

自然科学研究機構



国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2012年3月1日 No.224

特集・「アルマ望遠鏡のすべて」前編
アルマ望遠鏡 ついに開眼！



★アルマ・インタビュー

石黒正人 (ISHIGURO Masato)

長谷川哲夫 (HASEGAWA Tetsuo)

Richard Hills (リチャード・ヒルズ)

Lars-Åke Nyman (ラース・オケ・ニューマン)

●天文台メモワール「人のネットワークに感謝」——千葉庫三

●電波天文学の最前線を知っていただくためのワークショップを開催

●北九州イノベーションギャラリーで「すばる」「アルマ」「TMT」が揃い踏み

3

2012

NAOJ NEWS 国立天文台ニュース

C O N T E N T S

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

特集「アルマ望遠鏡のすべて」前編 アルマ望遠鏡 ついに開眼！

- アタカマの地—宇宙にもっとも近い大地を求めて—
- 世界の叡智を集めて—天文学史上最大の国際協力プロジェクト—
- 未踏の宇宙—ヘーミリ波サブミリ波天文学の大いなる飛躍—

★アルマ・インタビュー

石黒正人 (ISHIGURO Masato)
長谷川哲夫 (HASEGAWA Tetsuo)
Richard Hills (リチャード・ヒルズ)
Lars-Åke Nyman (ラース・オケ・ニーマン)

20

天文台メモワール

「人のネットワークに感謝」—— 千葉庫三 (ALMA推進室)

21

お知らせ

- 電波天文学の最前線を知っていただくためのワークショップを開催
- 北九州イノベーションギャラリーで「すばる」「アルマ」「TMT」が揃い踏み
- 「アルマの冒険02」同封のお知らせ
- 岡山天体物理観測所「特別観望会2012春」のご案内
- 「国立天文台観測装置名鑑」同封のお知らせ

25

人事異動

- 編集後記
- 次号予告

24

シリーズ 分光宇宙アルバム 24 最終回

土星と環のスペクトル —— 青木和光 (ハワイ観測所 / TMTプロジェクト室)

※連載「Bienvenido a ALMA！」はお休みです。



表紙画像

チリ・アタカマ高原、標高5000メートルの観測サイトに立つ月夜のアルマ望遠鏡。右中央に横向きに南十字星。(撮影/平松正顕)

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)



うしかい座。春に向けて牛を追う。イラスト/石川直美

国立天文台カレンダー

2012年2月

- 8日(水) 研究計画委員会
- 10日(金)～11日(土)「自然科学における階層と全体」シンポジウム(名古屋市)
- 15日(水) 総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 18日(土) アストロノミー・パブ(三鷹ネットワーク大学)
- 20日(月) 太陽天体プラズマ専門委員会
- 22日(水) 電波専門委員会
- 23日(木) 総合研究大学院大学物理科学研究科教授会
- 23日(木)～24日(金) 国立天文台研究集会「天文学を中心とした理工学における乱流研究」(東京大学生産技術研究所)
- 28日(火)～3月1日(木) すばるユーザーズミーティング2011年度

2012年3月

- 4日(日) すばる望遠鏡公開講演会(一橋記念講堂)
- 6日(火) 天文情報専門委員会
- 8日(木) 職員懇談会
- 9日(金) 研究交流委員会
- 12日(月) 総合研究大学院大学物理科学研究科天文科学専攻 専攻終了式
- 13日(火) 教授会議
- 14日(水) 光赤外専門委員会
- 17日(土) アストロノミー・パブ(三鷹ネットワーク大学)
- 19日(月)～22日(木) 日本天文学会2012年春季年会(京都市・龍谷大学)
- 20日(火) 第12回自然科学研究機構シンポジウム(東京国際フォーラム)
- 21日(水) 総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 26日(月) 運営会議
- 26日(月)～29日(木) 総合研究大学院大学物理科学研究科春の体験入学
- 29日(木) 平成23年度退職者永年勤続表彰式

2012年4月

- 1日(日)～22日(日) 第5回盛岡星まつり(岩手県盛岡市)
- 2日(月) 天文データ専門委員会
- 5日(木) 記者のための天文学レクチャー
- 9日(月) 先端技術専門委員会
- 15日(日) 第3回公開天文台(茨城大学宇宙科学教育研究センター・水沢VLBI観測所茨城観測局特別公開)
- 18日(水) 総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 21日(土) 第3回金環日食シンポジウム「あと1か月! カウントダウン金環日食/アストロノミー・パブ(三鷹ネットワーク大学)



★アルマ（ALMA）望遠鏡の正式名は「アタカマ大型
ミリ波サブミリ波干渉計：Atacama Large Millimeter/
submillimeter Array」です。

特集「アルマ望遠鏡のすべて」前編

アルマ望遠鏡 ついに開眼！

2011年9月、ついに初期科学観測がスタートしたアルマ望遠鏡。その全貌を現地取材を含めて紹介する大特集！前編は、画像で見るアルマの世界とキーパーソンのインタビューをお届けします。

・取材協力

藤井龍二（まんが「アルマーの冒険」作者）

平松正顕（ALMA 推進室）

国際アルマ観測所（JAO: Joint ALMA Observatory）・ALMA 推進室・ALMA 推進室チリ事務所

標高 5000 メートルに
林立するアルマ望遠鏡
のアンテナ群。

アタカマの地

—宇宙にもっとも近い大地を求めて—

アルマ望遠鏡は、南米のチリ共和国北部・アタカマ砂漠の標高約 5000 メートルの高原に建設されています。一年を通して乾燥した環境は、アルマ望遠鏡の観測波長域となるサブミリ波を捉えるのに最適の土地なのです。



そこは、人と宇宙の境界線



アルマ望遠鏡の運用基地である山麓施設（Operations Support Facility: OSF、標高2900メートル）と観測サイトのある山頂施設（Array Operations Site: AOS、標高5000メートル）間の長い長い坂道を、ゆっくり下るアンテナ搬送専用の特殊車輛「トランスポータ」。積荷は北アメリカ製作担当の12メートルアンテナ。手前は、長くこの地で暮らしてきた遊牧民の居住遺構。赤い土煙の中に新旧の歴史が交錯する。

地球の裏側に茫漠と広がる、紺青の空、赤い大地、白い塩の海。まるで異星の地のように。



アルマ望遠鏡が設置されたチリ・アタカマ地方は、アンデス山脈の巨峰が畳々と連なる乾燥地。広大な塩湖が印象的だ。一方、国際アルマ観測所（JAO）本部事務所が置かれた首都サンチアゴは温暖な気候で歴史のある緑豊かな陽気な街だ。

(左) 一面塩だらけの広大なアタカマ塩湖（面積は東京都の約1.4倍）を悠然と行くリャマ。遥か中央の秀峰はリカンカプール山。
 (左下) アルマ望遠鏡の山麓施設（OSF）へは、付近でもっとも大きな街、サン・ペドロ・デ・アタカマから車で1時間ほど。国道を離れてから、観測所専用のダート道を登っていく。写真右中の白く見えるエリアがOSF。
 (下) 車で近づくと、試験用の電波送信塔や日米欧の各アンテナの制作現場などが見えてくる。



最寄の空港はカラマ空港。サンチアゴから2時間。さらにサン・ペドロまで車で1.5時間。

カラマからサン・ペドロまでは、時に長い長い直線道路が続く。ずっと変わらぬ風景。

サン・ペドロは、アタカマ観光の拠点でもあるオアシスの街。水路の水にホッと一息。

国道からアルマ専用道路へのゲートでは、IDカードで入構者のチェックが行われる。



アタカマ塩湖の中にあるチャクサ湖には本物の水がある。フラミンゴの体色が鮮やか。

夕陽でさらに赤く染め上げられたアタカマの大地。アンデスの山々が燃えているかのようだ。

アンデスの山々を望むチリの首都サンチアゴ市街。人口500万人弱。南米屈指の大都市だ。

サンチアゴのビルに囲借りしている国立天文台チリ事務所。受け付けのロレーナさんが笑顔で。



国立天文台チリ事務所から徒歩で15分ほどにある国際アルマ観測所（JAO）本部事務所。

アルマ本部事務所の入り口に掲げられた NRAO、NAOJ、ESOの3極のロゴマーク。

副マネージャーの長谷川さんの案内で、国際色いっぱいの本部事務所を見学。

サンチアゴ旧市街の中央市場内の食堂にて。海産物が豊富で日本人の舌に合う。

石黒正人

ISHIGURO Masato

国立天文台名誉教授。電波干渉計の世界的権威。ALMA 計画の生みの親の一人で、日本側リーダーとして長きにわたって活躍。

アルマ・インタビューのトップは石黒正人さんです。“電波干渉計の神様”と尊称される石黒さんは、アルマ計画を実現させた最大の功労者。15 ページのリチャード・ヒルズさん（アルマ望遠鏡プロジェクト・サイエンティスト）とは同年齢で、古くからの盟友です。

「諦めなくてよかった」とつくづく思います



Q1 アルマ建設の経緯について教えてください。

アルマ望遠鏡計画のルーツは、1982年に試験観測を始めた野辺山宇宙電波観測所のミリ波干渉計ですね。この10mアンテナ5台の干渉計の建設は、45m望遠鏡と並んで、たいへんチャレンジングなものでした。なにしろ、本格的な開口合成タイプの干渉計を作るのは日本では初めてで、しかも未開拓のミリ波帯を世界最高レベルの性能で狙おうというものでしたから。当時、国外の研究者から「いきなり、こんな野心的な装置をよく作るね」といわれたものです（笑）。

野辺山のミリ波干渉計はたいへんうまくいって、原始惑星系円盤や原始銀河などの観測で大きな成果を上げることができました。しかし、各アンテナの配列変更が大変時間がかかるので、これが観測性能向上の大きなブレーキになっていました。当時、欧米勢もそれぞれ6素子くらいで同じような悩みを抱えていたのです。そこで、もっとアンテナの数を増やして感度と観測効率を上げられる次世代の干渉計を作ろうという構想を立てて、たとえば野辺山に30素子はどうか、とかさまざまな案を検討したんですね。ただ、構想が実現するとしても「すばる望遠鏡」の建設の後になるので、その間の世界の電波天文学の発展を見込むと、ミリ波にとどまっていたので

は、陳腐化する恐れも否めない。そこで、思い切ってさらに短波長のサブミリ波帯を狙うことにしたのです。

Q2 サブミリ波帯の特徴について教えてください。

サブミリ波帯なら、天体から放射される電波がより強くなり、おまけに分解能も向上します。0.01秒角くらいまで観測できて、これはすばる望遠鏡の10倍ほど“視力がいい”ということになります。これで、原始惑星系円盤の観測、とくに生まれたての惑星を見るためには有利になります。

ところが、サブミリ波は大気（水蒸気）による吸収が大きいため、4000m以上の乾燥した高地に干渉計を作ることが求められます。さらに、数多くのアンテナを長い距離で、たとえば10km以上の間隔をとって配列できるような、広くて平坦な土地であることも必要です。そうすると、日本国内に適地はなく、世界で候補地を探すことになりました。

当初は、ハワイ・マウナケア山、中国奥地の砂漠高地、チリ北部を適地としてピックアップしました。その後、現地へ調査に向いて詳しく検討すると、マウナケア山は、アクセスはいいし、すばる望遠鏡ともインフラを共有できて効率的ですが、山頂は狭く、大型の干渉計を設置しようと思うと高度が低くなってしまいますので除外となりました。中国奥地には高地で広大な砂漠地帯があり、アジアの国々、とくに中国と協力ができればいいなという思いもありましたが、なにしろアクセス面のハンデが大きすぎて、これも脱落。ということで、もともと第一候補でもあったチリ北部に狙いを定めました。日本からは一番遠い場所なので、それは欠点でしたが、時間はかかるものの、アクセスは問題なく、総合的に考えてここがベスト、という判断でした。

Q3 チリのサイト探しについて教えてください。

1992年から本格的なサイト探しを始めて、

最初はチリ北部で20か所くらいを候補としました。スペアタイヤとガソリンの予備タンクをたくさん積み込んで、四駆の自動車を運転して、有力候補地をしらみつぶしに調査しました。苦労話は数知れずですね（笑）。そこで、最終的に2か所まで絞り込んだのが、現在のアルマサイトと南のリオ・フリオという候補地です。より詳細な観測条件を調べようと、気象データだけでなく、大気による電波の吸収とゆらぎを測るための無人測定器を開発して現地に置き、観測環境のモニタリングをしました。ゆらぎの測定器は、2mのアンテナ2台を300m間隔で配置したミニ干渉計で、インテルサットの電波を利用して大気の振る舞いを調べました。そのデータなども参考にして、最終的に、標高5000mの現在のアルマサイトに建設場所を決めたのです。

当初米国内にサイトを探していた米国勢（NRAO：米国国立電波天文台）も関心を示し、途中から日本と協力体制をとるようになり、ほぼ同じ場所に日米で別々の大型干渉計を作り、完成後それらを結合させて、より高性能な干渉計として機能させようという構想をお互いに共有していました。その後、やはり南半球で大型の干渉計を作ろうとしていた欧州勢（ESO：ヨーロッパ南天天文台）が加わって、まあ、その間いろいろといきさつはあったのですが（苦笑）、最終的に日米欧とチリが協力してアルマ望遠鏡を建設することになったというわけです。

初期構想から30年、サイト調査をスタートさせてから20年。振り返れば、40年前に豊川の太陽電波干渉計から研究生生活をスタートさせた私にとって、野辺山のミリ波干渉計を経て、“お椀を並べ続けて”ここまで来たという感じですね。お椀の品質もその数も、そして並べ方の工夫もどんどん進歩して難しくもなって、途中でくじけそうになったこともありましたが、今、こうして標高5000mのアタカマの大地の上に、美しく精緻なお椀がたくさん並んでいる光景を見ると、「ああ、諦めなくてよかった」とつくづく思います。



20年近く前に四駆で走り回って作った、現AOSの調査マップを広げて。

世界の叡智を集めて

—天文学史上最大の国際協カプロジェクト—

アルマ望遠鏡は、国立天文台を代表とする東アジア、米国国立電波天文台を代表とする北米、ヨーロッパ南天天文台を代表とするヨーロッパ連合、そして現地チリが加わった国際共同プロジェクトとして世界の力を結集しています。

日本（国立天文台）のアンテナ調整エリアに佇む3基の7mアンテナ。アンテナ制作・受信機制作は、東アジア・北米・欧州で分担され、それぞれ長年培ってきた技術力を競い合い、そして協力し合って、ひとつのアルマ望遠鏡として完成する。





そこは、人と人との結節点

荒涼たる原野を渡り山麓施設に到着すると、そこには国際的な宇宙研究基地が立ち現れた。



現在、建設途上の山麓施設（OSF）は、標高2900mに建設されたアルマ望遠鏡の運用基地。アルマ望遠鏡をオペレートするための機能が集約され、たくさんのスタッフが滞在・生活するインフラも充実。まるでひとつの街のようだ（くわしくは後編で）。

（左）山麓施設（OSF）の中核はオペレーションルーム。開放的な広々としたフロアーには、世界中から研究者が集結。議論の環があちこちに行きわたることも。
 （左下）アンテナは日米欧が分担して制作し、厳しい性能評価の後に、合同アルマ観測所に引き渡される。手前から、日本の7mアンテナ、米国の12mアンテナ、欧州の12mアンテナ。
 （右下）標高5000mに運ばれる前の調整中のアンテナ群。施設の専用スペースに何種類ものアンテナが立ち並び光景は壮観だ。



山麓施設（OSF）の事務棟。各国の事務所やアルマ望遠鏡の簡単なパネル展示もある。

日本のチリ事務所の現地スタッフ、左からオスカルさん、マリアさん、ニコラスさん。

山麓施設内に立つ高い塔は、アルマの各アンテナの性能調整用の送信アンテナ。

山麓施設内のテクニカル棟。行き来するスタッフの国籍は実に多彩だ。



極端な乾燥地なので水分補給が必須。施設内にはふんだんに飲料水が用意されている。

欧州（ESO）のアンテナ組み立てエリア。副鏡の支持アームが棒状であるところが特徴。

米国（NRAO）のアンテナ組み立てエリア。日米欧の中で大きな建屋があるのは米国だけ。

日本（NAOJ）のアンテナ組み立てエリア。たくさんの7mアンテナを調整中。



日本（NAOJ）のアンテナ組み立てエリア内にある、NAOJの作業オフィス。

NAOJの作業オフィスの内部。アンテナの検査・調整用の測定装置などが所狭し。

トランスポータに積載中の日本の7mアンテナ（くわしくは後編で）。

暮れなずむ屋外ラウンジ。機能的な施設内には、憩いの場も設けられている。



アルマ望遠鏡建設の「問題解決請負人」です

長谷川哲夫

HASEGAWA Tetsuo

国立天文台 ALMA 推進室教授。国際アルマ観測所（JAO）建設担当副プロジェクトマネジャーとしてアルマ望遠鏡の建設に邁進。

アルマ・インタビューの2番目は長谷川哲夫さんです。野辺山宇宙電波観測所での研究を経て、早くからサブミリ波観測の将来性に着目してきた長谷川さん。今回は、アルマ望遠鏡建設の責任者として、そのマネジメントについて語っていただきます。

Q1 アルマ望遠鏡建設のマネジメントについて教えてください。

私は4年前から国際アルマ観測所（JAO）に所属して、主プロジェクトマネジャーとともにアルマ望遠鏡の建設に関わる元締めのような仕事をしています。望遠鏡本体、たとえば日米欧や台湾から送られてくるアンテナや受信機、相関器といった装置、それらを納める建物、電気設備、通信設備、道路……などなど、アルマ望遠鏡の建設に関する全体の進捗を管理し、そこに生じるさまざまな問題を交通整理して解決の道筋をつける役割ですね。

プロジェクト・マネジメントでは、WBS（Work Breakdown Structure）というやり方があるって、簡単にいうと、作業工程を大きなブロックから小さなブロックに順次細分化していったって、ツリー状に可視化された作業一覧表を作り、それに基づいてプロジェクトの進捗を管理・調整するという手法です。アルマの場合、細分化された作業工程が全部で1万くらいあるので、その全体を見ながら、個々のプロセスをバランスよくマネジメントしないとイケません。

そして、もちろん、誰でも作れるものを作っているわけではないので、予想外のことが起きます。アルマ望遠鏡の部品は、今までにない高性能をめざして新規に開発されているものも多く、完成に遅れが出ることもしばしば。この遅れをどう解決するのか？ また、あらかじめ決めた仕様やインターフェイス条件が、開発分担者の間で正しく共有されていなかったり、そもそも、事前にすべてを決めきれない場合もあるので、その気づかなかった部分でトラブルが生じたときにどう対処するのか？ まあ、日々こういう問題解決に頭を悩ませているわけです。いわば「問題解決請負人」って感じかな。

しかも、アルマプロジェクトは日米欧が互角に組んだ国際共同プロジェクトなので、それぞれの文化的な背景に根ざした、さまざまな流儀や価値観が共存していますし、歴史的な望遠鏡の建設プロジェクトに参加しようと、それぞれ腕に覚えのあるメンバーが世界中から集まってきているわけですから、強い個性の持ち主も多い。そういうぶつかり合いが少

なくない環境の中で、一人一人にできるだけ気持ちよく働いてもらって、その力を最大限に発揮してもらいつつ、ベクトルを揃えてアルマに結実させていく、という仕事は、こちらもすごく勉強になりますし、発見も多いですね。

Q2 文化的な価値観の差異を感じた具体例を教えてください。

たとえば、山麓施設（OSF）ですが、かなりヨーロッパ的な発想で作られています。日本主導だったら、こんな立派なものには仕上げない、というか、そもそも山頂施設（AOS）に必要な機能をコンパクトに集約して、OSFは作らなかったかもしれません（笑）。欧州勢はOSFをより充実させたいようですが、米国勢はその点は合理的で、資金のムダだから簡素でいいと（笑）。後背を厚くという感覚は、ローマ帝国の時代から連綿と続くカルチャーなのかもしれません。

それと、思い出深いのが、2010年2月のチリの大地震のときの対応です。たまたま輪番でOSFの現地当直マネジャーをやっていたときに地震が起こって、さあたいへん。アタカマは被害はなかったのですが、サンチアゴやその南は大被害。そちらに家族を残して出張してきているスタッフは気が気でないわけで、こちら一刻も早く帰宅してもらって「家族や隣人の助けになってあげて」と、なんとかパスを手配して希望者をサンチアゴに向けて送り出したのですが、サンチアゴ本部にいる地震国でないヨーロッパ出身のトップマネジメントは「OSFを守れ」（苦笑）。「何いつてんだ」って感じでした。1年後には東日本大震災も起こって、日本人としては、さらにその感を強くしただけに、これも印象的な出来事でした。

Q3 長谷川さん流の問題解決の秘訣があったら教えてください。

先ほどWBSの話をしましたけど、現実には理想通りにうまく行きません。逆説的だけど、マネジメントの教科書通りにコトが運ぶなら、プロジェクト・マネジャーはいりません（笑）。予想外の事態なので模範解答はもちろ

んなくて、臨機応変にその場で最適な解決策を探ることになりますが、結局、最後は、人と人が誠実に本音でぶつかりあって、そのレベルまでいって初めて生まれてくる相互理解と納得と信頼、いわば「人間力」みたいなものに拠って問題を解決していくしかないのかなと。浪花節に近いですね。まあ、これは日本的なアプローチなのかもしれないけど…。

ただ、ギリギリの調整をしても、どちらかに泣いてもらわないといけない場合は、アルマの性能はできるだけ落とさたくないのでサイエンスの側を優先してもらおうことが多いですが、すると比較的合意は得られやすいです。これは、きっと建設に関わるみんなに「このアルマ望遠鏡は、必ず素晴らしい科学的成果を挙げる、建設に携わる我々を決して裏切らないプロジェクトだ」という確信があるからなんです。少しでもアルマに貢献したいし、障害にはなりたくない、という心理が強く働いている。だから問題の解決がこじれた場合は、本音レベルでお互いの気持ちをぶつけ合ってもらったあと、このアルマへの共通の確信を出発点にして、それぞれの言い分を丹念に聞きながら、落としどころを探っていくと、うまくまとまることが多い。これは、私にとっても、アルマのマネジャーをやった大きな発見でしたし、きっとアルマ計画を支えている底力なんだと思います。そして、今後続く大きな国際協力プロジェクトをマネジメントしていく上でも、重要な教訓を含んでいると思います。まあ、請負人としては、そうやって、みんなが少しずつ鎧を脱いで、力を発揮してくれるのが何より嬉しいですね。



サンチアゴにあるJAO本部棟の長谷川さんのオフィスにて。

未踏の宇宙へ

—ミリ波サブミリ波天文学の大いなる飛躍—

アルマ望遠鏡は、目には見えないチリやガスからの電波を捉え"暗黒の宇宙"の謎の解明に威力を発揮します。とくにサブミリ波の観測は、今まで技術的・立地的な困難によってほぼ未開拓の領域で、新しい天文学の扉が開かれます。



そこは、人と宇宙のフロンティア

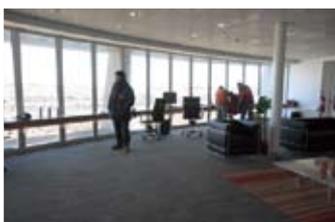
月夜の山頂施設（AOS・標高5000m）。月光と保安用の緑色灯に照らし出されたアルマ望遠鏡アンテナ群の幻想的な光景。

標高 5000m。荒い息をしながら山頂施設に辿りつく。藍色の空、赤い大地、白いアルマ。



山麓施設 (OSF) より車で1時間。高低差 2000m と登り切ると、標高 5000m の山頂施設 (AOS) に辿りつく。薄い空気に激しい行動は禁物。小型ポンペで酸素を補給しながら、ついに宇宙の入り口に立つ。日本を発って4日が経っていた。

(左) 頂上施設は標高 5000m ながら、広大な平地で、山岳的な感覚からはほど遠い。それゆえ、アルマはこの地に建設されたのだ。
 (左下) アンテナの設置パッド。広大な AOS には、このようなポートが多数設けられ、完成時には、66 台のアンテナがトランスポートによってさまざまに移動・配置されて、史上最高性能の電波干渉計を構成する。
 (右下) AOS の観測技術棟。



OSF-AOS 間のシャトル便に乗り込む。その運転は、資格を持つドライバーのみ許される。

AOS へ上がる際の必需品は防寒具と酸素ポンペ。事前のドクターチェックも必要。

AOS の観測技術棟の内部。アンテナ群を一望できる。呼吸を整えよう。

高度障害の症状はさまざま。酸素を吸うと「視野が明るくなった感じ」(藤井さん)。



チェックメーターで血中酸素濃度を測る。ひどい高度障害を発症すると危険な場合も。

試験観測中のアルマ望遠鏡のアンテナ群。2012年3月現在、アンテナの総数は28基。

手前左から日本、欧州、米国の各12メートルアンテナ(形状の違いは後編で)。

初期科学観測が始まったとはいえ、未だ建設途上のアルマ望遠鏡。AOSを重機が疾走。



酸素ポンペの吸入口とパラボラアンテナを並べてみました。観測の成果や如何に？

各アンテナに取り付けられる受信機ユニット。OSFのラボで調整中のもの。

受信機ユニットにセットされた各超伝導受信機の受信面。10バンドがカバーされる。

調整中のバンド6の受信機。「単体で見られるのは珍しいよ」と長谷川さんもしげしげ。

リチャード・ヒルズ

Richard Hills

国際アルマ観測所プロジェクトサイエンティスト。ミリ波電波干渉計に創成期から携わり、ハワイの15mサブミリ波望遠鏡JCMTのプロジェクトサイエンティスト、ケンブリッジ大学教授も務めた。

いよいよアルマ望遠鏡の初期観測がスタート。プロジェクト・サイエンティストとして観測部門のトップに立つリチャード・ヒルズさんも大忙し。アルマ望遠鏡によって、いったい何が見えてくるのか？ アルマの観測が拓く新しい宇宙を語っていただきます。(インタビュアー／平松正顕)

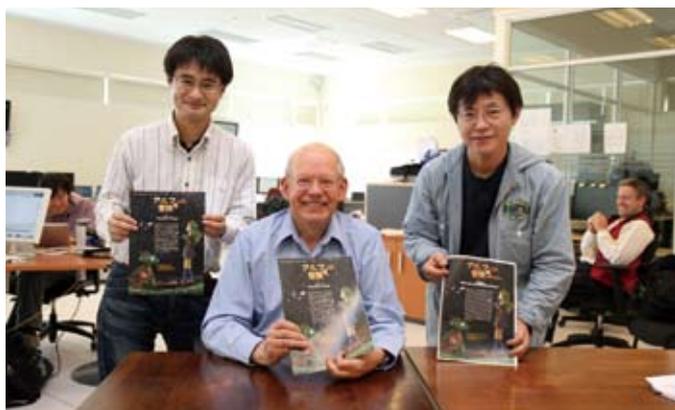
Q1 What is the ALMA's main purpose?

ALMA is exploring millimeter waves of spectra. The simplest thing we can say is that the history of astronomy teaches us that each time we go to a new part of spectrum, we discover new things that we didn't know about before. So perhaps most exciting possibility is that we will discover completely new phenomena which we know nothing. But of course I cannot tell you what those are, what they will be, now. On the other hands, saying that does not get you billion dollars developing telescope. ALMA would not have been built, if some preliminary exploration of the millimeter spectrum had already been done. In particular as you know Nobeyama has been pioneering millimeter wave spectrum for the last 30 years, so the important discoveries already been made by millimeter wavelength.

At first of all that, when you look at the space between the stars, it contains gas. Now, we knew that the gas is there, but we thought the gas with extremely simple just consisted atoms, hydrogen atoms, a few carbonate atoms, a few oxygen atoms and so on. What was discovered when the people first tried millimeter wave observations is that the gas is actually very complicated, and there is very rich chemistry in these gas cloud.

The atoms are actually tied up and formed molecules and those molecules are complicated. With the existing telescope we can see that those molecules are there that but we find very confused pictures that we cannot tell where the different substances are, what leads to different chemicals been present.

With ALMA we will be able to look at picture of gas cloud and see the detail of inside, of all the different substances. That is important subject because those gas cloud is where the new stars and the new planets are formed. So the planets when they were formed contain all these chemicals. This is no doubt very important to investigate whole new subject of formation of stars, planets, in order to understand where our own solar system came from.



この3月号にも同封の「アルマーの冒険」(のプロローグ編)を手に、左から平松さん(英語版)、ヒルズさん(日本語版)、藤井さん(特製スペイン語版)。

全然知らなかったものが
発見されるでしょう



Q1 まず、アルマ望遠鏡を作る目的について教えてください。

アルマ望遠鏡は、電磁波のうち波長が数ミリ前後の電波(ミリ波サブミリ波)を観測します。これまでの天文学の歴史を見ても、新しい波長域を観測すると新しいものが見えます。それは、それまで全く予見されていなかったものである場合もあります。だからアルマ望遠鏡でも最も面白いのは、これまで私たちが全然知らなかったものが見つかることでしょうね。でも、そんなこと言っていたら望遠鏡建設にかかる多額のお金を出してもらうことはできません。アルマ望遠鏡ができる前から、この波長域はたとえば野辺山宇宙電波観測所などで先駆的な観測がなされてきました。

その結果、私たちは星々の間の空間にガスがあることを知りました。最初は、それらのガスはとても単純な組成、つまり水素原子と、少量の炭素や酸素原子があるだけと考えられていましたが、研究が進むにつれてそのガスの化学組成は複雑で、様々な化学反応が起きていることがわかってきました。つまり、原子はたがいに結びついて複雑な分子を作るのです。これまでの望遠鏡でもこのように複雑な化学組成をしていることはわかっていましたが、どうしてそのような化学組成を持つのか、場所によって化学組成がどのように違うのかというのはまだ明らかにはなっていません。

アルマ望遠鏡をつかえば、そういったガスの雲の詳しい画像を取得することができ、より詳しい分析をすることができます。この研究はとても重要で、そういったガスの雲から星や惑星が生まれてくるので、私たちの太陽系がどのように作られたかを理解する手掛かりになるのです。このような星や惑星を作るガスの研究が、アルマ望遠鏡に期待されている成果の一つですね。ただこれだけでは、アルマ望遠鏡のような高価な装置をつくるには十分ではありません。

他にどんな発見が期待されているかという話をしましょう。私たちの銀河系の中では、そうしたガスの雲から星や惑星が生まれています。しかしアルマは、宇宙の中で最も遠くにある天体も観測することができます。数十億光年のかなた、宇宙が誕生して間もないころの銀河からの電波もすでに観測されています。このような天体は、実は可視光や赤外線で見えることはできません。しかしサブミリ波では観測できるので、このような天体を「サブミリ波銀河」と呼びます。サブミリ波銀河は、宇宙が誕生した後にはガスがそこかしこに集まってきてきたもので、きっと中では既に星が作られ始めていて、その熱でガスや塵が温められているのです。私たちが住む天の川銀河などは立派な銀河ですが、そのよう

OK? I don't know how some going too much detail about, OK? So, that was probably the first leading important discovery about millimeter wave, what we can do with millimeter waves. However, I think that still be not enough to build the telescope as big and expensive as ALMA.

So the next exciting discovery, OK? was that not only can be looked at these gas clouds. Those are in our own Milky Way galaxy, and we can see what is going on in the formation of new stars and new planets.

But we can actually look at some of the most distant objects in the universe. We actually see millimeter wave signals from galaxies with millions, thousands of millions light years away. So going back to early stages in the universe, maybe a few less than billion years after the universe was first created, we see that millimeter waves given off from objects which we cannot see the visible. These objects are called "submillimeter galaxies".

They must be object which is starting to form when gas is go together, and must be stars or something that generates heat. But it is so surrounded by dust and gas, so the light doesn't get out. Now we think that most of the big galaxies, when the big galaxies form, they go through this period where it essentially not visible in another wavelength. So in order to understand properly what is happening in the process of forming galaxies, we thought making the observations at millimeter wavelength and so that we have to use ALMA. We can detect these galaxies with existing telescopes, like Nobeyama, but in order to study them and make images of them, we have to have a telescope as powerful as ALMA. So they are able to make observation of those galaxies, process of forming new galaxies which is not happening today. One thing important to realize is that, although in our Milky Way new stars have been formed today not very far, a few light years away, but there is nowhere in the space around us the new galaxies been formed. The space between the galaxies is empty and there is nothing to form the new galaxies. So the all the galaxies have been formed back in the early history of the universe. We can observe those objects very very far away, so the signals are very faint, the objects look small. We need really powerful telescope to do that, but ALMA will able to do that.

Q2 What was the most difficult point in building this huge observatory?

I really could not say that just one difficult. One of the things very remarkable about ALMA is that almost every part of the system requires advanced technology that did not exist when the project started. So the most obvious thing is first you come to the antennas themselves that correct the signals. Our antennas are more accurate both in the surface and the way that you point in the sky than any existing telescopes, existing antennas. So the development of the antennas is very difficult and required quite a lot of work. And also they have to work in a much more difficult environment than most other observatories with high altitude, high wind, and low temperature, so the antenna design was difficult. The next thing you have to do is receivers that actually detect the signals. And we need to have receivers that work over very wide range of frequencies, goes to very high frequencies, and have wonderful sensitivity. The sensitivity of the receivers is much better than the receivers which have been done until then. So that was a lot of work in the development of the receivers. And then to bring the signals together, we have to use fiber optic technology which again did not exist when the project started. Now we have it. That

な銀河も昔はサブミリ波銀河のようなものだったと考えられています。そういう天体は、可視光では見えないのです。

サブミリ波銀河で何が起きているかを調べるには、ミリ波サブミリ波で観測することが必要で、アルマ望遠鏡はそのための重要な道具です。これまでに作られているほかの望遠鏡、たとえば野辺山の望遠鏡でもサブミリ波銀河を見つけることはできますが、サブミリ波銀河の画像を取得して詳しく調べるには、アルマ望遠鏡が必要なのです。アルマ望遠鏡なら、サブミリ波銀河でどんなふうに星が作られているかを見ることができでしょう。私たちの銀河の中でも星は作られています、銀河の近所を見渡しても形成途中の銀河はありません。銀河の間の空間はとても空虚で、銀河の材料になるものがないのです。すべての銀河は、宇宙初期に作られたのです。サブミリ波銀河はとても遠くにあるので電波もとても弱く、また見かけのサイズもとても小さいので、これを観測するにはアルマ望遠鏡のようなパワフルな望遠鏡が必要なのです。

Q2 アルマはとても強力な望遠鏡ですが、この大きな望遠鏡を作るのに大変だったことは何ですか？

なかなかひとつには絞れませんね。その中で、アルマ望遠鏡のほとんどの部品について、アルマ望遠鏡建設以前には存在しなかった技術を使ったり、これまで達成したことのない性能を持たせる必要があった、というのは特筆すべきことでしょう。たとえば、電波を集めるためのアンテナ。アルマ望遠鏡のアンテナは現存する他のどの電波望遠鏡をも凌ぐ表面精度と指向精度が要求されます。このためアンテナの開発は難しく、多くの努力を必要としました。またアルマ望遠鏡のアンテナは他のほとんどの望遠鏡よりも標高が高く、風が強く、温度の低い環境で動作せねばなりません。これも難しい点の一つでした。

次に、電波を受信して電気信号に変換する「受信機」ですが、アルマ望遠鏡の受信機はたいへん広い周波数帯域を観測しますし、観測周波数そのものも高く、要求される感度も既存の受信機に比べて非常に高いものです。ですので、受信機の開発にもたいへんな力が注がれました。そして多くのアンテナに搭載された受信機で得た信号を一つにするために、光ファイバーの技術が使われています。これも、アルマ望遠鏡が当初構想された当時にはほとんど実用化されていなかった技術ですが、情報通信技術の発展とともに私たちもそれを応用できるようになってきました。光ファイバーを通してきた信号をひとつにするには、それぞれのアンテナで得られた信号の時刻を、これまでにないほど非常に精密に合わせなくてはなりません。その精度は、 10^{-14} 秒にもなります。

そして実際に信号をひとつにする相関器



has been developed for communications in the rest of the world. So we were able to use that technology. And then of course when the signals are combined, we have to get the timing in very accurate. We have the most accurate system for relating the time of one place to the time of the other place, that I think anybody had never developed. We measure the differences in time at the level of about 10^{-14} seconds between the different antennas. That required a lot of development. And then the next step is the correlation of the signals. Looking the signals come from the antennas, you have to find the part of the signals actually coming from the distant galaxy, because most of what you received is just a random noise. So we do that in the correlator and looks for the correlation. The development of the correlator was another big development that required a lot of work. We have two correlators. One of them, built in Japan and that is extremely specialized, extremely powerful machine. Finally, you cannot do anything with all this data until you have the software, both to control the system, to analyze the data and to convert it to the images. A huge amount of work was gone into the development of the software. I have to say all of these were difficult developments. It's only done by hundreds and hundreds of people who were working very dedicated and for many years. We managed to get these things altogether.

Q3 What is your personal interest in the ALMA research?

Well, for me, the first goal, first thing I would like to see with ALMA would be really clear image of a new star with disk of gas around. We all believe this is what is there, showing the evidence that new planets have been formed in a disk. I've been working on those types of objects over the years, and so far we always had to make very indirect analysis of the data in order to discover the properties of these young stars and disks surround them. So to be able to make a really clear image for the first time would be a very important step of ALMA, so I think that is the biggest goal. But of course it is also true that we make a first really good image of an object that is forming new galaxies. That would be a very dramatic too.

ですが、アンテナで得られる電波のほとんどは雑音で、その中から天体の情報を含む部分を抽出しなくてはなりません。これも相関器の仕事です。相関器は2台あり、そのうち1台は日本で作られたとてもパワフルな装置です。

そして最後に、望遠鏡システム全体をコントロールし、データを処理し、電波写真を作るソフトウェアも必要です。このソフトウェア開発にも、アルマ望遠鏡ではたいへんな労力がかかっています。つまり、アルマ望遠鏡に関わる開発の全てが難しかったといえるでしょう。何百人もの研究者やエンジニアが必死で何年も開発に当たりました。そのおかげで、こうしてアルマ望遠鏡は観測開始にこぎつけられたのです。

Q3 アルマ望遠鏡での研究について、あなたが一番関心を持っていることは？

私がアルマ望遠鏡の成果として最初に見たいのは、生まれ来る星とその周りがあるガスの円盤でしょうか。惑星が作られているところを見たいですね。これまでのデータでは直接そういった天体を見るのが難しかったのですが、アルマ望遠鏡を使えば鮮明な画像が撮れるはずで。そして、もっと遠くの、生まれたての銀河の素晴らしい画像も見たいですね。

AOSに立つアンテナ群。中央の前と後ろは日本の12m。その右の小さな2基は日本の7m。日本の担当は、「ACA」と呼ばれる高精度の干渉計システムを構成する直径12mアンテナ4基と直径7mアンテナの12基の計16基。「いざよい」という愛称がつけられている。

ラース・オケ・ニーマン

Lars-Åke Nyman

国際アルマ観測所サイエンスオペレーション部長。欧州がこれまでにチリに建設した2つの電波望遠鏡 SEST、APEX の責任者を歴任した。またアルマ望遠鏡の前身（欧州が構想）LSA の建設候補地調査にも関わった。

アルマ望遠鏡の初期科学観測には、世界中から 900 件もの観測提案（プロポーザル）がなされ、新型望遠鏡の最初の提案数としては異例の多さを記録。サイエンスオペレーション部長のラース・オケ・ニーマンさんに、その背景を聞きました。（インタビュー／長谷川哲夫）

Q1 How do you feel the expectations of the scientists in the world?

Yes, we got a lot of proposals, of course. we got more than 900 proposals and the oversubscription rate by the number of proposals is more than a factor of nine. It has been a lot of interests from astronomical communities to use ALMA which is very positive for us. We have 50 science assessors going through the proposals, now we have final rank list of all these proposals through the directors council. Right now we are preparing for phase 2, that is now to prepare the project and scheduling blocks, of course it's been a lot of interest from the astronomical community.

Q2 Compared with your experience in the past, for example, APEX or SEST, what is the difference in the case of ALMA?

I think main difference is that scientists have been preparing for ALMA for many years. It's been lots of workshops, it's been lots of conferences, people everybody is very excited by ALMA. So everybody prepared to submit proposals, submit high interests for this Cycle 0. When I worked at APEX, we had lot fewer proposals in the beginning. It increased with time, but the number of people is much less compared to ALMA.

Q3 Which genre of the scientific proposals is popular? I think we have four categories.

Yes, four science categories. It's cosmology, galaxies, interstellar medium and star formation, protoplanetary disks, and the fourth category s stars, evolved stars, and solar system. We got a lot of proposals covering all these areas four category in particular we got a lot of proposals about solar system.



チリ・ラシーヤ観測所の 60 cm 電波望遠鏡の観測で研究協力したこともあるラースさんと長谷川さん。

世界の天文学者からの大きな期待を実感しています



Q1 世界の研究者からアルマ望遠鏡に寄せられる期待についてどう感じていますか？

最初の初期科学観測に対しては、世界中からとてもたくさんの観測提案が提出されました。その数は 900 件で、競争率は 9 倍くらいになっています。アルマ望遠鏡がこれほど多くの研究者の関心を集めているということはとてもありがたいことです。この観測提案は 50 名の審査員によって審査され、点数表にまとめられています。順位がきまったら、次は採択された観測提案にもとづいて望遠鏡を動かすためのスケジュールリングブロックを作る作業が待っています。世界の天文学者からの大きな期待を実感しています。

Q2 APEX ★や SEST 望遠鏡★を運用した経験に照らして、アルマ望遠鏡は何が違いますか？

一番大きな違いは、たくさんの研究者がアルマ望遠鏡のために長い間かけて準備をしてきた、ということでしょうか。多くの研究者がアルマ望遠鏡を使いたがって、ワークショップや研究会もたくさん行われてきました。先ほど言った通りたくさんの観測提案が提出されたわけですが、これを見ても多くの研究者がアルマ望遠鏡を使った研究のためにしっかりと時間をかけて準備してきたことがわかります。例えば APEX では、最初からこんなにたくさんの観測提案なんて届きませんでした。時間が経つにつれて観測提案は増えてきたとはいえ、一番最初の観測シーズンに向けてこんなに多くの研究者が議論を重ね周到な準備をしたというのはアルマ望遠鏡がダントツでしょうね。

Q3 観測提案は 4 ジャンルに分けられていますが、どれが人気がありますか？

はい、観測提案には 4 つのカテゴリーがあります。「宇宙論」「銀河」「星間物質と星形成・惑星形成」、それから 4 つ目が「恒星や太陽系」です。どのカテゴリーもとても人気があります。太陽系の観測についてもずいぶん提案が出ています。

★ APEX ESO とオンサラ天文台、マックスプランク電波天文学研究所が運用する直径 12 m サブミリ波望遠鏡。アルマ観測所山頂施設のすぐ隣にある。

★ SEST ESO とオンサラ天文台が共同して ESO ラ・シーヤ天文台に建設した直径 15 m 電波望遠鏡。1987 年から 2003 年まで運用が行われ、南半球におけるミリ波天文学を牽引した。

I see. Solar system, that's right. I think, this Cycle 0 is the only a start. But eventually a hundred times deep in either resolution or sensitivity, I think anything looked at by ALMA would be a discovery.

Yes, if we have all antennas, it will be that sense.

Q4 In which field are you, yourself, interesting in science with ALMA?

I have been mostly working on evolved stars, and AGB stars, planetary nebula, and also star formation and the structure of the Milky Way.

Q5 Do you have any message to the Japanese scientist and astronomers?

Yeah, I would say to keep on producing very good proposals for ALMA.

—太陽系ですか。サイクルゼロはまだ始まりに過ぎないんですよ。最終的には感度や解像度が100倍になる。こうなると、アルマで観測すればなんでも新発見が出てくるでしょうね。(長谷川)

そうですね、アンテナが全部そろえば、そうなるでしょう。

Q4 個人的には、アルマでどんな観測をしたいですか？

死にゆく星、AGB（漸近赤色巨星分枝）星、惑星状星雲ですかね。星形成や天の川銀河の構造にも興味があります。

Q5 最後に、日本の科学者に向けて何かメッセージはありますか？

ぜひいい観測提案をたくさん出し続けてください。

「アルマ (ALMA)」 — それはスペイン語で「たましい」の意



**人のネットワーク
に感謝**
千葉庫三
(ALMA 推進室)

前任の東京大学原子核研究所(核研)から1997年に異動して15年間、国立天文台に在職しました。同時に退職される諸先輩に比べると短い期間でしたが、たくさんの方々と関わりがもてた事に感謝します。関わりの3本柱は「仕事」「組合」「マラソン」です。

着任して最初の約5年間は、核研時代から携わっていた計算機ネットワークの構築、保守、運用でした。これは、国立天文台のすべての部署、キャンパスの方々と人のネットワークなしには成立し得ない仕事です。さらに、スーパー SINET を利用した「天文学ネットワーク」の構築に携わることとなり、全国の天文学研究の大学・研究機関の方々と連携をとりながら進める機会を得ることができました。また、1999年には、その頃から対応の必要性に迫られていたネットワークセキュリティに関するワークショップを、KEKの担当者の方々と協力して共同利用機関の枠組みで立ち上げました。これは私が担当を離れた後も参加機関が増加する等、質量ともに拡大しています (<http://sws.soken.ac.jp/>)。

2001年にネットワーク担当を離れ、ALMA 推進室(当時はALMA 計画準備室)に異動してから現在に至るまでの約10年間は、大型プロジェクトの「総務」として、概算要求、外部評価、予算執行、その他「担当者が決まっていない仕事」を担当することとなりました。ALMA 推進室は、現在では約100名のメンバーとなり、All-hands-meetingは大セミナー室でないで開催できない規模になっていますが、プロジェクト「総務」という立場から、ALMA プロジェクトのすべての方と何らかの関わりを持ちながら、この巨大プロジェクトに参加してきました。また、ALMAは国際協力ががっぷり四つに組んで進めていくプロジェクトであり、前例のない事が次々に出

てきます。事務部のすべての課の方々の知恵と協力なしには遂行することができません。一緒に仕事を進めていくパートナーとして、日頃から信頼関係を作ることを心掛けたつもりです。一方で、事務部の方と密に仕事をしていると、公務員時代のルールを吟味なく引き継いでいる事や、非効率と思われる事を目にするもありました。そのような時には、率直に批判もさせていただきましたが、気に障ったことがありましたら、ご容赦ください。



2004年5月のALMA-Jキックオフミーティング@箱根。

次に「組合」。東京天文台時代に東大職員組合を通じて存じ上げていた方も多数いらしたので、国立天文台職員組合の活動には異動直後から参加することができました。そして在職中に3回にわたって委員長を務めたほか、執行委員、専門委員も経験しました。そのため、仕事では関わりを持たない方々とも親しく接する機会を持つことができました。また、2004年の法人化以降、二度に渡って三鷹地区職員過半数代表者を務めることとなり、組合員に留まらず、さらに多数の方と接する機会を持つことができました。残念ながら国立天文台も格差社会であることは否めません。その象徴が「契約職員」という雇用形態です。雇用更新や処遇改善について契約職員の方とともに微力を尽くしましたが、問題解消に至っていないことは残念であり、在職者の皆さんに宿題を残してしまいました。「仕事」のストレスの解消は「マラソン」で



2005年5月の国立天文台職員組合の三多摩メモデー。

す。「仕事で疲れているのに、マラソンを走るエネルギーが、よく残っているね」とよく言われますが、これはまったく逆です。マラソンを走って溜めたエネルギーがあるから「仕事」が頑張れるのです。私が着任したころ、国立天文台では5km、10kmの「短距離」を全力で走る、というのが主流だったと思います。私は、フルマラソンより長い距離を走る「ウルトラマラソン」が専門です。練習は、30km以上の距離をゆっくり走るLSD (Long Slow Distance) やマラニック(マラソン+ピクニックの造語)中心です。そして、走った後は温泉(銭湯)で汗を流し、そして一杯。この爽快感、楽しさは病みつきになります。私が皆を誘って始めた頃は「えー、30kmも走るんですか」と敬遠気味だった国立天文台ジョギング部のメンバーも、今では自ら30kmを超えるマラニックを企画し、その後の温泉+一杯を楽しむようになり、しっかり引き継げたと自負しています。また、皆でチームを組んで駅伝にも参加するようになりました。私の前任の職場(核研)のメンバーとの合同チームなので、チーム名も「核天」。大学や実業団チームも参加する「奥多摩渓谷駅伝」や「多摩湖駅伝」への出場は恒例となっています。駅伝は1区間数kmの距離を全力で走りますから、私には無理な種目となってしまいました。幸い、ジョギング部メンバーの温かい配慮で私は「監督」と言うことになっており、目標タイムを設定することと「反省宴会」を準備することが役目でしたが、それもどなたかに引き継がなければいけません。



2010年12月の奥多摩渓谷駅伝。

国立天文台在職15年間で築き上げた人のネットワークは私の財産です。と同時に、人のネットワークを築き上げること、その行為が貴重な経験です。今後も人のネットワークを築き上げることを大切に過ごしていきたいと思います。

追記:「卒業するには単位不足」とのことで、退職後、チリでの追試を命ぜられました。さらに2年間お世話になりますが、よろしく願います。

電波天文学の最前線を知っていただくためのワークショップを開催

伊東昌市 (天文情報センター)



プランナー、コーディネータによる開会の挨拶。右から縣秀彦、梅本智文、平松正顕（いずれも国立天文台）。



受講風景。坂井南美氏（東京大学大学院理学系研究科物理学専攻）の講義。



「アルマの目指すサイエンス」について講義する齋藤正雄（国立天文台）。

電波で宇宙を「観る」ということは、どういったことなのか？なぜALMAのような巨大な観測施設が必要なのか？

一般の人々にとって感覚的には解り難い(?)電波天文学のことをもっと知ってほしい…そう願って、2011年11月6日から3日間、国立天文台において「第7回最新の天文学の普及をめざすワークショップ—電波天文学最前線—」を開催しました。研究者を含め総勢52名の参加を得て成功裏に終わりました。本ワークショップは、最先端天文学の普及に貢献していただくことを目的としてプラネタリウムや科学館職員、教員、科学コミュニケーターなどを対象に実施しています。

2010年の11月に第6回の同ワークショップ「惑星探査最前線」を宇宙航空研究開発機構（JAXA）の宇宙科学研究

所において開催した折りに、次回の内容についての希望調査をしました。このとき大勢の参加者から「電波天文学をテーマにしてほしい。特に来年から一部運用が始まるALMAについて詳しく知りたい」との意見をいただいていたのです。早速、水沢VLBI観測所の梅本智文氏とALMA推進室の平松正顕氏の両氏が快くコーディネータを引き受けてくださることになり、ワークショップの内容企画と講師交渉を担当して下さることになりました。

サブタイトルを「電波天文学最前線」とし、電波天文学の基礎、電波で見る宇宙1. (星・惑星形成)、2. (星間化学)、3. (系外銀河、AGN)、4. (高赤方偏移領域、銀河形成)、VLBIでのサイエンス、ALMAの現状、ALMAのめざすサイエンス、単一鏡でのサイエンス、そして日本／世界の電波望遠鏡、と多彩なプログラムとなっています。参加者のバックグラウンドもさまざまですから、基礎から最先端までを網羅したものとなりました。一方参加者からも学校や科学館等における実践活動を発表してもらいました。

講師を引き受けてくださった皆さんは、ALMA、VLBIそして野辺山など国立天文台の研究者を中心に東京大学天文学教育研究センターや理学部、そして茨城大学の方々にもお願いしています。ワークショップの趣旨は研究者と科学館職員など科学コミュニケーターとのコラボレーションによって最先端科学の普及をめざすことにあります。

近年は優れた普及活動を実践しておられる研究者も多く見られるようになりました。けれども、直接語りかけられる人数には限りがあります。天文情報セン

ターでは、全国の科学コミュニケーターや教員の皆さんに協力していただくことにより、より効果的な普及システムを形成したいと考えます。

天文の普及を担当する職員や教員の多くは、最新の天文学研究に触れたり研究の現状を知る機会が、ほとんどないというのが実情です。最新情報に飢えているのです。研究現場のエキサイティングな様子を伝えたいという研究者の皆さんと、教育現場のベテラン、それぞれがお互いのメリットを生み、人の繋がりをめざす。そうした機会がこのワークショップです。最先端を理解するには、基礎的な理論もある程度解っていないなりません。そこをどのように説明するか、講師の力量も問われるところです。実際講師を引き受けてくださった皆さんは、解りやすくかつ実に楽しそうに話しておられたのが印象的でした。参加者の中には、どのようなシナリオでどのような映像を使ってプラネタリウム番組を作ろうかと具体的に考えながら受講している方もいます。ですから各講義の後には、質問が相次ぎ、なかなか次の講義を始められないという状況も生まれていたほどです。このワークショップの目的は最新天文学の普及を実践していただくことによって達成されます。ですから、この勉強会は実践のための準備であるとも言えます。参加者による今後の活動が期待されます。

ワークショップのテーマとして最新の観測装置やサイトを見学したいとの希望も多く、来年度はハワイ観測所での開催を計画しています。

●なお、今回のワークショップ開催にあたってご協力をいただいた皆さまには、この場をお借りして、厚く感謝を申し上げます。



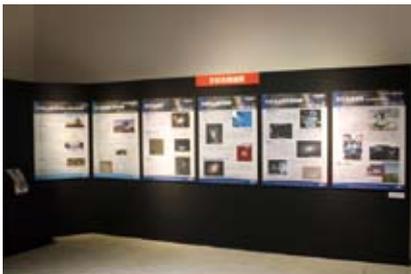
コスモス会館で開催した懇親会。

北九州イノベーションギャラリーで「すばる」「アルマ」「TMT」が揃い踏み

生田ちさと (天文情報センター)、青木和光 (ハワイ観測所/TMTプロジェクト室)、平松正顕 (ALMA 推進室)

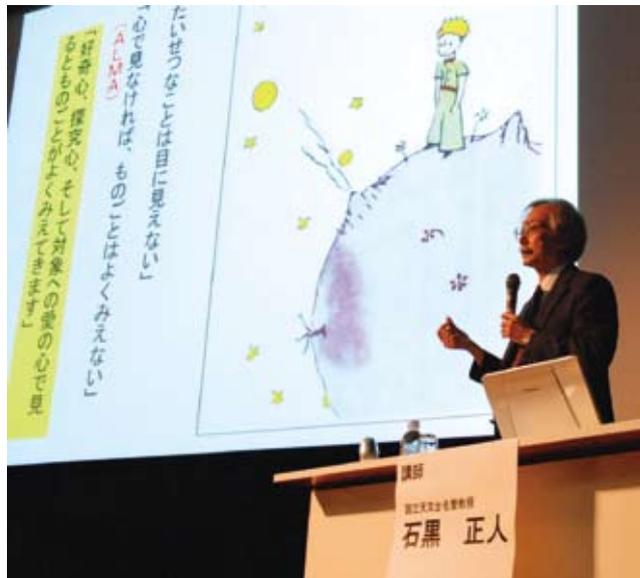
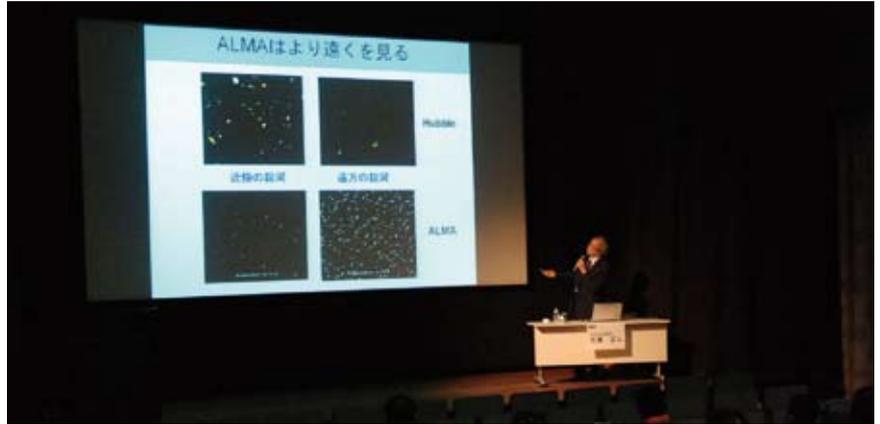


見学に来てくださった小学生も展示に熱心に見ています。こちらはアルマ望遠鏡の展示。



こちらは、すばる望遠鏡の展示コーナーです。

北九州イノベーションギャラリーにて、開催された企画展「科学を支える日本の技術展」に、国立天文台からも「アルマ望遠鏡」と「すばる望遠鏡」、さらにTMT (ThirtyMeter Telescope、30m 望遠鏡) についての解説パネルやムービーを出展しました。華々しい成果を上げている「すばる望遠鏡」、本格運用がまもなく始まる国際プロジェクト「アルマ望遠鏡」、そして、すばる望遠鏡で培った新しい技術、それを基盤にした科学的成功をうけて、展開しつつある「TMT」と、最先端とその先をゆく望遠鏡プロジェクトについての展示内容でした。出展されたなかでは、国立天文台からの展示が一番人気で、パンフレットは追加したほどでした。



「科学を支える日本の技術展」では、ノーベル賞受賞に関わった先端科学施設や世界に誇る日本の研究施設などが紹介された。

★2月4日(土)には、企画展連動講演会「アンデスの巨大な“電波の眼”ALMA」が開かれました。講師は国立天文台名誉教授の石黒正人氏。講演内容は、電波天文学の誕生や進化、ALMA計画や建設についてです。講演会を企画された北九州イノベーションギャラリーのスタッフの方のお話によると「この日のお客様は、計59名。NHKのアルマの番組をご覧いただいていた方も多かったようです。実は、電波天文学ということで、イメージしにくい内容ではと心配していたのですが、たとえ話や冗談を交えながらのお話で、かみ砕いてありわかりやすかったです」と好評でした。約70分の講演のあとの質疑応答でも、たとえば「アルマ望遠鏡のパラボラアンテナ配置について」、「サブミリ波の観測方法」、「地球巨大隕石衝突」など、たくさんの質問がでたとのこと。講演会の後では、写真撮影やサインを求められた石黒さん。石黒さんのメッセージも届いたでしょうか。



電波天文まんが「アルマの冒険02回」同封のおしらせ

●本号では、初期科学観測が始まったアルマ望遠鏡の特集記事(前編)をお送りしました。その記事内容に関連して、電波天文まんが「アルマの冒険」の02回「光で見る・電波で見る」を、中綴じ込みの別冊子として特別付録でお届けします。「アルマの冒険」は、電波天文学の特徴とその素晴らしさ、面白さを広く知っていただくよう企画した電波天文まんがです。なじみの深い光(可視光)の天文学とくらべながら、電波だから見えてくる新しい宇宙の姿をご紹介しますシリーズ。これからも連載は続いていきますので、ぜひ、ご愛読ください。

岡山天体物理観測所「特別観望会 2012 春」のご案内



日時

2012年5月26日土曜日
 3班編成、各班出発時刻 ①1班・18時30分、
 ②2班・19時15分、③3班・20時00分
 指定の集合場所（JR鴨方駅より徒歩約10分・無料駐車場あり）より送迎バスにて移動。
 所要時間、各班約3時間。

場所

岡山天体物理観測所および岡山天文博物館（岡山県浅口市鴨方町）

対象

小学生以上（小学生は必ず保護者が同伴してください）

観望天体

火星・土星（予定）

定員

100名（応募者多数の場合は抽選となります）

参加費

無料

主催

国立天文台 岡山天体物理観測所

共催

岡山天文博物館

応募方法

往復ハガキの往信面に下記をご記入の上、ご応募ください。

応募人数

ハガキ1枚につき5名まで。
 代表者の郵便番号、住所、氏名、年齢、連絡先電話番号、希望する班の番号（①、②、③、いずれでも可は④を指定）

また、返信面の宛先には、代表者の住所、氏名を記入してください。

応募期間

2012年4月2日（月）から2012年5月2日（水）。

結果は5月14日までに連絡いたします。

応募先

〒719-0232 岡山県浅口市鴨方町本庄3037-5

岡山天体物理観測所 特別観望会係

お問い合わせ

TEL:0865-44-2155（代表）（平日の10時30分から17時00分）

FAX:0865-44-2360

※お知らせ※

同じ代表者名で何通でもご応募できます。ただし、当選は1通のみです。



『国立天文台観測装置名鑑』同封のおしらせ

●国立天文台ニュース 2008年4月号～2010年3月号に連載した「国立天文台観測装置名鑑」の記事をまとめた冊子を同封してお送りします。やはり国立天文台ニュースの連載記事をまとめた「国立天文台望遠鏡名鑑」と姉妹冊子になります。近々、最新のデータを盛り込んだwebコンテンツもお楽しみいただける予定です。ご期待ください。

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24年2月1日	高遠徳尚	昇任	光赤外研究部准教授（ハワイ観測所）	光赤外研究部助教（ハワイ観測所）
平成24年2月1日	御子柴廣	配置換	先端技術センター研究技師（野辺山勤務）	電波研究部研究技師（野辺山宇宙電波観測所）
平成24年3月1日	古澤久徳	採用	天文データセンター助教	国立天文台専門研究職員（特任助教/ハワイ観測所）
平成24年3月1日	佐々木敏由紀	配置換	光赤外研究部准教授	光赤外研究部准教授（ハワイ観測所）

編集後記

若手クマムシ研究者の講演会に参加した。ゆるキャラ「クマムシさん」の今後の展開に期待。ALMAでやるなら、、、リヤマカサボテンだろうか。(h)

小さな劇場のような部屋に案内され、ステージのカーテンが開くとその先には世界最速の京コンピュータが。赤い管体が格好いいです。(e)

あの地震から1年。日本人が覚えているのは当たり前ですが海外の人からも3月11日にメッセージをもらった。色々な意味でインパクトが大きかったんだと改めて気づかされた。(K)

あれから1年経ちますが、揺れる時の記憶が薄れてはいません。あの時も「またか」と言う気分でした。何しろ3年毎に大きな地震に遭っています。慣れというもの恐ろしい。(J)

花粉の飛散が感じられるようになってから約1週間。ある日のニュースで「今日までに今年の花粉の約半分が飛んだことになります」という話が出ました。この短い間に今年分の半分も飛んだんだったら、そりゃあ今年は例年に増して辛いわけだなあ、と納得しました。はっくしょん！（しかし、どのように「半分」っていうのを推定しているのだろうか？）(κ)

110年以上前の写真乾板を発見。当時の麻布の夜空がいかに暗かったか、わかるだけでなく、2夜7時間もの露出をかけた乾板に、先人の意気込みを感じました。(W)

国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.224 2012.03

ISSN 0915-8863

© 2012 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日 / 2012年3月1日

発行 / 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
 国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

国立天文台ニュース編集委員会

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

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



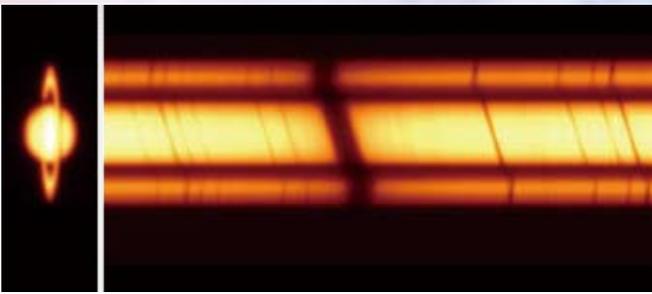


図1 土星のスペクトル。すばる望遠鏡高分散分光器 (HDS) による観測結果。左はHDSのスリットビューカメラを用いた土星の画像。本体 (中央) の両側に環のスペクトルも写っている。

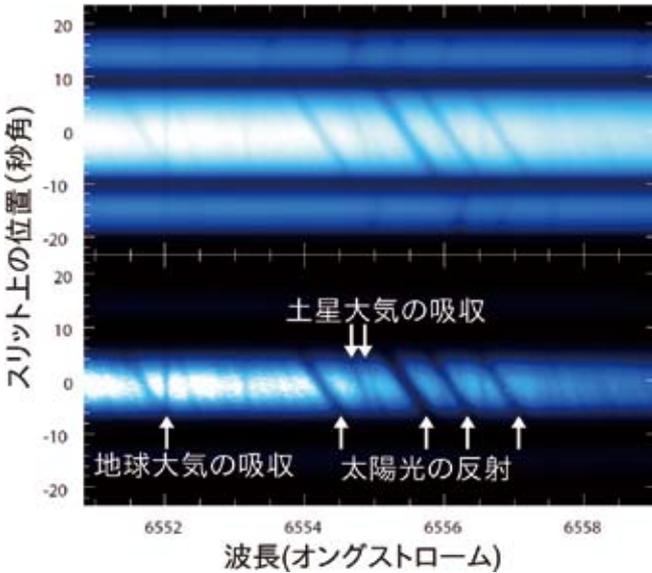


図2 土星のスペクトルの詳細。地球大気による吸収線、太陽光の反射にみられる (太陽表面でつくられた) 吸収線、太陽光の反射の際に土星表面でつくられた吸収線の3種類が、異なる傾きで写っている。

- ・天体名 / 土星とその環
- ・観測装置 / すばる望遠鏡高分散分光器 (HDS)
- ・波長データ / 可視光 (水素の α 線付近)

土星と環のスペクトル

●青木和光 (ハワイ観測所 / TMT プロジェクト室)

小望遠鏡でも環をもった姿がみられる土星は、太陽系の惑星のなかでも最も馴染みのある天体です。

図1のスペクトルは、土星本体とその環に沿って分光器のスリットを当てて観測されたものです。この「分光アルバム」シリーズで何度も紹介されたように、スペクトルは天体の速度や運動を教えてください。土星の光は基本的に太陽光が反射したもので、このスペクトルの縦方向にみえる暗い部分は、太陽光に含まれる暗線 (光が吸収される波長) を表しています。最も太く見える暗線は水素によるもの (バルマー線) のひとつです。

土星本体のスペクトルの暗線が傾いているのは、土星の片側 (上側) が我々に近づき、反対側 (下側) が我々から遠ざかっていることを示しています。つまり、土星の自転によってこのようなスペクトル線の傾きが生じているわけです。その波長差から、スリットを当てた赤道付近は約10km/秒程度で回転していることがわかります。理科年表によれば、土星の赤道半径は約6万km、自転周期は約10.6時間ということですので、これから計算される赤道付近の自転速度は9.8km/秒となります。測定の際は、「土星表面」をどこにとるかによるので、結果はよく一致しているといえそうです。

一方、環のスペクトルを見てみると、上側と下側で波長がずれていて、土星本体の自転と同じ向きに回転していることがわかります。しかも、それぞれの環のスペクトルにも少し傾きがみられ、それが本体とは逆になっています。つまり、環の外側は内側よりもややゆっくりと回転していることがわかります。

さて、土星本体のスペクトルをより詳しく見ると、実は他にも2種類の光の吸収線がみとれることがわかります (図2)。傾きがなく縦にまっすぐになっているのは地球大気による吸収線です。一方、傾きの大きい吸収線は上で紹介した、太陽のスペクトルそのもので、土星表面で反射されるので自転運動の効果が2倍効くために傾きが大きくなります。中間の傾きの吸収線は、土星表面のガス (メタンやアンモニアなどの分子) によってつくられる吸収線で、これには自転運動の効果がそのまま効いています。このように、高波長分解能観測は天体の運動や大気での光の反射・吸収といった、天文学に不可欠な情報を明確にしてくれる、きわめて有用な観測手段です。

(このデータの取得・画像作成はハワイ観測所の田実晃人氏によるものです)

連載のおわりに

2年間、24回にわたった「分光アルバム」も最終回となりました。分光 (スペクトル) 観測は天文学のなかで100年以上にわたって極めて大きな役割をはたしてきました。その手法は現在でも磨かれ続け、今後も天文観測の柱であり続けることは間違いありません。長い歴史をもつ分光観測が現在、どんな到達点にあるのか紹介するのがこのシリーズの目的のひとつでした。シリーズのなかでは、一度に多数の天体のスペクトルを得られる「多天体分光」、太陽系外惑星の検出を可能にしてきた天体の運動 (速度) 測定の精度向上など、最先端の測定技術を紹介してきました。

一方、分光観測で得られるデータは、撮像データ (天体写真) に比べると直観的に理解しにくい面があり、美しい天体画像に比べると見栄えがしないのも事実です。そこをどうにか工夫して、分光観測から何がわかるのか、いかにしてそれを調べるのか、わかりやすく紹介することをこのシリーズでは目指しました。分光観測からは、簡単に言えば天体にどのような物質がどのような状態 (温度など) で含まれるのか、それが我々に対してどのような運動をしているのか、ということがわかります。しかし、天文学の観測対象は多様であり、太陽から最も遠くの銀河まで、分光観測の用い方もさまざまです。シリーズではその多様性も紹介してきました。

さらに、できればスペクトルデータを画像としても楽しめるものできないか、という目論見もありました。この点ではまだ道のりは半ば、といわざるをえませんが、今後、成果紹介の機会などをとらえて「わかりやすさ」に加えて「美しさ」をもっと追求してみたいと思います。

このシリーズは、国立天文台外の研究者にも一部執筆頂き、無事完結することができました。この場をお借りして感謝申し上げます。