

自然科学研究機構

国立天文台  
NAOJ

## 国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2013年12月1日 No.245

特集 Subaru Strategic Program  
(すばる望遠鏡戦略枠)SEEDS プロジェクト  
「第二の木星」の直接撮影に成功！FastSound プロジェクト  
宇宙の加速膨張の起源に迫る

- すばる望遠鏡の観測時間を獲得せよ！
- すばる戦略枠“Subaru Strategic Program”の誕生
- 夜と昼、暗と明の接点～7回目のすばる望遠鏡主鏡メッキ作業～
- 2013年「三鷹・星と宇宙の日」報告
- 「第8回恒星視線速度精密測定による太陽系外惑星探索と星震学」研究会報告

12  
2013

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

## 特集 Subaru Strategic Program (すばる望遠鏡戦略枠)

## 研究トピックス01

### 「第二の木星」の直接撮影に成功した すばる望遠鏡SEEDS(シーズ)・プロジェクト

—— 葛原昌幸 (東京工業大学・日本学術振興会特別研究員)、工藤智幸 (国立天文台)、  
田村元秀 (東京大学、国立天文台太陽系外惑星探査プロジェクト室)、ほかSEEDS チーム

## 研究トピックス02

### すばる望遠鏡FastSoundプロジェクトが 迫る宇宙の加速膨張の起源

—— 戸谷友則 (東京大学)

## ○すばる望遠鏡の運用と戦略枠

- すばる望遠鏡の観測時間を獲得せよ！
- すばる戦略枠 “Subaru Strategic Program” の誕生

## ○Maintenance of Subaru Telescope

- 夜と昼、暗と明の接点～7回目のすばる望遠鏡主鏡メッキ作業～

16

## おしらせ

- 2013年「三鷹・星と宇宙の日」報告
- 「第8回恒星視線速度精密測定による太陽系外惑星探査と星震学」研究会報告
- 2014年国立天文台カレンダーができました

21

## 連載 絵本のほんだな10冊目

『おおきな おおきな おいも』—— 松本尚子

22

## ニュースタッフ

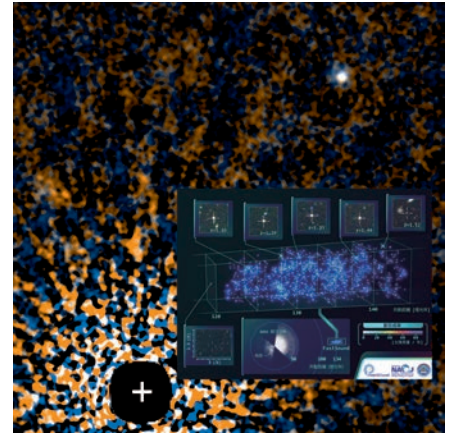
- 編集後記
- 次号予告

24

## シリーズ 国立天文台アーカイブ・カタログ21

## 浮遊天頂儀 (Floating Zenith Telescope)

—— 亀谷 収 (水沢VLBI観測所)



表紙画像

背景は、すばる望遠鏡・HiCIAOを用いた「SEEDSプロジェクト」で捉えたGJ 504惑星系の直接撮像画像のアップ。十字は恒星 GJ 504の位置で右上に光る白い光点が惑星 GJ 504 b。右下の画像は、すばる望遠鏡・FMOSを用いた「FastSoundプロジェクト」で得られた宇宙誕生後47億年の時代の宇宙大規模構造である。

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)

すばる望遠鏡の主鏡セルと望遠鏡本体をつなぎとめているボルト (くわしくは12ページの記事へ)。

## 国立天文台カレンダー

## 2013年11月

- 5日(火) 太陽天体プラズマ専門委員会
- 8日(金) 4次元シアター公開/観望会
- 19日(火) 幹事会議
- 23日(土) 4次元シアター公開/観望会
- 27日(水)～29日(金) プロジェクトウィーク
- 28日(木) 安全衛生委員会
- 29日(金) 防災訓練

## 2013年12月

- 5日(木) 運営会議
- 10日(火) 天文データ専門委員会
- 13日(金) 幹事会議/4次元シアター公開/観望会議
- 20日(金) 電波専門委員会
- 26日(木) 安全衛生委員会
- 28日(土) 4次元シアター公開/観望会

## 2014年1月

- 7日(火) 運営会議
- 10日(金) 幹事会議/4次元シアター公開/観望会
- 23日(木) 安全衛生委員会
- 25日(土) 4次元シアター公開/観望会
- 31日(金) 幹事会議

# 「第二の木星」の直接撮影に成功した シーズ すばる望遠鏡SEEDS・プロジェクト

SEEDSは「Subaru Strategic Program (すばる望遠鏡戦略枠)」の一つです。Subaru Strategic Programの詳細は9~11ページをご覧ください。

## はじめに

2009年秋から、すばる望遠鏡を用いて系外惑星や星周円盤を直接撮像し、戦略的に探査するシーズ・プロジェクト (SEEDS: Strategic Explorations of Exoplanets and Disks with Subaru★01) が進められてきました。直接撮像観測によって系外惑星を探査する利点は、主星から比較的離れた惑星 (大軌道惑星) の検出が可能になることがあげられます。また、それらの惑星が持つ大気の特徴を惑星の色などから調べることも可能になることも大きな利点です。一方、**ドップラー法**★02

や**トランジット法**★03などの間接的手法では、このような系外惑星を観測することは非常に困難です。大軌道惑星の特徴や大気については、未解明な点が多く、将来、中心星近傍の惑星直接検出が可能になることも見据えて、直接撮像観測は系外惑星の研究において最も重要な手段であると考えています。

## 惑星の誕生現場を解明する

さらに、惑星誕生の現場である星周円盤の観測もSEEDSの重要な課題です。特に、我々は円盤の詳細な構造をSEEDSの高感度・高解像度・**高コントラスト観測**★04で明らかにすることによって惑星との関係を調べています。実際に、太陽系のスケールで円盤中の空隙や渦巻といった特徴的な円盤構造の画像を初めて多く得ることに成功しています (4ページ・図1)。これらの構造は、円盤と惑星が重力的に相互作用することで生じます。それらの構造は惑星の存在を示唆しており、いわば「惑星のサイン」なのです。その様な円盤構造を詳細に分析することで、星周円盤の特徴と惑星との関連性について議論した論文を多く出版してきました。SEEDSで得られた画像は過去の同様の探査に比べて、どれも非常に高解像度で鮮明です。それは、星周円盤に対して今まで知られていない多くの知見を得ることに結びついています。

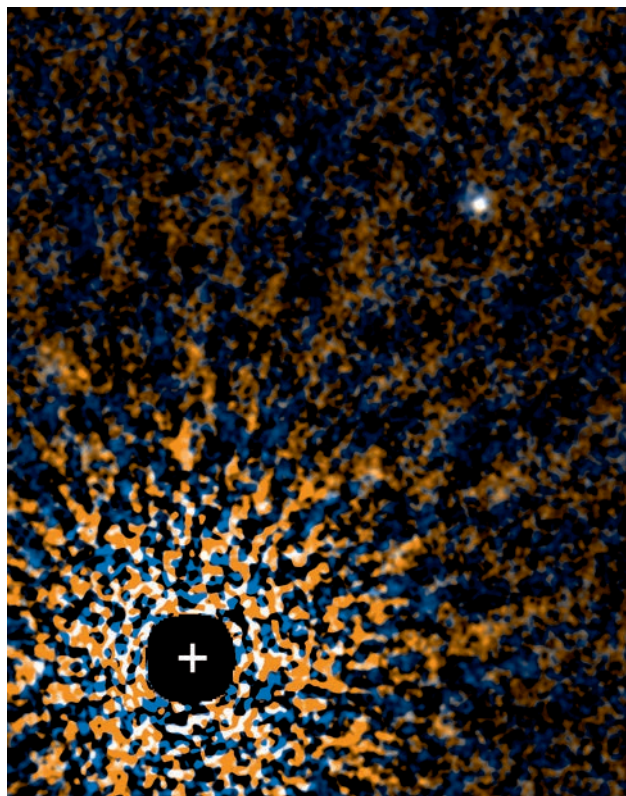


図1 GJ 504惑星系の直接撮像画像のアップ。十字は恒星 GJ 504の位置で、そのまわりのまだら模様は除去しきれない明るい恒星光によるノイズ。右上に見えているのが惑星 GJ 504 b。



葛原昌幸  
(東京工業大学・  
日本学術振興会  
特別研究員)



工藤智幸  
(国立天文台)



田村元秀  
(東京大学・  
国立天文台・  
太陽系外惑星探査  
プロジェクト室)

ほか SEEDS チーム

## ★ newscope

### シーズ ▶ 01 SEEDS プロジェクト

系外惑星および星周円盤を直接観測によって探査するプロジェクト。最初のすばる戦略枠プロジェクトで、5年間にわたって120夜の観測を行う。国内外の約120名の研究者が参加している。すでに25編の査読専門論文を輩出した。

### ▶ 02 ドップラー法

惑星の公転運動による恒星の速度ふらつきを、恒星スペクトルの吸収線のドップラーシフトを測定する。最初の発見以降、惑星の間接検出の代表的な手法。

### ▶ 03 トランジット法

恒星の前面を惑星が通過する際の光度変化を測定する手法。通常、独立した手法で確認が必要とされる。ケプラー衛星による惑星候補は3500個を超えている。

### ▶ 04 コントラスト

明るい恒星のすぐ周囲の暗い惑星や円盤を観測するための観測能力。

## 「第二の木星」を発見

円盤探査に比べて、系外惑星の探査はより時間がかかります。これまで、直接撮像探査で検出された惑星系のうち、太陽系サイズの軌道かつ主星が恒星のケースは、10例未満です。つまり、1000例を超えた系外惑星検出においても、惑星の「直接撮像」は今なお一つ一つの検出が極めて価値があり、熾烈な競争があります。いっぽう、観測技術的には極めてチャレンジングです（だからこそ、価値があると言えます）。また、検出した光源がターゲットの主星に束縛するかどうか、それとも背景の天体かどうかを区別するために、時間をあけて複数回観測する必要があります。このため、惑星検出は比較的時間を要しますが、SEEDS戦略枠のおかげで複数回観測のための時間を確保できることは大きな利点でした。

SEEDSでは2011年3月にGJ 504という地球近傍にある太陽型恒星を観測しました。おとめ座の方向、約60光年の距離にあり、肉

眼でも見える明るい星です。観測データを解析した結果、そのGJ 504からおよそ44 au（天文単位）離れたところに波長1.6マイクロメートルの近赤外線では約20等の非常に暗い新天体（GJ 504 b）を発見しました（3ページ・図1（拡大画像）および図3）。GJ（ジー・ジェー）とは、近傍恒星を集めたグリーゼ・ヤーライスカatalogを指しています。その後、2011年5月から2012年5月にかけて、さらに観測を行い、GJ 504 bを合計7回検出することに成功しました。その結果、GJ 504 bの天球での位置が微小変化しており、その位置の変化量から、GJ 504 bが確実に背景星では無いことを確認しました。さらに、GJ 504 bが恒星GJ 504のまわりをケプラー運動していることで、位置変化が説明できることも確認しました。

GJ 504 bの観測データから引き出すべき最も重要な物理量は惑星質量です。一般に、直接撮像観測で惑星の質量は、観測量である惑星の光度から進化モデルを用いて推定されます。光度進化モデル<sup>★05</sup>とは、様々な質量

### newscope

#### ▶05 光度進化モデル

天体の光度を、さまざまな質量の天体の構造と大気を理論化して求めたもの。天体の光度や温度の年齢による変化をプロットできる。惑星質量天体のモデルとしては、通常使われるホットスタート・モデルと新しいコールドスタート・モデルがある。

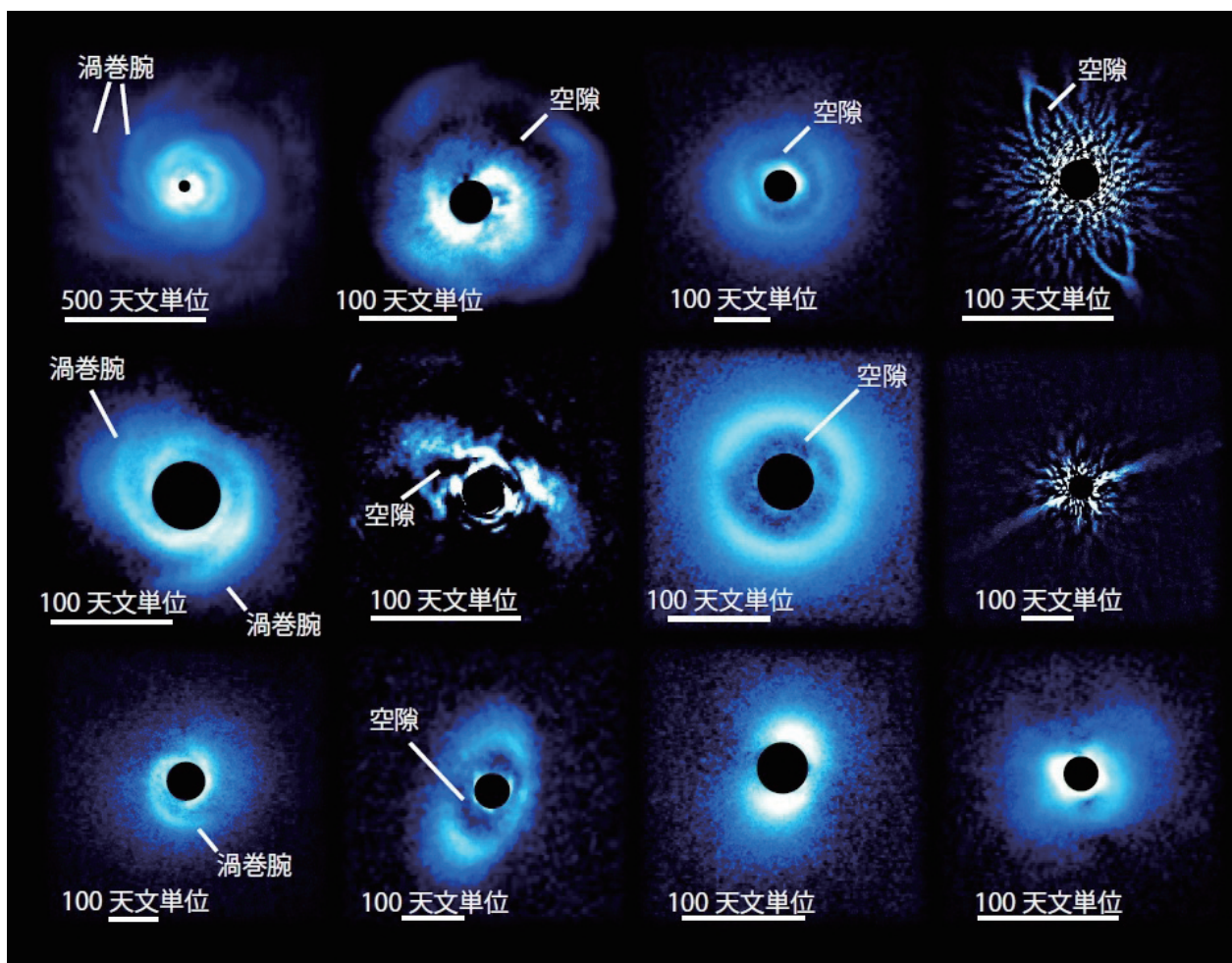


図2 SEEDSで検出された星周円盤のギャラリー。明るい主星（マスクで隠されている）からの光が星周円盤中のダストに散乱されて輝いている。多くの円盤のギャップ構造や渦巻腕構造が見られる。

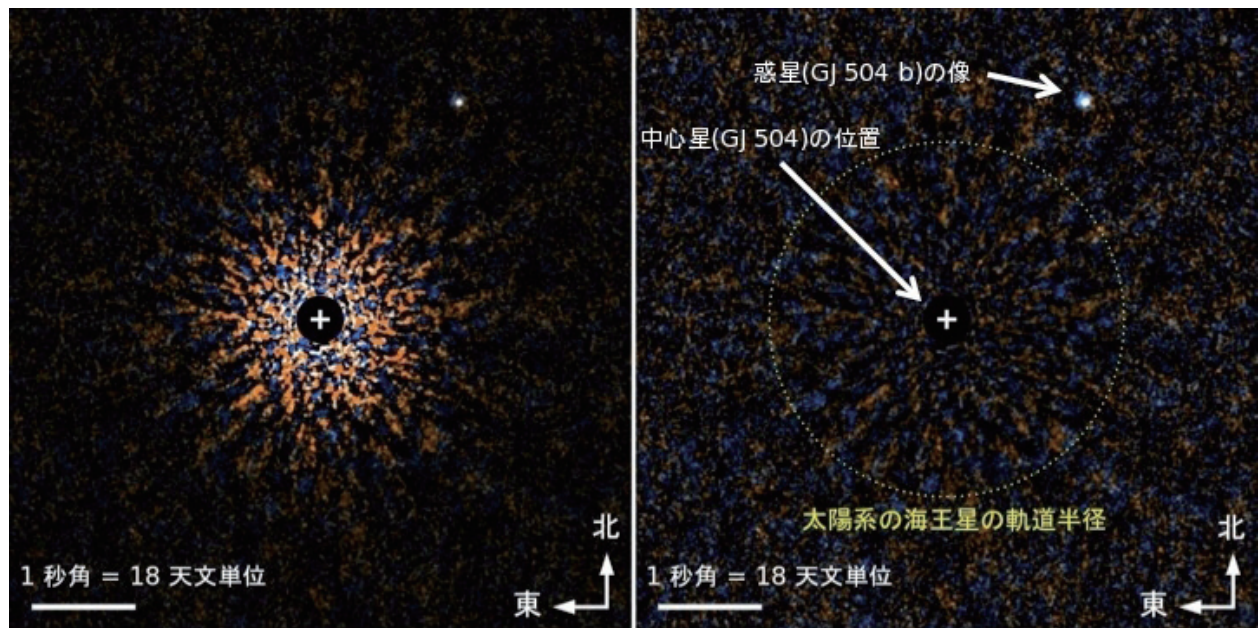


図3 GJ 504惑星系の直接撮像画像。左は画像解析後に得られた1.2と1.6マイクロメートルの二色合成図。右は、ノイズに対する信号強度を画素ごとにあらわしたものの。+印は中心星の位置を示している。

を持つ天体の光度の時間変化を理論的にモデル化したものです。中心星GJ 504の年齢は、太陽型恒星に対しての最適な推定手法を用いて、1〜2.3億年と分かっていますが、主星と惑星の年齢はほぼ同じだと考えられます。その年齢と天体光度を光度進化モデルと比較するのです。一般的な光度進化モデルを用いると、GJ 504 bの質量は木星の3〜5.5倍と推定されました。木星質量のおよそ14倍以上の天体は褐色矮星として惑星からは区別できませんが、この推定でもGJ 504bの質量は惑星と呼んで良いことは疑いありません。また、過去直接撮像された惑星の中で、GJ 504 bは最小質量の惑星である可能性があります。同様に、GJ 504 bの温度を推定すると約230°Cで、これまで直接撮像された系外惑星のなかで最も低温です。

GJ 504 bにはもう一つ大事な点があります。光度進化モデルには無視できない不定性があり、とりわけ若い恒星系ではその不定性が大きいことが知られているのです。これは、惑星誕生時の「温度」に依存するのですが、この依存性は年齢と共に少なくなり、1億年程度まで達するとほぼ差は無視できるようになります。実は、これまでに検出された惑星はどれもが5千万年よりも若い惑星でした。それらの惑星に、新しい光度進化モデルを適用した場合、質量推定結果は木星の数十倍ぐらいの大きな値になり、質量による分類上は全て褐色矮星になってしまうのです。いっぽう、GJ 504 bの年齢は1億年よりも大きいので、この質量推定の不確定さは過去に直接撮

像された系外惑星の場合に比べて非常に小さくなります。実際に先ほどの新しいモデルを適用しても、GJ 504 bだけは惑星と呼べる質量のままです。これは、GJ 504 bが系外惑星の直接撮像例として非常に信頼性の高いことを意味しています。

このようにGJ 504 bは興味深い特徴をもつ重要な系外惑星です。その温度や質量は、これまでで最も太陽系の木星に近いものです。また、主星が太陽型星である直接撮像された系外惑星として最も確実な例です。以上のことを考慮すると、GJ 504 bの直接撮像は「第二の木星」の直接撮像と言っても過言ではないでしょう。

## おわりに

今回紹介した2013年8月のプレスリリースは非常に反響が大きく、国内外の400以上のオンラインメディアで紹介されました。SEEDSの探査は現在も順調に継続中です。また、本プロジェクトに用いているHiCIAOカメラ★06は2009年以降ほぼトラブルなく観測を続けています。今後は、大気の揺らぎを補正する補償光学の性能もさらにアップし、惑星や円盤をさらに発見していくことに加えて、その探査結果をまとめた統計的な解釈も進むことが期待できます。これらの成果は、惑星や星周円盤の起源の理解に対して重要な糸口となるばかりでなく、第二の地球の直接撮像のような将来の挑戦的な課題のための重要な試金石になるはずです。

### ★ newscope

#### ハイチャオ ▶ 06 HiCIAO カメラ

主に系外惑星・円盤探査用に開発された新型コロナグラフ赤外線カメラ。2048×2048素子の赤外線素子、新型検出器読出装置、高コントラスト観測用のさまざまな観測モードを備える。



戸谷友則  
(東京大学)

# すばる望遠鏡Fast Soundプロジェクトが迫る宇宙の加速膨張の起源

FastSoundは「Subaru Strategic Program (すばる望遠鏡戦略枠)」の一つです。Subaru Strategic Programの詳細は9~11ページをご覧ください。

## はじめに

日本と英国の研究者を中心とする国際研究チームは、すばる望遠鏡を使った「戦略枠プログラム」の一環として、FastSound (ファストサウンド; FMOS Ankoku Sekai Tansa (暗黒世界探査) Subaru Observation Understanding Nature of Dark energy) という遠方銀河サーベイプロジェクトを進めています。その目的は、宇宙の大きさがまだ現在の半分以下という初期の宇宙で史上最大規模の三次元宇宙立体地図を作成し、その中の銀河の運動を精密に調べることで、現代宇宙論の最大の謎である「宇宙の加速膨張」の謎に迫ることです。今回はこのFastSoundプロジェクトを紹介させていただきます。

## 宇宙膨張が加速している!?

宇宙は約137億年前にビッグバン、つまり超高温・超高密度の火の玉として誕生し、現在に至るまで膨張を続けていることは広く知られています。近年この膨張が、理論の予想に反して加速している、つまり膨張の速度が時間とともに増大していることがわかり、大きな問題になっています。宇宙が膨張するという概念は、アインシュタインの一般相対性理論をきっかけに生まれました。一般相対論は重力の理論ですが、フリードマンがそれを宇宙全体に適用すると宇宙が膨張することがわかりました。面白いことに、アインシュタインはこの「宇宙が膨張する」という当時としては過激すぎる概念を受け入れることができず、自らつくったアインシュタイン方程式に「宇宙項」と呼ばれる項を新たに加えてなかば強引に静止宇宙を実現しようとしたほどでした。しかし、後にハッブルによって宇宙膨張が観測的に発見され、アインシュタインは宇宙項の導入を「我が生涯で最大の過ち」と語ったことは有名です。

その後、宇宙項は一度忘れられ、相対論に

基づくビッグバン宇宙論は大きな成功を収めました。宇宙項が無い場合、宇宙の膨張速度は時間とともに次第に小さくなる、すなわち減速します。これは宇宙を満たす物質の重力によるもので、ボールを空に向かって投げ上げると、その上向きのスピードが徐々に減少するのと同じです。ところが、近年の精密宇宙観測によって、現在の宇宙膨張は減速どころか逆に加速していることがわかってきました。面白いのは、この加速膨張はアインシュタインの宇宙項を再び導入することでよく説明されるということです。物理学的には、宇宙項は時空そのものに普遍的に付随する「真空のエネルギー」と解釈できます。現在の宇宙のエネルギー密度のうち、70%がこの宇宙項に起因するものと考え、現在の様々な宇宙論観測データはとてもよく説明できます。

しかし、それで満足するわけにはいきません。どうして真空のエネルギーが、現在の宇宙で他の物質に起因するエネルギーと同じ程度に存在するのか、全く説明ができないのです。宇宙項に起因するエネルギー密度は定義により宇宙のいつでもどこでも一定です。しかし、他の物質起源のエネルギー密度は宇宙膨張により時間とともに減少します。長い宇宙の歴史の中で、我々がたまたま、宇宙項と他の物質のエネルギーがほぼ同程度という特別な時代に住んでいることとなります。別にあり得ない話では無いのですが、確率的には非常に不思議、あるいは不自然ということになります。そのため、加速膨張の説明として宇宙項以外の様々な仮説が検討されています。宇宙項の延長として、未知のエネルギー形態を導入する仮説を総称して「ダークエネルギー」と呼んでいます。一



渦巻き銀河の渦状腕と、オーストラリアに生息するechidna (エキドナ) というハリモグラを組み合わせた意匠になっています。その理由はp08の図3をご覧ください。

## newscope

### 01 等方的

宇宙の基本的な性質として、一様・等方というものがあります。銀河や銀河団以上の大きなスケールでならしてみれば、宇宙はどの場所を見ても同じ(一様)で、またどの方向を見ても同じ(等方)ということですが、等方性は、宇宙マイクロ波背景放射などの観測から高い精度で実証されています。

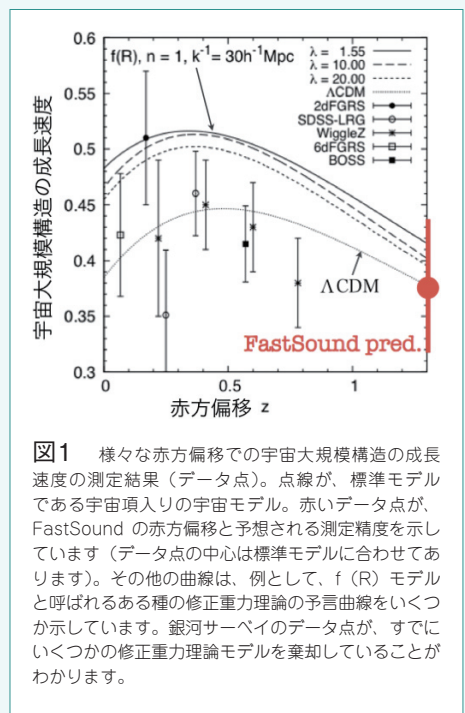


図1 様々な赤方偏移での宇宙大規模構造の成長速度の測定結果(データ点)。点線が、標準モデルである宇宙項入りの宇宙モデル。赤いデータ点が、FastSoundの赤方偏移と予想される測定精度を示しています(データ点の中心は標準モデルに合わせてあります)。その他の曲線は、例として、 $f(R)$ モデルと呼ばれるある種の修正重力理論の予想曲線をいくつか示しています。銀河サーベイのデータ点が、すでにいくつかの修正重力理論モデルを棄却していることがわかります。

方、そもその前提となっている一般相対性理論が、宇宙論的なスケールでは破れているのかも知れません。その観点から、加速膨張を説明できるように重力理論を修正する「修正重力理論」のシナリオもさかんに研究されています。いずれにせよ、現代宇宙論や基礎物理学の根底に関わる可能性を秘めた、極めて重大な問題なのです。

## 宇宙の三次元立体地図で加速膨張の謎に迫る

この難問に、理論的なアプローチだけでなく、様々な観測的なアプローチも行われています。その中でも注目されているのが、大規模な銀河の分光サーベイです。分光サーベイとは、ある領域の銀河を一つ一つ分光して、赤方偏移を測定していくことです。よく知られているように、分光された銀河のスペクトル中の原子スペクトル線のドップラー効果を見ることで、銀河の後退速度がわかります。宇宙の膨張のために、遠方の銀河ほど速い速度で遠ざかっていますから、銀河までの距離もわかります。天球面上の銀河の位置と合わせて、銀河分布の三次元地図が得られるというわけです。

実はこうした銀河の三次元地図から、宇宙の加速膨張の謎に迫ることができます。上述のように赤方偏移から銀河の後退速度がわかるわけですが、この後退速度は宇宙の一般的な膨張によるもののほかに、宇宙の大規模構造が重力によって成長していく中で銀河が得るランダムな速度（固有速度）も含まれます。この効果を見積りして一般的な宇宙膨張だけを考えた距離の見積りで三次元地図を作ると、真の地図からのゆがみが現れます。具体的には、本来、**等方的**★01であるべき銀河の**相関**★02の情報に、見かけ上の非等方性が現れます。このゆがみは、重力によって生み出された銀河の固有速度によるものですから、このゆがみから重力による宇宙大規模構造の成長速度を測定することができます。もし、重力理論が一般相対論からずれているために宇宙の加速膨張が観測されているなら、この成長速度も一般相対論に基づく理論予言とは異なってくるはずですが。つまり、銀河の三次元地図から宇宙論的スケールでの重力理論の検証ができるのです。

## FastSoundプロジェクトによる史上最遠方の重力理論検証

このような銀河分光サーベイによる一般相

対論の検証は、比較的近傍の宇宙では Sloan Digital Sky Survey (SDSS) などが有名です。近年では、より遠方（高赤方偏移）、すなわち初期の宇宙にまで三次元地図を延ばす試みが続けられていて、**赤方偏移**★03  $z=1$  付近までのデータが得られつつあります（図1）。

赤方偏移  $z < 1$  でのこれまでの銀河サーベイデータでは、一般相対性理論の予言からのずれはみつかっていません。しかしより高精度の測定や、あるいは  $z > 1$  まで観測を広げることで、一般相対論からのずれが見つかる可能性があります。我々が進めている FastSound は、すばる望遠鏡のファイバー多天体分光器 FMOS を用いて、 $z=1.2\sim 1.5$  という遠方領域の銀河三次元地図を作成し、宇宙の年齢がまだ 50 億年以下（現在は 137 億年）という時代で初めて重力理論の検証を行います。

FMOS は広視野を確保できる主焦点に観測装置を設置できるという、すばる望遠鏡の強みを生かしたファイバー多天体分光器です（図2、図3・08 ページ）。直径 30 分角の視野内に 400 本のファイバーがあり、400 近い天

### newscope

#### ▶ 02 相関

銀河の空間分布の性質を表す指標です。銀河は宇宙にランダムにばらまかれるのではなく、群がって存在します。ある銀河がある場所に存在したとき、その周囲で銀河の存在確率が上がりますが、それを定量化したもので、銀河分布から宇宙の大規模構造を研究するときの基本的な指標です。

#### ▶ 03 赤方偏移

天体からの波長が地球上でのものより長くなって見える現象で、波長が  $(1+z)$  倍に伸びて見える時の赤方偏移を  $z$  で表します。光の波長は宇宙の膨張に比例して伸びるので、赤方偏移  $z$  の天体は、宇宙の大きさが現在の  $1/(1+z)$  である時代のものということになります。

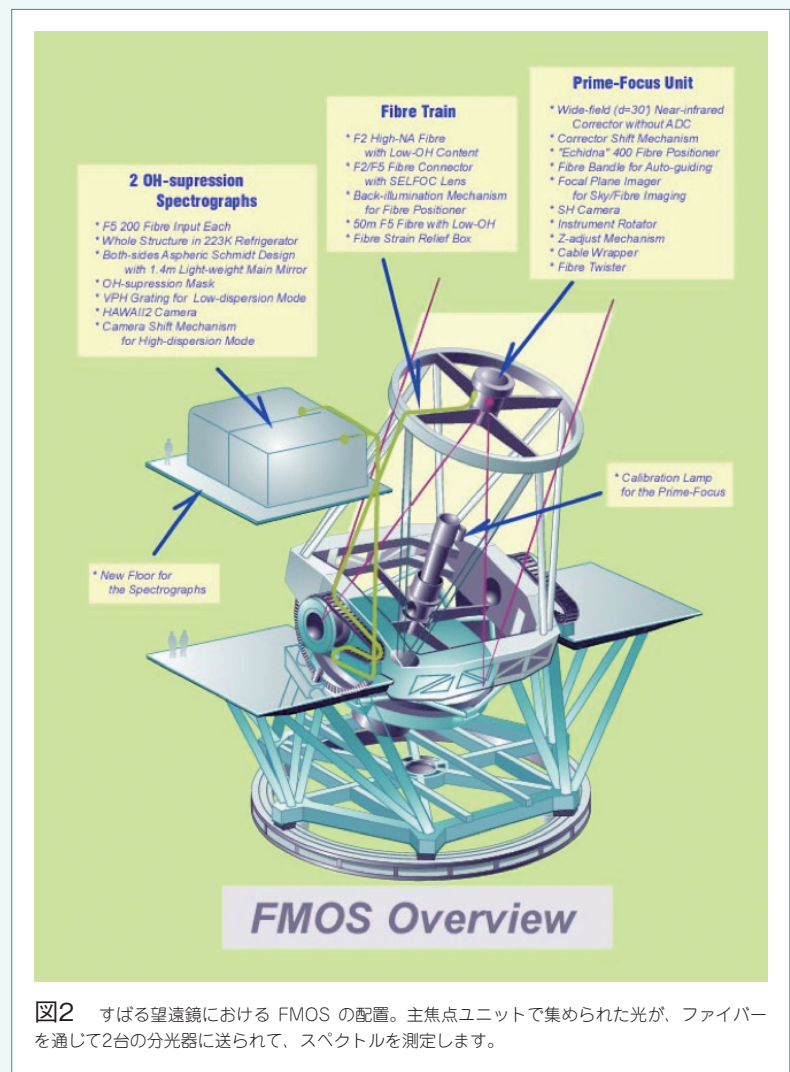


図2 すばる望遠鏡における FMOS の配置。主焦点ユニットで集められた光が、ファイバーを通じて2台の分光器に送られて、スペクトルを測定します。

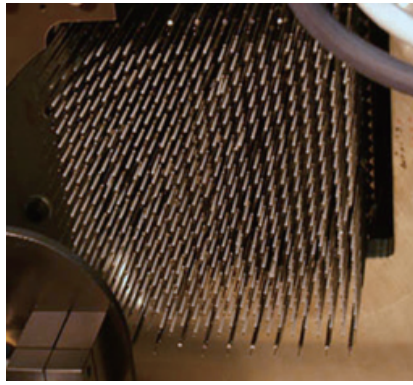


図3 FMOSの主焦点装置。針の先端のように見えるものが、400のファイバーの先端部分で、すばる望遠鏡の主焦点に集められた天体からの光はここからファイバーで分光器に導かれます。観測する400天体の座標をコンピュータに入力すると、それぞれのファイバー先端が電気的な仕組みで天体の位置に移動するようになっています。この部分はオーストラリアで開発されたもので、オーストラリアの動物「エキドナ」（はりもぐら）に似ているため、エキドナと呼ばれます。

体を同時に分光することができます。さらに、可視光ではなく近赤外波長域である点も特徴

で、このような装置は世界でも他に類を見ません。FastSoundはFMOSを用いて、約30平方度（満月およそ150個分ほど）の領域において、100億光年以上彼方にある約5000個の銀河までの距離を測定し、この時代で観測史上最大の太古の宇宙の立体地図を描き出す計画です。

FastSoundは2012年春に開始され、現在も観測を続けています。今回、全体の4分の1程度の領域で観測された1100個あまりの銀河による三次元地図が完成し、一般に公開されました（図4）。天球面方向に6億光年四方、奥行き方向に20億光年に渡る領域で描き出された90億年前の宇宙の大規模構造は、現在と比べるとまだそれほど発達していませんが、現在の宇宙につながる原始の構造と言えます。FastSoundの観測は2013年中にほぼ終了し、いよいよ銀河の運動を分析して、アインシュタインの一般相対性理論が果たして90億年前の宇宙でも正しいのか、検証が行われる予定です（図1）。ご期待ください。

## ★ newscope

### ▶ 04 共動距離

宇宙が膨張しているために、宇宙論ではいくつかの距離の定義があります。光速は常に一定であり、その場で光が伝播してきた距離を合計したものは、光路距離と呼ばれます（観測している天体の時代から現在までの時間に光速をかけたものです）。一方、光が昔に伝播した距離は、宇宙膨張のために現在はより大きくなっています。この効果を考え、現在の宇宙空間の中で幾何学的な距離を計算したのが共動距離で、光路距離より大きくなります。今回の三次元地図はこの共動距離で描かれています。

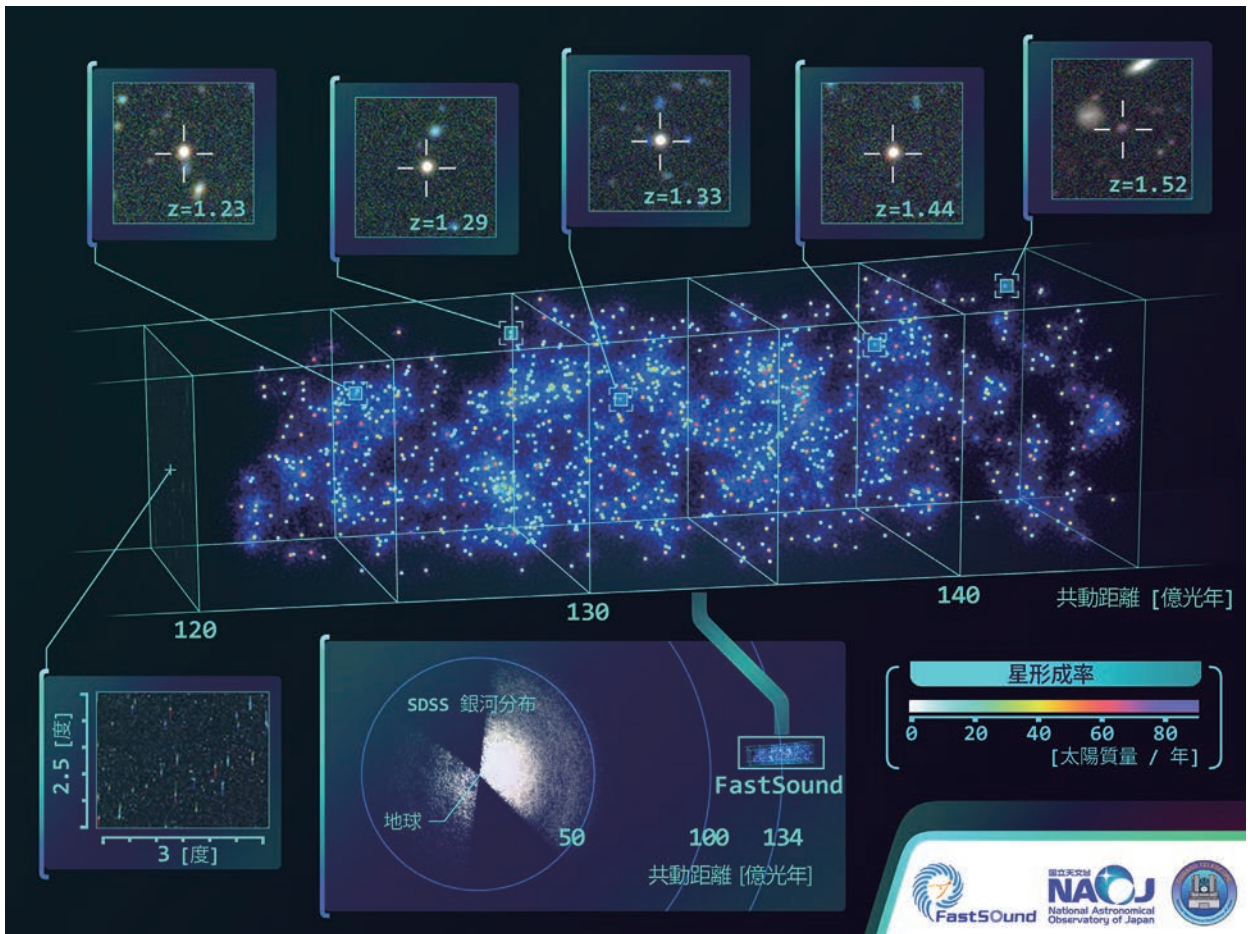


図4 FastSoundによって得られた、宇宙誕生後47億年の時代の宇宙大規模構造。天球面上で2.5度×3度、地球からの共動距離★04で120～145億光年（光路距離で80～96億光年）の領域が表示されています。銀河の色は星形成率（年間あたり、何太陽質量分の星が新たに生成されているか）を示しています。また、銀河の数密度に対応して、背景を青く色づけています。もしダー

クマター（暗黒物質）が見えれば、このように見えることでしょう。上部に例示されているのは五つの銀河の画像と赤方偏移（ $z$ ）です。下部に示した地球やSDSS銀河マップとの位置関係をみると、FastSoundが非常に遠方、すなわち昔の時代の宇宙三次元地図を描き出したことが分かります。





# すばる望遠鏡の運用と戦略枠

研究トピックス01、02は「すばる戦略枠」による観測プロジェクトです。「すばる戦略枠」とは、すばる望遠鏡のマシナタイムが優先的に与えられる観測プログラムのことで、「歴史的サーベイ観測」や「重要で明確な目的をもつ系統的観測」が公募によって採択されます。ここでは、通常のすばる望遠鏡の観測運用のようすとともに戦略枠誕生の経緯をたどってみましょう。

すばるドームのスリットが開き、今宵の観測が開始される。

## I . すばる望遠鏡の観測時間を獲得せよ！

藤原英明 (ハワイ観測所)

すばる望遠鏡が撮像した美しい天体写真や研究の成果はよく知られていますが、研究者たちが、実際にどのようにすばる望遠鏡を用いて観測しているのかは、あまり知られていません。すばる望遠鏡の「使われ方」とともに、その観測風景をスケッチしてみましょう。



### ●戦いはプロポーザルから

「使用料はおいくらですか?」「観測予約はいつから出来ますか?」…。すばる望遠鏡について一般の方から時折寄せられる質問です。残念ながら趣味・娯楽のための観測には公開されていませんが、天文学研究の目的であれば、日本全国、いや世界中の研究者はみな使う事ができるチャンスが与えられています。しかも使用料はタダ…。ただし、すばる望遠鏡で観測を行うためには、観測時間を競争的に獲得する必要があります。そしてその「戦い」は、通常1年以上前から始まっています。

すばる望遠鏡では年に二度、だいたい3月と9月頃に、すばる望遠鏡を使った観測提案書「プロポーザル」(「ザル」なんて呼ぶ人もいます)を受け付ける機会が設けられます。それまで頭の中で温めてきた野望(?)を、10ページ弱の書類として形にしていきます。締め切り直前の数日間などは、ドタバタの時間を過ごす人もいることでしょう(私です)。

プロポーザルには、観測計画の概要、チーム編成とその実績、観測天体や使用する観測装置・モードの情報、そして必要な観測時間の見積もりなどを簡潔にまとめる必要があります。さらに大事だと思われるのが“Scientific Justification”というパートです。その観測計画の科学的裏打ち、とでもいいたいでしょうか。2ページという限られたスペースに、この観測提案がいかにか大事か、なぜこの観測が実行されるべきか、などについて、提案者が想いの丈をぶつけます。

最近1度(半年分)の募集でだいたい140~160本前後のプロポーザルが提出されます。1本のプロポーザルには通常5人ほどのレビュアー(審査員)がつき、審査が行わ

れます。レビュアーは日本人に限らず、各分野に明るいと思われる研究者にハワイ観測所長名で依頼が行くようです。レビュアーの仕事は完全なるボランティア。1人のレビュアーは、分野が近いプロポーザルを10本前後、数週間うちに審査します。公平を期すために、自分が参加するチームのプロポーザルの審査はもちろんしません。

審査のポイントは主に4つ。

- ①科学的重要性やオリジナリティ
- ②"Scientific Justification"の明解さ
- ③ゴールに向けての実現可能性
- ④すばる望遠鏡の性能を上手に活かせるか

これらの観点を中心に、レビュアーは審査対象のプロポーザルに点数と順位をつけていきます。同時に、期待できる点や懸念される点などを具体的に記したコメントも、各プロポーザルにつけられます。

### ●プロポーザルの採択

どのプロポーザルを採択するか、最終決定をするのは、Time Allocation

Committee (TAC: 観測時間割り当て委員会)と呼ばれる組織です。10名ほどの研究者で構成されたこの委員会が、レビュアーから寄せられた点数やコメントなど



プロポーザル見本の写真

をもとに、採択プロポーザルとそれぞれに割り当てる夜数を決定するのです。最近では40～50前後の提案が採択されるようで、競争率は3～4倍と言ったところでしょう。つまり提出されたプロポーザルの大部分は不採択になる、なかなかシビアな競争です。一方で、一般のプロポーザル枠で採択された提案には、最大で数夜程度の観測時間が割り当てられることになります。

採択プロポーザルが決まれば、ハワイ観測所が半年分の観測スケジュールを作ります。これがまた大変な作業。天体が観測できる時期や月との離角、月齢、使用する観測装置などを考慮して、科学運用担当がパズルを組み立てていきます。すばる望遠鏡に搭載する観測装置を交換する頻度にも制限があるので、いつどの観測装置を搭載するかも含めて、バランスよく慎重に考えていく必要があります。

採択・不採択に関わらず、各プロポーザルの提案者には、レビューアがつけた評価やコメント、そしてTACからのアドバイスなどが開示されます。残念ながら不採択となったプロポーザルは、この評価やコメントなどを参考にして、また次の機会にチャレンジ。めでたく採択されたプロポーザルのチームは、ハワイ観測所のサポートアストロノマー（最大限の成果が得られるように科学的観点からお手伝いをする天文学者）と密に連絡を取りながら準備をし、いよいよ観測に臨むのです。

### ●いざ観測！

観測者は観測の際、必ずハワイまで来なければなりません。ハワイと言えば…青い海に白い砂浜…。日本からの最初の到着地であるホノルル空港では、そんなウキウキ気分の観光客を横目に、ハワイ島ヒロ行きの飛行機に乗り換えます。さらにヒロに到着後は観測所が用意した車でそのままマウナケア中腹にある中間宿泊施設「ハレポハク」に連れて行かれます。すでに標高2700メートル、スーツケースを部屋に運ぶだけで息が切れます。すばる望遠鏡があるマウナケア山頂はさらに高い標高4200メートル。観測中に高山病にならないように、観測者はハレポハクで1泊して体を慣らします。同時に翌日の観測に向けて体を夜型にする訳ですが、もともと日本とハワイとの時差がマイナス19時間なので、もはや自分がどの時間で生きているのか、訳が分からなくなります。

いよいよ観測当日。ハレポハクの食堂でボリューム満点の夕食をとり、サポートアストロノマー、そして望遠鏡の操作を担当するオペレーターとともに山頂に向かいます。青い空に白い雲海。まさに観測天文学の「聖地」です。マウナケア山頂は、サンセット鑑賞を目玉とした観光スポットとしても有名ですが、観測者はのんびり夕日を眺める暇もなく、準備に取りかかります。事前に準備してきた命令ファイルに誤りがないか、雲の動きはどうか、観測中のチームの役割分担は



観測風景

ちゃんとしてい

るか。そして日が落ち、空が暗くなると観測開始！観測者、オペレーター、サポートアストロノマーの三人四脚で、観測天体に望遠鏡を向けます。

### ●てるてる坊主と次なる長い戦いの始まり

何事もなければお菓子でもつまみながら計画通り淡々と観測を進めればいいのですが、まあ大抵何かあります。撮影してみたら予想より暗かったぞ、とか、湿度が上がったので一旦ドームを閉めまーす、とか…。そんなときこそ観測者の腕の見せ所。その場の状況や観測の優先順位、さらには観測終了までの残り時間を考え、次に何をすべきか、随時判断していきます。これぞ観測の醍醐味でしょう。が、気圧が平地の6割しかなく、脳ミソに十分な酸素が行かないマウナケア山頂では、なかなかキツイ。夜が明ける頃にはもうヘトヘトです。

無事に観測を終えたチームは、取れたデータを手に、清々しい気持ちでそれぞれの

研究機関に帰っていきます。帰りもちろんホノルル空港で乗り換えてヒロから直帰。ワイキキビーチはお預けです。そして世界中で自分たちしか持っていない貴重なデータをどう料理し、論文にまとめるのか、次の長い戦いが始まるのです。

年間300夜は十分な観測ができると言われているマウナケア山頂ですが、もちろん曇るときは曇ります。例えば先日の私の観測では、10月上旬なのに雪が舞い、それはもう散々な結果でした…何がいけなかったのかな…。採択されたのに割り当てられた日が悪天候で観測できなかった提案はどうなるのか？残念ながら特段の救済措置はありません。結局は自身の日頃の行いを悔やみ、そして再びプロポーザルを提出し、審査を経て観測時間を勝ち取らなくてはなりません。自分が欲しいデータを手にするまでの戦いは、まだまだ続くのです。



観測所のてるてる坊主の群れ。「晴れろ～！」



連夜の観測で疲れ果てたハワイ観測所長の有本さん。



## II. すばる戦略枠 “Subaru Strategic Program” の誕生

有本信雄 (ハワイ観測所)

一般のプロポーザル枠とは別に設けられたのが「すばる戦略枠」です。ユニークな観測装置を用いた長期にわたる系統的な観測を行うことで、すばる望遠鏡の成果をより強く発信し、当該分野でサイエンスのリーダーシップを確立することを目的とした戦略枠、その誕生の経緯を紹介します。



### ●モアクスの涙

すばる望遠鏡に Multi-Object Infrared Camera and Spectrograph (近赤外多天体撮像分光器) という装置がある。通称、MOIRCS、これをどう読むか。フランス語っぽから「モアクス」がいいと誰かが言い出して、そのまま、「モアクス」となった。ヨーロッパにはこの呼び方がけしからんといって、「モイクス」と発音する著名な天文学者もいる。親日派であるだけに、扱いが難しい。私は単に「モアクス」とイースター島の「モアイ」が似ているからというだけでそう口走ったのだが。

MOIRCS は東北大学の市川 隆氏を中心になって大学院生とともに開発した装置である。すばるの開発装置には GT (Guaranteed Time) 観測が 20 夜認められている。GT とは、開発チームに優先的に配分される観測時間である。『チロリン村騒動』は MOIRCS チームが GT50 夜を要求したところから始まった。MOIRCS は近赤外における広視野・高感度を誇り、どの 8~10m 級望遠鏡にもないユニークな性能を持っている。この優位性が続くうちに、世界に先駆けてよい成果を出したい、それには 50 夜が必要だというのがその言い分であった。

これを受け、すばる小委員会(筆者は当時委員長)では、MOIRCS チームにヒアリングを行い、様々な観点から検討し、光赤天連にも情報を流し、すばる小委員会シンポジウムを開催し、幅広く議論を積み重ねた。論点は、提案の科学的価値、国際的な研究の流れの中での位置づけ、性能評価、共同利用との関係、観測所との関係、観測装置のプロモーション、レビュープロセスなど、多岐に渡った。

すばる小委員会は、全日本(オールジャパン)体制の MOIRCS 拡大チームを結成して、サイエンスアウトプットの最大化をはかることができれば、コミュニティの理解を得られるのではないかと。また、それによって、すばるによる戦略的な装置運用という新しい道が開けると考え、拡大 MOIRCS チームの結成を提案した。

MOIRCS チームからは国内の研究者から募った一部メンバーを加えた体制で実行したいと、すばる小委員会シンポジウム説明があったが、残念ながら、まだ日本のすばるコミュニティ全体を巻き込んだ計画とは言えないというのがコミュニティの反応であった。

また、科学的な内容や国際的な位置付け等に関しては、撮像観測には高い評価があったものの、分光観測についてはいまひとつ説得力に欠け、重要性があるとは認識されなかった。

これを受けてすばる小委員会は、「撮像については GT (20 +  $\alpha$ ) 夜とし、天候等を考慮して計画の完遂まで 10 夜程度のバッファ夜を認める。分光観測はインテンシブに提案することを推奨する」と提案した。その後、MOIRCS チームからは、この提案には合意できないという回答があり、MOIRCS GT は 20 夜となり、チームの夢は涙の泡に浮かんで消えた。

### ●すばる戦略枠の誕生

この MOIRCS チームが引き起こした「チロリン村騒動」はすばる小委員会にも苦い思いを残した。すばるによる戦略的な装置の運用、第 2 期観測装置の GT、装置開発の今後の進め方、とりわけ、すばるの戦略的な装置の運用という観点からは、装置開発グループに閉じない全日本的なコミュニティによる推進が必須であるとの反省があり、これがすばる小委員会からの、すばるの運用形態の新しい型として、すばる戦略枠 (Subaru Extensive (or Large) Survey Programs、仮称) というカテゴリをつくり、2~3 年、30~50 夜くらいの単位で観測時間を重点的に配分するという提案となったのである。

すばる戦略枠は共同利用公募の枠を越えて課題を随時募集するもので、観測夜数に制限をつけないというはなはだ「非日本的」な提案であった。その主旨は、「多数の課題の中の競争」というよりも、「その課題を、この時期に、このチームでやるべきかどうか」という観点を重視するというものであった。すばるとしては画期的な決断である(自画自賛)。これがすばるにとってサーベイ型の望遠鏡として生き残るという一つの道を拓いた。

すばる戦略枠はこれまでに三度公募され、SEEDS (120 夜、HiCIAO:3 ページ研究トピックス参照)、FastSound (40 夜、FMOS:6 ページ研究トピックス参照)、HSC 戦略枠 (300 夜: 国立天文台ニュース 11 月号特集記事参照) が採択されている。今後、PFS や ULTIMATE-SUBARU が戦略枠の対象となるであろう。すばるの時間を 1 夜でも 2 夜でもと、研究者は鎬を削っている。その中であって、戦略枠はすばるの時間を優先的に使用することが認められる。いわば特権である。戦略枠の恩恵に預かった学生や研究者は、潤沢な観測時間を享受できるのは MOIRCS チームが流した涙のおかげであることを忘れないで欲しい。

すばる戦略枠の正式名称は Subaru Strategic Program となった。



# 夜と昼、暗と明の接点 ～7回目のすばる望遠鏡主鏡メッキ作業～

準備万端。主鏡のメッキ作業がいよいよ始まる。



林 左絵子  
(ハワイ観測所)

● 2013年夏、ハワイ観測所で第7回目のすばる望遠鏡主鏡メッキ作業<sup>\*01</sup> (再メッキとしては6回目) が行われました。一連の作業は、機械班、洗浄班、蒸発班 (人が蒸発するものではありません、メッキのためにアルミニウムを真空蒸着装置の中で蒸発させるのです) に分かれて行います。機械班の一部は、2200トンの重さを支えてドームを回転させるモーターや車輪の作業も行います。「手を伸ばせば触れそうな距離のところを、お化粧直しが終わったばかりの鏡が通って行ったとき

には、もうとても感動しました。「今まで、夜の観測のために何度もマウナケアに来ましたが、昼間のしかもこんなレアな作業 (3年に一度) を目撃できたなんて、すごいことです」。2013年9月11日の「釜出し」作業を目撃した新任職員が興奮しながら感想を述べました。

では、メッキのようすを作業手順に沿って紹介します。なお、前回のメッキ作業のようすは国立天文台ニュース2011年1月号 (No.210) でお読みいただけますので、合わせてご覧ください。

## ● Step01 カセグレン焦点部の各種装置の取り外し

2013年7月29日払暁、望遠鏡大作業直前の最終観測終了、望遠鏡を待機位置つまり水平方向は東向き、高度角は天頂に向ける。高度角固定用のロックピンを入れるモーターのキュルキュルという動作音が聞こえる。550トンの望遠鏡の駆動にはリニアモーターを使うので無音なのに、このように小さな物を動かすときには普通のモーターなので、その音がやけに大きいように感じられる。9月中旬までの観測休止期間、望遠鏡は直立不動の姿勢を保つ。ふだんは昼間に主鏡や望遠鏡を冷やす冷房を、今日からはオンにしない。夜の観測チームが下山するのとはすれ違いに、日本からの増援も含む昼の作業チームの車が次々に駐車場に入った。

さっそくカセグレン焦点に取り付けられていた観測装置COMICSを、専用のロボット自走台車を使って外し、待機室に搬送する。検出器を絶対温度12度に保つべく2つの冷却システムが常に動いているため、その動作音のありかにより、COMICSがどこにいるかが分かる。望遠鏡から遠ざかっていくと、次の工程のための台車がやってくる。カセグレン焦点に何層にもわたって取り付けられている様々な周辺機器を、1層1層慎重に外して行く。製作者のお名前がニック



図02 AO層とケーブル巻き取り層のようす。まず、第1世代の補償光学装置(AO)が付いていた層を取り外してカートに載せようとしているところ。



図01 朝礼。各グループの作業スケジュールを確認し、安全な作業を誓う。



図03 ケーブル巻き取り層 (電力、光ファイバー、イーサネット、冷媒配管などを望遠鏡から観測装置に受け渡すための巻き取り部分) のようす。



図04 はずしたケーブルの取り回し。ケーブルの取り回しは、かなり力のある手作業中だ。



図05 ケーブルラップ層を台車で受け取って取り外し完了。カセグレン装置・周辺機器がすべて取り除かれて、むき出しの主鏡セルの裏面が現れた。

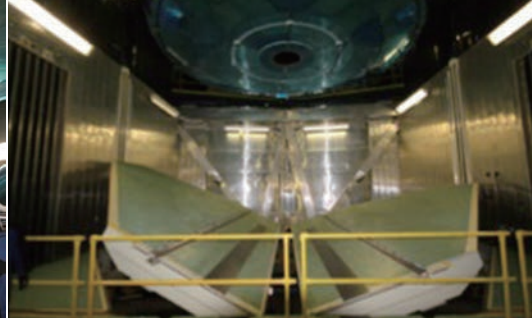


図06 床ハッチの開き方。8角形のハッチが中央から分かれ、左右のハッチがそれぞれ壁のウォームギアをよじ登るような形で引き上げられていく。

ネームになっているTタンク台車や、巻き取り装置を外すためのスタンドなど随所に工夫がこらされた道具が出動している。かつて36素子補償光学装置があったところは、今は重りになっているので、塊としては小さくなった。その重りを、自分の足に落つことさないよう気をつけながら外してい

く。最後にたくさんのケーブルを通してあった巻き取り装置を外す。ケーブルの方は望遠鏡側に残るので、あとの作業の妨げとならないよう、まとめておく。主鏡セル周辺のアクセスは床上10メートルにも達するので、高所作業車が2台動き回っている(図01～05)。

## ● Step02 主鏡と主鏡セルの取り外し



図07 台車を1階から望遠鏡階(カセグレン床)に吊り上げるところ。1階天井付近を上昇中。車輪がレールに沿って平行、望遠鏡ピア(右側)に対しても平行。

おっ、天井クレーンが動き始めた。望遠鏡後方部の床ハッチも開き始める(図06)。八角形が2分割になっている開口部を、壁側で吊り上げる形で開けていく。その下のドーム1階では、望遠鏡から主鏡プラス主鏡セルを外すための主鏡台車が待機している。ハッチが上がると逆に、天井クレーンからのワイアがするすると下に伸びていく。主鏡台車を吊り上げるためだ。このような機械類の試運転は何か月も前から行われているので、ゆっくりだが着実に作業が進んでいく。望遠鏡床(カセグレン階とも)に上がってきた主鏡台車は、途中で車輪の向きが90度回っている。階下ではドーム円周に添って動くが、階上ではそれと直角方向に動いて、望遠鏡下に潜り込むためだ(図07・08)。望遠鏡下で台車停止、所定の高さまでジャッキアップ。ぐるりを取り巻いていたスタッフがさっそく、順序にはしごで台車の作業デッキに上がり、持ち場に付く。望遠鏡本体から主鏡セルを外す大事な作業が始まった。ゆっくり急いで慎重に、とは何かの映画のせりふであったような。



図09 黄色い主鏡台車が主鏡セル下部に向かって上昇中。主鏡+主鏡セルからなる主鏡部を受け止める。

主鏡セルを望遠鏡に取り付けていたボルトは、均一な力がかかるようトルク管理がされている。このため一度使って外したものは、そこでご苦労様となる。新しいボルトは、既に別のテーブルの上で待機している。よし、ボルトは全て外された(2ページ参照)。主鏡と主鏡セルを載せた台車が下がる前に、作業者は望遠鏡床に退避。台車がゆっくり下がり始める。何しろ合計77トン



図08 クレーンに吊られた台車を引き続き床上10mぐらいいまで上げ、ハッチを閉める。ハッチが閉まったら、その上に台車を下ろす。車輪が90度回転して、望遠鏡に対して直交となる。

の、しかも望遠鏡の主鏡という大事な物を載せているのだから、昇降ジャッキの操作をする職員の慎重さがそのまま台車の動きにも反映されているかのようだ(図09・10)。

台車の降下が止まる。定位置まで下がったことを確認。次いで、望遠鏡下からハッチ上まで走行。3本腕の吊り上げ治具は、既に天井クレーンで吊り上げられて待機している。ゆっくり台車とその下に滑り込む。クレーン降下。吊り上げ治具が主鏡セルに接触しはじめると、いよいよゆっくりした動きになる。持ち場にいた職員が3か所の取り付け場所でそれぞれ治具の先端の位置合わせを確認。大きなボルトを締める。3年間使い込まれた主鏡面には、様々なしみや汚れが付いていた。よし、きれいにするぞ。

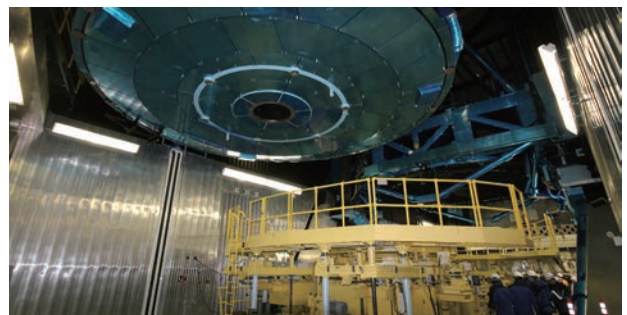


図10 手前にはクレーンで吊り上げられた主鏡部。黄色い主鏡台車が望遠鏡の下に退避しようとしている。このあと床ハッチを開けて、主鏡部はドーム1階に下ろされる。

## ● Step03 主鏡と主鏡セルの移動とすばる本体の整備

この貴重な重い荷物をクレーンに取り付けた後は、1時間半のクレーン操作となる。主鏡プラス主鏡セルを床上（10メートルほどのところ）に吊り上げ、ハッチを開ける。ハッチ周りには、あやまって人が近づかないよう注意のテープが張り巡らされた。いよいよ主鏡降下開始。ゆっくりゆっくりドーム1階に下りていく。台車から吊り上げた際にわずかに回転方向のねじれがあったのか、少し揺れがあるようだ。ガラスと金属がともに下りて行くので、急な衝撃を与えないよう、オペレータは辛抱強く、操作を行っている。望遠鏡下から天井を見上げると、ふだんは主鏡に遮られている視界がすっかり開けていた。

階下のドーム1階では、宇宙船のような主鏡セル裏側（下側）が見え始めた。青い宇宙船だ。望遠鏡は宇宙からの光を集めることで、宇宙の様子を知る、いわば探検船みたいなものだ。いよいよドーム1階で、主鏡+主鏡セルがセル台車というまた別の専用台車におさまった。そのあと階上に戻った天井クレーンのワイアがすっかり巻き上がり、床ハッチも

閉まると、階下での大がかりな活動が展開される。一方階上では主鏡があるときにはできないような作業が続く。モーター、ノズル、ケーブル、バルブ、そんな言葉が英語と日本語で飛び交っている。部品交換の量は、とても計り知れない（図11）。重機によく用いられ、厳しい環境でも潤滑を失わないモリブデンのグリースが使われているので、作業終了時には作業着のあちこちに紫がかかった茶色のしみが付いている。



図11 交換部品の数々。作業の順に、取り上げやすい向きで…周到な準備中の職員。

## ● Step04 洗浄作業

2010年8月の再メッキ作業以来、すばる望遠鏡の主鏡表面のアルミニウムの再メッキは3年ぶりとなる。2011年7月に主焦点部から滴り落ちた冷却液は、主鏡にもかかったものの、水洗いでその大部分を取り除くことにより運用を続けて来た。晴れたら毎晩、ドームシャッターを開けて望遠鏡を外気にさらすので、ドーム周辺の地面から舞い上がった火山灰の細かな埃が降り積もる。また突然おそってくる雲のために、そうした埃がアルミ面にしっかりとこびりついてしまい、定期的に行っているドライアイスによる鏡面クリーニングでも取り除くことができなくなっていく。このため3年も経つと反射率は10パーセントほど低下し、汚れがはっきりわかるようになってきていた。

お化粧直しの極意は、下地をきれいにすることとされている。洗浄班のリーダー湯谷さんは、岡山天体物理観測所の望遠鏡に始まり、すばる望遠鏡の主鏡や副鏡・第三鏡といった望遠鏡光学系コーティングでもずっと洗浄工程をリードしてきた。大きな鏡を限られた時間内で手際よく洗浄する方法を確立するまでは、ハワイで畳よりも大きな面積の板ガラスを買ってきて、ブラシ類のテストなどを繰り返していた。「油污れを除くための洗剤の場合、家庭で使われる衣料洗剤には、白物をきれいにさせるためにリンが含まれていることがあるので、注意が必要でした。現在は光学素子用のものを見つけましたが、以前は馬のシャンプーを試みたこともあります」。どちらの洗剤も、リンを含まないことが大事なポイントなのだ。そうした実験・経験を踏まえて、湯谷さんはスタッフたちにていねいな指導をしていた（図12・13）。

ガラス鏡材の直径が8.3メートルもある、すばる望遠鏡の主鏡。3年来の汚れと古いメッキを落とし、ガラス面になる。この時にしかできないガラス面の検査に1日かける（図14・15）。そのあと純水、温かい純水でていねいに洗い上げ、主鏡は洗浄班から蒸発班に渡る。



図12 主鏡の油污れ除去には、洗剤（白いボトル）をオレンジ色のタンクに入れ、鏡面に流す。左端に写っている巨大な耳かきのような棒は、主鏡のくぼみにたまったゴミや洗剤を掻き取る秘密兵器。



図13 洗浄班のリーダー湯谷さんが、手順を説明。水道水による予洗に始まり、塩酸溶液によるアルミニウムの溶解、純水および温純水による洗い上げ、そして窒素ガスによる乾燥と続く。途中に鏡面検査が入るため、純水洗浄が繰り返される。



図14 鏡面の瑕疵とは、たとえばこういうものを見つけるのです。物差し之最小目盛りは1ミリメートル。

図15 8人が載っても、たわむことのない22トン主鏡。検査班は2人1組で鏡面の4分の1を担当。古傷が進行していないかの確認とともに、新しい傷が生じていないか、文字通り目を皿のようにして……。





図16 洗浄装置と蒸着装置の貴重なツーショット。ふだんはこの画面の左側に見える台車が、右側の蒸着装置手前であって視界を遮るため、2つの大型装置をいっぺんに見渡すことが難しい。

## ● Step05 蒸着作業

いよいよ大型真空蒸着装置<sup>★02</sup>に入れ、その中でアルミニウムを蒸発させて、ぴかぴかの反射面を作り出す工程に入るのだ(図16～20)。タングステンのフィラメントからアルミがなくなったことは電流値のモニターからわかるものの、実際にどんな反射面になったかということは、釜出しまでわからない。どきどきしながら見守るスタッフの前に、天井をきれいに映し出しながら主鏡が出てくると、スタッフがすばやく鏡面に視線を走らせる。足跡や指紋、ポストイットの痕など見あたらない。良かった(図21・22)。



図17 主鏡ハンドリング装置の上部から蒸着装置全体を撮影。「頼むぞ蒸着装置、反射面をよろしく」。

図18 蒸着装置内部の清掃中。きれいな鏡面は、きれいな蒸着装置から。



図19 蒸着装置台車には、主鏡が載る際のスプリングサポートが林立。上部に見えるのは、フィラメントからアルミニウムが蒸発してくるための穴、そしてグロー放電のためのバー。



図20 アルミニウムをあらかじめ溶かし付けたフィラメントを、蒸着装置上部に取り付け作業中。

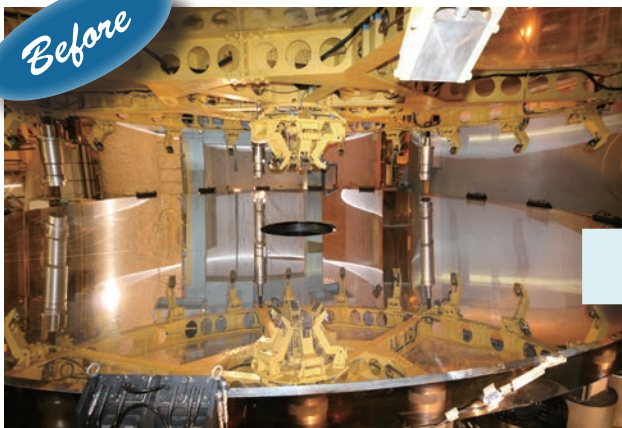
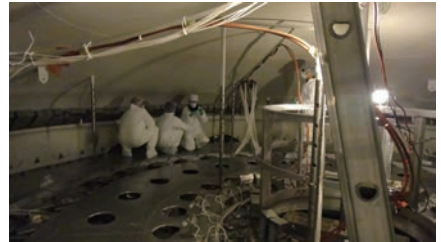


図21 お化粧直し前の主鏡。古いメッキの鏡面は白っぽくなっている。

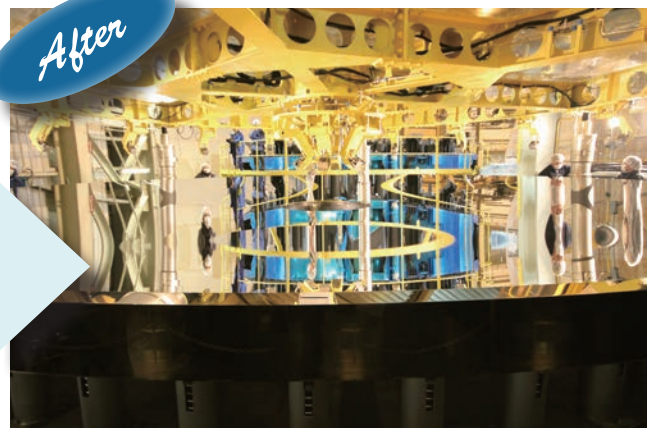


図22 お化粧直し後の新しいメッキの鏡面は、見事にピカピカ。

### ★用語

#### 01・メッキ、コーティング

★金属反射面を形成するためには、原理的には、材料物質を塗布する、液体中または気相中で被膜を形成するなど様々な方法がある。現在、天文観測用の大型反射鏡のコーティングに実際に使われている方式としては、材料物質をイオンビームまたは高速の粒子でたたいて飛び出させるスパッター法と真空蒸着法の2つが代表的なものである。すばる望遠鏡の設計段階でも複数の方法が試みられたが、当時の理解として広い面積に均一な被膜を形成するためには真空蒸着法の方がやりやすいということでこちらが採用されたものようである。いずれの方法でも空気中の不純物を被膜

#### 02・真空蒸着

★フィラメントの抵抗加熱により、そこに予め溶かし付けておいたアルミニウムを蒸発させる。より小型の鏡の場合にはフィラメントにアルミニウム素線の細片を載せ、その場で加熱溶解させてからさらに加熱して蒸発さ

に取り込むことがないよう、コーティング過程では雰囲気は真空にする。真空蒸着法では、るつぼに材料物質を入れてそれを加熱し蒸発させるものと、融点の高いタングステンやタンタルのような物質でフィラメントを作り、そこに材料物質を載せて、抵抗加熱により蒸発させる方法などがある。米国アリゾナ州にある巨大双眼望遠鏡はるつぼ方式、すばる望遠鏡はフィラメント方式、そしてジェミニ望遠鏡や欧州南天文台のVLTはスパッター方式である。

れる。すばる望遠鏡の場合、大量の細片を短時間にフィラメントに載せることはできないため、蒸発班リーダーの倉上富夫さんを中心に長年かけて「波形クリップ」法が確立された。

## ● Step06 主鏡の主鏡セルへの移し替え

実はその次の作業がもっとも難しい。真空槽の下部でもある台車に乗っている主鏡を吊り上げ、主鏡セルに移し替える工程だ。主鏡セル側には 261 本のアクチュエータが待ち構えている。1 本でも傾きがおかしければ、主鏡を支える力がうまく伝わらず、理想的な鏡面の形を作ることができなくなる。主鏡を主鏡セルから吊り上げた時と全く同じように、吊り下げていかなければならない。1 本 1 本のアクチュエータにかかる力がある程度均等であることを絶えず確認しながら、慎重に、慎重に、さらに慎重に作業を続けていく（図 23～28）。

この作業は、一度始めると、鏡が主鏡セルにちゃんとおさまるまで休憩は無い。作業場所に飲食物を持ち込むことはできないので、数時間の作業をがんばり抜く。冷蔵庫の中よりはちょっと温かい程度の気温の中で、集中力のレベルも半端じゃない。主鏡の周りで吊り込み治具の動作をモニターするスタッフの熱気のために、近づくとはじき飛ばされそうな雰囲気だ。

望遠鏡を収容する建物は、望遠鏡床もその下の階も空間があまりにも大きいので、ふだんから照明が十分なようには感じられない。吊り込み作業時には主鏡セルのまわりに一時的に工事用照明を設置するが、それでも 4000m を超える標高での酸素不足による視力の低下を十分に補うことができないようだ。このように昼間の作業は、屋根上や屋外でもない限り、決して明るいところではない。望遠鏡建物に隣接している制御棟に戻り、スタッフラウンジで一休みすると、その温かさと適度の照明とがほっとした雰囲気をもたらしてくれるのは、あながち気持ちのせいばかりではなかろう。



図 28 身長 150cm、体重約 80kg のアクチュエータを交換するための台車。

望遠鏡の夜間運用が止まっている間、ふだんは観測管制室で望遠鏡のオペレーションに専従しているスタッフも、望遠鏡作業の様子を視察していた。「なるほど第 3 鏡タワーの中はあのような構造になっているのか」「ドライアイスクリーニング装置にはたくさんのノズルが付いているけど主鏡の横方向の飛び出しを防ぐストッパーはずいぶんごつい」「大きな機械は、そう簡単には止まらないんですね」などなど、日頃慣れ親しんでいる「すばる」の別の一面をしっかりと目撃できたようだ。

右上から順番に

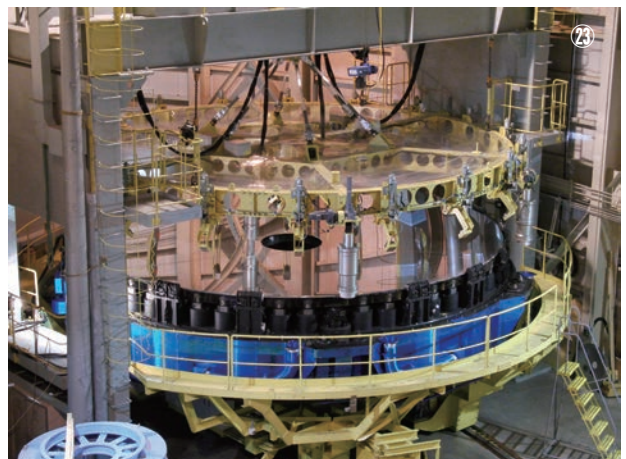
図 23 今回もよく働いてくれました、主鏡ハンドリング装置。主鏡部、セル台車とスリーショット（主鏡の吊り下げ後のようす）。これらの装置の際に、本当の主演、つまり作業に携わった方々が…

図 24 アクチュエータが林立する主鏡セルに向かって、主鏡が吊り下げられていく。

図 25 主鏡ハンドリング装置はたくさんのフック（黄色のパーツ）で主鏡を裏面から包み込むように支えつつ移動する。

図 26 画面左上が吊り下げ途中の主鏡側面、その下に並ぶ円筒状の装置が文字通り緑の下の黒子のアクチュエータ、そして黄色い樹脂製のパーツが横ずれを防ぐストッパー。

図 27 主鏡の吊り下げが完了。アクチュエータはこのように主鏡の裏面を支える。このあと、オープン方向に倒れている横ずれ防止ストッパーが閉じて、主鏡をガッチリガードする。





## ● Step07 固定点で主鏡と主鏡セルを結合

主鏡を主鏡セルに吊り下ろした後、今度は固定点の金具をはめる。これは、主鏡側に貼り付けてある金属の固定点と呼ばれる部品と、主鏡セル側に下から突き出ている部品とを、それぞれ帽子のつばのような形になっている部分を合わせて外から包み込むようにして金属をはめ込む。これにより、主



図29 右下が主鏡固定点。ちなみにこの鏡面はメッキやり直し前の画像なので、鏡面の白っぽさを確認できる。左上はアクチュエータの支持部。

鏡と主鏡セルとが結合される。主鏡本体はガラス、固定点は金属、性質の異なる物質を貼り合わせてある部分は、外からの衝撃に対して弱いので、この作業もきわめて慎重に行われる。ガラスは一度形を作ると何千年でもその形を保つことができる、きわめて安定した材料だ。けれども衝撃でひびが入ったり、欠けたりすると、そこから壊れていくおそれがある。金属ならハンダ付けや溶接などでつなぐことが可能な場合もあるが、ガラスは現場でつなぐ・埋めることはできない。まったく気を抜けない作業が続く (図29・30)。

固定点をもとに戻したら、ドーム1階での特別な作業はほぼ終了。台車をハッチ下まで移動させ、カセグレン床に持ち上げる準備。このあとは往路逆行し、きれいになった主鏡が望遠鏡に戻って行く。カセグレン部分の取り付け作業に1週間、そのあと各焦点のチェックに1週間。望遠鏡全体を夜間の気温に近づけるために冷房が作動し始めた。ドーム内の各所に出ていた数々の照明スタンドも片付けられていく。作業員の数が減るとともに、暗闇が広がっていく。南国ハワイと言えども、秋になると夜の時間が着実に長くなる。その夜長の時期には、他の保守点検作業も終わってリフレッシュしたすばる望遠鏡が空を見上げる。どんな成果が出てくるだろう、とても楽しみだ。

皆様、今日もほんとうにお疲れ様でした。近くに温泉でもあって一休みできるとよいのですがね……。

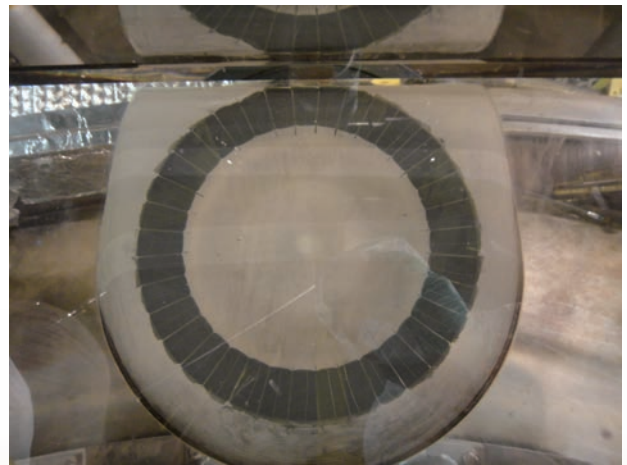


図30 主鏡固定点。メッキをはがしたあとの主鏡の表側から見下ろしている。灰色の金属面が主鏡のガラス面と接着されている。

# 2013年「三鷹・星と宇宙の日」報告

石川直美 (天文情報センター)

毎年恒例の「三鷹・星と宇宙の日」が、10月18日(金)、19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、2日間を通じて4,176名(18日 563名、19日 3,613名)の来場者がありました。

今年のメインテーマは「アルマ望遠鏡で探る銀河と惑星のルーツ」。南米チリで観測を始めたアルマ望遠鏡を擁するチリ観測所をはじめ、様々なプロジェクトが楽しい企画やミニ講演会などを通じて、研究成果の紹介を行いました。生憎2日とも曇天(19日夕方には小雨まで!)で天候には恵まれませんでした。会場となった国立天文台、東大天文センター、三鷹市星と森と絵本の家は活気に溢れ、とても賑やかな2日間となりました。

2013年  
三鷹・星と宇宙の日 (旧名称: 三鷹地区特別公開)

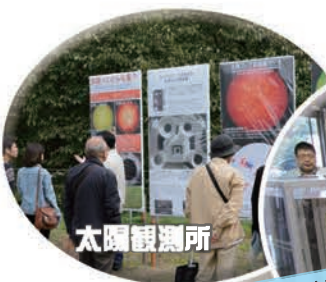
主催 自然科学研究機構 国立天文台  
東京大学大学院 理学系研究科附属 天文学教育研究センター  
総合研究大学院大学 物理科学研究科 天文科学専攻

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

18日

18日(金)は、「プレ公開」として、一部施設のみの公開でした



ロビーに設けられた中継会場

両日とも施設公開や展示を行う企画もあり来場者を楽しませていました



アイソン彗星についてのミニ講演会  
満席となり、急速中継が・・・



常時公開している施設にも2日間は説明員がいます



おなじみとなった美しい切り絵の展示



19日  
講演会

国立天文台、東大天文センターどちらの講演会も大入り満員でした!



南米アタカマ砂漠から探る超巨大ブラックホールの謎  
河野孝太郎 (東京大学 教授)

アルマで迫る惑星誕生の現場  
大橋永芳 (国立天文台 教授)



アルマで解き明かす銀河進化の謎  
伊王野大介 (国立天文台 准教授)



ブログ隊、今年も頑張りました！



ブログ隊

TAMA300のトンネル見学は、毎年人気大人気！



重力波推進プロジェクト



見上げるとそこには...



JASMINE検査室

太陽電波望遠鏡のデモが好評！



野辺山太陽電波観測所

すばる・光赤外研究部



cafe すばるでゆっくりと(?) 研究者の話が聞けました



太陽観測所

太陽フレア望遠鏡にはフレア博士が登場！

今年のメインテーマはアルマ！ 展示・説明にも力が入っています

奇しくもこの日は、岡山天体物理観測所の53歳の誕生日でした



岡山天体物理観測所



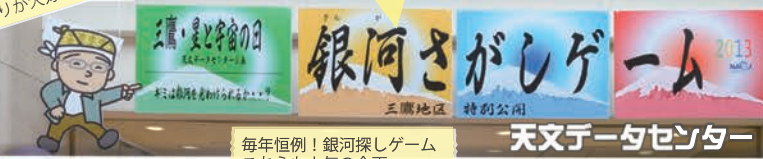
電子工作教室がパワーアップ！ 光る星座作りが大好評でした



中華鍋で電波を受信！



千里観測所



毎年恒例！銀河探しゲーム こちらも人気の企画

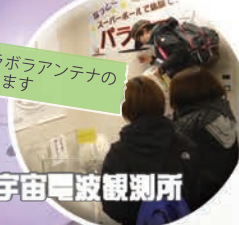
天文データセンター

様々な天体観測装置を開発！ アルマの受信機も展示しました



先端技術センター

遊びながら、パラボラアンテナのしくみを理解できます



野辺山宇宙電波観測所

理論研究部・天文シミュレーションプロジェクト

ミニ講演会では4D2Uも見られるとあって 整理券配布の前には長い列が...



銀河系の地図作りについて わかりやすく説明します！

水沢 VLBI 観測所



質問コーナー



和やかに、時には真剣に 質問コーナーには、いつもにぎやか

協力業者の望遠鏡がたちならび、みなさん興味津々 ああ、これで晴天だったら...



天体観望会

太陽観測衛星「ひので」の観測成果が充実！



太陽天体プラズマ研究部



30m望遠鏡TMTの分割鏡が初お目見え！

TMT推進室

話題のアイソン彗星を紹介 明るくなってほしい！

アイソン彗星を見つけよう



天文台の図書室も「ふち図書室」として公開！

今を去ること7年半前、中口径望遠鏡、高分散分光器、ヨードセルを手にしてそれぞれの地で太陽系外惑星の探索に乗り出していた東アジアの研究者たちが、箱根温泉の一角で一堂に会し、研究交流の第一歩を踏み出しました。草の根太陽系外惑星系探索網 (East Asian Planet Search Network: EAPSNET★<sup>1</sup>) の始まりです。それから回を重ねること八度、今日に至るまで交流が続いています。今年を去る9月4日から6日にかけて表題の通り第八回の会合を石垣島で開催しました★<sup>2</sup>。過去の活動状況も交えて研究交流の様子をご紹介します。

初日は、視線速度精密測定 (ドップラー法) による惑星探索を中心とした、この一年の成果報告です。岡山188cm望遠鏡、中国の興隆2.16m望遠鏡と威海1m望遠鏡、韓国の普賢山1.8m望遠鏡のそれぞれには高分散分光器とヨードセルが備わっていて、主に巨星まわりでドップラー法による惑星系の探索が進められています。この一年の間には、普賢山から3編 (4惑星候補)、岡山から3編 (9惑星候補+2褐色矮星候補) の査読論文が出版されました。この普賢山のまとまった成果発表は参加者にとって大きな喜びでした。このほか、ドップラー法による早期型星や太陽型星の惑星探索の報告もなされました。

二日目は、ドップラー法を究極まで突



強烈な日射しの下での集合写真。今回は参加者が少ない目でしたが、とにかく天候に恵まれました。



口頭講演の一風景。講演者と聴衆の距離が近く議論が弾みました。

き詰めるのに必要な測定誤差要因の詳細検討、視線速度測定データを解析する際により繊細な統計学的扱い、そして、視線速度データの解釈における積極的な天体力学シミュレーションの活用などについて報告がありました。これら惑星探索の精密化・高度化に取り組む若手研究者が育ってきたことは、たいへん喜ばしい限りでした。

三日目は望遠鏡や観測装置に関する報告の日でした。筆者は今回、科研費による188cm望遠鏡の改修作業の様子を伝え、惑星探索の加速に向け望遠鏡が精度よくキビキビ動くようになったことを報告しました。中国の興隆2.16m望遠鏡は口径も近く同じ形式の架台なので、出席していた同観測所の所長にも興味を持って貰えたようです。さらに岡山からもう一件、ファイバーリンクについての報告がありました。これはカセグレン焦点と分光器を光ファイバーで結ぶもので、公開中の分解能5万の高効率モードは約一等級の感度向上を達成しました。今回は次なる分解能10万の高分解能モードの開発状況の紹介でした。一方、中国とドイツの密接な研究交流の流れで第五回から参加しているドイツ・ミュンヘン大学の研究者から、新2m望遠鏡、高分散分光器、ファイバーリンク、恒温エンクロージャーによる高精度高分散分光環境の構築状況が紹介されました。他方、中国の国家天文台と北京大学で進めているレーザー周波数コム開発の進捗状況が報告されました。いずれ興隆ではレーザー周波数コムの実験が始まることでしょう。その興隆では今、8台ある望遠鏡を一個所から集中操作する近代化計画を進めているそうです。

この研究集会を始めてからの足かけ8年を振り返ると、岡山では検出器のモザイクCCD化、ファイバーリンク化、望遠鏡架台の高精度化と、着々と高分散分光観測の能力を向上させてきました。一方、中国国家天文台は興隆における惑星探索の成功をテコに、新時代の高分散分光器開発を強力に推進し、興隆の分光器を更新し、威海へ新規に設置し、次も製作中という勢いです。他方、韓国のKASIでは米国テキサス大学と共同で

近赤外線の高分散分光器IGRINSの開発を進めており、来年から試験観測が始まる予定で、系外惑星探索も視野に入れているようです。少しも止まることのない研究開発の世界で、来年はどんな進展が見られるのか、今から楽しみにしています。なお、次回私たちの研究集会は、来年8月19-22日に韓国で開催予定の12-th Asia-Pacific IAU Regional Meeting in Daejeon in Rep. of Koreaの時期に合わせ、Daejeon周辺で開催の予定です。

●最後になりましたが、これまでの研究協力、研究交流の推進においては、日本学術振興会から頂いた科学研究費補助金と二国間交流事業経費 (日韓、日中) が大きな支えとなりました。国立天文台の研究推進経費からもご支援頂きました。また、トルコの研究者との協力推進の際には国立天文台の滞在型研究員制度にお世話になりました。石垣島天文台の宮地竹史さんには会議場や懇親会場の選定でお世話になりました。石垣島天文台の職員の方々は見学を快く受け入れてくださいました。この場をお借りしてこれまで支えてくださった多くの方々に感謝申し上げます。

★<sup>1</sup> その後、さらに交流の輪を広げようと飛び込みセールスを試み、トルコ、ロシアの研究者とも共同研究を開始するに至っています。今振り返るとやや無謀だった感もありますが、若さって大事だとも思います。これらの研究者にもいずれ合流して貰ってPan Asian Planet Search Network : PAPSNETへと進んで行こうと考えています。

★<sup>2</sup> まず、石垣島と言えば、現地へ到達するための交通手段が実質飛行機に限定されるので、やはり心配なのは空模様です。台風に襲われれば、飛行機便の遅れや欠航の把握、それに伴うホテルの予約キャンセルなど、さまざまな事態への対応に迫られるのは必定で、開催そのものも危ぶまれます。実際、八月下旬には台風が石垣島を直撃していました。毎日天気予報を見ては一喜一憂する日々でしたが、9月2日、小雨の福岡から一足先に石垣島入りした筆者は、快晴の空を滑る飛行機から、初めて眺める石垣島の美しい姿に感動していました。参加者の多くがやってくる翌9月3日には、いわゆる本土の天候はさらに崩れ、搭乗予定の飛行機の到着遅れのため那覇で脚止めされた参加者が出るというハプニングに見舞われました。しかし翌日の昼前には一年ぶりの懐かしい笑顔の面々を始め16名全員が揃いました。会場はビーチホテルサンシャイン、対岸に竹富島を望み、足元から青海原の広がる美しい眺めに恵まれた場所でした。筆者が滞在した2日から7日まで石垣島はずっと好天に恵まれ、参加者の誰もが南国の太陽と青い海と風を満喫して島を離れて行きました。



今回のゲストは、水沢 VLBI 観測所の松本尚子さんです。松本さんが幼稚園時代からのお気に入りという飛び切りの一冊を紹介させていただきます。



# 絵本のほんだな

10さい目  
『おおきな  
おおきな  
おいも』



国立天文台三鷹の構内には、三鷹市星と森と絵本の家があります。このコーナーでは、絵本の家の本棚から、さまざまな絵本を紹介していきます。

ご案内  
野口さゆみ

『おおきな おおきな おいも』  
市村久子（原案）  
赤羽末吉（作・絵）  
ISBN 978-4-8340-0360-4  
発行 1972/10/1

## お約束の“ぷ〜”で、宇宙まで!

幼い頃から絵が好きだった私は、大人になった今でも絵本を見ると胸が躍ります。1ページ毎にめくっていく時の期待感の大きさは絵本ならではのですね。子どもの頃に会ってれば楽しかっただろうと思う一冊に今になって出会ったときはかわいいうつりにプレゼントしたくなります。

天文台の片隅にあるこの絵本の家はできた当時から気になり、友達を誘って早々に行きました。絵本を家の門を入ってすぐのところに、昔懐かしいコマが置いてあり、早速トラップされていました。

そんな懐かしい思いに浸れる絵本の家で今回ご紹介するのは、赤羽末吉さん作の『おおきな おおきな おいも』です。これは私の幼稚園時代からのお気に入りの一冊です。

この絵本と幼稚園で初めて出会ったのは、ちょうど雨の降っている日だったと思います。それから何度も読み、その影響からか、なんだかこの絵本のもつ味のようなものが私の一部になっているような気がします。それではさっそく絵本の中身をご紹介させていただきます。

さぁ明日は芋掘り遠足だ! と意気込んだ翌朝、雨で1週間延期になってしまいます。子ども達は雨の中、果敢に行こうと主張しますが、一週間後にはむくむく大きくなって待っているよという先生の言葉から、大きなお芋を想像し始めます。そして、お芋の絵を描きだします(そのお芋の絵のページが長いこと長いこと。当時も今もこのページをめくる度に心の中で「え?!」と叫びながら、いつまでメーシをめぐれば良いのかと、不安や苛立ちのようなショックを覚えます。次からは子どもたちの想像力に毎度驚かされます)。どうやって掘るの? どうやって運ぶの? どうするの?……掘ったのに早速食べない

のです! まずはお芋を船や恐竜にして遊んで、食べるのは最後です(当時は、食べ物は粗末にははいけませんよ、遊ぶ物ではありませんよと、注意されていました)

「いもらす1ごう、2ごう、3ごう…、ぷ〜、とんだー!」



### ゲスト募集中!

「絵本のほんだな」では、ゲスト参加者を募集しています。絵本が好きな台内スタッフのみならず、ふるってご参加ください。お問い合わせは、天文情報センター・野口さゆみまで。

から、ここでも「え? いいんだ?」と、ショックを受けていました)。最後にこの大きなお芋は天ぷらと焼き芋と大学芋に調理されます(当時の私は、この大学芋が最後に登場したのを見て、「食べたいなあ〜」と親にねだっていたに違いありません)。食べた後も子ども達の想像力は尽きません。お約束の“ぷ〜”です。なんと宇宙まで飛んでいってしまいます。そう、「うちゅう」です。

今改めて読み返してみたら、ちゃんと大事なキーワードがこの絵本にも入っていたことに驚きました。当時の記憶は曖昧ですが、なんとなく宇宙という言葉を知っていて、でも具体的に思い描くイメージはなかったもので、気にしたいけどなんにも思い浮かばない、ちょっと不思議な感覚で、この“うちゅう”という言葉を眺めていた気がします。今では当時思い抱いていた宇宙の不思議な感覚は大分め尽くされてきていることを実感します。それでも、想像力や発想力が大事な場面はありますし、楽しく生きていく中でもこれを大事にしたいですね。

この絵本の魅力は、いくつかのショックを読み手に与えながらも、子どもの頃には自分が抱いていなかった世界観を与え、大人になった今では、子どもの持つ圧倒的な想像力や発想力を強く感じ取れるところなのかなと思います。



いもらす1ごう、2ごう、うちゅうへ!

## 案内人のしおり

VLBIで銀河の研究をされている松本さん、その穏やかな雰囲気からは想像できないほどに、昼休みは野球、休日は楽団でサクソ演奏をするなどたいへん活動的です。そんな松本さんが選んだ絵本は、お見かけ通りにほんわかとした「おいも」の絵本でした。

幼い頃の松本さんは、幼稚園の先生が「サンタさんが入るように窓を少し開けておきましょう」と言ったのを聞き、“そんな細い隙間から入れるはずがない、サンタさんはいない!”と悟ってしまったほど、論理的かつ現実的なお子さんだったようですが、一方で、絵本の中の子どもたちの意外な発想には素直に驚き、とべっこない!と知りつつ、おならで飛びあがる様子を楽しむ感性をお持ちでした。

大人になった今は、身につけた理論を手に、この絵本で培った豊かな発想力と大きな空想力をはばたかせて、銀河の秘密に挑んでいらっしゃるのでしょうか。今後、もしも松本さんが研究に行き詰まりそうになったとしても、燃料となる大きな大きなお芋を食べさえすれば、ぷぷぷ〜と…。きっと大丈夫ですね!



三鷹キャンパスの枯葉を集めて焚き火をすれば「おいも」が何個焼けるかな。

●研究教育職員



**Pyo, Tae-Soo**

(表 泰秀: ピョー・テースー)

所属: 光赤外研究部 (ハワイ観測所) 助教

出身地: 韓国 (ソウル)

8月1日付けでハワイ観測所の助教として着任いたしましたPyo (ピョー) です。1995年に韓国の国立ソウル大学から東京大学大学院理学系研究科に留学生として来日した後、国立天文台ハワイ観測所(すばる望遠鏡)で13年間勤めていました。2005年からはすばる望遠鏡のサポートアストロノーマとして近赤外撮像分光装置であるIRCSの観測支援と装置管理を担当していました。星・惑星誕生の謎に興味があり特に星団盤系からの恒星ジェットやウィンド発生メカニズムの謎に関心を持って研究を進めています。今までのすばる望遠鏡の経験を生かし、TMT時代に向けた今後のすばる望遠鏡の科学運用部門に貢献出来るよう頑張りたいと思っています。よろしくお願いいたします。

●年俸制職員



**Raffaele Flaminio**

Affiliation: TAMA Project Office  
Project Professor

Birthplace: Geneva, Switzerland

I joined NAOJ on September 1st to work as professor in the TAMA project. I am Italian but I spent the last twenty years of my life in France. There I was working for CNRS the French national center for scientific research. I have been working in the field of gravitational wave for more than twenty years mainly for the Virgo project, a gravitational wave detector located near Pisa in the Tuscany countryside. After visiting Japan several times, last year I decided to come to work in this fascinating country. Here at NAOJ I wish to contribute to the realization of the KAGRA project. I believe KAGRA can improve considerably the reach of the international network of gravitational waves antennas and can give a fundamental contribution to the first gravitational wave detection.



**藤井通子 (ふじい みちこ)**

所属: 理論研究部 特任助教 (国立天文台フェロー)

出身地: 愛知県

9月1日付けで理論研究部に特任助教(国立天文台フェロー)として着任しました。これまでは、オランダ・ライデン大学で日本学術振興会海外特別研究員として研究をしていました。専門分野は、コンピューターシミュレーションを用いた、星団や銀河の形成・力学的進化に関する研究で、現在は主にCfCAのスーパーコンピュータCray XC30(アテルイ)を使ってシミュレーションを行っています。天文台勤務ということで、今後は今まで以上に観測を見据えた理論的研究を目指していきたいと考えています。これから、よろしくお願いいたします。



**Agnes Dominjon**

Affiliation: Advanced Technology Center  
Project Researcher

Birthplace: Grenoble, France

My name is Agnes Dominjon. I am French. I am assistant professor at the Savoy University in Chambéry (in the middle of the French Alps). My research domain is on Applied Physics, Optics and Electronics Instrumentation. In the last 5 years, I have worked in Lyon on the development of a single photon sensitive CMOS camera with a spatial resolution of two micrometers. Such a camera permits tracking of fluorescent cells for imaging biological or tracking bio-luminescent in the deep sea. Before that I was working at CNR in Pisa (Italy) on a 10GHz non-invasive probe for the characterization of skin tumors. I arrived in Japan at the end of July and since September 1st I am working at ATC. I do not speak Japanese yet (only English, French and Italian so far) but I am looking forward to learn the language and talk in Japanese to all of you! My office is in room 301 at ATC. Feel free to come and visit me.



**Patrick Antolin**

Affiliation: Hinode Science Center  
Project Researcher

Birthplace: Dakar, Senegal

For the following 3 years I will be working on several aspects of the Sun's atmosphere, as a postdoc at the Hinode Science Center. I graduated from Kyoto University in 2009 and conducted postdoctoral research at the University of Oslo (Norway), KU Leuven (Belgium) and the University of Tokyo (Japan). I'm half colombian and half french. I will probably be adding a Japanese half as well some time soon. Through my research on thermal instability phenomena in the solar corona and MHD waves I aim to provide scientific constraints that will help define the next Japanese Solar-C mission. よろしくお願いたします。

●事務職員



**小林多仁 (こばやし かずひと)**

所属: 野辺山宇宙電波観測所(会計係)

出身地: 大阪府

8月1日付けで信州大学工学部庶務・会計グループから国立天文台野辺山宇宙電波観測所会計係に着任いたしました小林多仁です。信州大学では主に外部資金の執行管理の業務を担当しておりました。天文台においては物品購入、資産管理、謝金を主に担当しております。こちらに来てからは、目の前に広がる美しい山々や夜になれば一面にきらめく満天の星、おいしい高原野菜や乳製品といった野辺山の豊かな自然に囲まれて、日々新鮮な気持ちで過ごしています。仕事はまだわからないことも多いですが、以前の経験を活かしつつ、周りのみなさまに教えていただきながら一刻も早く仕事に慣れて、少しでも国立天文台の力になれるよう頑張ります。



**坂本美里 (さかもと みさと)**

所属: 事務部経理課調達係

出身地: 栃木県

8月1日付けで事務部経理課調達係に新規採用となりました、坂本美里と申します。仕事を始めてはや数か月たちますが、まだまだわからないことばかりで諸先輩方の指導を仰ぐ毎日です。調達係の仕事では、天文台内外たくさんの方々とお接する機会も多いので、早く皆様に顔と名前を覚えていただけるよう努めてまいりたいと思います。至らぬところは多々あり、ご迷惑をお掛けしてしまうと思うのですが、少しでも皆様のお役に立てるようがんばりますので、どうぞよろしくお願いいたします。



**松倉広治 (まつくら こうじ)**

所属: 事務部総務課研究支援係

出身地: 千葉県

9月1日付けで総務課研究支援係に着任いたしました松倉です。幼い頃から星が好きだったので、このたび国立天文台で働かせていただけることになり、大変光栄です。これまでも個人的に三鷹の国立天文台に足を運んだことは何度かあったのですが、職員として訪れると同じ場所でも違った景色に見える部分があり、新しい環境に日々新鮮さを感じております。微力ながらも皆様にお力添えをすることができるよう努めて参りますので、どうぞこれからよろしくお願いいたします。

# 2014年国立天文台カレンダーができました。

ふし  
し  
ら  
せ  
No.03

2014年国立天文台カレンダーができました。今回は、チリ観測所「アルマ望遠鏡」をテーマにしたカレンダーです。チリ・アタカマの厳しい自然の中に佇むアルマ望遠鏡の美しい姿やスタッフたちの息吹を、日・英・スペイン各語の印象的な語りでお届けします（※台外発送分に同封）。

- ・プロローグ「私たちのルーツを、宇宙に辿る」
- ・01月「夢の望遠鏡」
- ・02月「アタカマの大地に立つ」
- ・03月「晴れやかな横顔」
- ・04月「天空へのスクラム」
- ・05月「画竜点睛」
- ・06月「巨人を迎え撃つ」
- ・07月「紺碧の空と白銀の瞳」
- ・08月「高地への旅立ち」
- ・09月「白い名月を前に」
- ・10月「-269℃の精緻な視覚」
- ・11月「アンテナの森」
- ・12月「最高の星空の下で」
- ・エピローグ「我々はどこから来たのか、我々は何者か、我々はどこへ行くのか」



## 編集後記

最近、カナル型なるイヤフォンにはまっています。段々ハイグレードモデルが欲しくなっちゃった。ボーナス投入かぁ～ (O)

アイソン彗星近日点通過時をまたいで、NASAコダードがGoogleハンアウトで生解説。彗星の専門家や太陽観測衛星に携わる研究者が並び出る高クオリティとタイミングの良さに脱帽。(h)

11月29日未明。ネットでアイソン彗星の近日点通過中継を見ていました。あれ、出てこない!? 太陽のロッシュ限界半径内に入って壊れたのかあ。(e)

他の編集委員の方も書いていると想像されるが、アイソン彗星騒動は色々な意味で楽しめました。普段は太陽研究者しか見ないSOHOのページがバンクしてしまうとは。太陽の威力を思い知ったかー。(K)

今年は最低気温が氷点下になる日が少ないように思います。車のシャーシの隙間にはまり込む落ち葉を取り除くことが最近の日課。そのうち、毎日雪下ろしに変わります。(J)

HSC観測時アイソン彗星を撮っていた時のこと、同時にデジカメで撮ってみました。HSCでは立派な尾がくっきり見えるアイソン彗星でしたが、当時9等(?)とかでデジカメ写真ではパッと見全く分かりません。「どれだ? これか?」と観測そっちのけで盛り上がっていた明け方周辺の山頂でした。(κ)

京都大学飛騨天文台で観測中、なんとアイソン彗星がばらばらに崩壊してしまい、大騒動に。これはこれで面白いのだが……。 (W)

## 国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.245 2013.12

ISSN 0915-8863

© 2013 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

### 国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員：渡部潤一（委員長・副委員長）／小宮山裕（ハワイ観測所）／寺家孝明（水沢VLBI観測所）／勝川行雄（ひので科学プロジェクト）／平松正顕（チリ観測所）／小久保英一郎（理論研究部）／岡田則夫（先端技術センター）●編集：天文情報センター出版室（高田裕行／福島英雄／岩城邦典）●デザイン：久保麻紀（天文情報センター）

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

発行日／2013年12月1日

発行／大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

1月号は、残念ながら核が崩壊してしまったアイソン彗星の消滅前の美しい画像ギャラリーなど、増ページでお送りします。お楽しみに!

次号予告

# 浮遊天頂儀 (Floating Zenith Telescope)

亀谷 収 (水沢 VLBI 観測所)

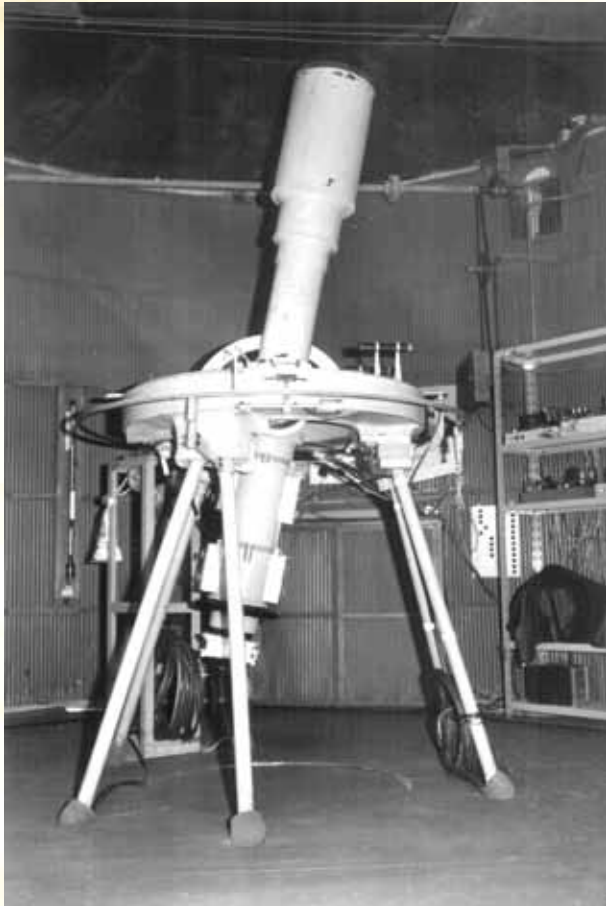


図1 1980年代の浮遊天頂儀。



図2 1953年当時の浮遊天頂儀観測室(一番右)。その後、風よけの金網がドームに沿って張られた。

## アーカイブ・メモ

品名：浮遊天頂儀(Floating Zenith Telescope)  
 対物レンズ(ツァイス社製)：口径17.8 cm / 焦点距離179.0 cm  
 本体(日本光学工業株式会社製)：水銀量90 kg(6.6リットル) / 1星対の観測精度0.2秒角

所在地：国立天文台水沢 VLBI 観測所

公開状況：水沢 VLBI 観測所の木村榮記念館内で一般公開され、見学することができます。

木村榮記念館のHP：<http://www.miz.nao.ac.jp/kimura/>

1939年3月に導入され、試験観測後、1940年1月から1985年3月まで緯度変化観測に使用された。眼視天頂儀で使用されていた水準器の代わりに、望遠鏡自体を水銀槽に浮かべて鉛直を保持するタイプの新型望遠鏡として製作された。また、眼視の代りに写真乾板に星の軌跡を記録し、観測後に高精度の位置測定が行われた。観測法自体は、眼視天頂儀と同様のタルコット法を用いた。望遠鏡を格納する観測室は木村榮所長の設計で、風の影響を少なくするために屋根も壁もこれまでの長方形から円形に変更した。

1949年に緯度観測所創立50周年の記念切手が発行されたが、それには、当時の緯度変化観測に活躍していたこの浮遊天頂儀がデザインされている。

1985年以降、乾板交換以外の完全自動観測化が行われ、自動観測が1987年に行われたが、光学観測より精度が格段に良いVLBIやSLR等の宇宙測地技術による観測へ移行する時代の流れのなかで、観測が終了した。

2008年の木村榮記念館のリニューアルオープンの機会に、倉庫に眠っていた望遠鏡本体を組み上げ、更に欠けていた一部の部品を製作して展示した。残念ながら、目盛環と写真乾板保持部等は現在のところまだ復元できていない。また、安全のため水銀は抜き、洗浄・塗装してある。脚が長い装置なので、記念館にそのままでは設置できず、脚の半分は床下にあるが、ガラス越しに見えるようにしている。撮影された写真乾板の実物は、乾板測定装置と共に記念館で見ることができる。

地球の極運動(地球の固体部分に対して自転軸が移動する現象)を解明するための緯度変化の観測に用いられた。木村榮(ひさし)によるZ項の発見は1902年であった(詳細は国立天文台ニュース2013年1月号および8月号参照)が、発見から37年たった当てもZ項の原因は未だ不明のままであった。当時は、眼視天頂儀1号機の後継機である2号機を使用していたが、Z項が眼視天頂儀固有のものであるか検証するため、独立した観測装置による観測が望まれていた。浮遊天頂儀はイギリスのクックソンにより1900年に製作され、グリニッチ天文台で長年使用されていたが、イギリスなどに留学した経験を持つ職員の川崎俊一技師により、これをモデルとして、対物レンズと鏡筒は一まわり大きく製作された。浮遊天頂儀は世界で3台だけ製作され、現在では、本機とロシアのキタブ観測所の2機が現存している。当時の写真乾板は感度が悪かったが、観測者による誤差が入りにくいという利点があった。第二次世界大戦中も眼視天頂儀2号機と共に、観測方法に改良を加えながら緯度変化のデータを取り続けた。

く  
ろ  
に  
く  
る



図3 創立50周年記念切手(1949年発行)。