すばる望遠鏡 20
HSC Cosmic Gallery

M82

田中賢幸（ハワイ観測所）

4 Mpc足らずの距離にあり、爆発的な星形成銀河で有名なM82である。すばるの解像度では銀河が個々の星に分解できているのはもちろんのこと、吹き出すガスの微細構造や、フィラメント状に並んだ若い星（画像下部）など、活動的な銀河の姿が見てとれる。銀河中心部はもはやまばゆいばかりの輝きだ。これは現在の宇宙の姿だが、宇宙初期の生まれたばかりの銀河をこのようにつぶさに見られたら、どれほど楽しいだろうか。天文学者として夢見ずにはいられない。

HSC　HSCLA　GALAXY CRUISE

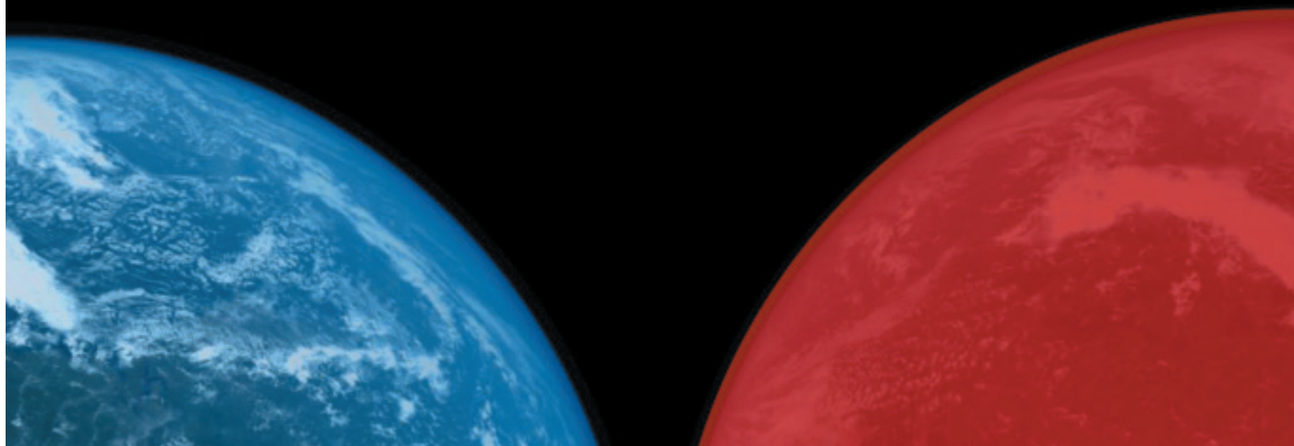
★ HSC：すばる望遠鏡「超広視野主焦点カメラ（Hyper Suprime-Cam/ ハイパー・シュプリーム・カム）」
★ HSCLA：Hyper Suprime-Cam Legacy Archive
★ HSC の観測データを活用した市民天文学プログラム「GALAXY CRUISE（ギャラクシークルーズ）」もお楽しみください。

PRINT ISSN 0915-8863
ONLINE ISSN 2436-7230

NAOJ NEWS

国立天文台ニュース

No. 340
National Astronomical Observatory of Japan



太陽系外惑星

2023
春夏

2023
春夏

太陽系外惑星

P.04
第二の地球を求めて
太陽系外惑星は、様々な手法や装置で発見・観測されています。日本発の成果もとてもたくさんあります。

P.06
「巨星を巡る惑星」の探索
岡山の188 cm反射望遠鏡は、1960年の観測開始から60年以上経た現在も、現役で大いに活躍しています。

P.08
赤い恒星をまわる第二の地球探し
「第二の地球」それは私たちが探し求めるフロンティアであり、地球外生命の住処かもしれません。

P.10
すばるによる系外惑星観測
すばる望遠鏡の解像度をフルに発揮するために技術が開発され、太陽系外惑星の姿が映し出されました。

P.12
宇宙望遠鏡と地上望遠鏡の強力タッグで新たなトランジット惑星を探す
宇宙望遠鏡と地上の望遠鏡が協力すると、1+1が3にも4にもなります。

P.14
アルマが捉えた、惑星系の誕生の現場
アルマ望遠鏡による電波観測は、惑星系が誕生するまさにその瞬間を捉えることができます。

P.16
TMTで狙う地球型惑星とバイオマーカー探査
TMTの科学目標の大きな柱の1つは、太陽系外惑星の大気を観測して生命の証拠を見つけることです。

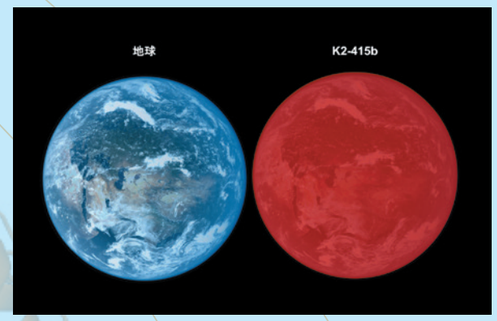
P.18
太陽系外惑星命名キャンペーン2022
新発見されたものに名前を付けるのは、人類普遍の指向性です。

P.20
系外惑星の生命探査
地球外生命がどのような特徴を示すのか。宇宙生物学者は様々に考察や想像力を膨らませています。

太陽系のような惑星を持つ系はあるのか？

それは長年の謎であり、天文学者が追求してきた課題でした。1995年、ついに太陽に似た恒星を周回する惑星が発見されました。それからおよそ30年、私たちの太陽系外惑星についての知見は日々更新されています。今回は、国立天文台をはじめとする様々な研究機関に所属する皆さんに、太陽系外惑星の「今」を伺います。

遠赤外線を吸収する光捕集アンテナタンパク質（Pc-frLHC）の立体構造分子モデル。太陽系外で見つかっている惑星の多くは太陽より温度が低く、主に赤外線を出す恒星のまわりにあり、赤外線を光合成に利用する生命の可能性が示唆されている。（クレジット：アストロバイオロジーセンター）



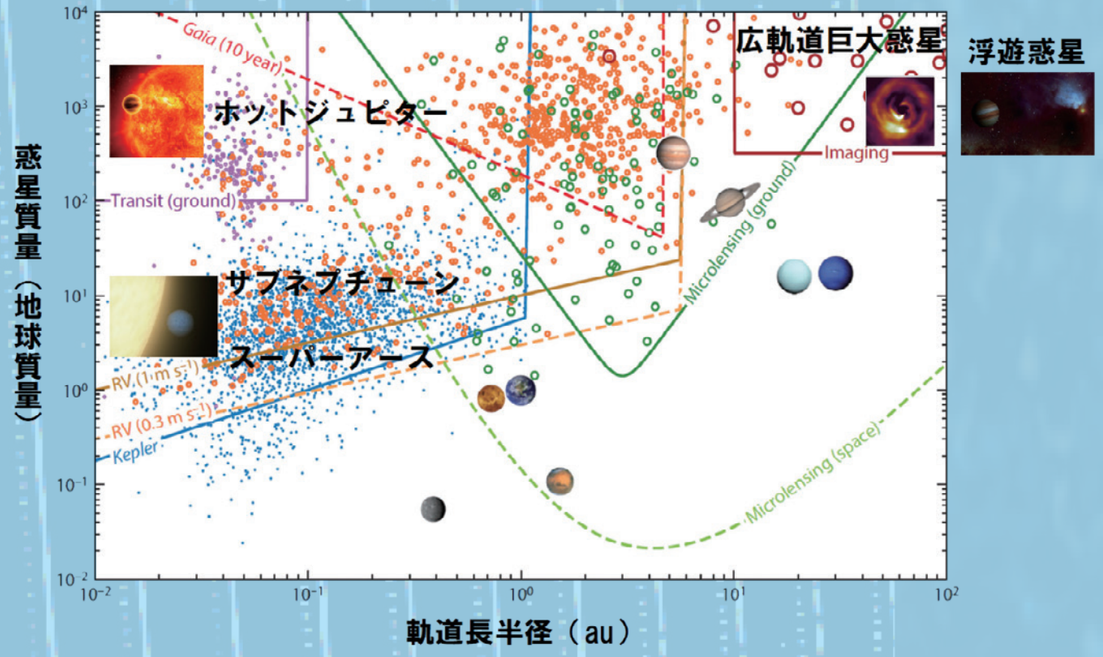
表紙画像
地球とほぼ同じ大きさの系外惑星K2-415b（図の右側：想像図）。ハビタブルゾーンより少し内側のため、表面温度は100～140℃だが、ケプラー衛星で発見された中で地球から最も近い地球型系外惑星である。（クレジット：アストロバイオロジーセンター）

CONTENTS

天文台メモワール
I'm just a lucky fool. 関口和寛
月日は百代の過客にして、。。 川邊良平
志ざし半ば 電波天文普及活動 篠原徳之
私の国立天文台での実験開発事始め 高見英樹
知の地平を拡げ続ける国立天文台であり続けてください 大石雅寿
国立天文台を退職するにあたり 木内 等
22～27
28 NEWS
32 すばる望遠鏡HSC Cosmic Gallery 20

第二の地球を求めて

太陽系を超えた新しい「世界」としての系外惑星の観測は、21世紀の天文学・惑星科学の中心課題の1つになりました。



惑星の軌道長半径と質量の分布図と様々な系外惑星の名称。質量が推定された既知の系外惑星（丸印）とその観測手法（実線；上から、直接撮像法、地上トランジット法、地上マイクロレンズ、精度1 m/sのドップラー法、ケプラー衛星による宇宙トランジット法）。点線は将来計画（上から、Gaia衛星10年データ、精度0.3 m/sのドップラー法、宇宙マイクロレンズ法）。画像は太陽系の8惑星と系外惑星の想像図。Zhu & Dong 2021より改変。

我々の地球や木星は惑星と呼ばれ、太陽に比べるとずっと小さな天体です。太陽系内の惑星こそ多くの人に馴染み深いものの、太陽以外の星のまわりの惑星（太陽系外惑星、略して系外惑星）も実は昔から人類の興味を惹いていました。実際、最初の系外惑星検出の試みは19世紀中頃にも遡るようです。

今でこそ太陽系の外にも惑星があるということは当たり前と思われる方も多いかもしれません。しかし、思うことと科学的にその存在を実証することは違い、当初の系外惑星探査は失敗続きでした。その苦節を乗り越え、太陽に似た恒星であるペガスス座51番星を周回する惑星が発見されたのはようやく1995年のことです。2019年のノーベル物理学賞を受けるほど重要な発見でした。これを契機に、系外惑星の観測は今や分野を超えた多数の研究者が参加する現代天文学の最重要分野の1つとなりました。さらに、将来のいくつかの大型天文計画の中心課題を担うまでに至っているのです。

わずか四半世紀の間に、この特集でも紹介されているようなさまざまな観測手法で数千個の系外惑星が検出されています（図参照）。その結果、系外惑星のサイズや質量、さらに軌道も実に多様であることがわかり、太陽系をお手本に考えていた惑星形成の仕組みを見直す必要に迫られています。さらに、惑星を探す時代から、系外惑星の密度や内部の構造、さらには惑星の大気の多様性も明らかになり、惑星を吟味（業界用語ではキャラクタリゼーション）する時代にもなりつつあります。

一方、観測手法や解析手法の高精度化に伴い、木星のような巨大惑星だけでなく地球型惑星の開拓も始まりました。とくに我々に近い恒星まわりの地球型惑星は将来の生命探査の重要な観測対象になり、地球以外の惑星における生命探査も視野に入ってきたのです。これは火星生命探査のような宇宙における生命の研究であるアストロバイオロジーという分野に、系外惑星という地球を超えた研究対象の場を提供し、新しい展開を作っています。

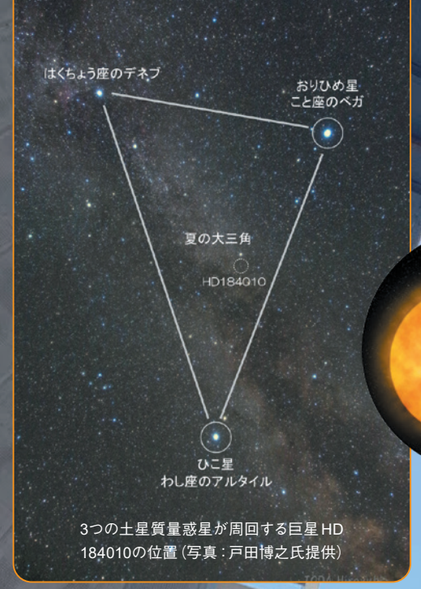
日本でもこの10年間で、すばる望遠鏡とHiCIAOやSCExAOといった装置を用いて系外惑星を直接に撮像できるようになり、地球型惑星の検出が可能な世界最高精度の赤外線分光器IRDによる惑星探査、アルマ電波望遠鏡による円盤詳細観測などのサイエンスに加え、系外惑星研究を中心とする天文と生物が融合した新機関であるアストロバイオロジーセンターの設立など大きな進展がいくつもありました。読者の皆さんには、世界的にも競争が熾烈ながらも日本が頑張っているこの分野の面白さと熱気を感じていただければ幸いです。



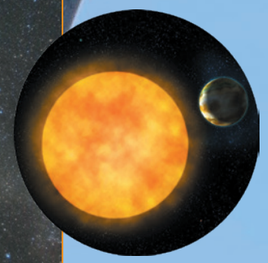
田村元秀
TAMURA Motohide
東京大学
アストロバイオロジーセンター
国立天文台

図左：系外惑星の間接観測である赤外線ドップラー装置IRDの観測画像。恒星のスペクトルと光周波数コムのスペクトルが同時に取得され、恒星の運動を人の歩く速さ程度に精密に測ることができる。
図右：系外惑星の直接観測である赤外カメラHiCIAOで撮像された「第二の木星」（中央上）。恒星は右下の十字の位置にある。恒星からの明るい光は除去されているが、その影響は放射状のノイズとして見えている。
（クレジット：アストロバイオロジーセンター/国立天文台）

岡山はドップラー法による
系外惑星探索の拠点として
進化を続けています。



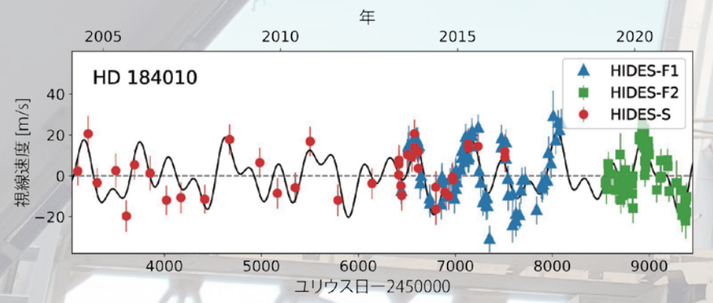
3つの土星質量惑星が周回する巨星HD 184010の位置（写真：戸田博之氏提供）



巨星を周回する惑星のイメージ図
（国立天文台提供）

「巨星を巡る惑星」の探索

太陽とは異なるタイプの星に惑星は存在するのか



HIDESで測定したHD 184010の視線速度変化。横軸はユリウス日、縦軸は視線速度（m/s）。観測点（赤丸、青三角、緑四角）はそれぞれ初期、光ファイバー伝送系導入後、分光器室改修後のHIDESで取得したデータ。実線は観測点を最もよく再現する理論的な視線速度変化曲線。このデータの周期解析から、公転周期がそれぞれ287日、484日、836日である3つの土星質量惑星が存在していることがわかる。

岡山天体物理観測所（現ハワイ観測所岡山分室、以下岡山）における系外惑星の探索は、2001年に始まりました。188 cm反射望遠鏡と稼働したばかりの可視高分散分光器HIDESを用いたドップラー法による探索です。当時系外惑星の発見数はまだ50個ほどでしたが、1980年代から観測を続けていたアメリカとヨーロッパの2大グループが大々的にサーベイ観測を展開しており、年々右肩上がりに発見数が増加していました。

そんな中、この分野への新規参入を狙った岡山がとった作戦は、多くのグループが観測していた太陽型星（主系列星）ではなく、進化した「巨星」を対象とすることでした。巨星の中には太陽より質量の大きな星が含まれていますが、巨星まわりの惑星探索は当時ほとんど行われておらず、太陽より質量の大きな星に惑星があるのかどうかわかっていませんでした。岡山ではこれを明らかにすることを目的として、質量の大きな巨星を対象とした本格的な惑星探索を始めました。

岡山における系外惑星探索は、巨星を対象としたものとしては世界で最も長い歴史を持つものの1つです。

観測開始から2年後の2003年、日本初となる系外惑星の発見に成功しました。さらに2007年には、散開星団に属する巨星を周回する惑星を世界で初めて発見し、その後も多くの巨星まわりの系外惑星の発見で世界をリードしてきました。これまでに岡山で発見された系外惑星は50個にのぼり、現在知られている巨星まわりの惑星数の約3割を占めています。最近では、3つの土星質量惑星からなる惑星系を巨星まわりで初めて発見したり、重元素量の少ない古い恒星種族に属する巨星に巨大惑星を発見したりするなど、多様な系外惑星の形成・進化の過程を明らかにする上で重要な発見を今も続けています。

岡山での系外惑星探索の歴史は、日本における精密視線速度測定技術の発展の歴史でもあります。2000年頃から精密波長較正用のヨウ素ガス吸収フィルターがHIDESに本格導入され、早くも当時世界トップレベルの測定精度（～5 m/s）を実現しました。その後、HIDESの検出器アップグレード、光ファイバー伝送系の導入、188 cm望遠鏡の自動化、分光器室の改修など、望遠鏡や分光器自体の機能向上にも併せて取り組み、現在では最高1 m/s程度の測定精度を実現しています。また、中国、韓国、トルコとの共同研究・技術協力を推進し、東アジアにおける系外惑星探索観測を牽引してきました。

現在岡山では、さらなる高精度観測の実現を目指して超精密波長基準「天文コム」の導入が進められています。これが成功すると、「第二の地球」の発見に一歩近づくことができます。ドップラー法による系外惑星探索の拠点として、岡山はこれからも「進化」を続けていきます。



佐藤文衛
SATO Bunei
東京工業大学

岡山188 cm反射望遠鏡。

赤い恒星をまわる第二の地球探し

地球と似た惑星は宇宙にどれくらい存在しているのでしょうか？目に見えない光を捉えて第二の地球を探します。



平野照幸
HIRANO Teruyuki
アストロバイオロジーセンター
ハワイ観測所

私たちの住む銀河系内には無数の恒星がありますが、実は太陽のような恒星はマイナーな存在で、知られている恒星の70％程度は太陽よりもずっと低温度の「赤色矮星」であることがわかっています。赤色矮星は、可視光線では暗いためそのほとんどを肉眼で見ることはできませんが、「近赤外線」と呼ばれる可視光線よりも長い波長の光では明るくなるという性質があります。

地球と似た惑星が宇宙にはどれくらい存在するのか、という疑問は誰もが一度は考えたことがあるでしょう。私たちの「第二の地球探し」は、銀河系内に最も豊富に存在するこの赤色矮星をターゲットにして開始されました。赤色矮星は表面の温度が太陽よりもずっと低温でさらに半径も小さいことから、地球のように小型で温暖な系外惑星を探す上で有利になります。私たちは赤色矮星をまわる系外惑星を探査するため、すばる望遠鏡に搭載する新しい近赤外線ドップラー装置を開発しました。「IRD」(InfraRed Doppler分光器の略）と名付けられたその装置は、2018年に本格的に運用が開始され、近赤外線での世界最高レベルの視線速度測定精度（数メートル毎秒以下）が達成されました。

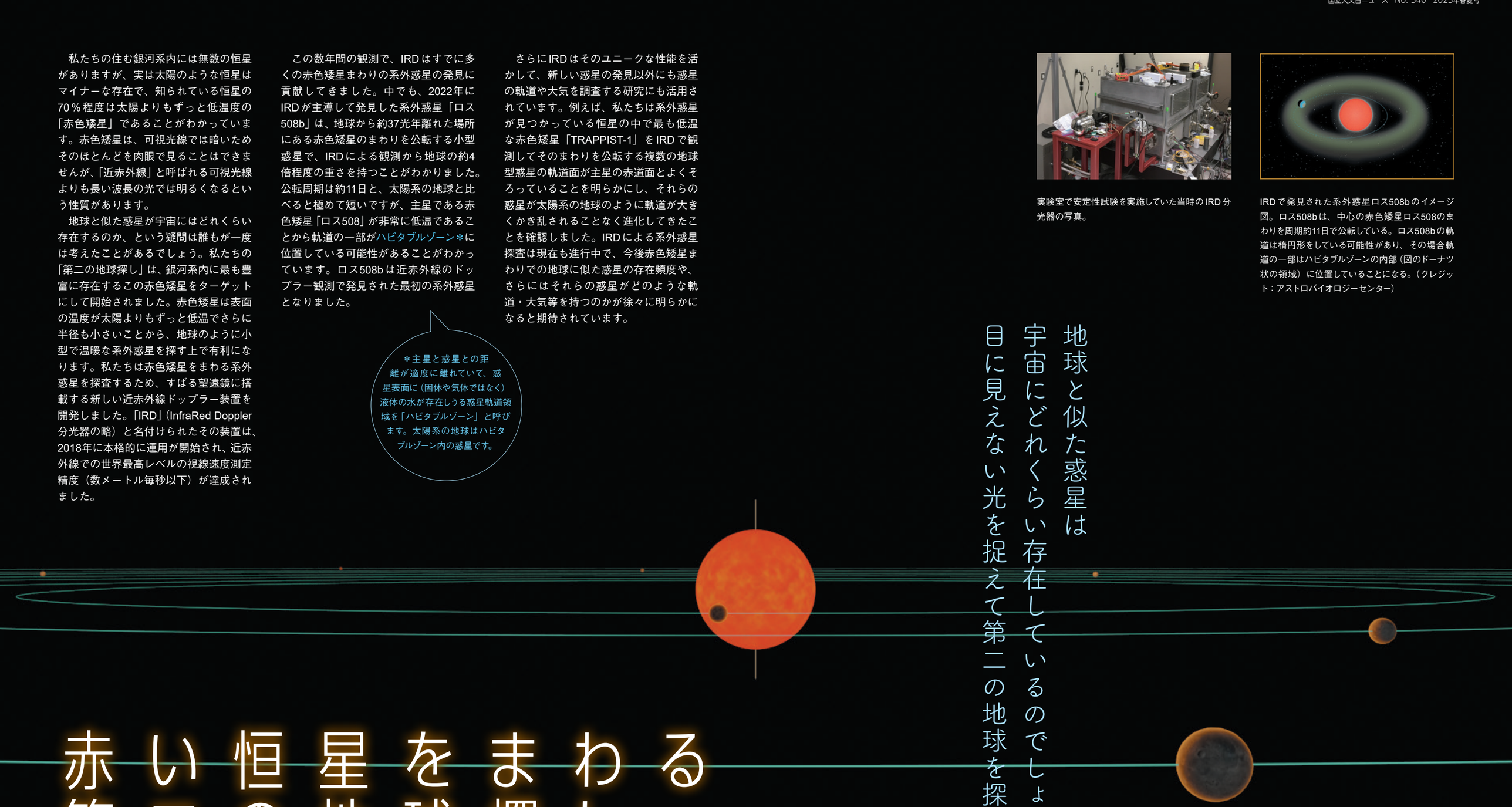
この数年間の観測で、IRDはすでに多くの赤色矮星まわりの系外惑星の発見に貢献してきました。中でも、2022年にIRDが主導して発見した系外惑星「ロス508b」は、地球から約37光年離れた場所にある赤色矮星のまわりを公転する小型惑星で、IRDによる観測から地球の約4倍程度の重さを持つことがわかりました。公転周期は約11日と、太陽系の地球と比べると極めて短いですが、主星である赤色矮星「ロス508」が非常に低温であることから軌道の一部がハビタブルゾーン＊に位置している可能性があることがわかっています。ロス508bは近赤外線のドップラー観測で発見された最初の系外惑星となりました。

＊主星と惑星との距離が適度に離れていて、惑星表面に（固体や気体ではなく）液体の水が存在しうる惑星軌道領域を「ハビタブルゾーン」と呼びます。太陽系の地球はハビタブルゾーン内の惑星です。

さらにIRDはそのユニークな性能を活かして、新しい惑星の発見以外にも惑星の軌道や大気を調査する研究にも活用されています。例えば、私たちは系外惑星が見つかっている恒星の中で最も低温な赤色矮星「TRAPPIST-1」をIRDで観測してそのまわりを公転する複数の地球型惑星の軌道面が主星の赤道面とよくそろっていることを明らかにし、それらの惑星が太陽系の地球のように軌道が大きくかき乱されることなく進化してきたことを確認しました。IRDによる系外惑星探査は現在も進行中で、今後赤色矮星まわりでの地球に似た惑星の存在頻度や、さらにはそれらの惑星がどのような軌道・大気等を持つのかが徐々に明らかになると期待されています。

実験室で安定性試験を実施していた当時のIRD分光器の写真。

IRDで発見された系外惑星ロス508bのイメージ図。ロス508bは、中心の赤色矮星ロス508のまわりを周期約11日で公転している。ロス508bの軌道は楕円形をしている可能性があり、その場合軌道の一部はハビタブルゾーンの内部（図のドーナツ状の領域）に位置していることになる。（クレジット：アストロバイオロジーセンター）



TRAPPIST-1惑星系のイメージ図。TRAPPIST-1のまわりには7個の地球型系外惑星が見つかっているが、IRDの観測によりこれらのうち少なくとも3つの惑星の軌道面はよく揃っていて、その面は主星（図の中心にある赤色矮星）の赤道面ともほぼ一致していることが明らかになった。（クレジット：アストロバイオロジーセンター）

すばるによる系外惑星観測：直接撮像の進展

すばる望遠鏡は
究極の系外惑星観測法である
直接撮像で大きな成果を
挙げてきました。

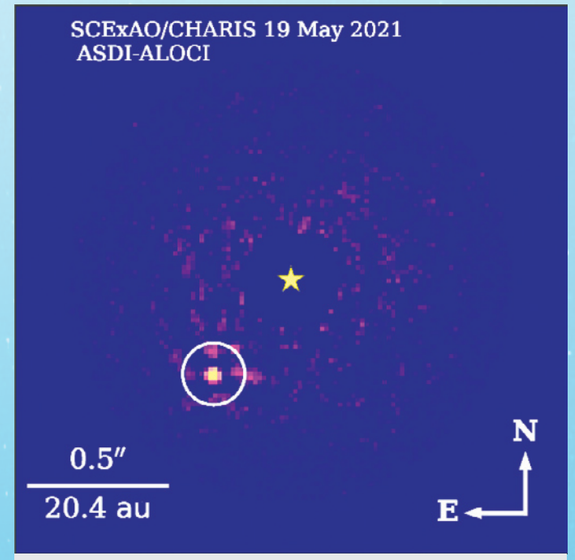


図1　すばるSCExAOが直接撮像で発見した新惑星HIP 99770 b（○印）。約2太陽質量の主星の位置（★印）から17 auの距離にある約15木星質量の惑星。

太陽系を遠くから眺めると、地球のような小さな惑星はもちろん巨大惑星である木星でさえも、明るい太陽のすぐ傍にあるため普通の観測装置では画像に写すことができません。そこで、惑星そのものは見ようとせず、その存在の「影響」を測定し間接的に惑星の存在を証明する手法（ドップラー法やトランジット法など）が最初に成功しました。しかし、すばるのような口径8 m級望遠鏡の台頭、地球からの観測の妨げとなる大気揺らぎをリアルタイムで補正する補償光学技術の発展、可視光および赤外線の高感度2次元検出器の進展などの技術革新により2004年頃からようやく系外惑星を見分けて画像に写す直接観測が可能になりました。

最初は褐色矮星まわりの惑星や、主星から100 au以上も離れた軌道にある惑星などが伴星として発見されました。当時の技術では、このように主星と惑星の明るさのコントラストが比較的小さくて観測しやすいものが先に検出されたのは無理もありません。ただ、これらの伴星は太陽系の惑星と直接比較するには難しく、惑星質量天体ではあるものの、惑星と呼ぶべきかという議論もありました。

しかし2010年頃から、太陽系サイズ、すなわち、100 au以下の軌道にある「惑星」が直接撮像により発見されるようになりました。中でも、4つの巨大惑星が周回するHR 8799、南天のがか座β星、すばる望遠鏡SEEDSプロジェクトが発見したGJ 504やアンドロメダ座κ星などの惑星系は、太陽系サイズでありながらも海王星以遠の距離に木星の数倍～10数倍の質量の巨大惑星があるという新種の惑星系でした。しかし、大規模な探査が行われたにもかかわらず太陽系サイズかつ質量が木星の13倍以下の惑星で直接撮像により発見されたものは、現在でも20個程度に限られています。

この分野で最近2つの大きな進展がありました。1つは、Gaia衛星等による恒星の精密位置情報に基づいて、惑星がありそうな星を狙って直接撮像するという試みです。これによって効率的に惑星や伴星の探査ができます。その結果、すばるの新型補償光学系SCExAOはHIP 99770 bという新たな惑星を発見しました（図1）。もう1つは、原始惑星という生まれたばかりの惑星を直接に発見できたことです。最初に報告されたPDS 70 bcは、すばるで発見された若い星の原始惑星系円盤のギャップ（すきま）中にVLTで発見された2つの原始惑星です。一方すばるは、ぎょしゃ座AB星（AB Aur）という有名な若い星の原始惑星系円盤に埋もれた原始惑星を発見しました（図2）。このような原始惑星の発見は、「円盤から生まれた惑星がどのように進化して、間接観測で発見されているような数千個の多種多様な惑星になってゆくのか」を調べる上で、不可欠な観測対象です。TMTでは、最初にすばる望遠鏡で、後にアルマ望遠鏡などで多数発見されたギャップ構造を持つ原始惑星系円盤中に未だ2例しかない原始惑星をどんどん発見できると期待されます。

一方、浮遊惑星も最近脚光を浴びています。1998年頃から日英西などで独立に発見されたこの惑星は、主星を持たず宇宙空間を自由に漂っている惑星質量の天体です。最近、すばるの広視野カメラHSCのデータなどを用いて、星形成領域で一度に約100個もの浮遊惑星が直接撮像によって発見されました。これまでと違い、Gaiaデータ等を利用して空間運動を加味することによって、浮遊惑星と遠方の背景星を区別できました。

このように、すばるの直接観測は、初代装置のCIAO、2代目のHiCIAO、そして3代目と言えるSCExAOのように装置とともに進展し、発見の幅が広がってきました。今後は2027年打ち上げ予定のRoman宇宙望遠鏡や2030年代のTMT、2040年代のハビタブルワールド天文台などで直接観測の威力が最大限に発揮され、第2の地球を持つ系外惑星系の「家族写真」が撮れる時代が来るでしょう。



田村元秀
TAMURA Motohide
東京大学
アストロバイオロジーセンター
国立天文台

開発した観測装置の進歩に伴う発見の拡大

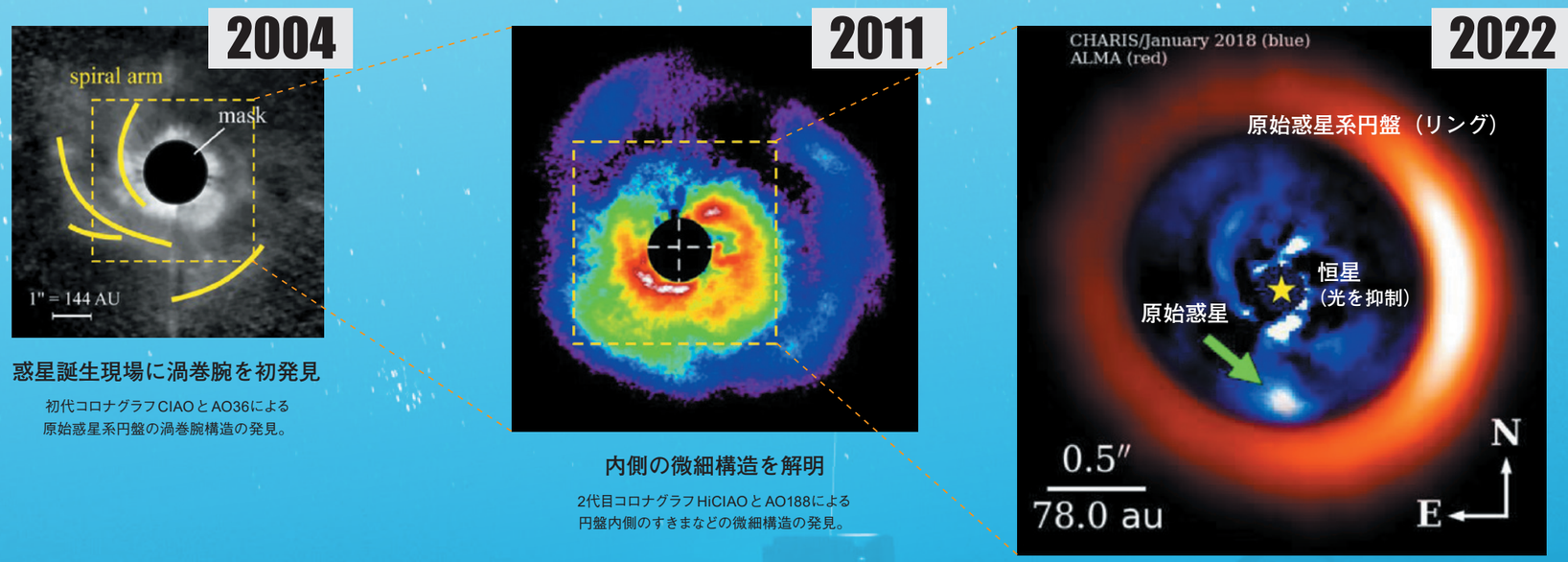


図2　すばる超補償光学系を用いた直接観測の展開：ぎょしゃ座AB星の原始惑星の発見。

すばる望遠鏡から波長589ナノメートルのレーザービームが射出されている様子。（クレジット：国立天文台）

宇宙望遠鏡と地上望遠鏡の強力タッグで新たな惑星を探す トランジット

1回の観測で本物のトランジット惑星かどうかを見分けます。





地球から観測した時、恒星の前を惑星が通過（英語ではトランジット）するような軌道を持つ系外惑星をトランジット惑星と呼びます。惑星がトランジットすると、惑星が隠した恒星の面積の割合だけ恒星が暗くなって（減光して）観測されます。恒星が周期的に減光することを使ってトランジット惑星を探すのが、系外惑星の発見方法の1つであるトランジット法です。

2023年現在、トランジット法で全天にあるトランジット惑星探しを行っているのがNASAのトランジット惑星探索衛星TESS（Transiting Exoplanet Survey Satellite）です。TESSは視野が24度×24度の超広視野カメラを4台搭載していて、約27日ごとに観測する視野を変えてトランジット惑星を探しています。TESSは2018年4月に打ち上げられ、2024年までに文字通り全天のトランジット惑星探しを行う予定です。太陽系の近くにある恒星は全天に散らばっているため、TESSは太陽系の近くにある恒星のまわりでトランジット惑星を探すことができます。

しかし、TESSにも弱点があります。TESSは広視野なためカメラの1ピクセルが観測する領域が広く、1ピクセルの中に近くにいる他の天体からの光も混じってしまいます。宇宙には恒星同士が食を起こす食連星も数多く存在していて、食連星も周期的な減光を起こすため、TESSが発見したトランジット惑星の候補の中には食連星に由来するものも多く混入してしまいます。

トランジット惑星の候補が本物のトランジット惑星なのか、あるいは食連星によるものなのかを見分ける方法として、その減光を複数の波長（多色）で観測するという方法があります。これは、惑星は自分自身では光っていないためどの波長でも隠した面積の割合だけ減光しますが、食連星ではもう一方の恒星を隠している恒星がスペクトルを持って光っているため、波長によって減光の度合いが変わることを利用した方法です。

私たちはTESSで発見されたトランジット惑星候補の中からいち早く本物のトランジット惑星を発見するため、天体を複数の波長で同時に観測できる多色同時撮像カメラMuSCATシリーズの開発に2013年から取り組み、2020年までに岡山の188cm望遠鏡、スペイン・テネリフェ島の1.52m望遠鏡、アメリカ・マウイ島の2m望遠鏡にMuSCATシリーズを搭載しました。トランジット惑星候補の減光を地上から観測できる機会は限られていますが、3台の時差の離れた望遠鏡に搭載することによって観測機会を増やすことができ、たった1回の減光の観測で本物のトランジット惑星かどうかを見分けることができるのがMuSCATシリーズの大きな強みです。



さらに私たちはMuSCATシリーズで本物のトランジット惑星だと確認されたもののうち、太陽系の近くにある赤色矮星を公転するものをターゲットをとして、すばる望遠鏡のIRDを使って惑星の質量、軌道、大気などの性質を明らかにするIRDインテンシブ観測にも取り組んでいます。2019年以降、このIRDインテンシブ観測には80夜を超えるすばる望遠鏡の観測時間が割り当てられ、30個あまりの赤色矮星がすばる望遠鏡で集中的に観測されています。

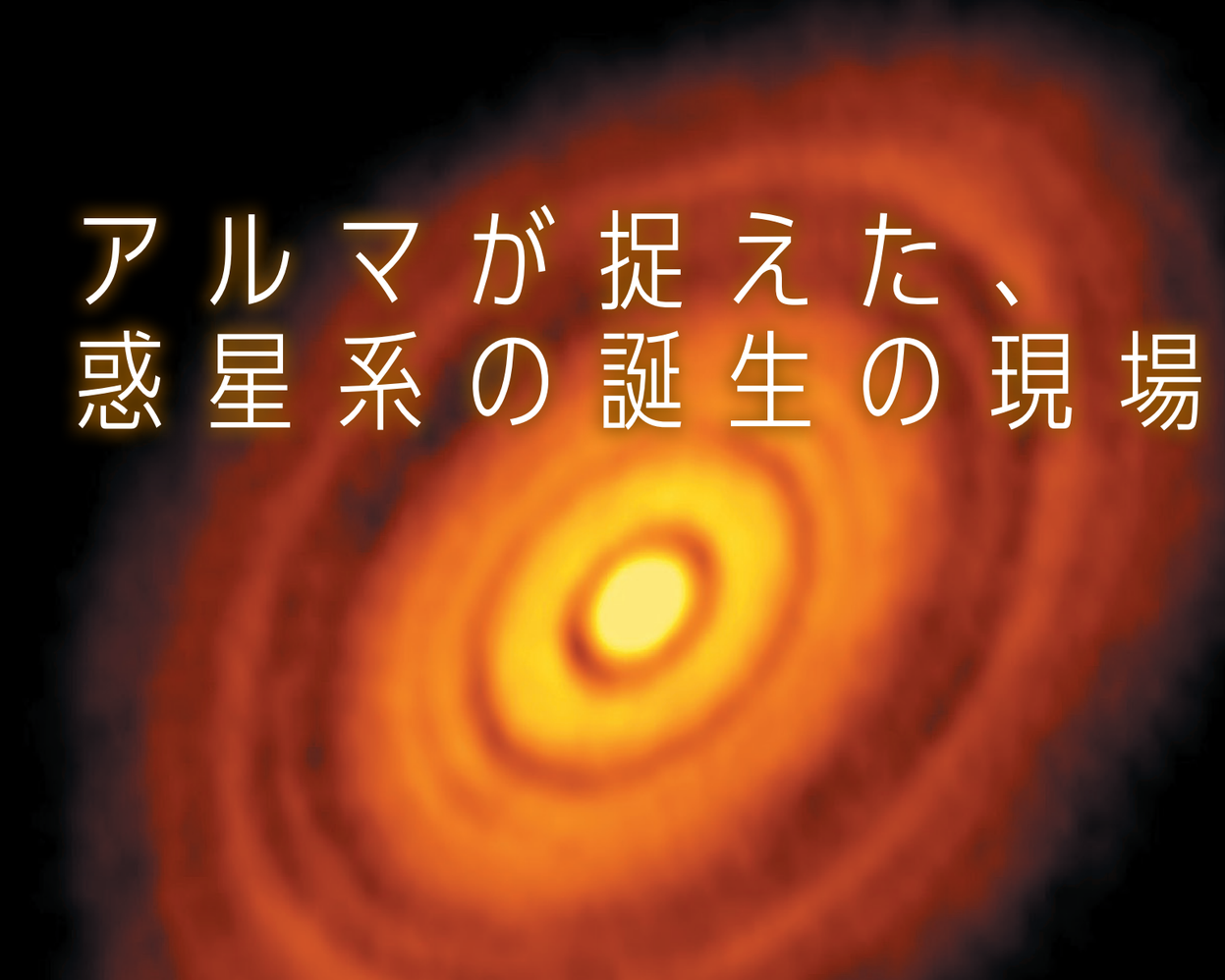
TESSとMuSCATシリーズとIRDインテンシブ観測の連携によって、これまでに10個を超える地球型惑星を赤色矮星のまわりで発見しました。その中には、赤色矮星を周期1日未満で公転する超短周期惑星や、ハビタブルゾーンを公転するスーパーアースなどが含まれます。さらに、将来の惑星大気の観測に適したサブネプチューンや、赤色矮星のまわりでは理論的にほとんどできないと考えられていた短周期の巨大惑星なども発見し、赤色矮星のまわりにも多様な惑星があることを明らかにしてきました。これからも宇宙と地上の連携観測を継続し、新しいトランジット惑星を発見してその性質を明らかにしていきます。



成田憲保
NARITA Norio
東京大学
アストロバイオロジーセンター

Artist concept of TESS observing an M dwarf star with orbiting planets (with haze).（クレジット：NASA's Goddard Space Flight Center）

アルマが捉えた、惑星系の誕生の現場



アルマ望遠鏡が観測したおうし座HL星まわりの塵の円盤。間隙に隔てられた同心円状のリングが幾重にも並んでいる様子がはっきりと見て取れます。
クレジット：ALMA(ESO/NAOJ/NRAO); C. Brogan, B. Saxton (NRAO/AUI/NSF)

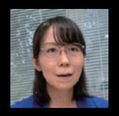
続々と発見される太陽系外惑星は、どのように誕生したのでしょうか。この問いに答えることで、宇宙に存在する惑星がなぜ多様な性質を持ち、さらに太陽系がなぜ現在のような姿になったのかを知ることができます。惑星は、生まれたばかりの星をとりまく、原始惑星系円盤と呼ばれる構造の中で生まれます。円盤の中で固体の微粒子（塵）が集まって成長し、惑星サイズとなり、木星や土星のように重ければ周囲のガスを大量に捕まえて巨大ガス惑星になると考えられています。しかし、このプロセスが実際にどのようにして起こるのかについては、まだ多くのことがわかっていません。

そこで、惑星が誕生する現場を調べる研究が盛んに行われています。若い星は私たちから遠く離れているため、その円盤は見かけ上、大変小さな構造になります。その細部を見分けるのに活躍するのが、世界屈指の解像度を誇るアルマ望遠鏡です。また、アルマは天体からの電波を捉える望遠鏡であり、惑星の材料となる冷たい物質を見るのにも適しています。近年、そのアルマ望遠鏡によって、40年近く用いられてきた惑星系誕生のシナリオを塗り替える結果が次々に得られています。

おうし座HL星は非常に若い星です。惑星がまだ誕生しておらず面白い結果にならないだろうという理由で、望遠鏡の性能の試験のために観測されたそうです。ところが予想に反し、視力2000に相当する解像度で描き出されたのは、多数の溝（隙間）を持つ原始惑星系円盤でした。溝の存在は、惑星誕生の第一歩である塵の成長がそこで始まっているか、あるいは惑星が出来上がっている可能性を示します。惑星系の誕生は、思っていたよりもずっと早く始まっているのかもしれない――。研究者たちがこれまでの認識を改めることになった、象徴的な成果でした。

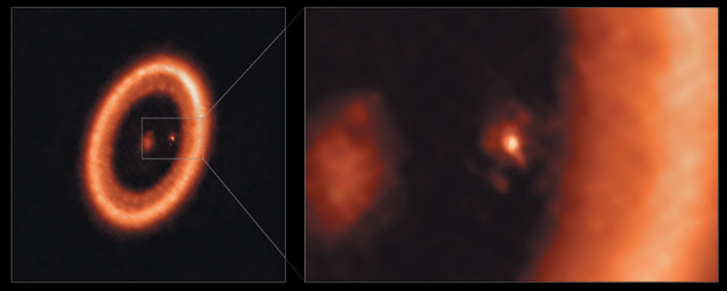
うみへび座TW星は私たちに非常に近く、地球から約175光年の距離にあります。その原始惑星系円盤において、アルマ望遠鏡は惑星の材料となる塵の空間分布を、地球軌道サイズまで描き出しました。太陽系における地球と同じような場所に惑星が生まれている可能性を示唆する、画期的な成果です。また、別の天体PDS 70では、星でなく生まれたての惑星を取り囲む円盤が明確に検出され、月のような衛星の形成が議論され始めています。さらに、複数の原始惑星系円盤で有機分子や水の検出も進んでいます。様々な有機分子の材料になるメタノール分子が初めて検出され、最近ではジメチルエーテルといった大きめの分子も捉えられています。惑星の誕生時に、どのような物質が惑星圏に取り込まれるのかを知ることは、生命発生に必要な初期条件がどう整えられたかを考える手がかりとなるでしょう。

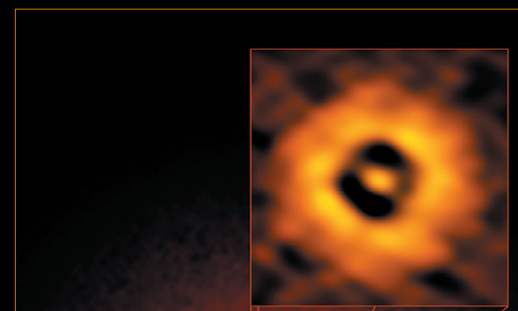
幅広い年齢や環境の原始惑星系円盤について観測が進められており、多様な内部構造が見え、さまざまな物質が捉えられてきています。私たちは今、惑星系誕生のシナリオを再構築している真っ最中なのです。



深川美里
FUKAGAWA Misato
アルマプロジェクト

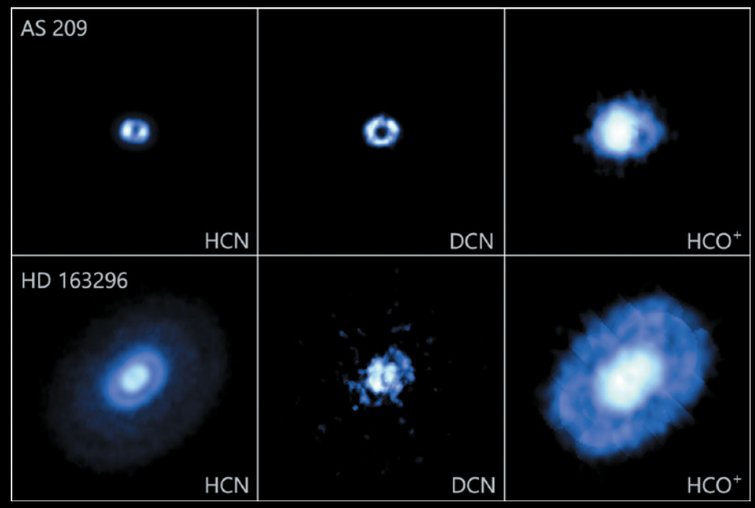
アルマ望遠鏡で撮影した、若い星PDS 70の周囲の原始惑星系円盤（左）と、そのまわりをまわる惑星PDS 70 cのクローズアップ画像（右）。PDS 70は左の画像の中心にある。クローズアップ画像中央で点のように見えるのが、PDS 70 cの周囲の塵の円盤。
クレジット：ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Benisty et al.





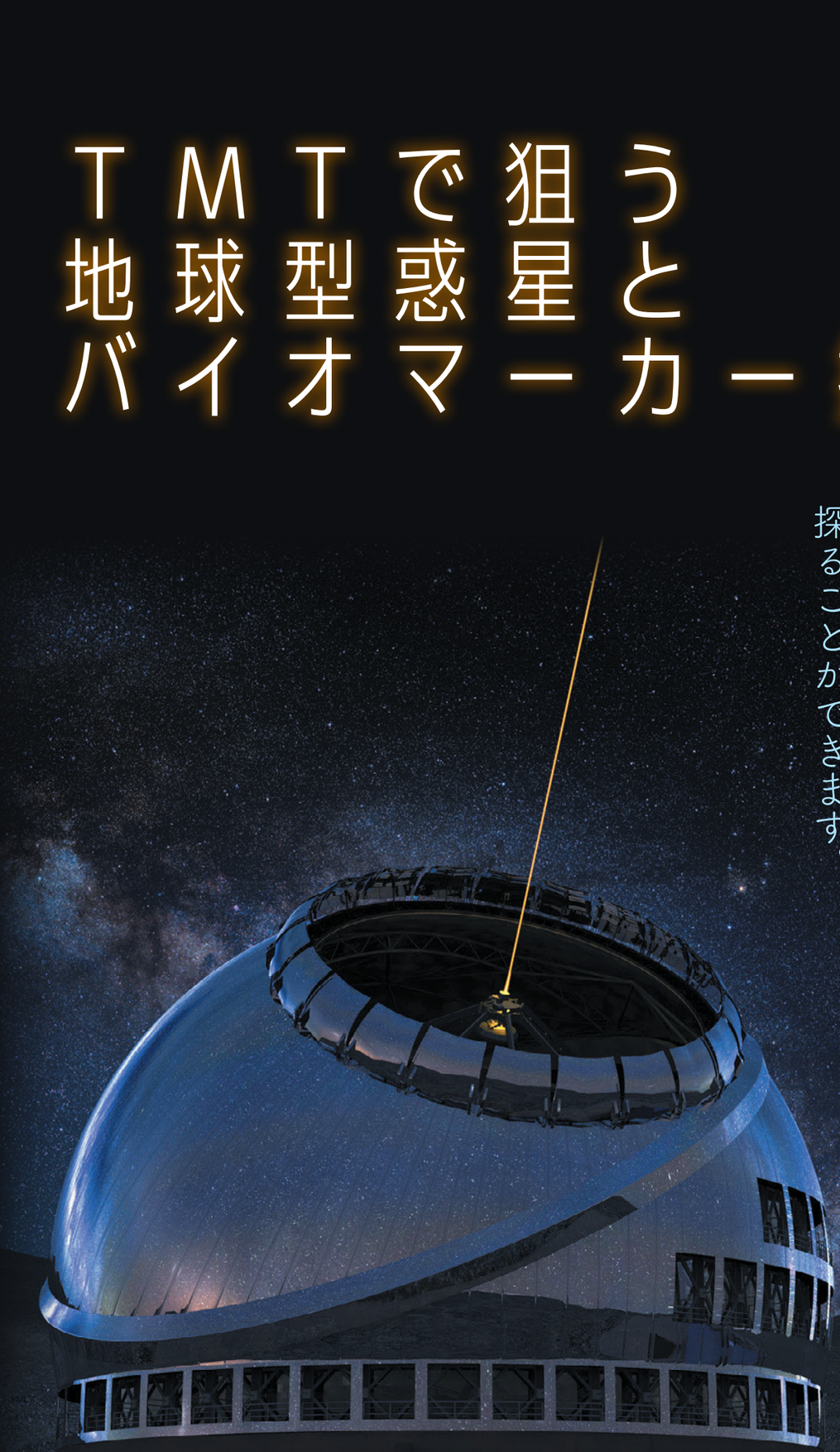
太陽系はなぜ現在のような姿になったのでしょうか？

アルマ望遠鏡で撮影した、若い星AS 209とHD 163296の周囲の原始惑星系円盤。円盤内の分布が分子によって異なることがわかる。
クレジット：ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Cataldi et al./Aikawa et al.



TMTで狙う地球型惑星とバイオマーカー探査

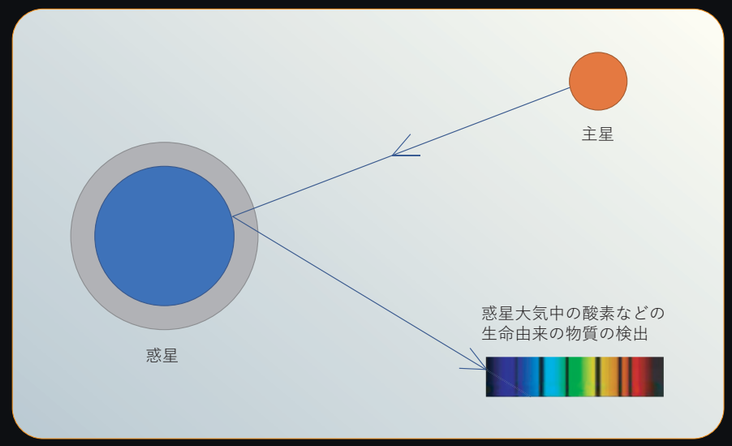
光の色を詳しく調べることで、生命の兆候を探ることができます。



ガイド星生成用レーザーを照射するTMT。（クレジット：国立天文台）

これまでに見つかっている太陽系外惑星の多くは、惑星そのものではなく、惑星がまわりをまわっている主星への影響を調べることで発見されてきました。その中には、地球と同じぐらいの大きさで、かつ恒星に近すぎず・遠すぎないちょうど良い位置に存在し液体の水が存在できる「ハビタブルゾーン」に存在するようなものもあります。そのような地球に似た惑星を間接的な方法ではなく、惑星からの光を直接その主星と分離して観測し、生命が存在する証拠を発見することは、天文学者の究極の目標となります。またそのような発見は、人類にとっても大きなインパクトを残すことは疑いありません。ただし地球型惑星は、すばる望遠鏡などで既に見つかっている巨大木星型惑星よりも圧倒的に暗く、かつ星の近くに存在するため、現在の技術では観測ができません。

しかし、将来の口径30メートル級望遠鏡TMT（Thirty Meter Telescope）と、観測の邪魔になる地球の大気の乱れを取り除く、先進的な補償光学を用いることで、地球型惑星の直接撮像が可能になると考えられています。TMTで狙う地球型惑星は、2つの異なるタイプの主星のまわりの地球型惑星です。1つは、M型星と呼ばれる太陽の1/2以下の重さしかない軽い星のまわりを公転するもので、もう1つは、太陽と似た主星のまわりの地球型惑星です。それぞれ観測する手法が異なりますが、どちらも惑星からの光の色を詳しく調べる（＝分光と呼びます）ことで、大気中に含まれる様々な分子の存在を確認し生命の兆候（バイオマーカー）を探査します。例えば、植物の光合成によって生じる酸素やその副産物であるオゾン、動物のげっぷなどで発生するメタンといったものがバイオマーカーに成り得ます。これらは、火山活動など生命とは直接関係ない現象によっても生じるため、必ずしも生命の存在を示すわけではありませんが、いくつかが同時に存在して、かつ液体の水が存在できる温度の惑星であると、生命が存在してもおかしくない惑星、ということになります。





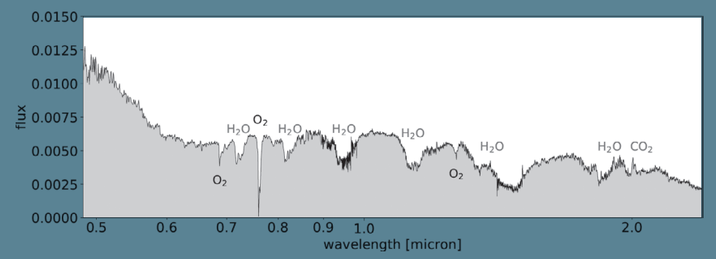


図1　地球照と呼ばれる、太陽光が地球表面で反射して、さらにそれが月面で反射した光の分光観測結果。横軸は光の波長で、縦軸は光の強度を表す。上下に書かれた分子名が対応する分子の吸収線の位置。Enric Palle氏の提供による（河原 2018）。

図1は、地球の表面で反射した太陽光を分光観測したものになります。色々なところに見えるへこみは地球の大気中に存在する水蒸気や酸素などが、特定の色の光を吸収してできたものです。このように光の色を詳しく調べることで、バイオマーカーを探ることができます。M型星のまわりの惑星を発見するためにはPSIと呼ばれる近赤外線の観測装置が、太陽に似た星のまわりの惑星を発見するためにはMICHIと呼ばれる、中間赤外線という波長が長い光の観測装置が検討されており、どちらも日本を含む国際共同開発で進められています。これらは、2030年代には観測が開始されるとされています。



小谷隆行
KOTANI Takayuki
アストロバイオロジーセンター
ハワイ観測所

太陽系外惑星命名キャンペーン2022

NameExoWorlds 2022

2022年8月、国際天文学連合（IAU）は、国立天文台との共同事業で三鷹キャンパスに拠点を置く天文アウトリーチ室（OAO）の設立10周年を記念して、「NameExoWorlds 2022キャンペーン」を開始しました。この国際キャンペーンでは、20の太陽系外惑星とその主星の名称について、学生や教師、天文ファン、アマチュア天文家、太陽系外惑星を研究する科学者が協力して提案する機会が提供されました。このキャンペーンには、91カ国から603件の応募があり、世界中の約1200万人が、応募グループが実施した天文アウトリーチイベントに参加しました。最終選考結果は、2023年6月に発表される予定です。OAOは、アクセシビリティ、コミュニケーション、コラボレーションをミッションの中心に据え、世界中に天文学をいきわたらせるための努力を続けています！

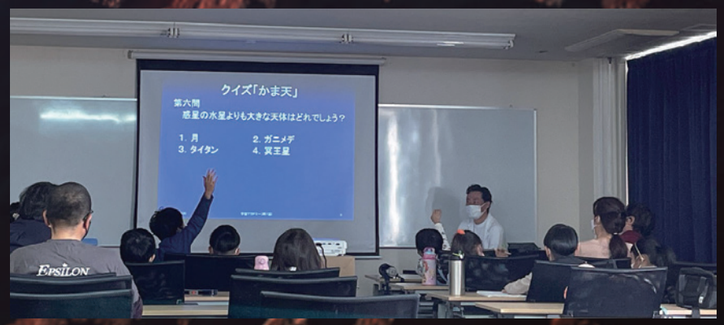
In August 2022, the International Astronomical Union (IAU) launched the NameExoWorlds 2022 Campaign to celebrate the 10th anniversary of the establishment of the Office for Astronomy Outreach (OAO) based at the Mitaka Campus and a joint venture between the National Astronomical Observatory of Japan. The international campaign provided the opportunity for students and teachers, astronomy enthusiasts, amateurs astronomers and exoplanetary scientists to collaborate and propose names for 20 exoplanetary systems. The campaign received 603 submissions from 91 countries, engaging almost 12 million people from around the world in Astronomy outreach events. The final selection will be announced in June 2023. With accessibilty, communication and collaboration, at the heart of its mission the OAO continues its efforts to promote astronomy around the world!



スザナ・フィリペキ・マーチンス
Suzana Filipecki MARTINS
天文情報センター

あの星の名前は、ぼくたちが付けたんだ

We Named an Exoworld!



生徒や保護者向けに開催された天文講座の様子。子ども宇宙アカデミーの伊藤智子さんが主催したもので、呉市かまがり天体観測館館長の山根弘也さんを講師に迎えて2022年10月30日に広島市で開催された。（クレジット：子ども宇宙アカデミー/伊藤智子）
Cosmic Academy led by Tomoko Ito held a lecture for students and their parents, of which the lecturer was Hironari Yamane, a director of Kamagari Astronomical Observatory. 30 October 2022, Hiroshima-city, Japan. Credit: Cosmic Academy/ Tomoko Ito.

＊最終結果が2023年6月7日（世界時）に公表されました。
https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau2304/
* Final results was announced on June 7 UT, 2023.

クレジット：IAU/L. Calçada

系外惑星の生命探査

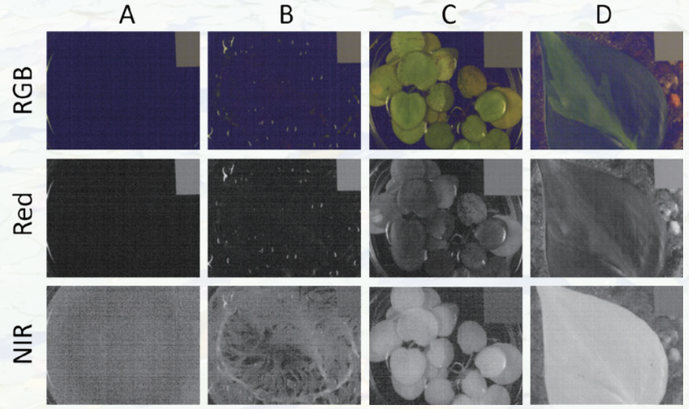
光を利用する生き物は
光で見つけることができます。

近年数多く発見されている太陽系外惑星の中には、地球と同じように水が存在し、生物が生存可能な惑星が含まれます。これら「生命居住可能惑星」に本当に生物が存在するとしたら、それはどのような生物でしょうか？　アストロバイオロジーセンターでは空想上の宇宙生物を議論するのではなく、「普通の生物学」と同じように、系外惑星に存在し得る生物の特徴をその生息環境への適応進化から明らかにしようとしています。

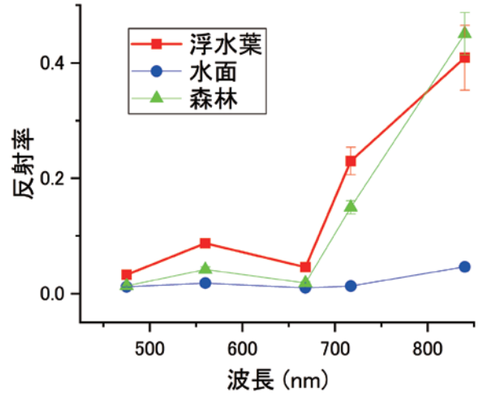
多様な系外惑星には様々な生物の存在が期待されますが、長期間、大規模に存在可能であり、かつ遠方から観測可能なシグナルを出す生命形態として、植物のような光合成生物が最も有望であると考えられます。植物は光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から糖を合成できるため、他からの栄養供給に頼ることなく幅広い環境下で生育することが可能です。

現在、植物は地球上のほぼ全域に存在し、人類を除けば宇宙から観測可能な最も強いシグナルを発しています。植物の葉は太陽から照射される光のうち、青色から赤色までの可視光を吸収して光合成に利用し、赤色より波長が長い近赤外線を強く反射します。この選択的な光吸収・反射特性は光合成反応を効率的かつ安全に進めるために必要な光捕集、ガス交換、熱放散といった重要な機能と結びついているため、系外惑星の植物にも共通して持つ特徴と考えられます。

ただし、反射率が大きく変化する波長位置と、その変化の大きさは惑星環境に応じて変わる可能性があります。植物の反射光を生命探査のシグナルとして利用するためには、様々な系外惑星の環境毎に、そこで進化し得る植物の特徴と反射光が検出可能な条件を明らかにしておく必要があります。



ハイパースペクトルカメラによる反射光測定。藻類（A）、水草（B）に比べて浮水葉（C）と陸上植物葉（D）は近赤外線（NIR）の反射が強い。



スイレンの反射スペクトル。浮水葉に覆われた湖沼は陸上植生と同様に700 nm以下の可視光の吸収が大きく、700 nm以上の近赤外線の反射が大きい。

例えば、地球より水の割合が多く、地表面のほとんどが水に覆われた海洋惑星の場合、水中の植物を水面の反射光から見つけることは困難である一方で、水面に浮水葉を展開する植物の群落が形成される場合は、陸上植物と同じように強い反射光シグナルが期待できます。「海洋惑星における反射光シグナルの予測」というアストロバイオロジーにおける研究課題は、「水中から水上への植物進化過程の解明」という「普通の生物学」の研究課題を解くことで達成できるのです。



滝澤謙二
TAKIZAWA Kenji
アストロバイオロジーセンター

小呂池。（撮影：滝澤謙二）

天文台メモワール

退職のごあいさつ

I'm just a lucky fool.

関口和寛
SEKIGUCHI Kazuhiro
研究力強化戦略室 教授



私は、日本の天文学界とは全く関係がなかったにもかかわらず、偶然の出会いにより、29年間にわたって国立天文台でお世話になることができました。無事に定年を迎えることができたのは、皆様のご指導と支援があったからです。改めて感謝申し上げます。

アメリカの大学院で天文学を専攻していたとき、たまたま学会で出口修至先生にお会いし、「日本も大型光学赤外線望遠鏡を建設する計画がある」と聞かされ、自分にも使える機会があればいいな、と期待していました。その後、南アフリカ天文台（SAAO）でポスドクとして、超新星（SN 1987A）、赤外線銀河、激変星、X線源の光学同定観測などを行いました。そこへ、出口先生の友人である東大の中田好一先生が赤色巨星の観測のために訪れ、一緒に観測をする機会を得ました。

おそらく中田先生から「SAAOにも日本人の光学赤外線分野の観測屋がいる」と話が伝わったのか、当時国立天文台長に就任されたばかりの小平桂一先生から「国立天文台の大型光学赤外線望遠鏡（すばる望遠鏡）計画推進部の職に応募しないか」とのお誘いをいただきました。その当時は、故海部宣男先生がプロジェクトの責任者になられて、唐牛宏先生がプロジェクトマネージャーを務められ、すばる望遠鏡の建設が始まり人員増のピーク時にあたり、多くの人材が日本だけでなく世界中から集められていました。僕が国立天文台に採用された1994年には、林正彦前国立天文台長や今年一緒に定年を迎えた高見英樹さんもプロジェクトに加わりました。

FOCAS（Faint Object Camera and Spectrograph）は、私が赴任早々にPIを任された装置でしたが、最終的には私がハワイ観測所に赴任することになり、柏川伸成さんを中心に家正則先生の指導の下で製作されました。当初、私は予備部品も製作するつもりでしたが、周囲から「なぜそんなに製作費が高いのか。予備の部品は必要ない。」と言われ、カルチャーショックを受けました。



20世紀のある日、Mt. Wilson Observatoryでのスナップ。

共同利用の観測装置であるため、不具合があればエンジニアがすぐに問題を特定し、予備のコンポーネントと交換して観測を継続することができると思っていました。しかし、限られた予算の中で、広い分野に渡る天文コミュニティの要望を満たすためには、「予備は必要ない。故障した場合はすぐに別の観測装置に切り替えて観測を続けることができる。」という方針でした。すばる望遠鏡の建設予算では、第一期観測装置には3台分の予算しかなかったのですが、7台の観測装置が製作されました。

そして、1997年にハワイ観測所が開設され、私は日本からの赴任第一陣の一員としてハワイに向かいました。新しい観測所の運営や望遠鏡の建設、ファーストライト、試験観測など、エキサイティングな日々を過ごしました。2006年末に帰国し、観山正見台長の下で新設された国際連携室の運営を任され、東アジア中核天文台連合（EACOA）や世界天文年2009などを担当しました。また、ALMAプロジェクトの一部にも関わりました。常田佐久現台長の下では、東アジア天文台（EAO）やTMTプロジェクトにも対応することになりました。大変なこともありましたが、やり甲斐のある仕事をさせていただきました。これらを思い起こすと、国立天文台での29年間は幸運な年月でした。今はつくづく「I'm just a lucky fool」と思っています。



主鏡蒸着作業の合間に、すばる望遠鏡の主鏡の上で大の字になって一休み。

国立天文台での29年間は幸運な年月でした。

月日は百代の過客にして、。。

川邊良平
KAWABE Ryohei
科学研究部 教授

次の旅を始める必要をひしひしと感じる。

池内了氏の「これからは電波やで」という言葉に背中を押されて電波天文学に進んだ。当時の東京天文台野辺山宇宙電波観測所で、干渉計グループの助手として研究者のキャリアをスタートさせ、はや36年。芭蕉は、「月日は百代の過客にして、。。」と奥の細道を書き出しているが、一電波天文学者の宇宙を探る旅は今年3月にとりあえずの終わりとなった。

干渉計と45m鏡を結合させたRainbow干渉計、ASTE10m鏡計画、そしてALMA計画など、ミリ波サブミリ波天文学に関わる日本の主要な計画に携わってきた。それらの経緯などは、国立天文台で今年1月に行った「最終講義」談話会で述べた。とくにASTE計画について、苦労したことはあるかと質問があった。苦労話は私の十八番の1つ（？というより、一緒に活動してきた人に、川邊さんにはいろいろ苦労させられたと指摘されることが多々ある）。問題はASTEをどのような位置付けでチリに設置するかであった。簡単に言うと、国立天文台がチリでの法人格を取得してその運営にあたる必要があった。しかし国の機関、もしくはそれに準ずる機関が、国外に法人格を持つ例は日本国内の学術機関でほとんどなく、国内外の関係諸機関との交渉・調整は、全て前例のない初めてのことばかりであった。ここでは紙幅が乏しいので詳細は記せないが、その後のALMA設置にもつながるこの枠組みの実現に、労を惜しまずサポートしていただいた多くの方々に改めて感謝したい。

もう1つ、なぜそんなにたくさんの大学院生を（研究者に）育てられたのか？　との質問も出た（質問はその大学院生の1人だった東大・河野孝太郎さんだったが、私のほうが逆になぜ皆育ったのか聞きたかった）。要因の1つには、最初の20年くらいを拠点にしていた野辺山という特殊環境があったような気がする。石黒正人氏をリーダーとする干渉計グループは、こぢんまりしており、研究グループというよりファミリー的な自由な雰囲気があった。ただその中でも研究面での切磋琢磨は厳しかったが…。私の指導する院生が1学年で3、4人いるなどの時もあったが、集団指導（スタッフだけでなく、上の院生が下を面倒見るなど）が効率良く働いたのだろうか。一方、野辺山という孤立した研究環境では、都会等から出てくる時に一定のポテンシャルの壁を乗り越えないといけない。それなりの覚悟を持った院生が集まっていたのかもしれない。院生は、“独立国”のような環境で、自由に（時には喧嘩も？）研究できたのではないか。そのような独立国的観測所を野辺山所長時代に目指したことがあった。観山正見台長時代であり、いろいろ大目にみてもらっていた点は否めない。

この36年間で、多くの「同僚」「先輩」を失った。野辺山に就職した年には鈴木博子さん、チリ赴任の直前には、森田耕一郎さんがチリで、そして、森本雅樹氏や海部宣男氏など。また、前代未聞と言えるような天文台内外の反目。これからの季節に咲く夏椿（実はあの「沙羅双樹」とは別種）の白い花や、芭蕉が平泉で見た「夏草」を連想。なんのしがらみもなければ、自分が過ごした天文学の世界から距離を置きたいと思う。では、今後何を目指す？　前出の池内氏は、ある総研大の書籍で、「宇宙論で落ちこぼれて、社会と科学についての研究を開始した」と述べている。敬愛する音楽家・坂本龍一氏の追悼記事を読んでいたら、池内氏の写真とともに新潟県の原発「三つの検証」委員長を退任の可能性に関する内容も一緒に紹介されていて、池内氏の衰えない研究・執筆活動に心動かされた。私自身、星惑星系形成・遠方銀河などの観測天文学では、落ちこぼれた身だ（大学院生が代わりに活躍してきた。院生との議論は今でも最高に楽しい）。次の旅を始める必要をひしひしと感じる。「もっと頑張らないかんで」と池内氏や観山氏の声が聞こえてくるようである。頭で考えて決断するタイプではないので、まずは外（登山？）に出て、体で次の旅先を感じとりたいと思っているこの頃である。



2022年12月の退職記念パーティー@宮古島での一枚（右から2人目が筆者）。

サンペドロ・デ・アタカマで組み立てが終了したASTE10m鏡と記念写真。山頂サイトであるパンパラボラへ移動する直前（記事の背景画像は、国道パソデハマを封鎖して山頂へ移動する様子）。



語るより手を動かす。電波望遠鏡を作って天体の電波観測をする。

志ざし半ば 電波天文普及活動

篠原徳之
SHINOHARA Noriyuki
太陽観測科学プロジェクト 技師

アルマーの冒険 第04回
https://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/almar/data/almar04.pdf

あっという間に定年を迎えてしまった。思い返せば「野辺山太陽電波観測所」に配属され、野辺山高原という不毛の地で太陽電波観測なる仕事を始めたことに問題はなかったのだが、研究者ではない私ができる仕事といえば装置保守・改修や、その後やって来る「電波ヘリオグラフ」装置の基礎実験を先輩の後ろに着いて邪魔をしないようにお手伝いをすることであった。やがて少しずつであるが更新が必要な装置開発と制作が主の仕事となった。しかしこれらも論文やら現存する装置の性能強化を求めた極めて忙しい研究者のアイディアを実現するようなものであったのだ……何となくつまらない。

私の電波天文用装置に携わる以前を少しだけ回顧してみると、一応それなりに電気工作は趣味の1つであった。小学生でアマチュア無線に憧れ、短波ラジオを電電公社（後のNTT）に勤めていた伯父に頼み込み、まんまと手に入れ、日々誰ともわからぬ人の無線交信を聞いて盛り上がっていた。やがてそれだけでは満足できずに、雑誌で見た高価な設備を夢見ながらガラクタを集めて、まずはAM受信機から（と言えるようなものだったかは？）なんとか作り上げた。そもそも知識が乏しかった頃なので、「初歩のラジオ」の前身にあたるような月刊誌に紹介されていた回路を復元するようなものだった記憶がある。私のバイブルであった「初歩のラジオ」は廃刊になってしまったが、「CQハムラジオ＋別冊」には未だに世話になっている。長いお付き合いだ。

話を現在の電波天文普及活動に戻そう。この活動は野辺山で広報委員を兼ねていた10数年前に遡る。前任者が行っていた「出前授業」を引き継いだわけだが、私的に「語るより手を動かす」考えのもと、方向性を変えて「電波望遠鏡を作って天体の電波観測をする」方針に大きく変えた。最初に担当した学校には、とてもやる気のある先生が在籍しており、工業高校ということで物作りには恰好の環境もあった。

まずは担当の先生との打ち合わせ。決まった事項は、「観測周波数は4GHz」パラボラは「市販品」フロントエンドは「衛星放送用 受信機」、これらを基に部品探しを始める。

部品はすべて汎用品で揃えたため安くできた。（CQハムラジオ様ありがとう）

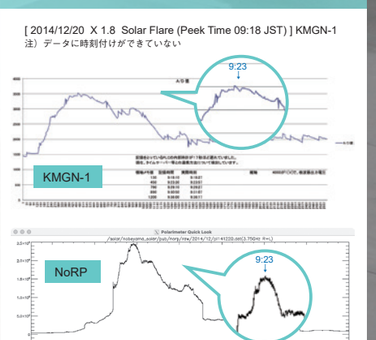
バックエンドは、特別公開日向けに用意のあった「二乗検波器」を制作しながら基礎学習を行い、見えない電波→見える電圧へ変換を行った後にPCへ取り込む仕様とした。

下写真が完成した「初号機」
KMGN-1

このKMGN-1は、ほぼ調整が終わり自動観測を始めたばかりの2014年12月には初めて太陽活動イベントの観測に成功している。右下に観測データと同じ時刻のNoRP（Nobeyama Radio Polarimeter）データの比較を示す。



「初号機」 KMGN-1。



この結果を国立天文台ニュースに紹介していただけることになった。やがて、この記事が基となり全国から問合せが来るようになる。

これまでに、小、中、高、大学と広い年齢層にこの「電波天文普及プロジェクト」へ参加していただいた。

これまでの大きな成果を以下に紹介しておきます。

- 駒ヶ根工業高校
  天文学会Jrセッションにて3回発表
- 筑波大学　SKIP参加小学生
  サイエンスアゴラに選抜・発表
- 都立科学技術高等学校
  天文学会Jrセッションにて発表
  （同システムを改造した望遠鏡にて銀河の観測について）

今は、この流れを止めてしまうのは本望ではないとつくづく感じており、本当の集大成を作るべく、ますます充実させたい気持ちでいます。

最後に、出版 高田様をはじめご協力をいただいたクルーの皆様に最大限のお礼を申し上げ、くくりとします。



自作検波器用パーツ入りボックスをかついで。



背景：駒ヶ根工業高校 屋上干渉計。

1996年に日本で初めての天体補償光学の観測に成功しました。



私は、1994年4月に国立天文台に職を得ました。それまでは郵政省通信総合研究所（現、情報通信研究機構）で宇宙光通信の部署に属し、業務の傍ら赤外天文観測や、補償光学の研究を行っていました。国立天文台ですばる望遠鏡の建設が始まり、そこに補償光学システム（AO）を導入しようということになり、その開発のために国立天文台に採用されました。

配属されたのは、設立されたばかりの天文機器開発実験センター（現、先端技術センター）でした。それまでの国立天文台の装置開発は、各研究系（光赤外、電波、太陽など）がそれぞれ独自に、あまり環境のよくないプレハブの建物などで実験を行っていました。その時に、すばる望遠鏡の建設とともに、すばる望遠鏡の装置開発をするために国立天文台としては初めての国際水準の「本格的な実験施設」が作られました。

私は、そこですばるAOの開発をしながら、センターの光赤外線の観測装置開発の環境を整備する役目を担いました。そこで、当時最先端の様々な設備（大型の光学ベンチ群、レーザ干渉計、可視・赤外線分光装置など）を整えました。半分は自分たちの装置開発のために整備したというところがありましたが、それ以上に日本の光赤外線の装置開発のための理想の環境を立ち上げようという気持ちでした。それらの設備を使いながら、天文台内外の研究者、技術者に使ってもらえるようアレンジをしたり、使い方を指導したりという仕事はとてもやりがいのある楽しいものでした。

開発実験センターは、その後先端技術センターに改組され、建物が増え、電波、太陽、重力波など国立天文台の様々な分野の装置開発を行うようになり、世界最先端の装置開発の拠点となっています。そういう意味で、天文機器開発実験センターの設立は、国立天文台の歴史上とても大きな出来事だったと思います。

ここで、センターの屋上にあった口径1.5m赤外シミュレータのことを紹介したいと思います。普通シミュレータというと、観測装置に光を導入したり、望遠鏡の動きと同じように装置を傾けるもののことを言うのですが、赤外シミュレータは、すばる望遠鏡製造の技術実証という意味もあり、本物の望遠鏡を作ろうということでできたものです（今だったら、なかったかもしれません）。

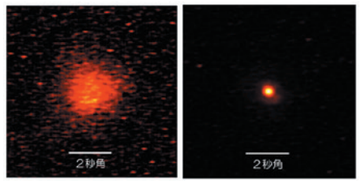
私の国立天文台での実験開発事始め

高見英樹
TAKAMI Hideki
ハワイ観測所 特任教授（上席教授）

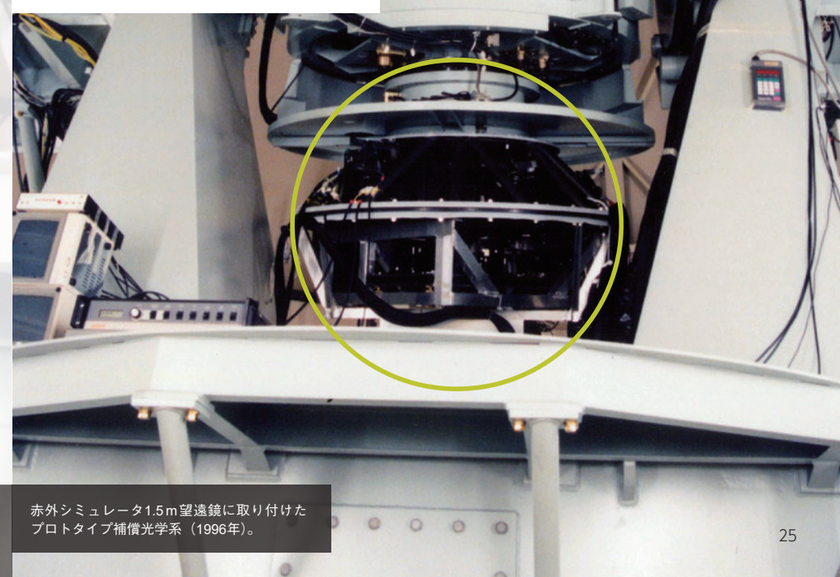


私たちが天文台でAOの開発を始めたときに、いきなりすばる望遠鏡用のものを作るのは怖いので、まずすばる望遠鏡用のシステムと主たる部分は同じプロトタイプAOを作って、赤外シミュレータで実際の星で試験をすることにしました。AOというのはランダムに変化する大気揺らぎを測定して、毎秒1000回もの速度で可変形鏡を制御して揺らぎを補正するというシステムですが、そんなものが本当に正しく働くのか、当時は不安でいっぱいでした。このプロトタイプは、光学系部分と可変形鏡は本番とほぼ同じでしたが、波面を測る部分は本番用の高感度のセンサーを使う前の段階で、明るいガイド星（1等星）で動作するという実験機でした。1996年にこれを赤外シミュレータに取り付けてアルデバランなどの観測をし、日本で初めての天体補償光学の観測に成功しました。これで私たちは、すばる望遠鏡に取り付ける本番機を作る自信がつきました。これが、赤外シミュレータがすばる望遠鏡の装置開発に使われた最初の例で、シミュレータを作った目的を果たしたと思っています。この赤外シミュレータはその後広島大学に移管され「かなた望遠鏡」として活躍しています。

国立天文台で働いた29年の間、いろんな仕事を経験させていただき、台内外の様々な方々にお世話になりました。これらは私の宝となっています。ここにお礼を申し上げます。



プロトタイプ補償光学で観測した1等星アルデバラン。
（左）補正なし、シーイングで像がぼやけている。
（右）補正あり、赤外線2.2ミクロンの回折限界。



赤外シミュレータ1.5m望遠鏡に取り付けたプロトタイプ補償光学系（1996年）。



電波天文の防人達。2015年5月フランスAnnecyでのつかの間の休日の様子。

mémoire

知の地平を拡げ続ける国立天文台であり続けてください

大石雅寿
OHISHI Masatoshi
天文情報センター 特任教授

2023年3月31日をもって無事に国立天文台を卒業しました。院生時代と在職中はたくさんの方々に大変お世話になりました。どうもありがとうございました。野辺山宇宙電波観測所勤務時に計算機関係で一緒に仕事をした複数の先輩方が病気、事故、事件のために定年を迎えられなかっただけに、自分の身にも何かが起きるのではと危惧していました。なんとか生き延びられたことに、正直、ホッとしています。

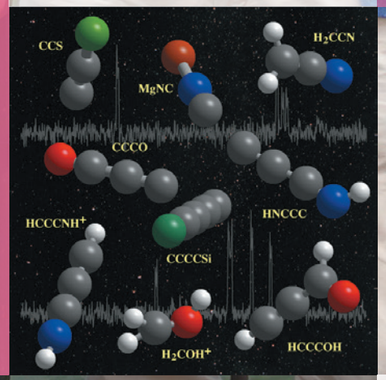
幼稚園の頃に七夕伝説を聞き、織姫と彦星が本当に動いて出会うと信じたことがきっかけで宇宙への興味を持った私は、東京大学大学院修士課程1年の時に初めて（当時の）東京天文台三鷹キャンパスに足を踏み入れました。43年前のことです。指導教官をお願いした海部さんは野辺山宇宙電波観測所の建設のために多忙で、修士論文は木更津高専の1.5 m CO望遠鏡を用いて執筆しました。博士課程からはほぼ野辺山で研究活動を行うようになりました。分子スペクトル線の詳細を身に付けたのもこの頃で、博士課程の3年間がその後の私の研究者人生を決定づけたことになります。

これまでを振り返ってみて出てくる言葉は「天文学はおもしろい」ですね。1985年～2000年頃にはC_6H、CCS、C_4Siなど18種もの新しい星間分子の発見に貢献することができました。誰も知らない新しい知識を自分達の手で見いだす。これこそが研究の醍醐味でしょう。とくに1986年から1992年にかけては「発見ラッシュ」とも言える極めて忙しいけれども充実した時期でした。これらの研究成果は直接観測や論文執筆に携わった者だけではなく、望遠鏡の性能向上、受信機やソフトウエアの開発、観測所の運用や環境整備に関わった多くの方々との共同成果であることを忘れてはなりません。

野辺山時代に計算機に関わっていたこともあり、2000年から三鷹の天文学データ解析計算センターに異動しました。ここでは世界中のオンライン観測データベースを連携させるヴァーチャル天文台構築に関わりました。いわば、インターネットを世界規模の天文台にしよう、というものです。日本のヴァーチャル天文台はALMAアーカイブを簡単に見ることができる機能を備えており、世界中からアクセスがあり研究に活用されています。日本の研究者が使ってくれる割合がもっと上がると良いのですが。ALMA以外にもすばるや野辺山のデータも世界に公開しています。その後異動した天文情報センターでは、電波利用の国際ルールを定める国際電気通信連合の会合に25年以上参加してきた経験を買われ、新規に周波数資源保護室を立ち上げて電波天文学を中心とした観測環境を保護する任務を仰せつかりました。これらは、いずれも天文学を通じて知の地平線を拡げようとする人類全体に貢献する活動です。

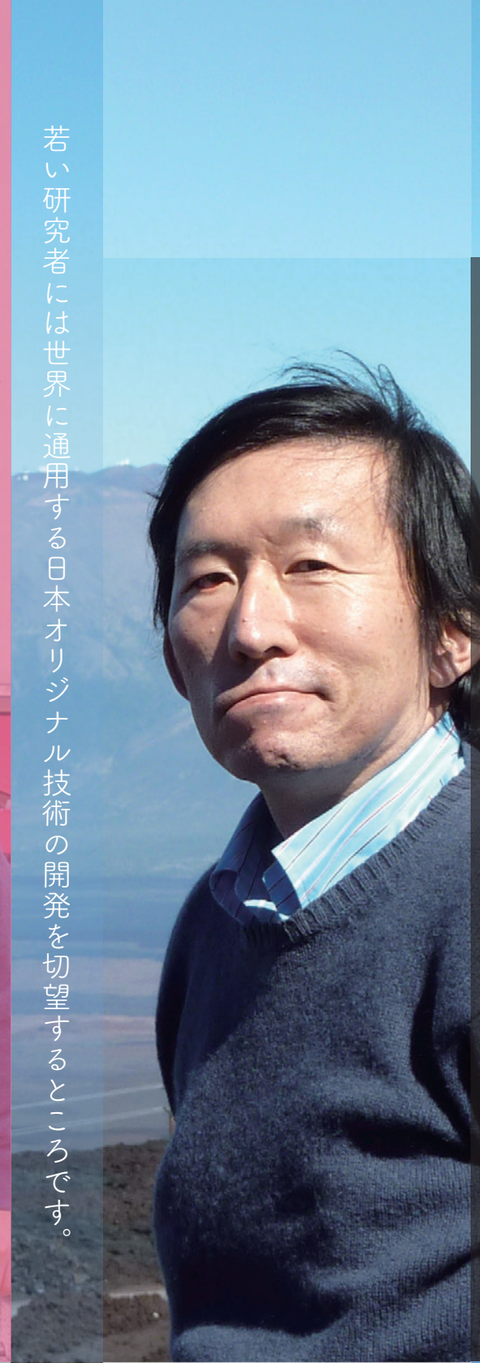
これまでを振り返ってみて出てくる言葉は「天文学はおもしろい」ですね。

奇しくも本稿の執筆時、政府が日本学術会議を思い通りにするための学術会議法改悪案の報道がありました。日本には学術や教育の軽視どころか破壊しようとする勢力がいます。世界に恥を晒しているようなものです。多くの反対を踏まえて政府は法案提出を当面見送りましたが、いずれ時期を見て改悪を狙ってくることは確実です。このような理不尽な圧力に屈することなく宇宙の謎を解き続ける国立天文台であり続けることを祈っています。



野辺山45 m大型電波望遠鏡で発見できた星間分子の一部。図は野辺山宇宙電波観測所による制作。

若い研究者には世界に通用する日本オリジナル技術の開発を切望するところです。



私の研究は第1期の情報通信研究機構（旧郵政省電波研究所、総務省通信総合研究所）時代と第2期の国立天文台時代から成り、電波干渉計の技術開発が中核にありました。

第1期の電波研究所入所当時は超長基線電波干渉計（VLBI: Very Long Baseline Interferometer）の日本における黎明期で、米国のMark-IIIシステムが神様的存在で追いつくことが至上命題でした。目的は天空の星を複数局で電波干渉計観測し星の位置を基準として観測局間の距離と方向を検出することで、プレートテクトニクス理論（旧大陸移動説）を実測実証するというものでした。天空の星は天に開いた穴から光が漏れているという太古の発想と同様に位置不変で構造のないコンパクトな電波源が選ばれました。就職したばかりの私は、局内遅延補正、位相同期、相関処理方法などの考え方の美しさに鳥肌が立つほど強烈な印象を受け、以後の研究の指針となりました。現在の高速のデジタル処理のほうが万能だと思われるかもしれませんが、論理的で普遍的に問題を解決する美しさがありました。現在の技術は力で解決している強引さがあり、数年後には古くなっている危うさすらあります。やがて日米VLBI実験へと繋がりハワイが日本に年間6 cmで接近しているというプレートテクトニクス理論の実測に成功し、さらに光ファイバ伝送による実時間VLBIの実用化、首都圏地殻変動モニタ計画で三宅島の噴火に伴う首都圏の地殻の変動の検出にも至り、技術を学ぶことからオリジナル技術へ歩み始めました。

その後に国立天文台に移籍し第2期に入ります。国立天文台での目的は天空の星をファイバで結合された複数局で電波干渉計観測し地上の観測局の位置を基準として星の構造を検出するというものです。第1期とは観測手段は同じですが基準となるもの、測定目的が全く逆となっています。国立天文台での電波干渉計は国際共同事業としてのALMA（アルマ）干渉計で100 GHz以上の非常に高い周波数信号を受信するため、デジタル処理が行えるように各局で安定した周波数変換をする必要があります。これを実現するために高周波数で高安定な基準信号の各観測局への配信が必須で、これなくして電波干渉計は成立しません。ファイバ伝送で受ける外乱（温度変動、圧力、音など）補償と伝送に用いる光波長により異なるファイバ伝送路長補償の2点が問題でした。これらを独自技術で解決し100 GHz以上の信号の400 km伝送にも成功しております。米国で計画中のngVLA (next generation Very Large Array) は100 GHz以上の受信周波数帯を有し、周波数変換用の信号として高周波基準信号の300 km以上の伝送が要求され、国立天文台の独自技術で貢献することが期待されています。



電波研究所鹿島支所26 mアンテナ上に機器設置。

mémoire

国立天文台を退職するにあたり

木内 等
KIUCHI Hitoshi
アルマプロジェクト 特任教授



ALMA観測サイト 標高5000 m。

現在の天文学は国際協力が前提の巨大システムが主となり、構成技術も国際競争に勝ち残ったもののみとなります。日本で一番というだけでは「井の中の蛙」となってしまい外国の技術の「二番煎じ」も通用しません。若い研究者には世界に通用する日本オリジナル技術の開発を切望するところです。電波干渉計には長い歴史がありますが、まだまだ開発要素が転がっています。鳥肌が立つような技術開発を期待しております。

「アルマデータ解析講習会（中初級編）」報告

髙橋智子（アルマプロジェクト）、巻内慎一郎（天文データセンター）



2023年2月27日、28日の2日間、アルマプロジェクトと天文データセンターの共催で、「ALMAデータ解析講習会（中初級編）」が行われました。アルマ望遠鏡はミリ波・サブミリ波結合型干渉計として空間分解能、感度ともに、現在世界最高の観測性能を備えており、共同利用観測に加え、アーカイブデータを使った研究も活発に行われております。アルマ望遠鏡はミリ波・サブミリ波結合型干渉計として空間分解能、感度ともに、現在世界最高の観測性能を備えており、共同利用観測に加え、アーカイブデータを使った研究も活発に行われております。

今回の講習会では電波干渉計の基礎知識を既に習得している方を対象とし、解析ソフト: Common Astronomy Software Applications（CASA）パッケージを用いて、キャリブレーション済みのデータを自らカスタマイズしたパラメータでイメージングすることに着目しました。定員枠を超える応募があり、最終的に6大学から10名が講習会に参加しました。講習会の前半では、“電波干渉計イメージング”と、“CASAを用いたイメージング”という2つの講義を通して、イメージング手法に対する理解を深めてもらいました。その後、参加者自身が、CASAを使ってイメージングタスク（TCLEAN）を実行し、アルマデータを用いたイメージングに挑戦しました。実習では、TCLEANのパラメーターである、マスクの選択方法、データの重み付けや、タスクの実行回数、閾値の設定を変えることで、得られたイメージにどのような特徴が現れるのかについて、比較・議論を行いました。

参加者は、アルマデータの解析を行ったことがある学生、ない学生が半々でした。講習会のレベル設定は適切であったようですが、一部実習については難しかったというフィードバックもありました。今回は、3年ぶりのオンサイトでの開催となり、参加者と開催者の両者から対面であることのメリットが大きいという声を聞きました。実習に来ることで、わからない点をその場で質問でき、効率的にイメージング手法の技術習得ができたのが良く、また、学生間の交流も促進されたようです。2日間という短い講習会でしたが、成果報告会では、学生からの本質的な鋭い質問があり、また、学生同士での議論も活発に行われ、短期間での成長を目の当たりにしました。

参加者は、学部4年生、および修士1年生でした。今後1〜3年をかけてアルマデータを用いた研究を成果として学位論文にまとめる予定とのこと。今回の講習会は最初のステップとして、役に立ったのではないかと考えています。今回の中初級編で用いたテキスト、プレゼンテーション、そして講義の録画はEA ARCのウェブサイトで公開されています。

EA ARC
ウェブサイト

https://www2.nao.ac.jp/~eaarc/DATARED/lecture.html

2022年度 国立天文台 若手研究者奨励賞

2023年1月5日に第5回国立天文台若手研究者奨励賞授賞式が開催されました。

以下、受賞者 アルマプロジェクト 泉（いずみ） 拓磨（たくま） 助教によるコメントです。

この度は国立天文台若手研究者奨励賞を受賞でき、大変光栄に思います。私はこれまで、活動銀河中心核（AGN）という成長中の超巨大ブラックホールを、主にALMA望遠鏡を用いて観測してきました。研究テーマの1つは、近傍宇宙のAGNを詳しく観測し、ブラックホール周辺の構造を調べるというものです。もう1つは赤方偏移$z > 6$という初期宇宙のクエーサーと呼ばれる高光度AGNの母銀河を観測し、ブラックホールと銀河の「共進化」の始原的な姿を描き出そうというものです。どちらもALMAだけでなく、国立天文台のすばる望遠鏡やスーパーコンピュータも駆使して進めた研究で、「オールNAOJ」な成果です。

私が使っているALMA望遠鏡ですが、2011年9月に運用が始まりました。一方で、私は2012年4月に大学院に入学しました。つまり、「入学したての大学院生がALMAデータを使える」のは私の世代が初めてです。それから10年以上、いちALMAユーザーとして研究に邁進してまいりました。これは当然ながら、ALMAの建設に尽力された先輩方、そして日頃の運用に尽力されている方々のおかげです。奇しくも、私はこの1月からALMAプロジェクトに着任しました。これからはスタッフとして、科学運用等を通じてALMAやそのユーザーを支え、さらに次の時代の発展へとつながるよう貢献したいと思います。



最後になりましたが、これまでの研究を支えてくださった素晴らしい共同研究者の方々、事務の方々、友人たちに感謝申し上げます。まことにありがとうございました。

令和4年度 退職者永年勤続表彰式

今年も長く天文台を支えてくださった方を称える退職者永年勤続表彰式が2023年3月31日に行われました。退職者の謝辞に続き、職員の送辞の後、記念撮影が行われました。令和4年度の被表彰者は、次の7名です。●関連記事「天文台メモワール」は22−27ページにあります。

髙見英樹（ハワイ観測所）
川邊良平（科学研究部）
関口和寛（研究力強化戦略室）
大石雅寿（天文情報センター）
木内 等（アルマプロジェクト）
篠原徳之（太陽観測科学プロジェクト）
木挽俊彦（チリ観測所）



前列左2人目から、齋藤副台長、高見さん、常田台長、関口さん、木内さん、吉田副台長。

2022年度 N体シミュレーション立春の学校が開催されました

波々伯部広隆（天文シミュレーションプロジェクト）

2023年2月6日から9日にかけて*N*体シミュレーション立春の学校がオンラインで開催され、15名の参加がありました。この学校は天文シミュレーションプロジェクト（CfCA）が学部生から研究者まで幅広い層を対象に2001年から毎年開催している講習会で、銀河衝突の*N*体シミュレーション計算コードをゼロから書いて可視化するまでを扱っています。元々は重力多体問題計算機GRAPEの導入に合わせて始まった講習会でしたが、昨年度からは使用する機材がGPUに切り替わり、今年度は新しく導入したNVIDIA A100 GPUを使って講習会を行いました。CfCAでは今後も計算機の進歩に応じて機材を更新するとともに、形を変えつつ本講習会を開催していく予定です。

CfCA
*N*体学校

https://www.cfca.nao.ac.jp/content/n体学校

トーマス・ズブーキンNASA科学局長らが国立天文台を訪問

米国航空宇宙局（NASA）の科学局長を務めるトーマス・ズブーキン氏と、同天体物理学部門ディレクターを務めるマーク・クランピン氏ら一行5名が、2022年12月1日に国立天文台三鷹キャンパスを訪問されました。

一行は、先端技術センターの3Dプリンターを用いたアルマ望遠鏡用の部品製造の現場や、超電導受信機などを、熱心に視察されました。また、4D2Uドームシアターの上演では、小久保英一郎（こくぼえいいちろう）教授による解説に聞き入った様子でした。さらに同日開催された談話会で、ズブーキン氏とクランピン氏が、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の初期結果について詳しい講演を行いました。その後に設けられた台長、副台長との懇談会でも、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の開発のほか、今後の宇宙科学における日米の協力や、TMT計画への期待など、広範なテーマに話が及びました。

ズブーキン氏は、太陽・太陽圏物理学、宇宙実験研究、宇宙システムの研究がご専門で、太陽観測衛星「ようこう」を使った研究論文も書かれています。NASAの探査衛星計画では、「ユリシーズ」、「メッセンジャー」、「アドバンスト・コンポジション・エクスプローラー（ACE）」といった諸計画に関わってきました。また、ミシガン大学工学部では、教員への起業支援や学生への起業教育を提供する「Center for Entrepreneurship」の創設ディレクターを務められました。

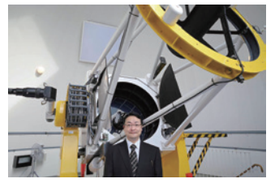
過去40年近い間、日本はNASAとの緊密な連携のもと、X線天文学、太陽物理学、磁気圏物理学等で顕著な成果を挙げてきました。これには、国立天文台が中心となった太陽観測ロケット実験「CLASP」シリーズの3機の観測ロケット実験も含まれ、「NASAの観測ロケットで最も成功した実験の1つである」との評価をいただきました。



常田国立天文台長（中央）と談笑する、ズブーキン氏（右）とクランピン氏（左）。（NASA提供）

今回、NASA本部科学局の代表団による国立天文台の訪問が、日本での非常に忙しいスケジュールの中で実現したことは、地上からと宇宙からの天文学研究における国際協力の進展を示すものです。今後のNASAと国立天文台との、一層の協力関係の発展を期待して、一同別れを惜しみました。

花山秀和講師が令和4年度 古在由秀賞を受賞



国立天文台 天文情報センター 石垣島天文台の花山（はなやま）秀和（ひでかず）講師が、令和4年度 古在由秀賞を受賞しました。石垣島天文台の管理運営と天文学の推進に対する優れた業績が評価されたものです。

石垣島天文台は、国立天文台、石垣市、石垣市教育委員会、NPO法人八重山星の会、沖縄県立石垣青少年の家、琉球大学の6者の連携によって運営されるユニークな天文台です。

花山講師は、2009年に石垣島天文台の研究員として着任し、口径105センチメートルの「むりかぶし望遠鏡」を用いた太陽系天体や突発天体の観測研究に従事してきました。2017年からは施設責任者として地域連携による施設運用を担っています。この花山講師の、石垣島天文台の公開・教育・研究活動を強力に推進してきた功績、そして組織内外を結ぶ調整力が高く評価され、今回の受賞に至りました。

古在由秀賞は、公益財団法人 天文学振興財団による天文学に関連する分野の顕著な業績を表彰する制度で、45歳以下の若手の天文学関係者を対象としています。今回は第3回目の表彰となりますが、「天文学の推進に関して管理運営等において優れた業績をあげた者」として、花山講師が初めての受賞者となりました。

東京大学TAO望遠鏡の運用協力についての覚書を再締結

自然科学研究機構 国立天文台と東京大学は、東京大学が南米チリに建設している東京大学アタカマ天文台（TAO）の口径6.5メートル望遠鏡（TAO望遠鏡）の運用協力にかかる覚書を5年前に締結していましたが、この度、再締結することになりました。両者代表によるその覚書調印式を、2023年4月10日に国立天文台にて執り行いました。

TAO望遠鏡の建設予定地であるアタカマ高地のチャナントール山は、標高が高く空気が乾燥し、大気中の水蒸気が非常に少ないため、世界トップレベルの赤外線観測を行うことができる環境です。また、南半球にあることから、国立天文台がハワイ島マウナケアに設置しているすばる望遠鏡と連携して、全天を観測することが可能となります。TAO望遠鏡の観測時間は日本国内の研究者にも提供される予定であり、天文学の関係者からも大変高い期待が寄せられています。国立天文台は、TAO望遠鏡の運用に協力できることは大学共同利用機関として重要な役割であると考えています。本覚書の再締結を機に大学との関係をさらに深め、大学と大学共同利用機関とが相互に協力することが、今後の新たな科学成果の創出につながることを期待しています。



藤井輝夫 東京大学総長（左）と常田佐久 国立天文台長（右）。（クレジット：国立天文台）

アルマ望遠鏡が開所式から10年を迎えました

世界最大の電波望遠鏡アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）は、2023年3月13日に10周年を迎えました。これまでの10年間、アルマ望遠鏡は国際協力によって人類の宇宙に関する理解に革命的な変化をもたらしてきました。惑星、恒星、銀河の形成についての新たな発見や宇宙の化学的構造の解明に寄与しただけでなく、初めてのブラックホールの撮影においても重要な役割を果たしました。

この10周年のマイルストーンを記念して、アルマ望遠鏡は2023年に一連のイベントを開催します。最初のイベントは、3月13日にチリのサンペドロ・デ・アタカマ近くの観測所サイトで開催されました。この日は、アルマ望遠鏡の代表者、チリ行政機関の関係者、大使や地域住民の方々の立ち合いの下、地域社会のリーダーが母なる大地へ祈りを捧げる儀式をあらためて行い、科学者や技術者たちの案内で天文台施設を見学しました。一日の最後は、光と音を使った没入型アーティスティックパフォーマンスで締めくくられました。

アルマ望遠鏡の所長であるショーン・ドウアティ博士は、次のようにコメントしています。「アルマ望遠鏡は宇宙についての私たちの理解を一変させ、新たな研究のフロンティアを切り拓いてきました。私たちは過去10年間の成果を非常に誇りに思っており、今後10年間の発見に対して期待に胸を膨らませています」。

2013年の開所式以降、アルマ望遠鏡は惑星や星の誕生から宇宙における複雑な有機分子の検出まで、様々な革新的な発見をもたらしてきました。こうしたアルマ望遠鏡の観測データを基に作成された天文学関連の科学論文は3,000を超えます。M87銀河の中心にあるブラックホールと天の川銀河の中心にあるブラックホールの画像を初めて得ることに成功したイベント・ホライズン・テレスコープ（Event Horizon Telescope: EHT）プロジェクトへの貢献は、アルマ望遠鏡の成果の1つです。

アルマ望遠鏡の成功は、北米、ヨーロッパ、東アジアの21か国の国際協力によって開発された最先端技術に支えられています。アルマ望遠鏡は、チリ・アンデス山脈の標高5000ｍにあるチャナントール高原に16 kmにわたって広がる66台のアンテナで構成されています。アルマ望遠鏡は、欧州南天天文台、国立天文台、米国国立電波天文台のパートナーシップによって運用されています。アルマ望遠鏡の観測は、宇宙に関する根源的な謎の解明に役立つ貴重なデータを世界中の天文学者に提供しています。

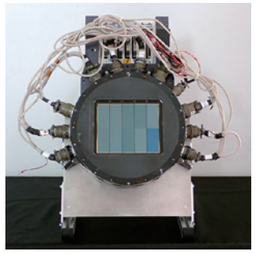


3月13日に行われたセレモニーと光と音のアートパフォーマンスは、「アルマ・ソーシャル・ネットワークス」およびウェブサイト上でストリーミングによる視聴ができます。

ALMA 10 YEARS / ENGLISH VERSION

https://youtu.be/Zx-8TYeKDhs

すばる望遠鏡主焦点カメラが国立科学博物館の常設展示に



ハワイ島マウナケアにあるすばる望遠鏡は、8.2メートルの大口径と広い視野が特徴の光学赤外線望遠鏡です。

その広視野観測を支えてきたのが主焦点カメラ「Suprime-Cam」で、2000年12月開始の第一期共同利用観測から2017年5月まで、すばる望遠鏡初期の主要観測装置として活躍しました。現在は主焦点カメラに代わり、さらに広視野、高解像度の超広視野主焦点カメラ「Hyper Suprime-Cam（HSC）」が、引き続き多くの成果をあげています。

現在は現役を退いているこの主焦点カメラの実機が、国立天文台から国立科学博物館に寄贈され、上野本館の常設展示に加わることになりました。2023年3月21日より、国立科学博物館 上野本館の地球館地下3階の常設展「宇宙を見る眼」のコーナーでご覧になれますので、ぜひ足を運んでください。

国立科学博物館

https://www.kahaku.go.jp/news/2023/03subaru/

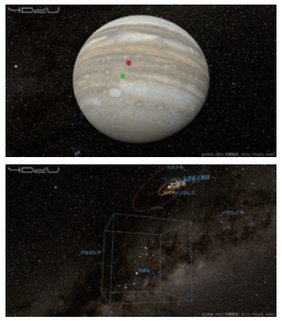
Mitakaの最新版となるバージョン1.7.4aを公開

4次元デジタル宇宙ビューワーMitakaの最新版となるバージョン1.7.4aをリリースしました。このバージョンでは、プラネタリウムモードでの地上風景（スカイライン）の表示、星座線・アステリズムの線を3次元的に指定する機能などが追加されています。「Mitakaダウンロードサイト」からダウンロードしご利用ください。

今回追加された機能、改善された点をいくつかご紹介します。

・影を落とす天体ごとに、影の色を設定できるようになりました。

・星座線・アステリズムの線の定義で、座標を赤経・赤緯で指定する場合、3つめの要素として距離を指定できるようになりました。これにより、3次元的に星座線やアステリズムを表示できるようになりました。また、星座線・アステリズムのラベルの位置も3次元的に指定可能です。



Mitaka ダウンロードサイト

https://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/

2023年度 石垣島天文台となよろ市立天文台のスタンプラリー



「国立天文台 石垣島天文台」と「なよろ市立天文台」とは、「石垣市」、「名寄市」、「特定非営利活動法人 八重山星の会」、「なよろ天文サークル 天斗夢視」とともに6者で協定を2014年2月に結びました。その協定に基づき、石垣島天文台となよろ市立天文台では一層の交流を図るため、2018年度から両天文台でのスタンプラリーを行っています。

つきましては、今年度もこのスタンプラリーを実施いたします。2024年3月31日までに両方の天文台を訪れ、専用台紙にスタンプを押印の上、申し込みをされた方の中から抽選で6名の方に記念品を贈呈いたしますので、是非、両施設を訪れて、北と南の空の見え方の違いを実感していただければ幸いです。

石垣島天文台

https://murikabushi.jp/

アンケートに答えて

「国立天文台 望遠鏡キット」をゲット！

Please fill in the questionnaire.

ご回答いただいた方の中から、国立天文台がプロデュースした「国立天文台 望遠鏡キット」を抽選で１名様にプレゼント！
（希望者のみ）

★リニューアルしたNAOJ News（国立天文台ニュース）は、いかがでしたか？　NAOJ Newsは、読者の皆さんと一緒に作る広報誌を目指します。ぜひアンケートにお答えいただいて、これからの誌面作りの参考とさせてください。下記のリンクや2次元バーコードからアンケートフォームに進み、ご回答をよろしくお願いします。

https://forms.office.com/r/mU4HZR0KK4

回答期限：2023年8月10日

©Vixen

編集後記

系外惑星特集号はいかがでしたか？　この分野が本格化してまだ30年弱にもかかわらず、「惑星」の理解は大きく変わり、まだ日々進展しています。引き続き、この分野からの新発見にご期待ください。最後に、お忙しい中、ホットな話題を提供いただいた筆者の方々に感謝いたします。（田村元秀・東京大学／アストロバイオロジーセンター／国立天文台）

次号予告

次号（2023年秋号）は宇宙機による観測分野として発展中の「スペース天文学」を特集します。電波天文広報まんが「アルマーの冒険・ソフトウェアラジオを使って木星の電波観測・後編」もお楽しみに。

NAOJ NEWS/ 国立天文台ニュース

No.340　2023春夏号

©2023 NAOJ（本誌記事の無断転載・放送を禁じます）

発行日／2023年6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（出版室）
FAX 0422-34-3952（出版室）
国立天文台代表 TEL 0422-34-3600
質問電話 TEL 0422-34-3688
shuppan@ml.nao.ac.jp
https://www.nao.ac.jp/naoj-news/

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員：小久保英一郎（委員長・天文シミュレーションプロジェクト）／渡部潤一（天文情報センター）／石井未来（TMTプロジェクト）／秦 和弘（水沢VLBI観測所）／勝川行雄（太陽観測科学プロジェクト）／平松正顕（天文情報センター）／伊藤哲也（アルマプロジェクト）

●編集：天文情報センター出版室

国立天文台望遠鏡キットは、望遠鏡の原理や仕組みがわかる組み立て式の天体望遠鏡です。高性能、軽量・コンパクト、安価な天体望遠鏡レンズ、焦点距離、サイズ、鏡筒材質を徹底的に検討し、詳細な惑星観測ができる性能とコストを最適化。コストパフォーマンスに優れ、学習教材として、入門者向けとして最適な天体望遠鏡を実現しました。くわしくは

https://www.nao.ac.jp/study/naoj-tel-kit/

国立天文台望遠鏡キット

※キットは鏡筒のみです（三脚は含まれません）。