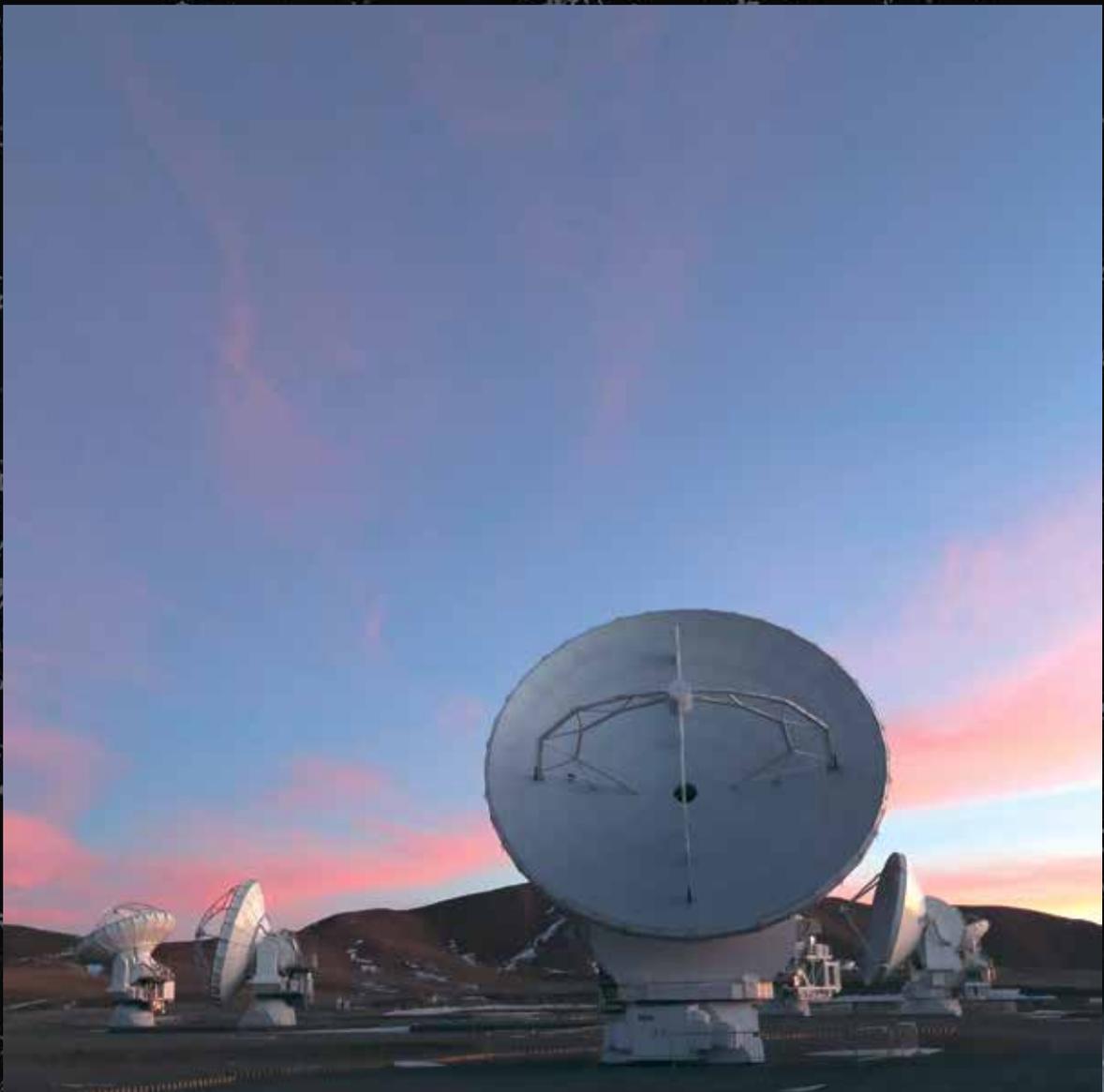


国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2015年9月1日 No.266

特集「いよいよ本気のアルマ望遠鏡」中編 アルマ望遠鏡 大開眼！ 2



- 研究トピックス「アルマ望遠鏡を使った超巨大ブラックホールの質量測定」
- 東アジア・アルマ地域センタースタッフに聞く！
立松健一／伊王野大介／河村晶子／永井 洋／エリック・ミュラー／深川美里／中西康一郎／松田有一／秋山永治／廿日出文洋／下条圭美／シンシア・ヘレーラ、イーピン・アオ、パトリシオ・サヌエザ／三浦理絵／植田準子／江草美実／諸隈佳菜／クワン・ヴェン・ルオン／★齋藤正雄
- 「Physics and Astronomy of Neutron Stars and Supernovae」報告
- ★ 特別附録「アルマ望遠鏡特製ポスター」「アルマーの冒険05」

9

2015

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

特集「いよいよ本気のアルマ望遠鏡」中編 アルマ望遠鏡 大開眼！ 2

第Ⅰ部

- アルマ望遠鏡が切り拓いてきた宇宙2
—さまざまな天体種類別の初期成果の紹介—
—— 平松正顕（チリ観測所）
- 研究トピックス
アルマ望遠鏡を使った超巨大ブラックホールの質量測定
—— 大西響子（総合研究大学院大学）
- おしらせ
アルマ望遠鏡のペーパークラフトができました！

第Ⅱ部

東アジア・アルマ地域センタースタッフに聞く！ インタビュー—川村 晶

★ 東アジア・アルマ地域センターとは？ —— 平松正顕（チリ観測所）

- 立松健一「アルマとユーザーのみなさんをつなぎます」
- 伊王野大介「アルマと科学コミュニティをつなぎます」
- 河村晶子「アルマの効率的な観測指示書をまとめます」
- 永井 洋「アルマのデータ品質を磨き上げます」
- エリック・ミュラー「アルマの解析ソフトウェアを開発します」
- 深川美里「アルマのヘルプデスクでみなさんのお手伝い」
- 中西康一郎「アルマのデータアーカイブをより使いやすく」
- 松田有一「アルマの研究活動を盛り上げます」
- 秋山永治「AQUA（アルマデータ管理システム）を開発しています」
- 廿日出文洋「アルマで遠方銀河を観測する準備をしています」
- 下条圭美「アルマで太陽を観測しています」
- シンシア・ヘレーラ、イービン・アオ、パトリシオ・サヌエザ「日本大好き！」
- 三浦理絵「アルマ・パイプラインの評価試験を行います」
- 植田準子「アルマのデータ解析（QA2）を行います」
- 江草実美「アルマのQA2を行います」
- 諸隈佳菜「アルマのQA2と観測準備作業を行います」
- クワン・グエン・ルオン「ミニ・スターバーストの姿を明らかに」

★ アルマから野辺山へ —— 齋藤正雄（野辺山宇宙電波観測所長）

おしらせ

- 国際シンポジウム「Physics and Astronomy of Neutron Stars and Supernovae」報告 —— 祖谷 元（理論研究部）

連載 Aloha! TMT 08 回

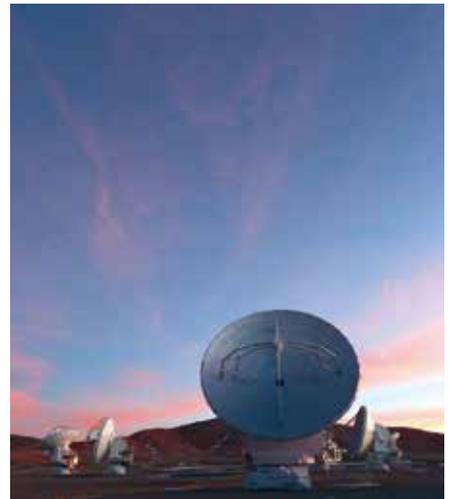
TMT第一期観測装置 WFOS —— 尾崎忍夫（TMT推進室）

- 人事異動・編集後記・次号予告

40

シリーズ「新すばる写真館」18

銀河から噴出する真紅の光（M82, NGC 3034） —— 大山陽一（台湾中央研究院天文及天文物理研究所）



表紙画像

標高 5000 メートル。夕空に立つアルマ望遠鏡のアンテナ群（手前は日本の 12 メートルアンテナ）。

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）

特別附録！

アルマ望遠鏡スペシャル・ポスターを同封します！

今月号で特集・中編をお送りしたアルマ望遠鏡のスペシャル・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

2015年8月

- 7日（金）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 8日（土）水沢VLBI観測所・入来観測局特別公開
- 15日（土）水沢VLBI観測所・石垣島天文台特別公開「南の島の星まつり」（～23日）／4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 16日（日）水沢VLBI観測所・石垣島観測局特別公開
- 22日（土）水沢VLBI観測所・水沢地区特別公開「いわて銀河フェスタ」／野辺山宇宙電波観測所特別公開／4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 27日（木）安全衛生委員会
- 29日（土）岡山天体物理観測所特別公開

2015年9月

- 4日（金）幹事会議
- 11日（金）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 18日（金）幹事会議
- 19日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 24日（木）安全衛生委員会（全体・三鷹）
- 26日（土）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 29日（火）先端技術専門委員会

2015年10月

- 1日（木）幹事会議（水沢）／光赤外専門委員会
- 2日（金）運営会議／天文データ専門委員会
- 9日（金）4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 17日（土）4次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 22日（木）安全衛生委員会（三鷹）
- 23日（金）幹事会議
- 23日（金）～24日（土）三鷹・星と宇宙の日
- 29日（木）電波専門委員会
- 30日（金）OBOG会

アルマ望遠鏡 大開眼！ 2

取材（文・写真）
川村 晶（星の手帖社）

協力
合同アルマ観測所（JAO）
国立天文台チリ観測所

—東アジア・アルマ地域センタースタッフに聞く—



南米チリ北部、標高5000メートルのアタカマの高地に建設されたアルマ望遠鏡が、ついに本格的な観測フェーズに入り、早くも数々の驚くべき成果を挙げています。この特集では、「いよいよ本気を出し始めたアルマ望遠鏡」の近況をスタッフのインタビューとともにお届けします。

平松正顕

HIRAMATSU Masaaki

国立天文台チリ観測所 助教・教育広報主任

アルマ望遠鏡が 切り拓いてきた宇宙2 —さまざまな天体種類別の初期成果の紹介—



2011年から科学観測を開始したアルマ望遠鏡は、年間数百の観測テーマをこなす働きものです。その対象天体は太陽系内の惑星・衛星や小天体、天の川銀河にある分子雲や原始惑星系円盤、年老いた星、近傍銀河の分子雲、遠方銀河にいたるまでさまざま。太陽以外の恒星を観測すること、また広い視野を掃天観測することはあまり得意ではありませんが、それ以外の非常に多彩な天体をこれまでない感度と解像度で観測することができます。

前回の特集（国立天文台ニュース2015年2月号）では、アルマ望遠鏡による研究成果を「星の進化の観測」「銀河の進化の観測」のふたつに大きく分けて網羅的に紹介しました。アルマ望遠鏡観測データによる論文はもうすぐ300に迫る勢いで増え続けており、そのすべてを紹介することは到底できませんが、今回はもう少し具体的な天体を選んでその成果と意義を掘り下げてみましょう。

● 原始惑星系円盤

まずは、生まれたばかりの星を取り巻くガスと塵の円盤、原始惑星系円盤から。これはアルマ望遠鏡が掲げる3つのテーマ「銀河の誕生を探る」「惑星の誕生を探る」「宇宙の物質進化を探る」のひとつに直結する、とても大切な観測対象です。もちろんアルマ望遠鏡以前の電波望遠

鏡でも盛んに観測されてきましたが、アルマ望遠鏡の高い解像度と感度のおかげでその詳細を描き出すことが可能になりました。

その象徴は何といても高解像度試験観測キャンペーンで撮影されたおうし座HL星（詳細は2015年2月号）でしょう。このデータはすでにアーカイブで公開されており、これにもとづいてすでに20本以上の論文が生まれています。プレスリ

リースとして発表されたのは塵の分布画像でしたが、同時に取得されていた一酸化炭素や HCO^+ 分子が放つ輝線データを分析しガスと塵の存在比を求め、ガスの動きに伴うドップラー効果から中心星の質量を1.7太陽質量と見積もった研究（Pinte et al. 2015）もあります。シミュレーション計算との比較から塵の円盤中の同心円の間隙に3つの惑星（それぞれ0.2、0.27、0.55木星質量）



図01 おうし座HL星の原始惑星系円盤の観測から多くの研究が進められています。
画像：ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

があると推測した研究 (Dipierro et al. 2015) があるかと思えば、同じくシミュレーションによって5木星質量の惑星が間隙を2本作る可能性を指摘し画像の解釈に注意を促した研究 (Gonzalez et al. 2015) もあります。そのほか、大型双眼望遠鏡 (LBT) を使って赤外線干渉計でおうし座HL星の円盤に潜む惑星を探す試み (Testi et al. 2015) や、ミリ波の偏光から円盤内の塵の大きさに制限を与える論文 (Kataoka et al. 2015) など、この解像度で見たことで初めて読み取れる多様な情報についての議論が開かれています。今後数多く観測されるであろう他の原始惑星系円盤のデータの解釈のための基礎固めという意味でも、そして惑星形成の全体的な理解のためにも、アルマ望遠鏡による今回の高解像度観測のデータの議論は重要な意味を持ちます。まさに、「百聞は一見に如かず」なのです。

● 重力レンズ天体

次に、重力レンズ天体を取り上げてみましょう。手前の大質量天体によってその奥に存在する天体が放つ電磁波が曲げられ、奥の天体が拡大されるとともに歪んで観測される現象です。アインシュタインによる一般相対性理論による提唱から100年、アルマ望遠鏡でも非常によく観測されています。重力レンズは「天然の望遠鏡」の働きを持つため、アルマ望遠鏡との組み合わせによってさらに超高感度・超高解像度のデータが得られるのです。

高解像度試験観測期間中に観測された重力レンズ天体SDP.81は、117億光年かたにある爆発的星形成銀河ですが、アルマ望遠鏡の解像度0.023秒角（視力2600）と重力レンズを合成すると実効的には0.0046秒角（視力13000！）という驚異の高解像度で、銀河の内部構造が分解されて観測されました。重力レンズの

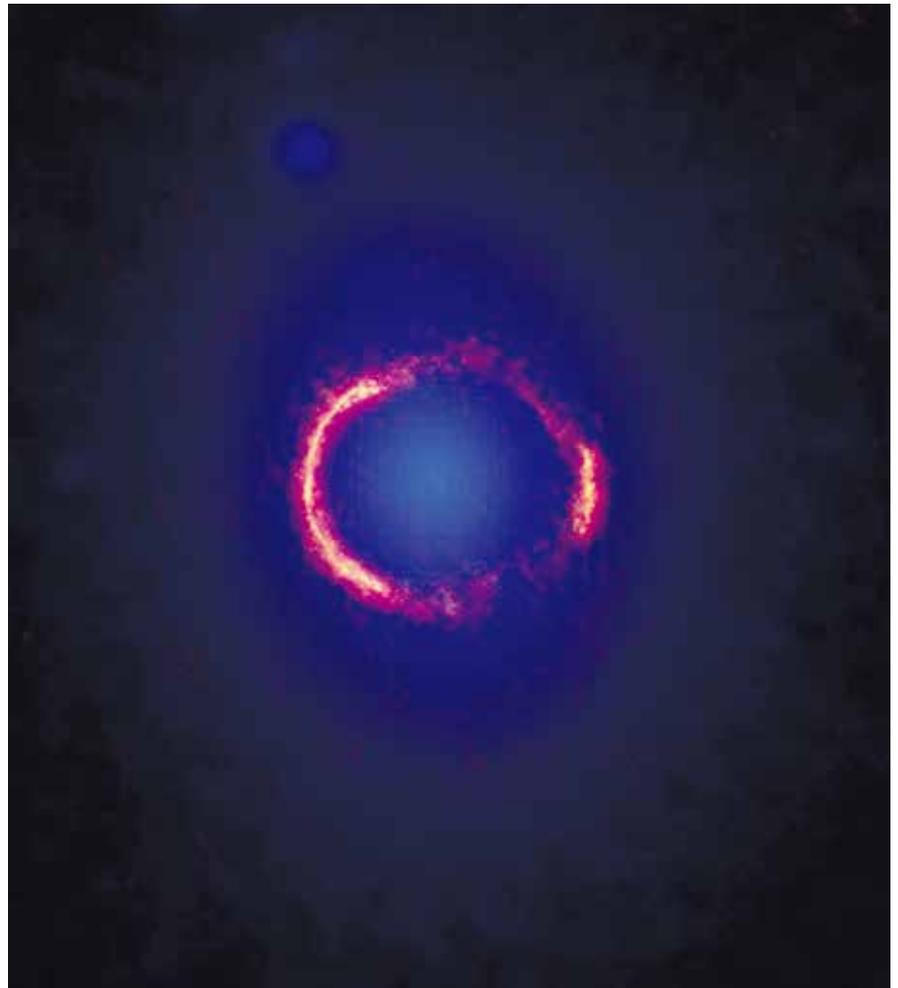


図02 アルマ望遠鏡（オレンジ）とハッブル宇宙望遠鏡（青）で観測したSDP.81。アルマ望遠鏡の解像度がハッブル宇宙望遠鏡を上回っていることがわかります。

画像：ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)；B.Saxton NRAO/AUI/NSF；NASA/ESA Hubble Space Telescope

精緻なモデルによって、200～500光年というサイズの巨大分子雲があることがわかり、この時代の星形成現場をこれほど高い解像度で描き出した初の例となりました (Tamura et al. 2015)。

またアルマ望遠鏡が観測した最も遠くの天体 ($z=7.5$ 、距離131億光年) A1689-zD1も、重力レンズで明るさが9倍に増幅されているおかげで観測できたものです。この天体は宇宙が始まってまだ7億年のところにいるにもかかわらず大量の塵を持っていることがアルマ望遠鏡の観測で明らかになり、宇宙初期の星形成の歴史を物語る重要な成果といえます (25ページ参照)。

● 太陽

そして、太陽。野辺山電波ヘリオグラフが波長9/18mm（周波数17/34 GHz）での太陽電波観測を行っていますが、サブミリ波での太陽観測となるとあまり例がありません。しかしアルマ望遠鏡アンテナは太陽も観測できるように、表面に微細な凹凸を施して熱の集中を防ぎつつ電波を集める構造になっています。

アルマ望遠鏡が観測するミリ波サブミリ波では、太陽の「彩層」下部（温度4000～7000度、高度1000 km程度）を見ることができます。彩層は「ひので」でも盛んに研究されており、そこでの磁場活動が太陽表面（光球）とコロナを結ぶ重要な部位でもあります。アルマ望遠鏡は高

い空間・時間解像度でその温度変化を追いかけることで、その活動の背後にあるメカニズムに迫ります。また太陽フレアの観測でも、これまでの電波観測を大きく上回る解像度を活かして、磁場構造と粒子加速の現場との関係を明らかにしてくれるでしょう。太陽は明るすぎるため、現在さまざまな試験観測を行ってデータ較正や画像合成の手法を確立し、科学観測に入るための準備が行われています（25ページ参照）。

● ブラックホール

最後に取り上げるのは、ブラックホール。特に銀河の中心に存在する超巨大ブラックホールは、アルマ望遠鏡でも格好の観測対象になっています。

ブラックホールの周囲を取り巻くガス雲の観測からは、そうした環境に特異な化学組成—シアン化水素（HCN）の大量生成—があること（Izumi et al. 2013）、さらにシア

ノアセチレン（HC₃N）など複雑な有機分子が集中して存在している場合があること（Takano et al. 2014、Nakajima et al. 2015）もアルマ望遠鏡の観測から明らかになりました。このふたつは異なる銀河の中心にあるブラックホールの観測結果ですが、前者はブラックホール周辺が高温に加熱されたための特殊な組成であると解釈されている一方、後者はブラックホールのごく近傍の高温領域から放たれる高エネルギー엑스線・紫外線が何らかの理由で遮られることで有機分子が壊れずに存在できている可能性を示しています。

また盛んにジェットを放出する超巨大ブラックホール（活動銀河核）も非常によく観測されています。活動銀河核は放射による圧力やジェットによって母銀河のガスを銀河外に押し出し、星形成活動を抑制させると考えられています。このため、銀河の進化を理解する上では重要な天体です。アルマ望遠鏡では、観測史

上最小150光年のジェットが棒渦巻銀河NGC 1433の中心部に発見されました（Combes et al. 2013）。この銀河はそれほど活動的と認識されていませんでしたが、そんな天体でもブラックホールの影響が避けられないことを示しています。また別の活動銀河核では、ガンマ線観測とアルマ望遠鏡の観測を比較することで、ジェットの時間変動が明らかになりました（Marti-Vidal et al. 2013）。ブラックホールへの物質の落下とジェットの放出は定常的ではなく、今回はブラックホールに大量の物質が流れ込んだ瞬間を観測できたのかもしれません。

アルマ望遠鏡は、ブラックホールの基本情報である「質量」の測定にも威力を発揮します。「天体までの距離」や「質量」は天文学の基礎になる数字でありながら、なかなか測定は難しいもの。その詳しい導出方法と意義は、次ページからの研究トピックスで詳しくご紹介します。



アルマ望遠鏡を使った 超巨大ブラックホールの質量測定



大西響子
(総合研究大学院大学)

銀河とブラックホールの共進化の証拠？ ブラックホール質量

宇宙に多数存在する銀河は、中心に高い確率で巨大なブラックホールを持つと考えられています。これらのブラックホールは太陽の数百万倍から数億倍もの質量を持つことから、「超巨大ブラックホール」と呼ばれます。超巨大ブラックホールは、それを含む銀河（母銀河）の成長に深く関わっており、互いに影響を及ぼし合いながら進化していると考えられています。この進化過程を、銀河とブラックホールの共進化と呼んでいます。しかし、超巨大ブラックホールはとてもコンパクトな天体であり、サイズにして銀河の数十億分の一程度かそれより小さいとされています。なぜ、そのような「小さい」超巨大ブラックホールが銀河に影響を及ぼすと考えられているのでしょうか？

これまでの研究から、銀河は衝突合体を繰り返して進化することが分かっています。この事実と、衝突する銀河それぞれの中心に超巨大ブラックホールがある事を考えると、銀河とともに超巨大ブラックホールも成長していることが期待できます。そこで、近隣の銀河について超巨大ブラックホールの質量と、それを含む銀河（母銀河）の中心部（バルジ部）の質量や明るさ等を詳しく調べると、これらの物理量の間に関係がある事が分かりました（図1）。この事は、母銀河の成長・進化に超巨大ブラックホールが大きく影響している事を示しています。このため、超巨大ブラックホールの質量は、銀河とブラックホールの共進化過程を解き明かすカギになると考えられています。

ブラックホールの質量測定は 意外と大変

しかし、この共進化過程の全貌は、あまりよく解明されていません。主な理由は、超巨大ブラックホール質量の精密測定^{★01}が多大な観測時間と努力を要する事による、観測天体数の少なさです。现阶段で超巨大ブラックホールの質量の精密測定が行われた天体はおよそ80天体であり、これは数千以上ある近傍銀河の数と比べて非常に少ないと言えます。

これまで、ブラックホール質量を精密に測

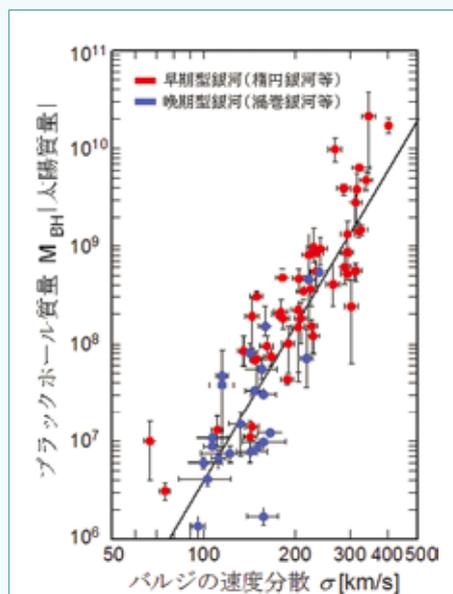


図1 超巨大ブラックホールの質量と、母銀河の中心部分（バルジ）の星の速度分散の相関関係。バルジの速度分散は、星の各方向の運動の激しさを表しており、これが大きいほど重力源が大きい事を表します。この相関からは、全体にバルジ部分の重力源が大きい銀河ほど重いブラックホールを持っている事が読み取れます。

★ newscope <解説>

★01 超巨大ブラックホール質量の精密測定

超巨大ブラックホール質量の測定は、中身の構造が分かる近傍銀河において力学を使って行われており、ここではその測定を「精密測定」と呼びます。

★ newscope <解説>

★02 超巨大ブラックホールとレーザー

1993年、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の45m電波望遠鏡によって、銀河NGC 4258の中心に非常に高速で移動するレーザーが発見され、超巨大ブラックホールの初の観測的証拠となりました。しかし超巨大ブラックホールの周辺にレーザーがあることは多くないため、大半の銀河ではこれらの方法で超巨大ブラックホールの質量を求めることが困難とされています。

定するには、銀河内部の星やイオン化ガスや、強い電波を発する天体である **メーザー★02** の動きを観測し、どのような質量分布ならば観測されるような速度場を実現できるかを調べる研究が行われてきました。このうち星の動きを観測するものは、手法が確立されているために事例が最も多い一方で、適用される天体が銀河の形態分類でいう楕円銀河もしくはレンズ状銀河★03のみに限られています。銀河とブラックホールの共進化を探るためには、様々な進化過程の銀河で超巨大ブラックホールの質量と母銀河のバルジの質量などを計測する必要があります。イオン化ガスやメーザーの動きを観測する手法では、銀河の形態は問われません。しかし、イオン化ガスの動きは単純な計算モデルでは説明できないほど複雑であることが多い事、また超巨大ブラックホールの近くに強いメーザーをもつ銀河の数が少ない事から、この二つの手法を使っても質量を精密に測定された超巨大ブラックホールの数を増やすことは困難でした。

分子ガスを使った新しいブラックホール質量測定法

そこで、私たちは新しい電波望遠鏡アルマを使って、銀河内部の分子ガスの動きを観測する事で、その中心にある超巨大ブラックホールの質量の精密測定をすることにしました。これまでの電波望遠鏡では達成されなかった感度と空間分解能をもつアルマ望遠鏡を使う事で、超巨大ブラックホール質量の導出が可能になると考えたのです。もしこの手法が可能であり、分子ガスが検出される銀河の全てに適用できるとすれば、飛躍的にたくさん、そして多様な種類の銀河について、中心の超巨大ブラックホールの質量を測定する事が可能になります。

私たちはアルマ望遠鏡の初期科学観測で2012年に観測されたNGC 1097という近傍の棒渦巻き銀河(図2)について、超巨大ブラックホールが存在すると考えられる銀河中心から半径約2000光年以内にあるシアン化水素(HCN)とホルミルイオン(HCO⁺)の分布と速度場を調べ(図3)、それをモデル計算で説明することで超巨大ブラックホールの質量を求めました。銀河内部の速度場を計算するためには、その周辺の質量分布の情報が必要です。質量源として、銀河中心の超巨大ブラックホールと周囲の星を考え、ハッブル宇宙望遠鏡の観測結果から導いた星の分布に超巨大ブラックホール質量として太陽の0から7億倍の質量を足し合わせ、それぞれの場合でどのような速度場が実現されるか計



図2 ろ座の方向約4700万光年先にある、棒渦巻き銀河NGC 1097。欧州南天天文台VLTが可視光で観測。(Credit: ESO/R. Gendler)

算しました。その結果、今回観測された速度場を最もよく説明するのは、超巨大ブラックホールの質量が太陽の1億4000万倍のときという事が分かりました。

この結果から、今まで超巨大ブラックホールの質量推定が難しかった棒渦巻き銀河において、分子ガスの速度場を用いることでそれを精密に測定できる事が初めて示されました。今回の結果で楕円銀河やレンズ状銀河に限らず、より多様な形態の銀河について超巨大ブラックホールの質量を求める可能性が開けたと言えるでしょう。また、ブラックホール質量測定にかかる時間も、アルマ望遠鏡の高い感度により、飛躍的に短くなる事が期待できます。例えば、これまでの望遠鏡で50時間以上かけて観測されていた天体を、2013年3月に開始したアルマ望遠鏡の本格運用ではわずか1時間程度で十分に観測できます。さらにこの手法のもう一つの強みは、観測対象である分子ガスが、イオン化ガスなどとは異なって単純な回転運動をしている事が多く★04、モデルを作りやすいという事です。これらの事から、銀河内部の分子ガスを観測するという新しい手法を使う事で、今後質量測定をされる超巨大ブラックホールの数は非常に早く増えていくだろうと期待できます。

new scope <解説>

★03 銀河の形態

楕円銀河は、楕円形をした銀河のことで、全体として古い星で構成されています。一方で渦巻腕をもつ銀河は渦巻銀河と呼ばれています。レンズ状銀河とは楕円銀河と渦巻銀河の中間の姿をしていて、渦巻腕はほとんど見えない銀河です。

new scope <解説>

★04 分子ガスの回転運動

地球が太陽のまわりを回転運動(公転)しているように、万有引力で引き合うものどうしは、宇宙空間では互いのまわりを回ります。銀河の中心部分では、超巨大ブラックホールや密度の濃い星の集まりがつくる重力で、分子ガスは回転運動をします。その一方で、イオン化ガスは、銀河中心に落ち込んだり、逆に中心から吹き出すジェットに乗ったりしており、回転以外の運動をしている様子が観測される事があります。

ブラックホールの質量から、 銀河の進化を明らかに

楕円銀河や渦巻銀河など、多様な形態の銀河の中心にある超巨大ブラックホールの質量を調べていく事で、銀河・超巨大ブラックホールの進化（成長）について、今後どのような知見が得られるのでしょうか。銀河の形態は銀河の進化段階を示していると考えられています。冒頭で紹介した「超巨大ブラックホール質量と母銀河の性質との相関関係（図1）」は、銀河の形態によって異なる関係式をもつ事が近年分かってきました。現段階では約80天体でしかこの相関関係は明らかになっておらず、そのうちの8割程度は楕円

銀河で占められています。今回の研究の成果によって、分子ガスさえあれば様々な形態の銀河での超巨大ブラックホール質量を導出する事ができる上、アルマ望遠鏡を用いて天体数を100、200と増やしていく事が可能になると期待できます。相関関係をさらに詳しく調べる事で、異なる進化段階における銀河とブラックホール質量の関係の詳細を整理する事が可能になると期待されます。この事から、現段階ではほとんど解明されていない銀河の進化過程について、また、ブラックホールがその過程にどのような影響を与えるのかについて、解明していくことが私たちの最終目標です。

● 本研究は、2015年6月5日に発行された米国の科学雑誌「アストロフィジカル・ジャーナル」に掲載されました（K., Onishi, S., Iguchi, K., Sheth, and K., Kohno, 2015, ApJ 806 39）。

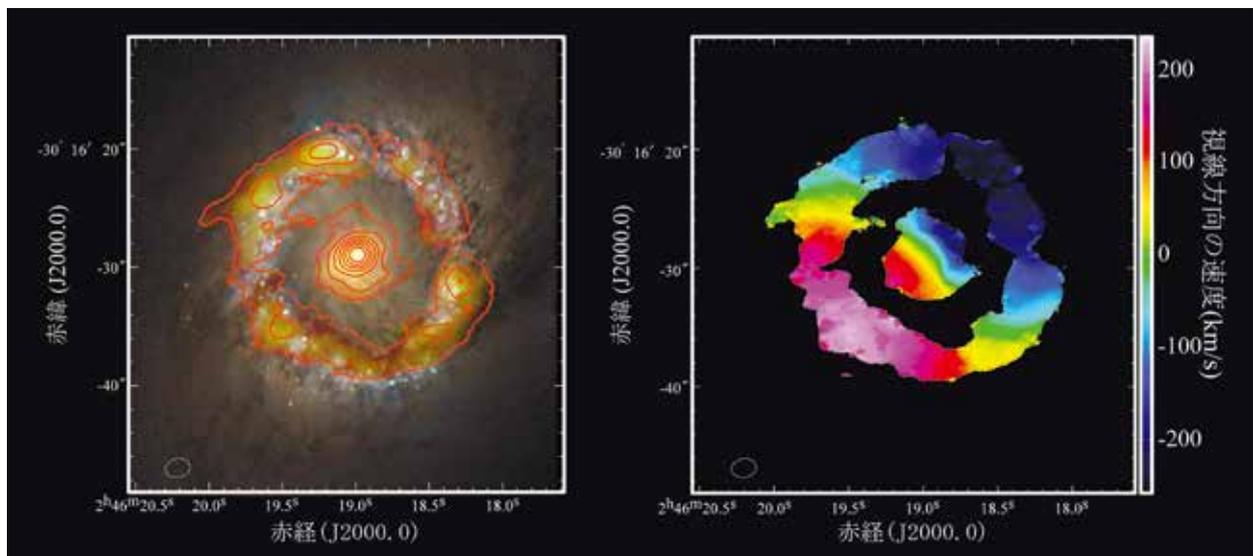


図3 左:アルマ望遠鏡で観測したNGC1097中心部。シアン化水素(HCN)の分布を赤色と等高線で、ホルミルイオン(HCO⁺)の分布を緑色で表現し、可視光画像に合成しています。HCNとHCO⁺の両方が存在する場所は黄色に見えています。右:アルマ望遠鏡で観測したHCNガスの運動を色で表した

画像。赤色の部分はガスが私たちから遠ざかる方向に、紫色の部分はガスが手前に近づく方向に移動しています。
Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), K. Onishi (SOKENDAI), NASA/ESA Hubble Space Telescope

アルマ望遠鏡ペーパークラフト、フルラインナップ！

アルマ望遠鏡は66台のアンテナで構成されており、そのうち54台は口径12メートルのアンテナです。12メートルアンテナは日本製、北アメリカ製、ヨーロッパ製と3タイプあります。残りの12台は、ひとまわり小さな口径7メートルのアンテナで、すべて日本が製造しました。これらを密集した配置で利用すると、ぼんやりと雲のように広がった天体の観測に力を発揮します。アルマ望遠鏡の重要な一端を担う7メートルアンテナ。その形状も他のアンテナとは異なり、少し小ぶりの姿がかわいらしくもあります。

アルマ望遠鏡のペーパークラフトはこれまでに、12mアンテナとトランスポーターがありましたが、8月に、この7mアンテナのペーパークラフトが完成しました。データをダウンロード★してプリン

トすれば、どなたでも製作することができます。駆動部も再現され、本物に近い仕上がりになっていますので、熟練者向けの難易度の高い作品です。秋の夜長にじっくり制作に取り組んでみてはいかがでしょうか。めざせ、66台完全モデル！

(右上) 日本製12メートルアンテナ 熟練者向けのペーパークラフトです。仰角方向、方位角方向に動きます。
(左上) 日本製7メートルアンテナ 熟練者向けのペーパークラフトです。仰角方向、方位角方向に動きます。ホログラフィー受信機搭載、はしご昇降、ペラダア・受信機室ドア開閉などの機能もあります。
(左下) アルマ望遠鏡移動台車(トランスポーター) 熟練者向けのペーパークラフトです。タイヤの向きを自由に動かせます。
(右下) 12メートルアンテナをトランスポーターに搭載することもできます。

★ <http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/multimedia/papercraft/>



第Ⅱ部

東アジア・アルマ地域センタースタッフに聞く！

アルマ望遠鏡では、チリの現地観測施設だけでなく、アルマ望遠鏡に参加する3地域（東アジア・欧州・北米）にそれぞれ「アルマ地域センター（ALMA Regional Center：ARC）」が設置されています。国立天文台には、東アジア・アルマ地域センターが置かれ、三鷹キャンパスでたくさんスタッフが働いています。前編（2015年2月号）ではおもにアルマ望遠鏡があるチリの現地スタッフの声をお送りしました。この中編では、東アジア・アルマ地域センターのスタッフにお話を伺います。

平松正顕

HIRAMATSU Masaaki
チリ観測所 教育広報主任

東アジア・アルマ地域センターとは？

アルマ望遠鏡から出てくる革新的な成果を支えているのは、高性能な観測装置やチリ・アタカマという立地だけではありません。アルマ望遠鏡に参加する3地域（東アジア・欧州・北米）にそれぞれ設置された「アルマ地域センター（ALMA Regional Center：ARC）」が、世界に数ある天文台の中でも非常に特徴的な役割を果たしているのです。その役割は、一言で言えば「手厚いユーザーサポート」です。

望遠鏡を用いた研究といえば、人里離れたところにある天文台にはるばる出向いて、慣れない望遠鏡の操作を行い、取得されたデータをイチから解析し

て……、ということになるのが常ですが、アルマ望遠鏡はもっとユーザーにやさしい望遠鏡を目指して制度が設計されています。特に、提案を出した研究者が観測そのものに関わらないというのは特徴的です。アルマ望遠鏡のような複雑なシステムを、外部から入れ代わり立ち代わりやってくる研究者が自分で間違いなく効率よく操作するのはほぼ不可能。またアルマ望遠鏡では実行される観測は当日の天候やほかの観測の進行状況、アンテナの配列によって動的に変更されるため、そもそも自分の観測がいつ行われるかが前もってわからないのです。

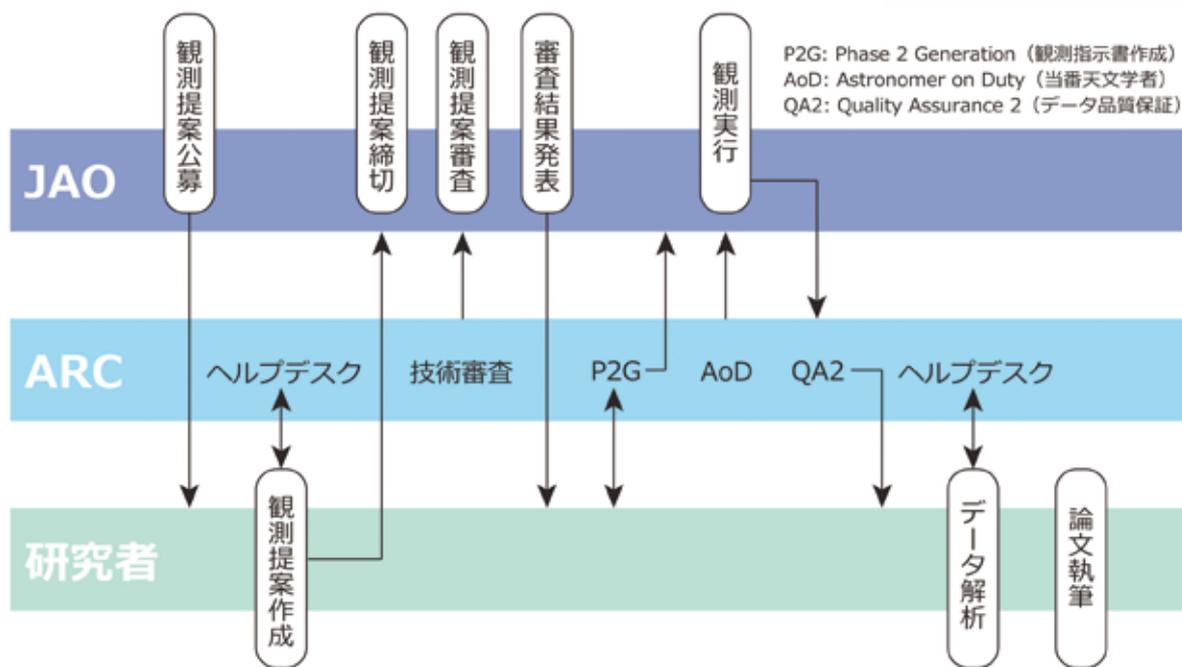


図01 観測公募から論文出版までのアルマ望遠鏡を使った観測の流れと、JAO/ARC/研究者とのやり取り。研究のさまざまな段階で、JAOとARCが研究者をサポートする形になっています。

代わりに、望遠鏡のセッティングが記述された観測指示書をARCスタッフが作成し、チリ現地ではオペレータがこれを基に望遠鏡を駆動させてデータを取得します。さらにアルマ望遠鏡では研究者にデータが渡る前に、チリの合同アルマ観測所スタッフとARCスタッフによってデータの品質保証が行われます。データにおかしなところはないか、観測提案書に書かれている分解能や雑音レベルなどが満たされているかどうかをスタッフがデータを解析して確認し、画像の合成までを行って研究者にデータを渡します。こうすることでスムーズに成果が出るほか、電波干渉計の複雑なデータ解析に不慣れな研究者でもアルマを使った研究に参入することができます。

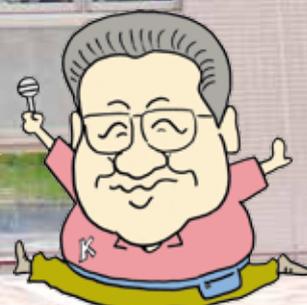
また解析済みのデータはデータアーカイブに蓄積され、1年間の占有期間が終わったのちには全世界の研究者に向けて公開されます。

さらに、「ヘルプデスク」というまさにユーザー

サポートのための窓口が開設されており、ユーザーは観測提案の作成や観測実行準備、データ解析に至るまでいろいろな質問を専用ウェブサイトから送り、回答を得ることができます。特に観測提案の締め切り前は質問窓口もフル稼働。これまでに寄せられた質問とその回答もまとめられており、アルマを使う研究で困ったらまずここに、という体制になっています。

以上のような、さまざまなサポート業務に携わる東アジア・アルマ地域センターのスタッフの紹介記事をお届けします。ARCのスタッフは、自身もアルマ望遠鏡などのデータを使って研究を行う研究者でもあります。自身もユーザーだからこそわかる使い勝手の向上のための取り組みやユーザーズミーティングを開催して直接ユーザーの声を集める取り組みもARCの大切な仕事。アルマ望遠鏡の素晴らしい成果を目にしたら、これから紹介する縁の下の力持ちの皆さんの顔も思い出してみてください。

インタビューは、
前編に引き続き、わたくし
川村 晶 が担当します！



立松健一

TATEMATSU Ken-ichi

国立天文台 チリ観測所 教授
東アジア アルマ地域センター・マネージャー

アルマとユーザーのみなさんをつなぎます



私は、究極の電波望遠鏡「アルマ」を利用する世界中の研究者のための共同利用センター「アルマ地域センター」のマネージャーです。アルマは、日本から見て地球の反対側の南米チリにあり（日本からは乗り継ぎを入れて30時間以上）、標高も富士山より高い5000m。すばる望遠鏡の場合は、研究者自らハワイに出張して観測しますが、アルマは出張せずに本国から観測できるような仕組みになっています。ここで重要なのが日米欧の3か所に置かれたアルマ地域センター。現地で自分自身が

キーボードをたたいて観測するわけではないので、事前に100%完璧な観測指示書を準備し（間違えると貴重な観測時間を失います!）、現地オペレータに代わりに観測実行してもらった後、観測データを受け取って本国でデータ解析をします。電波天文学者の場合、データ解析はお手のものかもしれませんが、しかし、アルマは光学赤外線天文学者、X線天文学者、理論天文学者などいろいろな人に使っていただきます。そこで、だれでも解析できるように、データ解析の支援をセンターで行っています。また、ハッブル宇宙望遠鏡やチャンドラX線望遠鏡と同様に、アルマでもアーカイブ天文学（観測提案者の占有期間が切れた後の公開観測データを用いた研究）による研究が重要です。これもセンターでサポートしています。

自身の研究では、星の誕生を研究しています。人間の場合は、一番軽い人（大人）と重たい人の差はせいぜい4~5倍ぐらいしかありませんが、太陽のような星（恒星）の場合には千倍ぐらいの違いがあります。「星の質量は何が決めるのか？」が、私の研究のテーマです。冬の星座、「オリオン座」と「おうし座」。隣同志ですが、実はとても重要な比較の対象です。天文に興味のない人でも「オ

リオン座」はよく知っています。①覚えやすい形（これは偶然ですが）をしていて、②青白く明るい星が多い。また、③オリオンの大星雲がある。②と③は天文学的にも意味があり、オリオン座では重たく明るい星が生まれているという事実から来ています。一方、おうし座では、重たい星は生まれておらず、われわれの太陽のような質量の軽い星が生まれています。私は環境効果を見るためにオリオン座とおうし座の比較研究を行っています。

星は宇宙に漂う雲（分子ガスが主成分で「分子雲」と呼ばれる）から誕生します。それは電波望遠鏡でよく観測できます。オリオン座には10万太陽質量もある「巨大分子雲」があり、おうし座には軽めの分子雲「暗黒星雲」があります。巨大分子雲では、星が集団（星団）で生まれているのに対して、暗黒星雲では星が孤立して誕生していることが知られています。銀河系の大多数の星は巨大分子雲から誕生すると考えられているので、巨大分子雲での星の誕生は大変重要です。しかし、最も近い巨大分子雲であるオリオン座でも距離がおうし座暗黒星雲の3倍遠いために観測が難しく、巨大電波望遠鏡が利用できるようになった近年、やっと本格的研究ができ

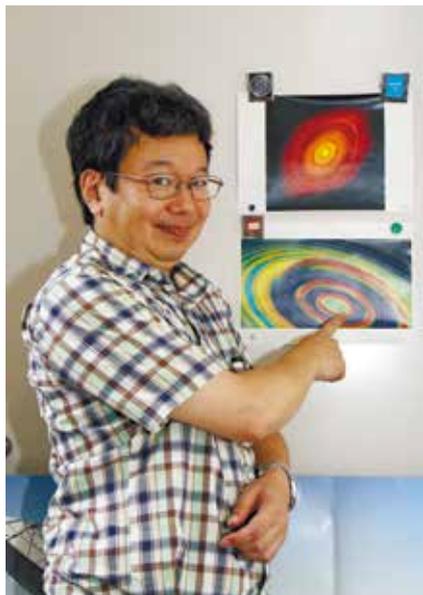


図01 「おうし座HL星の画像が出てきた時、うれしかったなあ」という立松さん。かつてジェフ・プライデン氏が描いた惑星系形成の理論シミュレーション画像と見比べながら、「プライデンの画像を持って、アルマの予算獲得交渉に出かけたのが懐かしいです」。

るようになってきました。最近着目しているのが、「分子雲の年代測定」。岩石で放射性同位元素による年代測定ができるように、分子雲も分子の化学組成（CCS分子、アンモニア分子など）を用いて年代測定ができるのです。おうし座の暗黒星雲などでは、この手法が確立されていますが、オリオン座巨大分子雲ではほとんど研究がありませんでした。我々は、最

近、オリオン座での化学進化の様子を観測的に確立することに成功しました（立松ほか2014a；大橋聡史ほか2014）。また、オリオン座で、まさに今星が誕生しそうな場所の同定に最近成功しました（立松ほか2014b）。その結果は大変興味深いもので、星が誕生する直前の分子ガスの塊は、おうし座でもオリオン座でもたいへん似ているようなのです。一方、違いは

その塊の周りに、おうし座ではほとんど分子ガスがないのですが、オリオン座では分子ガスの塊が数十太陽質量にもおよぶ分子ガスの「繭」に取り囲まれていました。この違いが、オリオン座とおうし座での星形成のモードの違いに関係しているのではないかと考えています。アルマを用いて、さらに研究を展開していきたいと思っております。

アルマユーザーに向けた「研究サービス業」のとりまとめ役



立松さんにInterview

子どもの頃から天文好きだったという立松健一さん。高校生の時に天文学者を志し、京都大学で宇宙物理学を学びました。

「はじめは、光赤外で渦巻銀河や星の誕生を観測するとおもしろいなあ、と思っていたのですが、ちょうど完成直後の野辺山45mでの観測に連れて行ってもらったりして、これからは電波の時代かな、と思い始めていました」。

そこで、分野を変えて大学院では電波天文学を学び、野辺山宇宙電波観測所やテキサス大の研究員などを経験します。さらに、サブミリ波の観測を進めたいという気持ちで、アルマのプロジェクトに参加したという立松さん。「アルマでは最初、ソフトウェア開発のマネージャをやったのですが、ソフトウェアは外注する予定でした。ところが、米欧の担当者からは『外注で丸投げではソフトウェアは絶対できないから、専任のプログラマを十数人集めなさい。ソフトウェア開発の国際標準とはそういうモノだ』といわれたんですね。さらに『できないならお金を払いなさい』とまでいわれました。これはもう、かなり屈辱的に感じましたね。こちらには、そういう文化がなかったんです」。

ところが、2004年に国立天文台が法人化したことで転機が訪れます。それまでは、職員は公務員であるという制限があったのですが、人材を自由に雇えるようになったのです。「英語ができて、ソフトウェア開発の

できる人をたくさん雇いました。実際にやってみると、思っていた以上にアルマのソフトウェアの開発はダイナミックなんです。仕様書をやり取りして、うまくいかなかったら、各国の担当者が合議でどんどん開発のやり方を変えていくんですね。なるほど、これでは外注していたら完成しないかと、米欧の主張に納得しました」。

その後、立松さんはアルマ推進室長に就任します。

「いま思えば、アルマ推進室長をやっていた2008年から2011年の4年間はたいへんだったかな。週3回の夜中の電話会議に出て、時には夜8時から明け方の4時くらいまでのテレビ会議に出たり、泣きそうになるくらい眠くてつらかったのを覚えています。当時は広報の部署もなく、広報の代行もやったり、最後の1年は国立天文台の法的な代表者であるチリ事務所長としてチリに単身赴任したり……」。

そして現在、立松さんは東アジア地域センターマネージャーとして三鷹にオフィスを構えています。

「ここは、アルマ望遠鏡を使いたい研究者へのサポートを行う部署です。どんな観測ができるのか、ユーザーズミーティングを開いたり、プロポーザル作成のお手伝いしたり、実際にチリに送る観測指示書を作って、観測されたデータの品質保証をして研究者に届けるとか、いうなれば『研究サービス業』ですね。さまざまな問い合わせに対応するヘルプデスクまであります。たいへんなのは、データの品質保証でしょ

うか。アルマ望遠鏡はどんどん観測効率が上がっていて、良質なデータもたくさん取得されて、それはそれでうれしいのですが、データ量が多くて解析が追いついていないのが現状です。このスタッフは、皆、本当に一生懸命データ解析を行ってくれているのですが…」と、困り顔ではありながらも、「究極の電波望遠鏡プロジェクトに参加できたことがなによりうれしい」という立松さん。これからもアルマ地域センターでスタッフ一丸となって、研究者へのサービスに邁進されることでしょう。



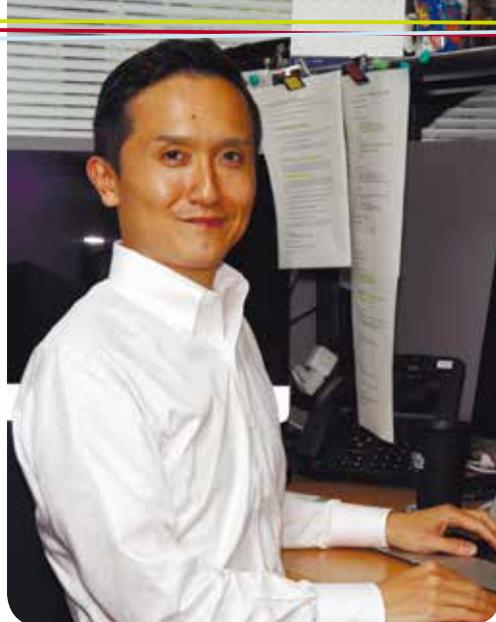
図02 オフィスには、古い小型赤道儀が置いてあります。「疲れたり辛いことがあった時、こういう機材に触ったり、メーカーのサイトで望遠鏡の仕様表なんかを眺めていると心が落ち着くんですよ」と、実はかなりの天文機材マニア？

伊王野大介

IONO Daisuke

国立天文台 チリ観測所 准教授
東アジア・アルマ・プロジェクトサイエンティスト

アルマと科学コミュニティを つなぎます



私は、東アジア地域のアルマプロジェクトサイエンティスト（以下PS）として、「アルマプロジェクトと科学コミュニティを結ぶ役割」を担っています。例えば、アルマを用いた科学研究を活性化するために、国際・国内研究会を開催したり、支援したりしています。その中で、アルマに求められている性能や科学要求を把握し、アルマの将来計画に取り込んでいきます。また、海外の協力機関との交渉や連携もPSの重要な仕事のひとつです。東アジア・北米・欧州の3つの地域に1名ずつPSがいて、彼らとは常日頃からメールや電話会議で連絡を取り合って情報交換をしています。さらに、メールなどでは伝わりにくい事柄

もありますので、1年に2回は直接顔を合わせて議論を行い、密接な連携をとっています。

アルマで観測データを取得するための第一歩は、1年に1回行われる公募（Call for Proposals）に観測提案書を提出することから始まります。世界中の研究者から1500件以上の観測提案書が集まるため、強力な観測提案書を書くことが重要になります。観測提案が採択され観測データを取得できたとしても、気を緩めてはいられません。取得したデータは、1年後に誰もが入手できるデータとしてウェブ上で公開されます。そのため、観測成果をタイムリーに論文として発表していくことが求められます。このような世界的な競争の中で、東アジア地域から競争力のあ

マを使った科学的な研究も大学院生や若手研究者とともに進めています。宇宙には興味深い研究対象がたくさんありますが、その中でも「銀河の形成と進化」というテーマに興味があります。特に、銀河の衝突と合体の時に起こる物理現象に着目しています。銀河は一生のうちに何度も衝突や合体を繰り返し、大小様々な銀河を取り込みながら成長していくと考えられています。その衝突の影響によって銀河内のガスが部分的に寄り集まり、濃いガスのかたまりが作られ、それが新しい星団へと進化していくことがコンピューターを使ったシミュレーションから予想されています。また、遠方（初期）の宇宙に目を向けると、一年に1000個以上もの星を作り出している銀河が存在することが知られています。サブミリ波銀河と呼ばれるこのような天体は、大量の塵に覆われているためにその真の姿を可視光で見ることができません。そのため、塵の影響を受けにくい電波の観測が大変重要になってきます。アルマの高い分解能を使うことによってようやくその姿が少しずつ見え始めてきましたが、まだ分解能が足りず、サブミリ波銀河はいったいどのように星を形成しているのか？ 銀河の衝突が関係しているのか？ まだま



図01 「若い人といっしょに研究を進めることがとても楽しい」という伊王野さんのデスクには、担当していた大学院生のサイン入りコルクがたくさん。論文が受理されるとシャンパンを開けるといのが、伊王野さん流のお祝いなのだそうです。

だ謎だらけです。私たちの研究グループでは、アルマ望遠鏡をはじめとする電波望遠鏡を使ってサブミリ波銀河や衝突合体銀河を観測し、銀河衝突と星形成の関係について研究を進めています。

今年の後半から、いよいよ0.05

秒角の分解能を用いた科学運用が開始されます。高い分解能を使うと、今までとは全く違う世界が見えてくるのが、今年のために実施された試験観測 (Long Baseline Campaign) によって実証されています。数年後には、初

期宇宙に対する理解が飛躍的に進むことが期待され、いまから楽しみで仕方ありません。東アジア地域の研究者と連携をとりながら、世界をあとと驚かすような研究成果を届けられるよう努めていきたいと思います。

コミュニティとプロジェクトのインターフェース



伊王野さんに Interview

小学生の時、ハレー彗星を見て天文の世界に興味を持ったという伊王野大介さん。趣味はいくつもあったといいますが、親にねだって望遠鏡を買ってもらい、月刊の天文雑誌を読むという少年時代を過ごしてきたそうです。小学校の卒業文集を拝見すると、そこには「日本初の宇宙飛行士なる」や「天文の伊王野博士と呼ばれたい」という文字が記されていました。「日本初の宇宙飛行士にはもうなれませんが、天文学者になるという夢は叶いました」という伊王野さん。18才の時、単身アメリカに渡り、アリゾナ大学とマサチューセッツ大学で天文学を学びます。「自分なりにいろいろ調べて、この際、違う文化に触れながら天文学を勉強するのもいいか、と考えて日本を離れました。電波を選んだのは、天文学の基礎を学んで専門に進もうとしたときに、

ハワイのSMAに行かないか、という話があったからです。マサチューセッツは寒いので、ハワイはいいなあ、と思って(笑)。SMAは立ち上げの時期で、アンテナもまだ2台ほど。もちろん、その先にアルマ望遠鏡の計画があるので、勉強するにはとてもよいチャンスだと考えました。

帰国後は、アルマ推進室の연구원として着任するなど、検討段階からアルマに関わってきました。2012年に野辺山宇宙電波観測所からチリ観測所に異動し、東アジア地域センターのプロジェクトサイエンティストに着任されました。

これまでのアルマでの仕事を振り返っていただきましたが、「アルマのこれまでの仕事で、たいへんと感じたことやキツイと思うことは、それほどありません。小さい頃からずっとやりたか

った仕事ですし、今は毎日が楽しいですね。天文学に携われるだけで私は満足なので、特に辛くはありませんよ」と、ダンディな雰囲気です。伊王野さん。当インタビューシリーズ史上、はじめて「仕事で辛いことのない方」に出会いました。

「あっ、でも、じつは標高が高いところが苦手で、飛行機に乗っても頭痛のひどい高山病になってしまうほどです。なので、海外出張がづらいですね。AOS (標高5000m) へあがることもあるのですが、きついです……。実はハワイのSMA (標高4000m) でもつらかったのですが、当時は若さで乗り切ってきました。今はもうダメですね」と、伊王野さんにも弱点がありました(なぜかちょっと親近感?)!

では、うれしいことや楽しいことは、もうたくさんあったことでしょうか。

「うれしいのは、アルマ望遠鏡での成果が出てくるのがいちばんです。観測結果が論文として提出されたり、広報でリリースされるとうれしいですね。それから、昨年12月にアルマ望遠鏡国際研究会を東京で開催したのですが、その現地組織委員会の委員長を務めました(国立天文台ニュース2015年2月号参照)。世界中から300人もの研究者を集めたのですが、終わった時はうれしかったというよりもホッとしました。楽しいのは、若手の研究者といっしょに研究することでしょうか」

今後はプロジェクトサイエンティストとして、アルマ望遠鏡とそれを利用したい研究者との中を取り持っていくという伊王野さん。アルマ望遠鏡を使った東アジアのサイエンスをより高めるために、尽力されることでしょうか。

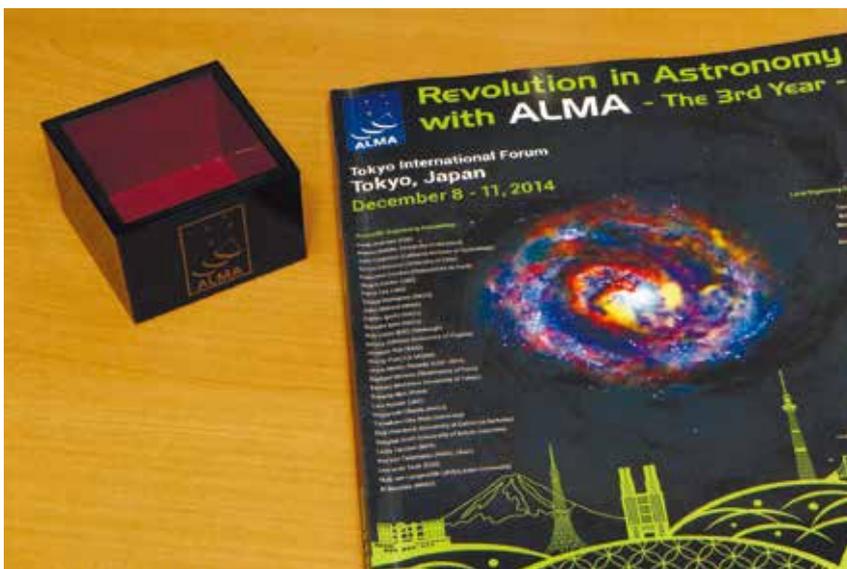


図02 2014年12月に東京で開催されたアルマ望遠鏡国際研究会の現地組織委員長だった伊王野さん。世界中の電波天文学者が集結し、「まだ集録を 製作中」とのこと。写真は参加者に配られた予稿集とお土産の「ALMA ロゴマーク入り」。

河村晶子

KAWAMURA Akiko

国立天文台 チリ観測所 特任准教授
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(ヘルプデスク・ワーキンググループ、P2Gワーキンググループ)

アルマの効率的な 観測指示書をまとめます

アルマ望遠鏡は、さまざまな分野で活躍する世界各国の天文学者から、観測が提案されます。そのため、観測目的ももちろんですが、観測方法も多岐にわたります。広い領域にわたり細かな構造を多波長で観測したい、という希望もあれば、一つの方向を長く積分し、今まで検出され得なかった微弱な電波を受信したい、ということもあります。このような観測諸元をもとに、望遠鏡を駆動し観測を実行するためには、細かなパラメータを集めた観測テーブル(指示書)を作成する必要があります。アルマではphase2と呼ばれています。チリ現地にて、数多くのテ

ストがなされ、効率よく観測が実行されるべく各種パラメータが決定されていきます。私の属しているphase2ワーキンググループは、各ARCからメンバーが参加し、それらの実装にむけて、観測諸元とうまく整合されていくよう確認、検討を進めることを目的としています。また、現在は、新たな装置や観測モード、そしてソフトウェアが開発、テストされ組み込まれていく段階ですので、各プロジェクトの観測テーブルは、アルマプロジェクトとして各ARCで作成しています。これらの作成が問題無く進められるよう、合同アルマ観測



所(JAO)と連絡を密にとりながら進めて行くのもワーキンググループの重要な仕事です。今までの観測サイクルでは、各種プロジェクトの観測テーブル作成について議論が必要なときもあり、作成そのものに時間を割く事が多かったのですが、JAOや他のワーキンググループとの連携をより強くし、phase2が効率よく進められ、将来的には観測提案者に観測テーブルを作成して頂けるようにすることを目指しています。

よりよい観測指示書を作ってアルマのクオリティに貢献したい



河村さんに Interview

海外の大学で天文学を専攻され、帰国後に電波天文学の道に進んだという河村晶子さん。さらに、名古屋大学や野辺山宇宙電波観測所、宇宙科学研究所で研究員などを経験しました。「4年ほど前からアルマのプロジェクトに参加しています。ちょうど、観測公募が始まったころからです。最初はユーザーサポートの仕事に就きました」とのことですが、現在は東アジア地域センターでのユーザーサポートに加え、観測提案者に代わりアルマ望遠鏡の観測指示書を作成する仕事をされています。「指示書を作る仕事を始めて1年ほどですが、最初は間違えるのが恐くて、指示書を仕上げることだけに気持ちが行ってしまいました。将来は、観測提案者自身が指示書を作ることになるので、指示書はこうあるべきというルール作

りも重要な仕事なのですが、他のワーキンググループとの情報共有やディスカッションがなかなかできなくて反省しています」という河村さん。「これまでに作成した指示書のいくつかは、もう少し考えて作れば効率よく観測できたかな、データの処理が楽になったかな、と思っています。指示書の作り方によっては観測やデータ解析で大きなタイムロスになりますから」と、観測指示書作成にはかなり厳しく取り組まれているようです。

河村さんのサイエンスは、星間物質の観測的研究。すなわち、星間物質が直接放出している電波を観測し、その物理状態や分布を調べることです。過去には、チリ・ラスカンパナスに設置されていた名古屋大学の4mミリ波望遠鏡「なんてん」を使って、観測を行っ

たこともあるそうです。この時は、現地に出向いて望遠鏡を操作したそうです。「なんてんは装置もプロジェクトも小さいのですが、アルマもなんてんもそれぞれいいところがあって、そこがおもしろいなあ、と感じています。なんてんでの経験は、アルマの観測指示書作りにも役に立っています。私自身がアルマの観測提案者でもあるので、効率よく、よりよいデータが得られるように、観測指示書を作っていきたいですね」。

観測指示書がなければ、アルマは動きません。この秋には新しいサイクルの科学観測が始まります。観測提案者に高いクオリティのデータが届けられるように、河村さんの「観測指示書作成術」には、ますます磨きがかかっていくことでしょう。

永井 洋

NAGAI Hiroshi

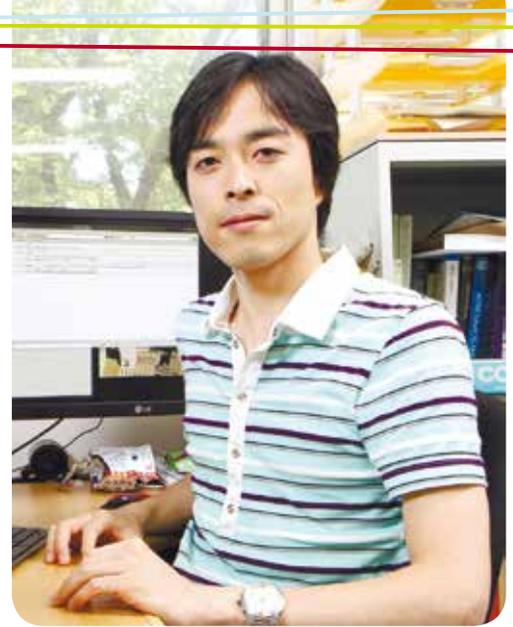
国立天文台 チリ観測所 特任准教授
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(データ解析マネージャー、CASA 東アジア・リード (★注))

アルマのデータ品質を 磨き上げます

望遠鏡で取得されたデータを科学的に有用なものにするためには、データ較正・イメージングという作業が必要です。従来の電波望遠鏡では、この作業は観測提案者に委ねられていました。アルマの場合、スタッフがこれを行い、データ品質を保証します。この作業は Quality Assurance (QA2) と呼ばれ、ARCにおける最も重要な業務の一つです。私は東アジア地区のQA2をマネジメントする役割を担っています。

QA2の思想は、個々の観測データの質のばらつきを少なくするこ

と、そして観測提案者がデータ解析に費やす負担を軽減し、成果を速やかに創出できるようにするというものです。崇高な目標ではありますが、達成するのはなかなか大変です。Cycle 2だけでも、東アジアで80を超える観測提案が採択されていて、データ解析は膨大な作業です。アルマは発展途上のため、解析に求められる状況は目まぐるしく変化します。データに問題点が見つかることもしばしば。状況・問題点を見極め、適切な対処をし、少しでも良い成果が生まれる



よう日々尽力しています。

私が興味をもっているサイエンスは、大質量ブラックホールのジェット現象です。その発生メカニズムに迫るためには、ブラックホール近傍を見通すことが可能なサブミリ波と、磁場構造を調べるための偏光観測が重要です。近い将来、アルマを含めたVLBI観測を使って、その本質に迫りたいと考えています。



永井 洋さんのインタビュー記事は国立天文台ニュース2012年6月号もご参照ください。
http://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/data/nao_news_0227.pdf

少数精鋭でがんばる東アジア地域センターです

ブラックホールのジェットのメカニズム解明が研究テーマの永井洋さん。1年ほど前より東アジア地域センターのデータ解析マネージャーを務めています。それ以前は偏波観測機能の立ち上げや試験観測を担当していました。「ここは、アルマ望遠鏡を使いたいと思っている研究者のサポートを行います。中でも特に観測データの品質を保証するのが私の主な業務です。アルマ望遠鏡で得られたデータをスタッフが解析するのですが、その統括と、問題が起こったなら速やかに対処方法を検討し、解決するというのが主な仕事です」。

そんな永井さんに仕事の進捗状況がうかがってみました。

「まさに今、たいへん苦しい状況です。

東アジアだけで、現在80件を超えるプロポーザルが出ています。しかも、多くは複数の観測を行います。平均的に1観測当たり3件としても、240件の観測ブロックがあります。その全てを常に見てないといけなないので、気を抜けない作業ですね。現在、アルマのデータ解析業務に参加しているスタッフは十数名いますが、データはパーフェクトな状態で出てくるわけではなくて、トラブルを抱えたデータもあります。とはいえ、問題のあるデータもできれば使えるモノにしたいので、状況に応じて私が適切な指示をしていくことも必要です。そこには工夫と試行錯誤、そしてこれまでの経験が問われるところですね」。

永井さんの目下の最大の悩みは、観

測がされてから観測提案者にデータが届くまで、時間がかかってしまっていること。米欧の地域センターに比べて、スタッフの数が半分程度ほどという実情があるそうです。

「たびたび観測提案者の方からクレームが来ています。『なぜ東アジアはこんなに遅いんだ』と、厳しいご意見なのですが、その矢面に立たされているのが私です。できる限りクオリティの高いデータを提供できるように我々も本当にがんばっているのですが、申し訳ない限りです」。

少ない人員の総力戦でデータ解析を進めているデータ解析チーム。少し時間がかかっているようですが、観測提案者のみなさんには、長い目で見守っていただけるようお願いいたします。



永井さんに Interview

エリック・ミュラー

Erik MULLER

国立天文台 チリ観測所 特任准教授
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(CASA サブシステムサイエンティスト、OT 東アジア・リード (★注))

アルマの解析ソフトウェアを 開発します



私はオーストラリア出身で、2008年に日本に came ました。日本は私がやりたい研究、つまり天の川銀河とマゼラン雲における分子ガスの進化の研究で世界の第一線にあり、これが私が日本に来たもっとも大きな理由です。

私の仕事時間の25%は、世界中の、あるいは宇宙にある望遠鏡を使ってデータを集め、研究することに費やしています。データを処理し、画像を作り、そこから銀河の中にあるガスの構造や動きを解き明かしていくのです。画像の1ピクセルは数光年に相当します。つまり私のコンピュータの画面上の1ピクセルは実際の宇宙では非常に大きなスケールをカバーしているのです。もちろん、取得した画像には数百数千のピクセルがあります。私のノートパソコンには、天の川の半分をカバーするデータが入っています。そして天の川銀河に存在する一つの分子ガス雲には、数千、数万、いや数百万個の太陽に相当する物質が含まれています。

残りの仕事時間は、望遠鏡で取得されたデータを処理して画像を作るためのソフトウェアの「サブシステム・サイエンティスト」としての仕事や、東アジア地区のアルマ望遠鏡ユーザーのサポート業務を行っています。特に、アルマ望遠鏡データ解析ソフトウェアCASAにおける「単一鏡モード」部分の機能実装を科学的に監修する仕事重要です。日本が開発した4台の12mアンテナは、干渉計ではなく単一の電波望遠鏡として独立に機能し、広視野画像を取得します。ほかのアンテナ群では高解像度観測は得意ですが、大きく広がった天体の観測が苦手なので、これを補完する意味があります。単一鏡の観測による画像合成方法はすでに確立していますが、アルマ望遠鏡はさまざまな天体を対象とする上にデータ量も膨大で

I'm from Australia, and I've been living in Japan since early 2008. I came here for the most part, because Japan is a world-leader in doing the kinds of research I like to do: the evolution of Molecular Clouds in both our Galaxy and some of the more nearby Galaxies: the Magellanic clouds.

For a quarter of my day, I collect data from telescopes around the world (or in space). I process it into images and study the shapes and internal structures to learn about the way the clouds appear to be moving, and the way they are shaped by the Galaxy. A single pixel of one of these images is typically a few parsecs—a parsec is slightly shorter than the distance between us and our nearest star—so a single pixel on my computer screen covers a vast distance in real space. Of course, my images are hundreds, or thousands of pixels in size – I have data of half of our Galaxy on my laptop. As single molecular cloud contains more ‘stuff’ than thousands, and often tens, hundreds or thousands of thousands of suns.

The rest of my time is spent variously as ‘subsystem scientist’ for the software we use to create our images from raw telescope data, and for scientific support of other ALMA users around the East Asia region. Specifically, I supervise the scientific implementation of the software package CASA (Common Astronomy Software Applications) to build images from the ‘single dish’ component of ALMA. (Four of the ALMA telescopes operate independently from the rest, taking wide-field, but low-resolution images. We need these images because the rest of ALMA cannot see how ‘big’ things are, it can only see how ‘detailed’ they are).

Building images from telescope data is something we already know how to do quite well. But ALMA is new, the challenge is more to do with the huge variety of observations targets, and the huge volume of data. ALMA observes molecular clouds or entire Galaxies, asteroids or forming planets, even some of the oldest galaxies near the observable edge of the universe; and all those data are processed slightly differently. ALMA already produces more data, faster, than any other telescope, so

す。アルマ望遠鏡の観測対象は、天の川銀河に存在する分子雲から小惑星、惑星形成領域、宇宙の果てにある銀河まで多岐にわたります。そしてその対象によってデータ解析の手法も少しずつ違うのです。アルマ望遠鏡は既にほかの望遠鏡を凌駕するスピードで膨大なデータを生み出しており、その処理も大変です。しかも、私たちはアルマ望遠鏡のデータを自動で解析するシステムを作ろうとしています。つまり、これまでは人が行っていた解析手法に関する判断を、ソフトウェアが自動で行わなくてははいけないのです。人は、たとえ子供だったとしても、データの中に特定のパターンやおかしなデータ点を簡単に見つけることができるのですが、自動化のためにはソフトウェアにその判断基準と方法を教え込まなくてははいけません。

アルマ望遠鏡は天文学における記念碑的プロジェクトで、その観測成果はすでに天文学者の宇宙に対する理解を変革しつつあります。今後の観測によってアルマ望遠鏡は多くの謎を解くでしょうが、それにもましてワクワクすることは、想定外の謎を提示することでしょう。そうした営みに、日本で関われることは、私にとってとても意義のあることです。

processing it is hard. To add to the difficulty: we intend the data processing to be completely automated. The software must be able to autonomously make all the processing decisions that come intuitively to a human operator. Humans – even children – are very good at finding patterns, artefacts and mistakes in data; we can easily make decisions to check if the patterns are real, but we have to teach the software how to do these things.

ALMA is a monumental task and it is already changing the way we understand how our universe evolves and interacts. The potential for the future discoveries with ALMA is not limited to the things we are sure we will learn – just as exciting (or more so) are the things we don't yet know we will learn. It's both humbling, and is a personal achievement to be a part of it, in Japan.



国立天文台には、海外からやってきた研究者向けにサポートデスクが設置されています。「日本の風習なども教えてもらいましたよ」とエリックさんとエリックさん。この日の相談(?)は、子どもといっしょに行ける市民プールの場所について。相談員は大坪慈さん。

ミリ波観測先進国の日本で自信を持って



エリックさんに Interview

現在、データ解析ソフトCASAのサブシステム・サイエンティストを務めているエリック・ミュラーさん。大学では医学物理学を勉強したとありますが、「人の死に関係するのが好きじゃなかった」とのこと、大学院で天文学に転向したそうです。それまでに学んだMRIやCTなどの画像診断技術が、電波望遠鏡や電波干渉計の画像生成に活かされているのでしょうか。そんなエリックさんに日本の印象をうかがいました。「まず、思っていた以上に夏がとても暑いですね。ほんと暑い(笑)。日本に来てみて、文化の違いはもちろんあるけど、そんなに大きな驚きはありません。今は家族で暮らしていますが、日本は子どもにとっても安全で安心して暮らせるよい国だと感じています。日本人は親切です。以前に東京駅で迷ったことがあって、そのとき、完璧な英語で助けてくれた人がいました。他の国で

は、まずだれも助けてくれません。日本がそういう国だと予測していたけど、本当にそうでした」と、日本に対してとても好意的なコメントをいただきました。また、日本で働いてみての感想はいかがでしょう。「日本人の同僚は、みんなラブリーですね。それぞれ家族を大事にしているのもすばらしいと思います。それから、日本の天文学研究の場は、ジェンダーバランスが取れていると思います。特にアルマ関係は女性が多いですね。オーストラリアでは、天文学で学位を取る人の4割は女性だけど、研究機関のスタッフでは1割しかいません。その点、日本では能力があれば、男女関係なく研究できる環境があります。それは不当な理由で才能が無駄にされていないということであり、日本で研究している自分にも自信を持てます」。

日本の自然も好きだというエリック

さん。休日には家族と一緒に組立式のカヤックを携え、電車に乗って川遊びに出かけるそうです。日本の暮らしを楽しみながら、データ解析ソフトのサブシステム・サイエンティストのお仕事やご自身の研究を進めるエリックさんなのでした。



三鷹キャンパス中央棟横にファミリーデー用に組み立てられていた「流しそうめんの竹製水路」にエリックさんは興味津々。「冷たい水でヌードルを流して、箸ですくって食べるんですよ」という説明に「なにそれ?」。





深川美里

FUKAGAWA Misato

国立天文台 チリ観測所 特任准教授
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(ヘルプデスク・ワーキンググループ)



アルマのヘルプデスクで みなさんのお手伝い

惑星がどのように誕生し、どのような条件下で生命が発生するのは、依然として全くよく分かっていません。しかしアルマ望遠鏡によって、少なくとも私たちが惑星形成に対して抱いていたこれまでの描像は、確実に変わりつつあると思います。なかでも、(これまで盛んに観測されてきた多くの円盤よりも)非常に若いおうし座HL星の円盤に複数の溝が見えたというのは、多くの研究者にとって衝撃だったはずです。実際に起きている現象を目の当たりにでき

るようになったということであり、驚きは、大変意味のある前進です。

私は今年度、大学から国立天文台へ移ってきました。これまではもっぱら赤外線で観測を行ってましたので、電波は素人です。しかしその赤外線で観測研究を進める中で、高い空間分解能での電波観測こそ惑星形成過程の理解に必須であるという実感がありました。電波天文学の知識とスキルを身につけて、惑星形成の研究を今までよりさらに楽しみたいと思

ます。さてARCでは、主にヘルプデスクを担当しています。ユーザーからの様々な質問やリクエストを受け付け、各ARCスタッフへ作業を依頼したり、たまに自分で回答したりしています。ヘルプデスクの直接の役割は、実際に科学研究を行うユーザーにとっての窓口となり、個別の問題・疑問解決やその手伝いをすることです。加えて、ユーザーの声を聞くことは、観測所のシステム改善にも有用となります。ぜひ多くの方に活用していただきたいと思います。

サイエンスをするためにアルマをもっと知りたい



深川さんにInterview

4月に東アジア地域センターへ着任した深川美里さん。ヘルプデスクとしてアルマ望遠鏡を利用する研究者のさまざまな問い合わせに対応するほか、データ解析も担当しています。ご自身の研究対象は惑星形成。これまで赤外線での観測を進めてきました。

「こちらに移って来たばかりなので、何もかも新しいことばかりです。光赤外と電波という分野の違いはもちろん、干渉計の手法は初めてなので、そこは勉強のしどころがあります。データの解析では、問題があった時にハードウェアの知識がないことを実感するので、そこも勉強しなければと思っています」。

ところで、どうして深川さんは赤外

線から電波と違う分野へと移られたのでしょうか。

「これからの惑星形成の研究では、まだまだ光や赤外の分野でもできることはありますが、高い空間分解能で物理量を引き出してサイエンスを行うにはアルマ望遠鏡がいちばんと考えました。ところが、日本の惑星形成研究コミュニティはまだとても小さく、ディスカッションするにしても、自分たちでデータを解析するにしても、人が少なすぎます。そこで、コミュニティを大きくするにはどうすればよいかと考えても、妙案は浮かばない。じゃあ、まず自分がアルマをしっかりやれるように、動いてみよう」と。

なんと深川さん、ご自身のサイエンスを高めるため、あえて分野を変えて自ら電波の世界に乗り込んできたのだといいます。カッコイイですね。

「いえいえ、今のチームでは見習いで、私がいちばん役に立っていないかも…。ビジョンはあっても体力がないので、たいへんですよ。でも、早くデータの解釈ができるようになって、少しでも電波天文学者に近づきたいと思っています」。

今の仕事については、「楽しいっていうと、みなさんに怒られるかもしれませんが、楽しく研究するのが基本ですから」と、ほんとうに楽しそうな深川さんでした。

中西康一郎

NAKANISHI Kouichiro

国立天文台 チリ観測所 特任准教授
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(データアーカイブ 東アジア・リード)

アルマのデータアーカイブを より使いやすく

2015年7月に東アジアアルマ地域センターに加入したばかりの「新人」です。それまではチリの合同アルマ観測所に4年間滞在し、偏波(偏光)観測モードの立上げを担当していました。つい先日、本格的な偏波観測が始まりましたが、どんな結果が出るのか今から楽しみにしています(偏波については国立天文台ニュース2012年9月号「Bienvenido a ALMA」第20回「ALMAによる偏光観測」もご覧ください)。

地域センターではデータアーカイブを担当します。アルマ望遠鏡の観測データはすべてアーカイブ

に保存されます。観測した人がデータを独占できるのは1年間、その後は世界中の誰でもアーカイブからデータをダウンロードして研究ができます。アルマ望遠鏡のデータには膨大な情報が含まれています。データが多くの天文学者の目に触れれば、観測した人も見落としていたことが発見されるチャンスが生まれます。アーカイブはアルマ望遠鏡をめいっぱい有効活用するためのツールと言えましょう。

アーカイブはすでに稼働していますが、天文学者からの要望を受け止めて、より使いやすいものに



していくことが主な仕事です。

天文学の研究者としては爆発的星形成銀河に興味を持っています。天の川銀河でも新しい星は生まれていますが、爆発的星形成銀河で生まれる星の数はその10倍から1000倍にもなります。そのような激しい現象を引き起こす原因は何か、天の川銀河のような普通の銀河とはどこが違うのかを調べるためにアルマ望遠鏡などで観測しています。



中西康一郎さんのインタビュー記事は国立天文台ニュース2012年6月号もご参照ください。
http://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/data/nao_news_0227.pdf

アルマトラズからの脱出!? でARCに生還



中西さんにInterview

7月1日付けでアルマ東アジア地域センターに異動になったという中西康一郎さん。「ARCの仕事も始まったばかりで、まだ何をどうしていいのかわからない状態です。きっと、これからたいへんなんでしょうね(笑)」。

野辺山宇宙電波観測所で研究員・助教としてミリ波干渉計の運用に携わった中西さんは、2008年4月にアルマ推進室に参加。日本とチリを往復しつつ、アルマ観測所に納めるアンテナの性能評価に関わってきました。さらに2011年8月からは、合同アルマ観測所職員として約4年間にわたってチリに赴任。今度は納められたアンテナを望遠鏡として正しく機能させる「立ち上げ」を行っ

ていたといえます。

「ARCに来る前のチリへは、赴任させて欲しいと希望しました。というのも、望遠鏡のあるところで勉強したい、と考えたからです」。

チリでの仕事はいろいろな苦労があったのではないのでしょうか。

「たいへんだったことは、OSF(山麓施設)の当番でしょうか。天文学者は当番で8日間、OSFに詰めてアルマ望遠鏡の試験や観測を行うのですが、なぜか私は8割くらいの確率で夜の当番ばかりでした。OSFは標高2900mもありますし、徹夜で体力を消耗すると、気力的にもつらくなります。昼間は熟睡できませんし、現地で息抜きができるよう

な趣味も持っていなかったのが、当番の後半はサンティアゴに戻る日を指折り数えるようなこともありましたね」。

現地のスタッフは、OSFのことを脱獄不可能とされた監獄のあったアルマトラズ島をもじって「アルマトラズ」と呼んでいたそうですが、中西さんは2015年、無事に生還(?)します。「ARCの仕事では、チリでの経験を活かせると思いますが、アルマ望遠鏡って、いつまで経っても進化中なんです。機能はどんどんアップデートされるし、観測スタイルも変わってきます。ですから、日々キャッチアップはしていかないといけないですね」と、中西さんの勉強はまだまだ続いているようです。

松田有 一 アルマの研究活動を盛り上げます

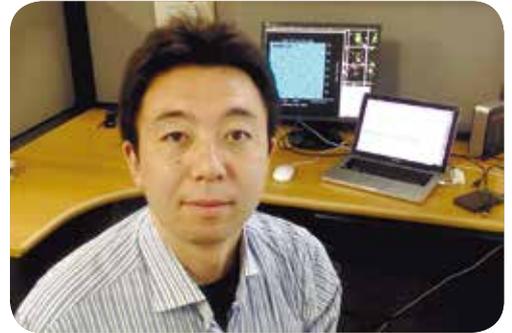
MASTUDA Yuichi

国立天文台 チリ観測所 助教
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ

現在の業務内容は、サイエンスチームの一員として、アルマを使った面白い科学成果が日本や東アジアからどんどん出るように研究活動を盛り上げることです。そのためにアルマに関連する研究会や勉強会の世話人をしたり、ARCの活動(QA2やユーザーズミーティング)も行っています。私はこれまで主にすばるを用いた光赤外分野での銀河形成進化研究を進めてきました。博士研究員時代の欧米での研究経験、理論や他波長が専門の研究者とのつながりも活かして、共同研究の種を見つ

け、大きく育てたいと思っています。

これから本格的に取り組みたいサイエンスは、すばるで見つかった100億年以上前の宇宙のガス雲の正体をアルマで解き明かすことです。このガス雲の形成過程や輝線放射過程はまだ良くわかっていません。ですが、おそらく銀河の形成進化に重要な銀河本体と周囲とのガスのやりとりに深く関わっていると考えられます。アルマを使って、ガス雲中の星形成活動、星形成によって電離されたガス、周囲にまき散らされた塵を調べ



ることで、形成中の銀河と周囲のガスのやりとりの様子がわかってくると期待しています。

また、アルマのアーカイブデータを使って宇宙の星形成史も探ろうとしています。これから利用可能になるサイクル1/2のアーカイブデータに偶然映り込んでいる電離炭素ガスで光る銀河を見つけることで、100億年以上前の宇宙の星形成史がよりはっきりとしてくるはずです。

秋山永治 AQUA (アルマデータ管理システム) を開発しています

AKIYAMA Eiji

国立天文台 チリ観測所 特任助教
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
(AQUA 東アジア・リード、天体カタログ 東アジア・リード)

2012年からアルマチームに参加し、データ解析、観測設定、現地での観測当番、パイプラインの評価、ユーザーサポートなどを行ってきました。当時は少ないメンバーで試行錯誤でやっていましたが、現在では組織も大きくなり、業務手順も確立してきました。現在は、東アジアの代表として、データ管理アプリケーションであるALMA Quality Assurance (AQUA) Systemの開発にも関わっています。第一段階として2015年10月から始まるALMA cycle3の初期科学運用に向けて導入を目指し、最終的には全てのデータの品質管理を行う統合システムとして運用していく予定です。

2015年6月、大阪で開催されたアルマのプロポーザル審査会議に参加し、科学評価を行うScience

Assessorのサポートと審議の監視をする業務を行いました。世界中から選ばれた第一人者でなるグループによって厳正に科学評価が行われ、とても緊張した時間を送りましたが、世界トップレベルの研究者と間近で仕事ができた経験はかけがえのないものとなりました。現在もさまざまな業務を担当していますが、いろいろな角度からアルマが日々進歩していくのを肌で実感でき、まるで小さな子供が大人へと成長していく姿を見届けている感じがして嬉しく思いながら仕事をしています。

これから取り組みたいサイエンスを語る上で、衝撃的だったのが、2014年12月、東京で開催されたALMA会議(Revolution in Astronomy with ALMA)で発表された「おうし座



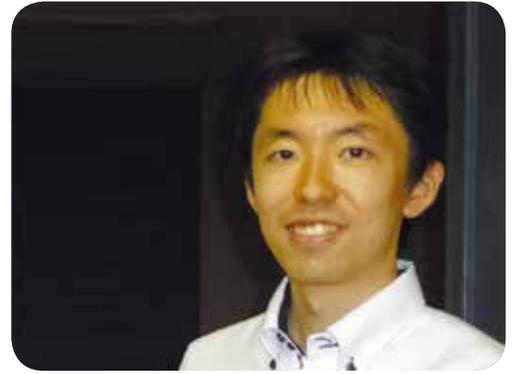
HL星」の画像です。私も会議に参加していましたが、一時の静寂とその後にどよめき起きた当時の様子を鮮明に覚えています。これまでにない惑星形成を示唆する精緻な画像は星・惑星系形成の研究者に衝撃を与え、その後の国内外の研究会では、同星に関する発表が相次いで行われています。ほんの数年前では夢でしか思えなかった成果が得られ、アルマの実力が目に見える形で証明されました。今後の研究では円盤内部の物理構造を詳細に調べ、惑星系の形成に着眼を置き、岩石惑星、ガス惑星の形成過程について、アルマを用いた観測的アプローチで迫りたいと考えています。

廿日出文洋

HATSUKADE Bunyo

国立天文台フェロー（特任助教）

アルマで遠方銀河を
観測しています



昨年度まではチリ観測所のARCスタッフとして働いていましたが、今年度からは国立天文台フェローとして研究活動に専念しています。アルマ望遠鏡の感度や空間分解能には目を見張るものがあり、これまで困難であった遠方銀河の姿を詳細に観測することが可能となりました。アルマ望遠鏡は日々その性能を上げています。2014年の長基線試験観測キャンペーンでは、空間分解能0.035秒角が達成されました。試験的に観測された天体のデータは、世界中の研究者が利用できるように公開されていて、その中にSDP.81と

いう赤方偏移3.042（距離およそ117億光年）の爆発的星形成銀河の観測データがあります。この銀河は、視線上で手前に位置する楕円銀河（距離およそ34億光年）によって重力レンズ効果を受け、拡大されて観測されています。アルマ望遠鏡の高い空間分解能と、重力レンズ効果を組み合わせることによって、銀河の構造や性質を詳細に調べることができるのです。

私たちのグループは、この117億光年彼方の爆発的星形成銀河をかつてないほど細かい空間スケールで調べ、非常に活発な星形成活

動が起きていることを明らかにしました。今まで近傍の銀河でしか研究できなかったような空間スケールで、遠方の銀河を研究できるようになったのです。このようなすばらしいデータを使って研究できるのは、とても幸運に思います。アルマ望遠鏡はこれからさらに性能を上げていきます。今後、遠方宇宙の観測で私たちにどのような知見をもたらしてくれるのか、期待が高まります。

下条圭美

SHIMOJO Masumi

国立天文台 チリ観測所 助教

東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ

アルマで太陽を
観測する準備をしています



アルマ望遠鏡は、宇宙を探るための電波干渉計です。この「宇宙」に最も近い「星」である太陽が含まれることは、あまり知られていません。アルマ望遠鏡は、設計段階から太陽観測が考慮されており、様々な工夫が各所に施されています。「アルマ望遠鏡は、太陽も観測できます」。2010年の夏にこの一言を聞いて、当時野辺山太陽電波観測所の所員であった私は、アルマ望遠鏡のプロジェクトに参加することにしました。「アルマ望遠鏡は、太陽も観測できます」といっても、他の天体と全く同じく観測できるわけではありません。他の天体の観測では非常に弱い電波を受信しますが、太陽からは桁違いの強い電波がアン

テナに入ってきます。そのため、アンテナの指向制御、受信機の設定、相関器の利用、データの較正、画像合成など、全ての面について考慮し、太陽観測に適した観測手法を開発する必要性がありました。この5年間、JAOや他のARCの研究者と共に開発に取り組み、やっとミリ波／サブミリ波での太陽画像を取得できるようになりました。現在、共同利用に向けての最終試験観測の準備をしています。「アルマ望遠鏡は、太陽も観測できます」。これを東アジアの太陽研究者に周知させることも私の仕事です。様々な研究会にて紹介をしてきたので、アルマ望遠鏡で太陽観測が可能なることを知らない日本の太陽研究者は、ほとんどいな

いと思います。今後は、太陽研究者の皆さんに良いプロポーザルを書いて頂き、良い成果をあげてもらうため、サポートしていきます。

シンシア・ヘレーラ

Cinthy HERRERA

イーピン・アオ

Yiping AO

パトリシオ・サヌエザ

Patricio SANHUEZA

(Sanhueza Nunes Patricio Andres)

日本大好き！



国際共同プロジェクトであるアルマ望遠鏡は国際色が豊かです。三鷹のARCにもたくさんの外国人スタッフが勤務しています。今回は、シンシア・ヘレーラさん（現在はフランス・IRAM）、イーピン・アオさん、パトリシオ・サヌエザさんに登場していただき、自己紹介とともに、日本の生活について鼎談形式で語っていただきました。インタビュアーはラムゼイ・ランドック（Ramsey Lundock）さん（天文情報センター）です。

●文中の **CH** は Cinthy Herrera さん、**YA** は Yiping Ao さん、**PS** は Patricio Sanhueza さん、**RL** は Ramsey Lundock さん、**MH** は 平松正顕さん（チリ観測所）です。



Cinthy HERRERA

● Jobs in the ARC

One of my main jobs within the EA ARC was to perform QA2, data reduction (calibration and imaging) before delivery to the PI. I had the role of the deputy of data reduction manager until August 2015. Also, I prepared the scheduling blocks (observation tables) for ALMA observations, I was Contact Scientist of several projects and provide Helpdesk support. During my time at the ARC I also helped as Support Astronomer for the ASTE telescope.

地域センターでの主な業務は、研究者にデータが送付される前にデータを解析しその品質を保証することでした。2015年8月まで私は副データ解析マネージャーを務めました。また観測指示書（スケジューリングブロック）の作成、ヘルプデスク担当、いくつかの観測プロジェクトのコンタクトサイエンティストとしても業務を行いました。またアステ望遠鏡のサポートアストロノマーも務めました。

● How do you feel in working with Japanese staff?

Starting a new job in a new country is never easy. Moreover when your destination has significant cultural differences with your own. Nevertheless, I really felt very well welcomed at NAOJ. The ambience in the ALMA group was very international meaning that all discussions were based on English and it was easy to change ideas with everybody in the team. Personally, I benefited from the Japanese culture by exchanging thoughts with my colleagues, following Japanese customs and trying different Japanese cultural experiences.

新しい国で新しい仕事を始めるということは、いつも大変なものです。特に自分の生まれ育った場所とまったく違う文化の場所ではなおさらです。しかし国立天文台に来て、私はとても歓迎されていると感じました。さらにアルマ望遠鏡チームはとても国際的な環境で、すべての議論が英語でなされているので、チーム内での意思疎通にも苦労はありませんでした。また同僚と話をしたり、日本の習慣に従ってみたい、さまざまな日本の文化を体験したりすることができ、個人的にも多くを得ました。

Profile

My principal research interest is the study of the different mechanism processes to form stars in the multiphase interstellar medium. Particularly, I focus in nearby galaxies to investigate the different environments where stars form. I adopt an observational approach through mostly imaging-spectroscopy and sub/millimeter interferometry observations.

チリ出身。現在はフランス・IRAM（ミリ波電波天文学研究所）の電波干渉計NOEMAにて研究員。研究テーマは、さまざまな状態にある星間物質の中での星形成のメカニズムについて。特に異なる環境下での星形成を調べるために近傍銀河を研究しています。ミリ波・サブミリ波干渉計を使った撮像分光観測を主に行っています。



Yiping AO

● Jobs in the ARC

As a project research fellow, I will spend 50% of my time for my duty work and the remaining for my personal research. My duty work includes the support to the ALMA community in EA, such as data reduction and quality assurance, preparing observing tables and contacting the scientists, and help for user meeting and ALMA town meeting. I am the science lead of EA ARC in science portal working group in ALMA. I also need to do the AoD shifts on the site to support the operation of ALMA and to support the ALMA proposal review panel meeting. My research interests are physical properties of molecular gas in galaxies and galaxy formation and evolution in early Universe.

研究員として、勤務時間の50%を研究に、50%を業務に充てています。ARCの業務として私は東アジア地区の研究者のサポート、具体的にはデータ解析と品質保証、観測指示書の準備、観測提案を行った研究者とのやり取りの窓口役やタウンミーティングの準備までさまざまなことを手掛けています。また「当番天文学者」としてアルマ望遠鏡の現地でのオペレーションにも参加し、また観測提案審査の支援も行いました。私の研究テーマは、銀河における分子ガスの物理的な性質を明らかにすること、そして宇宙初期における銀河の形成と進化を明らかにすることです。

● How do you feel in working with Japanese staff?

The staffs in the support desk office are really important and helpful for the foreign researchers, especially for those who can not speak Japanese. They provided good services to us, helping us to easily settle down in a new country at the begging and deal with all kinds of difficulties in our daily lives. During my work, the most impressive thing to me is that most Japanese colleagues do their work very carefully and detailedly. They are also very kindly and patient when I need any help. It is a good time to work with them.

サポートオフィスのスタッフは私のような日本語を話せない外国人スタッフにはとても重要で、役に立つ存在です。新しい国にやってきたばかりのころのあれこれを助けてくれますし、日常で遭遇する様々な困難と一緒に向き合ってくれます。ARCの業務で私が最も強い印象を受けたのは、日本人の同僚たちが非常に注意深く、そして細かいところまで気を配って業務にあたっていることです。私が助けを求めた時も、とても優しくそして忍耐強く手助けをしてくれます。一緒に働けることをとてもうれしく思います。

Profile

I am a Chinese from Nanjing and obtained my Ph.D. in China in 2009 and started my first postdoc position from 2009 to 2013 in Max-Planck-Institute for Radioastronomy. Now I am a project research fellow in EA ARC since 2013.

私は中国の南京出身で、2009年に中国で博士号を取得し、2009年から2013年までドイツ・マックスプランク電波天文学研究所でポストドクとして研究を行いました。2013年から、東アジアARCで研究員として勤務しています。

RL: So why did you choose NAOJ to do your research?

CH: So when I was preparing my defense for PhD I started applying for a job. I knew that I wanted to come to Japan because I love Japanese culture and I wanted to live here in Japan for at least a couple of years. And also ALMA is based in my home country Chile and I'm interested in radio astronomy, submillimeter astronomy. So I think it was the best opportunity for after working here, get experience and then coming back to Chile.

YA: ALMA is the largest international collaboration on the ground, currently. And Japan is one of the major partners. I'm from China, and China we are not a partner yet in this big facility. And also radio astronomy is my preferred field; so I would like to join them. And also, Japan is very close to China. It is convenient for me to go back. And there was also my family, it was good for them.

PS: Three main reasons. So, the first one is I wanted to do ALMA, because ALMA was the future for radio astronomy, or the present now...

CH: It's still the future.

PS: ... Present and future. So I didn't want to come back to Chile yet. I didn't want to stay longer in the U.S. because I was already for 6 years, doing the PhD. So the options are Germany or Japan, where we have ARCs [ALMA Regional Centers]. And of course I like more Japan because first I came here for a conference, I think it was 2012, and I like the culture. Everything was so clean, so

RL: 国立天文台で研究すると決めた理由をお聞かせください。

CH: 博士号取得審査の準備をしながら研究員公募に応募し始めたのですが、日本文化が好きだったので、日本で職場があればいいなど。数年くらい日本に住んでみたかったのです。で、母国はチリなのでアルマはぴったり。電波とサブミリ波天文学に興味を持っているので、国立天文台で働いて、経験を積んだ後チリに帰って研究を続けるとすると、これがベストの選択でした。

YA: 私は中国から来ました。現在、アルマは天文学では最大の国際共同研究です。中国は、この計画のパートナーではありませんが、私の専門は電波天文学なので、ぜひ加わりたかったのです。そこで、日本は中国に近くて帰りやすいので国立天文台にきました。家族のためにも、日本がいいですね。

PS: 私には3つの理由がありました。まずは、とにかくアルマをやりたいかったのです。当時は、アルマは電波天文学の未来を切り開くプロジェクトでした。それが動き出して、もう現実のものに……。

CH: まだ、未来でもあるけどね。

PS: うん、現代であり未来でもあり…。で、第2の理由は、チリに戻るつもりはなくて、でも博士号をとって、もう6年も米国に住んでいたから、米国にとどまるのも面白くなさそうだし…。ということで、次はアルマのARC (ALMA Regional Centers) があるところ、つまり日本かドイツかの選択になって、好きな日本に決めました。最初の来日経験は2012年の学会でした。そこで日本の文化が好きになりました。すべてが清潔で組織的です。人々は丁寧で親切です。第3の理由



Patricio SANHUEZA

● Jobs in the ARC

My work in the ARC is split in 2 main parts. One part is related to supporting ALMA Observatory and the second one is doing research. In the first part, I have two main tasks: quality assurance of ALMA data and CASA single-dish software testing. In addition, I am also in charge of organizing the scientific Seminars presented in the ARC. In the second part, I do research in the initial stages of high-mass star formation. I have used single-dish telescopes to study the chemistry in star-forming sites and several interferometers (including ALMA) for the study of the fragmentation of high-mass star-forming regions and for testing models of high-mass star formation.

ARCでの仕事は大きく分けて2つあります。一つはアルマ望遠鏡の運用を支えること、そしてもう一つは天文学の研究です。前者のなかにはさらに2つの仕事があり、品質保証のためのデータ解析と、データ解析ソフトCASAの単一鏡データ解析部分の試験です。さらに東アジアARC内での研究セミナーの企画運営も担当しています。研究の面では、大質量星の形成最初期に関心を持っています。私は単一鏡やアルマ望遠鏡を含む電波干渉計を使って、これまで星形成領域の化学組成を調べてきました。これにより、大質量星形成領域の星間物質がどのように分裂するのかを明らかにし、大質量星形成理論の検証をしたいと思っています。

● How do you feel in working with Japanese staff?

Working with Japanese staff has been a very nice experience and I am very happy to have picked NAOJ to do my first postdoc. Everyone is responsible and works well as a team. Despite I do not speak Japanese, I have had no problems because every other colleague speaks English (and one of them Spanish!). Every time I have had problems with Japanese, they kindly help me.

日本人スタッフと一緒に仕事をするのはとても良い経験になりました。そしてポストドクとしてのスタートの場に国立天文台を選べたことをとてもうれしく思っています。ARCスタッフは皆責任感が強く、チームとして非常にうまく仕事ができていると思います。私は日本語を話すことができませんが、同僚たちは皆英語で話しますし（そのうちの一人はスペイン語でも！）、困ることはありません。日本語で困ったときには、いつも助けてもらっています。

Profile

I did my early studies in Chile, were I obtained a Bachelor in Physics and a Master in Astronomy. Then, I did my PhD in Astronomy at Boston University (USA). My research interest mostly focuses in understanding how high-mass stars are formed.

私はチリの大学で物理学、大学院修士課程で天文学を学びました。その後天文学の博士号をアメリカのボストン大学で取得しました。研究テーマは大質量星の形成過程を理解することです。

organized. People were so nice and so kind. Third, I like anime. So when I was in the U.S. my first year, I always felt like I was in a Hollywood movie. And when I came to Japan in 2012 it was the same feeling: like I was inside of an anime. Listening in Japanese everywhere. Seeing the same things you see in one anime. So it was very tempting to have an experience living longer here.

CH: Patricio is otaku.

PS: Yes, I like Macross. Especially, Macross Frontier which was the last one.

CH: Really? The first one is the best one.

PS: Cinthya is otaku.

CH: I said I like Japanese culture.

RL: Speaking of Japanese culture, Yiping, you said that Japan is very good for your family. In what ways? Anime?

YA: No! First, actually Japan is a very safe country. And it is good for kids. And second now we are living in a government apartment located in a corner of Hitotsubashi University in Kunitachi. The environment around our apartment is good for kids. And also the education is also good. Yea, so that's basically and my son is really enjoying the live here actually.

はアニメが好きだったこと。最初の米国に住んだ1年間は「ハリウッド映画の世界に住んでるな」という気がしました。2012年に来日したときは同じく「アニメの世界の中にいる」といった感じでした。なにしろ、どこでも日本語が聞けるし、アニメで見たものの現物を実際に観られるし。だから、日本に長く住むことにたいへんな魅力を感じました。

CH: パトリシオさんは「オタク」ですね。

PS: はい「マクロス」が好きです。特に、最新の「マクロス・フロンティア」。

CH: えー、マジ？ 最初のマクロスが一番面白いわ。

PS: シンシアさんも「オタク」！

CH: さっき「日本文化が好き」っていったでしょ。

RL: 日本文化の話だと、先ほどイーピンさんはご家族のために日本がいいと言いましたが、どんなところがいいですか。アニメですか（笑）。

YA: いいえ、違います（笑）。まず全体に日本はとっても安全な国ということ。子どものためにはとても大切。つぎに、私たち家族は、いま国立にある一橋大学の国際交流会館に住んでいますが、その近所は子どもにとって、とてもいい生活環境です。そして教育環境もグッド。だから、息子も日本での生活をとても楽しんでます。

RL: 日本では、どんなことが面白いですか。

RL: What do you do for fun while you're in Japan?

CH: The UFO catcher.

YA & PS & RL: Ahhh!

PS: Yiping plays UFO catchers the most. I do too, but a little bit less.

YA: But UFO catchers are for kids so...

CH: It's not for kids.

PS: You give what you get to the kids when you play.

YA: My son likes them, so I will help him.

RL: On the topics of UFOs everyone always asks, "Have you seen UFOs in your observations?"

CH: Yea, everybody asks that. Even my grandmother.

PS: That question doesn't make sense for our observations because the field of view is so so so small that the likelihood you will see something in the air is too small.

CH: And if there is something there, it will be so close that you will see something black so that you won't recognize it anyway.

YA: No, I haven't heard that question before.

CH: Nobody asks you that?

PS: You have not?

YA: No.

CH: Really?

RL: You're right, since this is radio astronomy, it would be more appropriate to ask, has E.T. phoned home? Any suspicious alien radio waves?

CH: Like "Contact", the movie? No.

MH: Probably removing such unknown signals is their task.

RL: That's signal noise. I say the same thing about optical observations. "Oh, something got in front of the galaxy we're looking at. This picture is trash." I guess one of the reasons that astronomers haven't seen UFOs is that we're not looking for them.

CH & YA & PS: Buzzzzzzzz...Beep.Beep...

CH: UFO キャッチャーです。

YA & PS & RL: ああああ！

PS: UFO キャッチャーをよくやるのはイービンさんです。私もやるけど、彼のほうが頻繁に…。

YA: でも、UFO キャッチャーは子どもの楽しみですから…。

CH: 子どもだけのものじゃないですけどね。

PS: うまく賞品をキャッチできると、子どもにあげますけどね。

YA: 息子が UFO キャッチャー好きなので、私はお助け役です。

RL: UFO の話が出てきましたが、いつも聞かれる質問は「観測で UFO を見たことがありますか？」だったりしますよね。

CH: ええ、みんな聞きますね。私の祖母も (笑)。

PS: 私たちの研究ではその質問は意味がありませんね。なぜなら、観測視野が超超超狭いですから。大気の中にあるものが入る可能性は小さすぎます。

CH: または何かがあっても、それが近すぎるので“真っ黒”に見えません。認識できません。

YA: 私はその質問をされたことはありませんね。

CH: 誰も？

PS: 一回も。

YA: はい、ないです。

CH: へー、ほんとに。

RL: なるほど。電波天文学ですから UFO の話より「E.T. が電話をかけたか」といった質問のほうが合っていますね。怪しい宇宙人の電波を受けたことがありますか。

CH: 映画の「コンタクト」みたいに？ ありませんね。

MH: 多分、彼ら3人の仕事はそのような不明な信号を消すことなんです。

RL: なるほど、そうですね。観測の邪魔になる「ノイズ」を消すこと。可視光観測でも同じで「あ、何かが観測している銀河の前を横切っちゃった→この画像ごみ箱行き」です。ということで、天文学者が UFO を見たことがない理由の一つは、あっさりノイズとして処理してしまうからなのかも (笑)。

CH & YA & PS: ザーザー……ピーピー (笑)



インタビュー中のパトリシオ・サヌエザさん、シンシア・ヘレーラさん、イービン・アオさん。左側は、インタビューアのラムゼイ・ランドックさん(左端)とチリ観測所・広報教育主任の平松正顕さん。(写真撮影:川村 晶)

三浦理絵 アルマ・パイプラインの 評価試験を行います

MIURA Rie

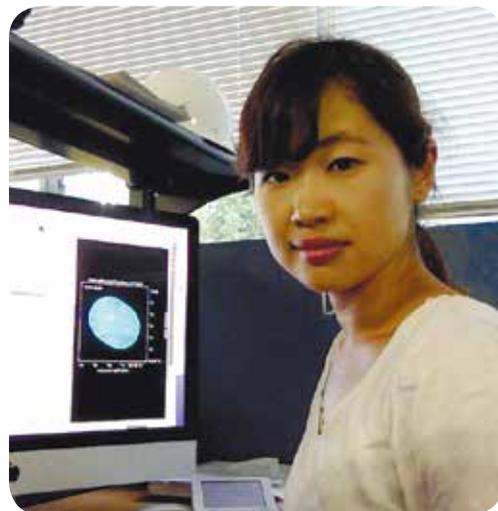
国立天文台 チリ観測所 特任助教
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
シングルディッシュ・パイプライン・サブシステムサイエンティスト
パイプライン・東アジアリード

アルマは毎日大量のサイエンスデータを生み出しています。それと同じくらい効率的にデータ解析を行い、速やかに科学者に届けることがプロジェクトに求められています。アルマが稼働した当初は、人海戦術でデータ解析を行ってきましたが、2014年9月からパイプラインが導入され、格段にデータ解析効率が向上しました。

アルマパイプラインは、自動的に最適なパラメータを選んで、データ解析および画像合成を行うツールです。アルマパイプラインには、干渉計データ用と単一鏡データ用の2種類あり、前者は既

に(条件付き)運用に入りましたが、後者はCycle3からの本格運用を目指しています。私が担当しているのは、主に単一鏡のパイプラインの評価試験および実装項目のとりまとめです。

単一鏡のパイプラインは国立天文台を中心に開発されており、パイプラインの実用化には日米欧、チリに分散するパイプラインチームとの連携はもとより、関連する他のサブシステムとの連携も不可欠です。コミュニケーションを上手に取ることが特に難しく感じますが、いろいろとその戦法を変え



て試行錯誤の毎日です。

パイプラインの業務の傍ら私が行っている研究は、大質量星を含む大規模な星団形成の解明です。特に最近アルマのデータを使って、近傍銀河の爆発的星形成領域を対象に、それらがどのように生成され、どのように周囲に影響を与えるか研究しています。

植田準子 アルマのデータ解析(QA2)を 行います

UEDA Junko

旧：国立天文台 チリ観測所 特任研究員
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ
現：Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA)

宇宙に数千億個も存在すると言われている銀河は、ほかの銀河と衝突することがあります。銀河が衝突すると、その形は大きく歪み、内部で星の形成活動が活発化します。衝突した銀河は合体して新しい銀河になると言われていますが、衝突から合体までの進化過程はよく理解されていません。

現在、私は衝突を起こしている銀河の進化に興味を持っており、電波望遠鏡を用いて衝突銀河に分布するガスの性質を調べています。ガスは新しい星の材料となるため、ガスがどこにどれだけ存在するか、ガスがどんな運動をしているかという情報は、今後の銀河

の進化を推測する上で重要な鍵となります。今後は、アルマの高い性能を活かし、衝突銀河の中で起きていると予想されている銀河中心へのガスの流入運動を観測的に検証したいと考えています。

研究以外の私の主な業務はQA2(アルマのデータ解析)でした。他の電波干渉計に比べてアルマのデータは複雑であるため、データの中に潜んでいる問題を解決するのに戸惑うことも多々あります。QA2を担当するようになってから話しかけづらくなったと後輩に言われてしまいました。きっと、問題を見逃さないようデータを注視



するあまり、眉間にしわを寄せて怖い顔をしていたのだと思います。

その後、CfAに異動することになり、今は国立天文台を離れましたが、東アジア アルマ地域センターの一員として望遠鏡を運用する舞台裏を知ることができ、また国際共同プロジェクトの中で働くという経験も得られて、本当に良かったと感じています。

江草芙実 アルマのQA2を行います

EGUSA Fumi

国立天文台 チリ観測所 特任研究員
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ

2015年4月に、チリ観測所プロジェクト研究員として着任しました。現在は主にアルマ望遠鏡のデータ解析と評価（QA2）を業務として行っています。まだ始めて数か月ですが、多くの最新のデータに触れることで、視野が広がったように感じます。また、6月には第3期科学観測（Cycle 3）観測提案審査会議にも Technical Secretary（技術補佐）として参加しました。こちら、観測提案の評価過程を目の当たりにすることで、重要視されているポイントなどがわかり、今後観測提案を書く上で良い経験でした。

サイエンス面では、近傍渦巻銀河での分子ガスや星形成に興味を持って研究を行ってきました。最近注目しているのは、南天にある棒渦巻銀河M83です。アルマ望遠鏡初期科学観測 Cycle 0と野辺山45m鏡の合成データからは、40パーセクという高い分解能での分子ガス分布が得られました。その結果、中心の棒状構造ではガスが多く存在するにもかかわらず星形成活動が活発でないこと、その原因が特殊な力学状態にありそうだということがわかってきました。今後は、第1期・第



2期科学観測（Cycle 1 & 2）で取得されたデータの解析などを進めながら、銀河内の構造と星形成活動のかかわりを明らかにしていきたいと考えています。また、将来的にはアルマ望遠鏡を使って100個程度の近傍銀河をサーベイするような大型観測も実現させたいと目論んでいます。

諸隈佳菜 アルマのQA2と観測準備作業を行います

MOROKUMA Kana

国立天文台 チリ観測所 特任研究員
東アジア アルマ地域センター サイエンススタッフ

現在の業務内容は、アルマデータ解析のパイプライン化に向けたテストや、アルマで取得されたデータを観測者に届けるための解析（QA2）を行っています。今後は、採択された観測提案の観測準備作業（P2G）も行う予定です。

取り組んでいるサイエンスとしては、これまで野辺山45m電波望遠鏡を使って、10～20億年前の銀河（赤方偏移 $z\sim 0.1\sim 0.2$ ）の分子ガスの量を測定し、銀河進化の研究を行ってきました。我々が住んでいる天の川銀河のような円盤銀河は、およそ80億年前（ $z\sim 1$ ）から現在にかけて大半の“星質量”を獲得したことが、可視光線や赤外線観測で明らかになってきましたが、その時代の

銀河の分子ガスの観測は、これまであまり行われてきませんでした。私たちは、自分たちの観測に加えて、この時代の銀河の分子ガスの文献データを集め、円盤銀河のような比較的低質量な銀河ほど、80億年前（ $z\sim 1$ ）から現在にかけて多くの分子ガスを消費してきたことを発見しました。このことは、円盤銀河が星の状態で質量を獲得したわけではなく、分子ガスから星に変換することで星質量を増やしてきたことを示しています。

ガス質量が測定されている銀河の数は、星質量が測定されている銀河の数のおよそ1/10000以下です。これは、ガス質量測定にかかる観測時間が非常に長いため



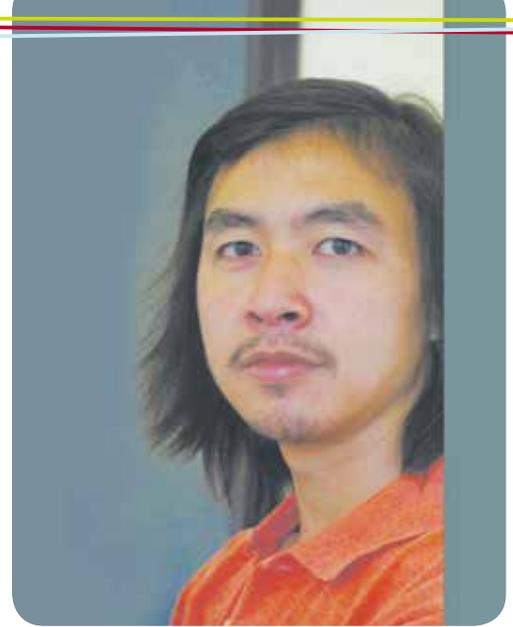
した。しかし、星質量の獲得史という観点から銀河進化を考える時、その材料であるガスは、重要な銀河進化の原動力の一つであり、決して蔑ろにはしてはいけません。今後は、世界最高の感度を誇るアルマ望遠鏡を使って、 $z\sim 1$ （銀河のガス量が星よりも卓越していた時代）の銀河のガス成分の統計的性質を調べ、銀河進化の謎を解き明かしたいと考えています。

クワン・グエン・ルオン

QUANG Nguen Luong

国立天文台 チリ観測所 EACOA Fellow

ミニ・スターバーストの姿を明らかに



My name is Quang NGUYEN-LUONG, originally from Vietnam and currently an EACOA fellow at ALMA ARC Japan. I spent most of my time studying in Europe and got my PhD from Saclay, Paris. My research interests center on the early phases of massive star formation, which consists of the formation of molecular clouds and stars or (young) massive star clusters. I use mostly telescopes operating in the Farinfrared, mm and submm wavelengths such as Herschel, JCMT, PdBI, IRAM 30 m...to study the very cold, dense regions inside the molecular clouds complex. I especially focus on the minitarburst complex, a molecular cloud complex that potentially form young massive clusters (YMCs) by itself.

YMCs have mass around 10000 Msun, concentrates in a small volume of $< 1 \text{ pc}^3$, gravitationally bound, and younger than 4 Myr (see Portegies Zwart et al. 2010 although they define the age of YMCs as old as 20 Myr). YMCs are extremely important because of their strong impact on the hosting galaxy, especially in starburst and merging galaxy where YMCs are predominant. YMCs are also called super star clusters. Massive clusters are formed mostly in two modes: directly from the dense clouds and merging of smaller gas-free clusters. However, I believe that YMCs must be formed directly in massive and dense molecular cloud regions and be young enough that cluster merging has not yet happened.

In the Milky Way, besides gas-free YMC (for example Arches or Wd1 clusters), there exists proto-YMC still embedded in the dense region of the molecular cloud complex. This dense part is called ridge or hub structure due to the nature of having associated filamentary network that feeds material to the central ridge/hub so that mass accretion can proceed continuously (Hill et al. 2010, Myers 2009). Previous observations suggest that massive star formation such as YMC formation occurs more often at the junctions of the filamentary networks (Schneider et al. 2012) where more dynamical processes are involved and efficient energy dissipation through shocks help to build up more dense ridge (Nguyen Luong et al. 2013).

私はクワン・グエン・ルオンです。ベトナム出身で、EACOA（東アジア中核天文台連合）フェローとして東アジアアルマ地域センターに在籍しています。学生時代のほとんどをヨーロッパで過ごし、フランス・サクレ原子力センターで学位を取得しました。私は大質量星形成の最初期段階に興味があり、分子雲の形成や大質量星団の形成を研究テーマとしています。私はこれまでに赤外線やミリ波サブミリ波の望遠鏡、たとえばハーシェル、JCMT、PdBI、IRAM 30m鏡などを使って、分子雲複合体の中にある高密度で低温な分子雲を研究してきました。特に「ミニスターバースト・コンプレックス」と呼ばれる、若い大質量星団 (YMC) を形成する可能性がある分子雲複合体に注目しています。

YMC（スーパースタークラスター：SSCとも呼ばれる）は、総質量が太陽の1万倍程度で、1立方パーセク以内のコンパクトな構造です。そして重力的に束縛されていて、年齢は400万歳以下という性質を持っています (Zwart et al. 2010)。YMCは、自身が含まれる銀河に対して非常に大きな影響を与えます。とくにスターバースト銀河や衝突銀河においては、YMCはとても目立つ存在です。こうした巨大な星団の形成プロセスは、大きく二つに分けられます。それは、高密度ガスから直接YMCが作られる場合と、ガスの少ない星団が合体する場合です。しかし私は前者の説を支持しています。というのも、YMCは非常に若いので、星団の合体が起きるほどの時間的余裕はないと考えているからです。

天の川銀河の中には、ガスのないYMC（例えばアーチェス星団やウェスタランド1星団）の他に、濃い分子ガスにまだ埋もれた段階の原始YMCが存在しています。こうした天体には、フィラメント状の「リッジ」や中央部の「ハブ」と呼ばれる構造があり、リッジを通して継続的にガスがハブに流れ込むことで質量の供給が可能になっているのだと考えられます (Hill et al. 2010, Myers 2009)。これまでの観測では、YMCのような大規模星団はフィラメントが交差する場所でより頻繁に作られるとされており (Schneider et al. 2012)、そこでは衝撃波による効果的なエネルギー散逸によって高密度リッジができると考えています (筆者ら、2013)。

リッジは細長く（アスペクト比2以上）、低温（15K程

Ridges are often filamentary (aspect ratio > 2), cold ($T \sim 15$ K), high-density (column density can be higher than 10^{22} cm^{-2} for an area of up to 10 pc^2) that dominate and shape their surroundings. Although bearing some properties similar to the most extreme Infrared Dark Clouds, they are not necessarily a subset of IRDCs. They do host massive dense cores that will potentially form massive stars and the entire ridge form stars with higher star formation rates than the average molecular cloud (Nguyen Luong et al. 2011). Molecular cloud complex has a power law mass spectrum, therefore ridge can be found only in complex that have mass larger than 10^6 Msun .

I am conducting a multi-wavelength survey of ridge/hub structure to reveal the early formation of YMCs. Since they are formed in dense gas, I plan to use JCMT to map the HCO^+ and HCN 4-3 lines toward the candidates of ridge/hub structures in the Milky Way discovered with Herschel. These high density (10^6 cm^{-3}) tracers will reveal the structure and kinematics of the gas inside the ridge and in the associated filaments that feed materials to the ridge. Comparing with the global star formation rates that can be derived from Herschel observations, we can derive a Schmidt-Kennicutt relation of dense gas and star formation rate of massive star forming region and compare with extragalactic relation. The SK relation of massive star forming region also tells us whether two different modes of star formation occur also in the Milky Way: ministarburst and normal mode.

Inside ridge, star formation occurs very efficiently, massive stars form first then trigger the formation of lower mass stars. Using Herschel we detect dense cores that may host prestellar objects that potentially form stars and protostellar objects that are forming stars, but the resolution is still limited that the individual scale is not yet resolved. Another project that I am pursuing is to search for a complete population of prestellar and protostellar objects using ALMA and JVLA which offer angular resolution down to subarcsec.

We are at the right time. Now, the excellent angular resolution and sensitivity of ALMA will be able to resolve distant galaxies to the scale of individual molecular cloud complex or ridge structure that we observed in the Milky Way. ALMA will therefore allow us to map the nearby galaxies and starburst with great detail so that we are able to establish the relationship between star formation density and gas density for each galaxy. This result will be important to produce a universal law of star formation.

Figure1: Comparison between simulation and observation of the formation of molecular cloud complex and stellar clusters from the galaxy scale to cluster scale.

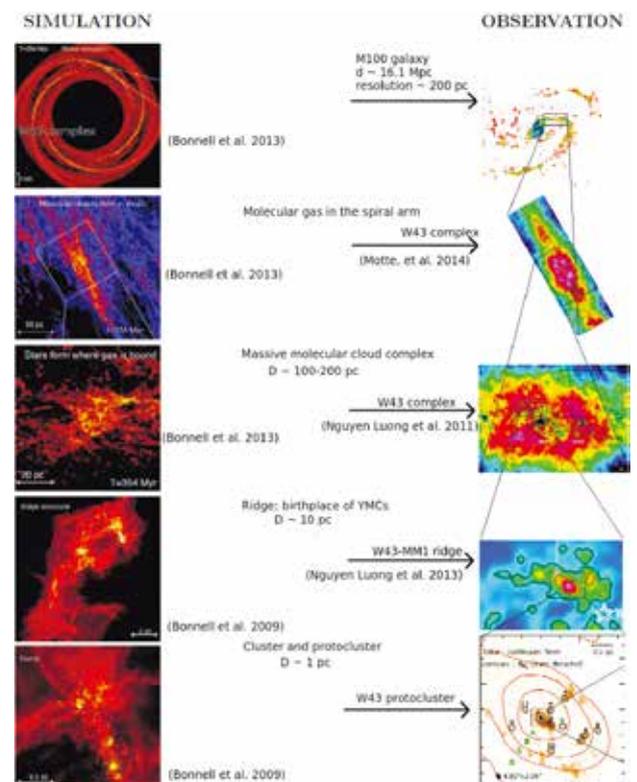
図1. 分子雲と星団形成のシミュレーションと観測結果の比較。銀河全体から個々の星団に至るさまざまなスケールでの研究結果を並べています。

度)で、高密度(柱密度 10^{22} cm^{-2} 以上)であり、とても目立つ存在です。赤外線暗黒星雲(IRDC)と共通の性質もありますが、リッジはIRDCの一部というわけではありません。リッジには確かに大質量分子雲コアが存在しており、より高い効率で大質量星を生み出す能力があります(筆者ら、2011)。こうしたリッジは、100万太陽質量を超えるような巨大な分子雲複合体にのみ存在します。

私はYMC形成を探るため、こうしたリッジ/ハブ構造を持つ分子雲に対して多波長での観測を行っています。たとえば、JCMTを使って、ハーシェルで発見されたリッジ/ハブ構造における HCO^+ や HCN 分子の分布を調べるつもりです。こうした分子は高密度領域を見るのに適しているので、リッジ内のガスの構造と運動を明らかにできるでしょう。またハーシェルの観測結果から星形成効率を求め、銀河におけるシュミット-ケニカット則(ガスが高密度な銀河ほど星形成が活発、という法則)と比較することも面白いと思っています。これは、天の川銀河でミニスターバーストと通常の星形成の2パターンが起きているかどうかを知る手掛かりにもなるでしょう。

リッジの内部では、星形成が非常に効率的に進んでいます。まず大質量星が形成され、それによって周囲の小質量星の形成が促されるのです。ハーシェルでもこうした場所を観測しましたが、解像度が十分ではありませんでした。ですので私は、アルマ望遠鏡やジャンスキー-VLAを使った高解像度観測を計画しています。

アルマ望遠鏡を使えば、系外銀河に含まれる個々の分子雲を個別に分解してみることができます。私たちの住む天の川銀河でこれまで行われてきた観測が系外銀河についても可能になったということで、私の研究テーマは時節をとらえたものになっています。アルマ望遠鏡を使って星形成活動度とガスの密度の関係を明らかにし、宇宙全体における星形成の法則を作り上げることができるようでしょう。



齋藤正雄

SAITO Masao

国立天文台 野辺山宇宙電波観測所長



現在、野辺山宇宙電波観測所長の齋藤正雄さんは、それ以前はアルマのプログラスマネージャーを務めていました。当時のようすをインタビュー記事で紹介し、後半は、宇宙電波観測所長としての1年を振り返っていただきます。



齋藤さんにInterview

アルマの経験を活かして野辺山改革中！

これまでいくつもの立場でアルマ望遠鏡に関わってきた齋藤正雄さん。1年前からは野辺山宇宙電波観測所の所長としてご活躍されていますが、それ以前の2年間は合同アルマ観測所職員としてチリに赴任されていました。チリへは、公募されていたプログラスマネージャーのポストに応募して採用されたとのこと。チリではどのような経験をされたのでしょうか。

「たぶん、たいへんだったのだと思います。もうチリから帰ってきて1年も経ってしまっ、すっかり忘れつつありますが、振り返ってみると、意外と楽しかったかなあ、と思っています。ワイン飲んで、ステーキ食べて、ソフトボールをして。チリ在住の日本人ソフトボールチームに入っていたんですよ。仕事は常に問題が山積みだったのですが、貴重な経験をさせてもらったと思っています」といいながらも、「プログラスマネージャーの仕事は、アウェイからのスタートでした。本来、マネージャーがチームのスタッフを招集するところを、すでに10人ほどのスタッフが決まっている部署のマネージャーとなったので、自分の率いるスタッフを誰も自分で選んでいないという状態でした。スタッフの中には、マネージャーに応募した人もいたかと思うと、最初はちょっとやりにくかったですね」と、すこし遠い目をしながら齋藤さん。

「コミュニケーションも苦労したかな。チームの中で、明らかに私がいちばん英語が下手でした。それを自覚しつつも、コミュニケーションを取らないとい

けないのですが、他人は必ずしも教科書どおりに話してくれないわけですよ。自分では伝えているつもりでも、ある人には『MASAOの話していることはよくわからなかった』といわれていたようですし、基本は伝わらないものだと考えて、メモを書いて残すなど、フォローが大切でしたね」

また、さまざまな国の人達で構成される合同アルマ観測所では、日本とは違う文化の中で仕事を行ったといいます。「モノの考え方と組織のあり方が日本とはかなり違いますね。米欧の人は自分のアピールがとても上手で、押しが強い。おそらく、そういう人でないと仕事をするためにアルマに来ることができないのだと思います。いきなりあなたの長所は何ですかと聞かれて、自分をうまく宣伝できる日本人は少ない

でしょうね。組織も、特にヨーロッパの人達はヒエラルキーがはっきりしています。チームの意見が分かれたときは、上司が強力な決定権を持ちます。そういう意味では、国立天文台は比較的自由で、上にも意見をいいやすい環境ではないでしょうか。合同アルマ観測

所では、チームごとの仕事の分担もかなりはっきりしています。隣のチームとはトップを通じてやり取りしないといけないので、お互いの境界線にある問題は、どちらも手を出さないので解決が後手に回ってしまうこともありました。野辺山では仕事の分担は決めますけど、隣の部署にちょっと手を貸してもらおう、というようなことはいくらでもあります」。

現在、齋藤さんの旗振りで、45m電波望遠鏡をより効率よく、より多くの研究者に使ってもらえるように改革が進められています。きっと、齋藤さんがチリで身につけた経験も活かされていることでしょう。最新の観測機器も稼働し始めたそうで、今後の野辺山電波宇宙観測所の成果には、大いに期待できそうです。



齋藤さんのデスクの後ろに置かれた額装写真を少し懐かしそうに見つめる齋藤さん。チリから帰任するとき、スタッフから送られたもので、アルマ望遠鏡の写真のまわりにスタッフの寄せ書きが記されています。

● アルマから野辺山へ

昨年の6月にチリから日本へ戻り、直後の7月より野辺山宇宙電波観測所に着任しました。これを書いている今ちょうど1年になります。人間は忘れる動物であると感じたことがあります。私自身1年たってチリ時代のことを思い出すことはほとんどなくなりました。

さて、着任したときの野辺山は厳しい状況にありました。目玉である4ビーム受信機FORESTの開発が遅れていて、ユーザーからもまだ共同利用で使えないのかとの厳しい声が聞こえてきました。FORESTを立ち上げ、観測に使い成果を出すという所内プロジェクトもなかなかデータが取得できず、もがいていたというのが当時の印象でした。また着任1か月で迎えた最初のユーザーズミーティングでも45m望遠鏡の運用に関して厳しい質問や要望が飛び交いました。野辺山を今後どのように舵をとろうと着任が決まってから考えてきましたが、実際の観測所の現状を肌で感じると考えるほど簡単ではありません。そこでまず所員との面談や意見交換、議論を通して野辺山の方向性を打ち出しました。それが「目標-2017年10月31日までに、観測システムの簡略化と安定化、高精度化、事務の効率化により、魅力ある科学データ取得パフォーマンスの10倍化を達成し、ユーザーによる最先端の研究成果を出し、所員が笑顔で働き、多くの見学者が来る天文台となる」です。とにかく、これを実現させるために野辺山の力を結集させようとこぶしを振り上げました。

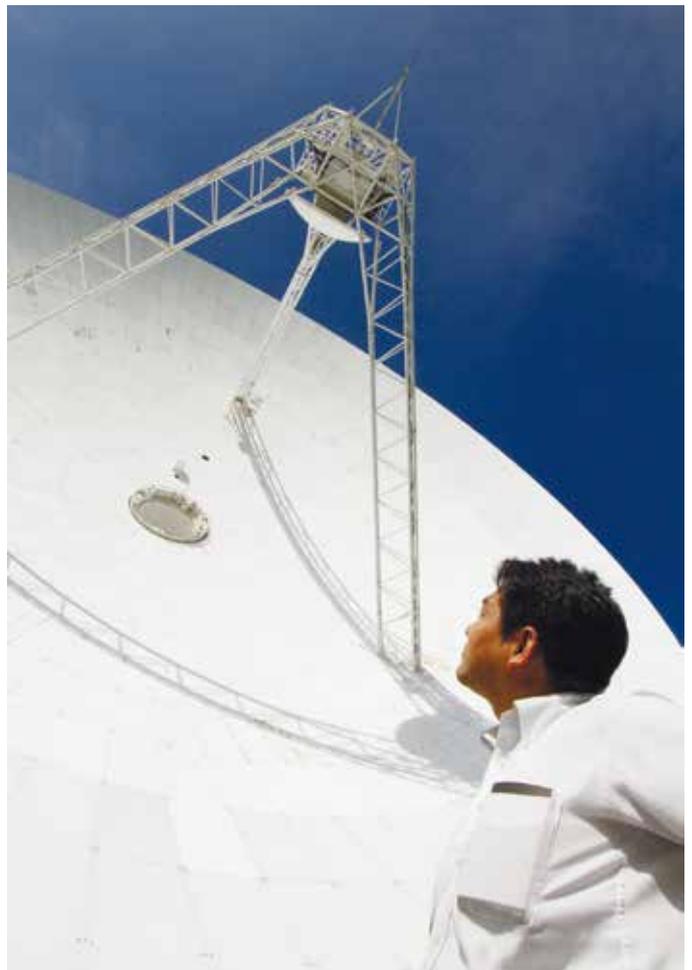
少しわかりにくい日本語ですが、システムチーム、計算機チーム、科学運用チーム、広報チーム、事務室などこれを実現するため、各チームの目標を立ててもらいました。2017年10月31日という日付が入っているだけに、各チームの目標も日付を入れてもらいました。

例をあげると2015年7月31日までに事務室は担当が休みをとっても購入依頼の事務手続きが滞らない「No遅延システム」の運用を開始するというものです。事務室長を中心に検討し、計算機チームの力も借りながら、7月の所員会議でその運用開始がアナウンスされ、無事締切前に運用開始にこぎつけました。改善の余地はありますが、私自身このシステムは三鷹や他のブランチに見てほしいくらい素晴らしいものだと自負しています。また旗艦受信機であるFORESTを2016年1月までに共同利用に提供するというのも実現の見通しつきました。広報についても昨年の11月にお隣の筑波大学農林技術センターや信州大学野辺山ステーションと一緒に地元感謝デーを天文台で実施しました。地元でもなかなか好評だったこのイベントは舞台を筑波大学農林技術センターへ移して今年も実施します。こうして所員や関係者のみなさんのたゆまぬ努力によって野辺山があるべき方向に向かっているというのは本当にありがたいことです。

一方、所員を鼓舞するだけでなく、所員の意見を聞く仕組みも作りしました。目安箱です。野辺山宇宙電波観測所にいらした方は気が付いたかもしれません。202部屋の前に目安箱とラベルのある箱があります。所員は記名、匿名で所長に直接要望できます。恥ず

かしがり屋が少ない所員ですが、この目安箱にはそれなりの数の要望集まりました。可能な限り応えましたが、実際に改善されたのは5割程度でしょうか。

私自身のサイエンスについては大分環境変わりました。チリではSOLA (SOul of Lupus with ALMA) という星形成研究プロジェクトを中心に研究していたのですが、筆頭研究者をチリの方に移譲したため、立場が変わりました。むしろ野辺山宇宙電波観測所から成果を出してその魅力を広く伝えるという方へ軸足を移しました。運用開始から30年以上たちますが、いまだに45m望遠鏡は3mm帯の観測において世界一線級の成果を出せる性能を持っています。是非、いろいろな研究者、特に若い世代に45m望遠鏡で観測してもらい、科学成果を出してほしい。そんなことをふと考えています。



1982年から本格運用を開始してから33年、まだまだ現役の45m電波望遠鏡。夏の日射しを浴びて真白に輝くパラボラを見上げながら、野辺山宇宙電波観測所の新たな戦略を思案しているかのような齋藤さんです。



国際シンポジウム 「Physics and Astronomy of Neutron Stars and Supernovae」報告

祖谷 元 (理論研究部)

2015年6月22日(月)～23日(火)の日程で国立天文台三鷹キャンパスにおいて、国際シンポジウム「Physics and Astronomy of Neutron Stars and Supernovae」が開催されました。中性子星や超新星爆発に関して物理学と天文学を横断する研究課題を深く掘り下げて議論できるように、国内外からの5人の招待講演者の講演を中心に、多くの研究者にご講演いただきました。本シンポジウムは、筆者の他に梶野敏貴(理論研究部)と田村裕和(東北大学)が世話人となり運営を行いました。

大質量星の最期である超新星爆発は数多くの観測事例がある一方で、理論的には爆発メカニズムが未だ完全には解明されていません。また、超新星爆発後に残る中性子星内部は地上実験では再現が困難なほど超高密度になると予想されるため、その物性はよく理解されていません。そのため、中性子星の天体観測を通してのみ、状態方程式やさまざまな物性の科学的な理解が得られるものと期待されています。このような極限状態における物理を解明する上では、天体物理だけでなく素粒子・原子核物理や物性物理など多くの学際的な関連分野の研究者の助けが必要となります。そのため、今回「中性子星と超新星爆発」というキーワードを軸に、素・核・宇宙、天文、物性など多くの分野からの研究者の方々と共に議論ができたことは、大変貴重だったと思います。

本シンポジウムでは、海外から3名の招待講演者の招聘にも成功しました。J. Lattimer教授(ニューヨーク大学)には、中性子星の質量や半径の天体観測から原子核理論を介して如何に状態方程式を制限するのかについて、詳細にわたり講演していただきました。G. Mathews教授(ノートルダム大学)には、重力崩壊型超新星爆発の際に生成されるニュートリノの重要性や背景の詳細な物理に関する講演をしていただきました。また、F. Thielemann教授(バーゼル大学)には、rプロセス元素合成のサイトとしての超新星爆発と連星中性子星合体の重要性や、銀河進化における影響に関する講演をしていただきました(ちなみに、Thielemann教授はわずか36時間の日本滞在という強行スケジュールで、ヨーロッパから参加して下さいました)。さらに、国内からは滝脇知也研究員(理研)に、超新星爆発シミュレーションの最近の進展を中心に、状態方程式の依存性に関する講演をしていただきました。また、世話人の一人であったにも関わらず、私も招待講演者の末席に加えていただきたいへん光栄に存じます。私は、中性子星における星震学と巨大フレア現象に伴う準周期的振動に関する講演をさせていただきました。

さらに、多くの研究者の方々にも様々なトピックスの講演をしていただきまし

た。その際、長めの講演時間を用意することで、単に結果を示すだけでなく導入部に時間を割いていただくことができ、分野外の方々でも比較的容易に現状や問題点を捉えることができたのではないかと推察します。複数の名誉教授の先生方にも参加していただいて活発に議論できたことは、この分野の重要性と成熟を示す証拠として、喜びに絶えません。天体物理、原子核物理、天文学が密接に絡み合う中性子星や超新星爆発に主体をおいた本シンポジウムのような会合は、国内ではまだ決して多くはありません。しかし、測定技術の進歩や新しい天文観測機器の登場により、今後一層、これらの相対論的な特異天体や爆発天体現象に関する高精度の観測事例も格段に増えるものと期待されます。本研究分野の更なる発展に少なからず貢献できたとしたら、本シンポジウムを開催する意義も大きかったこととなります。

● 最後に、本シンポジウムは OMEG Institute (<http://th.nao.ac.jp/meeting/omegi/>) の一環であり、新学術領域研究「実験と観測で解き明かす中性子星の核物質」との共催で開催しました。他にも複数の新学術領域研究、及び宇宙核物理連絡協議会(UKAKUREN)のサポートを受けて無事開催することができました。たくさんの方々のご支援、ご協力に感謝いたします。



参加者で記念撮影。

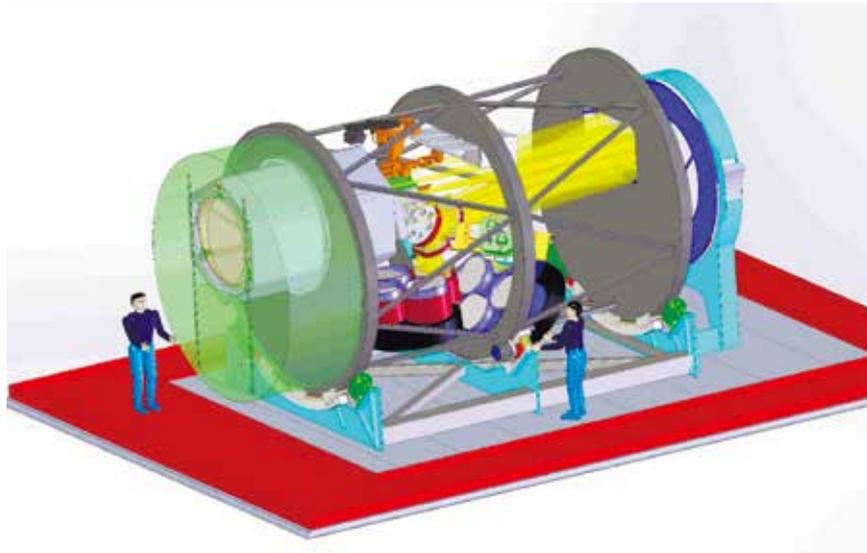


図1 WFOSの概観図。

① 装置概要

広視野可視撮像分光装置 (Wide Field Optical Spectrograph; WFOS) は TMT 完成時期に揃えられる3つの観測装置の一つです。WFOSはシーングリミットの装置であり、その場合、一般的に望遠鏡の大きさにともなって装置も大きくなってしまいます。それに加えてWFOSではサーベイ観測を効率的に行うために広い視野が欲しい、詳細研究を行うために高い波長分解能が欲しいといった科学者のわがままな要求を取り入れたために、非常に巨大な装置となってしまいました (図1)。

WFOSは撮像・ロングスリット分光・多天体スリット分光といった汎用的な機能を持っています。多天体スリット分光モードでは100天体程度を一度に分光できる一般的なモードのほかに、同時取得天体数は20程度と少なくなるものの、多次数スペクトルを同時に取得することで、波長分解能 $R \sim 5,000$ や $8,000$ でも $310 \sim 1,000$ nmのスペクトルを一度に得ることができるモードもあります。

② 日本の役割

これまでカリフォルニア大学サンタク

ルーズ校、国立天文台、中国科学技術大学、南京天文学研究所が協力して概念検討を進めてきました。国立天文台は主としてカメラレンズシステム (図2) の検討を行っています。WFOSはダイクロミックミラーによって $310 \sim 550$ nmと $550 \sim 1,000$ nmの二つの波長域を別の光路に分けます。それぞれの光路には各波長域に最適化されたカメラレンズシステムが設置されます。

WFOSは地上で観測できる限界の 310 nmまで観測できることが求められています。しかしこれほど短波長において高い透過率をもつ実用的なガラスは石英と蛍石だけです。短波長側カメラレンズはこれらだけで構成しなければいけません。長波長側カメラレンズならこれら以外にも一般光学ガラスを使用できます。しかし、石英以外の蛍石と一般光学ガラスは 400 mmを超えるものとなると製造が難しいことが知られています。国立天文台ではそれらの入手性を調査し、 $\phi 440$ mm程度の大きさが入手できそうな一般光学ガラスが数種類あることを確認しました。今後は光学設計を担当しているアメリカのグループと協力しな

がら、これらのガラスを用いた光学設計を進めることになります。

蛍石は収差補正に非常に適したガラスであることが知られていますが、熱膨張率が大きく、かつ割れやすいという欠点があります。このため温度が変わっても大きなストレスをレンズに与えないように、レンズ支持方法を工夫する必要があります。また先に $\phi 440$ mmの蛍石が入手可能であると記載しましたが、それほど大きな蛍石となると良質な材料を得ることが難しいため、少し品質の劣ものを利用しなければいけない可能性があります。そのような蛍石を用いた装置もあり、大きな問題は見られていません。しかし後悔したくはありませんから、それを用いたときの影響を慎重に評価しています。

石英と蛍石は屈折率の温度依存性が大きく、また逆の依存性を示すので、短波長側カメラレンズの光学性能は大きな温度依存性を持つことが予想されます。設計は使用温度である 0°C に最適化されますが、組立て時には性能評価をしては調整しなおすという段階があり、それは室温で行われます。室温での評価をどのように行うのかというのも今後の検討課題です。最終性能評価だけは 0°C 環境で行う予定です。

WFOSの光学レイアウトは比較的オーソドックスなのですが、その大きさゆえの課題がいろいろあります。今後はこれらの課題を一つ一つ解決していくこととなります。

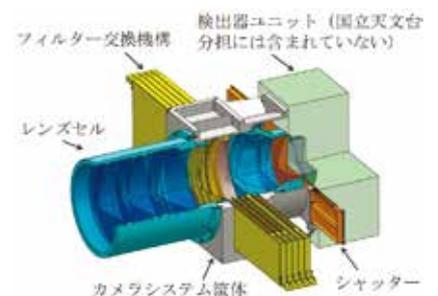


図2 カメラシステムの概念図。

人事異動

● 研究教育職員

発令年月日	氏名	異動種目	異動後の所属・職名等	異動前の所属・職名等
平成27年8月1日	早野 裕	昇任	光赤外研究部 (TMT 推進室) 准教授	光赤外研究部 (ハワイ観測所) 助教
平成27年8月1日	早野 裕	配置換	先端技術センター 准教授	光赤外研究部 (TMT 推進室) 准教授
平成27年8月1日	ESPADA FERNANDEZ DANIEL	昇任	電波研究部 (チリ観測所) 准教授	電波研究部 (チリ観測所) 助教
平成27年8月15日	寺田 宏	勤務地変更	光赤外研究部 (TMT 推進室) 准教授 勤務地: パサデナ	光赤外研究部 (TMT 推進室) 准教授 勤務地: ハワイ
平成27年9月1日	小山 佑世	勤務地変更	光赤外研究部 (ハワイ観測所) 助教	光赤外研究部 (ハワイ観測所 (三鷹)) 助教

● 技術職員

発令年月日	氏名	異動種目	異動後の所属・職名等	異動前の所属・職名等
平成27年8月1日	三ツ井 健司	昇任	先端技術センター 主任技術員	先端技術センター (技術員)
平成27年8月1日	長山 省吾	昇任	天文情報センター 主任技術員	天文情報センター (技術員)

● 事務職員

発令年月日	氏名	異動種目	異動後の所属・職名等	異動前の所属・職名等
平成27年7月31日	山藤 康人	出向終了	事務部総務課 (総務係)	情報・システム研究機構 国立極地研究所 出向 (期間: 平成27年7月31日まで)
平成27年7月31日	小林 多仁	辞職 (転出)	(信州大学人文学部総務係)	野辺山宇宙電波観測所事務室 (会計係)
平成27年8月1日	飯島 国男	採用 (転入)	野辺山宇宙電波観測所事務室会計係 主任	(信州大学財務部財務課主任)

●訂正●

8月号の人事異動で小笠原隆亮さん(2行目)、Miel Renaud Jean Christopheさん、野口孝樹さん、木下大輔さんの「異動前の所属・職名等」の欄が誤っていました。正しくは空欄です。お詫びして訂正いたします(係)。

「アルマーの冒険」05回「電波天文学の歴史」をお届けします。

「特集・中編 アルマ望遠鏡大開眼! 2 - 東アジア・アルマ地域センタースタッフに聞く -」に関連して電波天文まんが「アルマーの冒険」05回「電波天文学の歴史」を附録で同封します。合わせてご覧ください。



読んでね!



編集後記

チリ出張のため成田空港で出発待ち中。今年3社目の航空会社。とまかく移動時間が長いので、エコノミークラスでも少しでも快適な移動を実現すべく、いろいろな航空会社をさまよっています。(I)

日本をベースにアルマを支える研究者たちを取り上げた今回の特集、いかがでしたでしょうか。もちろんアルマを支えるのは研究者だけではなく、いろいろな職種のスタッフが一致団結してプロジェクトを推し進めています。そのあたりは、またのちほど。(h)

2年ぶりに伊豆の大瀬崎で潜りました。海の中はあまり変わってなくて、懐かしい魚たち(ウミテングとか)が迎えてくれました。(e)

国内・海外出張が続き、さらにシルバーウィークと遅めの夏休みで、9月は2日しか天文台に出動しませんでした。海外出張から帰ったら蝉の鳴き声が秋の虫の声に変わっており、すっかり涼しくなっていました。(K)

昼と夜で気温差が20度を超す季節になりました。天気予報では紅葉の情報が流れていますが、住処近くまではまだ一月はかかりそう。気温の変化を読み難くて、出張の時の服装の準備に迷う季節でもあります。(J)

観測に来て明け方の空を見上げると、月・金星・木星・火星・レグルスと明るい星々がわらわらと集まっていてびっくり。自分の観測のことはすっかり忘れて見入ってしまいました。(k)

プリンストンのホテルで早朝NHKの電話で起こされてしまった。何かと思ったら、運営会議でお世話になっている梶田先生のノーベル賞受賞のニュース。こういうのは嬉しい電話です。(W)

国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.266 2015.09

ISSN 0915-8863

© 2015 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日 / 2015年9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/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/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。

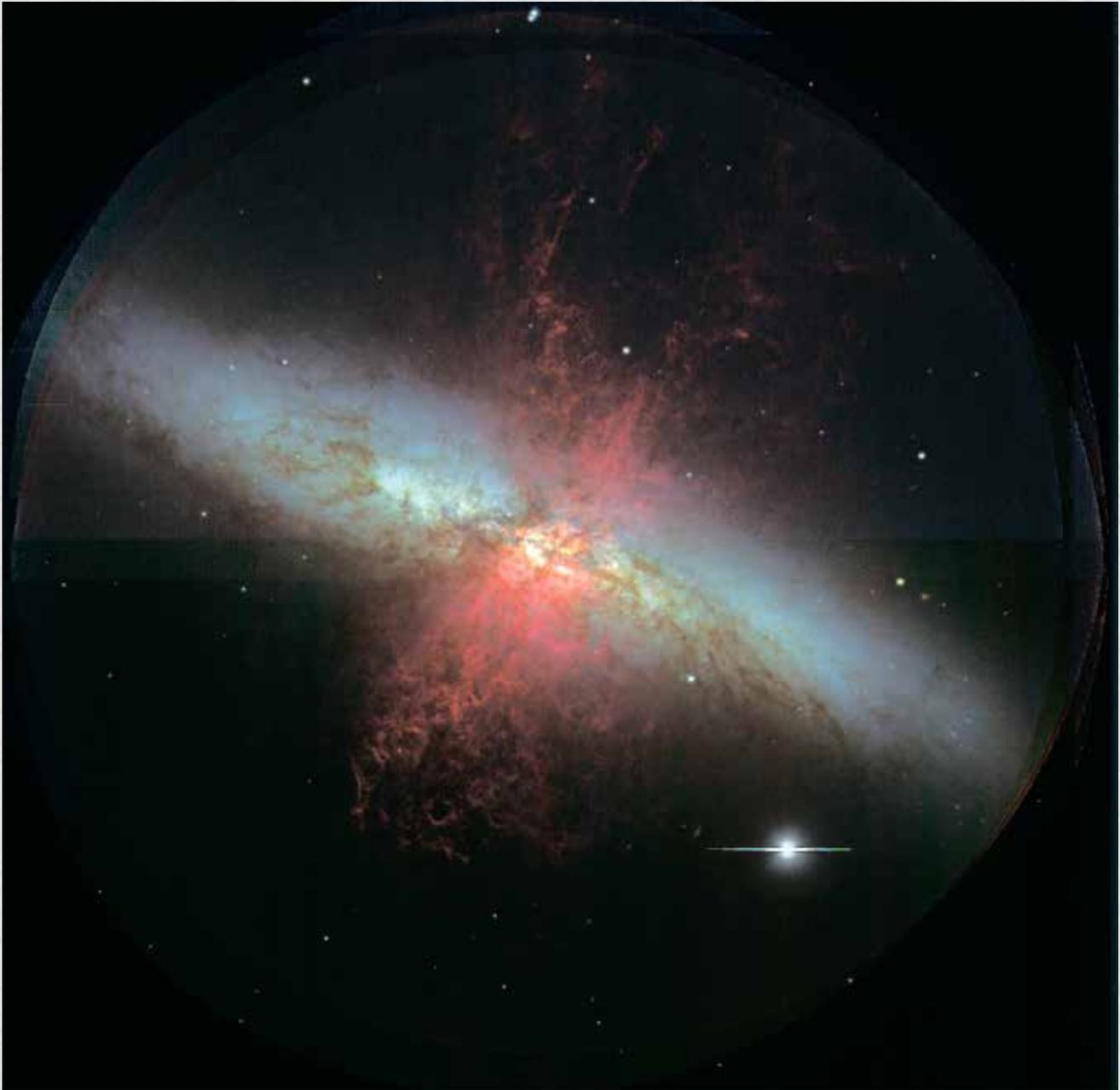
なお、国立天文台ニュースは、<http://www.nao.ac.jp/naoj-news/>でもご覧いただけます。

10月号は国立天文台の全国の各観測所の夏の特別公開のようすを一举掲載。IAU総会の報告記事もお楽しみに!

10月号

銀河から噴出する真紅の光 (M82, NGC3034)

大山陽一(台湾中央研究院天文及天文物理研究所)



データ

天体:渦巻銀河 M82 (NGC3034)
(おおぐま座)

撮影:2000年2月2日(UT)

H α 狭帯域(650nm:赤)、Bバンド(450nm:青)、Vバンド(550nm:緑)の擬似カラー合成

観測装置:FOCAS

M82銀河は近傍のスターバースト銀河で、その名の通り中心部で大量の星が爆発的に生まれています。この銀河は、普通に撮像するとほぼ横から見たただの円盤銀河ですが、狭帯域フィルターで電離ガスが放つ輝線のみを取り出すと、真紅の光(=水素のバルマー α 線)が銀河円盤の上下方向に大きく広がって見えます。これは、銀河から噴き出している「銀河風」です。同様な風は、一般に銀河が進化する過程で吹くと考えられており、M82はその典型例として多くの銀河研究者の研究対象となっています。この銀河がFOCAS装置の試験観測期の最初の観測対象となったのも、そのような理由があるからです。もちろんこのド派手な絵が、FOCAS完成のお披露目の記者発表で目立つことも、計算の内でしたが。

