JAXA宇宙科学研究所

ISAS News

ISSN 0285-2861

2026 10

No.547

再使用ロケット実験機RV-X飛行試験（能代ロケット実験場）

2026年7月11日6時14分、能代ロケット実験場にて再使用ロケット実験機RV-Xの飛行試験が実施された。エンジン点火後、RV-X機体は高度約10mまで垂直に上昇。そのまま高度を維持して約15m水平に移動し、エンジンの推力制御により1m/秒で降下して着陸。約40秒間の垂直離着陸飛行に成功した。RV-Xで獲得された技術は宇宙輸送の次のステップへと繋がる（p4.参照）。
※連続撮影した写真を1枚に合成したもの。

The Forefront of Space Science

宇宙科学最前線

二十歳を迎えた「ひので」

太陽系科学研究系 准教授　坂尾 太郎（さかお たろう）

はじめに―「ひので」を支える国際協力

太陽観測衛星「ひので」（SOLAR-B）は、JAXAの内之浦宇宙空間観測所から日本時間の2006年9月23日午前6時36分にM-V-7号機で打ち上げられました。M-Vロケットシリーズの最後の打上げです。それ以来、「ひので」は搭載している可視光磁場望遠鏡SOT、X線望遠鏡XRT、極端紫外線撮像分光装置EISの3台の観測機器で太陽を観測し続け、この9月で満20歳を迎えました。ここでは「ひので」の20年間を、限られた側面からだけですが、振り返ってみたいと思います。

初めに述べておきたいのは、「ひので」は大規模な国際協力により開発、そして打上げ後の運用が実現していることです。観測機器のうち、SOTとXRTが日米、EISが日米英のそれぞれの宇宙機関（日本：JAXA、米国：NASA、英国：STFC）の協力のもと、各々の国の研究機関が参画して開発が進められました。これらの国際協力はそれぞれの機器にとどまらず、例えば衛星レベルの試験における、ダスト・分子汚染双方に対するコンタミネーション防護手法のノウハウや知見の提供など、日本でそれまで必ずしも豊富な経験のなかった領域で大きな力となりました。また、打上げ後は、ESAが地上データ受信局の提供で支援・協力に加わり、「ひので」が科学成果を創出する上で非常に大きな役割を果たしています。

「ひので」の科学成果

太陽の光球面からコロナにわたり、「ひので」はこれまでに数々の発見をもたらしてきました。発見の全貌やそれぞれの詳細をすべて述べるのは本稿の手に余りますが、代表的なものを挙げると、(1) 光球とコロナの間に存在する彩層が、それまでの人々の認識に反し、ジェット現象や加熱現象など、予想外に活発な活動現象にあふれていることがわかり（図1）、光球とコロナをつなぐ大気層として関心の対象となったこと、(2) コロナ中をアルフベン波（磁力線に沿って伝わる電磁流体波）などの波動が伝搬していく様子が捉えられ（図2）、また、波動によるコロナ中のプラズマ加熱も観測されたことで、波動によるコロナ加熱の可能性が（「ひので」打上げ前よりも）認識されるようになってきたこと、(3) 太陽の極域に、黒点に迫る磁場強度（1キロガウス程度）を持つ、2,000～3,000kmほどのサイズの強磁場パッチが分布しているのがわかったこと、(4) 活

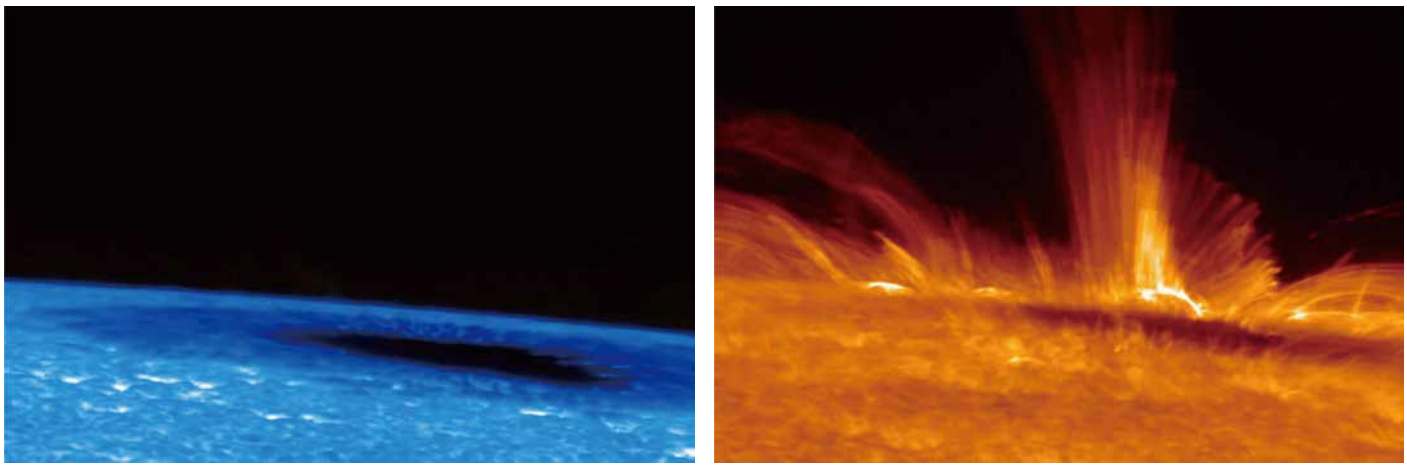


図1：「ひので」SOTが捉えた、静穏時の太陽表面（左、波長430nm（G-band）：光球面がよく見える）と同時期の上空の大気（右、波長396nm（Ca II H）：彩層がよく見える）。光球面（左図）に見えている黒点周辺で、上空の彩層（右図）が加熱による増光現象やガスの噴出現象など、活発な活動に溢れている（国立天文台　勝川行雄氏による）。

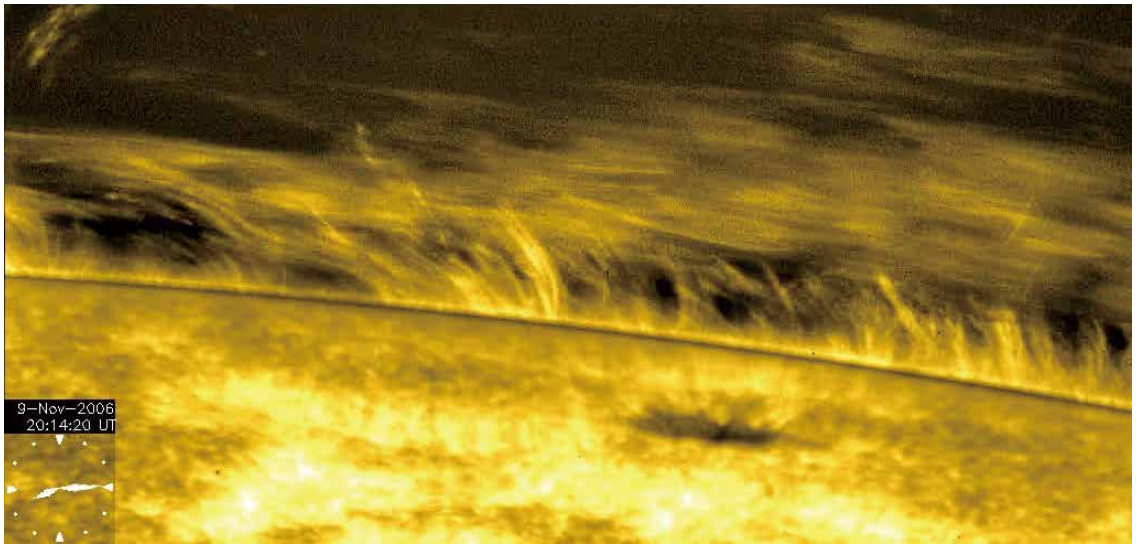


図2：太陽のコロナ中（図の上半分の領域）に浮かぶ、プロミネンスのガス。図中では横方向に延びた雲のように見えている。このプロミネンスが振動していることが「ひので」で観測され、その解析からコロナ中を伝搬する波動が検出された（国立天文台　岡本 丈典氏による）。

動領域周辺の磁気ループの根元部分からのプラズマの上昇流が見出され、これと低速太陽風の関連が活発に研究されるようになったこと、(5) フレア時のプラズマ噴出にともなう電流シート構造が明瞭に捉えられ、同構造中の乱流運動の様子などの物理状態が捉えられるようになったこと、等々が挙げられます。文献[1]に打上げ11年の時点での「ひので」の成果と展開がまとめられていますので、それもご参照いただければと思います。さらに、例えば (1) の彩層の活動性が認識されたことで、「ひので」が観測を始めてからすぐに、「ひので」にはない、彩層の物理状態を定量的に診断する機能を持ったIRISミッション（Interface Region Imaging Spectrograph）の計画が米国で立ち上がり、NASAのSMEX計画に提案され、2013年に打ち上げられました。以来、「ひので」とIRISは、太陽面上の同じ領域を共同観測する体制を取っています。このように、「ひので」による発見が新しいミッションの創出に直ちに結びついたケースも生まれています。

20年継続する観測運用体制

「ひので」の観測計画の立案は、3台の観測機器それぞれについて科学研究者（Chief Observer; COと呼びます）が1名ずつ担当しています。各COは金曜を始まりとする一週間を担当し、SOTとXRTは日米で半々で分担、EISは日米欧の三者で分担しています。海外のCOは所属元の研究機関からリモートで観測計画を立案します。（これら3人のCOに加えて、3機器の観測を調整し、観測計画を1つにまとめる担当[Chief Planner; CP]もいます。）この体制は、「ひので」が打ち上げられた当初から変わっておらず、20年もの間、続けてこられたことは素晴らしいことだと思います。打上げ以来、日米、日米欧の分担を変えずに続けられていること、また、日本国内では各地の太陽関係の大学・研究機関から3機器のCOに一貫して参加していただけていること、これら国内外の太陽コミュニティーの協力が「ひので」の観測を支えてくれており、大変感謝しています。

また、観測にあたっては、世界中の太陽・太陽圏研究者からの「ひので」を用いた観測提案を随時受け付けており、これらはHOP（Hinode Observing Proposal）としてCOが作成する観測計画の中に取り込まれていきます。観測提案には、「ひので」単独での観測もありますが、Solar OrbiterやParker Solar Probe、「みお」や「あかつき」など他の太陽圏探査機や衛星、また、日

本の太陽研究者も中心メンバーとして活躍しているNASAの観測ロケット実験（CLASPシリーズ、FOXSIシリーズ、等々）や欧米の大気球観測（SUNRISE-Ⅲ）、さらにALMAやDKISTをはじめとした地上の観測装置、など、世界のさまざまな観測機器、観測機関との共同観測も頻繁に行われています。図3に最近10年間の、HOPの新規提案件数の年ごとの推移を示しました。これを見ると、「ひので」を用いた観測提案は、減少していくどころかむしろ近年は増加しつつある傾向さえ見られ、「ひので」が打上げから20年を迎えて今なお世界中の太陽関係の研究者から求められている軌道上の太陽天文台であることがわかると思います。

「ひので」も他の科学衛星と同様、これまでに何度もミッションの運用延長審査を受けています。運用延長審査は、前の運用期間で得られた科学的成果や社会貢献の事例（教科書への掲載など）、衛星・観測機器の状況を報告するとともに、次の運用延長期間で達成する科学目標、必要な運用経費などの提案を資料にまとめ、運用延長提案が妥当なものであるかについて、宇宙理学委員会の審査、それに続く宇宙科学研究所の審査を受けるものです。「ひので」は最初の運用延長審査を2010年度に受審しました。はじめの頃の延長審査は、あまり長い期間延長しても一般論として衛星に何が起きるかわからないから、という観点で、毎回3年程度を目安とした延長提案が求められていました。一方、最近の延長提案では、宇宙科学研究所の予算プロファイルの見通しを得るために、最大限いつまで運用するのか（いつ運用をやめるのか）を示して、そこまでの期間に対する延長提案が求められるようになっています。そのため、2023年度に行った直近の運用延長提案では、新たな延長期間を2024年度から2033年度までとし（2033年度中に運用終了）、この運用期間に対する審査を受けました。極域磁場が最大となる次の活動極小期は2031年を中心とした前後1年程度の期間に来ると予想されることから、次の活動極小期を確実に通り過ぎる時期まで観測を行い、打上げ後の最初の極小期（2008年12月）から11年の活動周期2サイクル分の長期データを取得することを目的として、運用終了の時期を設定しました。また、ESAとNASAが2020年に打ち上げた探査機Solar Orbiterは、金星フライバイを繰り返しながら徐々に軌道傾斜角を大きくしていきますが、2029年以降、軌道傾斜角は33°に達し、極域を高緯度から観測することができます。この機会を捉えて、極域に対する「ひので」の磁場観測・X線ジェット観測とSolar Orbiterによる太陽風その場観測を共同で実施することで、極域の光球面・コロナとそこから吹き出している高速太陽風の対応関係を調べることも予定されています。このようなSolar Orbiterによるその場観測と、磁力線を介して対応する光球・コロナの「ひので」による観測は、すでに両者の共同観測として進められてきています。

「ひので」が生み出したもの

「ひので」を用いた査読論文の出版件数は、今年の8月の時点で1900編を超えており、近年も毎年50編以上の論文が出版され続けています。このように数多くの論文が生み出されていると同時に、「ひので」はこれからの太陽・太陽圏研究に向けた指針も提供しています。一部を列挙すると、(1) 光球からコロナへ向かうエネルギー輸送の通り道としての彩層の重要性、(2) 太陽大気プラズマの詳細な物理診断を行う上での精密な分光観測の威力、また磁場情報を導出する上での偏光分光観測の威力、(3) 観測データと結びついた数値シミュレーション手法の有効性（データ同化や観測データの解釈など）、(4) 特に太陽から火星周辺までの太陽系領域（内部太陽圏）の探査において、探査機の周辺環境を理解する上でその場所と磁力線でつながった太陽表面部分の物理情報を提供しうる「ひので」の意義、などが強く意識されるようになって来たと思います。これら「ひので」のもたらしている科学的指針は実際、先述のIRISに始まり、さまざまな観測ロケットや大気球実験、さらには日本の次の太陽観測ミッションSOLAR-Cに至るまで、多くの飛翔体計画のアイデアの源となっています。

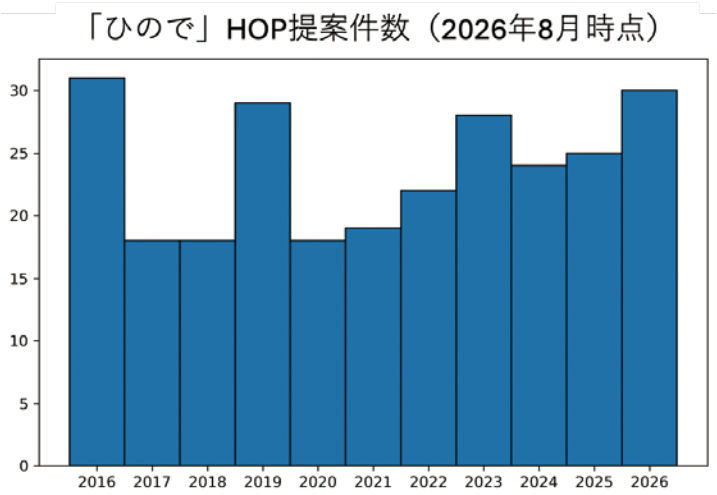


図3：最近10年間の「ひので」の年間の観測提案件数（NASA　Adam Kobelski氏による）。

「ひので」は打上げからこれまでの長い年月の間に、観測機器・衛星システムの双方で機能が一部制限されるところも出て来ていますが、引き続き第一級の観測を続けています。特に「ひので」の持つ光球面ベクトル磁場の精密な計測能力と、コロナ中の高温プラズマの撮像観測能力に対して、現時点で同様の観測を行えるミッションはなく、また提案されているミッションも存在しない状況のため、これらの観測は「ひので」の独壇場と言えます。また、「ひので」のもう1つの強みであるプラズマの精密な分光診断能力は、SOLAR-Cへと発展的に受け継がれます。

このように「ひので」は太陽・太陽圏分野にさまざまな影響を及ぼしつつ、今後も観測を続けて行きます。本稿では触れませんでしたが、極域磁場の精密観測も定常的に行っており、11年の太陽活動周期の中で顔つきを変えていく極域磁場の様子も捉え続けています。このように長期間蓄積するデータからも、将来、新たな発見がなされるものと期待しています。なお、今月号の「ISAS事情」欄で9月に開催されたHinode-19/SOLAR-C国際科学会議が紹介されています。この会議でも多くの「ひので」科学成果の報告があり、これらをふまえた論文集の刊行も計画されていますので、そちらもご期待ください。

「ひので」への皆様の引き続きのご支援を、どうぞよろしくお願いいたします。

参考文献
[1] Hinode Review Team, et al. 2019, PASJ 71, R1. https://doi.org/10.1093/pasj/psz084

ISAS事情

再使用ロケット実験機RV-X・飛行試験を実施！

本誌にてこれまで再使用ロケット実験機RV-Xの活動状況をご報告してきましたが、7月11日早朝、ついに能代ロケット実験場にて飛行試験が実施されました（表紙参照）。RV-Xは研開部門主体の活動ですが、RVTや再使用観測ロケットなど、ISASでの再使用ロケットの研究成果を最大限活用しつつ、将来に向けたロケットの再使用技術を獲得するための実践的な研究として、ISASも活動の立ち上げから一緒に取り組んできました。

2016年にRV-Xのチームを結成して以来、実に10年という月日が流れました。その間、能代ロケット実験場での3シリーズの地上燃焼試験（RV-X-1/2/3）や、相模原キャンパスでの姿勢制御の検証試験、着陸脚を検証する落下試験などを行いました。当初は3、4年で飛ばすという計画でしたが、再使用システム特有の不具合の発生や、水素を使うロケットの離着陸運用に関する安全の議論がありました。「再使用」するからこその新たな考え方やルールが必要で、それらを慎重に築き上げた結果、時間はかかりましたが、CALLISTO[*1]やCRAFT[*2]など、今後の再使用ロケットの開発・運用の指針となる様々な考え方や知見が整理されました。

そして迎えた飛行試験。当日の天候は曇り、風は穏やか。地上試験で何度も経験してきた前日からの長いタイムスケジュールは滞りなく順調に進み、ほぼ予定通りの6時14分、エンジンを着火して離陸。10mほどゆっくりと上昇し、15m南へ水平移動。その後1m/sの等速で降下して着陸し、エンジンカットオフ。40秒ほどの飛行をほぼ計画通りにあっさりと飛んでくれました。カウントしながら横目でチラチラとモニタを見ましたが、こんなに綺麗に飛ぶの?!と正直驚きました。（驚いちゃいけませんが…）姿勢の乱れもほとんどなく、ロールを制御するスラスタはなんと飛行中一度も吹かず。実験が無事に成功して、嬉しさ爆発！感動の涙涙！かと思いましたが、「ちゃんと飛んだぁ〜ほっとしたぁ〜」という安堵の思いが第一でした。

RV-Xチーム保安集合写真（2026年3月 能代ロケット実験場）

RV-Xの活動においては長きにわたり関係各方面の皆様からご協力をいただき感謝申し上げます。冒頭でも書きましたがRV-Xは再使用技術を獲得するための実験です。そのために何をどこまで実証すべきかはいろいろな考えがあるようです。「何度も飛ばしてみせることこそが再使用のメリットを示す上でとても重要だ」と私は考えます。我々はこれをISAS輸送系研究の柱であるCRAFTでやってみせます。（野中　聡）

＊1 https://www.kenkai.jaxa.jp/project/callisto/callisto.html　＊2 https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews538.pdf

2026年度気球実験

5月中旬から9月上旬まで大樹航空宇宙実験場にて2026年度気球実験を実施し、今期も多くの気球を計画通りに飛翔させました。

大型の気球を用いた実験としては、まず6月14日にB26-02実験を実施し、約10年越しでの挑戦となった「気球VLBI（超長基線電波干渉法）実験」に関する貴重なデータを取得しました。9月1日にはB26-03「気球搭載ペイロードの高度な姿勢制御実験（BACS0）」を実施し、将来の気球実験で天体望遠鏡などの姿勢を制御する装置の基礎データを取得しました。このB26-03には、気球の余剰搭載能力を活用して2つのピギーバック実験「衛星メガコンステレーション時代を見据えた成層圏エアロゾルの動態調査」「硬X線・軟ガンマ線観測シンチレータ検出器の読み出し回路の動作実証」も混載し、データを取得しました。一方、計画していたB26-01「レーザー周波数比較による光時計応用を目指した成層圏気球実験（FLORE-SB）」は、気象条件が実験実施に適合する機会を得られず、今期の実施を見送りました。

B26-03実験にて格納庫内でガス充てんされる気球と放球装置にセットされた実験装置。

ゴム気球を用いた小型の実験としては、7月2日にBS26-02「ゴム気球を用いた柔軟エアロデセラレータの自由飛行実験」を実施し、降下中のエアロデセラレータ（空力減速カプセル）の特性データを取得しました。8月22日にはBS26-03を実施し、「CLOVER実験: 宇宙線起源解明に向けた気球・地上による宇宙線シャワー同時観測法の開発」として、地球に飛来する高エネルギー宇宙線によって放射される光の観測に関するデータを取得しました。

気球実験の高度化に向けた技術開発も進めています。B26-03実験では、大樹での初の取組として、気球や実験装置の回収海域を沖合に拡張するとともに、成層圏の変調期の穏風を利用した長時間飛翔を試み、大樹では2012年以来となる6時間超の飛翔と沖合での海上回収に成功しました。また、高層風の計測を主目的とする飛翔機会を活かして、ゴム気球用の飛行高度維持装置の初使用による6時間超の飛翔や、開発中の高速通信モジュールの試作機を混載しての性能データ取得等も実現しました。

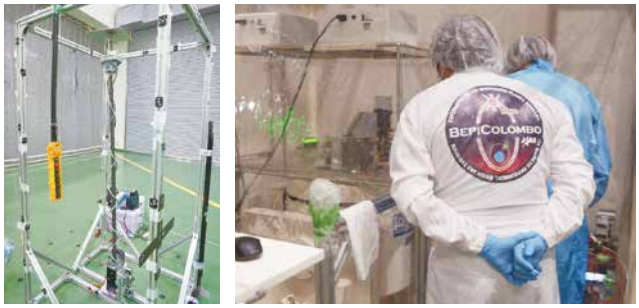
以上の通り、今期も多くの宇宙科学実験（ピギーバックも含めると4フライトで計6個）を実施するとともに、限られた飛翔機会を活用して気球実験の高度化に向けた技術開発も進めました。また、今期も50名の大学院生や若手研究者等を受け入れる等、大学やJAXAへの人材育成にも引き続き取り組みました。実験実施にご協力頂きました関係者の皆様に深く感謝します。

（福家 英之）

Comet Interceptorの観測機器開発も大詰め

欧州宇宙機関（ESA）と共同で実施しているComet Interceptor（長周期探査計画）の最新情報です。JAXAが開発する子機B1については、これまでISASニュース（最新は2026年6月号[*1]）で何度かお伝えしていましたが、今回は観測機器のプロトフライトモデル（PFM、実際に宇宙空間で使用するもの）の開発状況を紹介します。

子機B1には3種類の観測機器が搭載されています。それらの名前や役割、開発主体については、ISASニュース2025年7月号[*2]で詳細に触れていますのでご覧ください。各観測機器チームはエンジニアリングモデル（PFMを作る前の電気・機械設計の検証モデル）を利用した開発試験を完了し、詳細設計審査を経てPFMの製作・試験をしています。今年度後半から始まる探査機システムへの統合および各試験に向けて、PFMの性能評価や試験が佳境を迎えています。そのうち、試験を相模原キャンパスで実施した、プラズマ観測パッケージ（PS：Plasma Suite）の磁力計（MAG：MAGnetometer）と、水素イメージャ（HI：Hydrogen Imager）につ



PFM試験の風景（左:PS-MAGのアライメント測定準備中、右:HIの振動試験準備中）

いてご紹介します。

PS-MAGチームは各種環境試験を終え、一連の環境試験後のアライメント測定を飛翔体環境試験棟の第2クリーンルームで実施しました（写真左参照）。磁力計は探査機B1で発生する磁場の影響を避けるため、伸展ブームにより1.5m探査機B1から離されます。このときの探査機B1の基準直交座標と、伸展した磁力計の直交座標の、各軸の角度・位置誤差測定を目的として、フォトグラメトリ法[*3]を用いたアライメント測定を実施しました。伸展ブームは重力補償しないと地上では伸展できないのですが、水平方向に力を加えてしまうと適切にアライメント測定ができません。そのため、クレーンで十分な高さから錘を吊り下げて重力補償することで、重力補償の水平荷重成分を抑える工夫を施しています。

また、HIチームは組み立て完了した機器の機械的な健全性を確認するために、大学共同利用実験調整グループが所有する設備で振動試験を実施しました（写真右参照）。この振動試験設備は通常清浄度管理がされていないのですが、Comet Interceptorの搭載機器開発では惑星保護を目的とした清浄度管理要求があります。そこで、惑星保護の専門家である木村 駿太准教授に監修いただきながら、DESTINY⁺から借りたクリーンブースや、研開2U白鳥さん設計の可動式クリーンベンチ、人海戦術による設営や洗浄も駆使し、試験を実施しました。

残念ながら今回ご紹介できなかった機器も、各チームで着々と開発を進めています。探査機システム統合に向けて全搭載機器が一同に集結できるよう、関係者一丸となって進めていきますので、引き続き応援よろしくお願いいたします。（伊藤 大智）

*1 https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews532.pdf　*2 https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews543.pdf
*3 複数方向から撮像した画像データより3次元情報を抽出する手法

「はやぶさ２＃」サイエンス会議

2026年7月27日～28日、小惑星トリフネフライバイ成功後、初めてのサイエンスチーム全体の会合（Hayabusa2# Joint Science Team: H#JST Meeting）を行いました。残念ながら、他の国際会議日程と時期が近いこともあり、海外からの現地参加者は数える程度にとどまりましたが、オンラインも含めた参加者は60名にものぼり、フライバイ時の観測データを題材に大変熱い議論が巻き起こったことは言うまでもありません（写真は現地参加者の集合写真）。

7月27日～28日に実施した、はやぶさ2#サイエンスチーム全体の会合（Hayabusa2# Joint Science Team: H#JST Meeting）の集合写真。他学会開催期間が近いため、現地参加者の人数は限られたが、オンラインを含めると60名近い参加となった。

序盤は工学チームから、軌道誘導結果などのフライバイ運用の実績が報告され、驚異の最接近距離に驚きの声が挙がり、現地参加してくださったサイエンスメンバーの1人である、Patrick Michel氏からは「こんなに接近してくれてありがとう」という言葉もいただきました。

本題のサイエンスの議論は1日目の午後に始まり、予定を超えて2日目の夕方遅い時間まで続きました。ONC、TIR、NIR3、LIDARの各観測機器チームから最接近タイミング付近にそれぞれで得られたデータや最新の分析結果の報告に始まり、得られた各データを総合的に分析することによって明らかになり得るContact Binary小惑星の形成過程に関する考察や、クレータ、ボルダーなどトリフネの表面地形に関する議論、最接近以前の遠い距離で得られたデータ活用方法の議論など、どの話も素人ながらに聴いていても、大変興味深いものでした。今後、どのようなサイエンス成果が出てくるのか、本当に楽しみです。

最後には、「はやぶさ2」の今後の運用のことや次世代サンプルリターンミッションの計画状況、プラネタリーディフェンスの周辺状況に関する報告があり、「はやぶさ2」を取り巻く将来の話についても議論し、有意義な時間は終了となりました。「はやぶさ2」が打ち上げられて12年が経とうとしている現状においても、これだけ多くの参加者と新たなサイエンス成果について目を輝かせながら議論することができて、大変幸せな時間であったと感じます。（三桝 裕也）

「ひので」20周年から次世代SOLAR-Cへ：Hinode19/SOLAR-C Science Meeting 開催報告

2026年8月31日から9月4日にかけて、名古屋大学においてISEE Symposium「Hinode-19 and SOLAR-C Science Meeting」*を開催しました。本会議には16の国・地域から135名（うち学生31名）が参加し、66件の口頭発表と63件のポスター発表が行われました。会期前日にはアイスブレーカー、会期中にはエクスカーションやバンケットも開催され、研究者同士の交流を深める貴重な機会となりました。

今回の会議は、「ひので」打上げ20周年という節目に開催されたことから、「ひので」がこれまで切り拓いてきた太陽物理学の成果を振り返るとともに、その科学を次世代太陽観測衛星SOLAR-Cへどのように発展させていくかが大きなテーマとなりました。太陽フレア、磁気リコネクション、コロナ加熱、太陽風、彩層ダイナミクスなど幅広い分野で最新の研究成果が報告され、多くの講演ではSOLAR-Cによって実現される新たな観測への期待が語られました。

「Hinode-19 and SOLAR-C Science Meeting」の参加者

会議運営では、参加者同士がじっくり議論できる場を設けることを重視し、例年よりもポスターセッションの時間を長く確保しました。夕方のポスター会場では、軽食や飲み物を片手に、発表者と参加者が時間を気にすることなく活発に意見を交わす様子が随所で見られました。若手研究者や学生も積極的に議論へ加わり、新しい共同研究やアイデアが生まれるなど、国際会議ならではの実りある交流の場となりました。

また、「ひので」20周年を記念する講演やメッセージでは、多くの研究者が20年間にわたり世界の太陽物理学を牽引してきた「ひので」への感謝を述べるとともに、その科学的遺産を受け継ぐSOLAR-Cへの期待を表明しました。会議全体を通して、「ひので」の20年間の成果を土台に、次の20年を切り拓くSOLAR-Cへと研究コミュニティが着実に発展していることを実感する会議となりました。　（東京大学大学院／今田 晋亮）

＊ https://hsc-nagoya.github.io/hinode19/index.html

HWO Japan Science Workshop 2 開催

NASAが検討を進めているHabitable Worlds Observatory（HWO）は、2040年代前半の打上げを目指す口径6m級の紫外・可視・近赤外線大型宇宙望遠鏡です。近傍の太陽型星周りのハビタブルな地球型惑星を直接撮像で探査し、その反射光を分光し大気中において生命の兆候を探査します。さらに、紫外線から近赤外線までの高感度・高空間分解能観測によって、銀河形成や元素進化など幅広い宇宙物理学を推進することを目指しています。

日本では、ISAS HWO Study Task ForceおよびHWO-Jを中心として、HWOへの科学・装置の両面からの参加に向けた検討を進めています。その一環として、2026年7月15、16日にJAXA相模原キャンパスにおいて「HWO Japan Science Workshop 2」を開催しました。国内の系外惑星、太陽系、銀河・宇宙論、装置開発など幅広い分野の研究者120名以上に加え、米国HWOチームからも研究者が参加し、HWO計画の最新状況や米国での検討状況が紹介されました。また、ISAS所長、国立天文台長も参加し、将来の大型宇宙望遠鏡への日本の取り組みについて議論する機会となりました。

ワークショップでは、「Living Worlds」「Solar Systems in Context」「Evolution of the Elements」「Galaxy Growth」というHWOの主要科学テーマを軸に、日本の研究コミュニティがHWOで取り組むべき科学について議論しました。また、コロナグラフや紫外線観測装置など、日本が技術的に貢献できる可能性についても紹介されました。パネルディスカッション、ブレークアウトディスカッションでは、科学と装置開発の双方の研究者が参加し、日本としてどのような科学目標を掲げ、どのような形で国際協力に参加していくべきかについて活発な意見交換が行われました。

ワークショップ集合写真。ISASエントランスに設置されたHWO巨大バナーを背景に。

HWOはまだ計画の初期段階にあり、今後数年間が日本からの参加を具体化する重要な時期となります。今回のワークショップを契機に、日本独自の科学ケースをさらに発展させるとともに、米国をはじめとする国際コミュニティとの連携を進めていきたいと思います。　（大阪大学大学院／住　貴宏）

不定期連載
第3回

戦略的海外共同計画紹介

タイタンに海はあるのか？Dragonflyの地震計が挑む内部構造の謎

分厚い大気に包まれた土星の衛星タイタン。そこを回転翼で飛行しながら探査するNASAの大型ミッション「Dragonfly」は、現在、米国JHU/APL（ジョンズ・ホプキンス大学応用物理学研究所）でドローン型探査機の組み立てと試験（Integration & Testing: I&T）の段階に入り、いよいよ探査機としての姿を現しつつある。

搭載機器の1つである地震計は、ISAS/JAXAが開発・提供している。すでにフライトモデル（搭載機）とフライトスペア（予備機）の提供を完了し、機器開発の大きなマイルストーンを越えた。Dragonflyは2028年7月以降にフロリダ州のケネディ宇宙センターから打ち上げられ、約6年半の長い航行を経て、2034年末にタイタンへ到着する予定である。

Dragonflyの主な目的は、液体のメタンやエタン、有機物に富むタイタンの様々な地域を探査し、生命が存在し得る環境や、生命の誕生につながる化学進化を調べることである。そのため、ドローン型の探査機で様々な地点へ飛行・着陸し、地表物質の化学分析や気象観測、地質・地下構造探査などを行う。このうち、ISAS/JAXAが提供する地震計は、タイタンの地震活動や地下構造を探る役割を担う。

探査機開発が佳境を迎える中、日本チームの活動も、これまでのハードウェア開発から、タイタン到着後の観測を見据えた科学研究へと軸足を移しつつある。しかし、探査機の完成を待ってサイエンスが始まるわけではない。新たな研究によって、これまでのタイタン像が大きく揺さぶられることもある。本稿では、最近のDragonflyサイエンスチームの活動を通して、タイタン到着を待つ科学者たちが今何を考え、何をしているのか、その舞台裏を紹介したい。

タイタンは「内部に海を持つ可能性が高い氷天体」と考えられてきた。アストロバイオロジー（宇宙生物学）の観点からも極めて重要な探査対象であり、内部海を含む内部構造の解明はDragonflyの重要な科学目標の1つである。内部構造を直接探ることのできる地震観測にとっては、なおさら重要なテーマである。

ところが2025年末、惑星科学コミュニティに大きな波紋を呼ぶ一本の論文が出版された。カッシーニ探査機の重力データを再解析した結果、「タイタンの内部には全球的な海が存在せず、代わりに少量の液体を含むシャーベット状の高圧氷層が広がっている」という、これまでのタイタン像を大きく覆す可能性のある結果が報告されたのである。多くの研究者を驚かせたのは、用いられたのが従来と同じカッシーニの観測データだった点だ。今回の研究では、土星の潮汐力に対してタイタンの変形がどれだけ遅れて応答するか、すなわち内部でどれだけエネルギーが散逸しているかという、これまで十分な精度で測定できていなかった要素を捉えることに成功した。その結果、これまでとは全く異なる内部の姿が浮かび上がったのである。

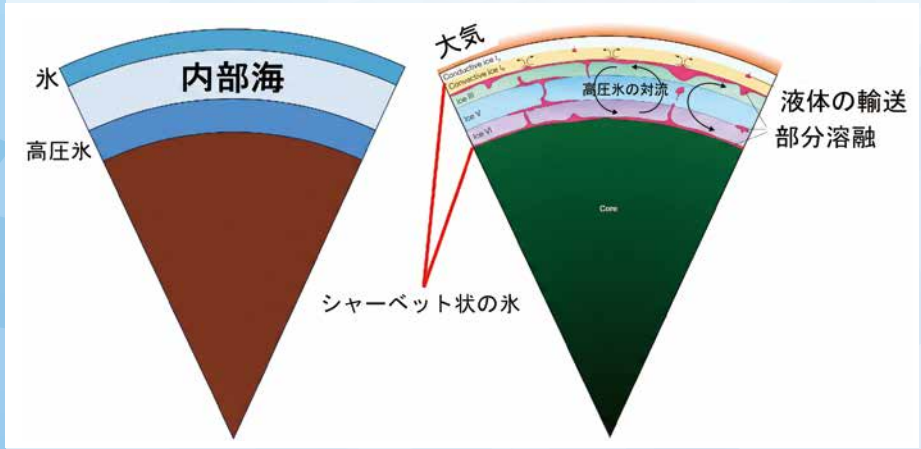
当然、この新しい解釈には懐疑的な視点もあった。「本当に海はないのか」「そのようなシャーベット状の高圧氷層を、タイタンの長い熱進化の中で維持できるのか」という疑問は自然に浮かぶ。実際、このモデルを独立に熱進化の観点から検討しても、一定の条件のもとではこのような内部構造が成立し得ることが示されている。つまり、この新しいタイタン像は簡単には否定できないのである。

2026年1月のDragonflyミーティングでは、この論文に関する特別セッションが設けられた。私自身もその後、学会で論文の主著者らと直接議論する機会を得た。そこで強く感じたのは、「だからこそDragonflyの地震計で直接確かめてほしい」という期待であった。我々サイエンスチームとしても、これは探査の視野がさらに広がったと前向きに捉えている。

現在は、「海のあるタイタン」と「海のないタイタン」で地震波がどのように異なるのかを予測し、両者を見分けられるのかという研究を進めている。例えば、S波は液体中を伝わらないので、内部海があるとすればその領域を通過するはずのS波が観測されれば、海の有無を見分ける手がかりになる。あるいは、シャーベット状の高圧氷層は地震波にどのような影響を与えるのか。実際の観測を想定した検討が、すでに始まっている。

タイタンの氷の下に広がっているのは、海なのか、それともシャーベット状の氷なのか。その答えが得られるのは、2034年にDragonflyがタイタンへ到着し、実際の観測を始めてからである。しかし、その日の観測から最大限の答えを引き出すためのサイエンスは、すでに始まっている。

パリ地球物理研究所／パリシテ大学
川村 太一（かわむら たいち）



図：（左）従来の氷の層に挟まれた内部海が存在するモデル（Journaux et al., 2020）（右）新たに提案された全球的な内部海がないモデル（Petricca et al., 2025）

宇宙・夢・人
Space Human Dream

灼熱の水星で熱を読む

研究開発部門 第二研究ユニット 研究開発員
田中 寛人（たなか ひろと）

1994年、奈良県生まれ。九州大学工学部機械航空工学科卒業。東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻修了。博士（工学）。2023年より現職。専門は熱工学、機械学習。

経験したことのない灼熱の世界へ

――ご専門と、現在取り組んでいることを教えてください。

専門は熱工学、いわゆる「熱屋」です。研究開発部門に所属し、国際水星探査計画BepiColomboで水星磁気圏探査機MMO（「みお」）の熱解析を担当しています。2018年に打ち上げられたBepiColomboは、2026年11月に水星に到着する予定です。水星は太陽に近く、太陽光強度は地球近傍の約10倍、昼側の表面温度は400℃を超えます。MMOは太陽と水星の両方からあぶられます。この過酷な環境で観測するには、位置や姿勢に応じて変化する宇宙機の温度を熱数学モデルで正確に予測し、機器の安全を確保しながら運用計画を立てなければなりません。多くの観測をしたいサイエンティストに対し、私たち熱屋は「熱的に厳しいのでタイミングを変えてください」と熱解析に基づく判断を伝えます。サイエンティストと意見がぶつかることもあります。

――観測計画の調整をうまく進めるコツはあるのですか？

不確かな部分も隠さず、正直に説明することです。「できない」と言うだけでは、反発を招きます。「私たちも観測はしたい」という前提を伝えたうえで、「ここまでならできます」と提案して相手に寄り添いながら信頼関係を築くよう心がけています。

――水星到着後には、どのような難しさがあるのでしょうか？

MMOは2026年12月にESAの水星表面探査機MPOから分離され、サンシールドの外に出て初めて強烈な太陽光を浴びます。マストとワイヤアンテナを伸展する間は姿勢がぶれやすく、思わぬところに太陽光が当たって温度が上がる恐れがあります。しかも分離直後は通信が制限され、伸展中の温度データが届くのは1月です。それまではそわそわしながら待つことになります。

MMOでは、すべての運用について熱解析で安全を確認しなければGOサインが出ません。定常観測に入ってからも週2回熱解析を行いますが、1ケースに1時間半もかかります。そこで、学生時代から研究してきた機械学習による熱解析を取り入れることにしました。1ケースの解析が数秒で終わるのです。精度は少し下がるため熱数学モデルでの確認が必要ですが、候補が複数ある場合の絞り込みに役立ちます。新しい技術なので、MMOで実績をつくり、ほかのミッションにも広げるのが目標です。

この世界は面白い、これを続けたい

――子どもの頃はどのようなことに興味がありましたか？

『スター・ウォーズ』が大好きでビデオを繰り返し見ていました。スペースシャトルなどの宇宙船にも惹かれていました。ただ、高校生になっても将来のことは具体的には考えないまま、部活のアーチェリーに夢中でした。全身の感覚を研ぎ澄まし、筋肉の細かな動きまで制御しなければ、矢を的の中央に当てることはできません。緊張して心拍数が上がると、いつもと違う動きになってしまいます。「やばい状況ほど楽しむ」。そうした心構えが、アーチェリーで身に付きました。MMOの運用では緊張する場面が何度もあるはずで、そのときにも役立つでしょう。

――大学はどのように選んだのですか？

当時話題になっていた『宇宙兄弟』を読んで、やはり宇宙の道に進みたいと思い、九州大学工学部機械航空工学科に入りました。ところが2年次のコース振り分けで、航空宇宙専攻ではなく機械工学専攻になり、悔しくて航空宇宙コースで学ぶ内容を図書館で1人勉強していました。しかし、今となっては工学の基礎を幅広く学べたことが私の強みになっています。熱が専門ですが、構造設計や姿勢制御、電源についても大学で習った原理的な理解が助けになっています。大学院は東北大学に進み、宇宙研との共同研究にも関わるなど、念願だった宇宙との接点がようやくできました。

――印象に残っていることはありますか？

火星探査用飛行機の飛行試験を目的とした大気球実験です。フライト直前に次々と問題が発生しましたが、上手くいかない時の対応を考えるのが楽しく、大きな達成感がありました。「これは天職だな」と思い、JAXAに入りました。

誰も行ったことのない場所へ

――今後、挑戦したいことはありますか？

誰も行ったことのない場所に宇宙機を送りたいという思いは、子どもの頃からずっとあります。月や火星の縦孔や溶岩チューブ、木星や土星の衛星、カイパーベルト天体も目指したいです。そうした場所は、熱環境がよくわかっていません。温度が予測と大きく異なっても壊れないよう、広い温度範囲に対応できる熱設計・制御が必要で、それを実現する新しい技術をつくりたいです。

――趣味を教えてください。

登山です。一番印象に残っているのは、冬の鳥海山。あまり人が行かない場所に惹かれるんです。登山でも熱制御は一番大事かもしれません。風の強さや天候によって体感温度は大きく変わりますから、予測が欠かせません。ただ登山の場合は、宇宙機と違って服を着たり脱いだりできるので、熱制御はだいぶ楽ですね。

編集後記

「ひので」が20歳を迎えました。打上げ前から絶え間なく支え続けている関係各位にお祝い申し上げます。そして、この編集後記を書いている間も、読者の皆様がISASニュースを読まれている間も、陰ながら奮闘しているMMX、MMOの関係者の苦労がしっかり実りますように！（坂東 信尚）

JAXA ISASニュース No.547 2026年10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/