隕石学・宇宙化学など幅広い分野にまたがる分野横断型の研究です。本研究会での議論や人的交流をきっかけとして、宇宙の固体物質進化と太陽系の形成の解明に向けた新たな研究が展開されることになれば幸いです。



研究会参加者の集合写真。

田鍋先生を偲んで

渡部潤一（天文情報センター）

国立天文台の教授だった田鍋浩義先生が去る10月6日に亡くなられた。享年88歳だった。大学院生を田鍋先生の指導の下で過ごした人間として、思い出などをご紹介します、追悼の意を表したい。

田鍋先生は昭和3年5月3日山口県下関市に生まれ、下関中学校、海軍兵学校を経て、戦後昭和24年に熊本の旧制第五高等学校理科甲類を卒業された。昭和27年には東京大学理学部天文学科を卒業され、東京天文台に勤務し、アメリカのコロラド大学、ハワイ大学、ニューヨーク州立大学などに通算3年間滞在し、黄道光や大気光の観測研究を一貫して行われてきた。東京天文台の大気光観測は1950年代の国際地球観測年(IGY)から30年以上も続けられ、長期のデータが得られている。田鍋先生はこの大気光観測を平成元年に退官されるまでリードされ、その間に国際天文学連合の世界データセンター担当も歴任されている（この間の集大成は国立天文台報第一巻に「東京天文台における大気光観測」としてまとめられている）。また、ハワイに滞在した経験も生かし、すばる望遠鏡の現地

調査の調査隊長という立場で、ハワイ島ヒロの現地事務所をヒロホテルに決めるなどといったことにも貢献された。

私は東大天文学科修士に入学の頃、先生の指導を仰いだ。彗星の研究をされてきた齋藤馨児先生にも指導を仰いでいたが、齋藤先生が講師だったので、正式な指導教官として田鍋先生にお引き受けいただいたのだ。幸い、両先生の適切な指導で修士論文も博士論文も書き上げることができたことに、とても感謝している。大学院生の私にもけっして怒鳴ったり叱ったりすることなく、誤ったことでもやんわりとした口調で諭してくれたことは忘れることはできない。

その後、東京天文台測光部の助手に採用されてからは、毎月、木曾観測所に赴いては、大気光観測データの取得と、全天カメラの現像を行っていたのは懐かしい思い出である。田鍋先生は、なにしろそば好きであった。木曾への道中には（高速道路も諏訪までしか通じていなかったせいもあったが）、甲府から諏訪、木曾などにも、お気に入りのそば屋があって、毎月のようにそばを食べていた。私は特にO竜王店が気

に入っ、その後、なにかと田鍋先生を思い出しながら、機会あるごとに立ち寄っている。先生は若い頃に1958年のスワロフの皆既日食にも観測隊の一員として参加したようだが、その後、趣味で皆既日食に何度も赴いており、日食を含め、海外旅行の通算回数が年齢を超えていたという。オーストラリアのケアンズ日食でばったりお会いしたのもうれしい思い出である。優しい笑顔を最後まで絶やさず、見守っていただいた先生に深く感謝を申し上げると同時に、宇宙で先生の魂が安らかなることを祈りたい。



天文台の見学者に解説をする若き日の田鍋先生。

編集後記

今回は我が観測所の特集号。我ながら予想以上に盛り沢山で素晴らしい内容にまとまっているのではなからうか。これで安心して年を越せそうかな。(は)

3か月ぶりのチリ出張でアタカマ到着。初日は疲れで南天の星空を見ずに寝てしまう。今回は空を眺める余裕ができるよう、仕事を着実にこなしたいものだ。(I)

名古屋科学館でのアルマ望遠鏡講演会が無事終了。そろそろ来年度の講演会も場所とテーマを決めなければ。(h)

ふれあい天文学で新潟の中学校へ。寒い体育館の中で熱心に聞いてくれました。素朴で素直な中学生に会うと元気になります。(e)

今年の流行語にもなっている「PPAP」を2歳の娘が微妙に覚えてしまい、不意に歌いだして1人ではずかしがったりしている。それはそれでかわいいのだが、改めてメディアの威力を思い知らされる。(K)

先日は研究会で広島へ行ったのですが、お昼は広島風お好み焼き縛りということに。美味しかったのですが、ハワイでのフォー縛りに比べるとなんだかだいたい不健康だった気がするのはいのせいでらうか……???(κ)

毎年のことだが、師走になると精神的にもせわしくなる。今年もまた。……運転には十分に気をつけよう。。。(W)

国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.281 2016.12

ISSN 0915-8863

© 2016 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

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）／秦和弘（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／天文シミュレーションプロジェクト）／伊藤哲也（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／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/naoj-news/>でもご覧いただけます。

発行日／2016年12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（出版室）

FAX 0422-34-3952（出版室）

国立天文台代表 TEL 0422-34-3600

質問電話 TEL 0422-34-3688

1月号は新年号
恒例の太陽観測衛星
「ひので」の特集記事
をお送りします。今年
もご愛読ありがとう
ございました。

12月号予告

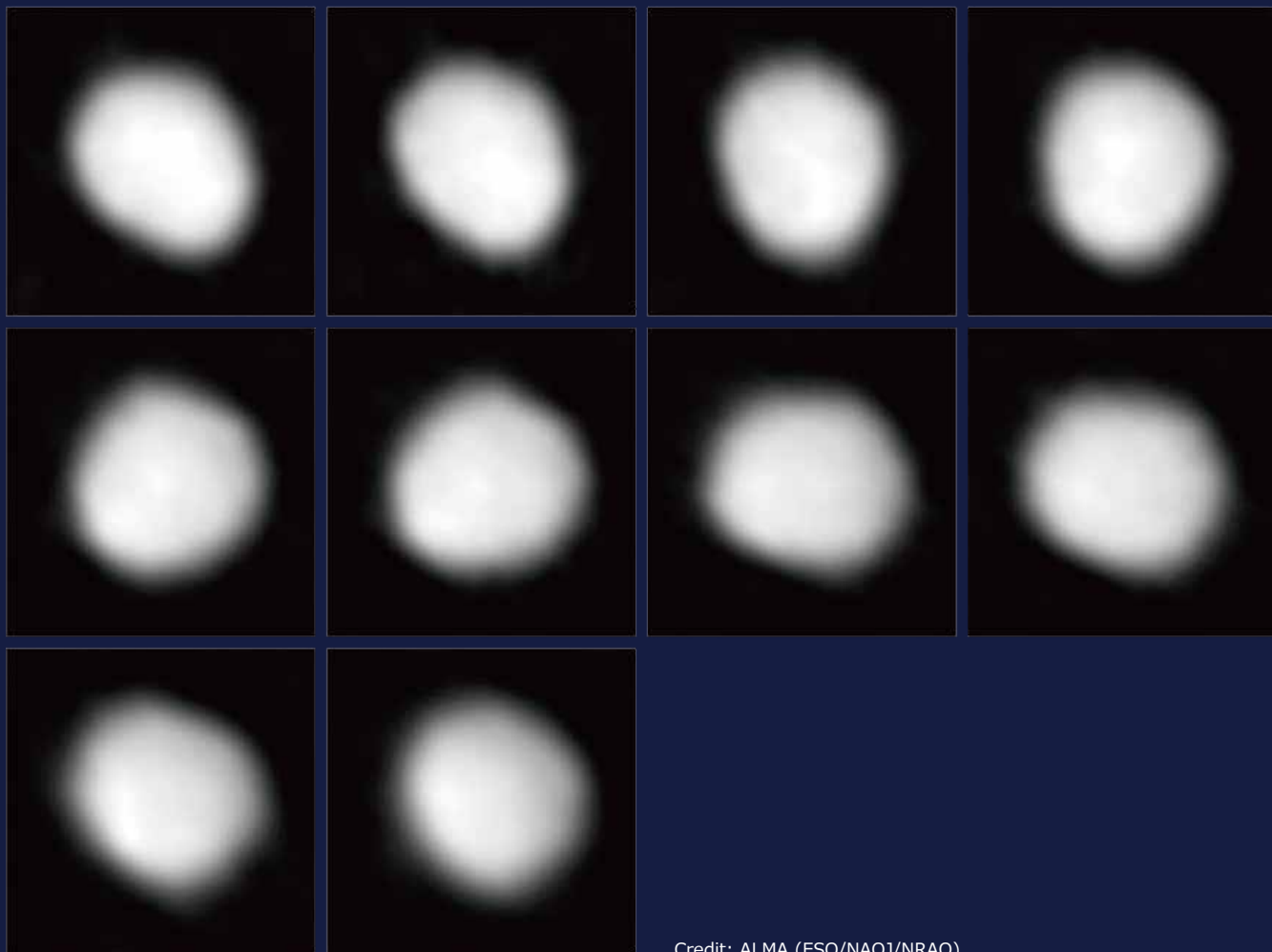


アルマ望遠鏡 観測ファイル09 小惑星ジュノー

Navigator
平松正顕（チリ観測所）

2014年秋にアルマ望遠鏡が行った超高解像度試験観測で捉えられた、小惑星ジュノーの姿です。4時間にわたる観測で得られた画像を並べると、いびつな形をしたジュノーが自転していることもわかります。さらに電波の強度変化を詳しく調べると、ジュノーの表面で温

まりやすい場所と温まりにくい場所があることがわかりました。ジュノー表面の巨大なクレーターの内側と外側で、物質の性質が異なるのかもしれませんが。遠く離れた天体だけでなく、太陽系天体の素顔にもアルマ望遠鏡は迫ることができるのです。



Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

研究者の声

渡部潤一（国立天文台副台長）

小惑星ジュノーは、19世紀に発見されたメインベルト小惑星のひとつ。小惑星番号3が示すように、歴史上三番目に発見された小惑星です。それだけ大きくて明るいということなのですが、どんなに大きな天体望遠鏡で観測しても、ほとんど恒星像として点のままで、200年を過ぎてしまいました。変光周期から自転してい

そうなこと、赤外線と可視光との観測から、反射率と大きさが求められてはいましたが、ハッブル宇宙望遠鏡をもってしても点像以上の情報は得られなかった。アルマ望遠鏡で、これまでのあらゆる観測手段を超える解像度でジュノーの姿を明らかにしたもので、驚異の能力を太陽系研究にも発揮した好例と言えるでしょう。

