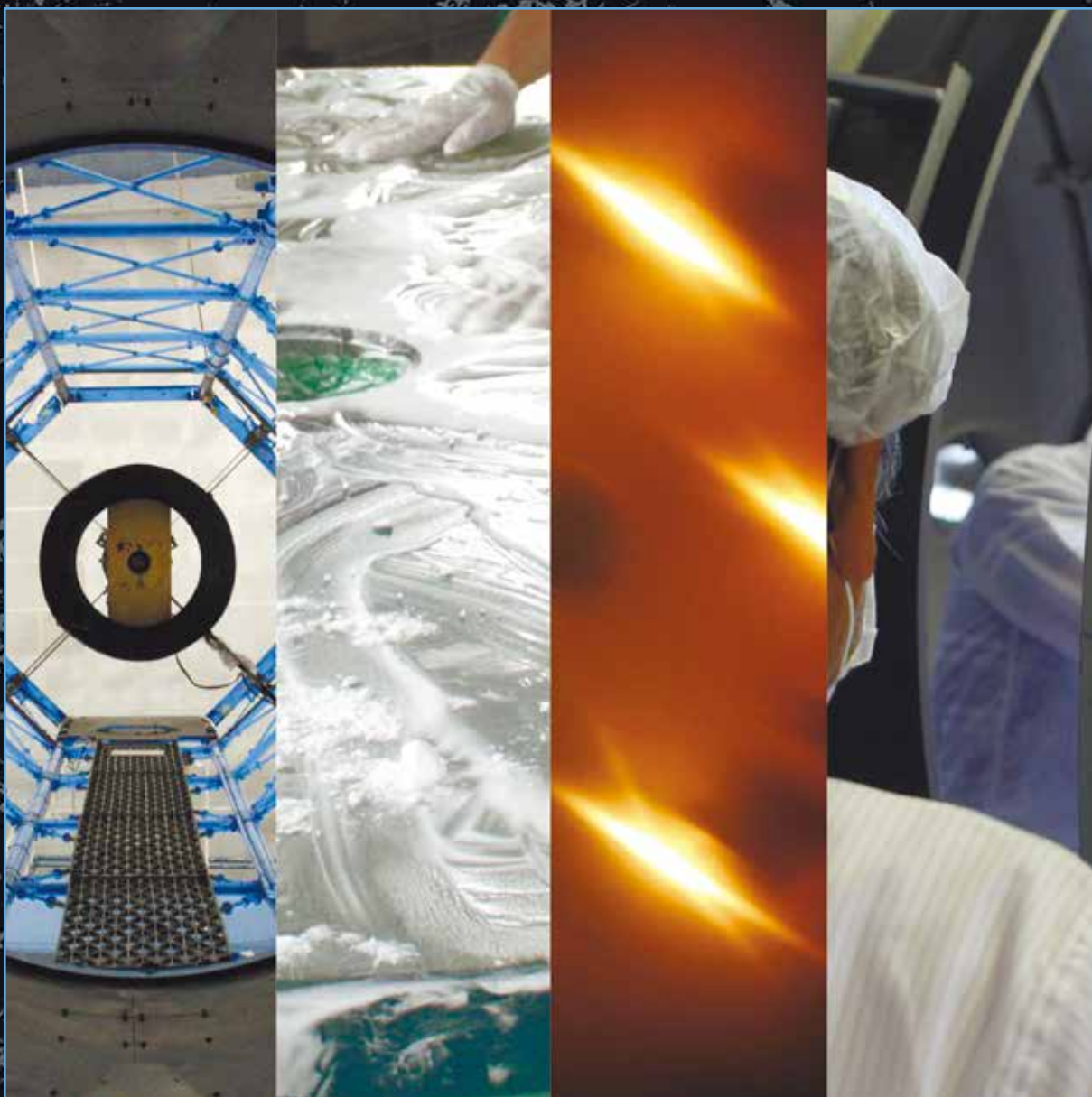


# 国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2015年1月1日 No.258

## 特集 国立天文台反射望遠鏡の再メッキ



- 2015年を迎えて——林 正彦台長
- 国立天文台技術ファイル～天文台の匠たち～特集・蒸着の匠
- 上級者向けカメラセミナー報告
- 2014年「三鷹・星と宇宙の日」報告
- 絵本のほんだな11冊目「もりのえほん」

1

2015

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

巻頭言 2015年を迎えて — 林 正彦

04

## 特集 国立天文台反射望遠鏡の再メッキ

～国立天文台反射望遠鏡再メッキ完全作業マニュアル～

- ①主鏡取り外し
- ②洗浄台・反射率測定
- ③メッキ剥離
- ④研磨
- ⑤蒸着釜に主鏡設置
- ⑥フィラメント・イオンボンバード設置
- ⑦真空引き
- ⑧メッキ・釜開け・計量
- ⑨検査
- ⑩組み立て

18

## 国立天文台技術ファイル

～天文台の匠たち～特集・蒸着の匠

file03 — 小矢野 久 (岡山天体物理観測所)

file04 — 湯谷正美 (ハワイ観測所)

22

## おしらせ

- 「第34回 天文学に関する技術シンポジウム」報告 — 篠田一也 (太陽観測所)
- 上級者向けカメラセミナー報告 — 長山省吾 (天文情報センター)
- 2014年「三鷹・星と宇宙の日」報告 — 石川直美 (天文情報センター)
- 「夏休みジュニア天文教室+君もガリレオ！」報告 — 石川直美 (天文情報センター)

26

## 連載 絵本のほんだな11冊目

『もりのえほん』 — 大辻賢一 (太陽観測所)

27

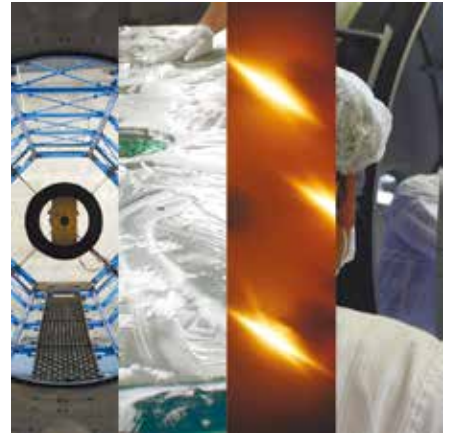
- 編集後記
- 次号予告

28

## シリーズ「新すばる写真館」10

太陽型恒星GJ 504のまわりの低質量惑星GJ 504 b

— 葛原昌幸 (東京工業大学)



### 表紙画像

表紙写真は左から、主鏡を取り外した岡山188cm望遠鏡の内部、主鏡の重曹研磨、プリウエットフィラメントによる真空蒸着。蒸着釜を開き、成否を確認する瞬間。ハッと息を飲みながら、全体をくまなく確認していきます。

### 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)



岡山天文博物館(岡山天体物理観測所に隣接)では、国立天文台天文情報センター図書係・小栗順子さんの切り絵作品による「切り絵で見る星物語」展が開催されます(2015年3月1日まで)。くわしくは、<http://www1.city.asakuchi.okayama.jp/museum/>

## 国立天文台カレンダー

### 2014年12月

- 12日(金) 観望会(三鷹)
- 19日(金) 幹事会議
- 25日(木) 安全衛生委員会
- 26日(金) 電波専門委員会
- 27日(土) 観望会(三鷹)

### 2015年1月

- 9日(金) 観望会(三鷹)
- 15日(木) 天文情報専門委員会
- 16日(金) 幹事会議
- 22日(木) 安全衛生委員会
- 24日(土) 観望会(三鷹)
- 29日(木) 運営会議

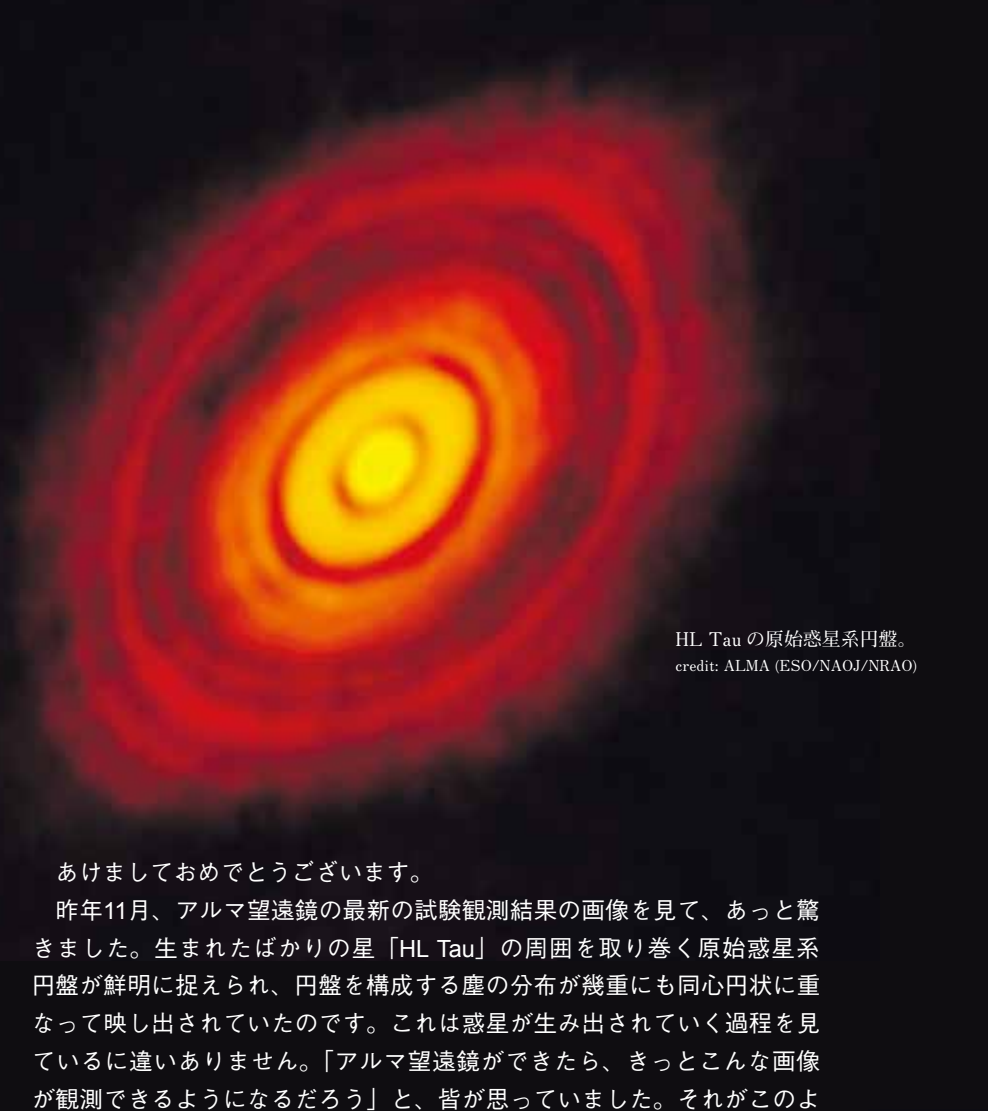
### 2015年2月

- 3日(火) 幹事会議
- 13日(金) 観望会(三鷹)
- 20日(金) 幹事会議
- 23日(月) 光赤外専門委員会
- 26日(木) 幹事会議
- 28日(土) 観望会(三鷹)

# 二〇一五年を迎えて

国立天文台長

林 正彦



HL Tau の原始惑星系円盤。  
credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

あけましておめでとうございます。

昨年11月、アルマ望遠鏡の最新の試験観測結果の画像を見て、あっと驚きました。生まれたばかりの星「HL Tau」の周囲を取り巻く原始惑星系円盤が鮮明に捉えられ、円盤を構成する塵の分布が幾重にも同心円状に重なって映し出されていたのです。これは惑星が生み出されていく過程を見ているに違いありません。「アルマ望遠鏡ができれば、きっとこんな画像が観測できるようになるだろう」と、皆が思っていました。それがこのような早い時期に現実のものになるとは……。それにしても、あの細い多重のリング構造は何を意味するのでしょうか。原始惑星によって描かれた模様でしょうか。今後さらに観測を重ねることによって、これらの疑問に答えられるようになるはずです。いよいよ惑星系形成の謎が解明されるときが来たという感じがします。

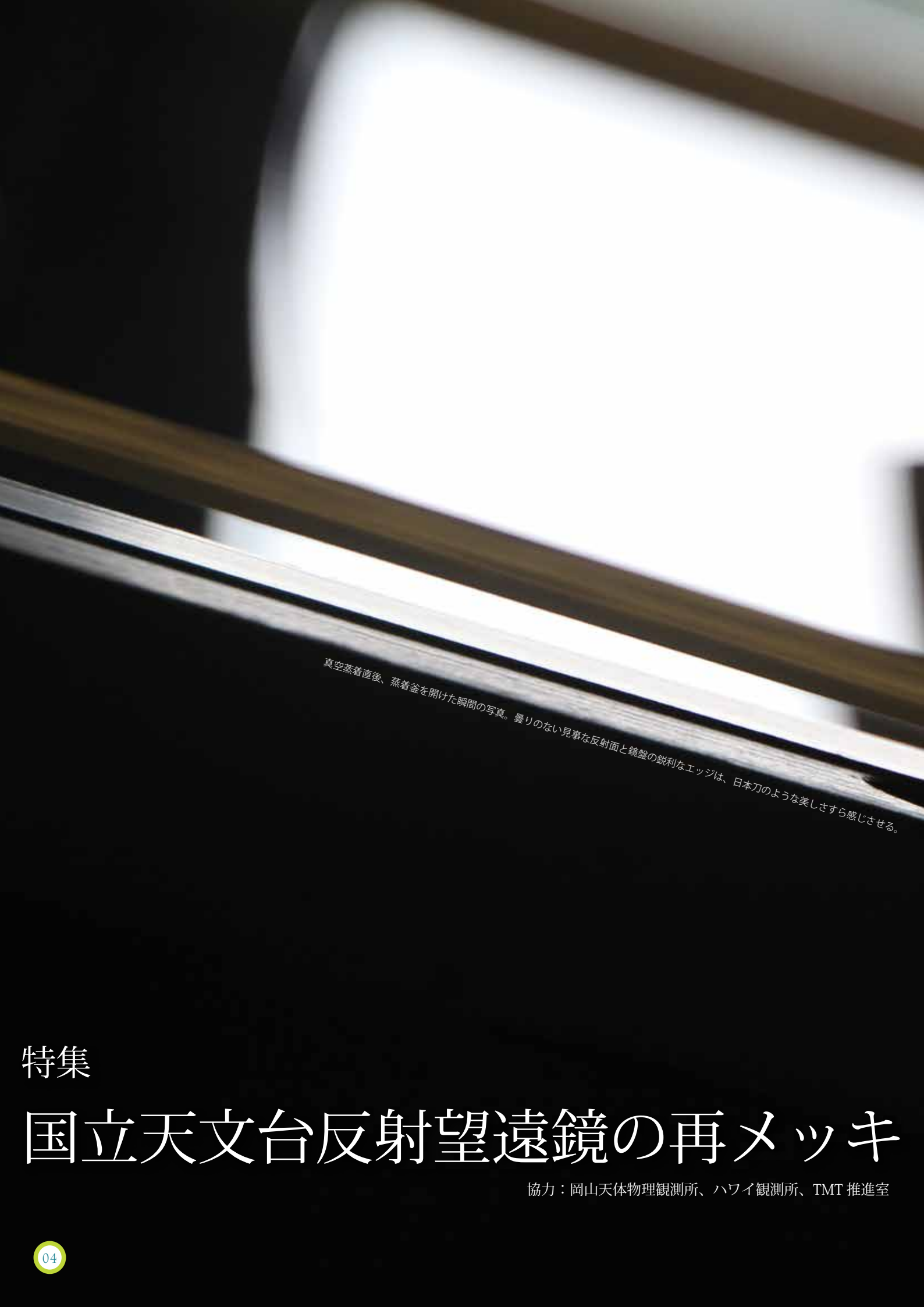
さらに、ハワイ島マウナケアの山頂では30m望遠鏡（TMT）の建設が始まりました。時代の最先端を行く望遠鏡はますます大型化し、国際協力なしでは建設は不可能です。日本はアルマ望遠鏡で欧米との国際協力を経験し、大型国際協力において主要な立場を占める力を身につけました。TMT計画ではこの経験をもとに、アメリカ、中国、インド、カナダの5か国との共同で建設に臨みます。TMTの観測では、ビッグバン後の数億年間、いわゆる「宇宙の暗黒時代」にまで踏み込んで、宇宙で最初にできた星を捉えられるのではないかと期待しています。また地球のような岩石でできた惑星の検出にも挑みます。その反射光を調べることで海や陸の存在、さらに生命の存在を示す兆候がないかどうかを探ることができるはずです。

すばる望遠鏡では、9億画素の超広視野主焦点カメラ（Hyper Suprime-Cam）による観測が始まりました。これは、月9個分の天域を一度に撮影できるカメラです。このカメラで数億個の銀河の位置や形を詳しく測定して、ダークマターの分布やダークエネルギーの性質を調べます。

今年もまた、これらの望遠鏡などで得られた最新の成果や、TMTなどの進捗状況を「国立天文台ニュース」を通して皆様にお届けします。

最後になりましたが、日本の天文学の目覚ましい発展は、国立天文台職員の努力はもとより、政界、官界、産業界の皆様のご支援と、何よりも多くの国民の皆さんのご理解によって成しとげられてきました。年頭にあたって、これらの方々に改めて感謝の意を表し、さらなる発展に向けて努めていきたいと思っております。





真空蒸着直後、蒸着釜を開けた瞬間の写真。曇りのない見事な反射面と鏡盤の鋭利なエッジは、日本刀のような美しさすら感じさせる。

特集

# 国立天文台反射望遠鏡の再メッキ

協力：岡山天体物理観測所、ハワイ観測所、TMT 推進室

反射望遠鏡の性能を左右する反射鏡。

反射鏡のメッキは、酸化や埃の付着などにより劣化するため、毎年～数年に一回の再メッキが欠かせません。

普段あまり目にする事のない、国立天文台の反射望遠鏡メンテナンスの裏舞台を、2014年6月に岡山天体物理観測所で実施された188cm反射望遠鏡の再メッキを例に紹介します。

すばる望遠鏡のくわしい再メッキの様子は、国立天文台ニュース2013年12月号「夜と昼、暗と明との接点」もご参照ください。

取材・文：岩城邦典（天文情報センター 出版室）

# 国立天文台反射望遠鏡再メッキ 完全作業マニュアル

①主鏡取り外し

②洗浄台・反射率測定

③メッキ剥離

④研磨

⑤真空釜に主鏡設置

⑥フィラメント・イオンボンバード設置

⑦真空引き

⑧メッキ・釜開け・計量

⑨検査

⑩組み立て

## 反射鏡の劣化

反射鏡はどのくらい劣化するのか？

反射鏡劣化の原因は、主に2種類ある。

一つは、空気中を舞う細かいチリや埃の降り積もり、雨滴などの外部から異物の混入によるもの。

一つは、酸化などの化学反応によるもの。

チリや埃による劣化には、季節的な要因が大きく作用する。

黄砂や花粉の飛沫が激しい時期などは、反射鏡表面が白っぽくなることもある。

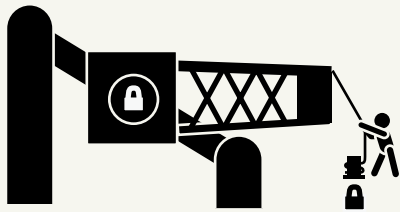
これら表面に付着しただけの異物については、圧縮空気やレンズクリーナーなどによって、除去することができる。

一方、メッキの酸化による劣化は、再メッキすることによってしか、対応することはできない。

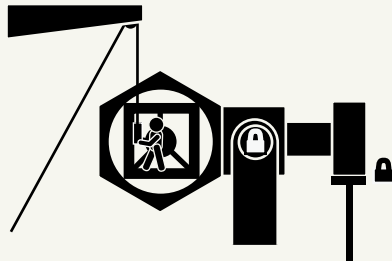
メッキがどのくらいで劣化するかについては、メッキの材料、コーティングの有無などに加え、湿度などの環境条件によって左右される。

岡山天体物理観測所188cm反射望遠鏡の主鏡（オーバーコートなしのアルミ蒸着）の場合、蒸着直後の鏡面反射率は91～92%（670nm）であるが、何もせずに1年間使用すると60～70%近くまで低下する。そのため、1か月ごとに、圧縮空気やレンズクリーナーで簡易洗浄することにより、年間を通して80%以上の反射率を維持している。また毎年、晴天率が低い梅雨時に再蒸着を行っている。

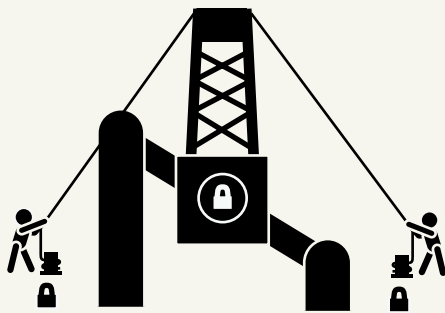
① 主鏡取り外し



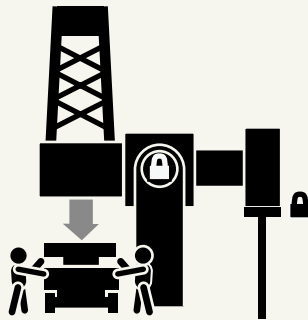
① 鏡筒横倒・固定



② 各種装置取り外し



③ 鏡筒直立・固定



④ 主鏡取り外し

1.3. 望遠鏡の固定

取り外しの際には、鏡筒が動いて事故を起こさないように、必ず鏡筒を固定して取り外し作業を行う。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

鏡頭部分の各種装置を取り外すときには鏡筒を横倒して固定し、主鏡を取り外すときには鏡筒を直立状態で固定する。固定は、カウンタウエイトのボルト締めと、頭部に結わえたロープで行う。

2. 各種装置の取り外し

主鏡を取り外した際に、鏡筒のバランスが崩れて倒れないように、最初に、頭部の各種装置やウエイトを取り外す。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

各種装置やウエイトは数 10kg 以上の重量物も多いため、ドーム備え付けのクレーンを用いて取り外す。

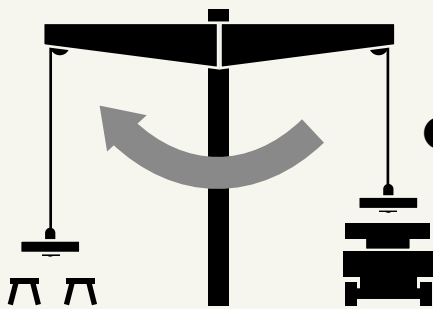
4. 主鏡・主鏡セルの取り外し

主鏡セルの留ボルトを外し、主鏡吊り上げ治具をつけた主鏡用台車に乗せる。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

主鏡用台車の上げ下ろしは昇降床を使って行う。前後左右の微妙な位置合わせは、主鏡前に設置したモニタカメラを見ながら、主鏡用台車の xy ステージを使用して調整する。

② 洗浄台・反射率測定



① 主鏡移動



② 反射率測定

1. 主鏡を洗浄台に設置

主鏡の固定を外し、主鏡セルから主鏡を取り出す。主鏡の中心穴から突出している吊り上げ治具にクレーンの吊り具を取り付け、主鏡を洗浄台へと移動する。洗浄台に主鏡が設置されたら、吊り上げ治具は洗浄の妨げになるので取り外す。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

洗浄室は階下にあるため、ドーム備え付けのクレーンで床穴から主鏡を階下に下ろす。床穴の直下は洗浄室になっており、主鏡を乗せる洗浄台を予め用意しておく。

2. 反射率測定

洗浄を行う前に、どのくらい反射率が落ちているか測定を行う。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

反射率の測定はスキヤトロメータ (TMA  $\mu$  Scan H-670-01) を用いて行う。主鏡の面積は大きく、汚れも均一ではないため、外縁部、中間部、中心部をそれぞれ、数点ずつ測り、平均値を出す。

# 潜入！！岡山天体物理観測所 — 188 cm 反射望遠鏡ノ再蒸着ヲ追工！ —



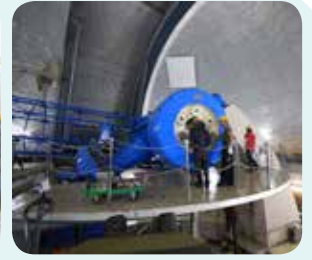
▲主鏡・副鏡を取り出すために、望遠鏡に付属している各種装置・部材を取り外す必要がある。解体のためにはまず、望遠鏡を横倒しにし、固定する作業から開始する。



◀鏡筒から各種装置類を取り外すと、バランスが崩れ、鏡筒が持ち上がるため、鏡筒の先にロープを結びつけて固定しておく。



▲望遠鏡のバランスウェイトを固定金具に取り付け、赤経軸の回転を固定する。



▲鏡を増やして固定金具側を重たくし、赤経軸の回転をしっかり固定する。



▶主鏡用台車を直下に滑り込ませ、昇降床を上げる。主鏡セルにぴったりはまるように慎重な調整作業が行われる。



▲鏡筒が直立したら、底部に取り付けられているダミーウェイトを、専用台車に取り外す。



▲主鏡を取り外すために鏡筒を立てる。鏡筒の先を固定しているロープを慎重にくり出しながら、ゆっくりと鏡筒を立てていく。



▲主鏡前にモニタカメラを取り付ける。主鏡取り外しの際に、位置確認に使用する。



▲鏡筒内に入り込み、副鏡や第3鏡、パッフル、バランスウェイト、その他観測装置などを慎重に取り外していく。



◀主鏡セルの留めボルトを外し、昇降床をゆっくり下ろす。現れた主鏡には、うっすらと白い埃やチリが見える。主鏡中心の穴から突き出しているのは、主鏡吊り上げ用の治具。



▶セルから外された主鏡は、床穴から階下(1階)の洗浄室へとクレーンで降ろされる。



▲洗浄台座に降ろされてきた主鏡。洗浄台座を取り巻く青のホースは、洗浄の際に流れ落ちた廃液が、周りに流れ出さないようにと設置した防水堤。長年の知恵の一つ。



▲反射率測定装置で、洗浄前の鏡の反射率を測定。複数箇所を測定し平均値を使う。

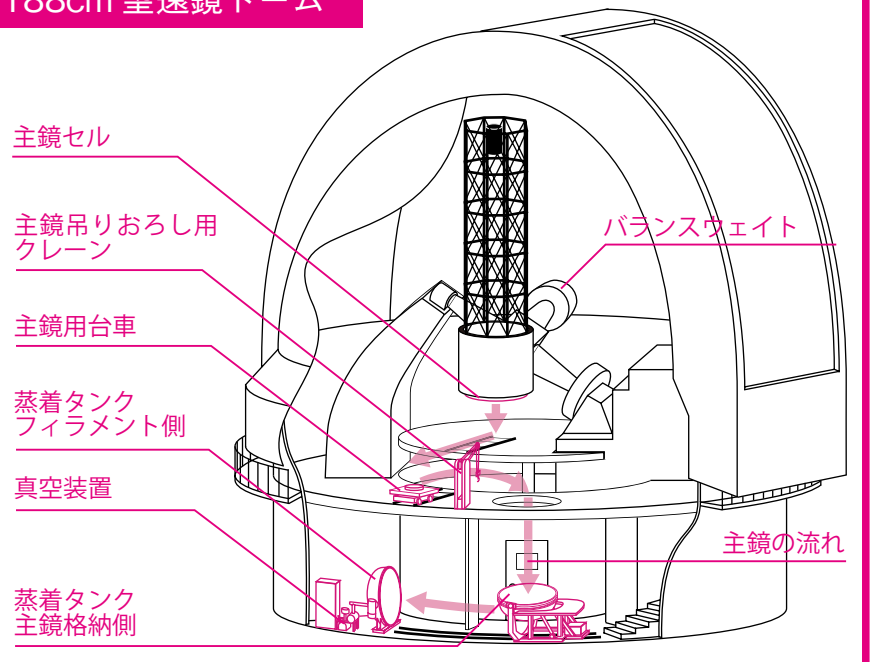
## 解体班、洗浄班、蒸着班の連携

岡山天体物理観測所の反射鏡再蒸着は、所員総出で3日掛かりの大作業になる。限られた時間と労働力を効率良く活用するために、望遠鏡から鏡を取り出す「解体班」、反射鏡のメッキを剥離し、重曹で表面を研磨、アルコール等で綺麗に拭きあげる「洗浄班」、吹きあげ後の鏡を真空蒸着タンクに取り付け、真空蒸着を行う「蒸着班」の3班に分かれ、並行しながら作業を行っている。



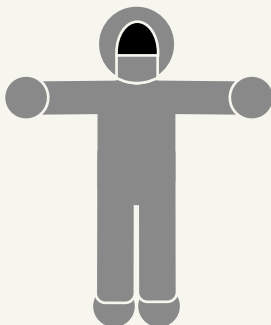
朝のミーティング。解体班、洗浄班、蒸着班の作業手順・時間割を班長が確認している。

## 188cm 望遠鏡ドーム

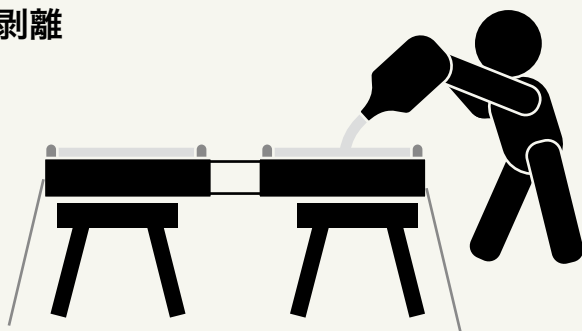


## ③ メッキ剥離

### ① 洗浄準備



### ② メッキ剥離



#### 1. 洗浄準備

鏡材固定のベルトなどを取り外し、洗浄液や薬品の飛沫を防ぐビニルスカートを鏡材周囲に取り付ける。

洗浄者は、油脂やフケ、ホコリなどが落ちないように、白衣・マスク・手袋・長靴・帽子などを装着する。なお、扱う薬品に応じてガスマスクやゴム手袋を適時使用する。

#### 2. 薬品でメッキ剥離

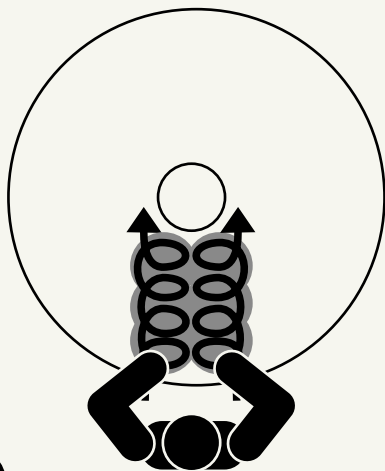
鏡面にメッキ剥離溶液を掛け、メッキを剥離する。溶け残ったメッキの箇所には、剥離溶液を染み込ませた不織布などを敷いて、溶かす。

#### 岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

アルミメッキの剥離には、10% 水酸化ナトリウム溶液を使用する。あらかじめ調合し、バケツに作成しておく。

## ④ 研磨

### ① 重曹研磨



### ② 研磨剤除去・洗浄

#### 1. 重曹研磨

目に見えない溶け残ったメッキや、表面に付着した頑固な汚れを、研磨によって取り除く。研磨剤として重曹を振りまき、純水を加えて、うどん粉を練ったような状態にする。

うどん粉状の重曹を円を描くように、手でゴシゴシと押し付けながら磨きあげる。

#### 岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

4～5人がかりで、主鏡の周囲を回転するように移動しながら磨く。1～2回転ほど行う。

#### すばる望遠鏡の場合：

直径8mもの大鏡面になると重曹が残りやすくなるため、重曹研磨を行わないほうが失敗が少なくなる。すばる望遠鏡では、重曹による研磨工程は行わない。

#### 2. 研磨剤除去・洗浄

重曹を純水で十分押し流したのち、アルコールを流し、洗浄・脱脂する。不織布の布先などが軽く触れる程度に中央穴に向けて拭き上げ、残った重曹を押し流す。





▲メッキ剥離。中央の穴に蓋をし、10%水酸化ナトリウム溶液を鏡端から万遍なく掛けていく。



▲重曹研磨。腰を入れてゴシゴシ磨く。結構な重労働。



▲重曹を純水で洗い流したのち、エタノールで洗浄。乾燥不織布で、こすらないように、布先でなでるように、中央に向けてエタノールを拭いていく。



▲岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡は、1959年に作られたイギリス製の鏡。当時は、気泡のない大型ガラス鏡を作る技術が確立されておらず、鏡の中に多数の気泡が見られる。



▲洗浄で使用した薬剤の廃液処理や装備の洗浄も大切な仕事。中和希釈したのち、使い捨ての洗浄具や廃液は収集され、専門の処理業者に渡される。

## 必要とされる安全資格・安全衛生管理

大型反射望遠鏡の解体作業においては、部品の重量が非常に重いため、クレーン使用は必要不可欠である。そのため、岡山天体物理観測所では、クレーン作業従事者には以下の資格の取得が求められている。

- ・クレーン運転資格（クレーン操作に必要）
- ・玉掛け資格（クレーンなどに物をかけ外しする作業に必要）

また、メッキの剥離、反射鏡の洗浄においては、様々な薬品を使用するため、薬品取り扱いの資格も必要となる。岡山天体物理観測所では、ジエチルエーテル、苛性ソーダ、塩酸、アセトン等の薬品を使用しているため、以下の資格取得が求められている。

- ・有機溶剤作業主任者
- ・特定化学物質等作業主任者
- ・安全衛生推進者等

また、2004年の国立天文台法人化以降、安全衛生管理の充実が図られ、

- ・薬品庫の設置
- ・緊急シャワーの設置
- ・各種安全作業心得の掲示が行われている。

## 盤材と薬品のウェットな関係

メッキを剥がす溶剤は、メッキ材や鏡材の耐性によって変わってくる。反射鏡のメッキ材にはアルミが最も一般的に使用されているが、求める光学特性により、銀や金を使用されることもある。

アルミメッキを剥離する場合、鏡材がアルカリに強いものである場合は水酸化ナトリウム溶液を使用し、鏡材が酸に強いものである場合は塩酸や硫酸銅溶液を使用することが多い。岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡は水酸化ナトリウム溶液を、すばる望遠鏡では塩酸溶液を使用している。

## ココだけの話：大切な頂き物

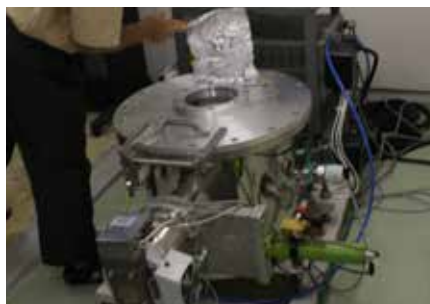
岡山天体物理観測所の蒸着装置は、限られた予算の中で、機能を向上させるために、様々な場所から不要になった装置を譲り受けては活用し、長い年月をかけてグレードアップされてきた。

純水は、洗浄の際に大量に使用する。洗浄用の純粋製造装置は、元タイオン交換樹脂を用いた専用の設備があったが、老朽化により維持・保守が難しくなっていた。そこで国立天文台三鷹で1.5m鏡用の蒸着装置廃棄に伴い不要になったものを岡山天体物理観測所に移設し、再利用している。

また、プリウエットフィラメント（11ページ参照）を製造する小型蒸着装置は、三鷹の開発実験センター（現先端技術センター）で、すばる望遠鏡や1.5m望遠鏡のアルミ蒸着作業に使用するプリウエットフィラメントの製作法研究に使われていたものを、2006年に岡山天体物理観測所に移設し、使用している。



▲純水製造装置

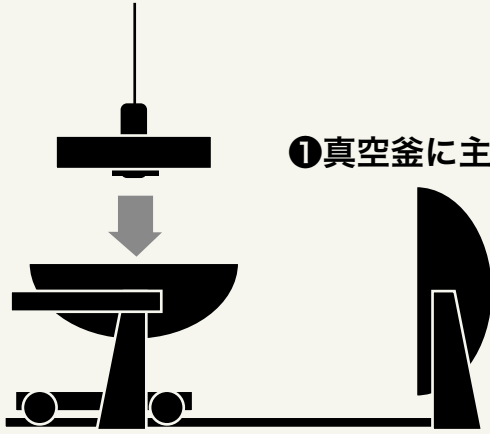


▲プリウエットフィラメント用小型蒸着装置

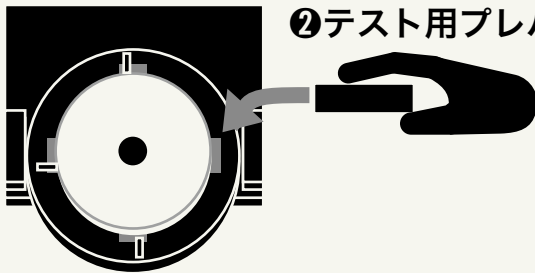
## 盤材と研磨剤のドライな関係

メッキの剥離に通常の研磨剤を用いると、いかに硬度の高い鏡材といえども傷ついてしまう。そのため再蒸着の際は、最初に薬品でメッキをだまかに剥離したのち、仕上げに重曹で研磨を行う。重曹の粒子は非常に細かいので傷つきにくく研磨補助材としても使用されているほか、鹼化（乳化）効果があることから、油脂の除去を行う効果がある。また、弱塩基のため人体にも安全で、環境ホルモンも含まれていないため環境にやさしいのも、洗浄仕上げの研磨剤として重宝される要因である。

⑤ 真空釜に主鏡設置



①真空釜に主鏡設置・固定



②テスト用プレパレート設置

1. 主鏡設置・固定

メッキを行う真空装置に主鏡を設置・固定する。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

主鏡を設置する蒸着釜の蓋はレール移動式になっており、洗浄台の位置まで移動できるようになっている。また、蒸着釜の蓋は、内面を上に向けられる構造になっている。洗浄台の主鏡をいったんクレーンで吊り上げ、横倒しにした蒸着釜の蓋を主鏡下に滑り込ませたのち、クレーンを下げ、主鏡を蒸着釜に収める。鏡板側面の溝に合わせた治具を使い、主鏡を蒸着釜に固定する。

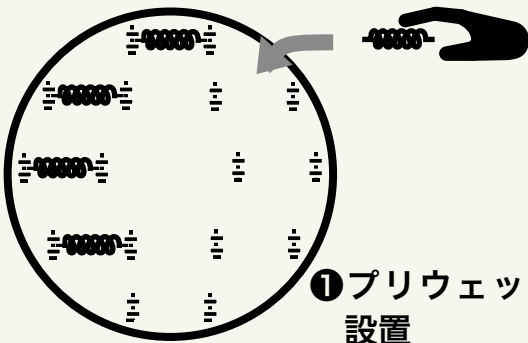
2. テスト用プレパレート設置

メッキした膜の均質性や付着強度をはかるために、主鏡周辺の数カ所に、洗浄したテスト用プレパレートを設置する。

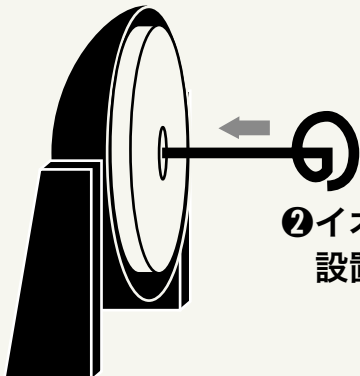
岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

主鏡周辺の4カ所（主鏡固定用の治具の場所）に、テスト用プレパレートを設置する。

⑥ フィラメント・イオンボンバード設置（抵抗過熱による真空蒸着の場合）



①プリウェットフィラメント設置



②イオンボンバード用放電電極設置

1. プリウェットフィラメントの設置

蒸着電極にプリウェットフィラメントを設置する。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

プリウェットフィラメントは別室のプリウェットフィラメント製造装置で予め製作しておく。製造したプリウェットフィラメントの重量は計量しておく。蒸着後にもフィラメントの重量を計量し、その重量差から蒸発したアルミ量を推算する。

プリウェットフィラメントの取り付け箇所は36カ所あり、解体班が主鏡の取り外しを行っている間に、この作業を済ませる。

2. イオンボンバード用放電電極を設置

蒸着釜にイオンボンバード（13ページ参照）用放電電極を設置する。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

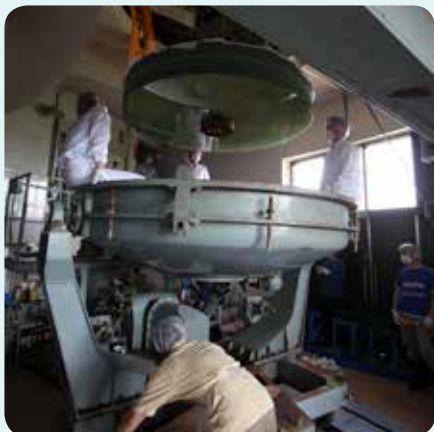
イオンボンバードの放電電極は蒸着釜によって形状や設置場所が異なる。188cm用蒸着釜の場合、主鏡中心の穴に"の"の字の放電電極をつきたてる。放電電極は釜外にまで突出するので、真空が漏れないようにシール（真空空間を外部から隔離する部材のこと）には十分気をつける必要がある。



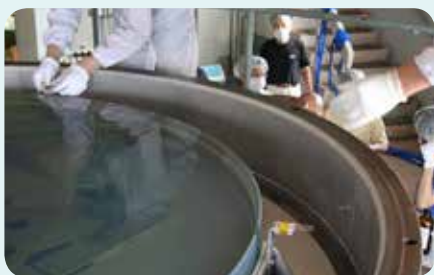
▲蒸着釜内側（フェラメント設置側）にある36本の電極に、プリウェットフィラメントを装着していく。



▲プリウェットフィラメントは、蒸着前・蒸着後の重量を記録しておき、どの位置のフィラメントから、どれだけのアルミが蒸発したかを推定する。



▲クレーンで主鏡をいったん釣り上げ、主鏡の下に横倒しにした蒸着釜の蓋（主鏡装着側）を滑り込ませる。なお、蒸着釜蓋は動力付きで、レール上を自走する。



▲設置した主鏡の周辺3カ所に、テスト用プレバートを設置する。



▲主鏡を設置した蒸着釜の蓋を立て、イオンボンバード用電極通称"の"の字を設置する。

## プリウェットフィラメントとは

プリウェットフィラメントは加熱用のコイル状フィラメントにあらかじめ一定量の蒸発材料を溶かし込んだものだ。たとえばアルミ蒸着の場合は、タングステンフィラメントに溶かしつける。このことにより一定量のアルミを蒸「発」させることが容易となり、蒸着が成功しやすくなる。

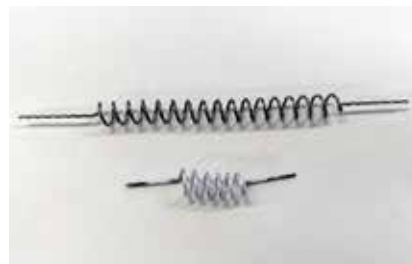
蒸着を行う際には、広い鏡面に均等に蒸着されるように、広い範囲に複数個のフィラメントを配置する。また、大電流を流す電力が必要であるため、円環状に配置したフィラメントを複数の系統に分けて加熱蒸発を行う。

岡山天体物理観測所にあるプリウェットフィラメント製作用小型蒸着装置では一度に8本のプリウェットフィラメントを作ることができる。フィラメントのコイルに棒状のアルミを入れ、初心者でも正しい手順で作業すればほぼ100%近い歩留まりが得られる。

なお、すばる望遠鏡用のプリウェットフィラメントを作る際には、棒状のアルミをコイルの中に入れてもうまく溶け込んでくれない。アルミ素線を波型に整形した「波形クリップ」というものをフィラメントの中に入れてすることで、高い歩留まりのプリウェットフィラメントを製造できるようになった。



▲岡山天体物理観測所のプリウェットフィラメント用小型蒸着装置。



▲上がすばるのフィラメント。長さは19cmもある。下が岡山のフィラメント。長さは8cm。

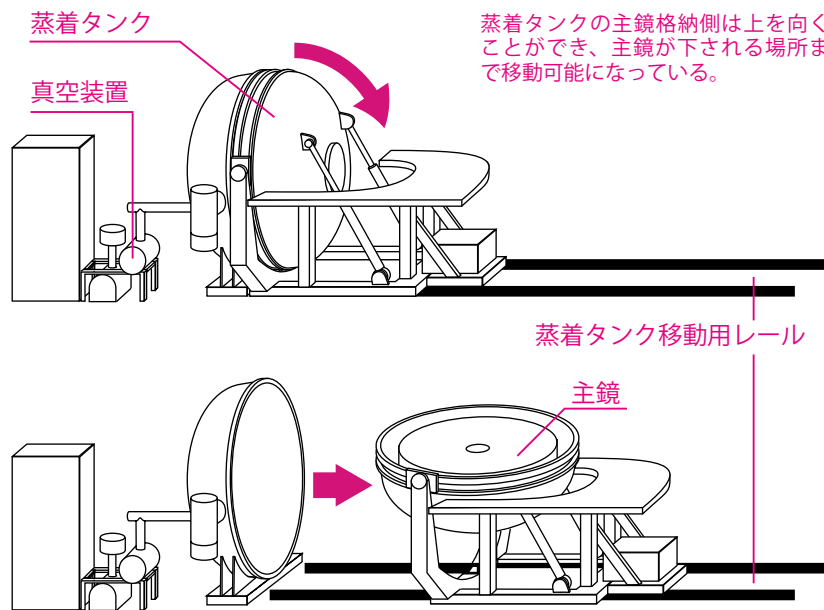


▲岡山の蒸着装置のフィラメント配置。内側12本、外側24本。全部で36本ある。



▲すばるの蒸着装置のフィラメント配置。上面に見える穴の上に電極とつながったフィラメントが装着されている。全部で288本ある。すばるの蒸着は、下に鏡材が置かれ、上から蒸着する仕組みになっている。これらの穴は、蒸着の際に、各フィラメントからのアルミが飛び範囲を制限するためのものである。

## 岡山天体物理観測所の真空蒸着装置



⑦ 真空引き



① 真空引き

② マイスナーコイル



③ イオンボンバード

1. 荒引き・本引き

各種真空ポンプを使用し、 $10^{-5}$  Torr 程度まで真空度を高める。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

ロータリーポンプ、メカニカルブースターポンプ、He 冷凍式クライオポンプを順次使用し真空に引く。所要時間は約 3 時間。

2. マイスナーコイル

液体窒素をマイスナーコイルに注入。真空度を  $10^{-6}$  Torr へ高める。

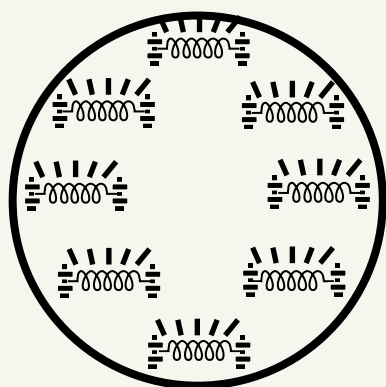
岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

マイスナーコイルに液体窒素を注入する際は、チューブの重量を計測しながら行う。液体窒素の残量を確認しながら、投入する。

3. イオンボンバード

マイスナーコイルへの液体窒素注入を停止。アルゴンガスを注入し、真空度を 0.025 Torr に維持。放電電極に高周波プラズマを流し、イオンボンバードをおこなう。所要時間は約 20 分間。

⑧ メッキ・釜開け・計量



① メッキ

1. メッキ

イオンボンバード終了後、ガラス材の熱が冷めないうちに、メッキを実施する。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

36本のプリウェットフィラメントに定電流を流して蒸着を行うが、大電流を必要とするため、系統に分けて蒸着を複数回実施する。定電流で流すのは、電流制御式の方が、各フィラメントの個体差が平滑され、制御効果が高まるため。36本のフィラメントが全て蒸着終了すると、膜厚は約 80 nm になる。

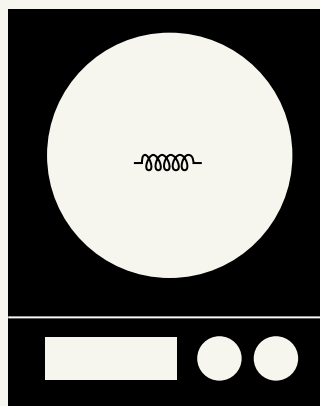
2. 釜開け

鏡材の熱が冷めるのを待ち、バルブを開けて空気を入れる。蒸着釜内の圧力が大気圧と同じになったら、釜を開封する。

3. フィラメントの状態確認・計量

目視で、フィラメントの蒸着ミスがないか確認。蒸着失敗したフィラメントは、場所を記録するとともに、サンプルとして保存。90%以上の成功であれば、膜圧には問題なしとする。外したフィラメントは計量し、蒸着前の重量と比較してどのくらいのアルミが飛んだかを記録しておく。

③ フィラメントの計量





▲ロータリーポンプで粗引きをし、順にメカニカルブースターポンプ、He冷凍式クライオポンプ等で蒸着釜内の真空度を上げていく。



▲十分に真空度が上がったら ( $10^{-5}$  Torr)、マイスナーコイルに液体窒素を注入。コイル出口からは冷却された水蒸気が勢いよく噴出する。真空度は一気に上昇し、 $6 \times 10^{-6}$  Torr に達する。



▲蒸着釜にアルゴンガスを注入し、イオンボンバードを約20分間行う。"の"の字は白く発光し、紫色の放電により、主鏡表面が最終洗浄される。



▲アルゴンガスを止め、蒸発させるブリュエットフィラメントを昔ながらのナイススイッチで選択する。蒸着は数回に分けて行われ、平均に蒸着されるよう、各回に蒸発させるフィラメントの位置もあらかじめ決められている。



▲定電流装置で、ブリュエットフィラメントに流す電流値をセット。電流を流すと蒸着が始まる。

## 真空装置アレコレ

真空ポンプは、その仕組みによって排気速度や到達真空度が異なる。効率よく短時間に目的の真空度を得るために、複数の真空ポンプを使い分けることが多い。岡山天体物理観測所の蒸着釜には4種類の真空ポンプが使われている。

- **ロータリーポンプ**  
最も一般的なポンプで、油回転真空ポンプとも呼ばれる。大気圧からの最初の粗引きなどに使用され、到達真空度は  $10^{-3}$  Torr 程度。
- **メカニカルブースターポンプ**  
ロータリーポンプの排気速度や到達真空度を向上させる補助ポンプ。
- **He 冷凍機式クライオポンプ**  
極低温によって、気体分子を凝縮・吸着させて捕捉し、排気するポンプ。粗引き終了後に動作させることで、超高真空を得ることができる。到達真空度は  $10^{-5}$  Torr 程度。
- **マイスナーコイルポンプ**  
タンク内の銅管に液体窒素を流すことで、銅管表面に気体分子を凝縮・吸着し、超高真空を得る。クライオポンプとは異なり、凝縮・吸着するだけで、排気はされない。真空引きの最終段階で使用し、一気に真空度を高める。到達真空度は  $10^{-6}$  Torr 程度。

なお、初期の頃はチタニウムゲッターポンプや油拡散ポンプが使用されていた。

## イオンボンバードって何？

イオンボンバードは、ガラス材をプラズマ中に晒すことによって、ガラス面を洗浄し、蒸着の密着力を高める技術のこと。

岡山天体物理観測所の蒸着釜では、アルゴンガスを流し、鏡中心部の穴から突出した"の"の字の電極とタンク外側との間でグロー放電させることによってイオンボンバードを行っている。

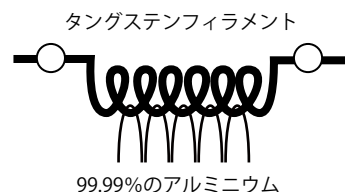
プラズマ中に晒されたガラス材はマイナスに帯電し、それを中和するためにプラスのイオンが流れ込んでいく。その際のイオン衝突により、ガラス面に残った付着物が叩き出されるとともに、ガラス材の表面温度が上昇することで蒸着膜の密着力が高くなる効果を生む。終了後できるだけ早く蒸着しないと効果的でないといわれているため、イオンボンバード終了後はアルゴンガスを止め、マイスナーコイル（真空技術アレコレ参照）に液体窒素を流して真空度を一気に高め、蒸着ができる状態へと持っていく。

## ココだけの話：プリウエットフィラメント前日談

ブリュエットフィラメント製造装置が登場する前は、蒸着タンクの中で、ブリュエットを行っていた。

その当時は、U字型に加工した純アルミニウムを螺旋状のタングステンフィラメントに5個ずつ取り付け、 $0.2 \times 10^{-4}$  Torr 程度まで真空引きしたのち、6本のフィラメントずつ、電流を流して、アルミを溶かし込み、それを6回繰り返すことで、計36本分のブリュエットを行っていた。しかし、この方法では、6本が均一に溶ける瞬間を目で見ながら判断し、電圧をコントロールする必要があったため、熟練の技術が求められた。実際、フィラメントの1割ほどは、アルミが綺麗に流れ込まず溶け落

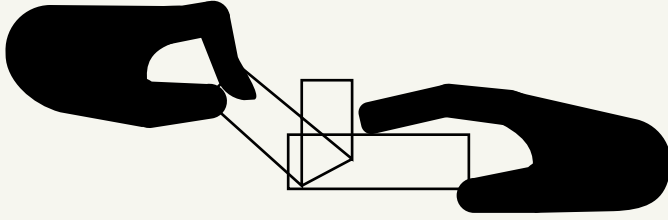
ちたり、コイル間でブリッジして固まりになったり、そのまま蒸発してしまったりと、失敗していた。また、このブリュエット作業後、真空を大気圧に戻し、鏡を収納し、再度真空引きをして蒸着を行っていたため、作業は非常に長時間にわたるものとなっていた。



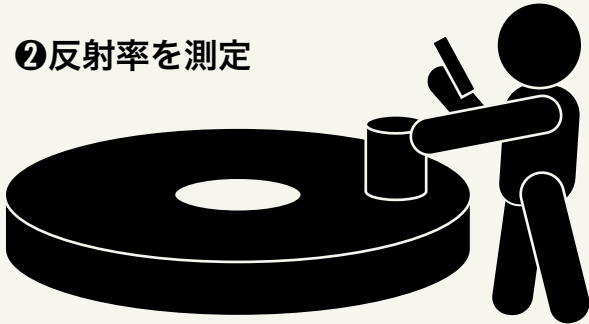
▲蒸着中。主鏡面にアルミが蒸着されるに従い、反射して見えるブリュエットフィラメントの様子もくっきりと見える。

9 検査

① テープテスト



② 反射率を測定



1. テープテスト

テスト用プレパラートにスコッチテープを貼り付け、剥がすことによって膜強度の簡易テストを行う。メッキが剥がれなければ成功。剥がれた場合は、再度メッキを剥がし、洗浄のやり直しとなる。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

念のため、プレパラートだけではなく、主鏡の外縁部や内円部に近いところでも、テープテストを行う。

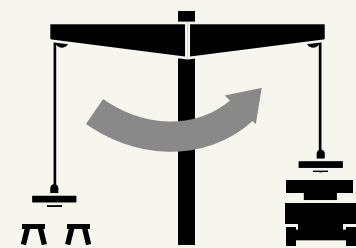
2. 反射率測定

反射率測定装置をあて、反射率を測定。外縁部、中間部、中心部をそれぞれ、数点ずつ測り、平均値を出す。蒸着前の反射率と比較し、記録する。

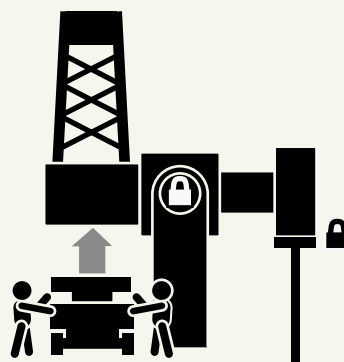
岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

蒸着直後の反射率は、通常、約 91%になる。

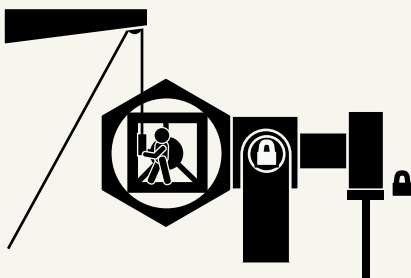
10 組み立て



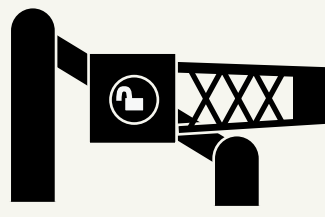
① 主鏡用台車に設置



② 主鏡取り付け



③ 各種装置取り付け



④ 固定解除

1. 主鏡用台車に移動

クレーンを使い、主鏡用台車に主鏡を設置。主鏡セルに主鏡を固定する。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

クレーンで釣り上げる前に、主鏡周囲に固定バンドを装着する。

2. 主鏡取り付け

主鏡用台車を鏡筒直下に移動し、主鏡セルを鏡筒に取り付ける。

岡山 188 cm 望遠鏡の場合：

昇降床で主鏡用台車を持ちあげ、鏡筒に主鏡セルをはめ込む。その際は、常に中心に来ていることを確認し、慎重に装着していく。

3. 各種装置取り付け

鏡筒を（横などに倒し）固定し、各付属観測装置や錘を取り付ける。

4. 固定解除

すべての装置が取り付けられたら、ロープ・ロックボルトをはずし、固定を解除する。最後に、赤経・赤緯軸周りのバランスを調整して、全作業の終了

## 表面コーティング

蒸着したままのむき出しの鏡面は酸化・腐食しやすく、傷もつきやすい。アルミメッキの場合、約1年で反射率は60%近くまで低減してしまう。そこで、蒸着面に透明皮膜SiO、SiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>などをコーティングすることで、酸化しにくく、傷つきにくくなる方法が考えられた。SiO<sub>2</sub>のオーバーコートを行うことによって、再蒸着の必要性は一年に一回から数年に一回へと減り、アルコールによる拭き上げだけで高い反射率を維持することが可能になった。

しかし残念ながら、岡山天体物理観測所にはオーバーコーティングの設備がなく、大きなサイズのオーバーコートは、外注すると費用が非常に高く付くことから、未だ、188cm鏡はオーバーコートされていない。



▲蒸着終了後、真空装置を止め、バルブを開き、蒸を開ける。うまく蒸着されているかどうか、ドキドキの瞬間。

## 再蒸着以外の反射望遠鏡メンテナンス

反射鏡の反射率の低下は、金属面の酸化・腐食によるものだけではなく、花粉や砂塵、埃、虫の死骸などの付着によるものも大きい。

それらは表面の簡単な洗浄で除去することが可能なため、岡山天体物理観測所では約1ヶ月ごとに洗浄を行い、年間を通して80%以上の反射率を維持している。

鏡の簡易洗浄では、次のようなことを行っている。

- ・圧縮空気で鏡面に付着したゴミ類を吹き飛ばす。
- ・レンズクリナーをスプレーし、脱脂綿布で軽く叩くようにしながらゴミ、油分等を取り除く。



▲主鏡周辺に設置していたテスト用プレパラートの表面にスコッチテープを貼り剥がしてみる。蒸着膜が剥がれなければ成功。



▲主鏡表面。細かい白い点がみられるが、チリや蒸着の失敗ではなく、主鏡を作成した際にガラス表面に露出した気泡の凹みだ。



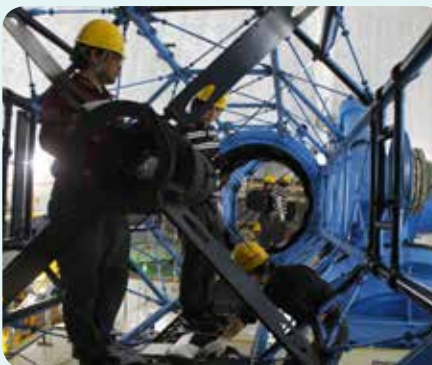
▲反射率の測定。蒸着前に測定した反射率と比較し、反射率の向上を確認。



▲主鏡はクレーンで2階に釣り上げられ、主鏡セルに収められる。



▲元どおり



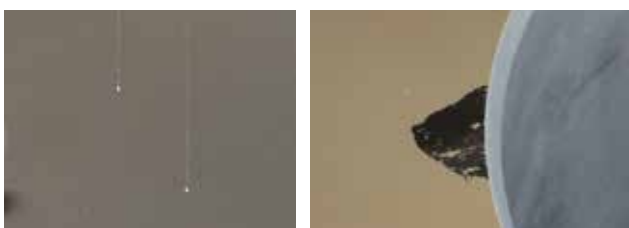
▲外した各種装置を次々と付け直す。



▲主鏡用台車を鏡筒の下まで移動し、昇降台で慎重に上げていく。中央に来ていることを確認しながら、主鏡セルを鏡筒にはめていく。

## ココだけの話：蒸着むら、アレコレ。

不十分な洗浄、汗や唾、残留不純物からのガス発生など、様々な要因から蒸着のムラやメッキ剥離が発生したりします。たとえば、こんな・・・



## 次世代超大型望遠鏡 TMT の再メッキ運用プラン

青木和光（TMT 推進室）

建設が進められている口径 30 メートルの TMT でも、主鏡をはじめ鏡のメッキ作業は同じように必要です。しかし、TMT の主鏡は分割鏡で構成されるため、運用はかなり違ったものになります。

TMT の主鏡分割鏡は対角が 1.44 メートルの六角形状です。主鏡全体が回転放物面に近い双曲面となるように一枚一枚の鏡を研磨するため、配置される場所によって分割鏡は少しずつ表面形状が異なります。TMT 主鏡は、82 種類の鏡を 6 枚ずつ、計 492 枚で構成されます。

TMT 主鏡も、定期的に再メッキを行って高い反射率を維持する予定ですが、分割鏡は個別に取り外すことができるので、30

メートルの鏡を一度にメッキする必要はありません。TMT の場合、82 種類の分割鏡を 1 セット、交換用に別途用意しておき、メッキしたものを順次、使用している鏡と置き換えていきます。この作業は昼間に行えるので、夜間観測を止めることなく主鏡の再メッキを行うことができます。これは分割鏡方式の大きな利点のひとつです。

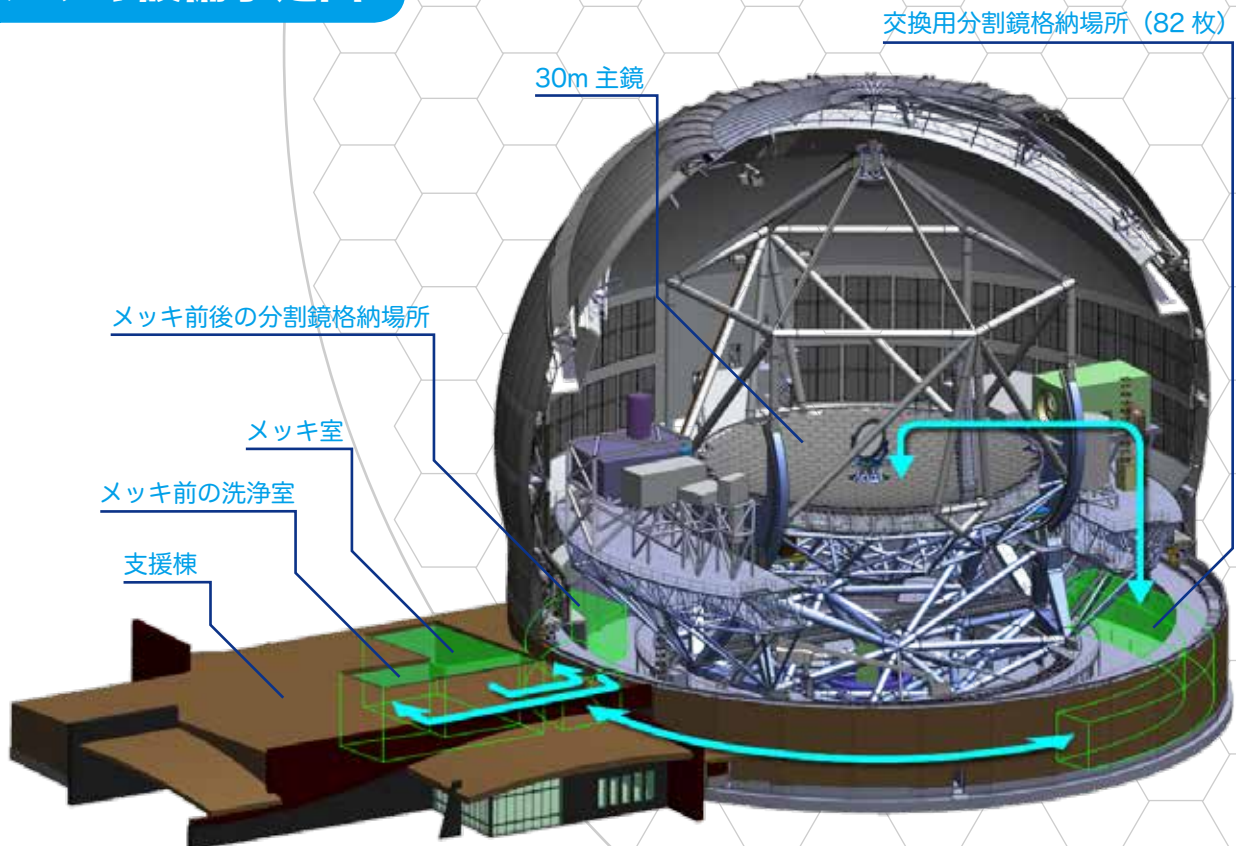
ただし、分割鏡は 492 枚もあるので、1 日 1 枚メッキしても全体を再メッキするには一年半近くかかることになります。このため、分割鏡の再メッキと交換は、日常的な保守作業の一部として行われることになります。現在の運用案では、2 年ごとに全体を再メッキすることを想定しており、

このために 1 日に 2 枚の鏡をメッキできる機能、および 1 日に最大で 10 枚の鏡を交換できる機能をもつように設計が進められています。分割鏡を交換するための装置は望遠鏡本体に組み込まれます。

TMT の主鏡には、今のところジェミニ望遠鏡で用いている保護膜つきの銀メッキに近いものをほどこすことを想定しています。これは赤外線での高い反射率を重視しているためです。

なお、鏡に降り積もった塵をドライアイスの粒を吹き付けることによって払う装置も搭載予定です。これはすばる望遠鏡で用いられているものと同じ方式です。

### メッキ設備予定図



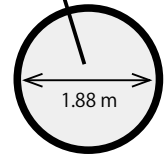
▲メッキ設備は、ドームに併設される支援棟に設置される予定です。ドーム内には、82 枚の交換用の分割鏡を格納する場所、メッキ作業にかかる分割鏡を置く場所などが予定されています。また、図の望遠鏡本体の背後には、副鏡、第三鏡のメッキ設備も設置される予定です。



# 主鏡スペック比較

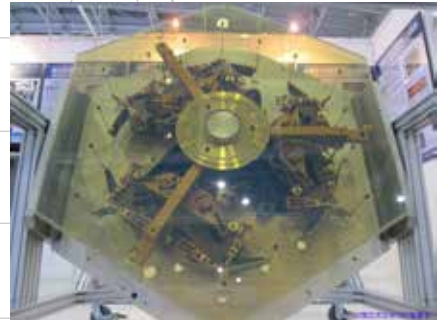
## 岡山天体物理観測所 188 cm 反射望遠鏡

有効径：1.88 m  
材質：パイレックス  
厚み：0.27 m  
重量：1.7 t  
メッキ材質：アルミニウム  
メッキ方法：抵抗加熱による真空蒸着  
製造年：1959 年



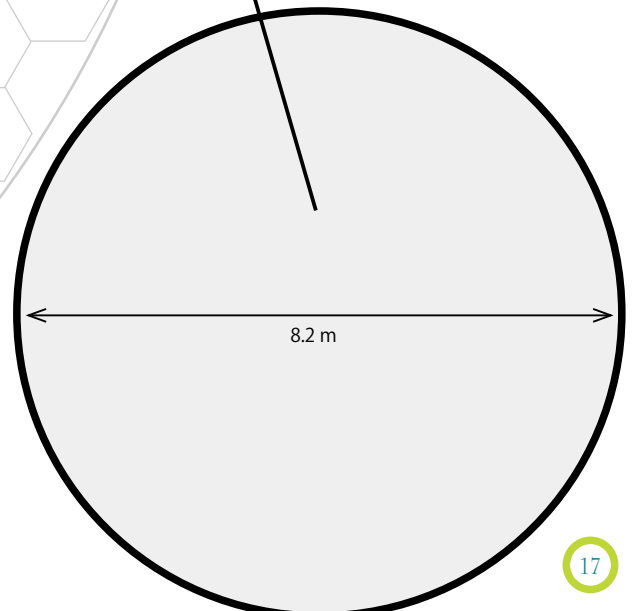
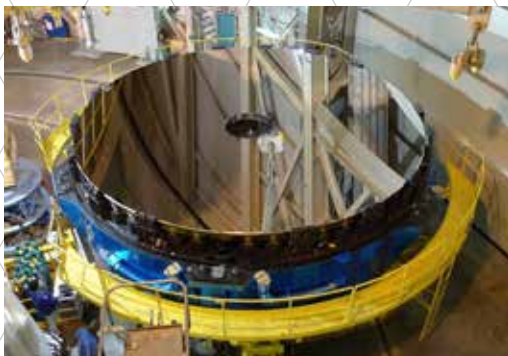
## 次世代超大型望遠鏡 TMT

有効径：対角 1.44 m (主鏡全体 30 m)  
材質：クリアセラム (ガラスセラミックス材)  
厚み：0.045 m  
重量：0.15 t  
メッキ材質：銀  
メッキ方法：スパッタリング  
製造年：右写真は試作品



## すばる望遠鏡

有効径：8.2 m  
材質：ULE ガラス (超低熱膨張ガラス)  
厚み：0.20 m  
重量：22.8 t  
メッキ材質：アルミニウム  
メッキ方法：抵抗加熱による真空蒸着  
製造年：1998 年



# 特集：国立天文台反射望遠鏡の再メッキ

に手伝わってもらっていますね。最近は研究者の方が逆に多いですよ。彼らが自分で装置を作ったりメンテナンスしたりするようになったので、技系職員は徐々に減っていったという経緯もありますね。

(岩城)

今日は、188cm望遠鏡の再蒸着を拝見させていただきました。長年、岡上で蒸着をやられてきて、昔と一番変わった点はどこなところでしょうか？

(小矢野)

一番変わったのは真空装置ですね。蒸着するためには釜の中を真空にするのですが、その為の真空装置は全部変わっていきましたね。蒸着釜だけじゃないかな、昔のままなのは。昔は蒸着作業を朝8時くらいに始めて、夜の9時、10時くらいまでかかってましたから12時間以上ですね。ですから待機時間が長くて、今日のは、朝始めて3時くらいには済んでいたでしょう？。2倍、3倍早くなっている感じですね。昔と今では、真空ポンプの能力は雲泥の差です。

(岩城)

それだけ時間がかかっていると失敗したときの影響が大きいですね。

(小矢野)

だからよくなすり合いの喧嘩になっていたんですけどね(苦笑)。

(岩城)

蒸着そのものの技術では何か変化がありましたか？

(小矢野)

プリウエットフィラメント(蒸着用のアルミ付きフィラメントのこと)ω11ページ)ですかね。プリウエットというのはフィラメントにアルミを溶けこませることなんですけれども、以前はタンク(蒸着用の大釜)の中で、36本のタンクステンフィラメントに、コイルの形に合わせたアルミチップをそれぞれ5個ずつぶら下げて、加熱したフィラメントを目で確認しながらプリウエットしてました。電気容量の問題で、全部一斉にはできないので、6本ずつ6回に分けてやります。電圧を上げていって、6本が均一に溶ける瞬間を探さなければいけないわけです。一人が窓から見て、フィラメントの色具合で「今巻き付いた！ちよーどいいんじゃないかな？」と判断したら「切れ！」と言ってますね。その声で、もう一人がフィラメントの電流をパチッと落とすというのをやっていったんですけれども、間に合わず下に飛び落ちたり、ブリッジして塊になったり、パシッと飛ばしたりするものもあって、かなり大変でしたな。あまりにも失敗したら、蒸着量が減ってしまいますのでやり直しますけれども、もともと一割・・・3本か4本は落ちるものもしょうがない

やということをやっていました。これをちゃんとするには、かなり目のいい熟練が必要なんです。これが、直前にプリウエットフィラメント36本を取りつけるだけで良くなった・・・というのはすいぶん楽になりました。成功率もいいですよ。

(岩城)

プリウエットフィラメントはどのようにして作られているのですか？

(小矢野)

プリウエット用の小さな釜が、太陽クーデの一室にあり、時間のあるときに作成しています。その釜では、プリウエットフィラメントは1回で8本作れます。ですので、5回やれば1釜分作れる感じですよ。1釜用に用意するのは40本で、うち4本が予備になります。また、蒸着が失敗した場合用に、1釜分は用意しておくことにしていますので、今回は4釜分160本用意しましたね(今回、188cm望遠鏡だけでなく、外部から蒸着依頼が2件あった)。でも、昔はプリウエットも歩留まりが悪くて、ポロポロ落としていたんですけれども、今は100%近く巻きつく方法を確立しました。

(岩城)

どのような工夫で成功率100%近くに？

(小矢野)

昔はU字のチップを一つ一つフィラメントにぶら下げて、溶かしていたんですが、ポテッとお落ちたりするんですよ。それを、フィラメントの中に棒状のものをポンと入れるという方法でできないかと、すばるで試されたことがあるんです。結局うまくいかなかったんですけど、すばるよりフィラメントが短い岡山ならうまくいくんじゃないかと試してみたら、うまくいってしまいました。とりあえずやってみるというのもいいなあと思いましたね(笑)。

(岩城)

棒状のものをに入れるだけだとチップに比べたら格段に楽ですね。

(小矢野)

チップをつくるのも、巻いた形のアルミをわざわざカッターで半分切った作っていたので、すごく大変だったです。棒状のものでやるようになって、100%とまでは行かないまでも誰でも95%は成功するようになります。一度方法が確立されると、棒を入れれば誰でも作れるようになったので、すいぶん楽になりましたね。

(岩城)

蒸着を行う際に最も気をつけている点というのと、どのようなことでしょうか？

(小矢野)

一番を気を使うのは洗浄ですね。その出来不出来で、決まってしまうので。汗がぼたっと落ちたりとか、拭きムラがあったりとか、重曹が残ったりとか、まあ、重曹が残っていると見えるので、それはあまりありませんが・・・拭きムラがほとんどですね。そういうところから変なガスが出たりとか。でも、拭きムラが原因で失敗することは、今はほとんどありません。失敗するしたら、基本的には操作ミスがあった時などになります。

(岩城)

長年、岡上で仕事をされてきて、一番面白かったことをあげるとしたらなんですか？

(小矢野)

やっぱり開発絡みの時ですね。例えば京都三次元分光器やEDSの開発の時とかです。

(岩城)

どのようなことをやられたのですか？

(小矢野)

3次元分光器を188cm望遠鏡に取り付ける時だったのですが、これがなかなかうまくいかず、最後には現物あわせでなんとかしました。188cm望遠鏡は一台後には効いてくるんです。EDSは高分散型分光器の2つの色に対応していて、色を変えるのにグレイティングを回転させて切り替えていたんですね。その時に、フォーカスがずれないようにするのが、ミノだったの、それを設計するのが面白かったです。そのころは、今みたいなNCフライス盤は無く、手動のフライス盤で仮型を作り、それを利用して本体を作る・・・なんてことをやっていました。現物あわせのトライアンドエラーは工夫が必要で、かなりしんどかったですけど、達成感が有り楽しかったです。

(岩城)

紙面も残り少なくなってきました。最後に、同じ分野に進もうとしている若者へ何か一言アドバイスをお願いできませんか？

(小矢野)

「まず、素直に聞け！」ですね。「何で？」という疑問はいいんだけど・・・やっぱり最初は素直に聞いてもらって、それから学んでいかないと。とくに一品モノの世界は何かのマニュアルがあるわけではないので、現場で教えられて、自分で覚えていくわけですよ。それと経験ですかね。知識があっても経験がないと、要領がわからないこともあります。今の人たちは知識はあるのですが・・・私は長い事、辛抱して経験しました(笑)。



◀私の愛した道具たち

時間があればフライス盤など使って工作するのもいいのですが、でも、「これを取り付けろ」と言われるときは大概時間がないので、帯鋸でざくっと切ってヤスリをかけるのが一番早かったですね。すいぶんお世話になりました。



▶猫と小矢野農園

「私、動物が好きだったものですが、高校卒業の時は、広島大学の生物系の所と岡山天体物理観測所と迷っていたんですよ」。そう語る小矢野さんは、家に畑と家庭菜園と猫2匹の世話にイそしむ。観測所にも、小矢野さんからしか餌をもらわない猫や、小矢野さんが植えた果樹・草木があちこちに実っている。



# 天文台の

# 匠

# たち

## 蒸着の匠

## 特集



40年以上にわたり岡山天体物理観測所を支えてきた、西の「蒸着の匠」— 小矢野久さんへのインタビューを通して、大型望遠鏡の保守・運用、それを支える技術系職員の姿に迫ってみます。

### file03

小矢野 久 (岡山天体物理観測所)

インタビュー 岩城邦典 (天文情報センター出版室)

(岩城)

今回は、岡山天体物理観測所の「蒸着の匠」小矢野久さんにご登場いただきます。岡山天体物理観測所の歴史を見つけてきた小矢野さんに、天文台運用の様子を、歴史的変遷も交えながら語っていただきたいと思えます。まずは、これまでの経歴についてお聞かせいただけないでしょうか？

(小矢野)

岡山天体物理観測所が開所してから8年後の昭和43年に技官として岡山天体物理観測所に現地採用されました。それから岡山一筋、勤続46年です。

(岩城)

入所当時はどのような仕事をされていたのですか？

(小矢野)

最初はオペレーション業務ですね。望遠鏡や装置の操作・保守を担当していました。昔は、現地には研究者はほとんどいなくて、技系職員がオペレーションやメンテを担当していました。研究者は各地から来てデータを持って帰るといったスタイルだったんです。

(岩城)

今もオペレーション業務を？

(小矢野)

今はやっていませんね。技術が進んで計算機制御になってから、研究者自身がやれるようになったものだから。もう我々がオペレートするより計算機の方が完全にやってくれますし、こちらは計算機には慣れていませんので。今は学生がオペレーションすることも多いです。昔は教授が来てやっていましたが、学生にやらせたほうが早いと・・・(笑)。

(岩城)

オペレーションの仕事はいつ頃までやられていたのですか？

(小矢野)

計算機が入るよりもっと前ですね。若い頃は面白半分というのもあるし、夜遅くに急に泊まれと言われても、まあいいやってのはありましたけど、みんなが子育ての時期になってくると、そうもいかなくなって。オペレーションの当番制も色々工夫しました。そんな中、計算機が入り始めて、もう、我々はいらんというふうになって・・・少なくとも20年以上前ですね。

(岩城)

現在の仕事内容についても教えてくださいませんか。

(小矢野)

今はメッキが主ですね。あとは近年近いものですかから委員会の役などやたらとあります(笑)。入所当時は、技系職員も8名くらいだったので、メッキなどメンテ作業などは我々が全部やっていたんですけども、今では2名まで減ってしまっただけで、そうもいかなくなり、研究者の方々

# 特集：国立天文台反射望遠鏡の再メッキ

ないです。プリチエックで不具合が見つかったら、その原因を究明して、部品を交換したり、コネクタの接触不良を見つけたら、次の観測者とナイトオペレーターが来るまでに準備をしておく。それがかなり重要な仕事ですね。

(岩城) 岡山からすばるへと環境がかわって、どのようなことに苦労されましたか？

(湯谷) その当時は、すばる望遠鏡はまだ作っている途中でしたが、ファーストライトの時期はほぼ決まっていたので、スケジューリングに合うように、いろいろなものをついよん作り上げる必要がありました。見切り発車は言い過ぎかもしれませんが、計画通りに進めるために、どんどん決断して次のステップに進んでいかないとはいけません。自分がこれまで経験していたより以上のこと、身の丈以上のことをやらなければいけないことが結構あって、なかなかしんどかったですね。本当にこれでいいのかと思いつつながら。

(岩城) すばる望遠鏡では初めての挑戦だらけだったわけですか？

(湯谷) そうですね。それまでは岡山の88cm望遠鏡のミラーしか経験してなかったわけですが、88cm鏡だと身を乗り出せば真ん中で手が届くんです。ですから鏡の洗浄も手作業ですべて出来たんです。ところが、すばるの8m鏡となると手が届かない。それなりの装置を作ったはずなんですけど、それだけではどうしようもないところもあって、なかなか思うようにいかなかったですね。それと、主鏡がアメリカ本土から運ばれてきた時は、表面に黒い保護シートが貼ってあったのですが、そのシートを剥がすのが大変な作業でした。接着剤は使っていないはずなのですが、剥がした後にはノリ状のものが残りました。アルコールのような溶剤を使い、ワイピングクロスで拭くのですが、伸びてばかりで綺麗にきれいなとが...最終的には人海戦術で、何人も人が鏡に乗って、夜遅くまでやりました。これもあんな空気の薄いところですね。ですから、最初の1回目の鏡というのは惨憺たるもので、足跡だらけというか、見るに忍びないほどのものですが、スケジューリングの関係でそれをわざと得なく。でも、2回目、3回目という改良を加えて、3回目くらいになるとほぼ完成に近いかなというものはになりました。

(岩城) どのような改良を試みられたのでしょうか？

(湯谷)

鏡の上に人が乗らないようにするとかですね。一番最初のころは、鏡に降りてブラシを使ったりしたのですが、気を付けていても、綺麗にならなかったところをまた自分の足で汚す感じになるので、洗浄装置のデッキから長いブラシで洗うようにしたりとしました。また、高所ですと下を向いて作業をするだけで気分が悪くなるので、乾燥布での拭きあげは無しにして、そのかわり、ミラーをアルコールで満たして蒸発しやすくしたあと、窒素ガスを表面に吹き付けて、早く乾燥させるようにしたりとか。たどり着いたのはそういう方法でした。窒素ガスも、最初は枝の長いノズルを数本用意して、何人かやっていたのですが、それもなかなか大変だったので、結局は装置の中に、ガスを出すノズルを組み込んで、配管も新しく入れて、平均的に乾かせる装置の開発などもしました。瀬戸内海の因島にある会社で試作品をつくって、テストに通いましたよ。(笑)

また、従来は塩酸を主成分とした溶液でアルミを溶かしたあと、重曹磨きの工程があるのですが、重曹は水に溶けにくいので、かなりブレッシャーのある水で物理的に押し流してやらないと、ミラーに残りやすいんですね。残った重曹はアルコールでは溶けませんから、そうなるので、元の水拭きから始めるということになったこともあります。

(岩城)

その重曹磨きの問題はどのように解決したのでしょうか？

(湯谷) 重曹を押し流すために、いろいろなモップを買って、モップをどんどん変えるなどしてみました。それでも、ある程度は良くなるのですが、人手と時間がかかるのと、そういう作業が重労働なものですから、重曹がなくてもうまくいくのではないかと試してみました。ほとんど遜色ないぐらいの反射面ができたので、まあ、この方がいいのではないかと。ですので、重曹磨きは今はやっていません。

(岩城)

すばるの仕事をするうえで、一番こだわりの持ったのはどういったことですか？

(湯谷) ちょっと漠然としていますけど、いろんな事に興味を持つ事ですかね。その一方で、人の意見は尊重しつつも、鵜呑みにしないことでしょうか。あの人や言ったからこれで、こういう風にうまくいくはずだと言っても、何%かは間違いで、かえって痛い目に会うことがあります。自分自身の確認が重要です。

(岩城)

そこには、研究者の視点と技術者の視点の違いというものがあろうでしょうか？

(湯谷) いや、それはどちらも同じだと思います。研究者の立場としてはギリギリのところまでは極めたい。我々としても、そこまではなるべくやりたいけれども、長年運用するのであれば安全側にふりたくなる。しかし実際には、成果あつての望遠鏡なので、我々もメーカさん、かなりギリギリのところまで譲歩します。実際にここまでやると、せつかく今望遠鏡が良い状態ではないと、存在価値がないというように見受けられますのでね。

(岩城)

それでは最後に同じ分野に進もうとしている若者へ一言アドバイスをお願いします。

(湯谷) いろんな事に興味を持つということ、小さな仕事でも大きな仕事でも、始めたらとにかく完成させることまで持つていくことです。それが80%の完成でも、それはプロタイプとしておいて、新しく完成度を高めればいいのであって、そういうところまで持っている、いっぺんだとは思いますが、一番まずいのは、いろんな興味があつてもあれもやりこれもやり、結局全部中途半端になることだと思います。



◀ "私の人生を決めた一冊" NHKブックス：18「宇宙の科学」小尾信弥 著、日本放送出版協会、1965  
読むの面白かったから、この本を面白く読んで、宇宙の科学に興味を持ちました。高校の時に読んで、大学でも読んで、大人になっても読んで、今でも読んでいます。この本がきっかけで、天文学に興味を持ちました。そのころは、天文学が盛んな時代で、山梨県立大学に天文学部がありました。この本がきっかけで、天文学に興味を持ちました。そのころは、天文学が盛んな時代で、山梨県立大学に天文学部がありました。



◀ "私の愛した機械たち" カセグレン焦点に装着された FOCAS です。私が見ている自動着脱コネクタはヘリウム、冷却水、エアーを供給している流体コネクタです。



◀カセグレン観測装置待機室。私のバックの黄色い装置が自走台車です。2トンのカセグレン観測装置をこの待機室と望遠鏡の間で運搬します。左の観測装置はスタンバイしている MOIRCS です。  
▶ランチ後の休憩風景。マッサージチェアで休憩中。さあ午後もがんばるぞ！



# 天文台の

# 匠

# たち

## 特集 蒸着の匠



すばる望遠鏡誕生時から面倒を見てきたすばる育ての親、東の「蒸着の匠」－湯谷 正美さんへのインタビューを通して、巨大望遠鏡を前に初めて直面した様々な困難や、すばる望遠鏡での技術者の仕事について語っていただきます。

### file04

湯谷 正美 (ハワイ観測所)

インタビュー 岩城邦典 (天文情報センター出版室)

(岩城)

すばる望遠鏡の「蒸着の匠」湯谷正美さんにご登場いただきます。すばる望遠鏡を支える匠達の仕事についているお聞かせいただければと思います。まず、これまでの経歴についてお聞かせいただけますでしょうか？

(湯谷)

鳥取市の生まれで、地元の高校を卒業して、岡山天体物理観測所に入りました。その後、1996年にすばるの母体となった光学赤外線天文学観測システム研究系(三鷹)に移り、すばる望遠鏡に関するようになりました。その時はすでにすばる望遠鏡のドームは出来ていて、望遠鏡もほぼ姿形は完成、山麓施設もやっとできた頃でした。

(岩城)

すばる望遠鏡での最初の仕事はどのようなものだったのでしょうか？

(湯谷)

最初の仕事は、光学シミュレータの組み上げでした。すばる望遠鏡につけるカセグレン観測装置をシミュレータに取り付けて、傾けたり、光源で光を出したりして、この装置がちゃんと合格しているか、いろんなインターフェイスがあっているか、十分使い物になるかをテストする装置です。元々ニコンが作った装置だったのですが、経費節減のためニコンのスーパーバイザー無しでハワイ現地での組み立て作業を行いました。毎日、相模原のニコンの協力工場での仮組に通って克明に記録をとりましてね、ハワイでは私と上司の野口猛さん二人で、現地のワーカーを指示しながら組み上げました。

(岩城)

そのシミュレータは現在でも使われているのですか？

(湯谷)

使用可能ですが、長く使われていません。最後に使ったのはシュープリームカムまでですね。

(岩城)

今の仕事内容はどのようなものでしょうか。

(湯谷)

今現在は望遠鏡部門ですが、1年前まではディテクルという仕事をやっていました。昼間にカセグレンの観測装置を取り替えたり、主焦点に付ける装置やミラーを交換するという作業があるのですが、その作業スタッフのリーダ的な立場の仕事をしていました。また、交換以外にもフリチェックと言って、夕方近くになると、望遠鏡やドーム、装置などその日に使うものが健全に動くかの健康チェックをおこ

## 「第34回天文学に関する技術シンポジウム」報告

篠田 一也 (太陽観測所)



参加者全員で記念写真。

「第34回天文学に関する技術シンポジウム」が2014年9月29日から10月1日までの3日間、長野県上松町公民館で開催されました。主催は国立天文台技術系職員会議、後援に東京大学大学院理学研究科木曾観測所とし、木曾観測所の青木勉氏を代表とし、世話人会を立ち上げ企画・運営を行いました。

開催直前の9月27日に史上最悪の被害となった御嶽山噴火がありました。当初はあまりにも衝撃的なニュース映像のためか、噴火口周りの情報ばかりで、麓の様子が分からず、開催できるのか判断できませんでした。そんな中、木曾観測所・森由貴さんが、開催地である上松町や木曾観測所などを回り、町や住民の様子を知らせてくれたおかげで、幸いにも町には影響が無く住民も普段通りだと分かり、開催の決断が出来ました。

今回の参加者数は49名で、口頭発表25件、ポスターのみ発表5件でした。特別講演は、木曾観測所・前原裕之氏と中国科学院上海天文台・川口則幸氏に依頼しました。前原氏は「木曾観測所105 cmシュミット望遠鏡の自動観測システムとリモート観測への対応」と題して、

木曾観測所で進められている観測の自動化について、更には今後の展望などを講演していただきました。川口氏は「中国における大口径電波望遠鏡の開発と東アジアVLBI観測」とのタイトルで、東アジアVLBI計画を紹介され、近年急速に発展してきている中国の天文施設や研究の現状について解説していただきました。一般発表では、「可視赤外線観測装置技術ワークショップ」グループから多くの発表があり、質疑応答が活発に交わされました。開催後には、今後も交流を続けていくことを確認し、協力開催も検討することになりました。

本シンポジウムの目的の一つである交流では、ポスターセッションを2回に分けて行った事でより多くの方より深く議論ができ、今後に繋がる交流となったのではないかと思います。また、初日に行われた懇親会でも天文学から離れた交流も盛んになり、会場を移しての二次会では即席バンドまでもが結成され、大いに盛り上がりました。

エクスカーシオンは木曾観測所の見学訪問を実施し、29名が参加しました。最終日の午後会場から大型バスにて

移動し、2班に分かれ観測所の隅々まで案内していただきました。特に105 cmシュミット望遠鏡内に設置されたフィルター交換ロボットのデモンストレーションには、参加者一同驚かされ、興味津々にその動きを追いかけていました。また、古いデータや資料、機材などの保管・管理については、同様の問題を抱える施設も少なくないようで、職員の案内説明にみな大きく頷いていました。木曾観測所はNHK-BSドラマ「木曾オリエオン」の舞台となっており、展示室などに登場人物の写真など掲示されていましたが、モデルとなった職員が誰かは説明してもらえませんでした。噴火による観測所への影響はほとんど無いとの事でしたが、建屋屋上やドームの欄干などを良く見るとうっすらと灰が付着しており、その影響を改めて認識させられました。

今回の開催にあたってはエクスカーシオンを含め、木曾観測所の関係者の皆様に大変ご尽力いただきました。この紙面をお借りして感謝申し上げます。

当シンポジウムは、第19回(1999年)より国立天文台技術系職員会議主催で開催してきました。しかし、技術推進室の体制変更により技術系職員会議の予算を技術推進室に移譲し、それに併せて一部機能も移すことになり、当シンポジウム企画・運営も来年度からは技術推進室の下に行われることになりました。今までご参加・ご協力いただいたみなさまに感謝申し上げるとともに、来年度以降も今まで以上にご協力頂けますようお願いいたします。

最後に、御嶽山噴火により、亡くなられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。



シンポジウムのようす。



木曾観測所の105 cmシュミット望遠鏡を見学。



フィルター交換ロボットの見事なデモンストレーションにびっくり。

## 上級者向けカメラセミナー報告

長山省吾（天文情報センター）



写真1：講義の様子。



写真2：撮影実習の様子。

星景や天体写真を専門としているプロの写真家であり、国立天文台の広報用写真の撮影を度々依頼している飯島裕さんとオリンパスイメージングの小笠原裕司さんを講師にお招きして、2日間の日程（2014年10月17日、18日）で上級者向けカメラセミナーを開催しました。参加者数は各観測所の広報担当者を中心とした10名。開催場所には比較的各ランチからアクセスしやすく、かつ夜空の暗い、野辺山観測所を選びました。

### ●企画の背景とねらい

星景写真というジャンルがありますが、国立天文台の活動と親和性が高いため、広報コンテンツとして使用したいと常々考えていました。一方で、国立天文台の各観測所では、美しい星景写真を得られるポテンシャルがあ

りながらも、撮影に成功し発表されることが少ない状況です。そこで、広報担当者が星景写真を撮影できるように撮影技術を習得して、自信を持ってクオリティの高い星景写真を発表できるようにしようと本セミナーを企画しました。

### ●セミナーの様子

#### ★一日目（10月17日）

まずは、星景写真を撮影するための基本技術の講義を受けました（写真1）。技術面に加え、結露防止用のヒーター、使いやすい雲台の選定など、プロ写真家の経験に裏付けされた貴重なノウハウを学ぶことができました。また、職員だからこそ得られる撮影対象や撮影チャンスがあること、それこそが我々が撮影すべき星景写真の方向性であることを認識しました。

日没後の3時間、観測所構内にて撮影の実習を行いました（写真2）。撮影対象はミリ波干渉計や45m電波望遠鏡。講義で学んだことをすぐに実践する場になりました。上手くいく点を確認したり、疑問点をその場で飯島さんに質問したりでき、効果的な実習になりました。

#### ★二日目（10月18日）

午前中2時間半は再び講義。内容は昨夜撮影した画像の処理方法です。画像処理ツールの基本と星景写真で見栄え良く処理するコツを学んだ後、各自が昨夜撮った画像を実際に処理して、飯島さんに講評していただきました。プロの写真家に自らの写真を評価してもらう貴重な機会になりました（写真3、4）。

### ●セミナーを終えて

セミナー終了後、参加者にアンケートを取りましたので、簡単に紹介します。設問は3



写真4：実習で撮影した45m電波望遠鏡。

つ。セミナーの理解度、セミナーの満足度、自由記述のコメントです。理解度、満足度ともにすべてポジティブな回答でした。参加者全員がセミナー内容を理解し、満足したことに安心しました。また、自由記述では好意的なコメントを多数いただきました。その中から2つ紹介します。

『大変有意義なセミナーだった。特に、作品として世に送り出す前に、どれだけ手を下して（編集して）いいのかを、肌で感じるようになった。（中略）このような、ランチ広報担当者が最低限持っているべきスキルを養うためのセミナーを、ぜひ継続的に開催していただきたい』

『今まで比較明合成を全くやったことがなかったので、今度はRAWで写真を撮り、フォトショップでやってみようと思います』

初めての内容のセミナーでしたが、星景写真の撮影技術だけでなくモチベーション面でも有意義であり、本セミナーは大成功と言えますそうです。

### ●今後の展開

広報担当者をはじめとした各ランチの担当者が自信を持って望遠鏡やドームを魅力的に撮影できるようになることは、広報面で大きなプラスになります。また、そのような写真は国立天文台の大きな財産となります。撮影技術とモチベーションの向上を後押しできるようなセミナーを、今後も継続的に開催したいと考えています。



写真3：実習で撮影したミリ波干渉計と天の川。

# 2014年「三鷹・星と宇宙の日」報告 2014 10 24-25

石川直美 (天文情報センター普及室)

毎年恒例の特別公開「三鷹・星と宇宙の日」が、10月24日(金)、25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。今年は2日ともさわやかな秋晴れ! 4,768名(24日 600名、25日 4,168名)の来場者をお迎えすることができました。今年のメインテーマは、ハワイ、マウナケア山に建設が始まった30メートル望遠鏡TMTを取り上げた、「宇宙のフロンティアに挑むTMT」。TMTをはじめ、様々なプロジェクトが展示やミニ講演、楽しいクイズやゲームなどを通じて、研究の紹介を行いました。

2014年 三鷹・星と宇宙の日  
 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 物理学研究科 天文学専攻  
 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

開門直後、受付やインフォメーションコーナーには大勢の来場者が・・・



タイミング良く、太陽には巨大黒点群が現れていて注目を集めていました

日食グラスを使うと、巨大黒点が肉眼でもしっかりと確認できました

太陽フレア望遠鏡は、太陽のリアルタイムの姿が観測できるとあって、大賑わい!

電波望遠鏡で、太陽からの電波を受信

アヤシイ儀式ではありません  
中華鍋を使って電波を受信する実験です

50センチ公開望遠鏡では、暗くなってからははくちょう座の二重星アルピレオ観望!

VRゴーグルを使って、アルマを体験!





ターナー教授の講演は、同時通訳にて行われました

国立天文台の講演は、インターネット中継しました

TMT ペーパークラフトの工作、分割鏡の展示など、TMT 関連の展示が充実!

TMTの主鏡の直径と同じ大きさのシートに応援メッセージを書いてもらいました!

東大天文センター 講演会  
「赤外線で見よう〜動き始めたTAO望遠鏡計画〜」 本原 顕太郎 (東京大学 准教授)  
国立天文台 講演会  
「The Search for Planets and Life Outside the Solar System」 Edwin L. Turner (プリンストン大学 教授)  
「30m 空望鏡 TMT、いよいよ建設開始!」 家 正規 (国立天文台 教授)

サイエンスカフェで、研究者とじっくりとお話し

### アンドロメダ〜ファイト!

様々な天体観測装置を開発する先端技術センターアルマの受信機も展覧しました

どの展示でも、研究者がわかりやすく説明!そして、この笑顔!話したくてたまらない!

太陽塔望遠鏡のソーロスタットに光が...

スーパーコンピュータの見学も人気でした

毎年恒例! SDSS 銀河探しゲームは今年が最終回! 来年は???????

スーパーボールを使って、電波望遠鏡のしくみを体験

今年もブログ隊、頑張りました

重力波望遠鏡 TAMA300 のトンネル見学はいつも人気!

協力業者の望遠鏡の前には、順番待ちの行列! 晴れて、良かった!

ご来場、ありがとうございました! 当日のようすは、ブログにてご覧いただけます→<http://www2.nao.ac.jp/~openday/wordpress/?cat=37>

# 絵本のほんだな



今回のゲストは、太陽観測所の大辻賢一さんです。ご家族みなで訪れた「絵本の家」。本棚から選んだ一冊は、子どもも大人も楽しめるユニークな絵本です。

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

## 11月 さつ目 『もりのえほん』



『もりのえほん』  
安野光雅（絵）  
福音館書店；新版（1981/2/25）  
ISBN 978-4834007992  
発行 1981/2/25

ゲスト  
大辻賢一さん  
(太陽観測所)



## 深い森の『かくれんぼ』

私が小さい頃、家には安野光雅さんの本が何冊もありました。『ふしぎなえ』や『あいうえおの本』、『きつねがひろった〜』シリーズ等…。安野さんの描く本は独特の味や仕掛けがあってどれも好きだったのですが、『もりのえほん』は、その中でも特に私の心に深く印象付けられている一冊です。

この絵本の特徴は何と言っても「絵だけ」ということです。つまり、表紙をめくって最後のページに至るまで、一字の言葉もなく、森の風景が延々と映し出されてきます。でも決して単なる画集ではありません。この絵本にはれっきとしたストーリーがあるのです。表紙をめくった扉の絵には、明るい野原から鬱蒼とした森へと続く一本の小道と、今まさに森へ入っていくとする小さな男の子と女の子の後姿が描かれています。ちなみに最後のページの絵には、森から出てきたばかりの二人がいます。つまりこの絵本は、彼ら小さな探検者たちの目線で語られる言葉なき物語であり、私たち読者は、彼らと共に深い森の中の不思議な世界を体験することになるのです。

森に一步足を踏み入れると、周りには木がたくさん生えています。一見それ以外には何もいないように思えますが、注意深く見てみると…いました！ サイヤキリン、それにラクダ。薄日射し込む森の風景が、動物たちを探し出す「かくれんぼ」の舞台に早変わり。でもご用心。動物探しに浮かれて森の奥へ入っていくと、辺りの様子が少しずつ変わっていきます。最初は明るい緑色だった木々も、森の最深部では暗鬱とした黒で描かれています。まるでこれより先への人の侵入を拒むかのよう…。幼少の私は怖くなり、逃げ出すようにページをめくったものです。

大人になって読み返してみると、なるほどこの絵本にはあちこちに小さな読者を怖がらせるような仕掛けがしてありました。その中でも最たるものはなんと「ドクロ」。でもちょっと見ただけではなんだかよく分からない物体にしか見えません。絵本を逆さまにして傾けて、目の高さに掲げるようにして見ると、恐ろしい頭蓋骨が現れるのです。そう、ハンス・ホルバインの『大使たち』と同じ手法です。子どもはまず気付きません。しかし分からずとも本能的な恐怖心が呼び起こされるのか、幼心には強烈に印象に残ったページでした。

中にはあまりにも上手に隠れているので存在に気付かれない動物もいます。最後のページに隠れている動物のリストが載っているので、昔読んでも見つけられなかった人はもう一度森を訪ねてみてはいかがでしょうか。待ちくたびれた動物たちが喜んで出迎えてくれることでしょう。



あやちゃんはおとうさんの膝の上。はなちゃんは  
おかあさんに抱かれてすやすや。

## 案内人のしおり

太陽表面の活動現象を研究されている大辻さん、「絵本の家は家族とよく来ています。紹介したい本はたくさんあるのですが…」と、次々に絵本の名をあげてくださいました。お話を聞くと、幼い頃からご自宅には多くの絵本があり、今でも二人のお子様とともに絵本を楽しんでいるとのこと。取材の日にもご家族みんなで絵本の家遊びに来てくださいました。

大辻さんが「今は食べ物の絵本がお気に入りなんです」といくつかの絵本を手にとって2歳のあやちゃんに声を掛けると、あやちゃんは嬉しそうに膝に乗り、二人で仲良く絵本を楽しんでいました。

ご夫人に「いいお父さんですか？」とうかがったところ、躊躇することなくにっこりして「はい」と即答、これは聞くまでもなかつたですね。8か月になるはなちゃんに、あやちゃんの時ほど絵本を読んであげられていないことを気にかけていた大辻さん、これから先もご家族とともにたくさん絵本を楽しんでいかれることでしょう。



『しろいうさぎとくろいうさぎ』『木を植えた男』も大好きですね（大辻さん）。

## 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。

## 「夏休みジュニア天文教室+君もガリレオ！」報告

石川直美 (天文情報センター)

2014年8月4日、5日の2日間、夏休み中の児童・生徒向けのイベント「ジュニア天文教室+君もガリレオ！」を三鷹キャンパスにて開催しました。このジュニア天文教室（以下ジュニ天）は2013年も好評だった「君もガリレオ!※」の望遠鏡工作と、ミニ講演。2013年は1日のみの開催でしたが、今年はパワーアップして2日（事前申込制、定員は各日50名）の開催となりました。当日は、保護者を含めて両日も100名を超える方のご来場をいただき、たいへん賑やかなイベントとなりました。

参加者は、まずミニ講演でガリレオや天体観測の歴史について学びます。そして、いよいよ望遠鏡の工作！簡単に組み立てられる望遠鏡ですが、「自分の手で作り上げた」ことにより、自然と望遠鏡に愛着がわきます。みなさんとともに真剣に、そして楽しそうに工作をしていました。

しかし、望遠鏡作ることだけではなく、使えるようになることが大切です。家に帰ってからちゃんと使えるよう、教える側にも熱が入ります。そして、練習の

後は、待ちに待った天体観察！あいにく1日目は曇天でしたが、2日目はきれいに晴れ、月などを導入、観察することができました。自分の作った望遠鏡で観

察した月。初めて導入できた時の感激をいつまでも忘れずにいてほしいものです。そして、参加者の宇宙への興味がまた少し深まることを願ってやみません。

## ※「君もガリレオ！」プロジェクト

世界天文年2009の一企画として、ガリレオが宇宙を初めて観察したものと同程度の小型望遠鏡を安価に制作してアジアを中心とした各国の子どもに配布し、かつてガリレオが体験した驚きや発見の追体験を目指すことを目的に始めました。<http://kimigali.jp/>



望遠鏡工作のようす。「うまく組み立てられたかな？」

グラウンドに出て、みんなで出来栄をチェック！



「あ、クレーターが見えた！」



## 編集後記

年末、チリ ALMA の隣にある、ASTE の 5000m の運用のお手伝いに行ってきました。ちょうど夏至で、ほぼ真上から射す太陽。日本に帰ってくるとあの陽ざしの熱さが懐かしいです。(I)

5年ぶりの同窓会で、火星に既に人類が住んでいたとかいうトンデモ話の真相を尋ねられた。秘密を何年も守り通せるほどヒトは口が堅くはないと思う。(h)

天気予報は外れてきれいな初日の出を見ることができました。今年もよい年でありますように。(e)

明けましておめでとうございます。正月早々風邪を引いて寝込む始末に。散々な2015年の幕開けでした。今年の目標は免疫力アップです。(K)

帰省途中で電気屋に立ち寄って買って買物をしたと思い電気屋を探したが、昔あった場所に電気屋が無い。これ、前にも同じことをやらした気がします。(J)

新春風揚げ大会に参加しました。今年は風が強く、突風で風がくるくる回って落下という例が多々あり、皆うまく揚がるように様々な工夫をしています。中には尻尾を多数付けて安定を図ろうとしている風もありましたが、その姿はもはや風というよりイカのような風揚げでした。(κ)

毎日が矢のように過ぎていくのだが。。。時間が短くなるのは、年齢を重ねる相対性理論か？(W)

国立天文台ニュース  
NAOJ NEWS

No.258 2015.01

ISSN 0915-8863

© 2015 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/天文シミュレーションプロジェクト)／伊藤哲也(先端技術センター)  
●編集：天文情報センター出版室(高田裕行/福島英雄/岩城邦典) ●デザイン：久保麻紀(天文情報センター)

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

発行日／2015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

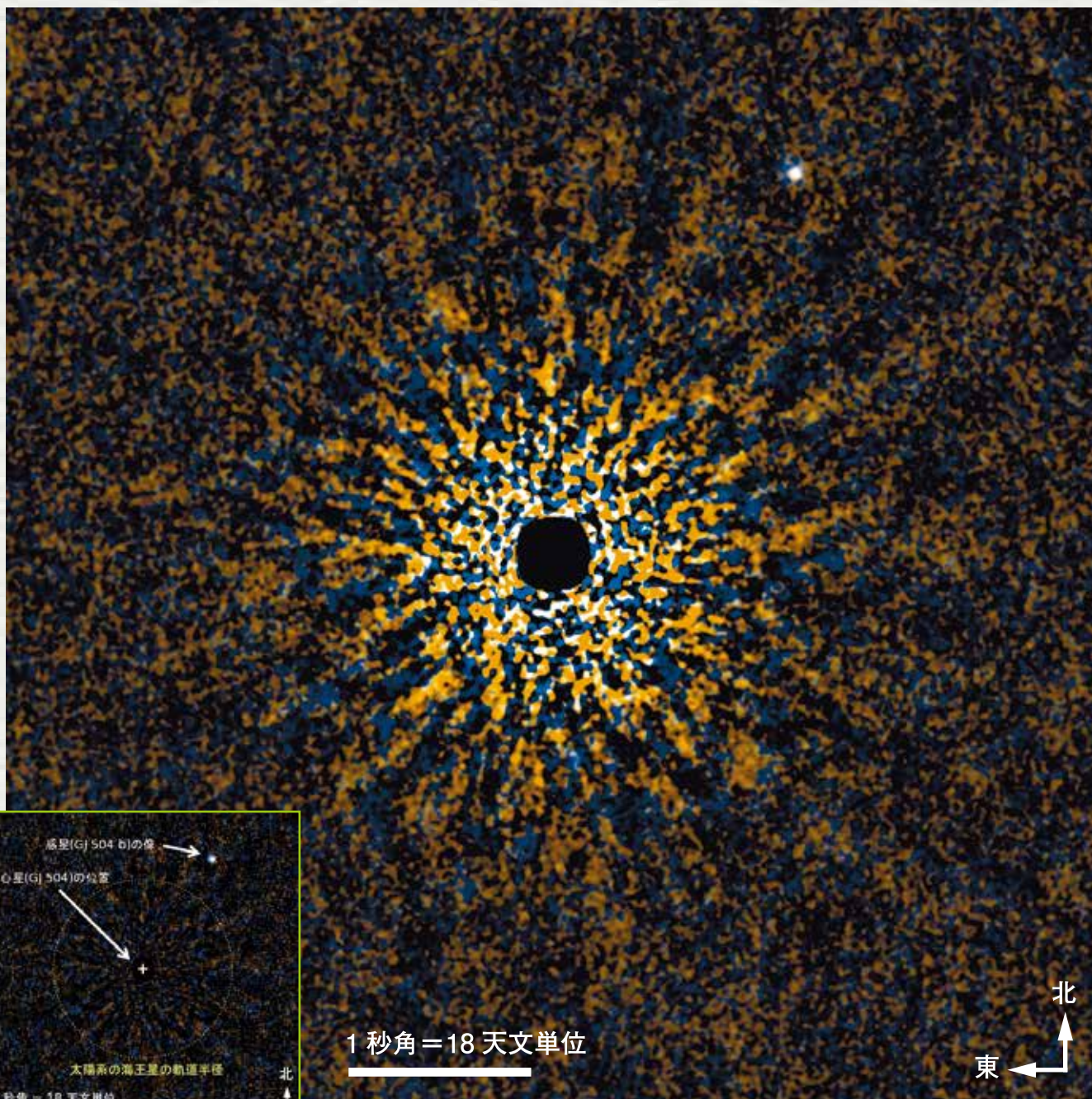
FAX 0422-34-3952

2月号はいよいよ本格運用に移行して革新的な科学成果を続々と生み出し始めたアルマ望遠鏡の特集をお送りします。お楽しみに！

2月号

## 太陽型恒星 GJ 504 のまわりの低質量惑星 GJ 504 b

葛原昌幸(東京工業大学)



## データ

天体：恒星 GJ 504 とその惑星 GJ 504b (おとめ座)

撮影：HiCIAO による 2011 年 5 月 22 日 (UT) H-band ( $\sim 1.6 \mu\text{m}$ ) と 2012 年 4 月 12 日 (UT) J-band ( $\sim 1.2 \mu\text{m}$ ) 観測。画像は、JH カラー合成画像。

太陽に似た恒星である GJ 504 の惑星系の直接撮像画像。GJ 504 はすばる望遠鏡の直接撮像による系外惑星探査計画 (SEEDS) のターゲットの一つとして観測された。近赤外高コントラストカメラ HiCIAO と補償光学装置 AO188 を利用した観測の結果、中心星の北西の方角、約 44 天文単位離れたところに極めて暗い光源が検出された。2011 年および 2012 年における観測の結果、その光源が木星の 3 倍から 8.5 倍の質量をもつ巨大惑星であることが分かった。また、GJ 504b の有効温度は約 500K (230°C) と推定されている。現在のところ、GJ 504b は過去に直接撮像された惑星の中で最も温度の低い惑星であり、なおかつ最も質量の小さな惑星の一つである。

