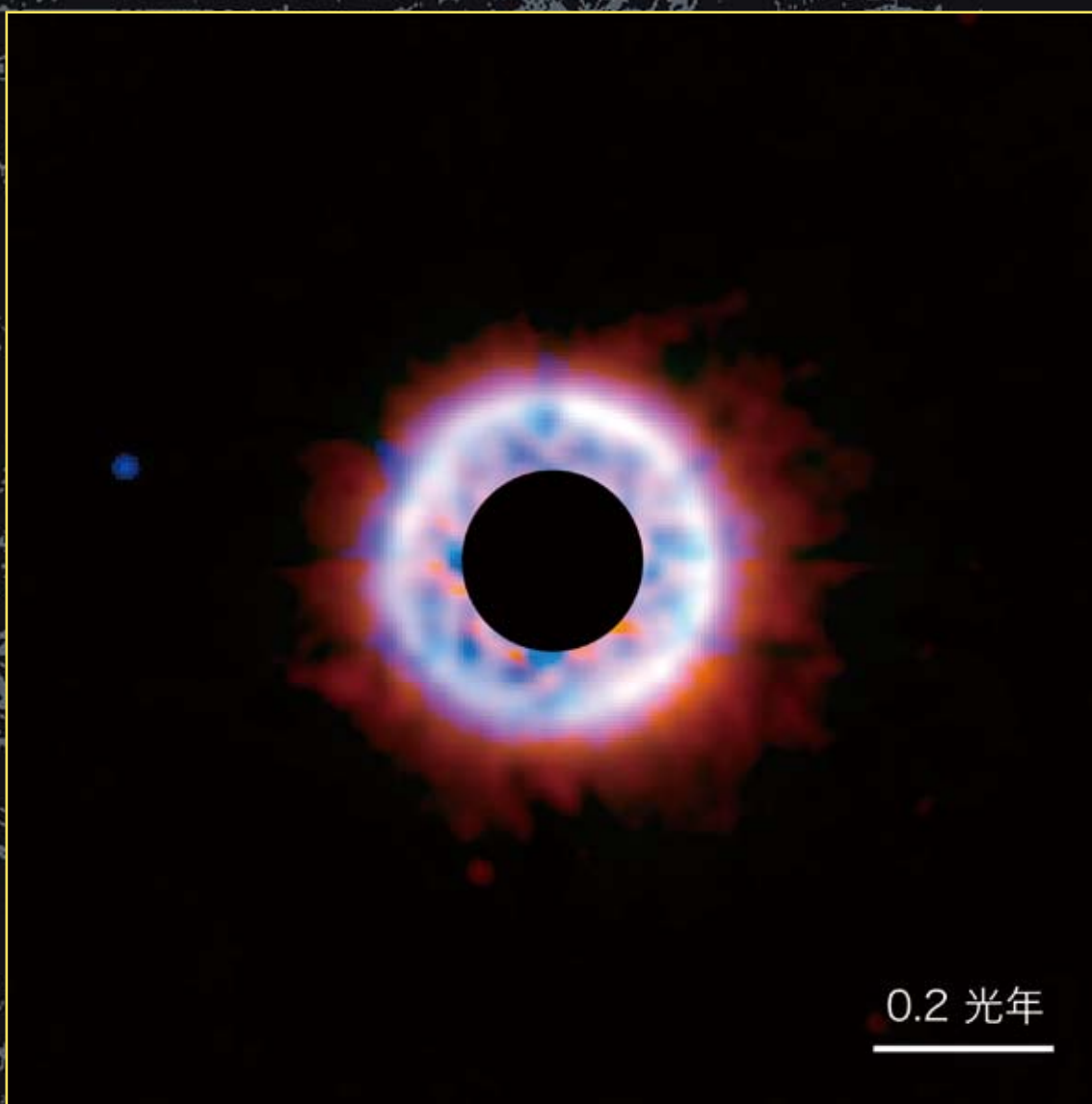


# 国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2011年4月1日 No.213

## 赤色巨星の衣を照らし出す「あかり」



- 平成22年度台長賞授賞式
- 研究会「SPICA Science Workshop 2010」の報告
- 史上最大の暦要項、出る
- 「ひので」が見た金環日食
- 「東アジア干涉計冬の学校」報告
- RISE研究会報告
- 「森本さんありがとうの会」開催

4

2011

# NAOJ NEWS 国立天文台ニュース

C O N T E N T S

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

## 03 研究トピックス

赤色巨星の衣を照らし出す「あかり」  
——泉浦秀行（岡山天体物理観測所）

## 06 受賞

平成22年度台長賞授賞式

## 06 おしらせ

- 研究会「SPICA Science Workshop 2010」の報告
- 史上最大の暦要項、出る
- 「ひので」が見た金環日食
- 「東アジア干渉計冬の学校」報告
- RISE研究会報告

## 08 連載 SEASON II 私の本棚・第11回

川辺良平さんの本棚

## 13 連載 Bienvenido a ALMA ! 11回

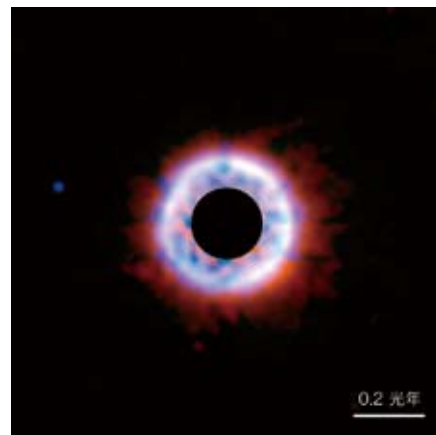
世界の仲間と作る空前絶後の望遠鏡  
——立原研悟（ALMA推進室）

## 14 「森本さんありがとうの会」の開催 ——小林秀行

- 平成22年度退職者永年勤続表彰式
- 人事異動
- NEW STAFF
- 編集後記
- 次号予告

## 16 シリーズ 分光宇宙アルバム 13

超低金属星～微量元素はどこまで測れるか？  
——青木和光（光赤外研究部）



表紙画像

「あかり」の近・中間赤外線カメラ（IRC）により波長15および24マイクロメートルで描き出された、ポンプ座の星のまわりに広がる暖かい塵（ダストシェル）の様子を捕らえた画像です（15、24マイクロメートルのデータを青と赤に割り当てた疑似カラー合成画像。見かけ半径が50秒角ほどあります。中心星は差し引いてあります。また、中心星に近い部分は見やすさのためマスクしてあります）。中間赤外線でのこのような広がった塵の雲が年老いた赤い星のまわりに捕らえられたのは、これが世界で初めてのことです。この画像はIRCの高い性能に加え、入念な観測計画、精密な画像解析により、非常に明るい中心星の影響を正確に差し引きできたことで初めて得られました。

背景星図（千葉県立郷土博物館）



からすが羽ばたき、帆、風をはらむ。イラスト/石川直美

## 国立天文台カレンダー

2011年3月

- 2日（水）先端技術専門委員会
- 3日（木）光赤外専門委員会
- 5日（土）岡山天体物理観測所春の観望会
- 7日（月）研究交流委員会
- 16日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 19日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 25日（金）教授会議
- 29日（火）運営会議
- 30日（水）平成22年度退職者永年勤続表彰式/天文データ専門委員会

2011年4月

- 16日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 20日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 22日（金）電波専門委員会

2011年5月

- 13日（金）安全衛生講習会
- 18日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 21日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 24日（火）天文・宇宙・航空・広報連絡会/平成23年度前期第1回「職員みんなの天文レクチャー」
- 25日（水）運営会議
- 30日（月）～6月1日（水）すばる春の学校2011

# 赤色巨星の衣を照らし出す「あかり」



泉浦秀行

(岡山天体物理観測所)

## はじまりは小さな疑問

それは1987年のある日の午後のことだったと思う。都内のとある由緒ある建物の一室に一人居た。その部屋の机の上に置かれた1985年出版の一編の論文に目が留まった。波長 $12\mu\text{m}$ の中間赤外線で見ると見える太陽近傍の天体について、赤外線天文衛星IRAS(★)の4つの観測波長帯の測光値を表にまとめた論文だった。表の中に「波長 $60\mu\text{m}$ と $100\mu\text{m}$ で広がっている」と脚注の付いた天体があった。「こいつらはミリ波輝線で見ると穏やかな質量放出なのに、なぜ広がった大量の低温ダストが？」それがこの話の始まりだった。それから約10年、赤外線スペース天文台ISO(★)で船出して(国立天文台ニュース1997年3月号)、そのまた10年後のスピッツァー宇宙望遠鏡SST(★)を経て、我が国初の赤外線天文衛星「あかり」(★)へと辿り着いた。以下、「あかり」の成果をもとに、およそ四半世紀にわたり「間欠的」に関わってきた赤色巨星の衣について紹介したい。

## 赤色巨星の衣

星間ガスが収縮して誕生した星は、主系列星と呼ばれる安定した時期を過ごした後に、重い星は超新星となり、軽い星は白色矮星として最期を迎えます。この超新星と白色矮星の境目は、各方面の研究から主系列星時代の質量で太陽の8ないし10倍と推定されています。しかし、白色矮星の質量には太陽質量の約1.4倍という理論的上限が存在するので、主系列星時代にそれより重い星が最終的に白色矮星になるとすれば、超過分の質量をどこかの段階で宇宙空間に放出しなければなりません。つまり「質量放出」が起きているのです。また、観測的な白色矮星の平均質量は太陽の0.6倍前後なので、実際にはさらに多くの質量放出が起こっているはずで、近年の研究からは、それら軽い星からの質量放出は大部分、星の老化が進んだ最末期、赤色巨星の時代、つまり赤色巨星枝段階と漸近巨星枝段階に起こると考えられるようになりました。ところで、赤色巨星から星間空間へ質量放出される大量の物質には、星内部の核融合反

応で生成された元素が混ざっています。そのため、軽い星は質量放出を通して、宇宙の物質循環のみならず化学進化にも寄与します。特に炭素、窒素などの軽い元素が多く含まれ、地球上の生命も赤色巨星に繋がっています。このように赤色巨星の質量放出は、宇宙の物質循環と化学進化に関わる大切な過程ですが未だ謎が多く、根本的な理解には至っていません。超新星と白色矮星の分かれ目の質量が定まらないのもそのためです。質量放出が、どの星から、どの段階で、どの仕組みで、どれくらいの量、どういった形状で起きるのか、理論・観測の両面からの解明が必要とされています。

質量放出現象を観測から調べて行くには色々な方向や手段がありますが、その一つとして、時間的推移を過去に遡って調べることが挙げられます。星から流れ出した物質の状態を、星の近くから遠くへと、時間を遡って調べるのです。ただ、星から離れるにつれ、放出された物質の温度も密度も急速に下がるところが難しいところです。赤色巨星の薄い「衣」は容易には姿を現してくれません。この困難を解決する一つの手段が遠赤外線観測です。赤色巨星から放出される物質は、ほぼ全てガスですが、ごく僅か固体微粒子(塵、ダスト)が含まれます。これが赤色巨星の質量放出の特徴です。ダストは温度に応じた波長で効率的に赤外線を放射します。星から離れたダストは100K以下に冷え、主に遠赤外線を放射するようになります。そこで、見えない「衣」についての塵(ダスト)に「あかり」を当てることで、軽い星々の質量放出の有り様を浮かび上げさせるを試みました。

## 心残りの星、うみへび座U星

この星は炭素星(★4ページ)と呼ばれる赤色巨星です。冒頭1985年の論文で、遠赤外線で広がりのあることが指摘されていました。さらに1994年にはIRASデータから高空間分解能の画像を得る研究により、半径約2分角のリング状に見えるダストの殻(シェル)の存在が示唆されていました。私たちはISOでこの星を最優先で観測する予定でしたが、衛星運用上の制約から遂に観測されずじ

### ★ newscope <用語>

#### ▶ IRAS (Infrared Astronomical Satellite)

1983年にアメリカ航空宇宙局NASAにより高度900km、周期103分の太陽同期軌道に投入された、アメリカ、オランダ、イギリス共同の世界初の赤外線観測衛星。12、25、60、100 $\mu\text{m}$ の波長帯の測光と中間赤外線の低分散分光で高感度の全天サーベイを完了させ、約25万天体をカタログし、全く新しい時代を切り開いた。

### ★ newscope <用語>

#### ▶ ISO (Infrared Space Observatory)

1995年にヨーロッパ宇宙機関ESAにより南米のフランス領ギアナからアリオンロケットによりバン・アレン帯の外に出る遠地点7万kmの長円軌道に投入された赤外線観測衛星。CAM(近・中間赤外線カメラ)、PHOT(遠赤外線測光器)、SWS(短波長分光器)、LWS(長波長分光器)の4つの観測装置を搭載した。中でもSWSとLWSによる宇宙生物学の開拓という目覚ましい成果を挙げた。我々はPHOTを用いた赤色巨星周囲の低温ダストの撮像観測に挑戦した。

### ★ newscope <用語>

#### ▶ SST (Spitzer Space Telescope)

2003年にアメリカ航空宇宙局NASAによりデルタIIロケットで地球の後を追う太陽同期軌道に投入された赤外線観測衛星。IRAC(近赤外線カメラ)、IRS(近・中間赤外線分光器)、MIPS(中間・遠赤外線測光器)の3つの観測装置を搭載し、各分野で非常に高感度な赤外線天文学を展開した。太陽系外惑星研究における活躍も目覚ましい。現在は近赤外線観測のみ実施中。

### ★ newscope <用語>

#### ▶ あかり (AKARI)

2006年2月にJAXA宇宙科学研究所のM-Vロケットで全天サーベイのため、地上高度約700kmの太陽同期軌道に投入された、日本初の赤外線天文衛星。IRAS、ISO、SST同様に、全体を液体ヘリウムで冷却し高感度な赤外線観測を実現した。IRC(近・中間赤外線カメラ)とFIS(遠赤外線測光器)の二つの観測装置を搭載した。一周回あたり約10分間の天文台的な指向観測による多様な観測も実施された。そのために事前に取りまとめられた総合的な指向観測計画が「あかり」ミッションプログラム群である。

まいの心残りの星でした。今回「あかり」衛星の遠赤外線サーベイ装置 FIS により、ようやくこの星のダストシエルの姿を拝める時がやって来ました。

得られた画像（図1）を見て最初に驚いたのは、この星のダストシエルが綺麗なまん丸だったことです。そして中が空洞に近く、厚みも非常に薄い球殻構造を持っていました。それは過去に塵（とガス）の大量放出が等方的かつ短期間に行われたことを示します。私たちは、たかだか千年ほどの間に地球約30個分の塵（とその約100倍のガス）が、今から7000年ほど前に一気に放出されたという結果を得ました。この星の現在の質量放出に比べ、少なくとも10倍以上の勢いでした。

一方、この星の大気には半減期20万年のテクネチウムという元素が見つっています。これは、星の内部の核融合反応で生成された物質が、星の表面へ（星の進化的には）ごく最近に汲み上げられたことを示します。このような物質の汲み上げは、熱パルス（★）を

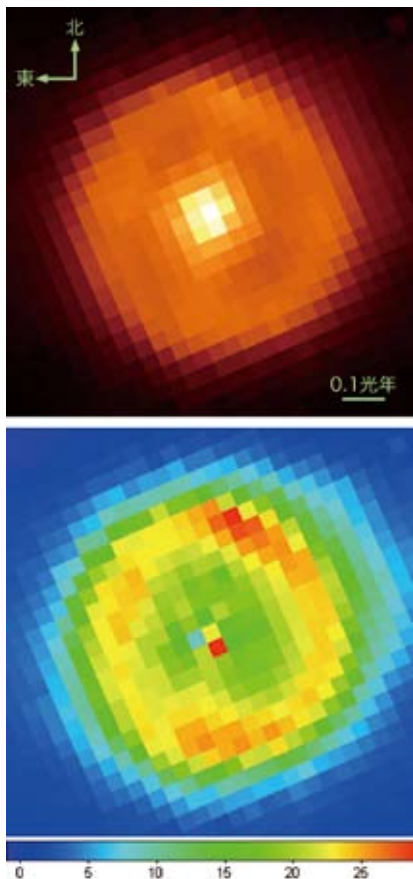


図1 「あかり」搭載の遠赤外線サーベイヤー FIS による、うみへび座 U 星のまわりに広がる絶対温度 45 度（マイナス 228℃）前後の冷たい塵（ダストシエル）の様子を捕らえた波長 90 マイクロメートルの遠赤外線画像。（上）星とシエルが一緒に写っている元画像。（下）星を引き去ったシエルだけの画像。ダストシエルの見かけの直径は 210 秒角（3.5 分角）あり、満月の 9 分の 1 くらいに広がっている。図で 1 ピクセルは 15 秒角に対応。

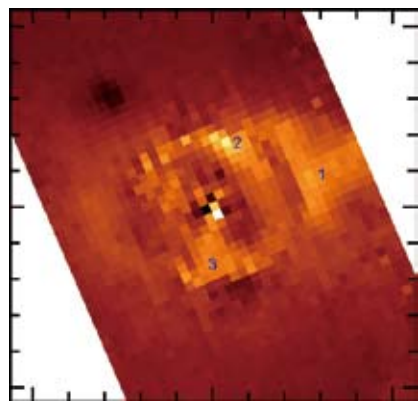


図2 図1 下側の画像からさらに球対称ダストシエルのベストフィットモデルを引き去った残差の画像。北西方向に伸びる淡い尾（1）が認められる。星間物質の風に吹き流された U Hya からの質量放出流の一部と考えられる。シエル内部にも球対称からのずれが見られる（2、3）。縦、横とも一目盛りが一分角。

きっかけに起こると考えられています。熱パルスはまた、星の表面で起こっている質量放出の勢いにも大きな影響を及ぼすと考えられています。

以上のことから私たちは、この星の球殻状のダストシエルを形成した過去の激しい質量放出は、内部の熱パルスをきっかけに起こった現象だと結論しました。今後のより高分解能の遠赤外線観測により、この星の質量放出の様子がさらに詳しく分かると期待されます。

さらに、質量放出の時間発展とは直接関係しませんが、放出された物質が周囲の星間物質に吹き流されていることもわかりました（図2）。星から星間空間へと還元された物質が循環していく一局面が直接的に捕らえられました。

## 多重シエルの星、ポンプ座 U 星

この星も炭素星です。この星は銀河面に近いため冒頭 1985 年の論文には載っていませんでしたが、IRAS は遠赤外線の放射が異常に強く、空間的にも広がっていることを検出していました。1988 年にはミリ波観測により薄い殻状の CO ガス分布が明らかにされました。私たちも IRAS データの詳細解析から、この星に 2 重のダストシエルが存在し、それぞれを熱パルスに関係づけられることを 1997 年に報告しました。その後 ISO でこの星の遠赤外線画像を得ましたが、残念ながらダストシエルについて明瞭な結論を下せませんでした。「あかり」で再挑戦です。今回は FIS の遠赤外線観測に加え、近・中間赤外線カメラ IRC の観測も組み込みました（★）。そして目論見通りに、その二重ダストシエルの内側シエルの中間赤外線画像を取得すること

### newscope <解説>

#### ▶ 炭素星と熱パルス

恒星表面の元素組成を見たとき、酸素原子に比べて炭素原子の数が多いう状態にある星。ここで取り上げているのは、それらの星のうち、進化末期の漸近巨星枝段階に数千～数十万年の間隔でヘリウムから炭素を作る熱核融合反応の暴走（熱パルスあるいはヘリウム殻フラッシュと呼ぶ）が起こり、その度に炭素が表面に運ばれ、遂には炭素星となったもの。ある限られた範囲の質量と元素組成を持って生まれた星がなる。1975 年、東京大学の杉本大一郎と野本憲一、イリノイ大学の Icko Iben Jr. が独立にほぼ同時に突き止めた。太陽近傍の炭素星の平均質量は太陽の約 1.5 倍と見積もられており、その質量の星が生まれてから炭素星になるには約 30 億年かかる。なお、元々の星間ガスやそこから作られる星では酸素原子の方が多い。例えば太陽表面では酸素が炭素の約 2 倍。

### newscope <解説>

#### ▶ IRC の観測

U Ant 是波長 12 μm で 200 Jy 超という、IRC で観測するには明る過ぎる天体で、検出器の飽和が予測され、普通は向けることのない天体だった。しかし、ダストシエルがきつと見えるはずだという強い期待があった。それは、筆者のオランダ宇宙研究機構 SRON 滞在時に遡る。1993 年の秋に渡航してから半年間、毎日毎日、IRAS が空をスキャンして検出器が星を通過した際の出力信号を眺めていた。いろいろと思いつくところはあったが、とにかくデータを見る目がどンドン磨かれていった。そんな中、U Ant の 25 μm のデータで、ほんの僅かだけれども点源テンプレートに比べて裾野が高くなっていることに気づいた。「ふーん、この星のダストシエルは 25 μm でも見えるんだ。世の中でこれに気がついているのは自分だけだろうな。そのうち機会を捕らえて見てやろう。人に見せたら取り合ってもらえないくらいに僅かな信号だったのでそのまま胸にしまっておいたが、「あかり」がその機会を与えてくれた。私たちの観測プログラム MLHES で U Ant と点源参照星を IRC で観測し、差分を見ることにした。データが揃った時点ですぐに波長 24 μm でシエルが写っていることを確認できた。約 15 年前の確信をようやく形にした瞬間であった。なお、ここで示した U Ant の美しい画像と詳細な解析は、大学院生の有松君の入魂の一品である。

に成功しました(図3)。赤色巨星を取り囲むダストシェルとしては世界初の中間赤外線画像です。その輝度は、中心星の見かけピーク輝度に対して15 $\mu\text{m}$ で3000分の1、24 $\mu\text{m}$ で250分の1でした。さらに、一重だと考えていたこの内側シェルが実は、天球上での見かけの半径が43秒角と50秒角の二層に分かれる構造を持つことが分かりました(図4)。一方、FISでは内側シェルを中心星から辛うじて分離するに留まり、それが二層になっていることは分かりませんでした(★)、その合計の輻射強度を精度良く与えました。得られた中間赤外から遠赤外にかけての放射強度分布から、内側シェルの二層のダスト温度をかつてない信頼度で決定できました。その結果、外層の温度はサブミクロン・サイズのダスト粒子が中心星の輻射と平衡状態にあるとして理解できるものでした。一方、内層の温度はそれよりもずっと高く、そこにあるダスト粒子がとても小さく、ナノサイズレベルである可能性を見出しました。

ダスト温度が決まったので、ダストの質量が高い信頼度で求まり、内層は月5個分、外層は地球5個分ほどであることが分かりました。外層ダストの質量は、現在の質量放出に比べ、一桁以上強い勢いの質量放出があったことを支持します。この二層構造を持った内側ダストシェルも、熱パルスに伴う質量放出の短期的な増大によるものと私たちは考えていますが、二層構造の成因についてはよく分かっていません。現時点では、二回の間欠的な質量放出の増大があったと考えるよりは、一回の増大でできた単層のシェルが何らかの原因で二層に分かれたと解釈しています。その原因の一例として、質量放出流の中で、ごく小さいダストはガスに結合して動くのに対し、大きいダストはガスをすり抜けて動いていくという効果が挙げられます。なお、この内側シェルの二層構造はハッブル宇宙望遠鏡HSTを使った2010年の可視散乱光の画像で示唆されていました。それが「あかり」の中間赤外線観測で独立に確認され、正確なダスト温度と質量が与えられました。今後中間赤外線ですらに高コントラストな撮像観測が可能になれば、より多くの赤色巨星でダストシェルの温度と密度の詳しい構造が明らかにされ、質量放出の時間発展に関する理解が飛躍的に進むでしょう。

## これから

私たちは赤色巨星のダストシェルを、赤外線を用いて系統的に探査し、老齢期の星の

質量放出を詳しく調べています。今回の成果は、「あかり」ミッションプログラムの一つ、“Excavating Mass-Loss History in Extended Dust Shells of Evolved Stars”(略称MLHES)によって得られたものです。このミッションプログラムの成果第一弾は2008年公表の赤色超巨星ベテルギユスのまわりのパウショックの報告でした(2010年11月のNHK「サイエンスゼロ」で放映)。第二弾はM型星のミラ型変光星カシオペヤ座R星の周りのパウショックに関する2010年の報告です。今回紹介したのはそれに続く第三、四弾の成果でした。今回の研究は、我々の体や身の回りの物に含まれる炭素などを宇宙空間に供給する一つの源泉について、その様子を描き出しました。今後さらに多くの星の解析を進め、年老いた星の活動と、その活動が宇宙の物質循環と化学進化に対し果たす役割について、より詳しく探らうとしています。一方、間もなく観測の始まる大型ミリ波サブミリ波干渉計ALMAや、JAXA宇宙科学研究所で計画中の3m級冷却望遠鏡衛星SPICAは、さらに高感度・高空間分解能で「衣」を調べることを可能とし、質量放出の研究を飛躍的に進めてくれることでしょう。

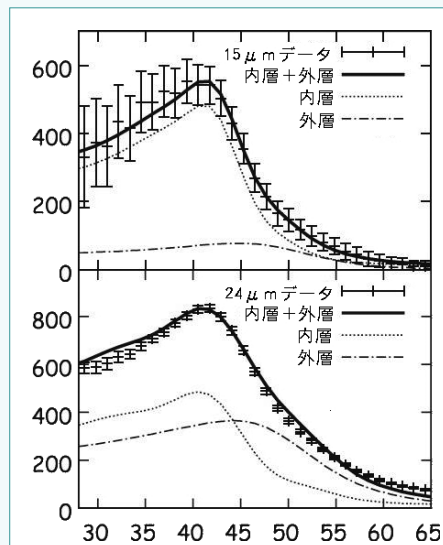


図4 波長15 $\mu\text{m}$ と24 $\mu\text{m}$ におけるダストシェルの輝度分布。誤差棒のついた点が観測値で、3種類の線がモデルフィットの結果。輝度は円周方向に平均してある。横軸は中心星からの秒角単位の離角。縦軸はAUD/pixel単位の輝度。観測は内層(点線)と外層(一点鎖線)の二層のダストシェルの存在を示している。

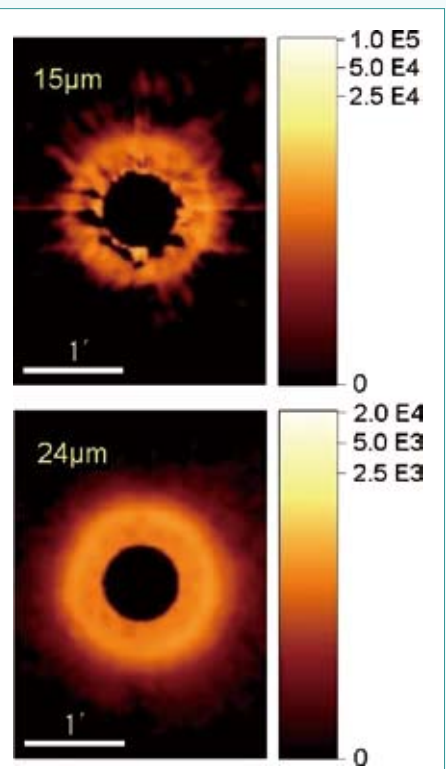


図3 「あかり」の近・中間赤外線カメラ(IRC)により波長15および24 $\mu\text{m}$ で描き出された、ポンプ座り星のまわりに広がる暖かい塵(ダストシェル)の画像。見かけ半径は約50秒角。中心星は差し引いた上でマスクしてある。中間赤外線撮られた世界初の赤色巨星のダストシェル画像。カラーバーの単位はADU/pixel。

## newscope<用語>

### ▶ HSO(Herschel Space Observatory)による観測

HSOは、2009年にヨーロッパ宇宙機関ESAにより南米のフランス領ギアナからアリアンIIロケットにより、地球から見て反太陽方向にあるラグランジュ点L2に投入された口径3.5mの遠赤外線サブミリ波天文衛星で、波長50 $\mu\text{m}$ から長波長側だけを観測する。HIFI(超高分解能サブミリ波ヘテロダイン分光器)、PACS(遠赤外線分光撮像器)、SPIRE(サブミリ波分光撮像器)の三装置を搭載。その口径により、IRAS、ISO、Spitzer、AKARIなどに比べ圧倒的な高空間分解能を達成している。U Antの内側ダストシェルも美しいリングとして描き出されたが二層の検出には至らなかった。

### 参考文献

- Izumiura, H., et al.: 2011, *A&A*, **528**, A29.  
 Arimatsu, K., et al.: 2011, *ApJ*, **729**, L19.

●これらの研究は、自然科学研究機構国立天文台(岡山天体物理観測所)、東京大学大学院理学系研究科(天文学専攻、天文学教育研究センター、木曾観測所)、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、米国・デンバー大学物理・天文学科、東北大学大学院理学研究科天文学専攻、英国・ロンドン大学物理・天文学科、群馬県立ぐんま天文台に所属する、総計13名の研究者によるものです。

## 平成22年度国立天文台長賞は3チームに！

2011 03 25

平成19年度に設立された国立天文台長賞も平成22年度で4回目。今年は受賞が3件と、賑やかな授賞式となりました。受賞したのは「太陽系外惑星探査プロジェクト室」、「乗鞍コロナ観測所観測職員」、「世界天文年2009」の3チームで、受賞分野も「太陽系外

### 歴代受賞者&プロジェクトリスト

#### 19年度

・技術部門：川島進、篠原徳之、北條雅典、関口英昭（野辺山太陽ヘリオグラフ）  
・研究部門：四次元デジタル宇宙プロジェクト、ひので科学プロジェクト

#### 20年度

・研究部門：天文情報センター

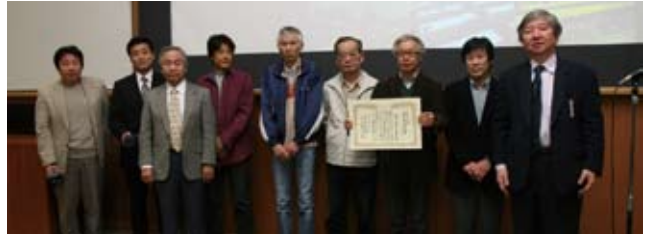
#### 21年度

・研究部門：RISE月探査プロジェクト

★歴代の受賞者・プロジェクト名は、中央棟玄関ロビーに受賞プレートが掲示されています。

惑星探査プロジェクト室」が研究開発、「乗鞍コロナ観測所観測職員」が運営、「世界天文年2009」が広報普及と、国立天文台の業務を幅広く網羅したバランスのとれたものでした。受賞されたみなさま、おめでとうございます。

3月25日の国立天文台教授会議の冒頭で表彰が行われました。上から「太陽系外惑星探査プロジェクト室」、「乗鞍コロナ観測所観測職員」、「世界天文年2009」の受賞者のみなさん。



## 研究会「SPICA Science Workshop 2010」の報告

2010 12 10-11

おしらせ  
NO.01

田村元秀（太陽系外惑星探査プロジェクト室）

SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) ミッションとは、2018年度の打上げを目指してJAXAを中心として進められている次世代赤外線天文衛星計画である。口径3.2メートルの大型望遠鏡を、冷凍機で絶対温度6度に冷却することにより、従来の遠～中間赤外線望遠鏡よりもはるかに優れた感度と空間分解能を達成することができる。この能力を活かして、「惑星系のレシピ」、「銀河誕生のドラマ」、「宇宙における物質循環」など、現代天文学の重要課題を解明することを目標とする。SPICAは、2008年にJAXAのプリプロジェクトとなり、2010年9月には、システム要求審査に合格した。現在は、システム定義審査に向けた活動と焦点面観測装置の仕様検討が進められている。2011年前半までに国際審査を経て、その仕様が固まる予定である。SPICAは、欧州・米国・韓国も参加する国際ミッションであり、今後、正式なプロジェクトに移行するためには、搭載観測装置

の仕様を明確にする必要がある。今回のワークショップは、日本・韓国が提案する観測装置の仕様を決める重要なステップと位置付けられた。

日本の科学衛星の中でも最大規模となるSPICA計画を実現するためには、天文コミュニティからの幅広い支援が必須となる。今回の研究会は、光学赤外線天文連絡会の後援のもとに、SPICAチームがSPICAタスクフォースと共に2010年12月10日および11日に国立天文台大セミナー室で開催したもので、110名を越える様々な分野の研究者が参加した。研究会では、最初に、SPICA現状・観測装置国際審査・WSの目的と、提案された装置の具体的な仕様が紹介された。ついで、各分野の方々の講演が、中間赤外線撮像によるサイエンス、中間赤

外分光によるサイエンス、関連分野からSPICAへの期待、中間赤外線コロナグラフによるサイエンス、近赤外広視野カメラによるサイエンス、SAFARI・米国装置によるサイエンスの6セッションで行われ、多くの参加者も交えた突っ込んだ議論が行なわれた。

今後は、2011年度のプロジェクト化に向けての仕様のpolish-upと開発の進展が期待されている。



研究会のようす。

# 史上最大の暦要項、出る

片山真人 (天文情報センター)

2011 02 01

みしらせ  
NO.02

平成23年2月1日、官報にて平成24年(2012)暦要項を発表しました。今回はお勤めの天文現象が目白押し、史上最大ボリュームにてお届けすることになりました。

## ●金環日食

まず、5月21日に金環日食があります。金環日食とは、月が遠くにあって太陽全体を覆い隠すことができず、太陽がリング状に残って見える現象です。

2009年の皆既日食のときと異なり、今回は九州地方南部、四国地方南部、近畿地方南部、中部地方南部、関東地方など、広範囲にわたって金環食を見ることができます。仮に金環食帯に入らないとしても、多くの地域で最大食分が0.9を超えるので、気温や明るさの変化、動物がそわそわと騒ぎ出す様子などが見られるかもしれません。また、太陽高度が低いこともあり、いろいろ面白い構図の写真が撮れるかもしれません★1。

国内で金環食が見られるのは1987年9月23日の沖縄以来25年ぶりのことで、この先は2030年6月1日(北海道)まで待たねばなりません。

## ●金星日面経過

6月6日には金星の日面経過が全国で見られます。金星の日面経過とは、太陽-金星-地球がほぼ一直線状となり、金

星が黒い点となって太陽の前を横切っていく現象のことで、太陽面通過と呼ぶこともあります。少々リングが太いですが、金星版の金環日食であるともいえます。

2006年11月9日には水星の日面経過も見られましたが、金星は見かけの大きさが太陽の32分の1程度と大きく、見応えが違います。また、今回は日の出や日の入りにかからず、最初から最後まですべての過程を眺めることができます。

金星日面経過が前回見られたのは8年前の2004年6月8日でしたが、今回は105.5年後の2117年12月11日までありません。日食と違い国内に限った話ではないので、よほど長生きをしない限りは今回がラストチャンスとなります。

## ●金星食

さらに、暦要項には載せておりませんが、8月14日の未明には石垣島などを除くほぼ全国で金星食(月による金星の<sup>えんべい</sup>掩蔽)と呼ばれる現象が見られます。これは月が金星の前を横切って金星を隠してしまう現象で、今回は月の明るい側から金星がもぐりこみ、暗い側から出てきます。日面経過では太陽の前だった金星も、今度は月が相手なので後ろ側にまわるというわけです。観測地によってはあたたかもトルコ国旗のような状態になったり、月の端を金星がかすめたりします。

ちょうどこの頃金星は西方最大離角

(8月15日)付近と太陽から離れており、最初から最後まで全過程を見ることができます。加えて、この日はペルセウス座流星群の極大も近く、一晩で両方のイベントを楽しめるかもしれません。

## ●秋分の日が動きだす

秋分の日には9月23日固定だと思っていた人はいませんか? 確かに長らく9月23日のままでしたが、今回ついに22日に変わります。

9月23日でなくなるのは昭和54年(1979)9月24日以来33年ぶり、9月22日になるのは明治29年(1896)以来116年ぶりの出来事です。

以上、駆け足で平成24年暦要項の概要をご紹介します。詳しい内容や予報などについては、暦要項のほか、暦計算室ホームページでもお調べいただけます。ぜひご活用ください。

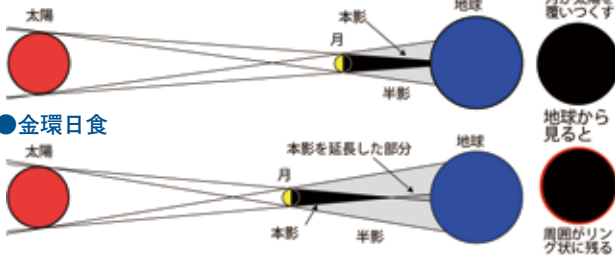
<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>

最後になりましたが、来る2012年には金環日食、金星日面経過、金星食、そして願わくは五輪での金メダルが、大震災で大きな被害を受けた日本に癒しと活気を与えてくれることを祈ります。

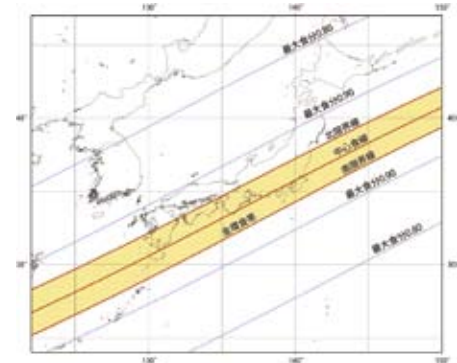
### ★1

くれぐれも、デジタルカメラのCCDを破損しないよう、撮影中に太陽を直接見ないよう、ご注意ください。

## ●皆既日食

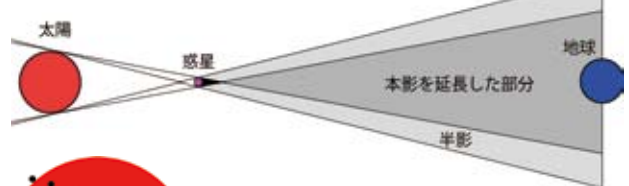


皆既日食と金環日食の違い



5月21日の金環食帯(黄色い帯)

## ●日面経過



日面経過の概念図



6月6日の金星の日面経過の位置と時刻

## ●惑星食

8月14日の金星食の経過



惑星食の概念図



# 川辺良平さん

教授 / 野辺山宇宙電波観測所長 / 野辺山太陽電波観測所長

## の本棚

### 第⑪回

## 偶然？それとも必然？ 不思議で素敵な本との出会い

帰ってきました **私の本棚**

## SEASON II

[私の本棚・案内人]  
小栗順子  
国立天文台図書館司書



### ● 天文関係の思い出の本・最近印象に残った本

#### ★アウトドアな小学生時代の本★

子どもの頃はあまりじっと家の中にいなくて、晴れていれば外に行き山へアケビを採りに行ったり昆虫を採りに行ったり、友だちとベーゴマや面子をしてました。ところが、雨の日は外に遊びに行けないじゃないですか。そんな時の私の友が『**子ども科学館**』なんです。私の家では、本は本棚ではなくて押入れにしまわれていたんで、雨が降ると押入れから何冊か取り出してきて見る。その中に今でも私の目、頭の中に焼き付いている図があるんです。(右下写真)地球から月を見ていて、歩いて行くと100……年。自転車だと10……年、自動車、新幹線、ロケット、光という感じで段々と速いものになってきて、「ゼロ」が少しずつ減ってくる。光になると単位が「年」から「秒」になるんです。「ほほう、月まではこんな距離なんだ。こんなに宇宙は広いんだ」って思いました。本がポロポロになるまで何回も何回も見てました。小学校高学年の時でしたけど、この時に初めて宇宙を意識して見た図で、最初の宇宙体験でした。私の宝物みたいなものですね。とは言っても、晴れているとそんな感動はすっかり忘れて(笑)、外へ遊びに行っちゃんだよね。まさに晴遊雨読だね。磁石にも興味を持っていたんですけど、棒磁石にはNとSがあるでしょう。それが電気の+・-のようにきれいに分かれられないのかなあと思ってね、ノコギリでギコギコキコッと切ってみたんです。でもやっぱりちゃんとNとSになっているんですよ。不思議だなと思って担任の先生に聞いたら「また難しいことを〜。中学校へ行ったら習うからそこで聞いてごらんさい」って言われたナ。

#### ★バイブル本『物理学読本』★

中学時代は伊豆に住んでたんですけど、とても夜空がきれいなんです。家の庭にゴロリと寝転がると一面が星。ちょっと浮遊感のような、宇宙に吸い込まれて行く感覚になって「身体が宇宙に浮いている。宇宙の一部なんだ」って思った。

中学校の担任は大学の物理学科を出たてホヤホヤの新米教師だったんだけど、その時に薦められたのが『**物理学読本**』なんです。でも伊豆の田舎の書店に置いていなくて、

先生に聞いたら新宿の書店にあるっていうからね、伊豆から一人で鈍行に乗って上京したの。帰りの電車の中で本を開いて、まずはきれいな図版にビックリ。中でも、よく覚えているのが、「ヤカン」。氷の上のつて蒸気が出ている図。そこに「氷の上でひとりだけで沸騰することはない」って書いてあるんですよ。「こんな当たり前じゃん！」って思うよね。何でわざわざ書いてるんだろう、物理って変な学問だなぁって不思議に思ったんです。もともとは磁石について知りたかったんだけど、すっかり「ヤカン」に惹きつけられました。



物理学読本 / 朝永振一郎編・一第2版・一みすず書房、1969

本の構成は、朝永振一郎さんが考えられていて、さすがの一言。これは今読んでも難しいことが書いてあるんだけど、たくさんいい図があるから読んでいてすんなり頭に入ってくる。それに、どんどん知りたいという気持ちが引き出されてきて、物理への関心がふつふつと沸いてくる。とにかく、絶大なインパクトがあって、物理に目覚めたきっかけ本。確かに「ひとりだけで沸騰することはない」(笑)

そもそも磁石の原理にもかかわる量子電磁気学っていうのは、朝永さんたちが新たに切り拓いた分野なんですよ。というわけで、この本との運命的な出会いをきっかけに、物理の世界に引き寄せられて、一気に物理という学問に邁進していきました。

今、改めて読み返してみると、こういう身近に転がってる大したことないと思える謎も、実は奥深いところで世界の根源的な仕組みにつながっているんだな、と痛感させられますね。

#### ★物理オタクから宇宙へ★

その後はすっかり物理オタク。特に量子力学に引き込まれて、高校の図書館には2008年にノーベル賞をとった小林誠、益川敏英の先生にあたる坂田昌一さんや武谷

三男さんの本もあつたりして、けっこう難しい物理の本でもほとんど読んでいました。ブルーバックスも買い漁っていたなあ。大学も何も悩まず当然の如く、物理学科に進みました。宇宙の方に引き込まれたのは『**宇宙創成はじめの三分間**』との出会いが一つのきっかけなんです。大学3年の時に将来の自分の専門を決めるにあたって少し悩んでいたんですけど、この頃はちょうどビッグバン宇宙とか宇宙での元素合成とか初期宇宙の様子などが議論できるようになってきていたんです。著者のワインバーグは素粒子物理学の大家で、物理の手法を使って宇宙を解き明かすんですけど、物理の言葉で宇宙を語れる、記述できるというのは、とても面白いと思いました。そして、宇宙には、ビッグバンの化石というか指紋が残っていて、それを観測すると、宇宙誕生の様子がわかっちゃうと。すげーなー、と。で、大学院では宇宙背景放射を観測してみたいなって思ったんですけど…、実際は全く違うことを研究していました(笑)。



宇宙創成はじめの三分間 / S・ワインバーグ著；小尾信彌訳。一新版・ダイヤモンド社、1995

最近、宇宙の観測分野に新規参入してきた私より少し若い先生が、宇宙背景放射の観測をやろうとしているんです。当時私がやろうと思っていたテーマでもあるし、電波天文学の先輩として裏方で後押しをする形でサポートしているんだけど、何だかわ

大学の美術部時代に最初に描いた自画像。「私の野辺山所長室に飾ってありますよ。当時の自分に今の自分を監視させているんです(笑)。当時は、カンディンスキーの教科書で勉強。“上昇している点の集団”とか“暖かい点の集団”など、今まで見たことも聞いたこともない概念が記されていて、「目が点」の内容でした」▼



川辺画伯、たぐいましい出の。





クワクするよね。時が巡って、宇宙物理の最初の憧れのテーマに再会すると、とても元気になります。野望再沸騰(笑)。うん、研究者は野望がなくなったら終わりだと思います。

### ★国際協力と競争の世界★

で、研究者の野望実現のための一側面として面白いのが、研究のマネジメントの問題。外国での科学政策や科学研究はどのように行われているかについて元々興味はあったし、科学の読み物は好きで昔から読んでいました。野辺山で助手をしていた頃は周りにもお手本になる人達が多くてね、その影響で自分が支えて引っ張っていかなくちゃという意識を非常に強く持っていました。必要なものは全部自分たちで作っちゃうっていう「野辺山イズム」というのがあるんですけど、望遠鏡も観測機器も全部作っちゃうんですね。それを発展させて応用する技術は100%完全に理解して自分のものにしないとイケない。そのためには、やはり自分も成長していかなくちゃいけないし、世界を見て、研究の最前線と全体像をよく理解しないとイケない。

具体的なきっかけはやっぱりALMAかなあ。日本という一国だけではなくて、国際協力で世界の研究者と渡り合っていくんですが、『ノーベル賞を獲った男』は、成功するには何をすべきか、どうすべきか等といった研究ビジネスモデルの一例を知るには最適な本です。タイトルから刺激的ですよ、【獲】って獲得の【獲】の字でしょう。見ただけでクラクラ~っとする(笑)。モデルのカルロ・ルビアはタイトルの通りノーベル賞を獲った男で、素粒子物理学の最前線にいる人なんですけど、すっごく野心家で元気な人です。私もこうなりたいと読み進めながら、改めて意欲をかき立てられたりもしますが、ルビアには参りました。彼のパワフルさ、見習いたいですね。それにしても、学術のためにこれだけやるんだよね、っていう…。野心的なプロジェクトを進めるためにはそれだけユニークな人たちがいて、ルビアの素粒子実験になればすっごい人数。そういう人たちをまとめるためにはやっぱりマネジメントもできないとイケないし、研究でもすっごい努力をする。これには私とても共感しました。『常温核融合スキャンダル』も、内幕ものでスリリングなんですけど、2冊とも人や金といった研究に必要なものを地道に且つ戦略的に獲得していく方法、科学競争や論争の背景、予算獲得の実像などについても実に赤裸々に書かれています。

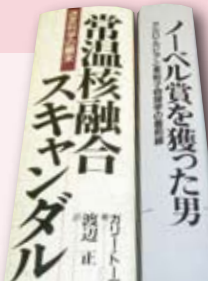
宇宙も面白いけど、人間も面白いですよ。雑談、とくに飲んで盛り上がると、すごいアイデアが出てくるのはなぜ?(笑)。重要ですよ。若い人に元気がないとよく飲み連れ出すんですよ。

宇宙の図を描いています

何れもガリィ・トープス(著)なんだけど、私は特別好きなんです。テーマを深く咀嚼して、かつ物語としてすごく読ませます。内容も非常に勉強にもなったし、とにかく惹きつけられた本です。

左) 常温核融合スキャンダル: 迷走科学の顛末 / ガリィ・トープス著; 渡辺正訳。一朝日新聞社, 1993

右) ノーベル賞を獲った男: カルロ・ルビアと素粒子物理学の最前線 / ガリィ・トープス著; 高橋真理子、溝江昌吾訳。一朝日新聞社, 1988



## ● これまでの人生で、大きな影響を受けた書籍

### ★心の故郷・伊豆★

中学校の時から書名をよく耳にしていたのが『しろばんば』『北の海』『夏草冬濤』『あすなる物語』などなどの井上靖の作品群。井上靖は小学校、中学校は伊豆にいて、その時のことを自伝的に書いているんです。伊豆の描写も多くて、実際に私が子どものころに駆け巡っていたとても具体的でリアルな情景描写もあって親しみが湧くんですよ。シリーズ本は大学生の時に読みました。当時は北海道にいたから余計に懐かしさが込み上げて何回も何回も繰り返し読んでいました。

中から時計回り) ◆あすなる物語 / 井上靖著。一86刷改版。一新潮社, 2002。一(新潮文庫; い-7-5) ◆夏草冬濤 / 井上靖著; 上, 下。一新潮社, 1989。一(新潮文庫; い-7-33, い-7-34) ◆しろばんば / 井上靖著。一83刷改版。一新潮社, 2004。一(新潮文庫; い-7-12) ◆北の海 / 井上靖著; 上巻, 下巻。一新潮社, 2003。一(新潮文庫; い-7-37, い-7-38)



伊豆に対する思いはすっごく強くて、退職したら伊豆に帰ろうと思ってるんです。カミさんがついてこなくても一人で(笑) ひきこもろうと、ね。

私はあまり出来のいい方じゃないから(笑) 苦労しながらきているんです。結構、子どもの時から、これじゃいけない、変わらなくちゃ、みたいな悩み多き青春(笑)。毎年、正月早々、伊豆の実家の裏山を登って「こんなグダグダした生活をしてはダメだ。断ち切って新しい人生を踏み出す」って反省するんです。自分なりの儀式というか気持ちにひと区切りつけて思いを新たにするとするぞと思うわけですね。とはいえ、現実には…なかなか。理想は描いていても、常に障害が立ち塞がったりして要領よく行った試しがない。で、そんな儀式がだんだんとエスカレートしてきて、山登りや沢登りもチャレンジして、一種の修行のように、自分の限界を見極めたいと思ってくる。辛ければ辛いほど立ち向かう感じかな。井上靖も同じでね、成長したいんだけど、なかなか成長できないもどかしさがあって、いい方向へ行かなくて、あっちへ行ったりこっちへ行ったり。

葛藤しながら自分探しをするというところ、すごく私の生き方と通じるところがあってシンクロしますね。故郷の裏山で海を見ながら抱いた、あの少し苦い思い以来、ずっと一緒に人生を歩んできた大切な心の友なんです、彼の小説の主人公たちは…。

私の家系は職人・エンジニアが多くて、子どもの時から「手に職を」と言われ続けていたので、根はきっと職人気質なんだろうね。だから、自分の手で、納得するまでやらないと次に進めない、といった感じはあります。その点、野辺山の水はあって、そこで育まれた成果が、今ALMAにつながっている。それを思うと、やっぱり自分の得意なところで仕事をしていくのがいいのかなあって。最近になって自分の役どころが見えてきた感があるんです。未開拓の地に乗り込んで耕すフロンティア的な役目で、次の世代へ思いを引き継ぐ。こういうの好きなんですけど、皆ついてきてくれないと…ひいちゃったら困る(苦笑)。

### ★究極! 宇宙の曼荼羅★

研究も、ひとまわりして原点回帰というか、物理の切り口から天文の世界を描きたいという理想の実現に向けて、新しい仕事を始めたいと思っているんですよ。たとえば、天文学者が観測で理解した宇宙というものを、自分の身体に沁み込んでいる物理の基本を用いて描き直して、究極の世界像を曼荼羅で表すとか、どう?(笑)。“あすなる職人”の夢は、宇宙を含めた世界全体のしくみを理解するための術を、自分が納得いくまで作りこんでみたい、ということなんです。



1957年生まれ、三鷹市出身、育ちは伊豆。北海道大学理学部物理学科卒。名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了。東京天文台助手、国立天文台助手、助教授を経て1998年より現職。専門は電波天文学、特に星・惑星系形成や銀河形成、銀河の活動性など。

# 「ひので」が見た金環日食

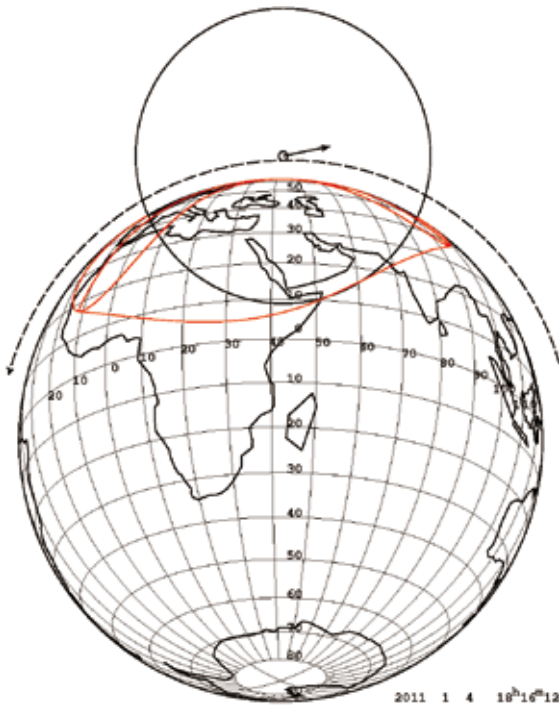
殿岡英顕 (ひので科学プロジェクト)



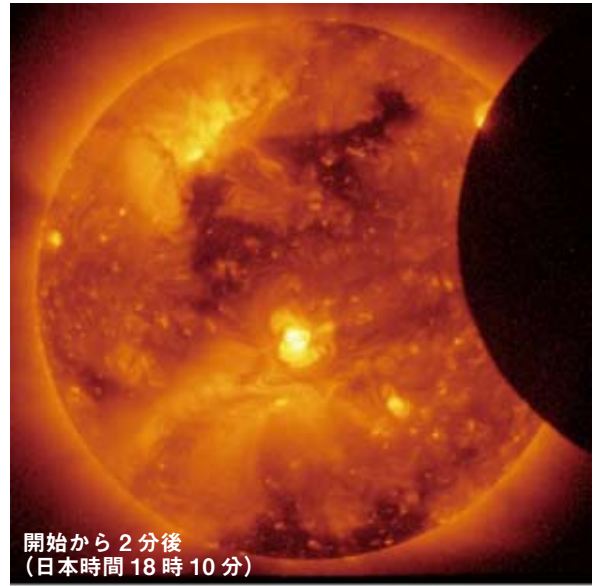
「ひので」X線望遠鏡がとらえた金環日食時の太陽コロナ。

2011年1月4日に  
アフリカ北部、北欧、  
西アジアなどで部分日  
食が観測されました。  
この日食の中心帯は地  
球の外にはずれてしま  
ったため、地球上では  
どこも部分日食しか  
観測できませんでしたが、  
太陽観測衛星「ひの  
で」の軌道はその中心  
帯をちょうど横切った  
ため、金環日食として  
観測しました。「ひ

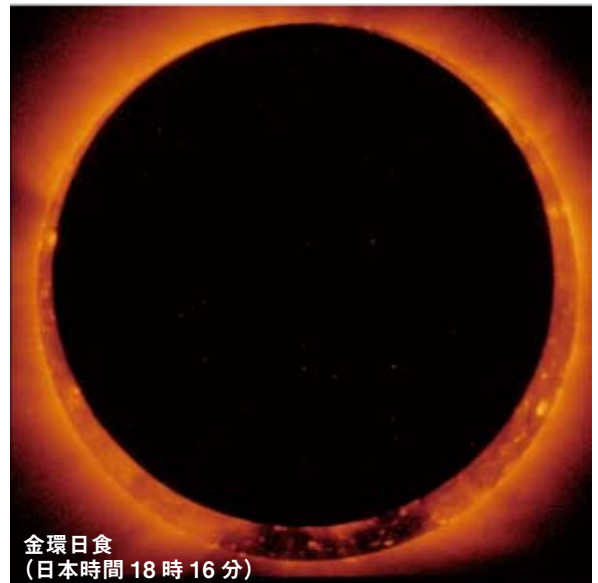
ので」は地球の周囲で北極と南極を結ぶ高度約680kmの軌道を約90分で周回しています。日食全体の継続時間よりも「ひので」の軌道周期の方が短いため、「ひので」は日食を合計3回観測し、2回目の日食が金環日食となりました。「ひので」から見た日食の月の動きは、主に衛星自体の軌道周回運動によるもので、日食の継続時間は約14分、金環食の継続時間はわずか13秒程度と、地上での観測よりもずっと短いのが特徴です。「ひので」は打ち上げから5年目を迎えますが、その期間に軌道上から部分日食だけでなく皆既日食(2007年3月19日)と今回の金環日食を観測できるのは、たいへん珍しいことです。こうして得られたデータは、来年5月21日に日本各地で見られる金環日食の広報用として、また、望遠鏡による光の散乱を把握することで観測画像の較正のために利用されます。



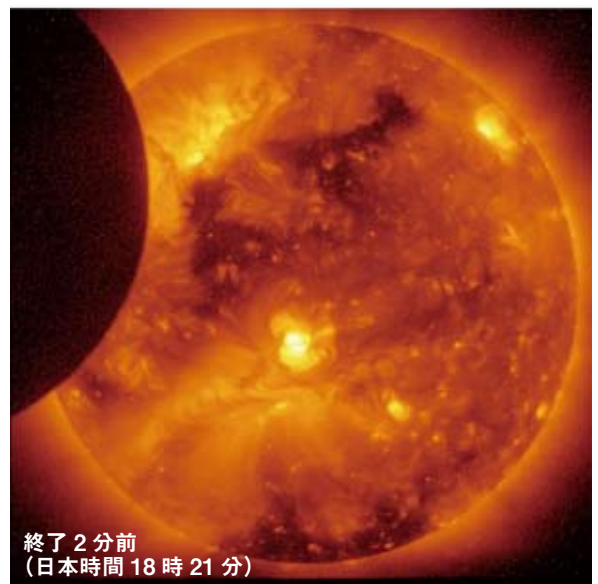
金環日食が観測された際の、地球・「ひので」衛星・月の影の位置関係。赤い線は今回の日食で部分日食が見られる地上の地域を示し、大きな丸は日本時間18時16分12秒の月の影、その大きな丸の中央にある小さな丸はその時間の金環日食帯、地球周囲の破線は「ひので」衛星の軌道を示す。



開始から2分後  
(日本時間18時10分)



金環日食  
(日本時間18時16分)



終了2分前  
(日本時間18時21分)

金環日食の経過のようす。

平松正顕、立松健一、樋口あや (ALMA 推進室)  
 廣田朋也、萩原喜昭 (水沢 VLBI 観測所) 久野成夫 (野辺山宇宙電波観測所)

時おり雪も舞う厳しい寒さの中、「東アジア干涉計冬の学校」が2月7日～11日にかけて開催されました。4日間の講義と解析実習を三鷹キャンパスで行い、最終日は野辺山宇宙/太陽電波観測所の見学を行いました。参加者は大学院生を中心とした70名で、日本、台湾、中国、韓国、さらにオーストラリアやオランダからの参加もありました。盛りだくさんの講義と活発な質疑、出身地を超えた同世代の相互交流などを通して参加者にはたくさんのものを持ち帰ってもらえたものと思います。

### ● 冬の学校も3回目

そもそも東アジアは、電波干涉計を用いた研究が活発に行われている地域です。日本では野辺山の電波望遠鏡群はもちろん、国内各地に設置された電波望遠鏡によるVLBI (★1) 観測も盛んです。台湾では中央研究院天文及天文物理研究所 (ASIAA) がアメリカのハーバード・スミソニアン天体物理学センターと共同でハワイ・マウナケア山頂に電波干涉計SMAを運用していますし、今年から科学観測が始まるALMA (★2) にも日本とともに参加しています。韓国・中国ではそれぞれ国内に電波望遠鏡を展開してVLBI観測が進められ、日本のVLBI網と結合させた東アジアVLBI観測網計画も進んでいます。こうした状況の下で、この地域の電波天文学のさらなる発展を担う次世代研究者の教育と相互交流のために始まったのがこの東アジア電波天文学 (干涉計) 冬の学校です。2007年1月に国立天文台三鷹で開催された第1回、2008年8月に夏の学校として台湾で開催された第2回に続いて、今回が3回目となりました。

### ● 盛りだくさんのカリキュラム

今回の冬の学校では国立天文台スタッフの他にJAXA、東京大学、鹿児島大学、さらに台湾ASIAAから講師を迎え、電



ソフトウェア実習の様子。チューターによる「かゆい所に手が届く」サポート。

波天文学の基礎と電波干涉計の原理、アンテナや受信機、関連器の仕組み等の基本事項から、干涉計を用いた天文学研究の紹介、データ較正法、画像合成の原理と手法など実際の観測・データ解析にすぐに役立つ項目も取り上げられ、参加者たちは熱心に耳を傾けノートを取っていました。

3日目と4日目は、VLBIコースとALMAコースに分かれてソフトウェア実習を行いました。VLBIコースでは、その分野で標準的に用いられている解析ソフトウェアAIPSを用いてアメリカのVLBAで取得されたデータの解析を行いました。ALMAコースでは、その標準データ解析ソフトウェアであるCASAと観測提案作成ソフトALMA Observing Tool (OT) の実習を行いました。それぞれのコースでは講師だけでなく経験豊富なスタッフがチューターとして活躍し、きめ細かなサポートを行いました (★3)。

### ● 雪の野辺山へ

タフな講義と実習を終えた後の最終日には、野辺山観測所への見学ツアーを実施。前夜から雪が降り続くあいにくの天候で観測は行われていませんでしたが、参加者たちは電波ヘリオグラフィの受信機や最近の太陽電波画像について説明を受け、また45m望遠鏡観測棟では観測制御システムや分光器についての説明を受けました。参加者たちも巨大で複雑な望遠鏡システムに興味深々の様子でした。

参加者から集めたアンケートによると、この冬の学校に参加した動機としては、やはり目前に迫ったALMA時代に

備えるために電波干涉計の基本からソフトウェアの使い方までを学びたいという回答が多数を占めました。基礎から実践までをカバーした今回の冬の学校のカリキュラムはそれに対応できるものだったと言えます (★4)。



野辺山観測所は一面白銀の世界。珍しい雪にはしゃく台湾からの参加者の姿も。

### ★1: VLBI (超長基線干涉法)

電波望遠鏡を遠く離れた位置に設置し、それらでとらえられた信号をコンピュータで合成してひとつの望遠鏡として機能させる観測手法。国立天文台では、岩手・水沢、鹿児島・入来、小笠原、石垣島の4局に電波望遠鏡を設置し天の川の地図を作るVERA計画を進めている。

### ★2: ALMA (アタカマ大型ミリ波サブミリ波干涉計)

東アジア (日本・台湾)、北米、欧州が共同で南米チリの標高5000m地点に建設を進めている電波望遠鏡。高精度パラボラアンテナ66台からなり、波長0.3mmから10mmまでの電波 (ミリ波・サブミリ波) を観測する。2003年から建設が始まり、2011年秋からいよいよ一部のアンテナを使った科学観測がスタートする。

### ★3: 質問に見る国民性、あるいは英語力の差

講義と実習を通して、参加者と講師の間では多くの質疑応答がなされました。ASIAA所長のPaul Ho氏が「質問しない学生は夕飯抜き!」とハッパをかけたせいでしょうかはわかりませんが、特に台湾からの参加者が活発に質問を投げかける姿は印象的でした。一方で、普段から英語の講義に接する機会が少ないと思われる日本の参加者からの質問があまりなかったのがやや残念でした。

### ★4: 冬の学校、さらに未来へ

一方で、アンケートには「講義内容のボリュームに比べて講義時間が短かった」「事前に講義資料が配布されていればよかった」という声もあり、より実り多い冬の学校にしていくために改善すべき点も浮かび上がってきました。ともあれ、「この冬の学校を同僚や友人に勧めたいですか?」という質問にアンケート回答者全員がYesと回答してくれたことを見ると、今回の冬の学校は十分にその役割を果たせたといえるでしょう。



冬の学校参加者の面々。



今年の RISE 研究会の様子。

## ● RISE 研究会の歴史

RISE 月探査プロジェクトでは、毎年、太陽系の科学とくに月・惑星の測地学を中心とした内容で、台外の研究者を招いて研究会を開催しています。1990年代中頃にはじまった SELENE (かぐや) プロジェクトに、国立天文台のグループ (当時水沢観測所) が月の重力と地形を測定することをターゲットに参加しました。それ以後、月の科学に関する研究会を何度か不定期に行っていたそうです。1998年に水沢で開催された研究会には、当時は東大にいた私も呼ばれて、月の重力についての講演を行っています (★1)。そして、2003年3月に開いた「月惑星への測地学」ワークショップからは、毎年ほぼ1回のペースで、探査に直接かわっていない研究者も交えた研究会を開催してきました。なかには常連として、ほぼ毎回参加して下さる方もいます。特定のテーマについて RISE 研究会とは別に、個別の研究会を企画したこともあります。2007年1月には、「月面からの天文学研究会」を開催しました。測地観測だけではなく、電波、光赤外や重力波など天文学の広い分野からの講演と、さらにそれを支える宇宙工学分野からの講演もいただき、活発な議論を行いました。

## ● 2010年度の研究會

2010年度の RISE 研究会は、2011年2月28日 (月) に、国立天文台三鷹・講義室で開催されました。すでに月探査衛星「かぐや」のデータが公開されてから一年余りが経過し、月の内部構造・起源・進化の解明を目指した研究は進行している段階にあります。「かぐや」の成果を踏まえた上で、着陸機をふくむ次期月探査計画 SELENE-2 の検討が精力的

に行われ、さらに将来計画として火星探査計画 MELOS の検討もはじまっています。国立天文台 RISE 月探査プロジェクトでは、これらの「かぐや」に続く将来探査計画でも、測地学的なアプローチで天体の内部構造を明らかにすることを目指しています。

SELENE-2 では、軌道周回機と着陸機との距離を

VLBI (「かぐや」で実施した相対 VLBI と新しい逆 VLBI) で正確に計測すること (月面 VLBI) と、月面に新たなレーザ反射鏡を設置して地球と月面との距離変化を正確に計測すること (月レーザ測距) により、月内部の潮汐ラプ数、慣性性能率を精度よく求めて、月の金属コアのサイズや溶融状態を決める予定です (★2)。今回の RISE 研究会は、「かぐや」の成果をふまえた、SELENE-2 および MELOS における観測提案・科学目標・技術開発について議論を行う目的で開催し、口頭発表は全て招待講演で行いました。朝から夕方まで16件の講演を行い、のべ40名を超える参加をいただきました。たとえば地球回転の問題にも立ち戻り、北大の古屋氏にレビューをお願いしました。また、平成21年度まで RISE の研究員であった原田氏は、上海天文台より駆けつけて惑星回転の話をしてくれました。詳しいプログラムは RISE 月探査プロジェクトのホームページ (★3) にあります。忙しい中、講演を快諾していただいた方々、興味をもって参加していただいた方々には感謝いたします。ありがとうございました。

## ● かぐやの成果を4D2Uで

講演終了後には、4D2U シアターで、「かぐや」高度計が生み出した月地形データをベースにしたムービーなどの鑑賞会が開かれ、参加者には好評でした。RISE 月探査プロジェクトでは国土地理院と協力して、初期データを使った全月面地形図を2008年春に公開して、高評価をいただきました。しかし、地図や地形図はすべての人が理解できるわけではありません。地形データを加工することにより、一般の方々にさらにわかりやす

い形で月面体験をできる4D2Uの試みは素晴らしいと思います。



レーザ高度計のデータを基に作成された4D2Uムービーのひとつ。地形高度が精密かつ視覚的に表現されている。



地形カメラのデータを基に作成されたティコカラー。

## ● 今後の RISE 研究会

参加者からは、水沢で時間をかけてゆっくりとした議論を行いたい、という要望があります。水沢で開催すると、協力関係にある近隣の岩手大学や東北大学の研究者や学生が容易に参加できます。一方で、昨今では、旅費が大変厳しくなっていることと、参加者の日程調整が難しくなっていることのため、JAXA や在京大学関係者の (講演者以外の) 参加者が少なくなります。結果として、最近では RISE 研究会は三鷹で開催することが多くなっています。今後の RISE 研究会は、新しい企画も取り入れて、より多くの皆様に興味を持っていただける (水沢で開催しても人が集まる) 会合にしようと思います。

### ★1

この会の参加が、私が後に RISE グループに加わるきっかけになったのかも知れません。

### ★2

月レーザ測距により、月内部の溶融状態を推定した過去の研究については、国立天文台・天文ニュース (526) で2002年に紹介されています。「月の内部に部分的に溶けた層が存在」[http://www.nao.ac.jp/nao\\_news/data/000526.html](http://www.nao.ac.jp/nao_news/data/000526.html)

### ★3

RISE 月探査プロジェクトのホームページ <http://www.miz.nao.ac.jp/rise/>

11

## 世界の仲間と作る空前絶後の望遠鏡

アルマ望遠鏡

検索

Un juego de furtilla, por favor!



いよいよ、ALMAの初期科学運用に向けたCall for Proposalがアナウンスされました。将来計画として最初のミーティングもたれてから、実に28年になるそうです。これからALMAを使ってバリバリ観測する大学院生の皆さんはまだ産まれてすらいなかったわけで、まさに未来の望遠鏡が実現することになります。

ALMAはその絶対的な性能から、よくunprecedentedと表現されます。まさに空前絶後ということですが、日本の天文学にとってもう一つ前例のないことは、完全な国際共同プロジェクトへの参加ということです。そこでは様々な国籍民族文化習慣言語、そして科学的背景を持った人達が集まり、一緒に仕事をしています。国内にだけいたのでは決して味わえない、“異文化交流”を常に味わっています。それは時に難しくもあり、楽しくもあります。そもそも外国に住むことなど、向き不向きもあり、誰にでも勧められる仕事ではないかも知れませんが、国際化の流れは天文学においても避けられないことでしょう。この巨大なプロジェクトの立ち上げに携わること自体特別な体験で、Commissioning and Scientific Verification (CSV) とよばれる活動に貢献する刺激的な毎日です。

この環境で働くことで難しいことの一つに、当然言葉の壁があります。もちろん英語が公用語ですが様々な母国語を持つ人達の集団なので、多くの訛りも聞かれます。スペイン語訛り、フランス語訛り、イタリア語訛り、ドイツ語訛り、英語に米語での会話を聞いて、日本語訛りで議論に参加しています。さらに専門用語や略語が飛び交います。「昨夜の観測はどうだった？」というよくある質問に返ってくる答えが、「WVRテストのSBを流そうとしたけど、OMCにPM02のACDエラーが出て、結局FSRになったよ(★)」とか。始めは何を話しているのか、まったく分かりませんでした。さらに思いがけない出会いも多くあります。観測に行ったときにお世話になった人に再会

することもあれば、教科書の中の大御所と朝まで測定したり。アタカマ砂漠の真ん中で「とっても良いところだね!」という新人に、「ALMAに来る前はどこで働いていたの?」と聞いてみると、「南極で越冬していたよ」という答えが返ってきたこともあります。世界は狭いんだか広いんだか? と感じます。

こんな出会いもありました。2008年、ボストンの Harvard Smithsonian 宇宙物理研究所でセミナー発表をさせてもらう機会に恵まれました。発表が終わったのち、ホストしてくれたLori Allen氏からこの機会に何か見たいものはないかと聞かれ「Miniが見たい」と答えました。Miniとは車のことではなく(ちなみに当時の私の愛車もMiniで、偶然にもAllen氏も同じでした)、初めてCOで銀河面の完全なサーベイをした、1.2m電波望遠鏡の通称です。私がまだ大学院生だった頃、名古屋大学のなんてん望遠鏡グループにとって、“Mini”の成果は、常にベンチマークであり、良きライバルでもありました。Tom Dame氏直々に案内していただき、Miniに対面した筆者は思わず「At last!」と呟いていました。昔話を交えて楽しそうに望遠鏡を紹介してくれたDame氏から「当時出たばかりのIRAS衛星の観測結果に透明シートを重ねて塗りつぶしながら観測を進めていったものだよ」と聞いて驚きました。それはまさに、私達がMiniの結果を下敷きにして観測したのと同じ方法でした。自分が天文学を学び始めた頃の新鮮な気持ちを思い出すことができた、よい訪問となりました。数年



毎日のミーティングはサンチャゴと繋いでビデオ会議で行います。多国籍軍の作戦会議です。



ボード会議が開かれたとき、参加国の国旗が掲揚されました。見慣れない国旗が混ざっていることに気づいた方は鋭いです。昨年12月にブラジルが“欧州”南天天文台(ESO)に加入しました! 本当です。

後、CSV活動のためOSFで仕事をしている時、ALMA推進室の水野氏に、オーストラリアから来たゲストを紹介されました。彼は南極のAST/ROプロジェクトで仕事をしていて、おおかみ座分子雲をCO 4-3輝線でサーベイ観測した人でした。そして「君の観測結果を下敷きにしたよ」と言われたのです。自分の結果が下敷きにされた! その驚きとともに、素直にとっても嬉しく思いました。

科学の進歩は常に積み重ねです。新しい観測データが新しい望遠鏡から得られるときも、過去の結果があって始めて新しい発見が導かれます。ALMAの観測結果は私達に宇宙の全く新しい理解をもたらすでしょう。そしていつか、ALMAの成果もさらに最新の観測結果に塗り替えられることでしょう。これから始まるALMAの科学運用で、自分の成果が将来の下敷きの一枚にされるよう、頑張っていきたいものです。距離を超え、時間を超えた力を集結し、unprecedentedな観測を始めましょう!

● 最後に一言。先日の東日本大震災に際して、たくさんの人達からお見舞いの言葉を頂戴しました。ちょうど1年前に被災したチリ人はもちろん、他の国から来た人達にとっても他人事ではないのでしょうか。ありがたいことです。

- ★ WVR: 水蒸気ラジオメータのこと。
- SB: Scheduling Block 観測指示書のようなもの。
- OMC: Operator Monitoring & Console アンテナの制御監視ソフト。
- PM02: 日本製12mアンテナの2号機。
- ACD: 電波強度校正装置のこと。
- FSR: Full System Restart システムの再起動。CSVサイエンティストが最も聞きたくない言葉。

## 「森本さんありがとうの会」の開催

小林秀行（副台長）

国立天文台名誉教授である森本雅樹先生が去る2010年11月16日に亡くなりました。78歳でした。この日は、長年携わっておられた日本フィルハーモニーオーケストラの鹿児島公演が行われ、その日の夜に帰らぬ人となりました。森本さんを偲ぶために、2010年12月20日に国立天文台大セミナー室において「森本さんありがとうの会」が開催されました。出席者は236名。多数の方から出席希望があり、会場の制限のために出席をお断りしなければいけなくなってしまいました。この会は、森本さんの生前からの希望になるべく沿った形で、手作りの楽しい会にしようということで進められ、愛弟子であり、長年の研究パートナーであった海部さんによる森本さんのオーストラリアのカルグーラ太陽電波干渉計での優れた研究の紹介から始まり、ミリ波の研究を開始された先進性などの天文学への業績の話で始まり、その後、国立天文台・鹿児島大・西はりま天文台での幅広い分野の方々の思い出話で、大いに盛り上がりました。また遺影の前には、たくさんの焼酎・日本酒・泡盛・ウィスキーが並べられ、愛唱歌であった「黒猫のタンゴ」を全員で合唱し、森本さんとの最後の「宴会」を楽しむことができました。

森本さんは、国立天文台においては野辺山宇宙電波観測所長などを歴任し、言うまでもなく日本の電波天文学の礎を築いた巨星でした。三鷹6mミリ波電波望遠鏡を立ち上げ、野辺山宇宙電波観測所を興し、日本の電波天文学を世界のレベルにまで引き上げた方です。さらに世界初のスペースVLBI、VSOP計画を先導し、国立天文台を退官されたのちは、鹿児島大学で教養部長を務め、教養部改組を実現し、理学部宇宙情報コースを作られました。その後、南但馬自然学校長として「森本おじさんのサイエンスツアー、兵庫は大きな博物館」という独自

な生涯教育のスタイルを成功させ、西はりま天文台公園顧問として全国で活躍し、最期まで現役でした。その卓抜したリーダーシップはだれもが認めるところです。

私自身、大学院生時代から野辺山で薫陶を受け、VLBIによる研究を始めてからは、共同で研究を進めてきました。森本さんからは多くのことを学びましたが、その中でよく「おまえは、本当にバカだなー」と満面の笑顔で叱られました。当時は、半ば冗談のように受け止めたこともありましたが、今思えば、その時はたしかに間違った考え方をしていたと反省しています。また、「おまえは、皿洗い当番の曜日を決めないと結婚できないのか（あまり細かな先を考えずに、まずはやってみろという意味）」、「おまえがやらなくても、この研究は人類のだけれが、必ずやるよ（世界で初めての優れた研究テーマがあるのに、なぜそれに向かわないのかという意味）」などの言葉が忘れられません。また本当に柔軟に本質をとらえる物の考え方を教えてもらいました。

森本さんという日本の電波天文学の大きな精神的支柱を失った喪失感は大変大きなものがあります。しかし、VERAから成果が生み出され、ALMAの実現で日本の電波天文学の世界が大きく羽ばたこうとしている今、森本さんともに見た夢の実現に向けて進んで行かなければいけません。森本さんの口癖であった「ガンバラナクチャ！」の時であるという決意を皆が新たにした会でした。森本さんのご冥福をお祈りいたします。



1



2



3



4

- 1 海部さんの発声で、お別れの乾杯。
- 2 「森本さん、今宵も楽しく飲みましょう！」
- 3 日本フィルの演奏者の方々も駆けつけました。
- 4 最後に挨拶をされる森本せつさん。

今年も永く天文台を支えてくださった方を讃える退職者永年勤続表彰式が、3月30日（水）に行われ観山台長より表彰状と記念品が授与されました。退職者の謝辞に続き、職員の送辞の後、台長をはじめ退職者の所属長や式に参列した職員を交えての記念撮影がこの日にあわせるかのように咲いたしだれ桜の下で行われました。22年度の被表彰者は次の1名です。

野辺山宇宙電波観測所 齋藤泰文

齋藤泰文さん（左から3人目）



人事異動

研究教育職員

発令年月日	氏名	異動種目	異動後の所属・職名等	異動前の所属・職名等
平成 23 年 3 月 1 日	平松正顕	採用	電波研究部 (ALMA 推進室) 助教	台湾中央研究院天文及天文物理研究所
平成 23 年 3 月 1 日	坂東貴政	採用	太陽天体プラズマ研究部 (ひので科学プロジェクト) 研究技師	国立天文台専門研究職員 (ひので科学プロジェクト)

NEW STAFF ニュースタッフ



平松正顕 (ひらまつまさあき)

所属：ALMA 推進室

出身地：岡山県

3月1日付でALMA推進室助教（電波広報担当）に着任しました平松正顕です。大学院の5年間をALMA室で過ごし、ポスドク研究員として台湾の中央研究院天文及天文物理研究所に渡りました。3年ほどの間、主にハワイのSMAを用いた星形成領域の研究を行いつつ、ALMA地域センター台湾支部の一員としてALMAの立ち上げにも参加しました。懐かしい新職場ではALMAをはじめとする電波天文学の広報を担当します。いよいよALMAの科学運用が始まるという絶好の機会を逃さず、観測成果から紡がれる宇宙の物語と知の地平を切り開く人の物語を多くの方と共有したいと思っています。多国間協力多波長観測で築かれる豊かな宇宙観を多様な手法で多様な人に。ご期待ください。



坂東貴政 (ばんどう たかまさ)

所属：ひので科学プロジェクト

出身地：東京都

こんにちは、坂東貴政と申します。3月1日付けで研究技師として太陽天体プラズマ研究部（ひので科学プロジェクト）に着任しました。つくばで技術試験衛星などの追跡管制を経験した後、国立天文台では2006年5月から仕事をさせて頂いています。「ひので」衛星に搭載されている観測機器の運用を担当するために専門研究職員として働いていました。今後は国立天文台の各種プロジェクトに関わり、貢献できるよう頑張りたいと思います。趣味は野球やテニス、スキーなど、スポーツをすることです。一昨年に子供が産まれてからはスポーツをする時間がなくなり体重が増えてしまいましたが、幸せも増えました。仕事も家庭も充実させて頑張っていきたいと思っています。どうぞ宜しくお願いします。

編集後記

待望のiPad2を購入。写真や動画を手軽に見せられ、各所で活躍しよう。コミュニケーションの新しいツールとして面白い使い方を探ります。(h)  
桜の季節です。近くの植物園に、ずっと見たいと思っていた緑色の桜を見に行きました。紅色のすじをさした可憐な花でした。震災後のふるさとも変わらず桜は咲いていました。(e)  
GWにはじめて神戸へ行った。16年前に大震災があったことなまってまったく感じられない風景と活気。16年経ったんだから当たり前と言えばそれまでだが、日本人はこんな風に困難を乗り越えてきたんですね。(k)  
車が黄色くなる季節がやってきました。鼻もむずむずとした感覚が続き、暫くは鼻水止め薬のお世話に。自然が沢山あってよいと感じるのは、人にとって都合のよい自然にたまに触れ合うからです、と誰かが言っていたような記憶があります。(j)  
GWに北アルプスの麓に出かけたのですが、黄砂で霞んで山がまったく見えないという事態に遭遇。山まで10kmもないのにこれほど透明度が下がるなんて余程大量の砂が飛んできているのだ、そのうち大陸は砂が全部なくなって海に沈むんじゃないか、と余計な心配をしてしまいました。(k)  
満月の夜、久しぶりに野辺山に来てみたら、桜が……西行法師の気分。「願わくば花の下にて春死なむその如月の望月の頃」(w)

国立天文台ニュース  
NAOJ NEWS

No.213 2011.04

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4月1日

発行 / 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

国立天文台ニュース編集委員会

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

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

次号の研究トピックスは、最新鋭の重力多体問題専用計算機GRAPE-DRによる大規模シミュレーションの成果「土星の環を飾るプロペラ模様」をお届けします。

次号トピックス



図1 マグナム望遠鏡によるHE1327-2326の画像。この観測データから星の温度を決定した(背景画像はDSSの合成画像: AAO/ROE)。

- ・天体名 / HE1327-2326
- ・観測装置 / すばる望遠鏡
- ・波長データ / 可視光線 [13.5 等 (V)]

## 超低金属星 ～微量元素はどこまで測れるか？

●青木和光 (光赤外研究部)

地球から遠く離れた星がどんな物質からできているのか—それを知ることは不可能なことのひとつ、と考えられた時代もありました。しかし、スペクトル観測は星の表面にどんな元素があるのかを調べ、その組成をかなりの精度で測定することを可能にしています。星の中心でつくられたエネルギーは光として放射され、表面から宇宙空間に出ていくときに表層大気中にある原子や分子(もちろん気体の状態)によって、固有の波長の光が吸収されます。星の光を波長に分けて、そこに見える吸収線を丁寧に測ればよいのです。

太陽系の比較的近くにある星の組成を調べてみると、多くの星が太陽とよく似た組成をもっていることが分かります。しかし中には、太陽よりもずっと重元素の少ない星もあります。太陽を含め、普通の星は大部分が水素とヘリウムからできていて、重元素は多い星でも重量比で2パーセント程度、原子の個数でいったら0.1パーセントにもなりません。しかし、そのわずかな重元素には宇宙の歴史が刻まれています。

ビッグバン直後の宇宙には、水素とヘリウム、そしてごく微量のリチウムだけしか存在していなかったことがわかっています。それ以外の元素はすべて、星の内部や超新星爆発の際の原子核反応でつくられ、蓄積されてきたものなのです。つまり、宇宙の初期に誕生した星には、水素とヘリウム以外の重元素がわずかしが含まれていないのです。

重元素の代表とされるのが、原子番号26番の鉄です。鉄は原子核のなかで最も安定

なために他の元素に比べて多量につくられ、太陽系組成をみても重い元素のわりに量が多いことがわかります。これまでに見つかっているなかで鉄の含有量の最も少ない星が、図にスペクトルを示したHE1327-2326という星です。スペクトルの測定から、この星の鉄の組成は、太陽のわずか30万分の1でしかないことがわかりました。この星はまちがいに、宇宙の最も初期(おそらく宇宙誕生から数億年後)に誕生し、現在まで生きのびてきた星の一つといえるでしょう。この星は私たちからわずか数千光年の距離にあるのですが、こういう星を詳しく調べれば、宇宙の初期の出来事を知ることができるのです。

### 微量の元素は どこまで測れるか？

おひさし

星のスペクトル観測からは、いったいどれほど微量の元素組成を測定することができるのでしょうか。太陽の鉄の組成は、原子の個数比でいって、水素の約3万分の1です(太陽でも大半は水素からできているので、水素を基準にとります)。HE1327-2326の鉄の組成はその30万分の1ですから、水素との比では約100億分の1ということになります。しかし、鉄以外の元素では、もっと微量でも測れているものがあります。別の低金属星になりますが、ある赤色巨星ではバリウムという重元素(原子番号56)について、水素との比でわずか1000兆分の1という組成が測られています。これはバリウムがちょうど可視光領域で観測しやすいスペクトル線を持ち、しかも赤色巨星でそのスペクトル線をつくりやすい電離・エネルギー状態をとるという事情があるからです。このあたりが現在の測定限界といえますが、このくらい微量になると、普通は無視できると思われる効果—たとえば、星が銀河系のなかを運動している間にまわりの希薄なガスから物質が降着してくるという現象—も考えないといけないかもしれません。

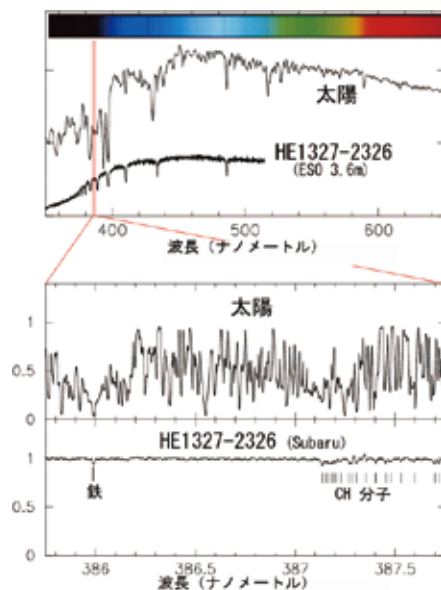


図2 重元素の少ない星HE1327-2326と太陽のスペクトルの比較。この星は太陽と同じ程度の温度をもち、主系列の近くにある星なので吸収線の強さの違いがほぼ組成の違いに対応します。上の図は可視光領域の分解能の低いスペクトル。太陽のスペクトルにみえるぎざぎざは、大気中の重元素による無数の吸収スペクトル線によるものです。これに対し、HE1327-2326のスペクトルはのっぺりしていて、ここに見える吸収線はどれも水素によるもの(いわゆるバルマー系列の吸収)です(水素が大気の主成分であるのは太陽とかわりません)。下の図では紫外線領域の高分解能スペクトルを示していますが、太陽のスペクトルには多数の吸収線が重なってしまっていますが、HE1327-2326にはこの波長域では微弱な鉄の線が1本見えるだけです。