

自然科学研究機構



国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2011年1月1日 No.210

すばる望遠鏡、かみのけ座銀河団に広がった 電離水素ガス雲を多数発見



- 巻頭言「2011年を迎えて」
- 「はやぶさ」功労者感謝状の贈呈式
- 「第30回天文学に関する技術シンポジウム」報告
- すばる望遠鏡の大規模メンテナンス
～6回目を迎えた主鏡再蒸着、次の大飛躍を目指したトップリング改修～
- 2010年「三鷹・星と宇宙の日」報告

1

2011

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03 巻頭言 2011年を迎えて

——観山正見（台長）

04 研究トピックス

すばる望遠鏡、かみのけ座銀河団に広がった電離水素ガス雲を多数発見
～銀河団に引きずり込まれガスを剥がされる銀河たち～

——八木雅文（光赤外研究部）

07 受賞「はやぶさ」を支えた人々

～「はやぶさ」功労者感謝状の贈呈式～

07 おしらせ

- 「第30回天文学に関する技術シンポジウム」報告
- すばる望遠鏡の大規模メンテナンス
～6回目を迎えた主鏡再蒸着、次の大飛躍を目指したトップリング改修～
- 2010年度「すばる観測研究体験企画」報告
- 2010年「三鷹・星と宇宙の日」報告

14 連載 Bienvenido a ALMA！ 08回

ACAソフトウェア開発とACA相関器ファーストFRING

15 国立天文台元研究員がカナダの宇宙飛行士に！
すばる望遠鏡共同利用の採択結果のおしらせ

- 編集後記
- 次号予告

16 シリーズ 分光宇宙アルバム 10

ヨウ素分子とG型巨星のスペクトルと太陽系外惑星系探索

——泉浦秀行（岡山天体物理観測所）



表紙画像

かみのけ座銀河団の中のさまざまな銀河から流れ出す電離水素ガス。青（Bバンド）、緑（Rバンド）、赤（H α バンド）でカラー合成し、H α だけで光っている部分は真っ赤に見えている。画像中の白いバーが10キロパーセク（3万3千光年）のスケール。

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）



あけましておめでとうございます。うさぎ座の2011年。
イラスト／石川直美

国立天文台カレンダー

2010年12月

- 6日（月）～8日（水）プロジェクトウィーク
- 10日（金）第五期2010年度後期第3回「職員みんなの天文レクチャー」
- 13日（月）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 14日（火）～17日（金）すばる秋の学校
- 18日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 27日（月）先端技術専門委員会

2011年1月

- 7日（金）理論専門委員会
- 12日（水）運営会議
- 13日（木）～14日（金）ALMAユーザーズミーティング
- 14日（金）科学記者のための天文学レクチャー
- 15日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 19日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 19日（水）～20日（木）すばるユーザーズミーティング2010
- 25日（火）電波専門委員会

2011年2月

- 7日（月）～11日（金）東アジア干涉計冬の学校
- 10日（木）研究計画委員会
- 16日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議

2011年を迎えて

巻 頭 言



2011年の幕が開けました。今年も多くの科学成果を国立天文台から発信できる年にしたいと思います。

2004年から建設が続けてきたアルマプロジェクトはいよいよ最終段階にさしかかります。そして、今年には、16台のアンテナを使った初期科学運用が開始される予定です。3月末にまず、初期科学運用のプロポーザルの公募が開始されます。ミリ波・サブミリ波の観測がいよいよ始まるわけです。アルマ望遠鏡の最終完成像は、54台の12mアンテナと12台の7mアンテナで構成されるわけですから、最終性能には及びませんが、それでも、現有する電波望遠鏡の中では、世界最大・最高性能の望遠鏡となります。特に、チリの5000mの高地で、大気中の水蒸気量が極めて少ない環境ですので、初期科学運用といっても、その成果には大きな期待が寄せられます。

日本がアルマ望遠鏡の観測時間で25パーセントを有しているといっても、プロポーザルの審査は、世界共通の一つの委員会が審議されます。従って、世界の研究者からみても価値のあるプロポーザ

ルが期待されますが、このためには、単に電波の研究者だけでなく、光赤外、X線などの他波長の研究者や、シミュレーションを含めた理論研究者との連携をもとにした提案が望まれます。いよいよ、科学面でアルマ望遠鏡を中心とした世界競争の始まりの年と言っても過言ではありません。

世界的競争といえば、太陽系外の惑星探査と、ダークエネルギー・ダークマターの研究も熾烈な競争を続けています。補償光学系（AO188）とステラ・コロナグラフ（HiCIAO）のコンビが復活して、太陽系外惑星の直接撮像の期待がふくらみます。様々なタイプの惑星の直接撮像に成功すれば、惑星の多様性がこれまで以上に明らかにできます。特に、間接法で得られた惑星候補を直接撮像ができれば、その質量が確定します。そうすれば、確実に惑星といえる最初の撮像結果と言えるでしょう。今までに撮像された惑星候補天体は、天体の質量が確定できないために「候補」天体という冠を落とすことができません。

また、すばる望遠鏡の新装置として、今

年から、従来より10倍近く広い視野を持つ超広域撮像装置（HSC）も動き出します。深宇宙の広域観測によって、宇宙論研究が進むでしょう。そこから、ダークマターやダークエネルギーの研究の進展が期待されます。一方、HSCは、1.5度平方の超広領域の同時観測を可能にしますから、高性能で高速処理できる解析ソフトやアーカイブシステムの整備が急務です。光学赤外分野研究の今後の方向性は、TMT（30m望遠鏡）のような巨大望遠鏡の実現と、すばる望遠鏡のHSCやそれに続く専用望遠鏡などによる広域サーベイ型の観測が、重要と考えられます。そしてそれを可能にするには、解析ソフトウェア開発体制の構築も重要と考えられます。

その他、国立天文台の数々の観測装置や理論研究から、今年も世界をリードする科学成果を生み出したいと思います。どうぞご期待下さい。

台長 観山正見

すばる望遠鏡、かみのけ座銀河団に 広がった電離水素ガス雲を多数発見 ～銀河団に引きずり込まれガスを剥がされる銀河たち～

八木雅文

(光赤外研究部)



広がった電離水素ガス雲

表紙画像は、すばる望遠鏡主焦点カメラ (Suprime-Cam) を使って撮られた、かみのけ座銀河団★のデータから、いくつかの銀河の周辺を切り出したものである。肉眼では青く見える光を通すB-bandを青に、赤く見えるR-bandを緑に割り当て、さらにかみのけ座の後退速度に合わせた水素のHa輝線付近が入るような狭帯域のフィルター★で撮ったデータを赤に割り当てて、擬似3色合成している。この絵の中で赤く伸びている構造、これが今回の表題にもある「広がった電離水素ガス雲」である。この絵の中の青白い部分は「若い星がいる」ことを示しており、また黄色い部分は「若くない星がいる」ことを示し、赤い部分は「星はいないけれど電離水素ガス

がある」ことを示している。

図1上では明るい部分が全部白く色が飛んでいるので、水素が光っている場所をわかりやすくするよう、狭帯域からRバンドを差し引いた画像を図1下に示した。白い部分が水素がHa輝線で光っている場所か、画像の差し引きで引き残ってしまった部分★で、ある明るさ以上で光っていて電離水素ガスと思われる場所を緑の線で囲ってある。

絵の左側の銀河の中心付近から右下に流れ出しつつ、何か右上の方に何回か渦を巻いて戻ってきた、そんな感じに見える。この構造は昔は銀河の中に星とガスが両方あったものが、何らかの力でガスが星から引き剥がされ、それがエネルギーを受けて光っている様子だと考えられる。

newscope<用語>

▶かみのけ座銀河団

かみのけ座銀河団は我々の近くに、もっとも銀河の密度の高い、密集している銀河団の1つで、何十年も前から多くの天文学者により色々と研究されてきた人気のある銀河団の1つである。

我々の銀河系はローカルグループ (局部銀河群) と呼ばれる銀河群に属している。ローカルグループは一番近くの銀河団である、おとめ座銀河団と一緒に、おとめ座超銀河団を作っているが、その隣の超銀河団、かみのけ座超銀河団が、このかみのけ座銀河団と、若干貧弱なし座銀河団でできている。我々はおとめ座超銀河団の辺境に住んでおり、その隣の超銀河団には2つの中心的銀河団があり、その片方の銀河団の中心を今回観測している。

newscope<解説>

▶狭帯域のフィルター

CCDカメラは基本的に入ってきた光子を波長は関係なしに1つと数える。これだと不便なので観測する際にはカメラの前に、ある範囲の波長だけを通すようなフィルターを付けて観測する。この通す波長範囲が広いものを広帯域、狭いものを狭帯域と呼ぶ (図5)。ある波長だけで光っている天体Aとどの波長でも光っている天体Bを同じように撮った場合、その波長にあった狭帯域でのデータは、AがBよりも明るく写り、他の波長も入る広帯域でのデータは、AがBよりも暗く写る。これを、Bがうまく消えるように調整して引き算すると、Aがその狭い波長で強く光っていることがわかる。そうして作られたのが図1である。

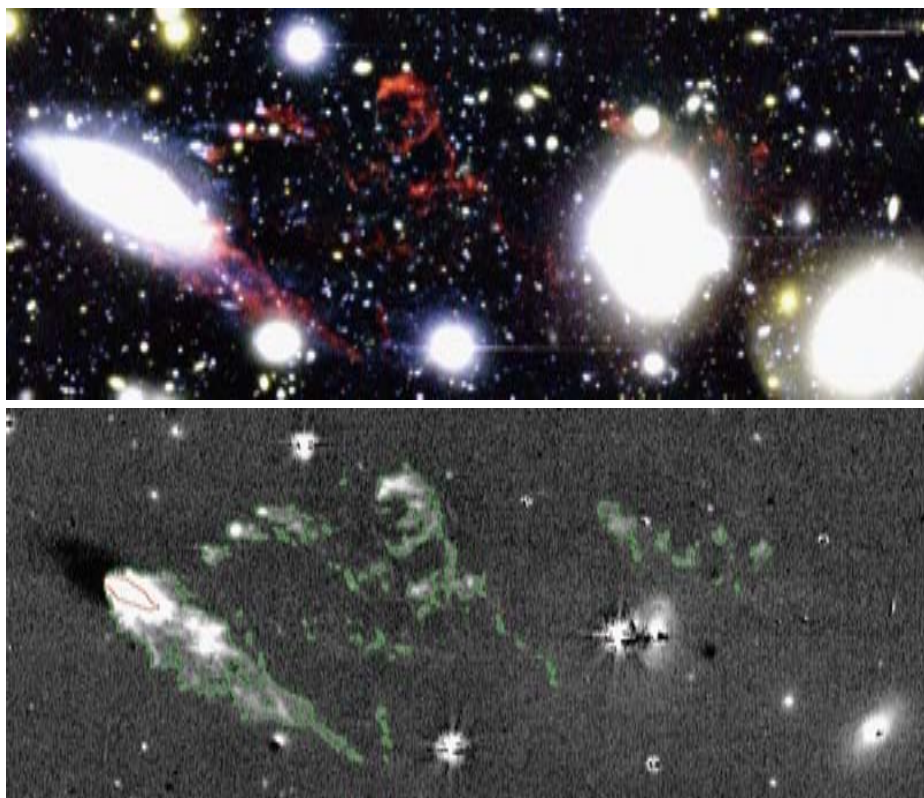


図1 上は、すばる望遠鏡の主焦点カメラ (Suprime-Cam) で撮られた、かみのけ座銀河団の領域。擬似3色合成によって、広がった電離水素ガス雲 (赤色く伸びて巻いているイメージ) が浮かび上がった。下は、狭帯域からRバンドを差し引いた画像。緑の線で囲ってあるのが電離水素ガスと思われる領域。

電離水素ガスの親銀河

このような天体は、過去にも国立天文台ニュースで、2007年7月号の「すばる、銀河から真直ぐにのびる謎の水素ガス雲を発見」、2008年10月号の「すばる、銀河から飛び出す火の玉を発見」が発表されている。今回、新しいのはこのような電離水素ガス雲をくまなく探したら、電離水素ガス雲を伴う銀河（以後親銀河と呼ぶ）は14個もあったという点である。他の例を図2に示す。このようなガス雲は他のグループの研究などでも1つの銀河団に多くて3つ程度であったので、今回の数はそれに比べて数倍以上多い。このおかげで、銀河団の中で親銀河がどの辺りにいてどういう特徴なのか、という傾向が分かってきた。

図3は我々が観測した範囲の中にある、かみのけ座銀河団の銀河の色と明るさのグラフである。一般的な傾向として、銀河団の中には銀河団の外よりも赤い銀河の割合が高く、赤い銀河はある直線に沿ったような分布をする。これを色等級関係と呼び、図の実線で示してある。この線よりも0.2等青い点線で赤い銀河と青い銀河に分けるのが慣習だが、今回の我々の観測範囲の中には、この等級範囲のかみのけ座銀河団の銀河200個ほどが含まれていて、その中に青い銀河は1割以下しか

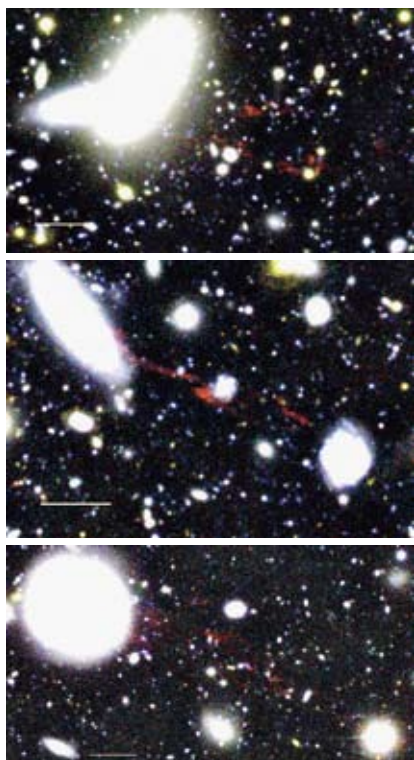


図2 かみのけ座銀河団の銀河から流れ出す電離水素ガス。青（Bバンド）、緑（Rバンド）、赤（H α バンド）でカラー合成し、H α だけで光っている部分は真っ赤に見える。左下の白いバーが10キロパーセク（3万3千光年）のスケール。

いなかった。一方、丸で囲ったのが親銀河で、14個の親銀河のうち10個が青い銀河であった。親銀河の7割程度が青い銀河である。銀河団以外の場所も含めて我々の周りの宇宙全体でみると、青い銀河は平均的には5割ほどいることと比べても、親銀河は銀河団の中の銀河や宇宙の平均に比べて偏って青いと分かる。

この銀河の色の青さは、今も星生成しているか、星生成をやめてからそれほど時間が経ってない事を意味している。銀河の中で星生成をしている時は青い星も赤い星も作られるが、青い星ほど明るいために、全体としては青い。しかし、青い星は赤い星より寿命が短いため、星生成を止めてしまうと、時間とともに青い星が次々と死んで赤い星だけが残る、銀河全体としては段々赤くなっていく。星を生成するには星の材料となるガスが必要であることも考えると、広がった電離ガスを伴った銀河が青いのは、今現在、あるいは、つい最近までガスを銀河の中で持っていた、ということで理解できる。親銀河のいくつかは現時点では星生成していない兆候が観測されているが、これは星生成で使っていた材料を、何らかの力で剥ぎ取られて、星生成を続けられなくなったのであろう。

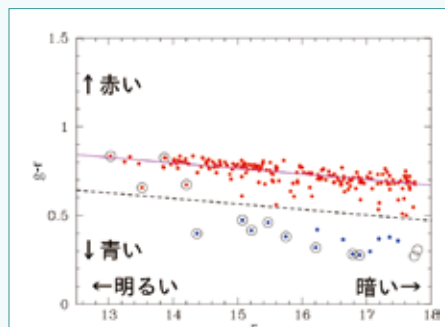


図3 かみのけ座銀河団の銀河の色と明るさのグラフ。親銀河を丸で示した。

newscope<解説>

引き残り

なぜ引き残りが出るかについて。例えば全然H α が光ってない天体で、狭帯域とRバンドとを1%の精度で合わせて引き算することを考えてみると、100の明るさの場所では精度が1%なので、引き算の結果には ± 1 くらいしか余りが残らないが、10000の明るさの場所だと、引き算の結果に ± 100 が出て不思議はない。これを同じコントラストで絵にすると、明るい部分に引き残りが出てくる。これに加え、今回使っているフィルターの組み合わせの特性で、赤い天体では系統的に引き残りが出てしまう。これが明るい星や明るく赤い銀河の中心付近で引き残りが残存して、差の画像ではまるでH α が光っているようにも見えてしまう理由である。

電離水素ガスとH α 輝線

宇宙にある普通の物質の大部分、重さにして大体7割以上は水素である。水素はエネルギーが低い状態だと水素分子になっているが、それよりエネルギーが高くなると水素原子になり、それよりも更にエネルギーが与えられると電子が飛び出して、水素原子核（陽子）と電子に分かれる。この電子が原子核から離れることを「電離（する）」と呼び、電離した後の水素原子核（陽子）と電子がもやもやとしているものを「電離水素ガス」と呼ぶ。

電離水素ガスの中の電子と水素原子核は、それぞれプラスとマイナスの電気の量（電荷）を持っているため、電気の力で引き合う。電子の速さが速かったり、原子核の遠くを通ると多少引っ張られても素通りするが、電子が原子核の近くをそれなりにゆっくり通ると、原子核に引きこまれて、電離していない水素原子になり、この時、電子が持っているエネルギーは光として開放される。原子の中で電子が取ることのできるエネルギーは飛び飛びで、電子がどの状態からどの状態に落ちるかで出てくる光子のエネルギーは決まっている。光子のエネルギーは波長で決まるので、どの状態からどの状態に落ちるかで出てくる光の波長も決まる。この中の1つが6563オングストロームのH α 輝線である。H α は水素の中の電子の軌道の（一番安定な基底状態を1段目と数えた時に）3段目から2段目に落ちる時に出てくる光で、水素に特徴的なエネルギー差なので、この波長の光が出ていればそこに水素があることも分かる。また、水素原子でこのH α 輝線が出るのは、電離した状態から電子が階段を転がるように低いエネルギーに落ちてくる途中、3段目から2段目を通過していく際に出る場合がほとんどなので、本研究ではH α 輝線が光っている＝そこに電離水素ガスがある、と考えている。

いったん基底状態になると、そちらのほうがエネルギーが低くて安定なので、外から再度エネルギーを与えて電離しないともうH α では光らない。また、エネルギーを与えずに電子の速さが速くなりすぎると、原子核に引き寄せられる前に走り去ってしまうのでやはりH α では光らない。H α で光りつづけるためには、適当なエネルギーを外から与えつづけるなければならない。

引きずり込まれる銀河

14個の親銀河を調べてもう1つわかったことは、親銀河の多くは、かみのけ座銀河団に対して、典型的には毎秒1500km以上、後退速度★の差があるということである。みかけの横方向の距離と、視線方向の速度のグラフを図4に示す。この後退速度の差は他の銀河の典型的な値のほぼ倍となる。この観測結果を説明する1つの仮説は、例えばこのようなものになる。

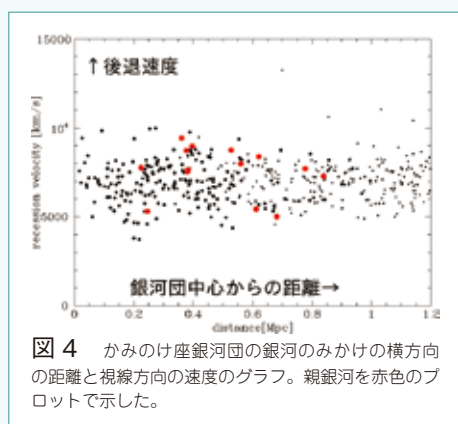


図4 かみのけ座銀河団の銀河のみかけの横方向の距離と視線方向の速度のグラフ。親銀河を赤色のプロットで示した。

まず、銀河団のそばを星生成をしている青い銀河が通りがかったとする。銀河団は銀河より数万～数千万倍重いため、重力で銀河を引き寄せ、銀河は銀河団に向かって落ちていく。銀河団の中には銀河だけではなく、高温のプラズマで満ちていることが、X線の観測などからわかっている。プラズマの中を銀河が移動すると、ぶつかったことによる圧力（ラム圧）を受ける。この際、星よりもガスのほうが影響を強く受け、後ろのほうに取り残される。一方、星はそのまま進み、結果として銀河の中からガスが剥がされる。この剥がれたガスを我々が今見ている、というのが、ありそうなシナリオである。このように最近落ちてきた銀河が親銀河になっているとすれば、銀河団に対する典型的な相対速度は銀河団の中に留まっている銀河よりも大きくなっているのも自然である。また、ガスが銀河から剥ぎ取られれば星が作れなくなるので、それ以降はどんどん銀河は赤くなる。もしも、銀河団が昔からこういうことを続けてきたのであれば、これは銀河団の中に赤い銀河が多い原因の1つになり得る。

謎のエネルギー源

広がった水素ガスを銀河の外に作る部分は、このような仮説で説明できそうだが、その剥がした水素ガスを光らせる仕組みは不明

のままである。今、候補として考えているエネルギー源は、高温プラズマからの紫外線と、高温プラズマとの相互作用によるショックであるが、これらはあくまで「他に考えようがないから」という消去法で残った仮説である。親銀河14個に付随する広がったガスがすべて同じエネルギー源で説明されるのかどうかもわかっていない。エネルギー源の議論は、ガスの温度や密度などを分光観測を行って推定し、検証しなければならないが、観測検討を行ったのは、14個のうち2個でしかない。他の12個では、親銀河や近くの銀河の若い星からの紫外線、近くの活動銀河核、水素ガスの中の若い星からの紫外線、などもあり得るかもしれない。

エネルギー源の問題は「親銀河ではなく青い銀河がいる」という問題とも絡む。観測した視野の中のかみのけ座銀河団の銀河の中で、明るい青い銀河は16個か17個いるのだが（1つはかみのけ座銀河団の銀河か、たまたま重なった背景の銀河なのか確定できていない）そのうち6つか7つは電離水素ガス雲を伴っていない。仮にこれらも最近銀河団に落ちた銀河ならば、なぜ広がった電離水素ガスを伴っていないのだろうか？ また、仮に長く銀河団の中にいたのであれば、何故ガスは剥されず青いのか？ という点が問題になる。この可能性として「ガスは剥されたが、そのガスが光っていない」可能性の有無がエネルギー源の問題と密接に関連する。

このような問題解決のための分光観測の提案に対して望遠鏡時間が割り当てられたとの連絡をつい先日いただいた。観測が無事晴れて成功すれば、問題の解明につながるヒントを得られるのではないかと期待している。

参考文献

- Yagi, M., et al.: 2010, A Dozen New Galaxies Caught in the Act: Gas Stripping and Extended Emission Line Regions in the Coma Cluster, *AJ*, **140**, 1814.
- Yoshida, M., et al.: 2008, Strange Filamentary Structures ("Fireballs") around a Merger Galaxy in the Coma Cluster of Galaxies, *ApJ*, **688**, 918.
- Yagi, M., et al.: 2007, The Remarkable 60×2 kpc Optical Filament Associated with a Poststarburst Galaxy in the Coma Cluster, *ApJ*, **660**, 1209.

newscope <解説>

▶後退速度

天体が我々から遠ざかって見える速度を後退速度と呼ぶ。この後退速度は、今回のかみのけ座銀河団の中の天体の場合は、2つの要素が絡んでいる。1つは、かみのけ座銀河団と我々との間の空間が膨張しているため、かみのけ座銀河団を出た光が我々に届くまでに空間が伸びた分だけ波長が長くなって観測されるので、まるで遠ざかっているように見えるという効果である。もう1つは、かみのけ座銀河団の中で銀河が動き回っていることをそのまま見ている分である。空間の膨張により、遠ざかっているように見える効果はおおよそ毎秒7000km、動き回っている速度は典型的には毎秒±500～1000kmほどである。

宇宙膨張だけで考えてしまうと、図4を「親銀河は銀河団の外側にいる」と解釈したくなるが、この速度がずれている分は我々との距離ではなく、中の運動によるものだと考えている。銀河団はまあ大雑把には丸いと考ええる。すると、その大きさは銀河団までの距離（今回は100メガパーセク）と天球上の見かけの広がりから推定できて、銀河団は半径おおよそ2メガパーセク程度となる。仮に奥行きがこの半径の倍あったとして、その近い側と遠い側が宇宙膨張に乗っていたとしても、速度差としては毎秒300kmくらいの差しか出ない。ところが観測からは毎秒2000km以上の差が見られている。我々に対してものすごく細かい構造になっている、とは考えにくいので、もうこれは中の運動による速度を見ていて考えるのである。なお、実際には銀河団の中では恐らく空間は膨張しておらず、手前と奥とで空間膨張による速度差は見られないだろうと考えられている。

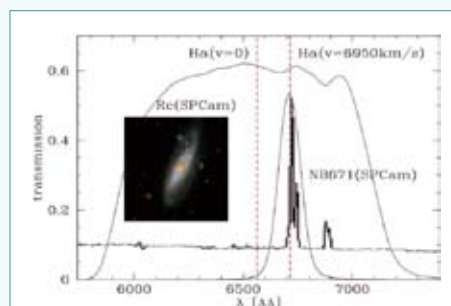


図5 狭帯域フィルター（Hαバンド）と広帯域フィルター（Rcバンド）の透過率のグラフ（細い滑らかなカーブを、SDSSで得られた、表紙絵と同じ銀河の中心付近のスペクトル（太線）に重ねたもの。スペクトルの縦方向は適当にこの図に入るように調整した。Hα輝線が波長の長い方向に150Åくらいずれて（赤方偏移して）いて、ちょうどこの狭帯域フィルターに入っているのがわかる。図1では、このような2種類のフィルターで観測して、狭いHαバンドの中の平均と、広いRcバンドの中の平均との差を比較して、空間分布を見た絵になっている。

「はやぶさ」を支えた人々～「はやぶさ」功労者感謝状の贈呈式～

佐々木晶 (RISE月探査プロジェクト)、吉田二美 (国際連携室)

2010 12 02

2010年12月2日(木)午前8時から「はやぶさ」功労者感謝状贈呈式が行われ、国立天文台も119機関ある「はやぶさプロジェクトサポートチーム」の一機関として、海江田万里宇宙開発担当大臣、高木義明文部科学大臣から感謝状をいただきました。式典は内閣府本府の講堂で行われ、大学等20機関、企業等99機関に感謝状が贈呈されました。「はやぶさプロジェクトチーム」を代表して宇宙航空研究開発機構の川口淳一郎教授が、「はやぶさプロジェクトサポートチーム」代表して日本電気株式会社矢野薫代表取締役会長、国立大学法人神戸大学の中村昭子准教授が受賞の挨拶を述べました。朝早くにもかかわらず、104の機関・団体代表者らが参加し、改めて「はやぶさ」の偉業を讃えました。

「はやぶさプロジェクト」に関わった国立天文台関係者リスト

★小惑星イトカワの地上観測からはやぶさ搭載の理学カメラの設計、イトカワの直接観測まで幅広く貢献した人々

佐々木晶、中村士(現帝京平成大学)、吉田二美、布施哲治(現情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター)、荒木博志、ブディ・デルマワン(現バンドン工科大学)、寺田宏、後藤美和(現マックスプランク天文研究所)、小林尚人(現東京大学)、福島英雄、佐藤秀男、佐藤祐介(現北海道大学)、阿部新助(現台湾中央大学)、石黒正晃(現ソウル大学)。

★はやぶさが地球に戻ってくる日にはやぶさ最後の姿を捉えた人々

八木雅文、小宮山裕、仲田史明、Alan Hatakeyama、Daniel Birchall、渡部潤一、

大川拓也(現東京工業大学)、佐藤幹哉、石原吉明。



両大臣から贈られた感謝状です。

●「はやぶさプロジェクト」

世界で初めて小惑星から物質を持ち帰った。「はやぶさ」は、2003年5月に打ち上げ後、7年の歳月をかけて小惑星イトカワの探査を成し遂げ、2010年6月に地球へ帰還した。

「第30回天文学に関する技術シンポジウム」報告

2010 09 08-10

ぶしらせ
NO.01

岡田則夫(世話人代表)

「第30回天文学に関する技術シンポジウム」が、2010年9月8日から10日の3日間、長野県木曽町福島の本館建設会館で開催されました。主催は技術系職員会議で東京大学木曽観測所に全面協力していただき催されました。

参加者数は39名で、木曽観測所の皆さんをはじめ、京都大学飛騨天文台、生理学研究所などからの台外参加も9名ありました。開催初日は台風9号の直撃に見舞われ大雨となりましたが、幸い交通機関に大きな支障は無く、ほぼ予定通りに開始することができました。特別講演は木曽観測所長の土居 守教授による「精密測光と宇宙の暗黒エネルギー」、また、第30回の節目の記念講演として東京大学の岡村定矩教授による「技術シンポの30年—光赤外天文学の技術進歩」が講演されました。岡村教授はなんと第1回のこの技術シンポジウムに参加しておられたこともあり、ひときわ熱の入った講演内容で聴講者の関心を集めました。口頭発表は講演20分質疑5分で行われ講演数は27件でした。例年このシンポでは発表時

間の制約から技術的な意見交換がやり難いとの意見が参加者からありましたので、今回は新しい企画として口頭発表者にも同内容でポスター発表していただくことを推奨したところ、21件が口頭+ポスター発表されました。少し長めの時間枠を設けた効果もあってポスターセッションでは活発な質疑応答や議論が行われ大いに盛り上がりしました。エクスカーションは貸切バスを仕立てた木曽観測所の見学訪問で19名が参加しました。大型CCDを8枚組み込んだ新型広視野カメラの開発現場をはじめ観測所の諸施設、圧倒的な存在感のシュミット望遠鏡などを間近に見ることができ、とても印象に残る来訪になりました。

●今回の開催にあたってはエクスカーションを含め、木曽観測所の関係者の皆様には大変ご尽力いただきました。この紙

面をお借りしてお礼申し上げます。ありがとうございました。



左：発表の様子。右：シュミット望遠鏡見学。



参加者記念撮影(木曽建設会館にて)。



すばる望遠鏡の大規模メンテナンス

～6回目を迎えた主鏡再蒸着、次の大飛躍を目指したトップリング改修～

林 左絵子（ハワイ観測所）

「ハンドリング装置、ゆっくり下げてください。1センチ、あと1センチ。そこで止めて」。まわりで目をこらしてモニターを続けるスタッフたちの額に、うっすらと汗がにじんでいる。風が吹き込まないとは言え、気温は摂氏7度。皆のじりじりする思いが、海水面の3分の2の気圧でありながら、空気を濃くしているかのようだ。しかし、息を止めて数字を読むと、酸欠からなかなかカバーできない。視野内に星が飛んでいるぞ。

すばる望遠鏡の主鏡の再蒸着を終え、主鏡ハンドリング装置を使って主鏡セルに戻す作業。261本のアクチュエータがうまく裏面の穴に入り込まなければ、厚さ20センチのガラスにストレスがかかり、4センチの厚さまで掘られているアクチュエータの穴の部分にヒビを入れてしまうかもしれない。午前の作業開始後、ここまで何度もイテレーションを繰り返した。が、まだ何本かのアクチュエータに負荷が集中している。つまり主鏡のガラス材にストレスがかかっている。

「心持ち天方向（水平、ドームの外側に向かう方向）に移動させます」。アクチュエータの位置は、そこにかかる負荷とどれだけ伸びているかの対応に拠っている。まわりのアクチュエータに比べて負荷が大きいものがあるれば、背伸びしていることになる。とは言え、1本1本の絶対位置がわかるといいのだが。

「いったんリトラクトします」。ハンドリング装置が上に戻っていった。いっせいにため息が出る。「ここで休憩！10分後に再開します」。集中力が途切れると、制御盤にあらわれる異常信号やその他の動作異常のモニター能力が低下するばかりではなく、必ずしも安定ではない足場から転落するなどの危険が増える。うっかり主鏡に頭をぶつけてしまうと、相当りっぱなコブになりそうだ。だから保護帽が大事。

スタッフラウンジに行って、お茶を飲んでこよう。水分補給が大事。夜遅くなっているにもかかわらず、食事は摂れない。ここにはレストランなど無いし、弁当の配達にも（もし可能だとして）2時間かかる。標高3000メートルの施設まで下りれば、何らかの食事はとれるが、事前の予約と支払いをしていなければならない。朝にあった差し入れのお菓子は、瞬時に消え去っている。それでもゆっくり座って休めば、視力も集中力も回復するといふものだ。

日中、ドーム内のいろいろなところで働いていた他のグループはもう下山している。機械のうなる音が妙に際立つほど、建物全体が静かになっている。

作業責任者の2人は、制御盤の前でまだアクチュエータからの情報をチェックしている。オーバーレンジになったものが、鏡面の片側に多い。つまり全体がやや傾いているのだなあ。グループの面々の疲労が表情に表れるようになってきたこの時点で、更に作業を続行するか、明日に持ち越すか。既にかかなり疲れているのだから、また明日の朝、十分な気力を奮い起こすことができるだろうか。しかし長い付き合いの仲間たちだ。ここでもうひとつふんばり、お互いに励まし合ってやり遂げよう。2人は、既に冷え切っている水筒の水を飲んで、メンバーが持ち場に戻るのを待ち受けた。

すばるが再び目覚める夜

巨大な主鏡とその下の複雑な構造を十分に照らせるだけの照明は無い。やや薄暗く、閉ざされた空間の中、ヘッドランプ、ただしクリーンルーム用のカバーオールを身につけているので、炭鉱とは違うが、それに近い雰囲気だ。

「A班、戻りました。モニター開始」。「B班、戻りました。用意オッケー」。「C班、ぱっちり貼り付いています」。やや元気を取り戻した声が響いてきた。これなら行けるかも。

「ハンドリング装置、下ろします」。アクチュエータの頭がかくれ始めた。見えないアクチュエータ群のふるまいを脳裏に描きながら、異常なふるまいや音が聞こえないか、メンバーに緊張が走る。今度はどうやらセンサーの読みがレンジ内にとどまっているらしい。ハンドリング装置がゆっくりゆっくり下りていく。「重さが掛かり始めました」。主鏡の重量を、アクチュエータが受け止め始めたのだ。「センサー値全てオッケーです」。大きなため息をつくように、ハンドリング装置が最下端に達し、主鏡が主鏡セルに納まった。

「ご苦労様でしたっ」。「明日の作業は午前10時に再開します」（つまりヒロ出発は午前8時）。満月を少し過ぎた月が、街灯の全く無い山道を照らし、安全な下山・帰宅の助けをつとめるかのようなだった。そう、無事帰宅してこそ、1日の仕事が終わったと言えるのだ。

メガ吊り
25m!

ふしらせ
NO.02

火山灰
汚れ

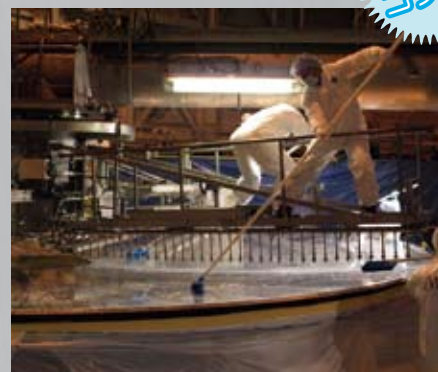
ブラシで
ゴシゴシ



天井クレーンを使い、主鏡+主鏡セル(主鏡の台座)を、ドーム上部(回転部分)から、1階の作業エリアに吊り下ろす。およそ25メートルの高さを1時間半ほどかけて、待ち受ける黄色い主鏡セル台車に慎重に載せる。帰り道も同じく慎重に。



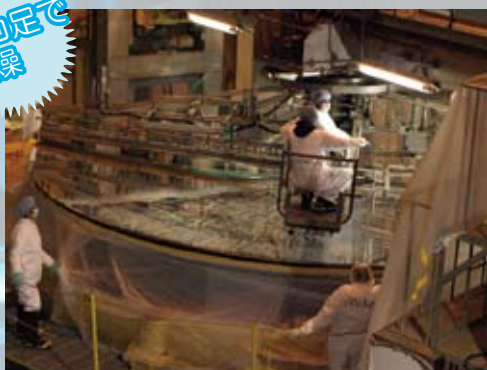
主鏡の汚れ。すばる望遠鏡の大きな光学系に使われているメッキには2種類ある。主鏡、可視光観測用副鏡・第3鏡はアルミニウム、赤外観測用副鏡・第3鏡は銀。大気汚染が無く、湿度も低いマウナケア山頂では、銀でも変色・さびが起りにくく、赤外での高い反射率を保つことができる。汚れの原因は、主に周囲の地面から風で巻き上げられてくる細かな火山灰。銀の表面は柔らかいので、ほこりがこびりついてしまったら、除去は難しい。霧の通過時などは要注意。一方、アルミニウムは表面の酸化物(サファイア)が硬いので、二酸化炭素クリーニングを繰り返して行うことにより、ある程度ほこりを取り除くことができる。



主鏡にこびりついた汚れをブラシでこすり落とす。4年も使ったので、地面から舞い上がって来たほこりだけでなく、水滴の痕、油汚れ、モリブデンを含むグリースらしき汚れもある。作業に使うブラシは、事前によく洗ってある。

すばる主鏡の再蒸着作業！

タコ足で
乾燥



このようにして鏡を洗ったあとには、窒素ガスを吹き付けて表面を乾かす。要するに無毒・無害で燃えない、ゴミが入ってない、地元で入手しやすいガス。8本のシリンダーをつないで、次々にバルブを開けるのだが、そのためのコネクターはまさにタコ足。他の望遠鏡では、エアナイフと呼ばれる物を使っているところもあるが、これは日本のトイレで見かけるジェットタオルと同じ原理で、温かい空気を(フィルターを通したあとで)吹き付ける。すばるの主鏡洗浄装置は、巨大皿洗い機、それをジェットタオルで乾かすことができるようになるというなあ。

やっぱり
「ひと」



きび
たんこ



いかにハイテクの物を扱うとはいえ、大がかりな作業の成否を制するのは「ひと」。作業内容、手順、安全確認など事前打ち合わせが大切。もちろん作業中の声かけ、指さし安全確認も怠らず。士気を保つ上で、差し入れのお菓子がたいへんありがたい。あっという間に消える前になんかと写真が撮れた。

縁の下の
力持ち



普段は見えない縁の下の力持ちご披露。左が主鏡セルを上から見たところ。261本のアクチュエータが林立し、点検者の足元を捕らえる。中央の写真では真空蒸着装置の下部(下釜)に載せるために、主鏡ハンドリング装置で吊り上げられている主鏡の下面が見えている。アクチュエータを受けるソケットには、熱膨張率の低い合金が使われている。右が、主鏡をセルに吊り込むところ。主鏡の一部に極端な負荷がかからぬよう、アクチュエータがソケットにまっすぐ入り込まなければならない。



トップリング也大改修

このところ3年ごとに行ってきた主鏡の再蒸着作業（お化粧直し）、今回は4年ぶりになる。これは、今年導入される新しい主焦点観測装置のために、望遠鏡のトップリング（筒頂部＝鏡筒があるわけではないが、慣習的にこのように呼んでいる）の大きかりな改修や、その他通常の運用中にはできない保守・改修作業を含めて、2010年の夏にまとめて行ったものである。

筒頂部の中央にある内環（これは「筒」状）には、ケーブルを取り付けるために棚などが出っ張っていた。これを削らなければならない。内環は外すことができないし、床から望遠鏡の上まで30メートルほどの高い足場を組むのも容易ではない。筒頂部の装置交換に使うロボット機構に足場を作り付け、それを内環の下に持っていき、作業を行った。手始めに、内環に入っていたケーブルを引き出したが、直径5センチを超える、長く従って重いケーブル類の取り回しは、屈強のクルーでもかなりキビシイものだった。

梅雨も台風シーズンも無いマウナケア山頂（ただし強風、まれに降雪はある）では、365（366）晩必ず運用できるよう、日中にトラブルシューティングや交換作業などを行ってきた。このため1日以上かかる大きかりなモーター点検・整備のような作業は、普段は実施できない。主鏡再蒸着期間は、従って望遠鏡が順調に動き続けるために大事な作業が繰り返されるのだ。今回は、日本からの応援

も含めて同時に何十人も働いていた。望遠鏡を倒す作業、天頂向きで行う作業、床上での配線、一方高所作業車が床を動き回る、このような入り組んだ工程を安全に終了できたのは、作業従事者1人1人の習熟と自覚、作業責任者の周到的な準備、材料調達や重機の試運転、作業リハーサルを含む長期の準備作業のたまものです。

思わずうーむ、と感心したこと。日本から応援に駆けつけてくれていたグループが、作業に必要な工具を作業台に載せておく際に、使う順序に、取り出す向きで並べていたこと。一連の作業を繰り返すので、工具を必ず同じところに同じ向きで戻すことにより、作業能率の低下を防いでいました。スリッパを脱ぐときに、入っていく方向のままに脱ぎ捨てる、なんてのとずいぶん違いますね。

ひつすま



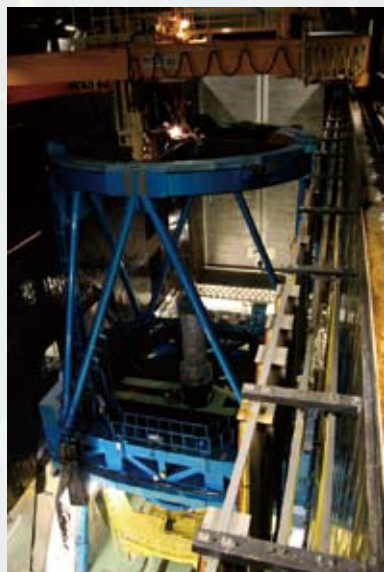
トップユニット（主焦点観測装置や副鏡）を支えるスパイダー周辺での作業。望遠鏡を倒し、床から高所作業車2台でアクセス。スパイダーに添って配線されていたケーブル類や配管を床に下ろす作業などを行った。この内環には低温脆性に配慮した特別の合金が使われている。



筒頂内環内部に一層大型の装置を収容できるよう、出っ張っていた棚などを削り取る。トップユニット交換に使うロボット機構を利用して足場を設けてある。スパイダーはケーブルラックでもある。右側のスパイダーの上にのびるのは主に主焦点カメラ用。左側に FMOS のファイバー束が走る。



副鏡用の配線をスパイダーに取り付けた作業の仕上げ。ケーブル類が重いので、長さ調節を2人がかりで行っている。安全確認しながら、確実に取り付け。



筒頂内環作業の様子。下方に主鏡カバー。このとき主鏡・主鏡セルは取り外されて、ドーム下部にある。かわりに望遠鏡本体から主鏡・主鏡セルを外す・取り付ける際に使う黄色い主鏡運搬台車が見えている。壁面に沿ったレールのようなものは、オレンジっぽい色の天井クレーンへの電力供給用。



8000 万画素を超える画像が得られる主焦点カメラ（Suprime-Cam）が待機中。検出器部分は、電源供給と真空・冷却を続けるために外されている。装置全体を動かしたり、状態をモニターするためのたくさんの配線がある。最下部（主鏡からの光が入るところ）に巨大な補正光学レンズ系が付いている。総重量 2.8 トン。

ハイパー・シュプリーム・カム（Hyper Suprime-Cam, HSC）がやって来る！

すばる望遠鏡用の新しい主焦点観測装置、ハイパー・シュプリーム・カム。高感度 CCD を 100 個使い、現在活躍中のシュプリーム・カムの 7 倍もの視野を一度に撮影できる超巨大デジタルカメラです。今年の導入を目指し、国内外機関との協力も得て、ハードウェアやソフトウェアの製作、CCD の検査などが三鷹キャンパスを中心に進行中。全体の重さが 3 トンを超え、カメラの検出器部分の前に取り付ける補正レンズの直径は 80 センチメートル超。今回の大改修で内環を削ることにより、ようやくこのレンズが収まるようになりました。

今西昌俊 (ハワイ観測所)

●精鋭集団

「すばる観測研究体験企画」は、大学の学部3年生以下の学生約10名を対象とし、事前に望遠鏡や観測装置の仕組み、観測天体の科学的背景を学んだ後、ハワイ島マウナケア山頂のすばる望遠鏡を用いて実際に観測を行い、観測天文学の醍醐味を実体験してもらうための、すばる教育プログラムの一環の企画である。本企画は好評を博しており、その後天文学研究を志し、大学院へ進学した学生は相当数に上っている。2010年度は第9回目の開催である。例年は夏休み後半に実施していたが、今年度はその時期は望遠鏡改修のため、10月に実施することにした。参加者は12名である(★1)。

●憧れの「すばる」で観測

初日の10月25日にハワイ観測所へ到着後、この日不在の高見所長に代わり、児玉忠恭氏にあいさつをもらった。天気予報は悪く、本企画の時間帯だけ雲が薄くなる可能性があることが述べられ、先行きが太い不安であった。その後、参加者各自に自己紹介をもらったのだが、半分くらいまで進んだ所でいきなり停電が起き、中庭で続きを行うはめになった。幸い、停電は30分程度で復旧した。

翌10月26日は、ハレポハク(中間宿泊施設)を経由し、山頂施設(すばる望遠鏡)の見学を行った。火星のようなマウナケア山頂の風景、眼下に見る雲海、南に聳え立つマウナロア山をはじめとするハワイ島の大自然、間近に見たすばる望遠鏡の大きさなどに感動してもらえたと思う。その後、ハレポハクに戻った。夕食後、例年通りすぐそばのオニズカセンターを訪問し、アマチュア望遠鏡で夜空の観望を行った。残念ながら、今年は快晴というわけにはいかず、学生がマウナケアから見る美しい宇宙の姿に感動するというわけにはいかなかった。ここにはおもやげも置いてあるのだが、天文モノポリーが、毎年参加者の間で大人気である。その後、再びハレポハクに戻り、図書室にて、観測の最終確認を学生主体で行った。議論は深夜にまで及んだ。

10月27日の観測日、夕方ハレポハクから山頂に向かう時間帯には雲が残って

おり、消えてくれと祈る思いであった。山頂に到着して待機している間に雲が減って行き、観測できそうだった途端、今度は霧のために湿度が80%を超え、望遠鏡ドームを開けられない。学生の一人が照る照る坊主を作ったりしている内に湿度が下がり、観測できるようになった。この時点で予定より1時間近く遅れており、今から開始すれば、割り当てられている時間を絶対に超えてしまう。その後に予定されている望遠鏡試験チームの方々から「学生にとって折角の貴重な機会なので、少し延びても構わない」という親切な声をかけていただき、観測を開始した。星のサイズは可視光線で1.5秒角とあまりよくなかったため、当初予定していた2天体を1個に減らし、積分時間を長めにすることにした。無事観測を終了し、データを取得することができた。

翌10月28日は、下山してヒロに戻り、山麓施設でデータ解析実習を行なった。時間のかかるプロセスを省略したり、あらかじめ必要ファイルを作成しておいたりしたことにより、一部の進みの速いグループは、ヒロで最終画像まで到達することに成功した。担当してから初めての快挙である。その後の中庭でのバーベキューでは、将来の進路に関する質問や相談を、すばるスタッフに熱心にする参加者の姿が見られた(★2)。

●世界も注目

ハレポハクでの夕食時に若い日本人が多くいたことから、本すばる体験企画が他の望遠鏡関係者にも知れ渡り「非常にすばらしい企画である」、「我々も真似したい」との評を得たらしい。本企画が参加学生にとって有意義なものとなり、近い将来、日本の天文学をリードしていく優秀な人材が生まれることが、我々の願いであり最大の喜びである。

本年度の「すばる観測研究体験企画」の実現、開催に当たっては、観測の現場から各種手続きまで、ハワイ観測所及び国立天文台すばる室の多くの方々にご協力をいただきました。観測当日は、望遠鏡試験チームに時間超過を快く了承していただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

★1

本年度は、広く募集をかけた結果、38名もの応募があった。応募書類に基づき、特に強い意欲が感じられた候補を一次選抜した。昨年度より渡航費を国立天文台が援助することが可能になったため、書類だけでなく、実際に本人を見てから最終メンバーを決めるべきであるとの関係者の一致した意見を受けて、2010年8月24日に国立天文台三鷹キャンパスにて、面接も兼ねた事前セミナーを実施した。その意図を知ってか知らずか、学生からの質問が例年に比べて桁違いに多く、全員がやる気まんまんに感じられ、当初の予定の8名に絞り込むことができないという嬉しい悲鳴を上げることになった。現地でも対応可能な上限の12名を最終メンバーとして選び、本年度の企画に参加してもらうことにした。全国の11大学から、国際物理オリンピック金賞受賞者を含む、多種多様で、将来を期待させる精鋭集団であった。

本年度の企画においては、主焦点可視光線カメラ(Suprime-Cam)を用いて、銀河群を観測し、暗い銀河の数を求めることを主目的とした。観測テーマの原案はこちらで用意したが、実際の観測天体の選定や積分時間の見積もりは、参加学生が主体となって実施した。

★2

今回は、停電に始まり、これまで以上に数多くのトラブルに見舞われた実習であった。成田空港での飛行機出発が1時間以上も遅れ、ホノルル空港の国際線ターミナルを出たのが、ヒロ行きの便の出発25分前という危機的状況の中、小宮山裕氏の機敏な対応により、無事予定の便に乗ることができた。また、ヒロ空港で参加学生の1人だけのスーツケースが出て来ず、送り先に指定したホテルのフロントに何度聞いても、届いていないとの返事。仕方なく2日目の早朝に空港に確認に行ったところ、初日の到着1時間後に既にホテルに届けられているはずとのこと。ホテルに戻ってフロントに再確認したところ、後ろの部屋にスーツケースがあったというお粗末な対応も経験した。急いでオフィスに戻って出発準備をしようとしたら、車のガソリンの残量が、ハレポハクに行くにはぎりぎり。すばるが契約しているいつものガソリンスタンドで給油しようとしたら、コンピュータートラブルで給油中止中と言われる始末。外国が初めてという参加者が何人かいたが、日本がいに便利で住みやすい国であるか、実感してくれたようだった。今回はトラブルに加えて、天気まで我々に好意的でなく、冷や冷やのし通しであったが、この不安定な天候が、最後に意外なご褒美をもたらしてくれることになった。観測直後、何とかデータを取得してくつろいでいると、再び霧が発生。そのおかげで、なんと月明かりに照らされた虹を目撃するという、快晴の場合には絶対にできない経験をしたのである。それに感激していたところ、そこにさらに流れ星が3秒も輝き、学生共々大きな歓声を上げることになった。



観測終了直後の全員集合写真。望遠鏡観測室にて。

石川直美 (天文情報センター普及室)

毎年恒例の「三鷹・星と宇宙の日」が、10月22日(金)、23日(土)の2日間、国立天文台、東京大学天文学教育研究センター、総合研究大学院大学天文科学専攻の3者共催のもと、開催されました。

昨年までの「三鷹・星と宇宙の日」は、土曜日1日のみの開催でしたが、今年は初の試みとして、2日間の開催としました(1日目は16時から観望会をメインとした内容)。今年のメインテーマは「遠くの太陽、近くの星」。企画も昨年以上に盛りだくさんで、来場者の皆様は、研究者の熱心な解説に耳を傾けていました。

23日
10時~19時



今日はいい天気！
観望会も期待できますね！



お待たせしました
開門です
走らないでくださいーい



晴れたのは
もっと僕のおかげ



中華鍋で電波が
受信できるって
知らなかったよ！



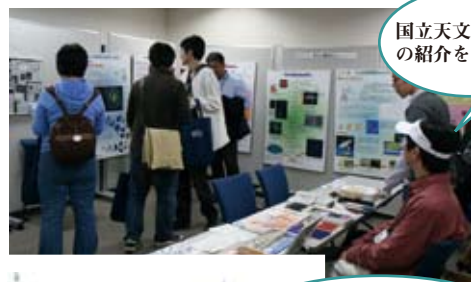
太陽フレア望遠鏡では、屋外の展示
天気がいいから気持ちいい！



新しくできた
ALMA棟が初公開



先端技術センターでは工場見学や
開発している装置の展示がありました



国立天文台野辺山
の紹介をしています



休憩室には図書が出張！



毎年恒例の天文データセンターの銀河探しゲーム
ですが、毎年ちがった楽しみ方がありますよ



太陽塔望遠鏡
(アイنشユタイン塔)
の内部が初公開されました！

安全上、塔部分への
立ち入りはできません
でしたが、半地下部分の
見学をしていただきました



VLBI入口には
月探査衛星「かぐや」が
撮影した月面の画像が！

4D2Uドームシアターの前には
たくさんのパネルとカフェコーナー
ゆっくり見学してってください





パネルの前では
研究者の熱い
解説が・・・

最近の太陽の活動は
どうですかね？

毎年恒例の質問コーナー
研究者が交代で対応しています

すばる望遠鏡・TMT也大盛況！
パネルの内容も、とても充実しています



午後になるとあやしい雲が・・・

ありやうや
曇ってきちゃった



■国立天文台講演会

講演1 太陽が犯人？

講演2 探査機が明らかにする「月」世界：「かぐや」から将来へ

常田 佐久 (国立天文台/総合研究大学院大学 教授)

佐々木 晶 (国立天文台/総合研究大学院大学 教授)

■東京大学天文学教育研究センター講演会

赤外線では探る大質量星の姿

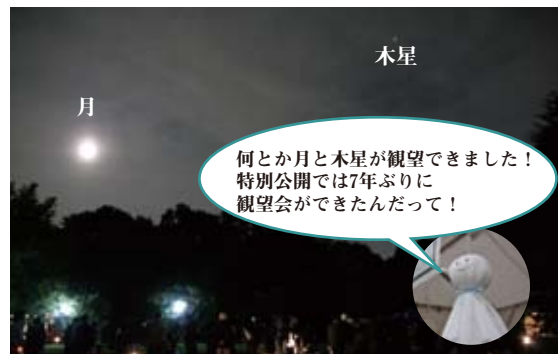
田中 培生 (東京大学 准教授)

重力波実験棟の地下トンネルは
めったに見学できませんよ！



今年の講演会も大入り満員です

インターネット中継も
行いました



木星

月

何とか月と木星が観望できました！
特別公開では7年ぶりに
観望会ができたんだって！

22日は曇天にもかかわらず、190名の方にお越しいただきました。天体観望会は開催できませんでしたが、ミニ講演やロビーの展示などをお楽しみいただけたようです。

23日は朝からぴかぴかの晴天！秋のさわやかな天気のもとでの開催となりました。午後になると空が雲で覆われ始めましたが、雲間から何とか月と木星が見え、観望会を開催することができました。23日の来場者は3,234名でした。

開催にあたってご後援いただきました(社)日本天文学会、(財)天文学振興財団、ご協力いただきました東京大学消費生活協同組合天文台支所、大沢地区住民協議会、望遠鏡メーカー・団体の皆様、三鷹市星と森と絵本の家の職員・ボランティアの皆様、ありがとうございました。そして、天文台のスタッフ・学生の皆様、たいへんお疲れさまでした。来年もさらに良いイベントとなるよう、頑張りましょう！

22日
16時～19時

曇天にもかかわらず
大勢の方にお越し
いただきました！

ロビーでは
太陽、JASMINEの展示と
質問コーナーを開催

紙芝居が人気！
インターネット中継もしました



■国立天文台 ミニ講演

講演1 アルマが見る50億年前の太陽系

齋藤正雄 (国立天文台 助教)

講演2 すばるで探る宇宙の謎

柏川伸成 (国立天文台 准教授)

■東京大学天文学教育研究センター ミニ講演

“ユニバース”：太陽系から星座の星まで
半田利弘 (東京大学 助教)

曇天でしたが、あきらめずに来てくださって
ありがとうございました



2010年 三鷹・星と宇宙の日 (旧名称：三鷹地区特別公開)

主催 自然科学研究機構 国立天文台

東京大学大学院 理学系研究科附属 天文学教育研究センター
総合研究大学院大学 物理科学研究科 天文科学専攻

後援 社団法人 日本天文学会
財団法人 天文学振興財団

協力 東京大学消費生活協同組合 天文台支所
大沢地区住民協議会
三鷹市 星と森と絵本の家



Bienvenido a ALMA!

08

ACA ソフトウェア開発と ACA 相関器ファーストFRING

アルマ望遠鏡

検索

ALMA推進室コンピューティングチーム/ALMA観測所国際職員
芦田川京子

ソフトウェアって、『思った通り』ではなく『書いた通り』に動いてしまうんです。と分かっていても念力で動かそうとすることしばしば……。

ACA 相関器のソフトウェア開発は最大の山場は越えましたが、まだ初期運用からのフィードバックもありますし、仕上げのためにもうひとがんばり!

ALMA 推進室
コンピューティングチーム
渡辺 学



● ACA ソフトウェア開発

ALMA は、NAOJ が中心となって開発している ACA (Atacama Compact Array) と米欧が中心となって開発している 12m アンテナアレイの 2 つのアレイで構成されています。日本のコンピューティングチーム装置制御ソフトウェアグループは ACA 用のアンテナ (ACA アンテナ) と相関器 (ACA 相関器) のソフトウェアの開発を重点的に行っています。

ACA アンテナ用ソフトウェアの大枠は米欧のアンテナ用のものが再利用できますが、個々の制御項目やモニター項目の違いから ACA アンテナ用にプログラムを追加する必要があります。ACA アンテナ関連のソフトウェア開発は ALMA 推進室の松居隆之さんを中心に、米欧のソフトウェア開発者とも緊密に連携しながら進められています。

ACA 相関器は NAOJ が富士通と協力して開発しています。12m アンテナアレイの相関器は NRAO (米国立電波天文台) が開発している XF タイプの相関器ですが、ACA 相関器は NAOJ の近田義広名誉教授が考案した FX タイプの相関器です。これら 2 つの相関器は原理もハードウェア構成も非常に異なっているため、ACA 相関器ソフトウェアは NRAO の相関器用のものを再利用することができず新規に開発する必要があります。ACA 相関器ソフトウェアの開発は渡辺が中心となって進められています。

● ACA 相関器引渡試験の準備

ACA 相関器は 4 つのベースバンドペアを同時に処理できるようにほぼ同じ機能の装置 4 セットから構成されています。この 4 セットのうちの 2 セットが 2010 年 8 月に受入審査を通過し、2010 年 11 月に ALMA への引渡試験が行われました。この引渡試験は ACA 相関器を本物の (シミュレータではない) アンテナや受信機と結合して天体を観測する初めての試験でした。本物相手の試験という点では、ハードウェアだけでなくソフトウエ

アにとっても運用環境で行う初めての試験です。この試験の準備は ALMA 推進室の中村京子さんと芦田川が主体となって 2010 年 4 月から始められました。

ACA 相関器は標高 5000m に建設された山頂建屋内の ACA 相関器室に設置されており、ACA 相関器ソフトウェアを実行する計算機群も同じ部屋の中に設置されています。一方、ACA 相関器の機能検証や障害調査のために、最初は三鷹の開発用計算機を使ってシミュレーション試験を行い、問題点の洗い出しと修正作業を繰り返しました。その後、ネットワーク経由で三鷹から地球の反対側にある ACA 相関器および計算機群をリモート操作して同様の試験と修正作業を繰り返しました。この経験はリモート操作でのトラブルシューティングのノウハウとなって蓄積されています。

6 か月におよぶ準備の後に、11 月 4 日から ALMA と共同で引渡試験が行われることになり、ACA 相関器グループからは鎌崎剛さんと黒野泰隆さん、Computing グループからは芦田川と渡辺 (いずれも ALMA 推進室) が現地に赴きました。

● ACA 相関器の引渡試験とファーストFRING

11 月 4 日は、山麓施設で ALMA のソフトウェアエンジニアである Tzu-Chiang Shen, Ruben Soto, Victor Gonzalez に対して ACA 相関器を使用する観測のデモンストレーションを行いました。これには日本からリモートで行ってきた準備試験を現地のネットワークから実行して再確認するという意味もありました。翌 11 月 5 日、山麓施設のコントロールルームから ACA 相関器を操作するためにネットワークの設定を変更し、ソフトウェアに ACA 相関器試験用の設定を追加して本番環境での統合試験を行いました (ただしアンテナと受信機はシミュレータ)。翌日はいよいよファーストFRINGを目指した試験観測を行います。11 月 6 日、8:00 から 15:00 までが ACA 相関器試験

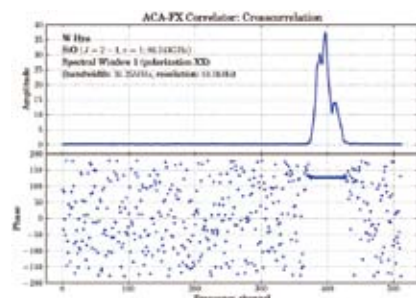


図1 ファーストFRING (W Hya SiO ($J=2-1$; $v=1$)): 黒野泰隆さん作成)。

のために割り当てられた時間です。本物のアンテナが動くことの確認から始まり、9:15 から試験手順を順番に実行して観測を開始しました。数回の失敗とリトライを繰り返した後、14:15 から開始したその日最後の観測でついにFRINGを検出することに成功しました!

3 日間の現地作業で予定通りにFRINGを検出したことは現地でも非常に高く評価されました。しかし短期間の引渡試験では ACA 相関器の多彩で高度な機能のほんの一部しか使いません。現在は残り 2 セットのリリースのための準備作業と並行して、試験で見つかった課題の解決にも取り組んでいます。さらに ACA 相関器の高度な機能を観測の中で確認するためのソフトウェアの準備も必要です。科学運用開始に向けた ACA 相関器のソフトウェアの準備作業は簡単ではありませんが、ソフトウェアのさらなる開発とブラッシュアップは ACA 相関器が ALMA へ大きく貢献するために欠かせないと確信しています。



図2 山麓施設内コントロールルームでの試験の様子 (左から、黒野、鎌崎、Victor Gonzalez、芦田川)。

国立天文台元研究員がカナダの宇宙飛行士に！

家 正則 (光赤外研究部・TMT プロジェクト室)

2010 10 28

おしらせ
NO. 05

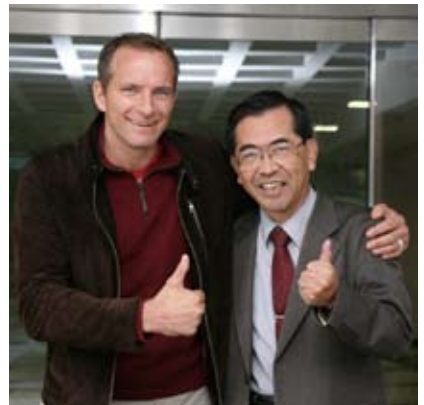
2010年10月28日、元国立天文台外国人研究員、現在はカナダの宇宙飛行士(!)になった David Saint-Jacques (和名: 扇雀) さんが、三鷹を非公式訪問されました。扇雀さんは英国ケンブリッジ大学で光干渉計に関する学位を取得後、1999年に三鷹の光干渉計MIRA計画に1年間参加し、その後ハワイですばる望遠鏡の初代補償光学装置の立ち上げに参加されました。扇雀さんは精力的に研究



宇宙飛行士のスーツで訓練中の扇雀さん。

をされただけでなく、その明るく誠実でスポーツ万能な人柄から多くの友人をつくられました。ハワイを去った後は、医学博士の学位を取得し、北極圏のカナダエスキモーの寒村で医療活動に従事し、大学講師の職に就きました。しかし、扇雀さんの経歴はこれに止まらず、2009年にはなんとカナダで二人目の宇宙飛行士に選ばれたのです。なんという傑出した経歴でしょう！

このような世界的な人物がその若い時期に国立天文台に籍を置き、我々と交流してきたことを誇りに思います。扇雀さんからは次のメッセージを戴きました。「国立天文台での2年間は私の人生でも特筆すべき時期でした。私が会った人々が皆、天文学への飽くなき情熱を持ち、献身的で質の高い仕事をされていたこと、それに外国人である私を暖かく受入



三鷹での10年ぶりの再会。

てくれたことが、忘れられない良い思い出となっています。いうまでもありませんが、今回再び自然のあふれる三鷹のキャンパスを訪問することができ、旧知に再会できたことを大変うれしく思っています」。

●すばる望遠鏡共同利用の採択結果のお知らせ

●ハワイ観測所は2011年2月から2011年7月までの6か月間を、すばる望遠鏡共同利用S11A期として公開しました。くわしくは以下をご覧ください。

<http://subarutelescope.org/Observing/Schedule/s11a.html>

●岡山観測所2011年前期の観測日程が決まりました。くわしくは以下をご覧ください。

http://www.oao.nao.ac.jp/stockroom/program/2011a_ja.pdf

編集後記

ALMA 望遠鏡の初期科学運用に向けて、広報に飛び込んでくる情報量が、これまでよりも増えてきました。たいへんさよりも情報が届くのが楽しみな毎日です。(S)

初日は太平洋で見ることにしています。今年は天気予報は外れてきれいに晴れ、水平線から昇る太陽を拝むことができました。今年もよろしくお願いします。(e)

今年は何年かぶりに田舎の実家で年を越しました。冬に帰省したのが久々だったので、慣れない寒さが身にしみしました。初詣でひいたおみくじは中吉、学問は怠ると危ないそうです。(K)

正月に実家に帰って一休みしようと思ったら、一家揃って風邪をひいて寝正月。その中でも正月の支度。今年は全ての食材が順調に揃いました。去年は、他所に高値で売られていったとか耳にしたので心配でした。(J)

今年の目標は整理整頓と決め、早速年明けから実行中です。もちろん、最初は去年の大掃除で片付けきれなかったモノ達の整理から……。ただ単に大掃除が年を越しただけ、と最近気がつきました。(κ)

生まれて初めて胃カメラを飲んだ。自分の体の中にカメラが入っていく感覚。ぜひ皆さんも経験してみてください。(W)

国立天文台ニュース NAOJ NEWS

No.210 2011.01

ISSN 0915-8863

© 2011 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日/2011年1月1日

発行/大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員: 渡部潤一 (委員長・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) / 佐藤友美 (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。

国立天文台ニュース
2月号の研究トピックス
は、電波観測による衝突
する直前の双子のブラック
ホールの発見! をお届けし
ます。お楽しみに!

次号予告

- ・天体名 / 太陽系外惑星
- ・観測装置 / 高分散エシエル分光器 HIDES+ヨードセル
+精密コンピューターモデリング+忍耐力
- ・波長データ / 可視光線

ヨウ素分子と G 型巨星の スペクトルと太陽系外惑星系探索

● 泉浦秀行（岡山天体物理観測所）



図1 散開星団中の星としては初めて惑星候補を伴っていることが明らかになったおうし座ε星（ε Tau）。おうし座の頭の部分に位置するヒアデス星団に属していることが知られている。散開星団の星はほぼ同時期に生まれたと考えられ（ヒアデスの場合は約6億年前）、惑星候補に対して初めて精度よい年齢の上限を与えることができた。



図2 HIDESによるヨードセルを通した連続光ランプ波長5500 Å付近のスペクトル画像。おびただしい数のヨウ素分子(I_2)電子遷移振動回転吸収線が現れている。実際の観測では、これが星のスペクトルに焼き込まれる。

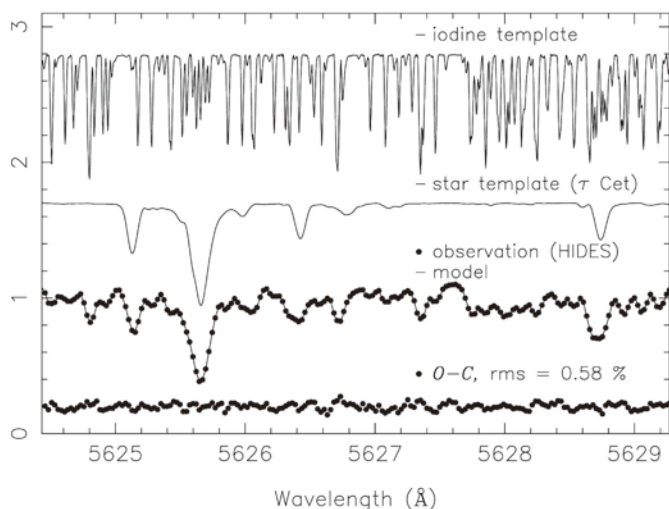


図3 上段から、実験室の超高分解能分光器により取得されたヨウ素分子の吸収線スペクトル、基準の型として使われた星のスペクトル、ヨードセルを通してHIDESで取得された星のスペクトル（点が観測、線がモデル）の一例（Sato et al. 2002, PASJ, 54, 873）。一番下はモデルと観測の残差。

我々の住む地球は広大な宇宙の中でどのような存在なのかという問いかけは、広く一般社会でも語られ始めた人類の普遍的な知的欲求と言ってよいだろう。その問いかけに答えるには、太陽以外の星にどのような惑星系が存在しているのか、惑星系が作られる条件は何か、生命の発生はどのようにして起こるのか、などなどの広汎な研究が必要となる。

1995年に最初の太陽系外惑星候補が 51 Peg に見つかった以来、系外惑星系に関わる研究は、まさにゴールドラッシュの様相を呈している。我が国でも多くの研究者が各方面から系外惑星系の研究に日夜取り組んでいる。惑星探索には幾つかの手法があるが、視線速度測定（ドップラー）法による探索は、日本では岡山から始まった（天文月報2004年6月号参照）。ヨウ素分子の引き起こす、おびただしい数の電子遷移振動回転吸収線を高精度の波長標準として利用することで、通常の高分散分光観測では達成不可能な、高精度の視線速度測定を実現する。実際には観測されたスペクトルデータの精密なコンピューターモデリングが必要不可欠である。そして忍耐強く地道に観測を続けていく精神力も要求される。完成直後の可視高分散分光器HIDESに、これらの要件が整った2003年、最初の惑星候補がG型巨星HD104985に検出された。2007年には散開星団にある星として初めて、G型巨星ε Tau（約3太陽質量）が惑星候補を伴うことが明らかになり、惑星系の年齢を与える道筋が示された。2011年1月現在までに14の惑星あるいは褐色矮星の候補が岡山で検出されてきた。データの蓄積に伴い、今後は多重惑星系や雪線を越える惑星系の検出が期待される。

G 型巨星と A 型矮星

2009年に2つのA型矮星で直接撮像により惑星候補が検出され話題になった。もっぱら岡山での惑星探索の対象となっているG型巨星はA型矮星の将来の姿である。G型巨星の惑星系とA型矮星の惑星系との比較対照は極めて興味深いだろう。また、ドップラー法により惑星系が見つかったG型巨星を、今後は高精度のコロナグラフ観測で調べることができれば、G型巨星の惑星系を星に近い所から遠い所まで網羅的に調べられる。そうすると、太陽の2～3倍の質量の星のまわりの惑星系の全体的な姿が明らかになっていくであろう。