

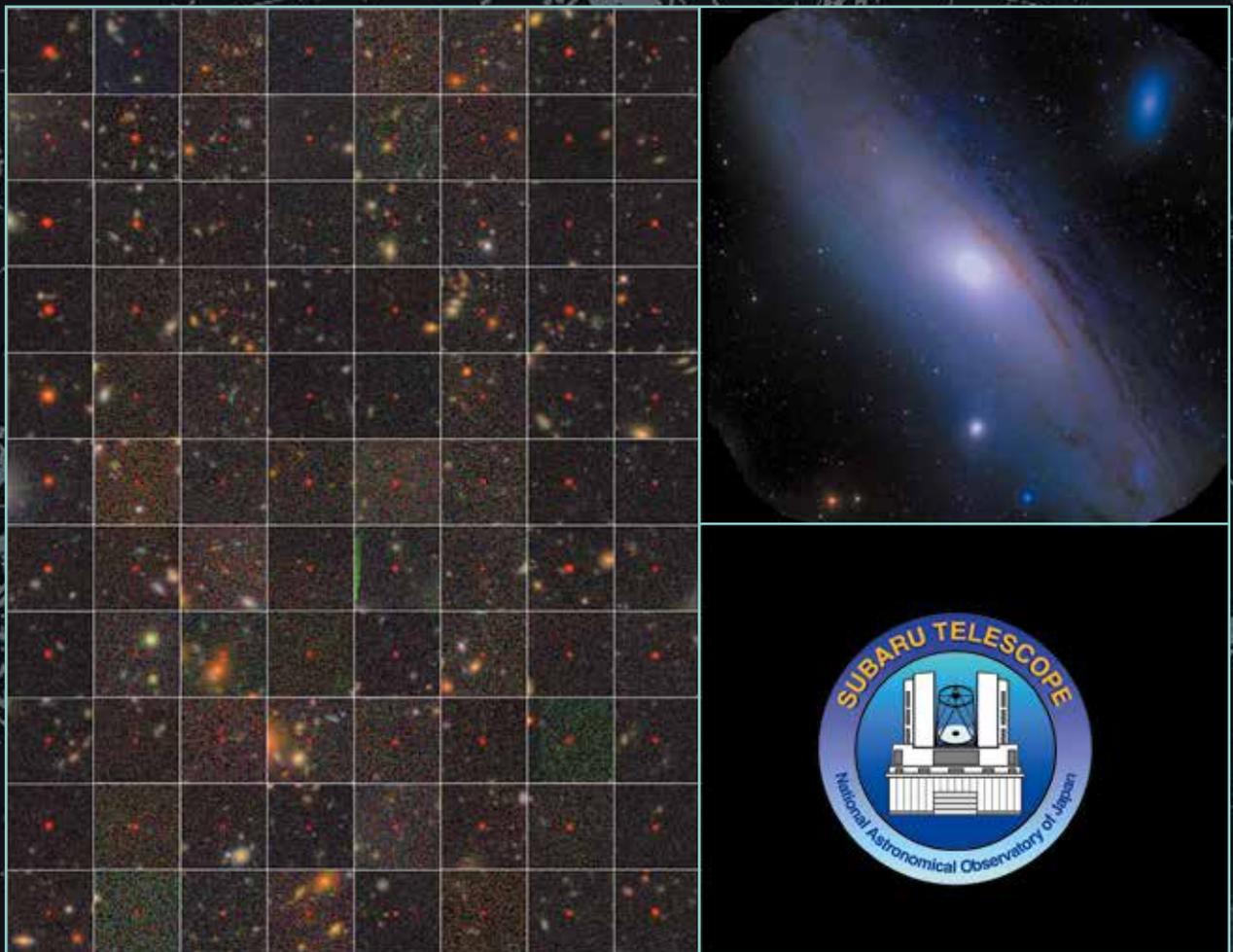
国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2019年8月1日 No.313

研究トピックス

- HSCによる遠方クエーサーの大量発見
- HSCでブラックホールを探せ



- 「すばる望遠鏡20周年記念式典」開催報告
- ★HSCギャラリー 銀河団Abell 1689の重力レンズ
- TMTの知名度向上のために—
宇宙・天文光学EXPOと日本地球惑星科学連合大会に出展
- 第4回「野辺山観測所・星空の撮影会」開催報告
- 通信衛星群による天文観測への悪影響についての懸念表明
- 今西昌俊助教が日本学術振興会の審査員表彰を受賞

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

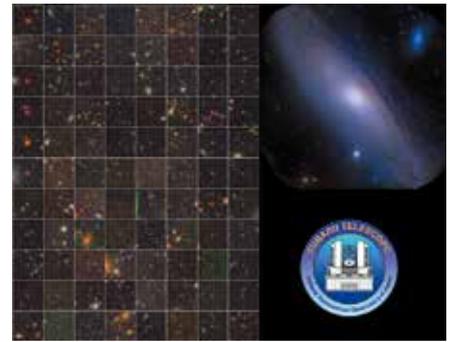
研究トピックス

- すばる望遠鏡Hyper Suprime-Camによる遠方クエーサーの大量発見
松岡良樹 (愛媛大学 宇宙進化研究センター)
- 原始ブラックホールはダークマターか? HSCでブラックホールを探せ
高田昌広 (東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構)

★HSCギャラリー

銀河団Abell 1689の重力レンズ

宮崎 聡 (先端技術センター)、小池 美知太郎 (ハワイ観測所)



表紙画像

すばる望遠鏡のHyper Suprime-Cam (HSC) が捉えた遠方クエーサーの数々 (左→研究トピックス01・p03記事参照)。同じくHSCで撮像したアンドロメダ銀河(M31)の姿 (右→研究トピックス02・p06記事参照)。

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)

12

受賞

今西昌俊助教が日本学術振興会の審査員表彰を受賞

11

おしらせ

- 「すばる望遠鏡20周年記念式典」開催報告
藤原英明 (ハワイ観測所)、古畑知行 (事務部)
- 「2019三鷹星と宇宙の日」は10月25日、26日に開催!
- TMTの知名度向上のために—
宇宙・天文光学EXPOと日本地球惑星科学連合大会に出展
石井未来 (TMT推進室)
- 第4回「野辺山観測所・星空の撮影会」開催報告
衣笠健三 (野辺山宇宙電波観測所)
- 通信衛星群による天文観測への悪影響についての懸念表明

15

編集後記/次号予告

16

連載「国立天文台・望遠鏡のある風景」17

すばる望遠鏡主鏡の再蒸着前のクリーニング作業

撮影: ハワイ観測所



7月17日に見られた部分月食 (食分0.2)。
(2019年7月17日05時21分/撮影: 堀内貴史・石垣島天文台)

国立天文台カレンダー

2019年7月

- 4日 (木) 幹事会議
- 6日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 12日 (金) 4D2Uシアター公開&観望会 (三鷹)
- 13日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 17日 (水) 総研大専攻長会議
- 19日 (金) 幹事会議
- 20日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 25日 (木) 安全衛生委員会
- 27日 (土) 観望会 (三鷹)
- 30日 (火) 教授会議
- 31日 (水) プロジェクト会議

2019年8月

- 3日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 5日 (月) 研究交流委員会
- 7日 (水) 運営会議
- 9日 (金) 幹事会議/4D2Uシアター公開&観望会 (三鷹)
- 10日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 17日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 23日 (金) 幹事会議
- 24日 (土) 観望会 (三鷹)
- 28日 (水) プロジェクト会議

2019年9月

- 6日 (金) 幹事会議
- 7日 (土) 4D2Uシアター公開&観望会 (三鷹)
- 11日 (水) 総研大専攻長会議
- 13日 (金) 4D2Uシアター公開&観望会 (三鷹)
- 14日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 18日 (水) 幹事会議
- 21日 (土) 4D2Uシアター公開 (三鷹)
- 25日 (水) プロジェクト会議
- 26日 (木) 安全衛生委員会
- 28日 (土) 観望会 (三鷹)

すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Camによる 遠方クエーサーの大量発見

松岡良樹
(愛媛大学
宇宙進化研究センター)



宇宙で一番遠いブラックホールを探しています

非専門家の方に「何を研究しているのですか？」と訊かれた場合、最近はこれが常套句になっています。「宇宙」「一番遠い」「ブラックホール」などの言葉はどれも一般の人の心をくすぐるらしく、とりあえず「凄いですねえ」と感心して終わってもらえます。専門家にとっても、宇宙のフロンティアを切り拓くことになる最遠天体の探索というのは、問答無用でおもしろいものです。もちろん「おもしろい」だけでは研究費も観測時間も獲れませんし、科学的価値との両輪で進んでいくのですが…。ここでは、私たちのチームが最近発表した Hyper Suprime-Cam (HSC) による遠方クエーサーの大量発見について紹介したいと思います。このプロジェクトについては天文月報2018年11月号、国立天文台ニュース2019年3月号の記事でも触れていますが、今回は探査の具体的なやり方に重点を置きながら詳しく書いてみます。

遠方クエーサーを探す意味

遠方クエーサーを見つける科学的意義はいくつもあります。代表的なのは、クエーサーの母体である巨大ブラックホール(図01)が宇宙誕生後のいつ、どのように形成されたのかを明らかにできる、かもしれない、ということです。有力な仮説の1つは、大質量で短寿命の初代星(種族Ⅲ星)が死んだあと、 $100 M_{\text{sun}}$ 以下の巨大ブラックホールのタネが残される(「軽いタネ」説)というものです。一方で、現在知られている最遠クエーサーは赤方偏移 $z=7.54$ 、ビッグバン後わずか700 Myrの時代に存在し、 $10^9 M_{\text{sun}}$ のブラックホール質量を持ちます。このブラックホールがエディントン限界と呼ばれる古典的上限効率を常に保ったまま質量を獲得してきたとすると、時間を遡って赤方偏移 $z=40$ でも質量が $1000 M_{\text{sun}}$ を超えていなければなりません。「軽いタネ」説でこの観測事実を説明することは難しく、より特殊な、たとえば大量のガスが $10^5 M_{\text{sun}}$ 程度のブラックホール

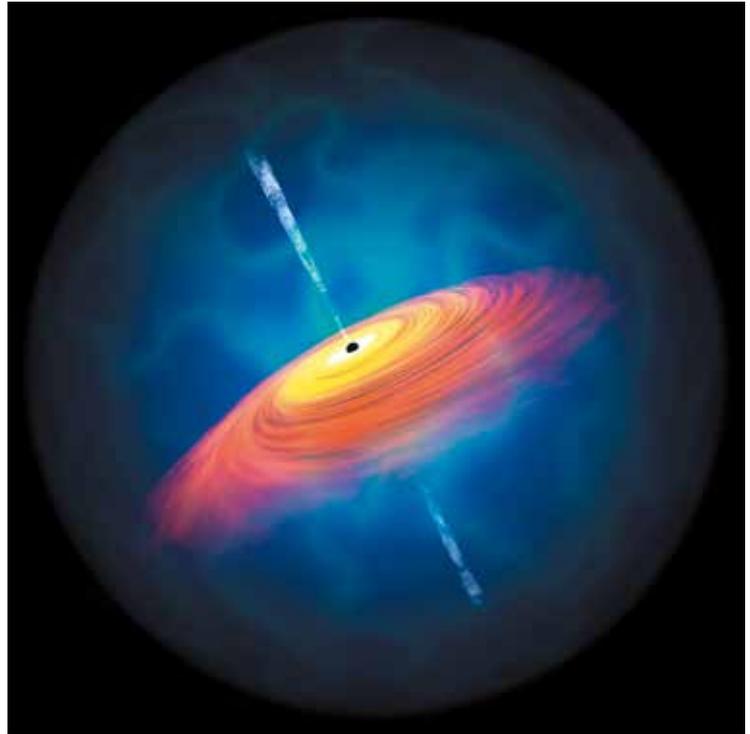


図01 クエーサーの想像図。中心に巨大ブラックホールが存在し、降着する周辺物質が放つ光が観測者に届く。

に直接崩壊するといったプロセスが起こった可能性もあります(「重いタネ」説)。タネ質量など形成初期条件の記憶は、その後の構造形成とともに急速に消えていきますので、なるべく高赤方偏移へ遡って観測を行うことが、巨大ブラックホールの形成を解き明かす鍵となります。その他にも、母銀河の形成・進化や宇宙再電離★01など、遠方クエーサーの発見によって様々な分野に大きなインパクトを与えることができます。

どうやって見つけるのか？

遠方クエーサーの探査では、感度・視野・効率の3つが重要なファクターです。効率の点では、いわゆるコンタミ(クエーサーと似た観測的性質を示す他種天体)の少ないX線での探査が優れています。X線観測は、塵に埋もれて可視光などでは見えないクエーサーまで検出できるという利点もあります。しか

★ newscope <解説>

★01 宇宙再電離

ビッグバンによって火の玉状態で誕生した宇宙は、膨張とともに急速に冷えていき、約38万年後の「晴れ上がり」と呼ばれる時期に中性化します。その後の「暗黒時代」を経て、初代の天体が生まれ始め、それらの放射によって宇宙空間は再び電離されることになります。この過程を「宇宙再電離」と呼び、これまでの観測によって、宇宙誕生から10億年頃までの間(赤方偏移 $z > 6$)のどこかで起こったことが分かっています。しかし具体的な時期や、電離光子を供給した天体の種族についてはまだ解明されておらず、観測・理論の両面から活発な研究の対象となっています。

し現在の観測技術では、感度・視野の組み合わせにおいて、遠方探査のフロンティアである赤方偏移 $z > 6$ を大規模に探査できるのは（観測者系）可視光・近赤外線しかありません。この場合は私たちのすぐ近く、天の川銀河の中に多数存在する赤い星（褐色矮星を含む）が深刻なコンタミとなりますので、いかにそれらと戦うかが鍵を握ります。

可視光・近赤外線による遠方クエーサー探査の基本は、複数のフィルターを用いる多色撮像観測です。色は天体のスペクトルを反映するので、異なるスペクトルを持つ様々な天体種族は、多次元の色空間の中でそれぞれ固有の位置を占めることとなります。そこで複数のフィルターで広大な空を観測し、この色空間の中で、遠方クエーサーが占めるべき位置に来る天体を選択すれば良いわけです（図02）。

私たちはさらにもう一步進んで、ベイズ統計に基づく確率法というものを採用しています。たとえば色空間の遠方クエーサー領域において、全く同じ位置に20等と25等の天体がある場合、どちらがより遠方クエーサーらしいでしょうか？ 答えは前者です。明るい前者の方が、小さな測定誤差のもとで遠方クエーサーの色を示しているためです。また、色空間でちょうど星とクエーサーの中間位置にある天体は、どちらと判別すべきでしょうか？ 確率は50%ずつと言いたいところですが、実際はこの天体は星と考えられます。なぜなら（現在の技術で達成可能な深さでは）星の方が、遠方クエーサーよりも圧倒的に数が多いためです。私たちは各天体の色に加えてこれらの情報を反映させ、遠方クエーサーであるベイズ統計を計算しています。この際、スペクトルや各等級での天球面密度のモデルをアルゴリズムに組み込んでいます。

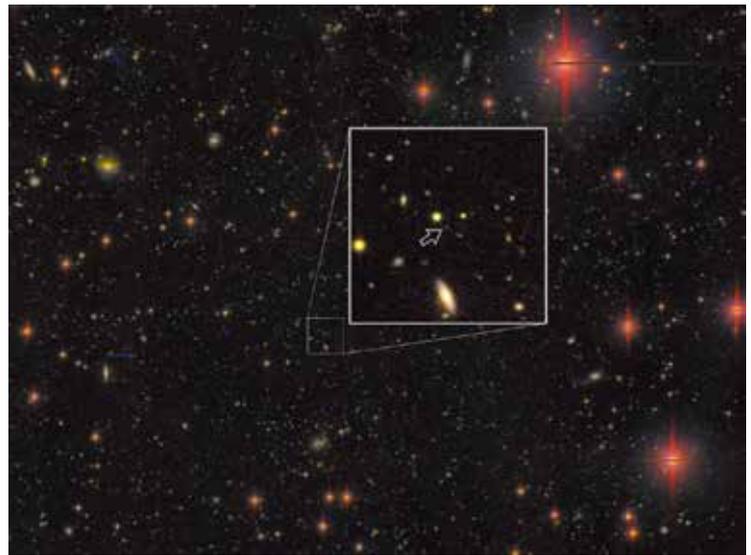


図02 私たちが発見した遠方クエーサーの一例。多色撮像データ上でこのように赤く写るが、同様の写り方をする赤い星などのコンタミも多数存在する。

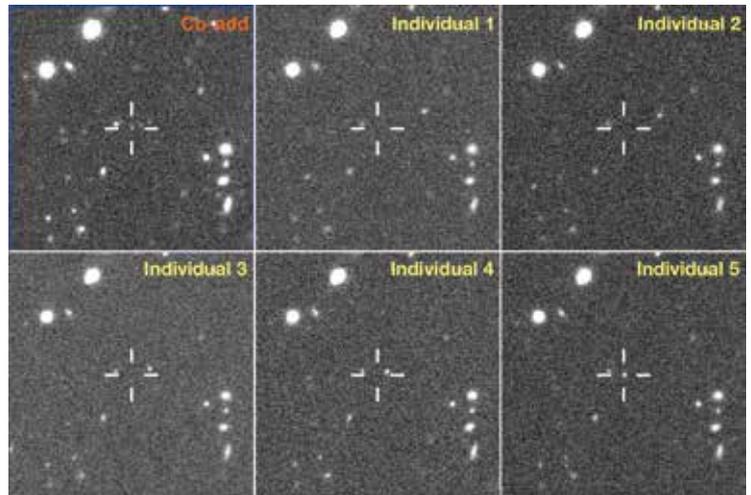


図03 遠方クエーサー候補に紛れ込んだ移動天体。左上の画像の中央には天体が写っているが、足し合わせ前の画像（残りの“Individual”のパネル）を見ると、天体は右上から左下に向かって移動しており、右下の5枚目を撮ったときに中央位置に来たことが分かる。赤側のフィルターのみでこの天体を捉えると、色空間で遠方クエーサー領域に来るケースがある。

HSCによる実際の探査

私たちは多色撮像観測として、HSCによるSubaru Strategic Program (SSP) サーベイを利用しています。多くの方がご存知のように、このSSPサーベイはすばる300夜を投入し、かつてない広視野・高感度の組み合わせによる大規模撮像観測を行うものです。得られたデータは半年～1年おきに解析処理が行われ、まずサーベイチーム内で公開されます。私たちは新たなデータが公開されるたびにベイズ統計アルゴリズムを使用し、遠方クエーサー候補のリストを作成しています。ただしこの段階では、リストには大量の偽候補が含まれています。そのほとんどは宇宙線、超新星をはじめとする変動天体、小惑星などの移動天体（図03）で、通常の研究では無視で

きるレベルの数ですが、私たちのように極めて稀な天体を探す場合は、少数でもかなりの割合を占めることとなります。これらはコンピュータと最後は人の目によって1つずつ画像をチェックし、取り除きます。

このようにして最終的な候補リストができあがったら、順次分光観測を行います。遠方クエーサーのスペクトルが撮れたら当たり、赤い星だったり、分光しようと思ったらその位置には天体がなかったりしたら外れです（図04）。この最後のケースは変動／移動天体がHSC観測時にはそこにあったという場合で、わりと頻繁に起こります。これまでのところ、分光観測には主にすばる望遠鏡のFOCASと、大カナリア望遠鏡のOSIRISを使っています。

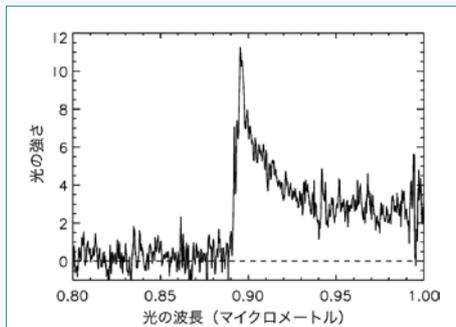


図04 これは当たりのケース。波長0.9 μm に赤方偏移した強いLy α 輝線が観測され、典型的な遠方クエーサーのスペクトルである。外れの赤い星の場合は、右上がりの比較的単調な連続光スペクトルが観測される。

成果と今後の展望

本ニュースの表紙に載せた図は、2019年3月時点までに私たちが発見した遠方クエーサーの一覧です。83個が新発見、17個は既知天体の再発見で、合計ちょうど100個となっています。図05に示すように、私たちはこれまでほとんど未開拓であった低光度側に多数の天体を発見し、最遠宇宙におけるクエーサーのサンプル数をほぼ倍増させました。ひとえに、すばる望遠鏡とHSCによる世界随一の遠方探査能力のおかげです。この大サンプルを使って、初期宇宙に関する様々な事実が明らかになりつつあります。たとえばクエーサー光度関数については、これまで赤方偏移 $z=6$ では $M_{1450} \leq -25$ 等程度の範囲で、明るい側に向かって数が冪乗で落ちていく様子しか捉えられていませんでした。この冪乗がそのまま暗い側まで続くと、低光度クエーサーの数密度が非常に多くなり、宇宙の再電離状態をクエーサーだけで保持できるようになります。しかし $M_{1450} = -22$ 等付近まで達する私たちの探査によって、実際の光度関数は -25 等で急激に折れ曲がり、限られた数の低光度クエーサーしか存在しないことが分かりました(図06)。これは、宇宙再電離を引き起こしたのがクエーサーではないことを示しています。他にも探査本体や多波長フォローアップ観測を通じて様々なおもしろい成果が得られつつあるのですが、紙面も尽きてきたので、興味のある方は冒頭に上げた別の記事などをご参照いただければと思います。

遠方クエーサー探査の分野は、国際的な競争の中で急速に発展しています。将来的にはWFIRSTのようなスペースでの深い広視野近赤外線ミッションが、決定的な役割を果たすことになるでしょう。その前に地上からなすべきこともたくさん残されています。特に開発が進むすばるのPrime Focus Spectrograph

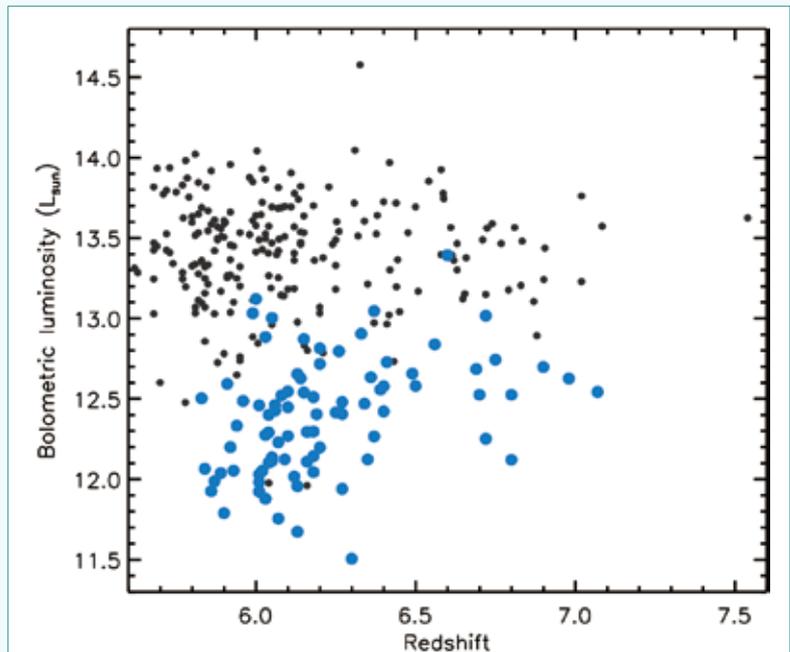


図05 最遠宇宙でこれまでに発見されたクエーサー。横軸は赤方偏移。縦軸は静止系紫外光から推定した全光度を表す。青印がHSCによる発見。

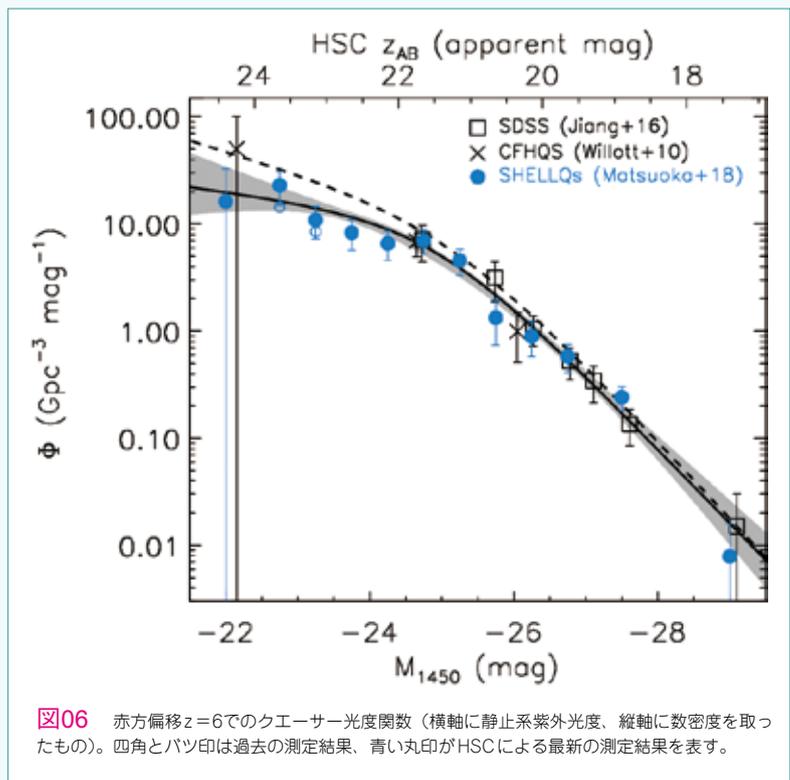


図06 赤方偏移 $z=6$ でのクエーサー光度関数(横軸に静止系紫外光度、縦軸に数密度を取ったもの)。四角とバツ印は過去の測定結果、青い丸印がHSCによる最新の測定結果を表す。

(PFS)は、あらゆる赤方偏移帯のクエーサーを含め、HSCで撮影された天体群の大規模かつ一様な分光探査を可能にすると期待されています。私自身はPFSでの探査計画に徐々に軸足を移しながら、クエーサーの研究を続けていきたいと考えています。

●論文掲載情報

“Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). V. Quasar Luminosity Function and Contribution to Cosmic Reionization at $z=6$ ”, Matsuoka et al. (ApJ 869:150, 2018)

原始ブラックホールはダークマターか？ HSCでブラックホールを探せ

高田昌広
(東京大学国際高等研究所
カブリ数物連携
宇宙研究機構)



すばるHSCによる時間領域天文学

超広視野主焦点カメラHyper Suprime-Cam (HSC)は、すばる望遠鏡の8.2mの大口径による集光力とシャープな画像を撮れる解像度の高さを活かして暗い天体まで観測できることに加え、満月9個分に相当する広い視野を一度に観測することを可能にする世界最高性能のカメラです(天文台ニュース2019年2、3月号参照)。このHSCで夜空(宇宙)のある領域を何度も観測することで、言わば宇宙のムービー画像を撮ることができ、明るさが変動する天体を発見することができます。すばる望遠鏡がこれまで威力を発揮してきた遠方宇宙の暗い天体の探査などとは手法を異とし、近年急速に進展している天文学の新しい研究分野で、時間領域天文学(time domain astronomy)と呼ばれています。この記事では、HSCを用いて、お隣の巨大渦巻き銀河であるアンドロメダ銀河(M31)の合計で約190枚の2分間隔の連続画像を撮影し、月質量程度の原始ブラックホールを探査した研究結果(Niikura et al. Nature Astronomy, Vol. 3, 524, 2019)を報告します。

原始ブラックホール

宇宙には通常物質の約5倍の総量のダークマター(暗黒物質とも呼ばれる)があることが分かっています★01。しかし、その存在は確実であるにも関わらず、ダークマターの正体は未だ分かっていません。ダークマターの有力候補(だった?)の一つは未発見の素粒子ですが、地下素粒子実験や欧州原子核研究機構(CERN)のLHCなどの加速器実験でも、その手がかりは得られていません。

ダークマターのもう一つの候補が、宇宙がまだ非常に小さく、高温かつ高密度の光子(より正確には相対論的粒子)で満たされていた宇宙初期に形成されたかもしれないブラックホール(以後、原始ブラックホール)です。原始ブラックホールの可能性については、英国の物理学者ホーキング博士が1970年代に提案しました。現在の宇宙の観測可能な

領域には、宇宙初期に重力的に相互作用し得る領域(ハッブル領域)が多数存在しています。その多数の独立な宇宙のなかで、ごく稀にある領域が膨張から収縮に転じ、重力崩壊したとすれば、宇宙初期に大量に存在した光子からブラックホールを形成された可能性はあるということです。つまり、未知の素粒子を導入することなしに、光子からブラックホールが形成され、それが以後ダークマターとして振る舞う、言わば最も保守的なダークマター候補とも言えます。ただ、原始ブラックホールの存在量、またその質量範囲については様々な理論予想があり、観測的な制限が強く望まれています。例えば、月質量(太陽質量の約2700万分の1)より軽い原始ブラックホールがダークマターである可能性は、従来の観測では否定されていませんでした。さらに、レーザー干渉計重力波観測所LIGOは約30倍の太陽質量を持つ2つのブラックホールの合体の重力波を発見しましたが、その連星は原始ブラックホールが起源ではないか、というシナリオも提案され、近年になり原始ブラックホール説は再び注目を集め、活発に議論されています。

★ newscope <解説>

★01

例えば、通常の物質しか存在しない場合、我々の住む天の川銀河に属する星はバラバラに宇宙空間に飛び散ってしまいます。しかし実際には、銀河を取り囲むようにダークマターが存在し、その巨大な重力により、星々はバラバラにならず銀河に留められています。また、現在の標準的なシナリオでは、ダークマターが多く存在するところに第一世代の星が形成され、またその星々が集まって銀河が形成されてきたと考えられています。

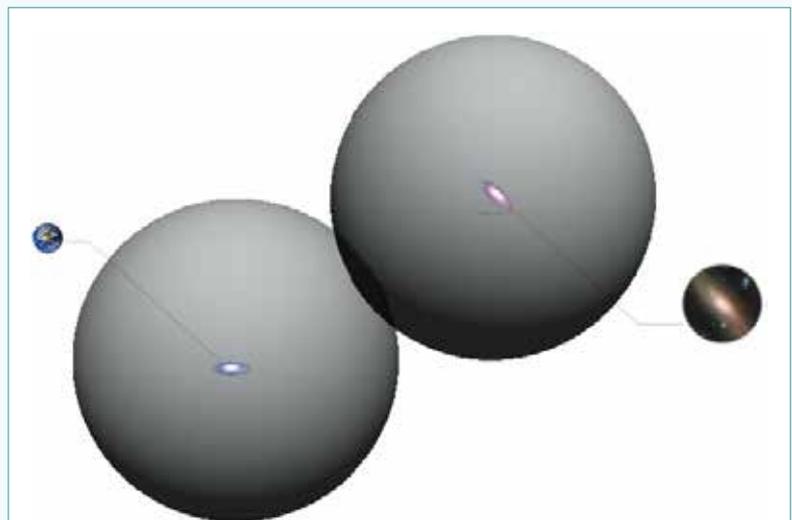


図01 我々から約260万光年の距離にあるアンドロメダ銀河と天の川銀河の位置関係の概念図。アンドロメダ銀河も天の川銀河のような渦巻き銀河である。星が密集している領域(銀河中心のバルジとバルジを囲む円盤に相当。直径にして約3万光年)に比較して、半径で約10倍以上の広がりだてダークマターが分布していると考えられている。このように、我々(地球)とアンドロメダ銀河の間には大量のダークマターが存在し、ダークマターが原始ブラックホールであれば、原始ブラックホールが多数存在すると考えられる(Credit: Kavli IPMU)。

重力マイクロレンズ効果

上記の背景の下、我々は原始ブラックホールがダークマターである可能性を調べるために、すばるHSCのM31の画像を用いる研究を立ち上げました。M31は、我々の最も近傍（距離約260万光年）にある、天の川銀河のような巨大渦巻き銀河です（表紙画像参照）。このため、地球とM31の宇宙空間には、大量のダークマターが存在するはず（図01参照）。つまり、原始ブラックホールがダークマターであれば（あるいはその一部を担っていれば）、たくさんの原始ブラックホールが存在するはず。光を出さないブラックホールの存在を検証するためには、重力レンズ効果を用いるのが最善の方法です。

本研究で着目した重力レンズ効果は次のような観測現象を引き起こします。原始ブラックホールがM31の星の手前を横切ったとき（原始ブラックホールとM31の星が視線方向にはば一直線上に並んだとき）、その星に対して原始ブラックホールは重力レンズ効果を引き起こします（図02参照）。つまり、観測者から見て原始ブラックホールがM31の星に近づくときには、その星は時間とともに明るくなり、ブラックホールが遠ざかるときには暗くなる、という星の明るさが特徴的な時間変動を示すこととなります（太陽が銀河中心のまわりを回転運動しているように、原始ブラックホールも宇宙空間を運動しているのが自然で、つまりM31の星に対して、時間とともにその位置を変えます）。この重力レンズ効果では、レンズによる星の多重像を分解して観測できず、一つの星が明るさだけを変化するように見える現象なので、重力マイクロレンズ効果とも呼ばれます。つまり、光では直接見えないブラックホールでも、明るさが特徴的な時間変動する星を発見することにより、ブラックホールの存在が証明できるのです。月質量程度の原始ブラックホールの場合（そのシュバルツシルト半径は約0.1mm）には、天球上のM31の星とブラックホールの位置関係、あるいはブラックホールの運動の速度に従って、星の明るさの時間変化は典型的に10分から数時間かけて起こります。これは、変光星などと比較して、短い時間変動で、これを発見することが目標となります。

しかし、重力レンズ効果は非常に稀な現象で、滅多に起こりません。それでも、M31銀河の多数の星を「同時に」観測し、個々の星の明るさの時間変動をモニターすることができれば、地球とM31のあいだの広大な宇宙空間に存在する可能性がある多数の原始ブラッ

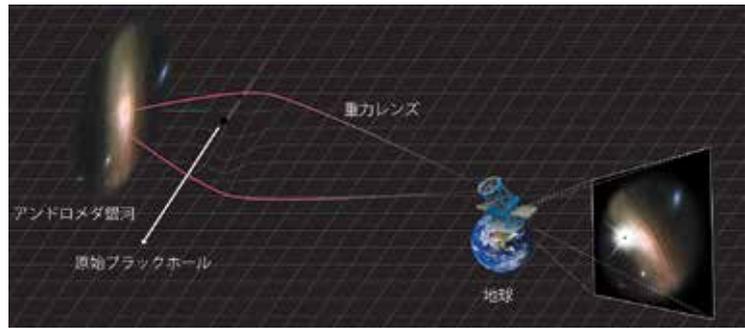


図02 重力マイクロレンズの概念図。上図の背景のイメージは、すばる HSC のアンドロメダ銀河の画像。地球とアンドロメダ銀河のあいだの宇宙空間に存在するかもしれない原始ブラックホールが、アンドロメダ銀河の星の前を横切った場合、重力レンズ効果が引き起こされる（下の図は説明図）。原始ブラックホールが近づくときには、背景にあるアンドロメダ銀河の星は明るくなって観測され、遠ざかるときには暗くなって観測される。つまり、その星は明るさが時間変動する天体として区別することができる。上図の明るくなっている星は、原始ブラックホールによる重力レンズの概念図。実際には、ブラックホールの大きさは観測できないので、時間変動する星の明るさのみが観測される（Credit：Kavli IPMU）。

クホールによる重力レンズ効果を観測できるチャンスがある、と我々は考えました。この重力マイクロレンズ効果の探索には、現時点ではすばるHSCが唯一無二の装置です。HSCの広視野はM31全体（大部分の星が分布する領域）を一度に見渡すことができます。また、すばる望遠鏡の高い集光力、高い結像性能（高い分解能）により、90秒の短い露出時間でもM31の個々の星からのわずかな光を捉えることができます★02。

結果

本研究チームは、ハワイ時間2014年11月23日の快晴の夜に、約7時間にわたり約2分間隔で約190枚のM31の連続画像をHSCで取得しました。当時大学院生の新倉広子さんが研究をリードし、色々と苦労もありましたが、カブリIPMU安田直樹教授、プリンストン大学のRobert Lupton博士の指導もあり、約2年間の様々な紆余曲折を経て、最終的には無事解析を終えることができました。今回の観測では、M31の約9000万個の星をモニターすることができ、約1万5000個の明るさが変動している星を見つけました。130億年の宇宙史を対象とする宇宙論を専門とする私としては、「生きている」宇宙を垣間見た瞬間であり、驚愕と感動の経験でした。今後の研究に大きな影響を及ぼすのは間違いないと思います。研究の話に戻りますが、7時間のあいだに明るさが変動した星のカタログから、重力マイクロレンズ効果が予言する明るさの時間変動（ライトカーブ）と一致する天体、つまり重力レンズ効果の候補天体を探しました。その結果、ダークマターが月質量程度の原始ブ

★ newscope <解説>

★02

つまり、すばるもM31の組み合わせで初めて可能になる研究であり、逆に言えば、4m級の望遠鏡では到底不可能であり、あるいは、M31がもう少し遠い、もしくは近いという不運、さらにはすばるがM31を観測できない南天の望遠鏡であったなら、不可能な研究だったのです。我々は宇宙からのプレゼントとも言えるこの幸運にいち早く気がつき、HSCが2014年に共同利用となることが分かると速やかに、観測提案書を提出し、無事HSC1晩の観測が採択され、この研究をスタートさせることができました。

（10ページへ）





左画像は、超広視野で捉えたAbell 1689（画面中央）。視野角は36分×36分。上画像、右画像はその中心部のズームアップ。重力レンズ効果によるたくさんの円弧状のイメージが確認できます。

銀河団 Abell 1689 の重力レンズ

すばる望遠鏡の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／HSC）が撮像した巨大な銀河団Abell 1689の画像。銀河団中の暗黒物質の重力により、背景にある銀河が弧状に歪んでいるのが多数観測されている。中心部は解像度が高いハッブル宇宙望遠鏡で、外縁部は視野の広いSuprime-Camで観測され、これらを組み合わせることで、暗黒物質の分布が詳細に調べられている。HSCは、このような研究上有用な銀河団を、広い天域から探し出すことができる★01。

あなたのPCやタブレットでも目撃！

HSCを使った戦略的観測プログラム（HSC-SSP）の第2期データが2019年5月に全世界に公開されました。カバーされる領域は1100平方度にもなり、その画像を専用のビューワーによって眺めることができます。ぜひ、ご覧ください★02。

<http://hscmap.mtk.nao.ac.jp/hscMap4/>

★01 宮崎 聡（先端技術センター）

★02 小池 美知太郎（ハワイ観測所）

ブラックホールである場合には1000個程度の重力レンズ効果を発見できるという予想に対して、たった一個だけの重力レンズ候補星を見つけました（図03参照）。これが本当の原始ブラックホールの重力マイクロレンズであれば、ダークマターの全てを説明できなくても、大発見です。逆に、1000個の期待値に対してたった1個の候補天体しかなかったということは、これが本当の重力レンズであったとしても、原始ブラックホールの総量はダークマターの約0.1%程度の質量しか寄与していないことになります。

図04は本研究の重力マイクロレンズ探索から得られた結果を示しています。オレンジ色の領域は、横軸に与えられる質量の単一質量の原始ブラックホールの存在量が、(天の川銀河、M31銀河の)ダークマターの総質量に対して、許されない(95%の有意性で棄却される)領域を示しています。この領域のブラックホールは1個より多数の重力レンズ効果の観測を予想してしまい、今回のHSC観測と矛盾します。逆に、オレンジの領域の外側の領域は今回のすばるの観測では棄却できない領域ですが、他の観測ですでに制限が得られている(グレーの領域)もあります。たったHSC1晩のデータの今回の研究により、太陽質量の約1000億分の1から100万分の1($M_{PBH} \approx [10^{-11}, 10^{-6}] M_{\text{sun}}$)の5桁の範囲で最も厳しい上限値を得ることができました。ただし、太陽質量の1-100兆分の1程度の原始ブラックホールがダークマターであるシナリオは棄却できず、この領域では全てのダークマターがこの原始ブラックホールである可能性が残されました。今回の成果は、天文学だけでなく、素粒子物理学にも影響を与える結果です。

今回の結果は、すばるHSCの威力に如実に表していますが、同時にHSCが新たな時間軸天文学の分野を開拓できる可能性を示しています。例えば、アンドロメダ銀河を長期モニター観測することにより、LIGO重力波対応天体であるブラックホールの候補天体を観測的に明らかにすることができます。本研究、研究チームは、重力マイクロレンズ効果を用い、原始ブラックホールに限らず、大質量星の残骸であるブラックホールの存在を観測的に明らかにする研究を展開しようと試みています。今後の研究成果にご期待下さい。

●最後に本研究(Niikura et al., Nature Astronomy, Vol. 3, 524, 2019)は、2019年3月に東京大学大学院理学系研究科物理学専攻で学位を取得した新倉広子さんの博士論文のテーマです。新倉さんが本研究の主要な役割、貢献をしたことを述べさせて下さい。

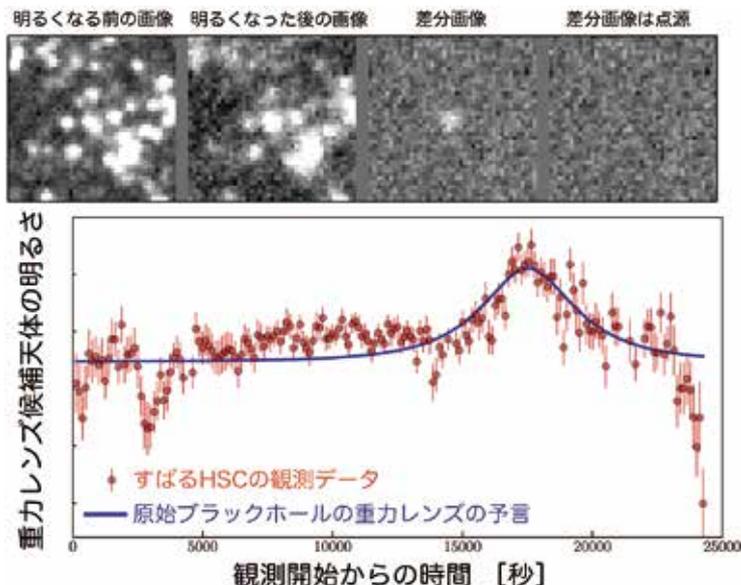


図03 今回のすばるHSCのアンドロメダ銀河のデータから見つけた、たった一つの原始ブラックホールによる重力マイクロレンズ効果の候補天体。横軸は2014年11月23日の観測開始時間からの時間(秒単位)、縦軸は候補天体の明るさ。観測開始から約1万4000秒(約4時間)後に星が徐々に明るくなり、約1万7000秒後(約4時間40分後)に最大の明るさになり、その後徐々に暗くなった(元の星の明るさに戻った)ことを示す。実際は、この観測結果を再現する重力マイクロレンズ効果の予言。上の画像は、候補天体の画像。左から右にかけて、候補天体の明るくなる前の画像、明るくなった後の画像、その2つの画像の差分画像(明るさが変わらないまわりの星は消えている)。明るさの変化した星の明るさ変化のみが示されており、差分画像から明るさ変化した天体が点源(星)であること(不正確な解析による系統誤差、間違ではないこと)を示している(Credit: Niikura et al.)。

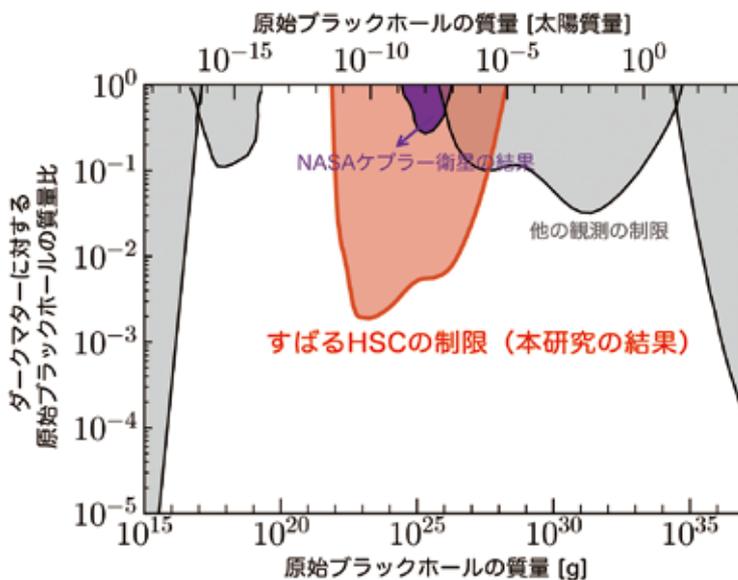


図04 オレンジ色の塗られた領域は、本研究の重力マイクロレンズ効果の探索から得られた、原始ブラックホールの存在量の制限(塗られた領域は許されない領域)。横軸は原始ブラックホールの質量(下側の数値の単位はグラム(g)、上側の数値は太陽質量の単位)、縦軸は天の川銀河とアンドロメダ銀河のあいだに存在するダークマターの総量に対する原始ブラックホールの質量比。縦軸が1(10の0乗)の場合は、すべてのダークマターが原始ブラックホールである場合に対応する。他のグレーの領域は他の観測による制限。本研究のたった1晩のHSCのデータを使った解析から、NASAのケプラー衛星の2年間のデータよりも厳しい制限が得られたのが分かる(Credit: Niikura et al.)。

●論文掲載情報

“Microlensing constraints on primordial black holes with Subaru/HSC Andromeda observations”, Hiroko Niikura, Masahiro Takada, Naoki Yasuda, Robert H. Lupton, Takahiro Sumi, Surhud More, Toshiki Kurita, Sunao Sugiyama, Anupreeta More, Masamune Oguri, Masashi Chiba (Nature Astronomy, 3, 524, 2019)

「すばる望遠鏡20周年記念式典」開催報告

藤原英明 (ハワイ観測所)、古畑知行 (事務局)



01 常田台長による式典式辞。

すばる望遠鏡は1999年に初観測「ファーストライト」を迎えて以降、観測天文学の最前線で活躍し、様々な成果を挙げてきました。すばる望遠鏡のデータに基づいて出版された査読論文の総数はおよそ2000編、博士論文数は140編にも達しています。2019年はすばる望遠鏡のファーストライトから20周年の節目にあたります。

これを記念して、「すばる望遠鏡20周年記念式典」が、2019年6月12日(水)に一橋講堂(東京都千代田区)で開催されました。すばる望遠鏡をさまざまな形でご支援くださった関係者のみなさま、およそ200名の方々のご出席をいただきました。

式典では、冒頭で常田佐久 国立天文台長が式辞(図01)を、小森彰夫 自然科学研究機構長が挨拶を述べました。常田台長は、「すばる望遠鏡は、日本の技術と科学、そして何よりも国民の支援が一体となって達成した成果である」と述べ、多方面からの大きなご支援に感謝の意を表しました。

また、すばる望遠鏡の建設に当たり、幾多の困難を乗り越えて世界に類を見ない極めて高い性能を実現させた三菱電機株式会社(執行役社長 杉山武史 殿)と、すばる望遠鏡の設計に当たり、時代に先

駆けて広視野観測の重要性を説きその実現に力を尽くされた岡村定矩 東京大学名誉教授に対して、常田台長から感謝状が贈呈されました。

続いて、ご来賓の磯谷桂介 文部科学省研究振興局長、伊藤達也 衆議院議員、西銘恒三郎 衆議院議員の各氏にご祝辞を賜りました。さらに記念講演として、東京大学宇宙線研究所の大内正己准教授から「すばるの広域観測で迫る初期宇宙」という演題で(図02)、国立天文台アルマプロジェクトの深川美里教授か



02 大内准教授による記念講演。

ら「『宇宙における生命』の理解へ向けて」という演題で(図03)、すばる望遠鏡による多彩な研究成果が紹介されました。すばる望遠鏡の観測に基づいて博士論文を執筆したという両氏は、すばる望遠鏡の教育的な役割の大きさも強調しつつ、アルマ望遠鏡や30メートル望遠鏡TMTなどとの協調研究により、今後さらなる発見がもたらされることに期待を寄せました。



03 深川教授による記念講演と会場のような様子。

学生会館に会場を移して行われた記念祝賀会では、佐伯浩治 文部科学省研究開発局長、山本幸三 衆議院議員、古川元久 衆議院議員、大島敦 衆議院議員、古賀之士 参議院議員、山花郁夫 衆議院議員、塩谷立 衆議院議員の来賓挨拶があり、すばる望遠鏡計画の総括責任者としてプロジェクトを牽引された小平桂一元国立天文台長の音頭で「乾杯」が行われ、歓談の輪が広がりました。また会の中盤では、マウナケア山頂におけるすばる望遠鏡建設の様子を記録した動画が、吉田道利 ハワイ観測所長の解説で上映され(図04)、多くの方が当時のことを懐かしんでいるようでした。



04 吉田所長による動画解説。

「すばる」は「統(す)ばる」あるいは「統(す)まる」という和語で、「集める」「束ねる」という意味を持ちます。その名の通り多くの方々記念式典・祝賀会に集い、すばる望遠鏡の「成人式」を祝いました。

今西昌俊助教が日本学術振興会の審査員表彰を受賞

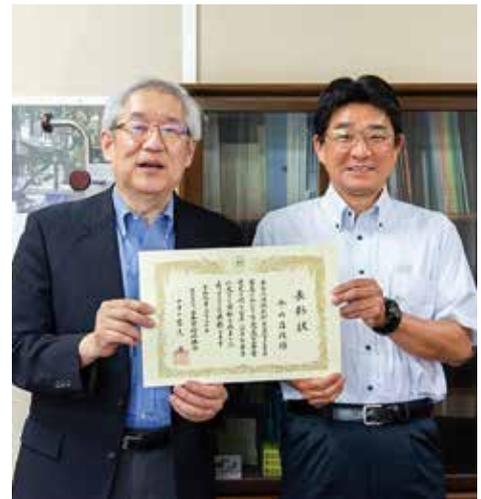
国立天文台ハワイ観測所の今西昌俊助教が、日本学術振興会特別研究員等の選考に際して「書面審査における有意義な審査意見を付した専門委員」として表彰されました。

日本学術振興会の特別研究員制度は、日本の優れた若手研究者に対して、自由な発想のもとに主体的に研究課題等を選びながら研究に専念する機会を与え、研究者の養成・確保を図る制度です。その審査は、専門的見地から3段階で行われますが、第1段階の書面審査はすべての審査の基盤となるものです。

日本学術振興会では、特別研究員の選考に際して、適正・公平な審査

に努めています。その一環として審査にあたる専門委員を表彰する制度が設けられており、今回は表彰対象となる約600名の中から109名が選考されました。

表彰された今西助教は、「日本学術振興会特別研究員は、天文学などの学術研究を志す日本の若手研究者にとって極めて重要な役割を果たしており、その審査は公平かつ厳正でなければなりません。今回はコメントをしっかりと書いて、判断の根拠を伝えるようにしました。結果的にそれが有意義と評価され、審査に貢献できたようで、たいへん光栄に思います」と語っています。



今回表彰された今西助教（右）と常田台長（左）。

2019 10 25 - 26

ふし
NO.02
せ

「三鷹・星と宇宙の日2019」のおしらせ

高島規子（天文情報センター）



「三鷹・星と宇宙の日」は、国立天文台、アストロバイオロジーセンター、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学専攻の特別公開イベントです。

今年の講演テーマは、「すばる望遠鏡の20年」。1999年のファーストライトから20年、口径8.2mの巨大な瞳が解き明かしてきたさまざまな宇宙の謎についてご紹介します。また、企画ごとに楽しむだけでなく、いくつかのモデルコースを設置することによってプロジェクト間のつながりも見えるような工夫も…。たくさんの方のお越しをお待ちしております。

開催概要

日時

【プレ公開】2019年10月25日（金曜日）
午後2時から午後7時（入場は午後6時まで）

★一部施設の公開、展示、ミニ講演、質問コーナー、天体観望会（雨天中止）など

【本公開】2019年10月26日（土曜日）

午前10時から午後7時（入場は午後6時まで）

★施設公開、展示、講演会、ミニ講演、天体観望会（雨天中止）、工作、実験、実演、サイエンスカフェ、VR体験、ゲーム、質問コーナーなど

会場

- ・国立天文台三鷹
- ・東京大学天文学教育研究センター（国立天文台三鷹に隣接）
- ・三鷹市星と森と絵本の家（国立天文台三鷹に隣接）

講演テーマ

すばる望遠鏡の20年
Subaru Telescope 20th anniversary

講演会（10月26日）

【東京大学天文学教育研究センター】

★講演 11:30～12:20（予定）
大学とすばる望遠鏡の20年／本原頭太郎（東京大学准教授）

【国立天文台】

★ご挨拶 13:10～13:15

★講演1 13:15～14:15

すばる望遠鏡の20年—すばるが明らかにした宇宙の姿／吉田道利（ハワイ観測所長）

★講演2 14:30～15:30

すばるとアルマで探る惑星系形成研究の最前線／深川美里（アルマプロジェクト教授）

お願い

- ・当日は自転車とバイクの駐輪場があります。自動車での来訪はご遠慮ください（10月25日、26日は、国立天文台の来場者用有料駐車場をご利用いただけません）。
- ・お体の不自由な方で自動車での来訪を希望される場合は、お問い合わせください。別途対応させていただきます。
- ・ペットを連れての来訪はご遠慮ください。補助犬（盲導犬、介護犬等）は可能です。

お問い合わせ

自然科学研究機構 国立天文台
東京都三鷹市大沢2-21-1
電話：0422-34-3600（代表）
FAX：0422-34-3690

特設ページ

<https://www.nao.ac.jp/open-day/2019/>

—TMTの知名度向上のために—

宇宙・天文光学EXPOと日本地球惑星科学連合大会に出展

石井未来 (TMT推進室)

すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡がある程度の知名度を持っているのに対して、「TMT」、「超大型望遠鏡TMT」と聞いてピンとくる方はどのくらいいるのでしょうか？(もちろん、天文台ニュースを愛読の皆さまはご存じだと思います)。まだ完成していない望遠鏡なので仕方ない面がありますが、それでも、できるだけ多くの皆さんにTMTを知ってもらい、応援していただきたい(!)ということで、TMT推進室では年に何度かブース出展を行っています。ここでは、4月に行われた宇宙・天文光学EXPOと5月に行われた日本地球惑星科学連合大会での出展についてご報告します。

■宇宙・天文光学EXPO2019 (4月24日～4月26日)

宇宙・天文光学EXPOは、光学技術に関連する企業や技術者を主な対象にした展示会です。国立天文台は、初回の2013年から出展しています。今年は、TMTとすばる望遠鏡についての展示を行いました。

広々としたブースには、大型ポスターやディスプレイによる画像や映像の他、TMTの分割鏡試作品や模型を展示し、来場者が具体的なイメージを描けるように工夫しました。

並べて置いたすばる望遠鏡とTMTの模型は同じスケール(1/100)なので、口径8.2m(すばる望遠鏡)と口径30m(TMT)の大きさの違いを実感できます(画像01)。これだけ集光力が違うなら、TMTが完成したら、すばる望遠鏡は必要なくなるのかという質問もブースでいただきましたが、すばる望遠鏡は超広視野主焦点カメラをはじめとした強力な観測装置を備えており、TMT完成後は、二つの望遠鏡が密接に連

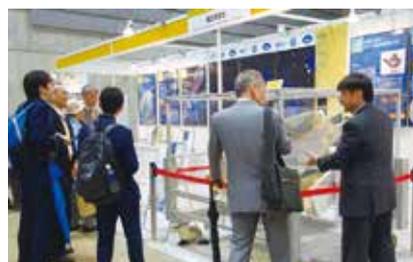


01 すばる望遠鏡の模型(左)とTMTの模型(右)を並べて展示。

携して新時代の天文学研究をリードすることをご説明しました。

最終日には、特別セミナーとして、「国立天文台の研究者が語る天文コース」が開催され、TMT推進室の宮崎 聡さん、大屋 真さん、早野 裕さんの3名が、すばる望遠鏡とTMTについての講演を行いました。最初に宮崎さんが、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラで探る加速膨張宇宙の謎についてお話ししました。大屋さんは、TMT計画に至るまでの光学望遠鏡の歴史を概説した後、TMT主鏡で用いられる技術について解説しました。最後に、早野さんが、すばる望遠鏡をふくむ他の望遠鏡との連携の重要性にも触れつつ、TMTが目指す科学目標とそのための観測装置についてお話ししました。

大屋さんからは、「多くの方が講演を聴きに会場されたり、展示ブースで様々な質問をくださったことで、天文学への興味とTMTへの期待を感じ取ることができました。未知なる宇宙のさらなる解明に挑戦するためにTMT望遠鏡を完成したいという気持ちを新たにすることができました」という感想が寄せられました。



02 熱心な質問に対して、説明にも力が入ります。

今年は、展示会のあとに、VR展示会サイトが開設されました。国立天文台のブースは、パネルや動画の詳細も閲覧できるようになっていますので、ぜひご訪問ください。

●OPIE'19 VR展示会
<https://opie.opt-vexpo.com/>
会場のようなVR360度映像で再現しています。

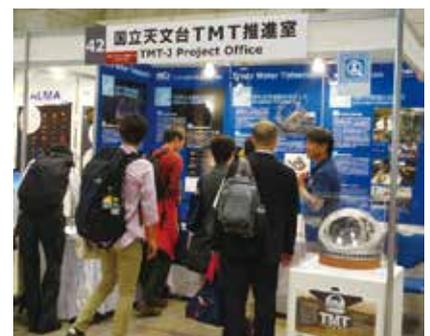
■日本地球惑星科学連合2019年大会 (5月26日～5月30日)

日本地球惑星科学連合大会は、地球中心核から、地表、大気、さらには太陽系、太陽系外惑星までカバーする様々な分野

で最先端の研究結果を発表する学術大会です。地球惑星科学分野の研究者にも広く興味をもってもらえるよう、ブースでは、TMTで系外惑星や太陽系天体を観測するといったようなことが明らかになるのかをご紹介します。

初日(日曜日)は、パブリックデーで、どなたでも無料で展示をご覧になれます。また、高校生によるポスターセッションや、中学生、高校生向けの講演会も行われるため、中高生も多くブースを訪れてくれました。翌日からは、大会で発表する学生や研究者が主にブースを訪れてくれます(ホールの奥側半分はポスター会場になっているので、その通り道でふらっと立ち寄りの方も多いのかと思います)。天文以外の研究者の中では、まだまだTMTの知名度は低いということで説明にも力が入りました。

今年は、大会側が新しい試みとして、ブースでキャリア情報を提供することを勧めたため、TMTのブースでは、総研大のパンフレットを置くほか、TMTの若手向けワークショップについてポスターで紹介したりしました。天文の研究をしたいのだけど、と話す学部生もきたので、すかさず、総研大のパンフレットをお渡ししました。



03 大入りのTMTブース。今年はキャリア情報も提供しました。

宇宙・天文光学EXPOと日本地球惑星科学連合大会のどちらのブースでも、専門の方に加えて、一般の参加者とのコミュニケーションも活発に行われました。展示説明員一同、皆様と楽しくお話しする機会をいただきありがたく思います。

●今年は、三鷹の天文・科学情報スペースでもTMTの企画展を行います(7月12日～9月15日)。期間中に講演会などのイベントも行いますので、こちらにもぜひご来場ください。

第4回「野辺山観測所・星空の撮影会」開催報告

衣笠健三（野辺山宇宙電波観測所）



01 長野高専の大西浩次さんによる講演会の様子。

当日は、イベント開始前から、カメラを持った霽田気のある見学者の観測所構内の見学コースを熱心に巡回する様子が多く見られました。「なるほど、この人は参加者の1人だな」とほぼ確実にわかる感じです。

5月25日（土）に第4回「野辺山観測所・星空撮影会」を実施しました。第1回は3年前のこの時期に実施し、ほぼ快晴に恵まれました。第2回は3年前の秋でしたが前日の予報により中止、第3回の昨年はこの時期で、やはり前日の予報により延期したのですが結局雨の中の実施となりました（これまでの作品については、野辺山のWEBページのギャラリーページの作品集にあります★01）。このイベントは、星空観光地としてのハヶ岳山麓とアンテナ群というシーンを生かしての撮影会であり、以前から要望のあったものです。また、これまでに申し込みをしたけれども参加できなかった方からの要望も加わって、一部では待望のイベントとされているようです。一方で、対応のためのマンパワーだけでなく、他の職員や観測者の協力が不可欠ですし、天候に大きく左右されるイベントでもあるため、定期的の実施するのが難しいイベントでもあります。

その背景もあるせいか、募集期間が2週間余りと短かったのですが、85名からの応募がありました。選考委員会での選考の結果、32名の方に参加していただくことになりました。

当日はこの時期らしい晴天に恵まれ、冒頭の様子が多く見られたわけです。参加者とカメラなど

の荷物で一杯の自然科学研究機構野辺山展示室4Dシアターで16時30分から実施したオリエンテーションと長野高専の大西さんによる講演会は熱気のうちに終了し、18時過ぎからの撮影準備には我先にと参加者は屋外へと出て行きました。しばらくすると、薄暮のシーンを撮影するシャッター音が聞こえ始めます。その後、タイムラプスムービー撮影の設定をされたカメラがあちらこちらで定期的にシャッター音を鳴らす状況となりました。定期的な巡回では、このようなカメラを倒してしまわないかが心配になる

ほどです。防寒が甘くて撮影できないとか、どなたかのスマホを拾ったとか、いくつかケアが必要なことはありましたが、安全面についてはあまり心配することなく23時30分にて撮影会は終了しました。

今回はイベント中のスナップと国立天文台天文情報センター広報室の長山省吾



02 早速、薄暮の様子をミリ波干渉計とともに撮影する参加者たち。



03 薄暮時、ヘリオグラフのサイトにて撮影する参加者たち。

さんが撮影した写真を紹介します。参加者から提供された写真は、秋に発行の国立天文台ニュースで掲載予定です。お楽しみに！

★01
<https://www.nro.nao.ac.jp/gallery/sakuhin/hosizora-1.pdf>



04 星空撮影会の一コマ。ライトダウンした野辺山の夜はたいへん暗く、野辺山の電波望遠鏡と星空、そして撮影者を撮影するのはたいへんでした（撮影：長山省吾）。

通信衛星群による天文観測への悪影響についての懸念表明

現代社会では通信衛星や放送衛星によって、私たちは豊かな生活を送ることができます。衛星放送番組を日本中で楽しんだり、米国のGPS（全地球測位システム）や日本のQZSS（準天頂衛星システム「みちびき」）からの信号を携帯電話で受信することにより、自分の位置を正確に知ることができるのは、その例です。

一方、これらの衛星は太陽光を反射するため、天文研究用の可視・赤外線望遠鏡では「人工の星」として認識されます。さらに衛星と地上間の通信電波が、電波天文観測に影響を与えることもあります。このような状況から、国立天文台は天文観測環境を維持・保護するための活動を進めており、2019年4月1日に「周波数資源保護室」を設立したところ です。

2019年5月24日、米国スペースX社は衛星通信によって世界中にインターネット接続サービスを提供するためのスターリンク（Starlink）衛星群の打ち上げを始めました。第1回目である今回は60基の打ち上げでしたが、最終的には総計12000基の衛星群から成る巨大通信衛星ネットワークを構築する計画です。この衛星群が完成すると、約200基の衛星（即ち、人工星）が常時空に見えると予想されています。実際に、米国

アリゾナ州にあるローウェル天文台は、銀河の観測中にスターリンク衛星の光による多数の斜線が入った画像を取得しました。

これを踏まえ、世界の天文学者から成る国際組織・国際天文学連合は、スターリンク等の巨大衛星群による天文観測への懸念を表明する声明を6月3日に発表しました。この声明では、可視光線における観測への影響だけではなく、衛星と地上とを結ぶ無線通信による電波天文観測への懸念も表明しています。

国立天文台は、日本の天文学研究の中心機関として、すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡

等の研究施設を建設・運用し、数々の先端的研究成果を挙げてきました。宇宙、そして星空は全人類の宝です。人類がこの宇宙をよりよく知るためには、様々な波長において「空」がきれいに見える状態を維持することが必要です。このため国立天文台は、国際天文学連合や世界の天文研究機関と足並みをそろえ、関連衛星事業者の方々と協力して解決策を図っていくことが重要であると考えています。

皆様のご理解とご支援をよろしくお願いたします。

（2019年7月9日 自然科学研究機構 国立天文台）



01 2019年5月25日21時52分の通信衛星「Starlink」の様子。中央上の光点の連なり（クレジット：平塚市博物館）。

●2019年7月号・04ページの脚注★01に誤りがありました。正しくは以下となります。訂正お詫びいたします（係）。

「OAO（Office for Astronomy Outreach：国際普及室）は、2012年にIAUと国立天文台の協力により国立天文台三鷹に設置されました。その目的は「Astronomy for all」、天文学のコミュニケーション活動を通じて、2009年に実施された世界天文年の大きなエネルギーを天文学のグローバルな発展の基礎として根付かせようと努めています。このため今年にはIAU100記念事業の中核となって国際支援を進めています。OAOはまた、アジアにおけるIAUの重要な活動拠点ともなっています。https://www.iau.org/public/」

編集後記

飼っていたザリガニが暑さに耐えかねてか死んでしまいました。毎日水替えをやっていた息子は悲しそうでしたが、「やっぱりツマグロヒョウモンの幼虫の方が飼いやすいんだよ」と次の飼育に惹かれているようです。。。(G)

最近ずっと出張続きで疲れが溜まってきているのか、温泉に入る夢を見た。8月も出張続きのためもうしばらく我慢。。。(は)

早めの夏休みをとって、妻の実家の富山に帰省。鉄ちゃんになった小3の長男と高山線に乗ったり、新しく作られた天文台望遠鏡キットで月や土星を見たり。楽しんだので、あとは仕事を頑張ろう。(I)

じっとりとした暑さが続きますね。湿度が低くて日差しを避ければ涼しくなるチリ・アタカマの気候をちょっとだけ懐かしく感じます。(h)

プラネタリウムでブラックホールの子ども向け番組をやっていた。少し怖めの内容だったこともあり、その番組を見たあとには「歯磨きをしないとブラックホールに吸い込まれちゃうよー」というフレーズが5歳の娘に効果抜群でした。(K)

挨拶が「暑いですね」の一色となっている。来年のオリンピック、大丈夫だろうか、と心配だが。。。(W)

夏の学校の講師でベトナムのクイニョンへ。学生のほとんどは学部生で、1-2年生も多くて驚きました。やる気ある学生との議論は楽しいものです。フォーとバインミーもおいしかったなあ。(e)

国立天文台ニュース
NAOJ NEWS

No.313 2019.8

ISSN 0915-8863

© 2019 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：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（副委員長）／石井未来（TMT推進室）／秦和弘（水沢VLBI観測所）／勝川行雄（SOLAR-C準備室）／平松正顕（アルマプロジェクト）／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／ランドック・ラムゼイ）●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、https://www.nao.ac.jp/naoj-news/でもご覧いただけます。

発行日／2019年8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）

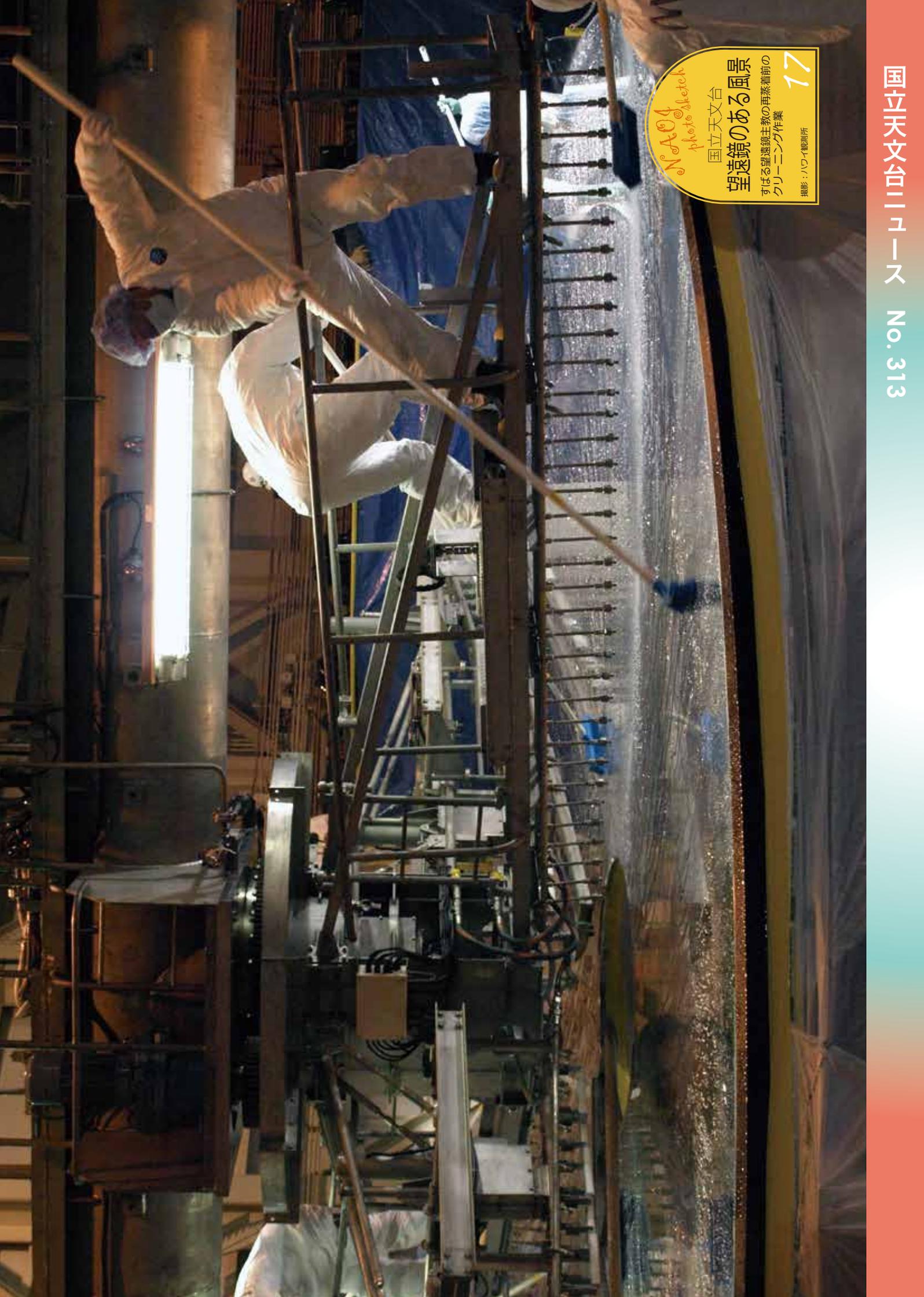
FAX 0422-34-3952（出版室）

国立天文台代表 TEL 0422-34-3600

質問電話 TEL 0422-34-3688

9月号の研究トピックスは、アルマ望遠鏡の最近の研究成果を大特集します。アルマプロジェクト長のALVARO GONZALEZ GARCIAさんのインタビューもお楽しみ！

トピックス



NAOJ photo sketch

国立天文台

望遠鏡のある風景

すばる望遠鏡主鏡の再蒸着前の
クリーニング作業

撮影：ハロイ観測所

17