

NAOJ

自然科学研究機構

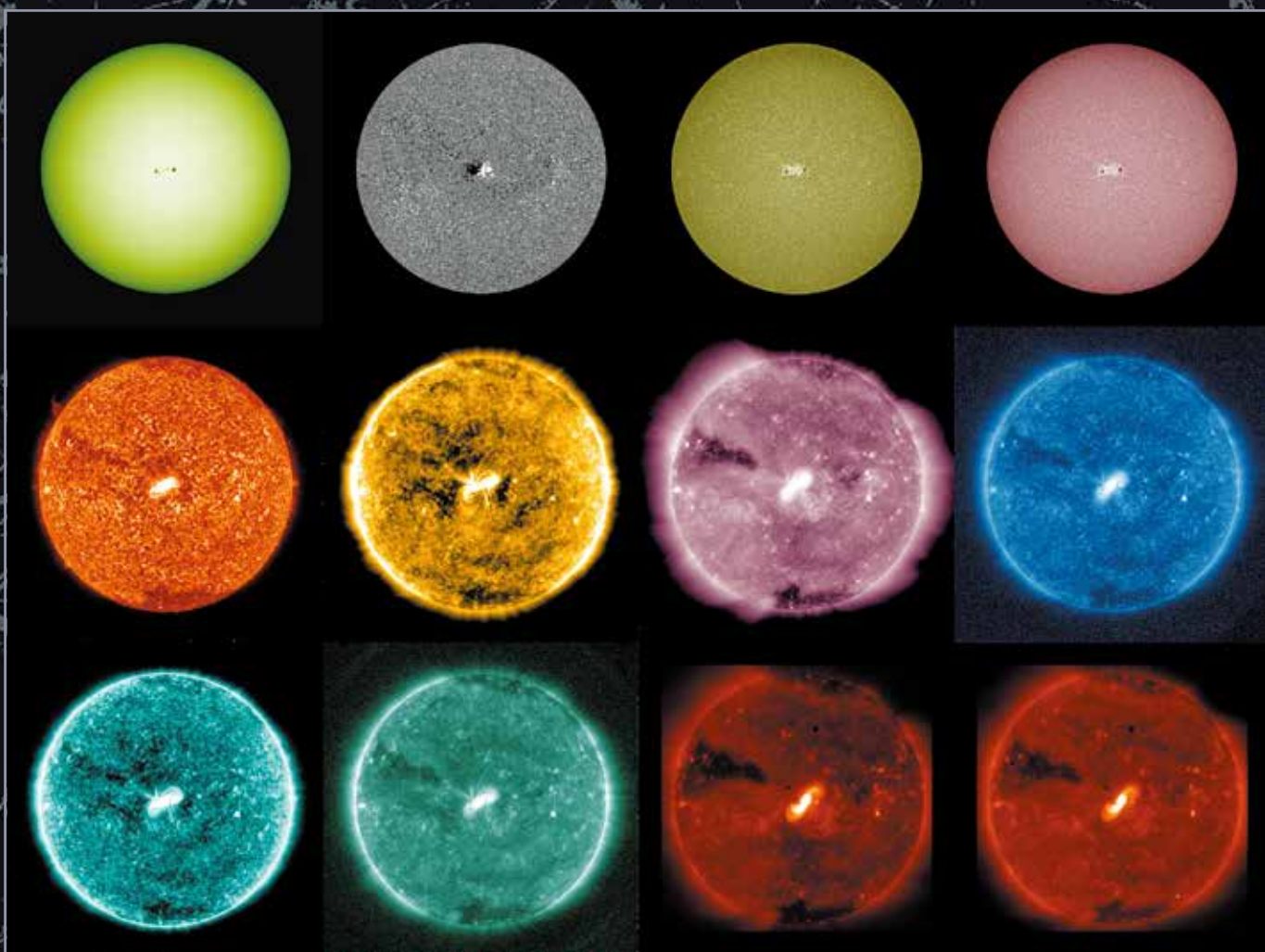
# 国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2021年2月1日 No.331

研究トピックス

## 太陽を遠方の星のように観測する —太陽の多波長モニター観測から探る恒星黒点診断の可能性—



- シリーズ 国立天文台「宇宙機」関連プロジェクト紹介①  
RISE月惑星探査プロジェクト  
「はやぶさ2」レーザ高度計の観測運用の成果と火星衛星探査計画への展開
- おかえりなさい、はやぶさ2。そして次のターゲットへ。
- 「PyRAF ミニ講習会(オンライン版)」開催報告
- 「南十字星モニター」活躍中!

2

2021

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

## 研究トピックス

## 太陽を遠方の星のように観測する

—太陽の多波長モニター観測から探る恒星黒点診断の可能性—

鳥海 森 (JAXA 宇宙科学研究所)

06

## シリーズ 国立天文台「宇宙機」関連プロジェクト紹介①

## RISE 月惑星探査プロジェクト

「はやぶさ2」レーザ高度計の観測運用の成果と火星衛星探査計画への展開

竝木則行 / 松本晃治 / 野田寛大 / 山本圭香 (RISE 月惑星探査プロジェクト)

10

## お知らせ

- おかれりなさい、はやぶさ2。そして次のターゲットへ。  
堀内貴史 (石垣島天文台) / 佐藤幹哉 (天文情報センター) / 寺居 剛 (ハワイ観測所)
- 「PyRAF ミニ講習会 (オンライン版)」開催報告  
亀谷和久 (天文データセンター)
- 「南十字星モニター」活躍中！  
花山秀和、堀内貴史 (石垣島天文台)
- 家正則名誉教授が日本学士院の新会員に選出
- 国立天文台と電気通信大学が包括的な連携協定を締結
- 国立天文台が三鷹市とのさらなる相互協力に向けた協定を締結

15

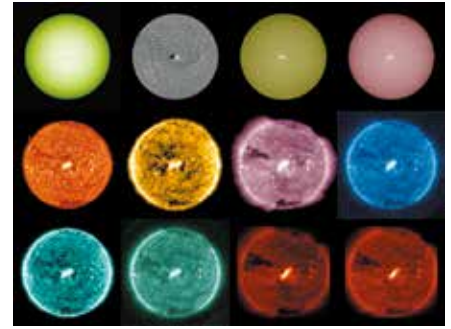
編集後記 / 次号予告

16

## 連載「すばる望遠鏡 HSC Cosmic Gallery」11

## くらげ銀河 その2

解説：田中賢幸 (ハワイ観測所)



表紙画像

「SDO」衛星・「ひので」衛星が捉えた可視光・紫外線・X線の太陽全面像。

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)新型コロナウイルス感染症に  
関連した対応について

新型コロナウイルス感染症の感染拡大を防ぐため、国立天文台の施設公開、定例公開、イベント等の一部を中止しています。再開につきましては、国立天文台のウェブサイトやSNSにてご案内いたします。みなさまのご理解、ご協力をお願いします。

また、国立天文台にご来訪されるみなさまにおかれましては、下記のことをお願いいたします。

- 新型コロナウイルス感染者との濃厚接触が判明している場合や、その恐れがある場合は、ご来訪をお控えください。
- 咳や発熱などの症状がある場合は、ご来訪をお控えください。
- マスクや手洗いなど、各自で十分な防護策をお取りください。

★くわしくは

<https://www.nao.ac.jp/notice/20200226-coronavirus.html>

をご覧ください。

## 国立天文台カレンダー

★予定は変更される場合があります

## 2021年1月

- 8日(金) 幹事会議
- 22日(金) 幹事会議
- 25日(月) 運営会議
- 27日(水) プロジェクト会議

## 2021年2月

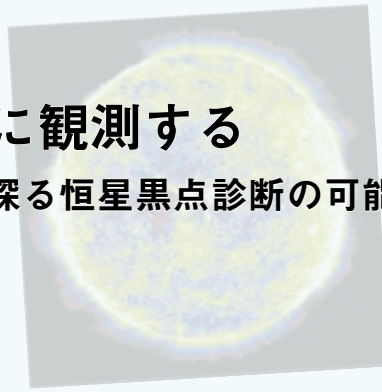
- 5日(金) 幹事会議
- 19日(金) 幹事会議
- 24日(水) プロジェクト会議
- 27日(土) 観望会 (三鷹) オンライン開催

## 2021年3月

- 5日(金) 幹事会議
- 6日(土) 4D2Uシアター公開
- 12日(金) 4D2Uシアター公開/観望会
- 17日(水) 幹事会議
- 20日(土) 4D2Uシアター公開
- 22日(月) 運営会議
- 24日(水) プロジェクト会議
- 27日(土) 観望会

# 太陽を遠方の星のように観測する

## 太陽の多波長モニター観測から探る恒星黒点診断の可能性



鳥海 森  
(JAXA 宇宙科学研究所)

### 太陽と恒星黒点・恒星フレア

太陽は、フレアの発生や太陽風の放出を通じて、地球周辺の宇宙空間に絶えず影響を及ぼしています。これまでの観測から、太陽フレアは、強力な磁場が集積した黒点（活動領域）において、上空のコロナに蓄積された磁気エネルギーが、磁気リコネクション★01などの過程を通じて突発的に解放される現象であると考えられています（図01）。

近年、太陽に類似した恒星で、エネルギー規模が太陽フレアの10倍から1000倍にも達する、巨大な爆発現象「スーパーフレア」が発見されました。スーパーフレアも、太陽と同様に黒点の磁気エネルギー解放が原因と推測されますが、恒星を空間分解した観測が困難なことから、その発生メカニズムを探ることは容易ではありません。恒星黒点の磁場構造や成長過程を探ることは、恒星フレアのメカニズムを理解するだけでなく、太陽におけるスーパーフレアの発生可能性や、フレアが周囲の（系外）惑星へ及ぼす影響を検討する上でも重要です。

恒星フレアを理解するには、可視光で星表面の黒点を捉えるだけでなく、紫外線やX線によって上空大気の状態も調べる必要があります。しかし、現在の望遠鏡の性能では、太陽以外の恒星で空間分解した詳細な観測を行うことは困難です。

そこで、私たちは、星全体から届く光を、可視光を含むさまざまな波長帯に渡って長期間モニター観測することで、黒点の構造や時間変化を探れないかと考えました。そして、その可能性を検討するため、太陽の豊富な観測データを活用することにしました。

### 擬似的に太陽を測光観測する

本研究では、太陽の自転にともなって黒点が太陽面上をトランジットする際に、太陽全面から届く、多数の波長帯における輝度がど

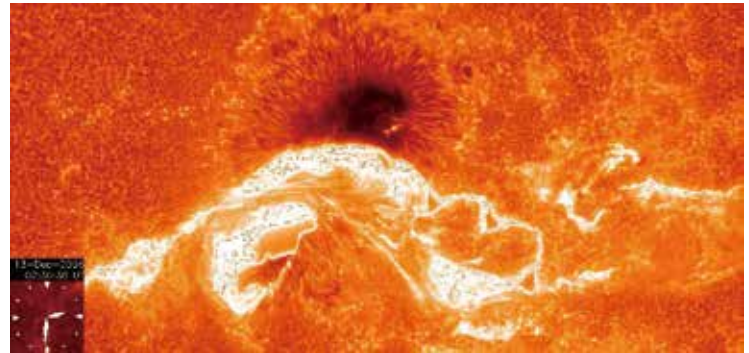


図01 「ひので」によって観測された太陽フレアの様子。（提供：岡本丈典氏）

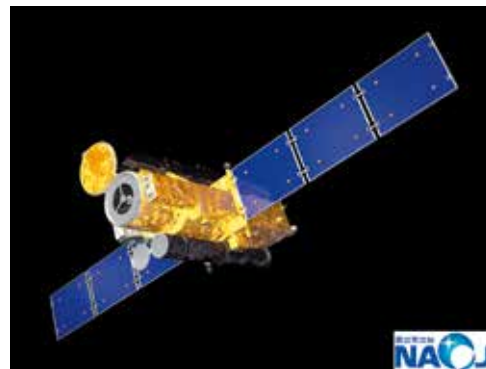


図02 太陽観測衛星「ひので」。2006年に打ち上げられた我が国3番目の太陽観測衛星で、日米欧の国際共同ミッション。可視光・紫外線・X線の3台の望遠鏡を搭載し、太陽表面からコロナにおける磁場・プラズマの運動を詳細に測定している。そのうち、X線望遠鏡は太陽全面を1日2回、撮像観測している。（Credit: NAOJ/JAXA）

のように変化するかを調べました。太陽全面を一定の時間間隔で撮像した観測画像を用いて、各時刻の明るさを太陽面全体で積分し、それを時間方向に並べることで、擬似的にライトカーブ（光度曲線）を作ります。これを可視光から紫外線、X線に至るさまざまな波長帯について行い、作成したライトカーブと元の観測画像を比較することで、ライトカーブの時間変化を生み出した要因（黒点など）を理解することができます。

解析には、国立天文台とJAXA宇宙科学研究所が共同で開発・運用する「ひので」衛星（図02）や、米国の「ソーラー・ダイナミクス・オブザーバトリー（SDO）」を中心に、4機の衛星が取得した、合計14種類のデータを用いました。「ひので」は2006年に、「SDO」は2010年に打ち上げられ、太陽全面を撮像するモニター観測を継続しています。

#### ★ newscope <解説>

##### ★01 磁気リコネクション

磁気リコネクション（磁力線再結合）は、プラズマ中において、向きの異なる磁力線が互いに接近し、つなぎ替わる現象。磁気エネルギーを運動エネルギーや熱エネルギーに変換し、高エネルギー粒子を生成する物理過程である。太陽フレアでは10の24乗ジュールものエネルギーが数時間で発生するが、フレアの様々な観測的証拠や、他に高いエネルギー解放効率を説明できるメカニズムが存在しないことから、リコネクションがフレアの有力な候補とされている。

過去10年以上に及ぶ膨大な観測データから、太陽面上を孤立した単独の黒点群がトランジットした期間を抽出し、黒点トランジットにともなう多波長のライトカーブと、その変動要因を調べました。

太陽の1自転周期（約26日）にわたって太陽面上に黒点群が1つだけという状況は、実はそれほど多くありません。約11年の太陽活動周期のうち、極小期には黒点がほとんど出現せず、反対に極大期には多数の黒点群が同時に出現します。したがって、研究は、およそ1か月にわたって黒点が1群しか存在しない、理想的な期間を洗い出す作業から始まりました。

## 黒点トランジットの多波長ライトカーブ

図03は、本研究で得られた代表的な黒点トランジットの様子です。各パネルの実線は、黒点群が太陽面上をトランジットした際の複数の波長帯におけるライトカーブを表し、背景は、黒点群が太陽面の中心付近を通過した時刻における全面画像を示しています。ムービーはNASAプレスリリースサイトから閲覧できます。

左上は、光球（太陽表面）に相当する可視連続光です。黒点は周囲と比べて相対的に温度が低いので、暗く見えます。したがって、黒点が太陽中心付近を通過する際、ライトカーブは減光して観測されます。一方、黒点が太陽周縁部に接近すると、黒点周囲の白斑の影響が強く効くため、明るくなります（図04）。こうして、可視光のライトカーブは、全体として2つの小さな山に挟まれた谷型（ひらがなの「ひ」のような形状）を示します。

光球で測定した磁束量（図03中上）は、黒点が中心付近を通過する際にもっとも大きく観測されます。また、彩層やコロナでは、黒点上空の磁場やコロナループが加熱により明るく観測されるため、紫外線やX線のライトカーブは、多くの場合、黒点通過時に増光して観測されます（図01右上、中下、右下）。

## 予想外の結果

ところが、興味深いことに、彩層とコロナに挟まれた薄い大気層である遷移層では、波長帯によって、ライトカーブが増光する場合があることが分かりました（図03左下）。黒点上空の磁気ループは明るく輝いて見えるに

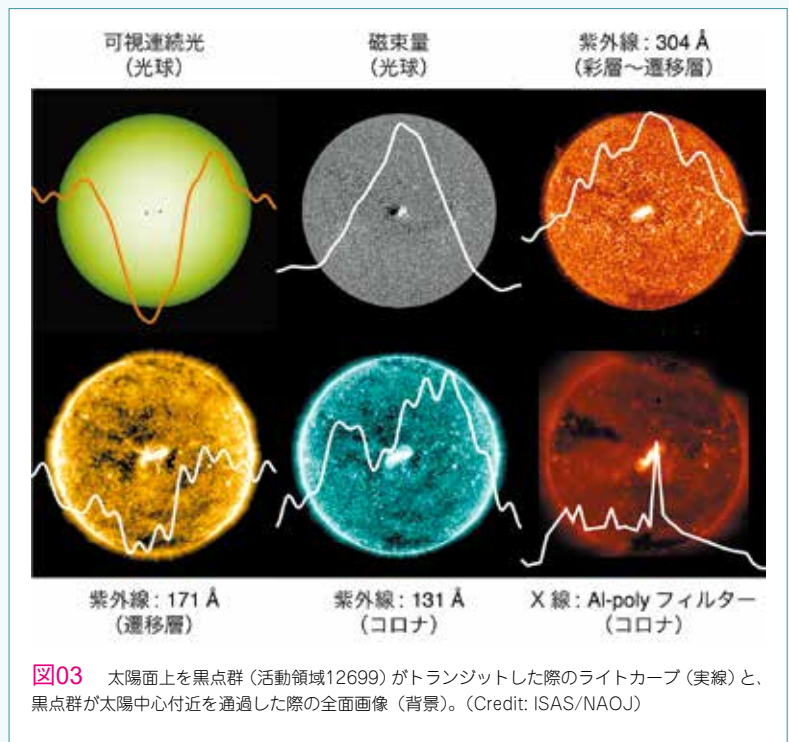


図03 太陽面上に黒点群（活動領域12699）がトランジットした際のライトカーブ（実線）と、黒点群が太陽中心付近を通過した際の全面画像（背景）。（Credit: ISAS/NAOJ）

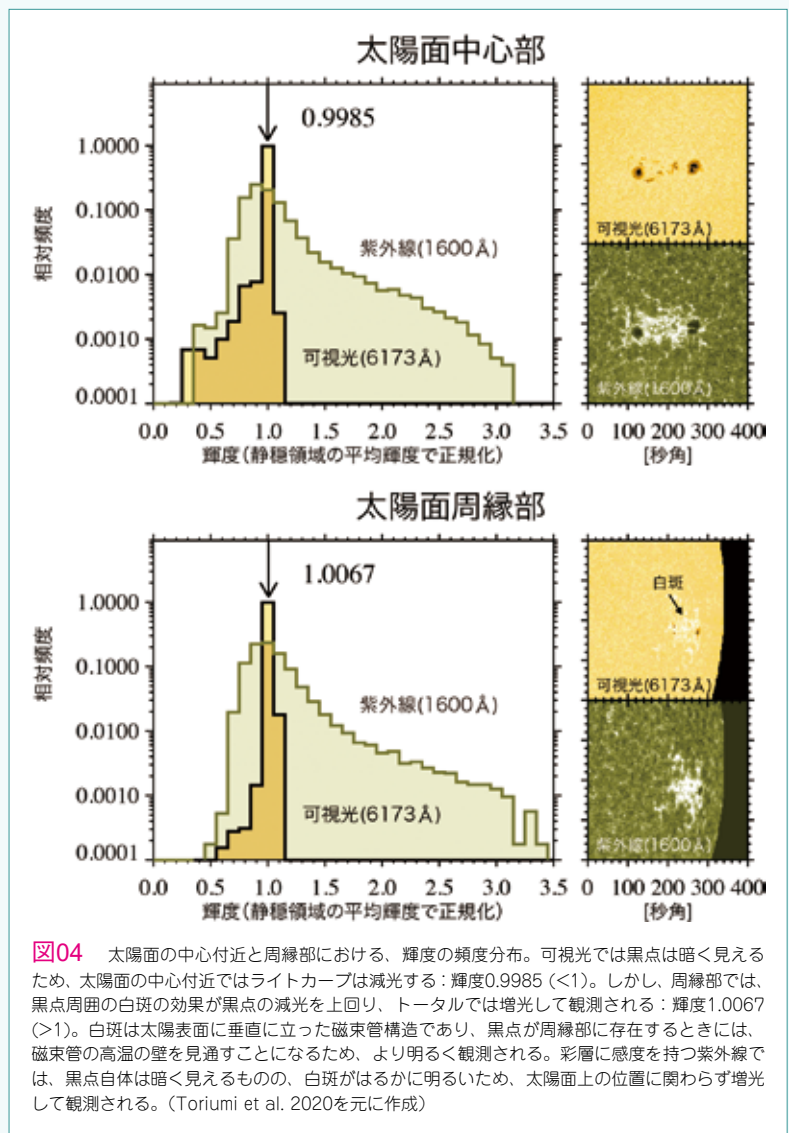
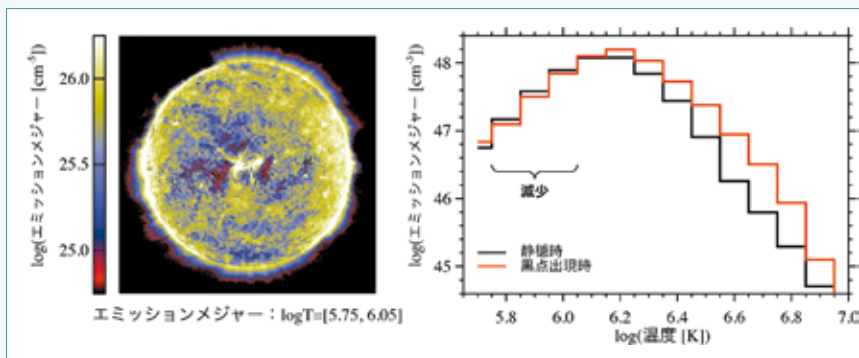


図04 太陽面の中心付近と周縁部における、輝度の頻度分布。可視光では黒点は暗く見えるため、太陽面の中心付近ではライトカーブは減光する：輝度0.9985 (<1)。しかし、周縁部では、黒点周囲の白斑の効果が黒点の減光を上回り、トータルでは増光して観測される：輝度1.0067 (>1)。白斑は太陽表面に垂直に立った磁束管構造であり、黒点が周縁部に存在するときには、磁束管の高温の壁を見通すことになるため、より明るく観測される。彩層に感度を持つ紫外線では、黒点自体は暗く見えるものの、白斑がはるかに明るいので、太陽面上の位置に関わらず増光して観測される。（Toriumi et al. 2020を元に作成）



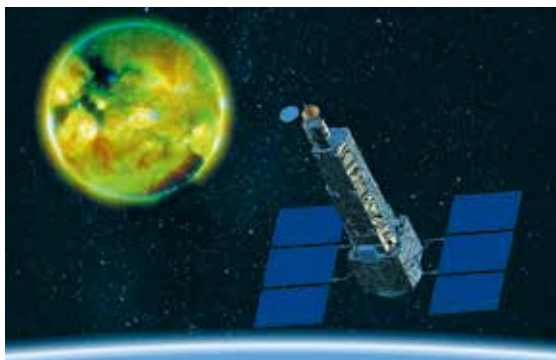
**図05** エミッションメジャー解析の結果。(左) 遷移層温度(60万度から80万度付近)のエミッションメジャーについて、太陽面上の分布を示した画像。太陽面中心の黒点上空では遷移層温度のエミッションメジャーが増加する(黄・白)が、周囲の広大な領域ではエミッションメジャーが減少している(青・赤)。(右) 太陽面全体で積分したエミッションメジャー。遷移層温度(60万度から80万度付近)のエミッションメジャーは減少し、100万度以上のコロナ温度におけるエミッションメジャーは大幅に増加している。(Credit: ISAS/NAOJ)

もかわらず、太陽面全体で輝度を積分すると、黒点が存在しない静穏時よりもさらに暗くなるという、奇妙な現象を示したのです。そこで私たちは、各温度帯におけるプラズマのエミッションメジャー(プラズマの存在量)を測定しました。その結果、遷移層に対応する、温度が60万度から80万度付近のプラズマでは、黒点を取り囲む広大な領域(面積で太陽面の約4割)でエミッションメジャーが減少していることが分かりました(図05左)。この効果は、黒点上空におけるエミッションメジャーの増加分を上回っており、太陽面全体でエミッションメジャーを積分しても、黒点出現時の遷移層温度のエミッションメジャーは、静穏時と比べて減少していました(図05右)。反対に、100万度以上のコロナ温度の成分は静穏時よりも増加していました。これらの結果は、黒点が存在すると、その周囲の広い範囲で遷移層温度のプラズマが加熱されることを示しています。そのため、遷移層に感度を持つ波長帯ではライトカーブの減光が、コロナに対応する波長帯では増光が見られたのです。

これまで、遷移層に対応する波長帯で、活動領域の出現時に短時間(10時間ほど)の減光が生じる場合があることは知られていました。しかし、黒点よりも遥かに広い範囲で何日も続く減光が見つかったのは、今回が初めてです。詳細なメカニズムの解明には、分光観測などが望まれます。

## 太陽から恒星へ

そのほか、彩層に感度を持つ紫外線のライトカーブ(図03右上)と光球の磁束量変化(図03中上)が良い相関を示すことや、光球とコロナのライトカーブでは増光・減光のタイミングに差があり、その時間差はコロナループの空間的な広がりに対応することなどが明らかになりました。また、ブラージュ(黒点を持たないが彩層で明るく観測される領域)



**図06** 次期太陽観測衛星「Solar-C (EUVST)」。2020年代中盤の打ち上げを目指して、日本を中心として欧米と共同開発を進めている。2020年4月に公募型小型4号機として選定された。(Credit: NAOJ/JAXA/Solar-C WG)

や急成長する黒点群のライトカーブは、通常の黒点群と異なる変化を辿ることも確認されました。

これらの結果は、空間分解が困難な恒星であっても、複数の波長帯でモニター観測を行い、ライトカーブを取得することで、恒星黒点の空間構造や時間変化について情報を得られる可能性を示しています。

可視光の恒星モニター観測は「Kepler」や「TESS」★02などにより盛んに進められていますが、現行の望遠鏡では、紫外線やX線において、星間物質による吸収を克服して恒星黒点を観測することは困難とされています。しかし、開発が進められている米国の「ESCAPE」や日本の研究機関も装置を提供するロシア・スペインの「WSO-UV」などの紫外線宇宙望遠鏡では、感度の大幅な向上が見込まれ、近い将来、遠方の恒星についても紫外線モニター観測が実現するかもしれません。

また、「ひので」の後継機として日本が中心となって欧米と開発を進める次期太陽観測衛星「Solar-C (EUVST)」(図06)では、彩層からコロナまでの幅広い温度帯を隙間なく高感度で観測し、大気加熱やフレア発生の解明に挑みます。Solar-C (EUVST)の圧倒的な感度や分解能により、太陽大気が紫外線放射を生じるメカニズムを詳細に解明することで、恒星黒点がどのような構造を持つのかを理解する礎にできます。このような研究を通じて、太陽を軸に、恒星を理解する試みを続けていきたいと考えています。

### new scope <解説>

#### ★02 「Kepler」と「TESS」

「Kepler」と「TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite)」はいずれも太陽系外惑星の検出を目的とした宇宙望遠鏡。Keplerは2009年に打ち上げられ、はくちょう座の方向約100平方度の視野に存在する数10万個の恒星を測光観測し、恒星前面を惑星が横切ることによる減光をもとに多く惑星を検出した(トランジット法)。その後継であるTESSは2018年に打ち上げられ、全天の約85%を26の領域に分割し、2年間にわたって順次測光観測を行った。これまでに確認された4000を超す系外惑星のうち、半分以上がKeplerやTESSによって発見されている。また、KeplerやTESSの測光観測からは、恒星フレアが突発的増光として確認されており、近年では太陽型型におけるスーパーフレアの発生可能性が議論されている。

#### ●論文掲載情報

Toriumi, S., et al.: 2020, Sun-as-a-star Spectral Irradiance Observations of Transiting Active Regions, *ApJ*, **902**, 36.

## RISE 月惑星探査プロジェクト



### 「はやぶさ2」レーザ高度計の観測運用の成果と火星衛星探査計画への展開

文◎竝木則行／松本晃治／野田寛大／山本圭香  
(RISE 月惑星探査プロジェクト)

リュウグウに接近する「はやぶさ2」のイメージCG (イラスト 池下章裕)。

2020年12月6日にJAXAの小惑星探査機「はやぶさ2」は地球帰還を果たし、サンプルを無事に持ち帰りました。「はやぶさ2」ミッションにおいて、国立天文台のRISE月惑星探査プロジェクトはレーザ高度計の観測運用を担いました。今回はその成果を紹介し、さらに2024年に打ち上げが予定されている火星衛星探査計画(MMX)への展開についても触れてみましょう。

#### ●レーザ高度計のふたつの目的

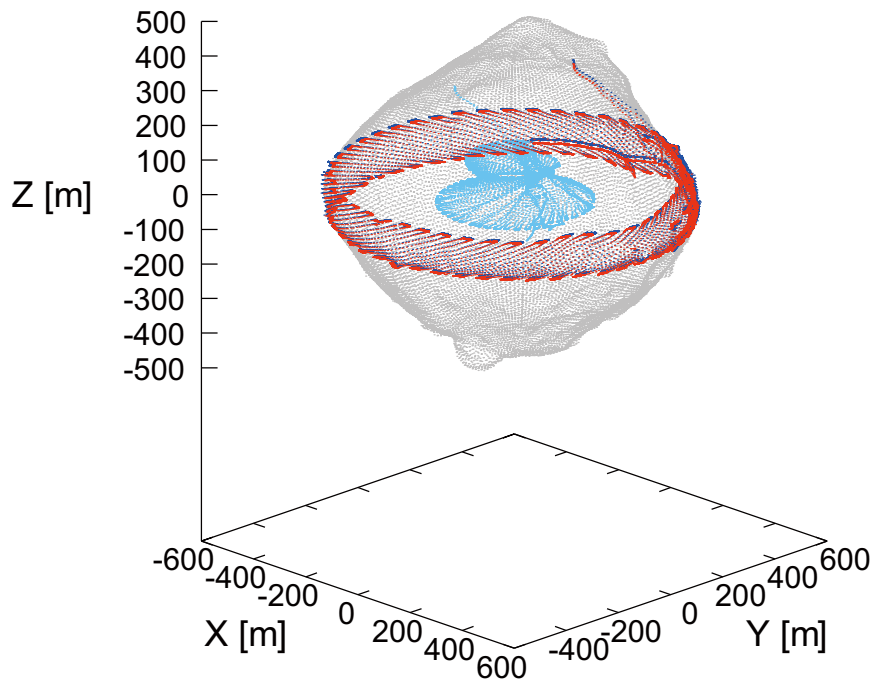
サンプルを無事に持ち帰った「はやぶさ2」には、RISE月惑星探査プロジェクトが観測運用を行ったレーザ高度計が搭載されています。レーザ高度計は1064 nmのレーザ光を1秒間隔で照射し、小惑星表面で反射された光が戻ってくるまでの時間から距離を測る装置です(図01)。計測範囲は30m～25kmで、精度は一番距離が近いところで±1m、遠いところで±5.5mとなっています。計測範囲が2桁違うので、受光エネルギーは4桁変化します。このダイナミックレンジに対応するために、「はやぶさ2」レーザ高度計は遠距離用と近距離用の2つの受光系を持っています。



01 「はやぶさ2」レーザ高度計 (©JAXA)。大きさ241 mm × 228 mm × 229 mmで、重さは3.52 kgの小型軽量測距装置である。

レーザ高度計の距離データは、「はやぶさ2」探査機の位置推定と、小惑星地形モデル作成の2つの目的のために使われます。近傍観測の期間中、探査機は小惑星リュウグウに並走しながら、太陽の周りを回りました(太陽周回軌道)。地上局から送られた電波信号を探査機が折り返して、地球上で受信された電波のドップラー周波数を

測定することで、この太陽周回軌道を正確に決めることができます。一方で、小惑星リュウグウも太陽周回していますが、その軌道はあまり正確ではありません。従って、小惑星に対する探査機の相対位置(2つの太陽周回軌道の差)にも大きな不確実性が現れます。この相対位置を正しく推定するために、レーザ高度計データが使われま



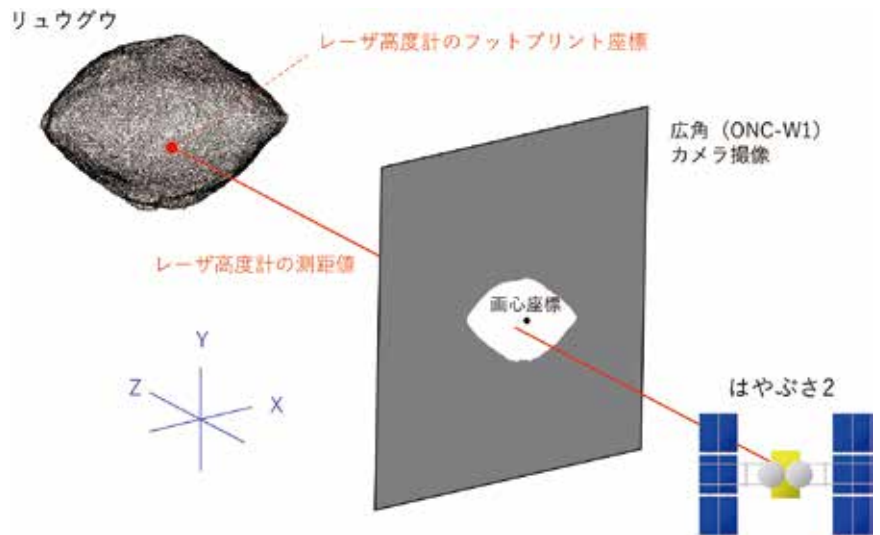
02 小惑星リュウグウ(灰色)上にレーザ高度計のフットプリントを配置した図。水色はレーザ高度計データを使わない位置推定、青と赤はレーザ高度計データを使った位置推定。赤は青の結果を微調整しているのがより正確。Matsumoto et al. (2020) 論文より改編して引用。

す。厳密には距離データから探査機の位置と小惑星地形を分離することはできません。しかし、実際には、小惑星重心に対する探査機の運動（相対位置）はなめらかに変化する一方で、小惑星地形には複雑な凹凸があるので、探査機の位置推定と小惑星地形モデルを切り離すことができます。サンプリング地点の安全性と科学価値の評価（Landing Site Selection, LSS）のために、レーザ高度計チームは小惑星到着後速やかに相対位置情報を提供することが求められていました。また、科学観測では、対象天体のどこを見た（観測した）のかを知ることが重要で、そのためには探査機の姿勢と位置の情報が重要とされます。直径約1kmのリュウグウを科学観測するために、探査機の位置ズレは数m以下におさえる必要がありました。

さて、このようなズレを出来る限りゼロに近づけるために、リュウグウの形状モデルを用いることにしました。この形状モデルは画像データから合成されたもので、レーザ高度計データとは独立です。もし探査機の軌道も小惑星の軌道も全て正しければ、レーザの反射点（フットプリントと呼びます）はリュウグウ形状モデルの表面にピタリと張り付くはずですが、もし「はやぶさ2」のリュウグウの相対位置が間違っていたら、フットプリントはリュウグウ表面から外れてしまいます。実際にレーザ高度計データを使わないとんでもない場所にフットプリントが集まってしまいました（図02の水色）。そこで、このズレをできるだけ小さくして、フットプリントが小惑星リュウグウ表面の地形に沿うように「はやぶさ2」の相対位置を推定したのが図02の青と赤です（赤は青をさらに微調整した結果）。私たちは、このような手法を開発し「はやぶさ2」の位置推定を改良しました。LSSに割ける時間は約50日しかありませんでしたが、松本ら(2020)が開発した手法によって、データが地上にダウンリンクされてから1~2日で直ぐに位置推定を改良することができるようになりました。

### ●より正確な位置推定に挑戦

リュウグウの特性を調べるためには、レーザ高度計の距離データをリュウグウ表面地形に幾何学的に当てはめるだけでは不十分です。リュウグウの重力や太陽光が探査機を押し力（太陽輻射圧）といった微小な力まで考慮して探査機とリュウグウの



03 測距データとイメージトラッキングデータを用いることで、3次元空間における探査機の初期位置と速度を推定した。レーザ高度計距離データを用いた探査機の位置の推定には、レーザ高度計から出たレーザビームがリュウグウ表面に当たる位置（フットプリント）の中心座標が必要だが、このフットプリントの推定には、先に述べた松本ら(2020)による測距データの地形への当てはめの方法が利用された。

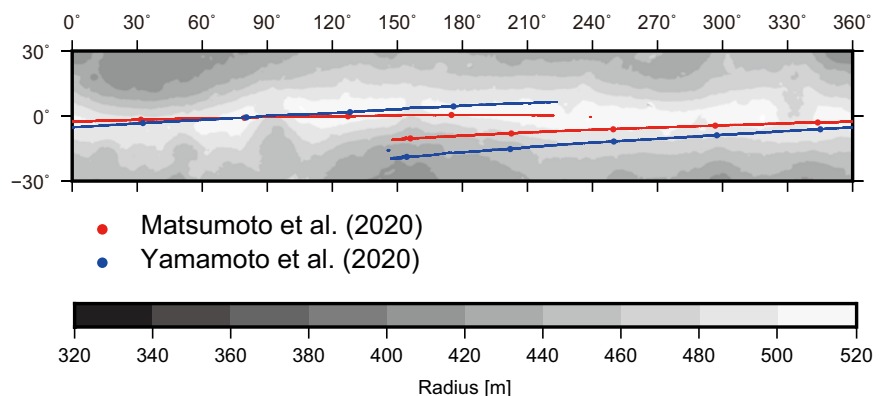
位置関係の変化を決める必要がありました。山本ら(2020)は、松本ら(2020)の開発した手法を発展させて、より正確な位置推定に挑戦しました。

まず、山本ら(2020)は広角カメラの画心座標を表すデータ（イメージトラッキングデータ）を使うことにしました（図03）。カメラによる撮影では、リュウグウ表面の太陽に照らされている部分が白く（明るく）、影になっている部分や宇宙空間は黒く（暗く）写ります。明るい部分の座標の平均値が画心（輝度中心）座標であり、これにより「はやぶさ2」の広角カメラが宇宙空間においてどちらの方向を向いているかがわかります。このデータはレーザビームと直交する2方向に対して感度があります。撮像データは1枚あたりのデータ量が多く、探査機から地上に送ることができるデータ量の制約から、限られた時刻でしか利用できません。一方、イメージトラッキングデータ

はデータ量が少ないため、より多くの時刻で利用可能であるという利点があります。

リュウグウ近傍では、リュウグウによる重力加速度、太陽輻射圧による加速度が、はやぶさ2探査機の軌道に大きな影響をおよぼします。山本は、位置推定の過程において、リュウグウのGM（万有引力定数とリュウグウの質量の積）の値および太陽輻射圧モデルの補正係数（計算に使用しているモデルを何倍すれば良いかという補正值）も同時に推定しました。推定されたリュウグウのGM値は、 $29.8 \pm 0.3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ でした。この値は異なる方法、ソフトウェアで推定されたWatanabe et al. (2019)の結果と誤差の範囲内で一致しています。また、初期の太陽輻射圧モデルに対する補正係数は、 $1.13 \pm 0.16$ と推定されました。

松本ら(2020)の開発した手法では、形がよく似た別の場所の地形に測距値を当てはめてしまい、結果として不正確な軌道



04 小惑星リュウグウ上のレーザ高度計のフットプリントを配置した図。赤色は松本の開発した手法による推定。青色は山本が改良した手法による推定。背景のグレーは小惑星重心から測った高度を表している。Yamamoto et al. (2020) 論文より改編して引用。

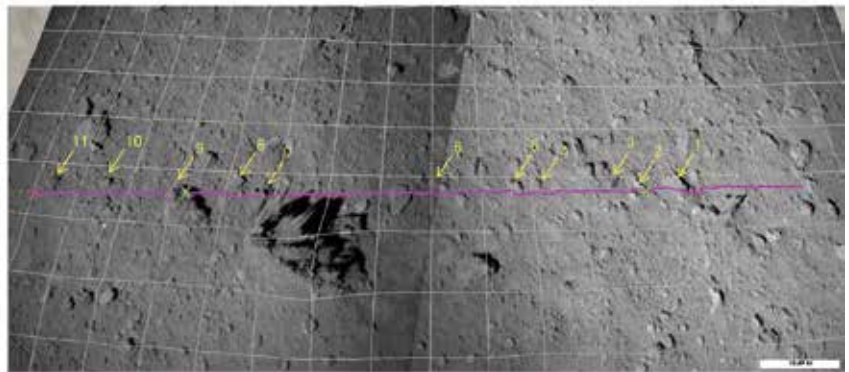
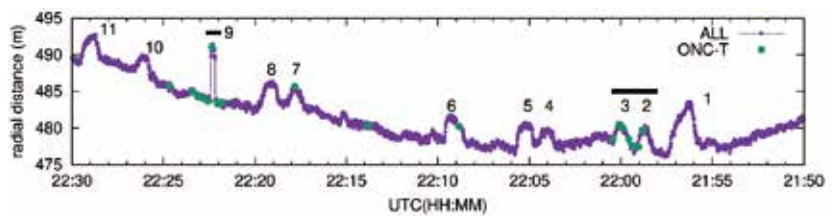
が推定されてしまう場合があります。距離データに加えてイメージトラッキングデータを用い、力学的な軌道推定をすることによって、こうした間違っただけの地形への当てはめを修正することができ、推定位置の改良に役立ちました (p07・図04)。測距値および画心座標値の観測値と計算値の差の平均値 (二乗平均平方根) は、それぞれ 1.36m と 0.0270° でした。

●レーザ高度計のアライメントの高精度決定とリュウグウ形状モデルの作成

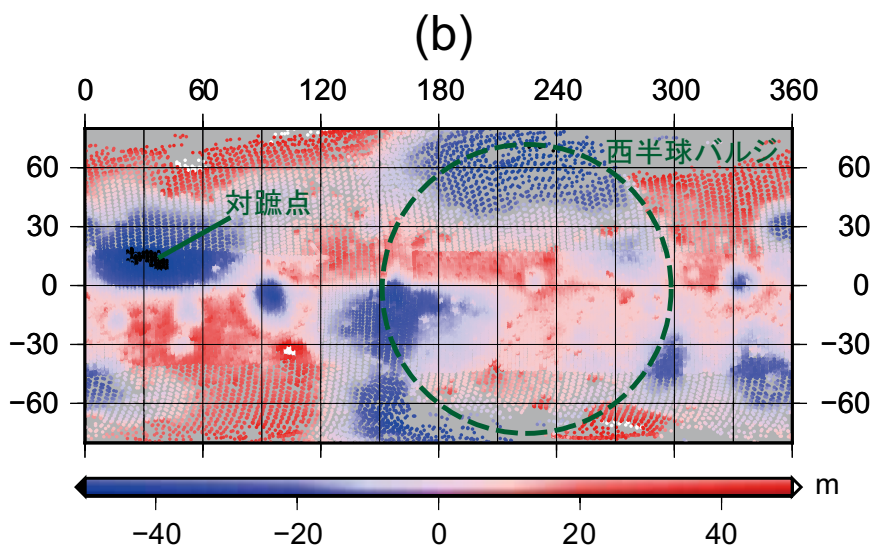
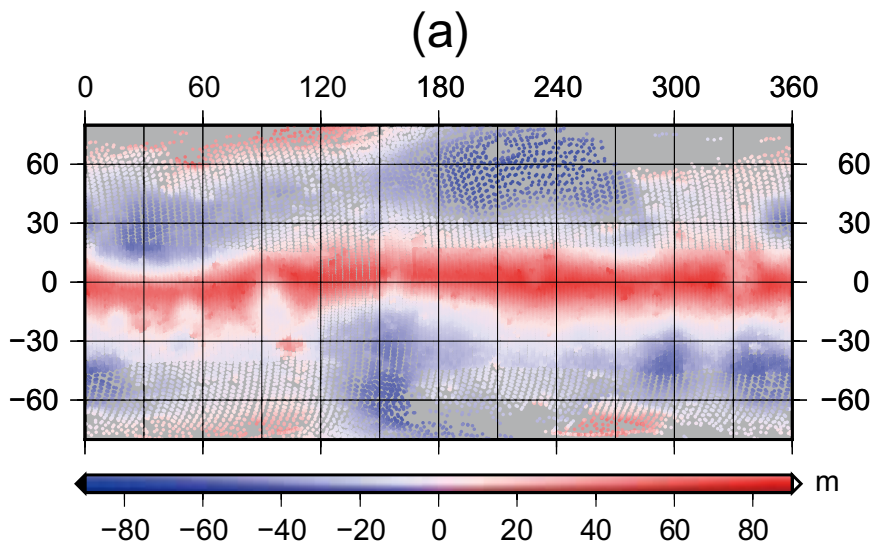
松本ら (2020) と山本ら (2020) の方法に共通するのは、レーザ高度計のフットプリント位置の推定です。この推定には探査機の姿勢とともに、レーザ高度計が探査機に固定した座標に対してどの方向を向いているか、というアライメント情報が必要です。レーザ高度計のアライメントは打ち上げ前に正確に測られていますが、打ち上げ時の強い衝撃や激しい振動でわずかにずれることがあります。このズレを打ち上げ後に測定しようとしたのが、野田ら (2021) の研究です。

図05 (上) はレーザ高度計が測定した距離データから、松本ら (2020) や山本ら (2020) が行った位置推定によって導かれた地形データです。この地形にはほとんどころ上に凸な飛び出しがあります (1~11)。これらの飛び出しはレーザ高度計のフットプリントの中に巨石 (ボルダー) が入ることによって測られたと考えられます。そこで、図05 (上) のフットプリントが横切ったとおぼしき場所の画像データ (図05 (下)) と比べてみます。図05 (上) の1~11の飛び出しとうまく合うようなボルダーの配置を探すと図05 (下) の紫の線の配置が見つかりました。ここがレーザ高度計のフットプリントだと思われます。つまり、カメラ視野内でのフットプリント位置が分かった訳で、カメラとレーザ高度計のアライメントが決まった事を意味しています。

野田ら (2021) が調べたアライメントは、その後、2020年12月に行われた光リンク実験により確認されました。光リンク実験とは、地上の衛星レーザ測距局から発信されたレーザを「はやぶさ2」レーザ高度計で受けて、「はやぶさ2」レーザ高度計が発信したレーザを地上の衛星レーザ測距局で受信する実験です。この実験では、地球と「はやぶさ2」の距離が600万kmという深



05 (上) レーザ高度計データから導かれた表面地形。1~11の凸はリュウグウ表面のボルダーに対応すると考えられる。(下) 上図のフットプリントが通過したと想定される場所の画像。上の地形データと良く一致すると考えられるフットプリント位置を紫の線で示している。Noda et al. (2021) 論文より引用。



Topography

06 (a) レーザ高度計データから導かれた表面地形。半径一定の球面を基準に測られた地形となっている。(b) コマ形状を基準にして測られた地形。Matsumoto et al. (2020) 論文より改編して引用。

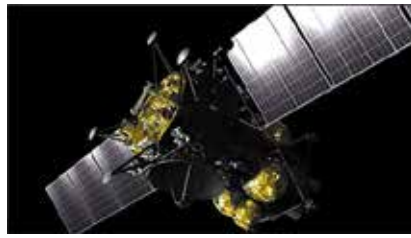


宇宙で双方向のレーザ受信が成立しました。併せて、レーザ高度計のアライメントを確認することが出来ました。光リンク実験は工学メンバーが主体となって行われましたが、レーザ高度計の運用に精通している RISE 月惑星探査プロジェクトメンバーも積極的に協力し、工学と理学の連携によって世界第二位の記録を達成することができました。

さて、このようにして決められた推定位置と距離データを使うと、カメラ画像から作られた形状モデルとは別に、レーザ高度計データ独自のリュウグウ形状モデルを作成することが可能です。「はやぶさ2」は南北に首を振ってリュウグウ全体を観測することがありました（スキャン観測）。松本ら（2020）はこの独自地形データを使って、地形図を作成しました。一般に天体の地形は平均半径の球面を基準にして測ります。図06(a) はそのようにして測られた地形です。リュウグウの全体形状はそばんのコマのように2つの円錐を合わせたような形をしているので、赤道面が膨らんでいる（青色）、高緯度地域が相対的に凹んでいる（青色）様子が表されています。しかし、クレーターなどの詳細な地形は判然としません。そこで松本ら（2020）は球面ではなく、コマ形そのものを基準面にして地形を測ることにしました（図06(b)）。そうすると、クレーター地形や溝地形がくっきりと浮かび上がってきました。また、図06(b)には西半球バルジと呼ばれる、大地形が現れています。この大地形はその他の地域とスペクトルやクレーター密度が異なっていますが、なぜそのような大地形ができたのかはまだよく分かっていません。松本ら（2020）が作成した地形図では、この西半球バルジの反対側（対蹠点）付近にリュウグウで一番低い場所があることを明らかにしました。このことから松本ら（2020）は、衝突が引き金となって、西半球バルジを形成したような流動がリュウグウ内部に生じたのではないかと推察しています。

## ● MMX ミッション—新しい惑星測地学の開拓へ

「はやぶさ2」で開発された位置推定の手法は、「はやぶさ2」ミッションだけでなく、将来の小天体のミッション、特に RISE 月惑星探査プロジェクトが取り組む火星衛星探査計画（MMX）（図07）でも、精密な探査機位置を推定するための方法



07 火星衛星探査計画（MMX: Martian Moons eXploration）の探査機のイメージCG（©JAXA）。

として役立ちます。MMXは2024年に打ち上げ予定のJAXAミッションで火星の衛星であるフォボスからサンプルを持ち帰ることを計画しています。フォボスは、かつては火星に捕獲された小惑星とも考えられていましたが、近年では巨大衝突によって生まれたという説が有力になっています。さらには、火星に捕獲された小惑星がロッシュ限界の内側に落ち込んで潮汐破壊され、ロッシュ限界の外側で再集積というサイクルを複数回繰り返しているという仮説も提唱されています。RISE 月惑星探査プロジェクトは、MMXミッションの中に編成された測地サブサイエンスチームを主導し、内部構造の観点からフォボスの起源に迫ろうとしています。

フォボスの内部に関する最も基本的なデータは平均密度と慣性モーメントです。これまでの火星探査で、火星周回する探査機がフォボスの傍を通過する際に図08のような画像を撮り、質量や体積を測りました。それによると、フォボスの平均密度は約 $1850\text{ kg m}^{-3}$ といかなる隕石よりも低い値を示しています（タギッシュレイク隕石を除く）。つまり、フォボスの内部はイトカワやリュウグウと同じように隙間だらけであるか、多量の氷水を含んでいるかの2通りが予想されます。ただし、表面は数10 mの厚さのレゴリスによって覆われていますし、氷水は見つかっていません。そこで我々は、地形や重力、自転軸の秤動を手がかりに慣性モーメントを測定し、フォボス内部を探ろうと計画しています。測地サブサイエンスチームでは、隙間だらけの内部、氷水を含む内部、固い岩石のコアと、岩石のみの外層、あるいは岩石

と氷の外層などなどを組み合わせて慣性モーメントがどれほど変わりうるかを調べました。その結果、慣性モーメントは17%ほどの幅を持ちうるということが分かりました。様々な内部構造を区別するためには、慣性モーメントを数%の精度で測ることが必要と考えられます。そのためには、フォボスの重力に敏感に反応する探査機軌道計画や、自転軸のふらつきをきちんと測ることができるといった撮像計画が求められます。現在、測地サブサイエンスチームではそのような観測計画への要求を具体的に計画してMMXミッションに提案しようと準備中です。

また、図08にみられるようにフォボスに幾筋もの溝地形が見つかっています。これらの溝はばらばらに走っているわけではなく、その方向によって複数のグループに分けられています。溝の深さはまだ測られたことはありませんが、フォボスの内部構造や、フォボスが辿ってきた歴史と深い関わりがあるのかもしれませんが、フォボスにも無数のクレーターが見つかっています。多くは単純なお椀型をしています。底が平たくなっていたり、盛り上がっていたりと複雑な形状のクレーターもみつかっています。このようなクレーター形状もフォボスの浅い構造を反映していると考えられています。今後はこうした表層地形から内部構造を制約する手法についても検討を進めていきます。私達 RISE 月惑星探査プロジェクトは、「はやぶさ2」での経験を生かして小天体の内部構造という、新しい惑星測地学を開拓してみたいと考えています。



08 マーズリコネッサンスオービターが2008年3月23日に距離5800 kmから撮ったフォボスの姿（©NASA/JPL-Caltech/University of Arizona）。

## おかえりなさい、はやぶさ2。そして次のターゲットへ。

堀内貴史 (石垣島天文台)、佐藤幹哉 (天文情報センター)、寺居 剛 (ハワイ観測所)

●2020年12月6日に、無事カプセルのリエントリーに成功した「はやぶさ2」。このはやぶさ2の帰還に合わせて、探査対象だった小惑星「リュウグウ (162173 Ryugu)」及びはやぶさ2を撮影する「リュウグウ & 『はやぶさ2』 おかえり観測キャンペーン」が、JAXA はやぶさ2プロジェクト、日本惑星協会 (TPSJ)、日本公開天文台協会 (JAPOS) の3者共同により実施されました。国立天文台では、このキャンペーンへの参加および独自の広報活動等により、石垣島天文台、三鷹キャンパス、ハワイ観測所において撮影が実施されました。それぞれの取り組みについて報告します。

### 石垣島天文台 むりかぶし望遠鏡

～小惑星「リュウグウ」を鮮明に捉える～

小惑星リュウグウの観測好機に際し、石垣島天文台では九州・沖縄地方最大の光学望遠鏡、105 cm むりかぶし望遠鏡/MITSuMEによる3色同時撮影(緑、赤、近赤外)を行いました。観測は11月4日の23時から1時間ほど行いました。石垣島を含む八重山地方では秋から冬にかけて悪天候が続くことが多いですが、撮影時は快晴で17等程のリュウグウの姿を鮮明に捉えることができました。

はやぶさ2に関しては、帰還時は悪天候により観測不可となりました。それでもリュウグウの撮影を通じて、キャンペーンに貢献できたことは非常に貴重な経験となりました。

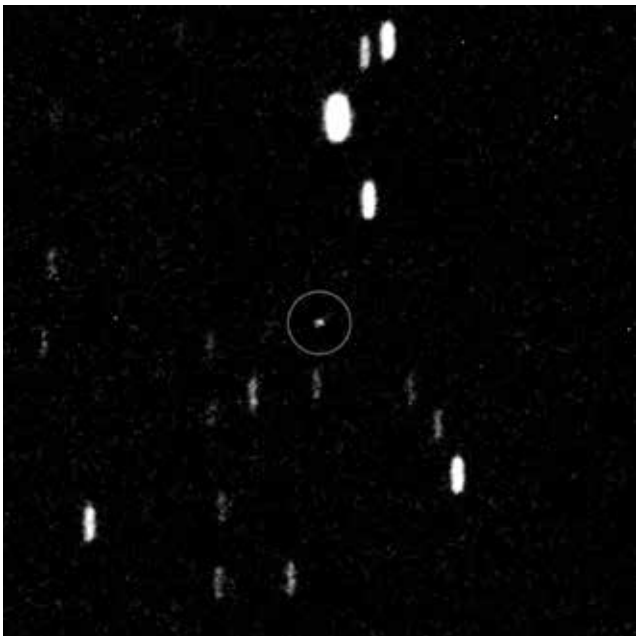
01 むりかぶし望遠鏡(石垣島天文台)で撮影された小惑星リュウグウ  
2020年11月4日23時32分～5日0時3分(日本時)撮影  
[https://murikabushi.jp/?page\\_id=572#162173](https://murikabushi.jp/?page_id=572#162173)



### 三鷹キャンパス 50センチ公開望遠鏡

～「リュウグウ」「はやぶさ2」そして「リントリーカプセル」を都内で撮影～

新型コロナウイルスの流行のため、2020年は三鷹キャンパスの定例観望会の開催ができない状況が続いていました。そんな中でしたので、今回のはやぶさ2の帰還のような市民の関心の高いもの

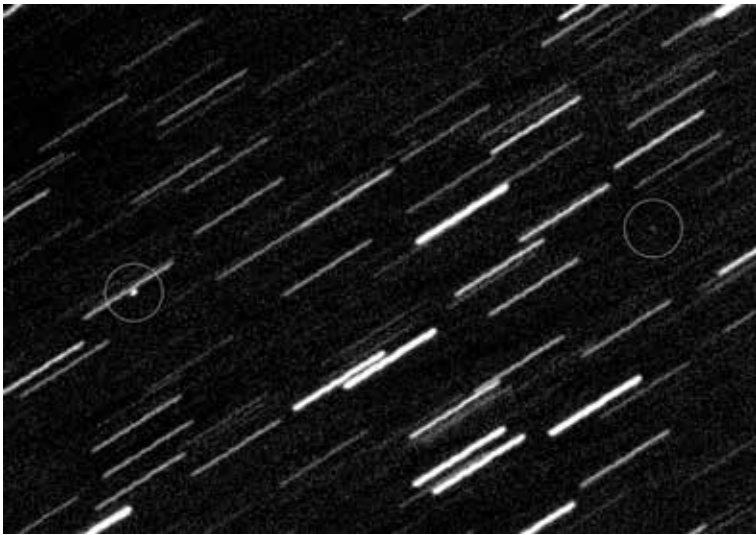


については、積極的に撮影してその様子を伝えたいという思いは強く、キャンペーンに参加し撮影に臨むことにしました。

リュウグウの撮影は11月19日。16等級台という暗さでしたが、三鷹の50センチでも十分に捉えることができました。一方、慣れない撮影機材と、リュウグウが地球接近中で移動速度が速いことによるトラブルも起こり、やや不鮮明な像しかお届けできませんでした。

このときの反省を元に臨んだのが、12月5日から6日にかけてのはやぶさ2の帰還時の撮影です。当日は予想よりも天候の回復が遅く、撮影開始は20時になりましたが、最初の露出で鮮明な「はやぶさ2の像」を得られました。予想以上によく写ったため、当初の予定にはないカプセルの撮影にもトライしたところ、なんと予報位置に淡い像が認められます。そこで、はやぶさ2との相対位置が離れないうちに、カプセルとはやぶさ2の2ショット画像にもチャレンジし、見事撮影に成功しました。ツイッターで公開した速報画像は、JAXAのはやぶさ2公式アカウントからもリツイートされ、多くの反応を得ることができました。

02 50センチ公開望遠鏡(三鷹)が撮影した小惑星リュウグウ(中央丸の光点)  
2020年11月19日19時29分(日本時)撮影  
(撮影:佐藤 幹哉、石川 直美、内藤 誠一郎)  
<https://www.nao.ac.jp/gallery/minorp.html>



その後は移動が速くなるため、動画による待ち伏せ撮影に切り替え、1時12分頃からはやぶさ2の像を捉えました。最後は手動にてはやぶさ2を追尾し、1時57分頃に地球の影に入り見えなくなる様子まで、撮影することに成功しました。動画のハイライトは、自宅にて待機していた三上真世さん（天文情報センター）により、未明のうちに国立天文台のYouTubeチャンネル (<https://www.youtube.com/user/naojchannel>) にて公開され、多くの人の目に触れました。

03 50センチ公開望遠鏡（三鷹）で捉えたはやぶさ2（左）とカプセル（右）（それぞれ丸の中の光点）

2020年12月5日21時11分（日本時）撮影  
（撮影：佐藤 幹哉、石川 直美、内藤 誠一郎）

<https://www.nao.ac.jp/gallery/conste.html>

## ハワイ観測所 すばる望遠鏡

～いち早く捉えた「はやぶさ2」、そして「小惑星1998 KY26」～

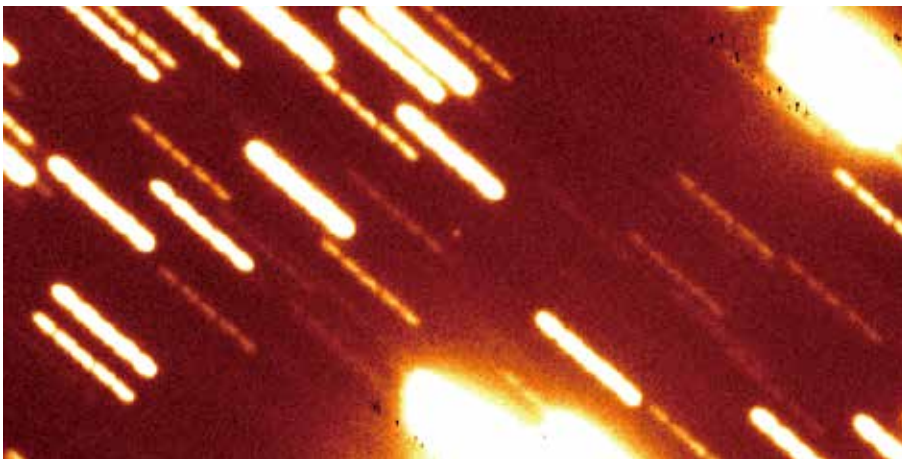
地球に帰還しつつある「はやぶさ2」をいち早く撮影するため、我々はすばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラHSCによる撮像観測をハワイ時間11月19日夜に実施しました。この時期マウナケアは悪天候が続いてなかなか観測ができず、この日がHSCで撮影できる最後の機会でした。霧や機械トラブルで予定外に遅れたものの、「はやぶさ2」が見える最後の時間帯に何とか観測を行うことができ、地球から580万キロメートル

先を航行する「はやぶさ2」が放つ淡い光を捉えることに成功しました。

その翌月、今度は「はやぶさ2」拡張ミッションの目標天体である小惑星「1998 KY26」の観測を同じくHSCで実施しました。軌道要素の精度向上のためにJAXAから依頼されたものですが、この小惑星は非常に暗いうえ移動速度が速く、難度の高い観測でした。幸い当日は天候に恵まれ、予定通りにデー

タを取得。すぐさま解析して画像を確認すると…、写っている！ 重圧から解放された瞬間でした。「はやぶさ2」拡張ミッションに貢献できたことは大変光栄ですし、すばるの高い性能を分かりやすい形で世間に広くお伝えする良い機会になり、喜ばしく思っています。

※その後、JAXA 宇宙科学研究所「はやぶさ2」プロジェクトから、ハワイ観測所に感謝状が贈られています。



04 すばる望遠鏡で捉えた「はやぶさ2」（画像中央の点光源）

ハイパー・シュプリーム・カム使用

2020年11月20日00:12～00:29（ハワイ現地時）撮影

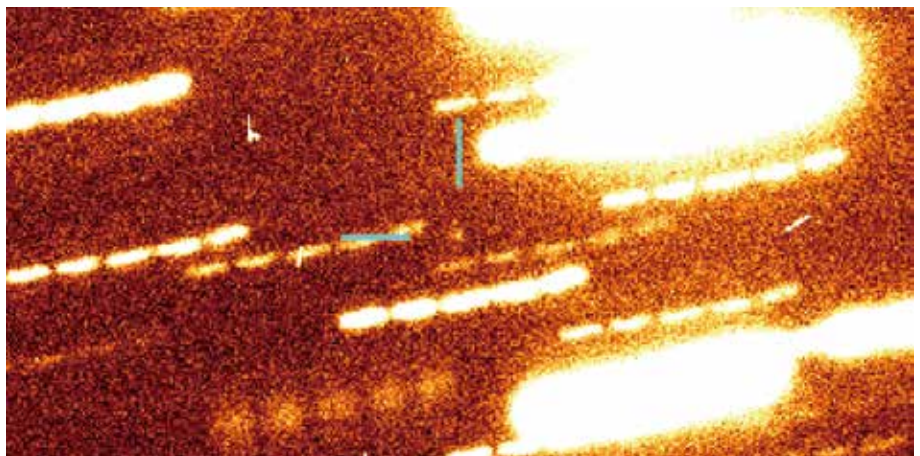
<https://subarutelescope.org/jp/news/topics/2020/11/25/2913.html>

05 すばる望遠鏡で捉えた小惑星「1998 KY26」（画像中央、2本の線が交わる位置にある点光源）

ハイパー・シュプリーム・カム使用

2020年12月10日2:04～2:16（ハワイ現地時）撮影

<https://subarutelescope.org/jp/results/2020/12/17/2921.html>



## 「PyRAF ミニ講習会（オンライン版）」開催報告

亀谷和久（天文データセンター）

天文データセンター（ADC）では、「PyRAF ミニ講習会（オンライン版）」を2回開催しました。開催日は第1回は2020年9月29日（火）、第2回は10月28日（水）～29日（木）でした。講師は天文データセンターの磯貝瑞希特任専門員が務めました。

もともと2020年3月に「PyRAF ミニ講習会」を開催予定で既に受講者の募集を始めていましたが、新型コロナウイルス感染症の影響で延期としていました。その後パンデミックがなかなか収まらない中で、ADCでも主催の講習会についてオンライン開催が可能か検討した結果、内容を一部変更してZoomを利用したオンライン版を開催することにしました。

まず8月に第1回の受講者募集を始めたところ、定員（12名）を超える多くの方から応募がありました。予想以上の反響でしたが、オンライン開催の方が受講しやすい方も多いと推測されます。需要が多いことがわかりましたので、第1回の終了後に急遽第2回を企画しました。参加された受講者は、第1回が12名、第2回が11名となり、その多くは学部4年生と修士課程の大学院生でした。

PyRAFは、可視光・赤外線観測データ解析の標準ソフトIRAFの機能をプログラミング言語Pythonから呼び出して利用するためのソフトウェアです。今回の講習会では、講師作成の充実したテキスト★01に沿って進行し、前半は天文データセンターが運用する「多波長データ解析システム（MDAS）」★02上にPyRAF環境を構築する方法を学びました。後半では、PyRAFの対話的使用法とPython言語の基礎、Pythonスクリプト内でPyRAFを使用する方法を講義と実習で身につけた上で、最終的には自ら構築したPyRAF環境上で実際の天文観測データの解析実習を行ないました。

第1回は全ての内容を1日で実施しましたが、前半の環境構築の段階で少しでもつまづいて遅れてしまうと後半の実習にも響くことが判明したため、第2回ではこの反省から前半と後半で2日に分けて開催することにしました。

講習会中、受講者の皆さんは各自自宅等からZoomに接続して参加されま

した（写真01、02）。講義（座学）の時間には、画面共有されたテキストを見て講義を聴講しました。実習の時間には、MDASの解析サーバにも接続して各自の実習を進めつつ、Zoom上でも説明を聞いたり質問をしたりしました。Zoomには講師の他にチューターや世話人も接続し、質問対応やトラブル対応を行ないました。受講者が質問をする際には、Zoomで発話していただく他に、チャットやブレイクアウトルーム、遠隔操作などの機能

を活用して対応しました。幸いにも心配していたトラブルはそれほど多くなかったのですが、全体のスケジュールへの影響を最小限にするためにブレイクアウトルームを利用して個別に対応することもありました。そして、最終的には多くの受講者が実習を最後まで完了することができたようです。

受講者を対象としたアンケートの結果によると、今回の2回の講習会の満足度は高く、講義と実習ともに好評でした。オンライン開催についても非常に高い評価をいただき、「遠方の大学にとってオンラインでの参加ができるのは助かります」などのご意見をいただきました。講師とともに色々工夫して準備した世話人としては大変嬉しく思います。

今後もオンラインの利点も活かしつつ需要を捉えた講習会を企画していきたいと思っております。講習会についてご意見・ご要望がありましたら、ぜひ天文デー



01 第1回参加者・講師・世話人の集合写真。



02 第2回参加者・講師・世話人の集合写真。

タセンターの講習会担当までお知らせください。

★01 今回の講習会のテキストは、以下のウェブサイトに掲載しております。

[https://www.adc.nao.ac.jp/J/cc/public/koshu\\_shiryo.html#iraf\\_prog](https://www.adc.nao.ac.jp/J/cc/public/koshu_shiryo.html#iraf_prog)

また、過去に天文データセンターが主催した各種講習会の資料も掲載していますので、ご興味のある方は是非ご参照ください。

★02 天文データセンターが運用する共同利用のデータ解析用計算機システム「多波長データ解析システム（MDAS）」は、天文学やその関連分野における大学院生以上の研究者であれば利用できます。コロナ禍でも解析サーバは稼働を続けており遠隔環境からも利用可能です。ただし緊急事態宣言中は一部運用方法を変更していますので下記サイトでご確認ください。

<https://www.adc.nao.ac.jp/MDAS/>

## 「南十字星モニター」活躍中！

花山秀和、堀内貴史（石垣島天文台）

2020年1月、石垣島天文台では地域における天文学の広報普及活動の一環として南十字星モニターのウェブページを公開しました。同ページでは南十字星が随時確認できるとともに、観察や撮影に必要な情報や過去のデータなども閲覧できるようになっています。本稿では設置の経緯や経過についてお話しします。

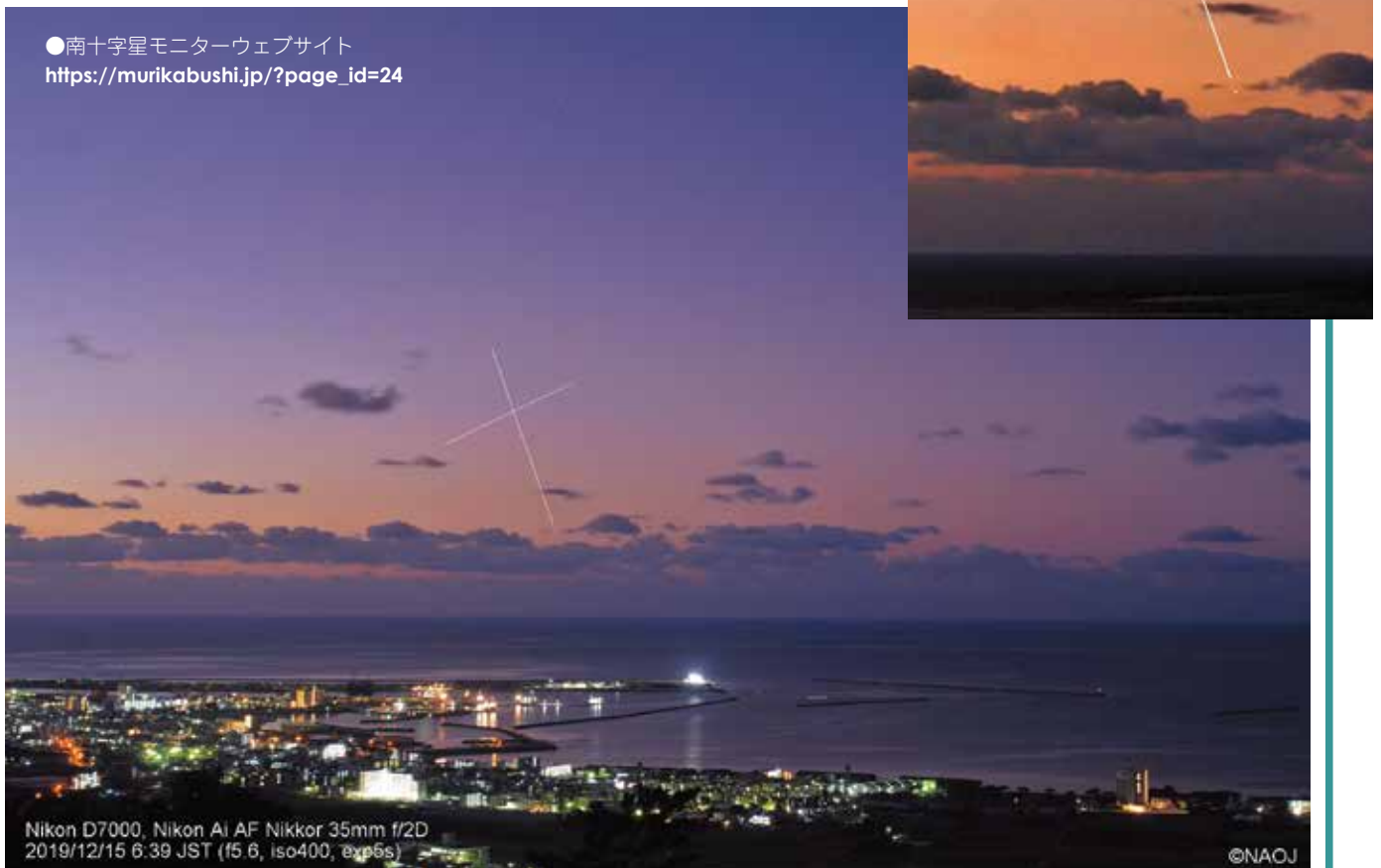
石垣島は北緯24度、南半球で見える星として有名な南十字星（みなみじゅうじ座）を国内から観察できる地域の一つです。星座の十字を形作る4つの星すべてが見える時期は12月から6月までのおよそ半年間で、南の空の水平線から高度約9度までの範囲に現れます。石垣島を含む八重山地域は、国内で人が定住する場所としては南十字星を最も高い位置で見ることができる場所にあります。地元天文愛好家の会であるNPO法人八重山星の会によって開催されている「南十字星観望会」には、毎年多くの市民や観光客が参加し、双眼鏡での観察や写真撮影が行われています。八重山の親善使節

の名称「ミス八重山 南十字星」としてもその名前は親しまれており、2019年7月には全国でも珍しい「市の星」に制定されました。南十字星は地域の内外から広く認知されている一方、一般の方々が観察したり撮影したりするにはやや難易度が高いという問題があります。大気の影響で星の明るさが暗くなり、周辺にわかりやすい目印となる星もないため探すには知識や経験が必要です。また、水平線付近は雲やもやがかかりやすく、十字を形作る4つの星を撮影できるチャンスはあまり多くはありません。このような問題に取り組み、南十字星を多くの人々に身近なものにしてもらうために、2019年の冬に南十字星モニターの制作を思い立ちました。

南十字星モニターは石垣島天文台の屋外に設置したデジタル一眼レフカメラで、定期的に撮影された画像をウェブページで閲覧できるようになっています（図01、p14・図02）。南十字星の様子をほぼリアルタイムで確認できるので、観察したり

撮影したりする際に参考として活用することができます。機材には古いカメラやレンズ（35mm）、ノートパソコンを利用し、カメラ制御から静止画・動画の作成、データ転送に至るまでフリーのソフトウェアを使ってプログラミングすることで、コストをかけずに基本的な過程を全て自動化することができました。その反面、プラスチックの箱にドリルで穴をあけてケースを自作したり、雨よけのためにアクリル板をガムテープでつぎはぎしてボルトで固定したりと、本体に関しては手作り感が満載です（図03、04）。

●南十字星モニターウェブサイト  
[https://murikabushi.jp/?page\\_id=24](https://murikabushi.jp/?page_id=24)



01 南十字星モニターでは初めて撮影された明け方の南十字星（2019年12月15日）。



02 南十字星と石垣市の夜景。

南十字星モニターのウェブページはユーザーの使い勝手に配慮し、見える時期や出入時刻などを掲載しているほか、画像には撮影情報を付記しています。また、過去の画像を動画にしたものや、4つの星の位置を示す十字線を引いた画像一覧を掲載するなどの工夫も行っています。2020年1月の公開開始後からさまざまなメディアで話題となり、パソコンやスマートフォンから楽しめる手軽さもあってか5か月で19万アクセス、1日平均1,000アクセス以上の人気コンテンツになりました。みなみじゅうじ座の $\alpha$ から $\delta$ までの4つの星すべてがモニターに写っていた日数を集計すると、12月初めから6月末までの約7か月の間に35日、平均すると見える頻度は週に一回程度となっていました。最も多く見えたのは6

月の14日間で、全体の4割を占めました。沖縄県は例年5月に梅雨入りし、6月の梅雨明けから夏にかけて八重山地域では晴れの日が多くなります。南十字星が見える頻度は地域の気候に影響を受ける側面があるのかもしれませんが。

季節が変わり夏になると南十字星はしばらく見るができなくなります。その代わりというわけではありませんが、この時期は夜空に素晴らしい天の川が広がります。石垣島は緯度が低く、いて座にある天の川銀河の中心部が高い位置に見えます。せっかく設置した装置でこの天の川をモニターしない手はありません。レンズを35mmから魚眼レンズに交換しモニター本体の角度を調整することで、「天の川モニター」に早変わりです。普段はなかなか眺めることができない天の

川を7月から11月まで鑑賞できるようリニューアルしました。今後もシーズンに合わせて模様替えを行っていく予定です。2020年はCOVID-19の影響によって自宅で過ごす時間が増え、これまでの生活様式が大きく変化する年となりました。より多くの方々に天文や宇宙への興味・関心を深めてもらえる機会として、今回のような星空のリモート鑑賞環境整備は今後益々その必要性が高まっていくのではないかと考えています。

●謝辞：NPO法人八重山星の会の通事安夫代表理事、新崎善國理事、本宮信夫理事には設置にあたって貴重なアドバイスをいただきました。ここに感謝の意を表します。



03 南十字星モニター本体の写真。



04 南十字星モニターと街の景色。

## 家正則名誉教授が日本学士院の新会員に選出

国立天文台の<sup>いえまさのり</sup>家正則名誉教授が、2020年12月14日に日本学士院の新会員に選出されました。

日本学士院は文部科学省に設置されている機関です。日本の学術の発展に寄与するために必要な事業を行うことを目的とし、学術上の業績を基に選定された会員により組織されています。

家名誉教授は、望遠鏡の主鏡をコンピュータ制御で理想的な形に保つ「能

動光学」を提唱し、口径8メートルのすばる望遠鏡をハワイ島に建設する計画に貢献しました。すばる望遠鏡の完成後は、初期宇宙の観測に力を注ぎ、当時としては最遠となる130億光年離れた銀河を検出しました。また、大気ゆらぎによる星像の乱れを克服する「補償光学」の機能を持つ装置を開発し、すばる望遠鏡の視力を10倍に向上させることに貢献しました。この装置を搭

載したすばる望遠鏡は、近距離の恒星を公転する惑星の直接撮像に成功しています。このような家名誉教授の業績は、天文学の発展に大いに繋がっています。



家正則名誉教授

## 国立天文台と電気通信大学が包括的な連携協定を締結

自然科学研究機構 国立天文台と電気通信大学は、包括的な連携協定を締結いたしました。両者代表による協定調印式を、2020年11月17日に電気通信大学にて執り行いました。

国立天文台と電気通信大学は、これまでも高周波技術開発の分野で連携し、アルマ望遠鏡の受信機の性能向上に寄与する研究を協力して行い、優れた成果を生み出してきました。本協定の締結を機に、今後は人工知能（AI）を天文学に应用するなど、これまでの枠を超えた新たな分野における連携が期待されます。

田野俊一 電気通信大学長（左）と常田佐久 国立天文台長。（クレジット：国立天文台）



## 国立天文台が三鷹市とのさらなる相互協力に向けた協定を締結

自然科学研究機構 国立天文台は、三鷹市との相互協力に関する協定を2020年12月3日に締結いたしました。

国立天文台と三鷹市は、2009年（平成21年）に「国立天文台と三鷹市の相互協力に関する協定」を締結し、高度な学術的知識・資源の市民への普及・活用や、宇宙・自然・科学・文化などに関する事業等についての、協力・連携を進めてきました。今後は、さらなる総合的な“ひとづくり”および“まちづくり”の推進に向けて、相互に連携・協力していくため、同協定の協力・連携項目に新たに「国立天文台周辺地域の魅力あるまちづくりに関すること」および「国立天文台の敷地の土地利用計画の見直しに関すること」を追加いたしました。

河村 孝 三鷹市長（右）と常田佐久 国立天文台長。（クレジット：国立天文台）



## 編集後記

観測成果のリリースが立て込んで、てんてこ舞いでした。天文学の新しい発見を楽しく分かりやすくお伝えできるようにがんばります。(G)

最近同僚に感化され、サウナにはまっている。熱いだけで今までむしろ避けていたが、正しい入り方を教えてもらい、「とどのう」方法を知るとやめられなくなる。(は)

子どもとトランプの神経衰弱をやると圧倒的に負ける。なんで子どもってこんなに記憶力いいんでしょう。自分の頭もクリーンインストールしたい。(I)

アルマ望遠鏡の初期科学運用開始から今年9月末で10年。この間のアルマ望遠鏡の成果を振り返り如何に天文学が大きく変わってきたかを紹介する映像を作っています。ご期待ください。(h)

年度末のもろもろと装置開発の山場が同時に来て、さらにメンテを怠ってきた試験設備が次々と不調になり試練のときですが、周りの方々の支援でなんとか前進している感じです。あと少しです。(K)

在宅勤務が多く、毎日富士山を眺めている。日没が富士山にかかるダイヤモンド富士を眺めることができたが、写真撮影には失敗した。写真は難しい。。。(W)

中等教育学校へ講義に行きました。3面アクリル板に囲まれた講義でしたが、生徒の顔を見られたのは良かったです。(e)

## 国立天文台ニュース

NAOJ NEWS

No.331 2021.02

ISSN 0915-8863

© 2021 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（副台長）／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（アルマプロジェクト）／伊藤哲也（チリ観測所）  
●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。

3月号の研究トピックスは、「むりがぶし望遠鏡を用いたスターリンクダークサットの天文観測への影響調査」をお送りします。

は  
ら  
り  
の  
こ  
ろ



すばる望遠鏡  
HSC Cosmic Gallery

11 くらげ銀河 その2

田中賢幸 (ハワイ観測所)

2020年7月号で銀河同士の相互作用によるくらげ銀河を紹介した。今回は銀河と銀河団ガスの相互作用によるくらげ銀河だ。銀河団の中には大量の高温ガスが存在していることが知られている。銀河が銀河団ガスの中を運動する際に受ける「風」によって、銀河の中からガスが押し出されていくことがあり、それがこの銀河のくらげの触手を形作っている。可視や電波による観測で、押し出された電離ガスや大きくたなびいた中性水素ガスが検出されていて、銀河団のダイナミックな一面を見ることができる (Gullieuszik et al. 2017, ApJ, 846,1, Deb et al. 2020, MNRAS, 494, 5029)。

★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)」

★HSCの観測データを活用した市民天文学プログラム「ギャラクシークルーズ」もお楽しみください。

<https://galaxycruise.mtk.nao.ac.jp/>