

News

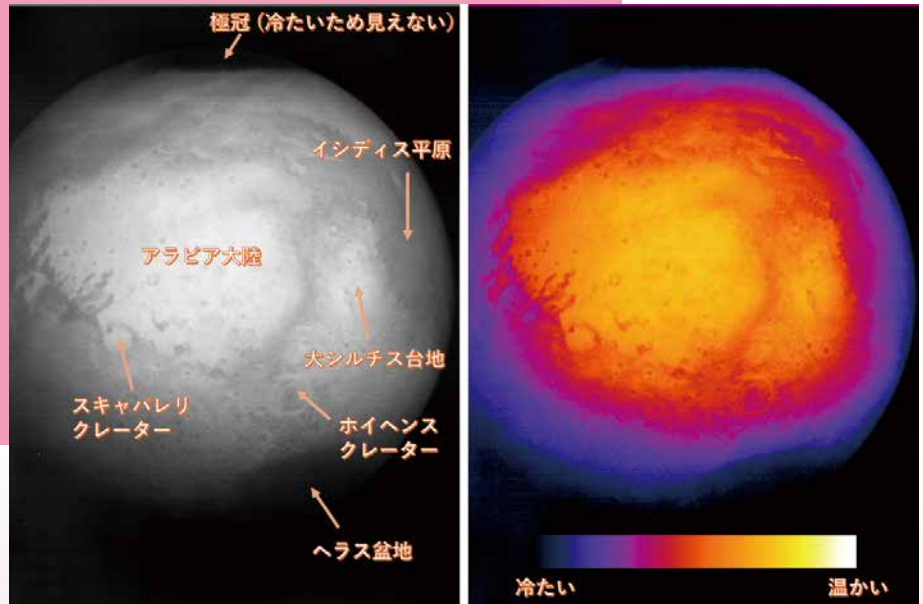
2025

4

No.529

Hera搭載熱赤外カメラTIRIによる火星の熱赤外画像

二重小惑星探査計画Heraの火星スイングバイ直前、2025年3月12日20時45分(日本時間)に日本が開発を担当した熱赤外カメラTIRIで撮像した火星の熱赤外画像(左図)。画像の中央付近にアラビア大陸や大シルチス台地、北極付近にドライアイスや水氷で覆われた極冠(低温のため暗く見える)、南側に太陽系最大の衝突クレーター地形であるヘラス盆地が確認できる。火星表面の熱放射量(右図)では、温度寒暖差の地域差が確認できる。(p.5参照)



所長就任にあたって

宇宙科学研究所長 藤本 正樹(ふじもと まさき)

2020年12月、「はやぶさ2」は小惑星リュウグウのサンプルを無事地球に届けることに成功した。このこととそれ以後のいくつかの成功から、世界の宇宙科学界におけるJAXA宇宙科学研究所の立ち位置、世界において期待される宇宙研が果たすべき役割が明快になったと感じる。一方で、宇宙科学を取り巻く環境は速いペースで変化しており、それがもたらす制約の範囲内であってもしたたかに期待に応えていくことが求められる。

宇宙研の最大の強みは、その中型計画で世界をあっと言わせることをやってみせることにある。この強みを失うことがあってはならない。また、この強みとは、新しく面白い宇宙科学の領域を切り拓くような計画を実施する際に最大限に発揮されるのであり、ある分野のあるテーマに関して突き詰める計画を実施することは、必ずしも宇宙研の強みを生かすわけではないと考える。このような、ある意味で常に新しいアプローチで中型計画に注力していくことと並行して、小型計画に対しても同じレベルでの成果創出を求めることは、もはや、現実的ではないという事実から向き合う必要がある。小型計画では衛星メーカーが協力しやすい形も意識しつつ、計画の特徴を明快にし、その特徴を出すうえで必須となる新しい要素は絞り込み、全体サイズを欲張ることなく、それでよいものについては既存品を活用し、絞り込まれた新規要素の開発は宇宙科学コミュニティ側が主導する形こそが

あるべき姿ではないか。

これらの計画を実施していく中で日本のコミュニティが世界での存在感を高め、海外が主導する計画に参加する機会を獲得することの重要性は言うまでもない。今後は、日本の枠組みでは到達できない太陽系の領域へと向かう探査システムに小型ロボットを提供する、といった形態の海外計画参加を実現したい。

世界をあっと言わせる中型計画を実行するには、そのための筋力トレーニングが必須である。これを支える活動を宇宙科学プログラムに追加したいと考える。具体的には、世界最先端の要素を含み内製比率の高い小型プロジェクトを、速いサイクルで回していくことを狙いたい。これは当然、人材育成効果を伴うものであるが、そのことは宇宙産業の在り方が大きく変わる中でJAXAに求められるのは「技術を持っていること」だと考えれば、JAXA全体にとっても効果的なプロプログラム要素となるはずである。また、この文脈で、宇宙研が保有する実験設備・実験場を整えていくことも必須であることに考えが及ぶ。

さらには、小惑星探査で世界のリーダーとなった宇宙研は、JAXAにおけるプラネタリー・ディフェンス(日本語では地球防衛と呼びたい)活動を先導することへの期待にも応えていきたい。2029年4月13日金曜日。このチャンスを見逃すべきではない。

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が変えた
遠方宇宙研究

東京大学 宇宙線研究所 助教 播金 優一 (はりかね ゆういち)

新しい望遠鏡は、常に天文学研究の強力な推進剤である。2021年末に打ち上げられたジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (James Webb Space Telescope; JWST) ももちろん例外ではない。本格的な運用が始まった2022年夏からまだ2年半ほどしか経っていないが、既に3,000本以上の関連論文が投稿され、多くの国際会議で成果について活発な議論が行われている。世界中の天文学者が、日々JWSTが届ける観測データに夢中になっており、特に遠方宇宙の研究分野では、「JWSTの登場前と後で世界が変わってしまった」と多くの研究者が言うほどである。なぜここまで盛り上がっているのか？それはJWSTによって、今まで私たちが見たくても手が届かなかった宇宙の姿が次々と明らかになっている上に、その姿が予想外だったからだ。

宇宙で最初に生まれた銀河を探す

JWSTの最重要目標の1つは、138億年の長い宇宙の歴史の中で最初に生まれた星や銀河 (初代星・初代銀河) を探すことである。誕生直後の宇宙には星や銀河は存在せず、水素やヘリウムのガスが漂うだけだった。その後、暗黒物質が重力で集積し、水素やヘリウムも集まって星や銀河が形成されたと考えられている。この誕生直後の真っ暗な状態から、続々と天体が誕生し宇宙に光が灯される時代のことは「宇宙の夜明け」と呼ばれており、天文学の未開のフロンティアとして関心を集めている。特に、初代星や初代銀河がどの時代に誕生し、どのような性質を持っていたのかは、まだ観測的に明らかになっていない。このような初期の宇宙に存在する天体は、遠くにあるため暗く、また宇宙膨張の効果で赤方偏移しているため、波長の長い赤外線の光でしかみることができない。しかし従来の望遠鏡では、赤外線で感度の良い観測を行うことができないため、これらの天体を観測するのは難しかった。

JWSTは直径6.5メートルという宇宙望遠鏡としては最大の鏡を持つ。この鏡のおかげで、他の望遠鏡と比べて圧倒的な感度を赤外線の波長で実現している。例えば宇宙の写真撮る撮像の性能では、NASAが以前打ち上げた赤外線宇宙望遠鏡であるスピッツァー宇宙

望遠鏡と比べて感度は10倍以上であり[1]、これまで調べられなかったような暗い天体まで観測可能である。これにより赤方偏移した暗い、宇宙誕生後数億年という宇宙初期の銀河を見つけることで、これまで天文学者が見たくとも見ることができなかった宇宙の夜明けの時代を観測できるだろうと期待されていた。

JWST登場:天文学者たちの熱い夏

このように多くの期待が寄せられつつ、幾度も打上げが延期されたため、2022年7月に公開された初期観測データはまさに天文学者にとって待望のものであった。データの質が予想以上だったこともあり盛り上がりは最高潮に達し、世界中の天文学者が挙ってデータをダウンロードし、宇宙初期の銀河を探そうとした。私もその一人である。近赤外線撮像カメラNIRCamで撮られた初期観測の画像データから20個以上の134億~136億年前の銀河の候補を見つけた[2]ののだが、裏には苦労と熾烈な競争があった。

データ公開日時が決まっている状況では、事前にデータ解析スクリプトを準備し、公開後すぐに解析を始め、論文を投

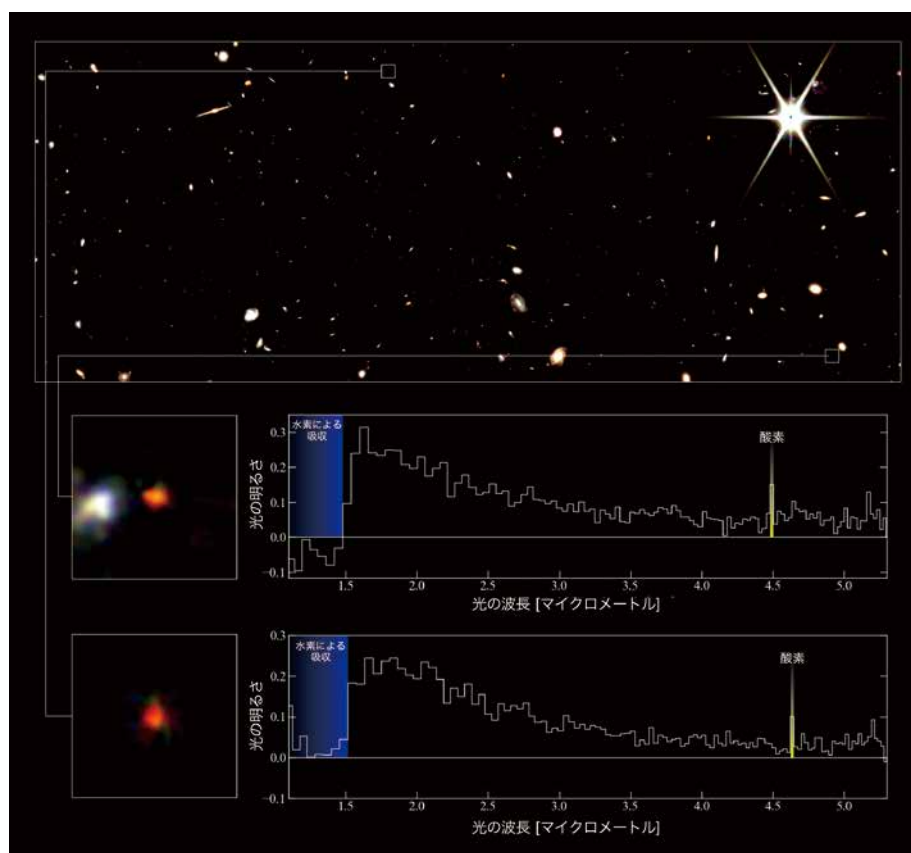


図1: 134億年かたの2つの銀河の位置 (上パネル) と分光スペクトル (下パネル)。上パネルの拡大図の中心にある赤い天体が、JWSTの分光観測により正確な距離が測定された134億年かたの銀河。我々は下パネルの分光スペクトルから酸素の輝線 (黄色) と水素による吸収 (青色) を高精度 (99.9999%以上の有意度) で検出し、この2つの銀河までの距離を134.0億年および134.2億年と決定することに成功した。©NASA/ESA/CSA, Y. Harikane et al.

134億-135億年前の銀河の個数

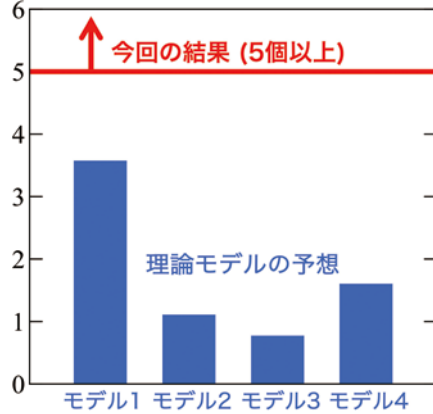


図2：134億-135億年前の銀河の個数。青色のヒストグラムは、JWST打上げ前に出版された理論モデルによる、今回の観測で発見されると予想された銀河の個数。分光観測により正確な距離を測定できた銀河の個数（5個；赤色）は、これらの理論予測を超えた値になっている。この時代の銀河の候補は他にも存在するため、実際の数は今後さらに増える可能性があり、その可能性を上向き矢印で示している。〔[3]より改変〕

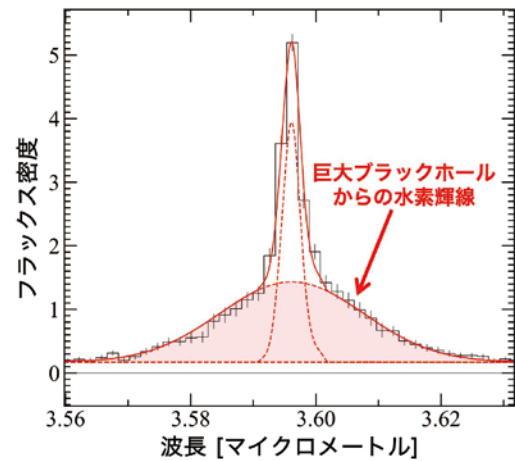


図3：今回見つかった120億年前の巨大ブラックホールの水素H α 観測スペクトルの例。赤色で塗られた部分が、活動的な巨大ブラックホールの存在を示す幅広い水素輝線。〔[4]より改変〕

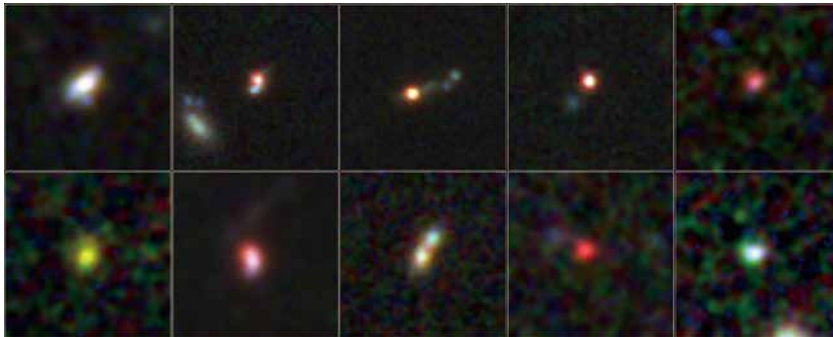


図4：今回の研究で見つかった120～130億年前の10個の巨大ブラックホールの擬似カラー画像。巨大ブラックホールからの小さくコンパクトな光だけではなく、それを保持する銀河からの広がった光も見えている。その色や形も様々であり、活動的な巨大ブラックホールは様々な種類の遠方銀河に普遍的に存在しているのかもしれない

©NASA/ESA/CSA, Y. Harikane et al.

稿するのが通常の戦略である。我々も公開半年前から準備を進め、データが日本時間の7月14日午前0時頃に公開されると同時にダウンロードして解析を開始したが、翌朝にはすでにデータを用いた簡単な論文が投稿されていた。遠方銀河の探索はスクリプトによる自動処理が主な手法だが、実際には容易ではない。NIRCam画像には遠方銀河以外の近傍天体が大量に写っており、134億年前の銀河は全体の0.01%以下しか存在しない。ノイズや宇宙線による偽信号が遠方銀河に見えるリスクもあるため、銀河選択基準の試行錯誤や個別の目視確認が不可欠だ。こうしている間も、世界中のライバルが解析を進め、明日には新たな論文が投稿されるかもしれない。そう思うと寝てもいられず、データ公開後の1週間は連日徹夜で解析を続けた。

宇宙の夜明けは想像以上に明るかった

このような初期データの解析から、134億～136億年前の宇宙では、JWSTの打上げ前に出版された理論研究の予想以上に多くの銀河が存在したことがわかってきた。このような理論研究はハッブル宇宙望遠鏡などこれまでの多くの観測結果を見事に再現していたため、それらがJWSTの新たな結果を再現できないのは天文学者たちにとっては大きな驚きであった。その後分光観測が進んだが、分光観測により正確な距離のわかっている銀河（図1）だけを集めても、やはり134億～135億年前の宇宙では予想以上に多くの銀河が存在しており、宇宙の夜明けの時代を明るく照らしていたことを確認できた（図2）[3]。

なぜ理論予測より多くの銀河が宇宙初期に見つかっている

のか？ 2022年夏に初期データの結果が報告されて以来、さまざまな可能性が議論されているが、結論は出ていない。ここでは3つの仮説を紹介する。1つ目は、銀河内での活発な星形成だ。銀河の明るさは星の量に比例するため、星が多く誕生すれば銀河は明るくなり、観測されやすくなる。活発に星を誕生させる物理的なメカニズムは不明であるが、星の誕生を抑制させるフィードバックと呼ばれる機構がうまく働いていない可能性などが議論されている。2つ目は、初代星のような非常に重たい星の存在である。初代星は太陽の10～1,000倍もの質量を持ち、紫外線で明るく輝くと予想される。そのような重たい星が多く存在すると、紫外線（赤方偏移のため我々の波長では赤外線）で明るく輝き、観測されやすくなる。3つ目は巨大ブラックホールだ。宇宙初期の銀河に活発なブラックホールがあれば、その周囲の高温ガスが明るく輝き、観測されやすくなる。これらの仮説を検証するには、JWSTによるさらなる観測が必要だが、いずれにしても宇宙初期の銀河は天文学者のこれまでの常識からは外れた天体のようである。

予想外の巨大ブラックホールの大量発見

また、このような研究を行う中で、予想外の天体を発見することもあった。120億～130億年前の宇宙における巨大ブラックホールの大量発見である[4]。従来の巨大ブラックホール探査では、ブラックホールが周囲の物質を飲み込む過程で明るく輝く「キューサー」を探す方法が一般的だった。しかし、キューサーは非常に希少で、見つかる確率は銀河の

1000分の1以下とされていた。JWSTの視野はすばる望遠鏡の約1万分の1と狭いため、巨大ブラックホールのような珍しい天体は見つからないと予想されていた[5]。

ところがJWSTの分光データを精査していく中で、図3のような幅広い特徴的な水素の輝線を持つ銀河を発見した。この輝線は、活動的な巨大ブラックホールの周りから放出される「広輝線領域」のシグナルである。自身のパソコンのモニターでスペクトルを見た当時の衝撃は今でも覚えている。最初は何かの間違いかと思いいくつか検証を行ったが、JWSTの感度があまりにもよく、非常に明確に幅広い水素の輝線が見えているため、これは本物だろうと確信した。しかも1個だけではなく、2個、3個、と次々と見つかった。最終的に合計10個の巨大ブラックホールを120億～130億年前の宇宙で発見した(図4)。これは従来の予測の50倍もの数に相当する。この大量の巨大ブラックホールの発見は、宇宙初期の巨大ブラックホールの形成や成長が、これまで考えられていたよりも遥かに速かった可能性を示している。

今後の展望

JWSTの素晴らしい性能によって、遠方の宇宙でこれまで予想されていなかった天体が次々と発見されている。現在

135.2億年前の宇宙まで銀河が確認されており[6]、人類は初代銀河の時代に後少しで手が届きそうのところまで迫っている。計画段階では推進剤の量から5年から10年と見積もられていたJWSTの寿命も、打上げロケットの軌道導入精度が高く推進剤が節約できたため、現在では10年から20年以上と予想されている。今後の観測が進むにつれ、初代銀河や初代星の発見だけでなく、予想外の大発見も起こるかもしれない。

一方で、JWSTは視野が狭く、宇宙で一番明るい銀河や、一番重たい巨大ブラックホールを探すのには適していない。現在JAXAの戦略的中型計画候補として検討が進められているGREX-PLUS[7]は、いまJWSTで探査している時代やそれよりも昔の天体で、JWSTが見つけているよりもより明るく、より重い天体を探し、宇宙の構造形成理論の検証を行うことを目的としている。将来GREX-PLUSが打ち上げられ、データが出た時に、JWSTの時の同様の、いやそれ以上の盛り上がりや感動があるだろうと期待している。

[1] <https://www.stsci.edu/jwst/about-jwst/history/historical-sensitivity-estimates>

[2] Y. Harikane et al. The Astrophysical Journal Supplement Series, 265, 5 (2023)

[3] Y. Harikane et al. The Astrophysical Journal, 960, 56 (2024)

[4] Y. Harikane et al. The Astrophysical Journal, 959, 39 (2023)

[5] 例えば, Y. Matsuoka et al. The Astrophysical Journal, 869, 150 (2018)

[6] S. Carniani et al. Nature, 633, 8029 (2024)

[7] A. Inoue et al. Proceedings of the SPIE, 121801I (2022)

ISAS 事情

第7回 XRISM Science Meetingが開催されました！

2025年2月24-27日、アメリカ合衆国アリゾナ州の都市部に位置するアリゾナ州立大学にて、第7回XRISM Science Team Meeting (以下、会合)が開催されました。X線分光撮像衛星XRISMは、JAXA、NASA/GSFCをはじめとする日米欧の多くの研究機関の協力により開発されたX線天文衛星です。今回の会合にも日米欧から、プロジェクトチームメンバーや現地の運営スタッフに加え、XRISMのデータ解析を進めるポスドクや学生などの若手研究者を含む100名以上が集結し、最新の科学成果や衛星の現状、今後の運用方針について活発な議論が交わされました。

XRISMは現在、初期運用フェーズを終え、本格的な科学観測

フェーズに移行し、世界中の研究者から公募された観測提案に基づくデータの取得が進められています。今回の会合では、XRISMの運用状況が報告され、観測機器やバスシステムは良好に稼働し、科学観測が順調に進んでいることが確認されました。データ解析の標準手順やパイプラインの整備状況、さらにはゲートバルブ開放後の較正計画についても議論が交わされました。また、これまでに観測された様々な天体の科学成果のハイライトや、それらの成果の論文執筆の状況が共有されました。多くの成果のうち、すでに10本の論文が出版・受理されており、2025年8月までに少なくとも数十本の論文が発表される見込みであることが示されました。また、XRISMの将来の科学目標も議題となり、どの研究課題を重点的に推進するか、観測バンドの拡張や、短期・長期観測の組み合わせをどう最適化するかが議論されました。会期中にはポスターによる成果発表も行われ、若手研究者を含む多くの参加者が活発に意見を交わす様子が見られました。

次のサイエンスミーティングは、2025年7月にオランダのライデンで開催される予定です。さらに、10月には京都で初のXRISM国際学会が開かれます。この貴重な機会を通じて、プロジェクトメンバーはもちろん、それ以外の研究者ともXRISMの科学成果を共有し、活発な議論を交わせることが楽しみです。

(東京都立大学 宮本 明日香)



現地での集合写真

Heraの火星スイングバイ成功と火星および衛星Deimosの熱赤外撮像

二重小惑星探査計画Heraは、欧州宇宙機関ESAが主導する小惑星Didymos（ディディモス）とその衛星Dimorphos（ディモルフオス）の連星系を探査する計画に、宇宙科学研究所が熱赤外カメラTIRIを提供する戦略的海外共同計画です。Heraは、米国航空宇宙局NASAのDART（Double Asteroid Redirection Test）が2022年9月にDimorphosに衝突して軌道変更を実証（Didymosを周回する公転周期が11時間55分から11時間22分に短縮された）した事後の状態を現地で探査することにより、小型小惑星の物性や内部構造などの素性の理解と、探査機衝突による軌道変更の効果を検証することが主目的の、プラネタリーディフェンス計画です。

昨年10月7日に打ち上げられたHeraは、2025年3月12日に火星の重力を利用して探査機の軌道変更を行う火星スイングバイを実施し、Didymos連星系に向かう軌道への投入に成功しました。この際、TIRIを含む可視光や赤外線カメラによる火星とその衛星Deimos（デイモス、あるいはダイモス）やPhobos（フォボス）の撮像を実施しました。主な目的は、火星や衛星の観測データを利用した機器の健全性確認と軌道上較正ですが、科学研究も行います。

特に火星は位置や大きさが既知で、表面温度モデルもあるため、TIRIにとって格好な較正用ターゲットです。TIRIが使用する非冷却ボロメータ検出器は、みかけの大きさが異なると同じ温度

でも出力値が異なる特性（面積効果）があるため、点光源から徐々に大きくなり、ついに視野全面を火星表面が覆うという、またとない較正データを取得する機会となりました（表紙）。

火星の手前を通過する衛星Deimosの観測も行うことができました。火星の衛星は自転と公転が同期しており、火星の低高度を周回する探査機からは、火星を向く面の観測しかできません。今回は熱赤外撮像として

は史上初で、かつ背面側からの観測であり、科学的にも貴重なデータが取得できました（図）。また、Phobosも極めて小さくですが、撮像に成功しました。なお、火星衛星探査計画MMXでも火星とその衛星の観測が予定されており、よい橋渡しとなることを願っています。（岡田 達明）



図：熱赤外カメラTIRIによる衛星Deimosと背景の火星

2024年度プラネタリーディフェンス・シンポジウム報告

2024年度のプラネタリーディフェンス・シンポジウムが2025年2月27～28日に千葉工業大学 東京スカイツリータウン®キャンパスにて開催されました。天体の地球衝突問題について対応する活動がプラネタリーディフェンスですが、宇宙研主催でこの名称のシンポジウムを行うのは今回が4回目です。プラネタリーディフェンスは、最近、世界的にも活動が活発になってきており、今回のシンポジウムでも口頭発表の件数が21件、対面およびオンラインでの参加者が225名（2日間の延べ人数）と、盛況なものととなりました。



図：2025年2月に制定されたJAXAプラネタリーディフェンスのロゴマーク

プラネタリーディフェンスという活動は、多岐の分野にわたります。今回のシンポジウムでは、海外からは、地球に接近する小惑星Apophis、NASAやESAにおけるプラネタリーディフェンスの活動などの発表があり、プラネタリーディフェンスについての最新の情報を共有することができました。

国内からは、防災、観測（光学、電波）、探査ミッション、社会的な活動など、様々な分野からの発表があり活発な議論が行われました。

昨年末に発見された小惑星2024 YR4についてのセッションも急遽開催されました。この小惑星は今年の1月末に、2032年の地球衝突の可能性が指摘されたものです。この地球衝突に関する確率の推移や、世界やJAXAでの対応状況を確認した上で、宇宙研の竹内 央教授によってNASAやESAとは独立に衝突確率の解析を行った結果が発表されました。シンポジウムの直前に、地球衝突を心配する必要はないということが判明しましたが、プラネタリーディフェンスの1つの実践となっています。

2029年には400m級のApophisが地球に約3万kmまで接近します。国連でも、2029年は、「International Year of Asteroid Awareness and Planetary Defense」とすることが議決されました。今後、ますますプラネタリーディフェンスが注目されてくると思います。JAXAでも、2024年度の最初に、プラネタリーディフェンスチームがJAXA横断的なチームとして結成され、活動を開始しています（図）。（吉川 真）

注）このシンポジウムは、日本スペースガード協会の「第16回スペースガード研究会」と合同で、また、千葉工業大学惑星探査研究センター主催の「地球飛来ダストとその母天体に関する国際シンポジウム2025」*PERC International symposium on Dust & Parent bodies (IDP 2025)（2025年2月25～27日）に引き続いて同じ場所で開催されました。

ISAS宇宙科学シンポジウムが7月31日、8月1日に開催されます！

2025年、宇宙科学シンポジウムは全部の世代が楽しみつつ次世代の宇宙科学を模索できるシンポジウムに生まれ変わります。

これまで、年頭に開催されてきた宇宙科学シンポジウムですが、宇宙科学の将来をよりクリアに見通せるように、次年度予算要求や宇宙基本計画改訂のタイミングを見据え、夏休み中の開催になります。

また、これまででは、宇宙理学委員会、宇宙工学委員会の両委員長が主催するコミュニティの意見交換の場としての性格でしたが、今回からは宇宙科学シンポジウムを「現在直面する課題を宇宙科学研究所からコミュニティに対して共有」と「多くの研究者が楽しめる将来ミッション創出の芽出し」という2つの目的に明確に整理して、宇宙科学研究所が主催します。

2日間開催されるシンポジウムは、1日目の現在直面する課題を宇宙科学研究所からコミュニティに対して共有するための「ユーザーズミーティング」と2日目の多くの研究者が楽しめる将来ミッション創出の芽出しを目指した「ブース展、ポスター展」から構成されます。

1日目のユーザーズミーティングでは、日本の宇宙科学と宇宙科学研究所の現状と短期見通しを所長が自らの言葉で認識を語ることから始まり、宇宙科学研究所からの宇宙科学ミッションの進捗の概要報告をはじめ、宇宙理学委員会、宇宙工学委員会の活動報告などを通じてコミュニティの皆さんと我々の置か

れている状況を正しく共有します。同時に十分に時間を確保したハイライト講演を企画し、これまで、そしてこれからの宇宙科学の成果を発信するのに必要な理解を共有します。

2日目のブース展、ポスター展は宇宙研・大学研究者が対面で集まり新しいアイデアの芽出しができる機会を提供します。将来の宇宙科学を模索するのに必須と考えるテーマを広く議論できるブース展と、ニーズとシーズの出会いを目的としたポスター展を開催します。ポスター展では並行して、現在運用中、開発中のプロジェクトおよびプロジェクトの卵たちのステータスレポートも企画し、近い未来を確認しながら将来を模索することを目指します。

2025年度のプログラムは次世代を担う宇宙科学研究所の若手が具体化を進めています。特に、新しい試みとなるブース展でのテーマは「うごかす・とめる」「はかる・かんがえる・つたえる」「はやい・やすい・よい」の3つとして、これまで宇宙とは接点のなかった方にもお声がけを始めています。近日中に、シンポジウムのウェブサイトを立ち上げ、「理学・工学が具体的な協業の可能性を探る場」となるポスター展の発表受付を始めます。皆さん、目の前のカレンダーの7月31日、8月1日に他の予定を消して「宇宙科学シンポジウム」と大きく書き入れ、ニーズとシーズを共有するポスター発表をご準備ください。1日目夜の懇親会も活用して我々らしい宇宙科学ミッションの創出を議論しましょう！（研究総主幹 吉田 哲也）

第17回宇宙科学奨励賞 志達 めぐみ氏と小林 芳成氏に授与

公益財団法人宇宙科学振興会では、毎年、宇宙科学分野で優れた研究業績を挙げ、宇宙科学の発展に寄与した若手研究者に宇宙科学奨励賞を授与しています。創設以来17回目となる今年度は、愛媛大学大学院理工学研究科 准教授 志達 めぐみ氏（宇宙理学分野）と岐阜大学工学部機械工学科 准教授 小林 芳成氏（宇宙工学分野）に宇宙科学奨励賞が授与されました。

志達氏への授賞の対象となった研究業績は「全天X線モニタと多波長観測によるブラックホールX線連星の多様な活動性の解明」です。志達氏は、天文学において顕著な研究業績をあげ、X線天文衛星の開発・運用・成果創出において重要な貢献をしておられます。加えて、将来のX線天文衛星計画の検討においても、重要かつ有益なアイデアを出しつつあり、今後の貢献も大いに期待できると評価されています。

小林氏への授賞の対象となった研究業績は「将来の有人宇宙開発における火災リスク低減に向けた微小重力燃焼研究」です。小林氏は、微小重力下での燃焼現象の解明により宇宙工学の発展に極めて重要な知見を提供するとともに、宇宙開発における安全性向上という観点からも大きな貢献を果たしておられます。後続プロジェクトの主要メンバーとして、宇宙で使う材料の安全性を評価する国際的な規準づくりのほか、無重力環境や月面などの低重力環境での有人探査計画にリーダーシップを持って貢献する研究者となることが期待されています。

当振興会は今回受賞された志達氏と小林氏に心からお祝い申し上げますとともに、今後の宇宙科学の発展に大いに貢献されることを期待しております。表彰式とそれに引き続く祝賀会は、3月6日に多数のご来賓、関係者列席のもと、都内のホテルにて開催しました。式中に受賞者による記念講演も行われました。なお、本授賞の対象となった両氏の研究内容は、それぞれISASニュース5月号および6月号の「宇宙科学最前線」で紹介いただく予定です。（公益財団法人 宇宙科学振興会 中島 節夫）



前列右側：授賞者（宇宙理学部門）志達 めぐみ氏
（もうお一人の授賞者（宇宙工学部門）小林 芳成氏は、ドイツ国における在外研究のため式典にはリモートで参加されました）

J-Moon's Big Three

次、月で何する？



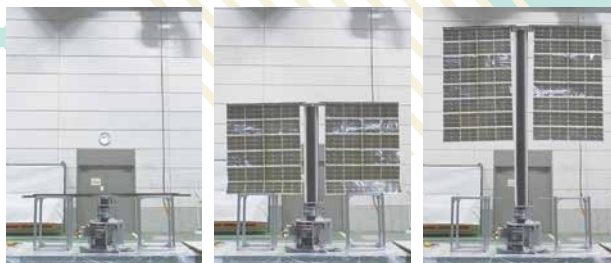
越夜および民間活動との連携

連載最終回では、月面3科学（月面天文台、月面サンプルリターン、月震計ネットワーク）とその先にある探査との技術的なつながりについて述べたいと思います。

月面3科学はいずれも長期観測・多点観測を目指しています。前者を実現するためには越夜を避けることはできません。月面では夜が14日間続くため、夜間に温度を維持して最低限の運用を行うだけでも、バッテリー重量が増大しシステムが成立しなくなります。このため、越夜する機器を限定・パッケージ化して熱制御を工夫することや、宇宙用原子炉やラジオアイソトープの崩壊熱を利用した半永久電源を活用するなどの対応が必要となります。

しかし、極域であれば、太陽電池を鉛直方向に展開することで比較的容易に発電期間を長くできます。月面から10m程度の高さであれば、半年程度の日照を確保できるエリアは複数あります。現在、これに対応する太陽電池タワーを開発しています。まず、水平調整機構でブームの伸展方向を鉛直上向きに調整し、伸展機構でブームを伸ばして蛇腹折りの太陽電池膜を展開します。そして、位相調整機構で太陽電池膜を太陽追尾させることで太陽光発電を行うというものです。

この越夜・エネルギーマネジメント技術は、月面3科学だけ



太陽電池タワーの展開の様子

でなく月面長期活動に不可欠な技術です。実際に昨年NASAが発表したCivil Space Shortfall Rankingでも越夜が1位になっています。同様に、月面3科学で多点観測を実現するには、輸送技術（ローバによる観測機器の運搬など）、ロボティクスを用いた探査技術（ロボットアームによる観測機器の設置、掘削など）が必要となり、これらも本格的な月面活動に必須となる技術です。月面3科学をセットにしてプログラムとして実施することで、月面活動に必要な共通キー技術を段階的に実証できます。このような観点からも、月面3科学は最初に取り組むテーマとしてちょうどいいと考えているところです。

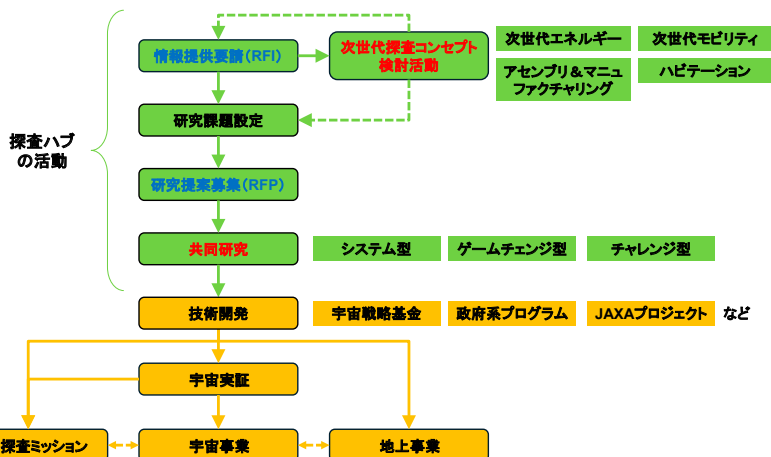
しかし、これだけでは月面拠点で一定数の人が持続可能な活動を行うことはできません。月面の発電所、通信塔・通信局、資源利用プラント、居住施設等を建設・運営し、特に有人エリアでは安全・快適な環境を維持する必要があります。これらに関する技術・ノウハウは地上の電力、通信、製造、建設、医療・健康、農林・食品、観光・エンタメ業界等に蓄積されているため、これを宇宙向けに応用することがカギになります。

そこで、JAXA宇宙探査イノベーションハブ（探査ハブ）では、研究制度「Moon to Mars Innovation」において、非宇宙分野の企業や大学とオープンイノベーション方式による共同研究を進めることで、政府・JAXAが進める月・惑星探査へ適用すること、および、民間企業による宇宙事業化を促進することの双方（Space Dual Utilization）を目指しています。具体的な手順としては、最初に情報提供要請（RFI）を行い、民間企業・大学の優れた技術を取り込むように研究課題を練り上げ、共同研究募集（RFP）を行います。同時に、4つの領域（次世代エネルギー、次世代モビリティ、アセンブリ&マニファクチャリング、ハビテーション）で産官学のチームを構成して、次世代探査コンセプト検討活動を行います。これは月から火星への段階的発展を目指して技術課題を識別し、研究開発のシナリオメイキングを検討するもので、この成果を次回以降のRFIやRFPの研究課題設定にフィードバックします。

探査ハブの共同研究は費用・期間等で3つのタイプ（システム型、ゲームチェンジャー型、チャレンジ型）に分けられますが、いずれも探査ハブが一緒に取り組むことが特徴で、共同研究終了後に技術開発（宇宙戦略基金、政府系プログラム、JAXAプロジェクト等）へ移行することで、宇宙探査ミッション、宇宙・地上事業化につながっていきます。上述した太陽電池タワーも探査ハブの共同研究として進められています。

月面で科学的成果を得るためには、月面活動に必要な共通キー技術を獲得することが必要であり、この解決のために民間企業の参入を促すことで、月での経済活動につながります。これを継続・発展していくことで、持続的な月・火星探査が実現できると信じています。月面3科学はその取っ掛かりであり、太陽系開拓時代を先導するプログラムなのです。

森 治（もり おさむ）



宇宙探査ミッション、宇宙・地上事業化に向けた活動の流れ

》「強くて軽い」に「長期的な信頼性」を プラスする

材料で困ったことがあれば何でも相談を

——2022年、宇宙飛行工学研究系の准教授に着任されました。
どのような研究を行っているのでしょうか？

大学院生時代を過ごした宇宙研に、約10年ぶりに戻ってきました。その間、宇宙分野から離れていましたが、現在は再びロケットや衛星、探査機など宇宙飛行体で使われる材料の研究に取り組んでいます。

宇宙研では、さまざまな宇宙飛行体の開発が進められています。その過程で材料に関する不具合が発生すると、材料の専門家に声が掛かります。不具合が生じた実物や発生時の環境などを調査し、原因を特定して対策を提案することが、私の仕事の1つです。

——宇宙で材料を使う際の難しさは？

材料のスペックは、カタログに載っています。しかし、そのスペックは地上の環境で使用した場合のもので、宇宙は極端な低温や高温、放射線が飛び交うなど、地上とは大きく異なります。そのため、想定される使用環境をつくり出して実験を行い、要求されるスペックを満たしているか確認する必要があります。

さらに、実験が順調に進んでいても、環境条件をほんの少し変えた途端、壊れてしまうこともあります。その原因や対策は、カタログのスペックだけでは分からず、材料の専門的な知識と経験が不可欠です。「材料で困ったことがあれば何でも相談を」と、宇宙研で行っている宇宙飛行体の開発のすべてに門戸を開いています。

材料を引っ張り続け、長期的な信頼性を確かめる

——ほかには、どのような研究に取り組んでいるのでしょうか？

私の研究のキーワードは、材料の強度と信頼性です。近年の宇宙探査では、遠くの日を目指したり、地球と探査対象の天体を往復したりするなど、運用期間が長くなる傾向があります。今後は、さらなる深宇宙探査、そして火星への有人飛行も計画されています。そのため、長期間にわたって劣化や破損が起らない、より高い強度と信頼性を持つ材料が求められているのです。それを実現するための研究を行っています。

具体的には、想定される環境を保って材料を引っ張り続けたり、振動させ続けたりして、劣化や破損の状態を計測する実験を行っています。実験は、数年続くこともあります。長期間の宇宙飛行に耐える強度と信頼性を確認するには、時間がかかるのです。

こうした地道で時間のかかる実験は、日本人の得意とすることかもしれません。そして、得られたデータは、より高い強度と信頼

宇宙飛行工学研究系 准教授

松永 哲也 (まつなが てつや)

1982年、東京都生まれ。総合研究大学院大学物理科学研究科宇宙科学専攻博士課程修了。博士(工学)。東北大学金属材料研究所助教、物質・材料研究所研究員などを経て、2022年より現職。専門は材料強度、信頼性。



性を持つ材料が必要とされるこれからの宇宙探査において、日本の強みになると信じています。

宇宙空間で材料を回収し、再利用する

——今後取り組みたいことを教えてください。

材料の再利用です。月面基地をつくり、その基地を拠点にしてさらに深宇宙を目指すことが計画されています。月面基地やそこで宇宙飛行体をつくる材料をすべて地球から持って行くのは大変です。多大なエネルギーを使って宇宙へ運ばれたものの、役目を終えて地球周辺を漂っている飛行体がたくさんあります。すでに宇宙にあるものを回収することは困難かもしれませんが、将来的には再利用を含めたミッションとすることで、飛行体を宇宙で回収して、また次の目的地に向かって打ち上げるのが、効率的でしょう。

それを実現するには、材料を再使用しても長期的に高い強度と信頼性が保たれることを確認しなければなりません。その実験を今から進めておき、将来、「この材料を再利用できないだろうか」となったときに、「強度と信頼性のデータはここにありますよ」とサツと出したいですね。

——材料研究の面白さとは？

一口に材料と言っても、さまざまな種類があります。それぞれ個性が違い、どういう使い方をしたらよいのかも違います。人も同じですね。初対面では、相手のことがよく分からず戸惑います。でも接していくうちに個性が分かってきて、個性に応じた付き合い方ができるようになります。材料の場合も似ていて、それぞれの個性を理解し、個性に合った使い方があります。そして、その個性を最大限発揮できると、とても楽しいです。

——将来、どのような宇宙材料が求められるのでしょうか？

少し前までは、宇宙に行くこと自体が目的でした。それが、より遠くへ、また有人で、と目標が変わりつつあります。それに伴って、求められる材料も変わってきています。以前は、軽くて強いことが求められていました。それが、宇宙で長期間運用する、また遠方への有人飛行を視野に入れ、長期的な高い信頼性が求められるようになっているのです。

今は、宇宙材料の過渡期です。それを踏まえて、10年先、20年先に求められる材料を考え、研究開発を進めておかねばなりません。材料が制約となって、やりたい宇宙探査を諦めなければならないとしたら、とても悲しい。そうした制約を取り除きたい。「こういう宇宙探査をやりたい」と言われたら、「この材料を使えば実現できます」と答えられることを目指しています。

編集後記

新年度、新体制がスタートしました。今後数年間で宇宙探査は大きく変化する気もします。ISASニュースはこうした変化も迅速にお届けできる情報源としてお役に立てれば幸いです。Heraの画像はデータを初めて見る現場に居合わせることができて素晴らしい画像に興奮しました！
(田中 智)



ISASニュース No.529 2025年4月号

ISSN 0285-2861

発行／国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
発行責任者／JAXA 宇宙科学研究所長 藤本 正樹
編集責任者／ISAS ニュース編集委員長 山村 一誠
デザイン制作協力／株式会社 トリッド
〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1 isasnews@isas.jaxa.jp

ISASニュースはインターネットでもご覧いただけます。▶<https://www.isas.jaxa.jp/>