

「ひので」がとらえた、活動極大期の太陽

2025年11月11日、北西側に位置する黒点群14274でX5.1クラスの強力なフレアが発生した。太陽は現在、11年活動周期のピークにある。(左) X線望遠鏡による太陽コロナの全面像。黒点群14274は画面右上に位置する。(上) 可視光磁場望遠鏡がとらえた黒点群14274の可視光画像。「ひので」は2026年9月23日に打上げ20周年を迎える。
©JAXA/NAOJ/SAO/MSU



謹賀新年2026

JAXA宇宙科学研究所長 藤本 正樹(ふじもと まさき)

新年あけましておめでとうございます。

「宇宙研ミッションの上げがなく、2025年は静か」と事前に言われていた年の4月に所長就任しました。そして、このコメントが楽観的に過ぎること、どちらかと言えば「このまま何もしないと将来のミッションが無くなってしまふ、その期限としての2025年」であると思ひ知ります。

タウンホールミーティング開催を含め、コミュニティの方々との意見交換を重ねました。科学だけに閉じては効果的な解決策を見いだせない局面にも直面し、JAXA内で他事業を統括する理事に共同戦線を張ることを提案し、メーカーの方々との懇談させていただく機会を持ちました。

これまでの成果創出において、広い範囲からの応援が大事だったことは間違いの無いことです。将来の魅力的なミッション構築にも、それ以前に、今そこにある危機への対応のためにも、多くの方々に「頑張っているよね、面白くていいよね」と思っただけのスタイルを打ち出すことを強く意識します。この意味で、昨年12月に相模原市主導でJAXA大応援団が結成されたことは大変心強いです。

若手有志が、文句だけを言って終わるのではなく将来に向け

た方策構築に貢献してくれたこともあり、日本宇宙科学の危機脱出方策も見え始めた11月末。多くの計画で共同するESAから、2つのミッションで新たに共同を進めることを決断という知らせが届きました。それぞれ、RAMSESという地球防衛のミッションとLiteBIRDという宇宙の始まりを探るミッションです。これら2つを進めることは宇宙研に新展開をもたらすと考えました。一方、これらが置かれた状況は日欧協力推進に従来とは異なるアプローチを必要とし、参考となる前例ゼロで進めました。2つがまずは最初の実をともに結んだことは、前例のない危機脱出方策実行にも勇気を与えるものです。

危機脱出方策構築は危機感を正しく共有する多くのメンバーにより鋭意進められ、かなり落ち着いた気分で迎えた年初です。2026年には、4つの大きなミッション関連イベントがあります。4つがすべて日欧関係に関するものであり、3つは小天体探査に関するものです。過去20年かけて成熟させてきた日欧協力からの成果を受け取りつつ、「はやぶさ2」以後で活動の大きな柱となった小天体探査の成功で勢いをつけ、より広い範囲からの大応援をいただき、自信を持って研究所の変身を進めます。

大気を味方につけて
ロケットの次の時代を切り拓く

宇宙飛行工学研究系 教授 野中 聡(のなか さとし)

はじめに

ISASでは、宇宙輸送システムの革新を目指して、高頻度で再使用できるロケットの実践的な研究に取り組んできました。100回以上の繰り返し使用が可能な液体水素／液体酸素ロケットエンジンを開発するとともに、安全かつ効率的な繰り返し運用に必要な技術を小型の実験機などで獲得してきました。これらの技術は研開発部門とともに取り組む再使用ロケット実験機RV-Xに搭載され、いま飛行試験に向けた準備を進めています(図1)*1。RV-Xの飛行実証で得られる成果は、今後基幹ロケットの1段再使用化に向けた活動に引き継がれるとともに、国内の民間による再使用ロケット開発の礎となり、「再使用できるロケットの研究」は一定の技術レベルまで達成できると考えます。また、海外では民間企業を中心として、一部を再使用できるロケットが実用化され、打上げ頻度も上がり、本格的な宇宙事業が展開され始めたことはみなさんご存知の通りです。

では、これからISASロケット軍団が一丸となって取り組むべき次の輸送系研究の柱とは何でしょうか？

大気を味方につけるロケット

民間による宇宙事業が本格的に展開され始めた現在、ロケットは宇宙輸送の低コスト化・高頻度化に向けて、その運用方法や製造技術に大きな変化が見られるようになりました。一方で、ロケットの中で最も重要な構成要素である加速するための推進システム、いわゆるロケットエンジン(ここでは液体ロケットとします)は、性能や耐久性の向上を目指した改良などは進められているものの、その仕組み自体は、半世紀以上前から大きな変化はありません。

液体ロケットには燃料と酸化剤が積まれ、それらをエンジンで混ぜ合わせて燃焼させ、そのガスを噴き出すことで推力を得ます。液体水素を燃料とする場合には、液体酸素を酸化剤とし、それぞれをタンクに入れてロケットに載せます。ロケットでは宇宙に到達するのに必要なすべての酸化剤を搭載しますが、航空機のジェットエンジンのように酸素を大気から取り込むこ

とができれば、搭載する液体酸素の量を大幅に減らすことが可能となります。この仕組みによる推進システムをロケットの世界では「空気吸い込み型エンジン(エアブリーザ)」と呼びます。このエンジンが実用化できれば、ロケットエンジンの燃費を表す比推力は飛躍的に向上し、機体規模の大幅なコンパクト化が可能になります。

「大気を利用することで推進効率を飛躍的に向上させ、スペースプレーンによる宇宙輸送を実現する。」実は、考えとしてはもう何十年も前からあるのですが、実用化どころか、実証機でさえ数えるほどしか飛んでいません。これまでに考えられてきた空気吸い込み型エンジンはスクラムジェットなど、音速の5倍を超えるような条件での作動を狙うものが中心です。高速で飛行しながら空気中の酸素を取り込み、エンジンで適切に燃焼させて十分な推進エネルギーを得るためには、技術的なハードルが高いというのが現状です。

ロケットはほぼ垂直に離陸上昇し、できるだけ早く大気層を抜けて、空気抗力によるエネルギー損失を少なくするという飛び方をします。一方、空気吸い込み型エンジンを載せたシステムは、大気中を適切な高度でほぼ水平に揚力飛行しながら加速する、という考え方が一般的です。もし、垂直に上昇するロケットでも、離陸から空気吸い込み型エンジンを作動させて加速上昇し、ある高度でロケットエンジンに切り替えてさらに加速するという運用ができれば、ロケットの打上げ性能の飛躍的な向上が期待できます。これまでのロケットにとって大気はおおよそ邪魔なものでしたが、これを味方につけることができれば、コンパクトで高性能な新しいロケットを実現できるのです。

そこで我々は、大気をうまく使うことで宇宙輸送システムを革新することを目指した「再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究」を立ち上げました。垂直発射方式のロケットに対して、空気をうまく使いながら作動するエンジンを本格的に導入し、地上から宇宙まで、宇宙から地上までをつなげる新しい推進システムを構築することにより、打上げ能力の飛躍的な向上と効率的な繰り返し運用を目指した世界初の挑戦です。

大気をうまく使う新しいエンジン: ATRIUM

現在、この研究の鍵となるATRIUMエンジン(Air Turbo Rocket for Innovative Unmanned Mission engine)の開発に取り組んでいます。ATRIUMエンジンは、空気吸い込み型であるエアターボエンジンとロケットエンジンを組み合わせた複合エンジンで、飛行する高度によってこれらを切り替えながら推力を得ます。このエンジンを実現するにあたっては、既にロケットエンジンは成熟した技術があるため、まずはエアターボエンジンの開発を進めることが重要です。エアターボは、ガスジェネレータで水素と酸素を水素過多の状態で燃焼させ、その燃焼ガスでタービンを回します。タービンによりファンが回転することで周囲の空気をエンジンに取り込み、この圧縮された空気とガスジェ



図1：再使用ロケット実験機RV-X地上燃焼試験
(2025年12月 能代ロケット実験場)

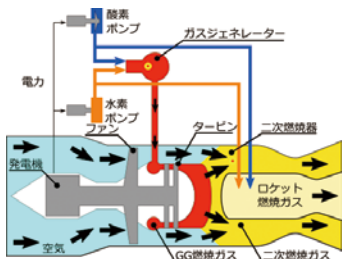


図2: ATRIUMエンジン

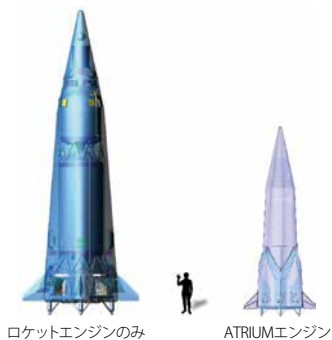
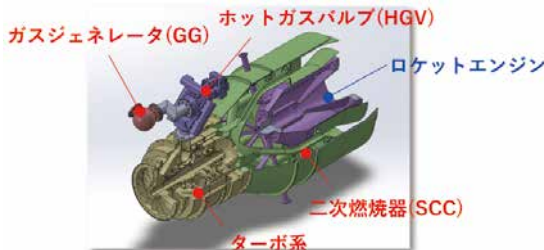


図3: 到達高度100kmを想定した再利用観測ロケットのスケール比較とATRIUMエンジンを搭載したロケットの飛行プロファイルの例

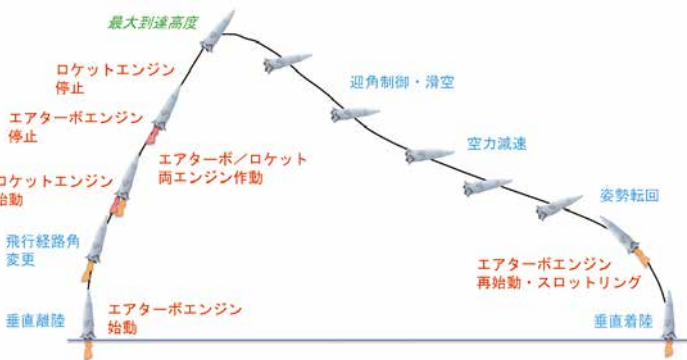


図4: 小型実験機「CRAFT」の準備状況と飛行実証計画(案)



ネレータの燃焼ガスを混合して2次燃焼させることで推力を得る仕組みです(図2)。

エアターボは静止した状態から作動できるため、垂直に離陸するロケットに適用することが可能です。空気を取り込み方を工夫すれば垂直に着陸する際にも使うことできるため、垂直離着陸型の再利用ロケットにおいて飛躍的な性能向上が期待できます。例えば、高度100km以上まで到達するサブオービタル型の再利用ロケットを想定した場合、総推力20kNのATRIUMエンジンを4基搭載し、高度0～5kmまでの低高度はエアターボで、高度5～30kmの中高度はエアターボとロケットの両エンジンの併用で、高度30km以上ではエアターボをカットオフしてロケットエンジンで加速する、という運用を考えています。同じ飛翔性能を有する、推力40kNの液体水素/液体酸素ロケットエンジン4基を搭載した再利用観測ロケットと比較すると、ATRIUMエンジンで構築したシステムは、機体規模を大幅にコンパクト化することができます(図3)。また、エアターボは、ロケットエンジンと比べて発生する音響が格段に小さいため、離着陸時の振動環境条件も大幅に緩和できます。環境試験なしで観測機器を搭載して飛ばすことも夢ではありません。

大気のアシストで飛ぶロケットの飛行実証: CRAFT

この大気アシストによる新しい宇宙輸送システムの研究開発においては、エンジンを地上で実証するだけではなく、「機体に載せて飛ばしてみせる」ことが特に重要です。離陸から着陸までに必要な機能を兼ね備えたエンジンを構築して、それを実験機に搭載し、機体に設けたエアインテークから実際に空気を取り込むことでエンジンを作動させて飛ばしてみせる必要があります。そこでいま開発を進めているのが、小型実験機に搭載するための推力10kN級のATRIUMエンジンです。高い比推力を目指すだけでなく、着陸時に必要な応答性の高い推力制御機能を持たせるとともに、機体に搭載できるように軽量かつコンパクトで整備性の高いエンジンを目指しています。

このエンジンを搭載した実験機の最初のステップとして、機体を1m以下の低高度で浮上させる実験を、能代ロケット実験場で実施する計画を立てています。飛行環境でエアターボが正常に作動するのか、環境条件がどの程度改善するのか、効率的な運用ができるのか、などを実際に飛ばすことで実証します。

取り扱いやすい「小型」の実験機でATRIUMエンジンの有効性を実証することが、その先に繋がる技術を短期に獲得するためのキープポイントとなります。我々はこの大気アシストによって飛翔する小型実験機を「CRAFT (Compact Reusable Air-assist Flight Test rocket)」と命名しました。現在、ATRIUMエンジンの開発と並行して、CRAFTの機体システムの準備にも取り組み、一部のコンポーネントの設計・試作が進められています。このCRAFTによる飛行実証をシリーズ化し、次のステップではより高い高度までの飛行による本格的な運用システムに必要な技術の実証、さらにはより高速域でのエンジン作動の実証に繋がる水平揚力飛行の実験に発展させ、ステップバイステップでの技術獲得を目指します。ATRIUMエンジンは複数の民間企業からも開発が期待されており、実用化に向けた早期の実証が求められていることから、各ステップで得られる技術をタイムリーに民間へ移転できる計画を立てています。さらには、能代ロケット実験場にて液体水素を使った飛行実験を高頻度に繰り返すことで、飛行実験や水素取り扱いに係る技術を身に付けるための人材育成や、実験場の活性化にも繋げたいと考えます(図4)。

おわりに

これまでのISASの輸送系の研究では、大きく分けて「再使用組」と「エアブリーザ組」が、それぞれが思い描くシステムの最終形態に向けて、それぞれが信念を持って研究に取り組んでき

ました。再使用組は「既存技術最大活用」により「垂直離着陸」で「高頻度運用」を、エアブリーザ組は「革新的エンジン」により「水平揚力飛行」で「極超音速飛行」を、実現するそれぞれのシステムを目指してきました。将来へのアプローチの違い、それを主導するリーダの考え方の違い、などにより、なかなかひとつにまとまった大きな柱となるような活動ができずにいた、ということが事実としてあると考えます。再使用組は、あるレベルまで技術の獲得が進み、より高性能かつ高頻度で飛ばせるシステムを作りたい。一方でエアブリーザ組は、エンジン単体での地上実験だけでなく、それを飛ばして実証したい。そのようなタイミングで輸送系メンバーが思い至ったのが、垂直離着陸の再使用ロケットに、空気をうまく使うエンジンを組み込めば、これまで別々に考えてきたことを1つにまとめるのではないかと、いう考えです。いま、高頻度宇宙科学実験の構想など、「とにかくやってみせる」「やってみなはれ」という機運がISAS全体で高まっている中、そこに合流して仲間を増やし、ISASロケット軍団が一枚岩で、新しい一歩を踏み出してみようとしている所以がここにあります。ISAS輸送系をまとめ、大学アカデミア、JAXA他部門、民間と一体となり、みんなが楽しめる輸送系研究の大きな柱とします*2。

【参考】

*1 https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews531.pdf

*2 https://www.isas.jaxa.jp/missions/documents/files/isas_202506_1.pdf

ISAS 事情

第9回 MMXサイエンス会議 開催報告

2025年11月18日から20日にかけて、火星衛星探査計画MMX (Martian Moons eXploration) に関する第9回サイエンス会議が、米国メリーランド州のジョンズ・ホプキンス大学応用物理学研究所 (APL) で開催されました(写真)。本会議は、MMXに関わる世界各国の研究者や技術者が集い、探査機や観測機器の準備状況、得られる科学成果について意見を交わす重要な場です。今回は、日欧米から150名を超える科学者・プロジェクト関係者が対面およびオンラインで参加し、活発な議論が行われました。昨年度のパリ天文台での開催に続き、今年度も海外で実施され、地理的・文化的多様性のなかで活発な交流が行われました。

会議初日は、主催機関からの歓迎挨拶に続き、MMXプロジェクト全体の最新状況が紹介されました。火星衛星フォボスとダイモスを探査し、将来のサンプルリターンを成功させるために、探査機の開発や安全対策が着実に進んでいることが報告されました。その後、カメラや分光計、ローバなど、探査機に搭載される各機器チームから準備状況が説明され、どのような観測が可能になるのか具体的に示されました。

会場であるAPL会議場のロビーにて撮影した集合写真。



午後には、火星衛星の表面を覆う砂や岩石(レゴリス)や、過去に小惑星から試料を持ち帰った探査の成果に関する講演が行われました。これらの知見は、MMXが将来持ち帰る試料をどのように理解するかを考える上で重要であり、参加者の関心を集めました。

2日目は、フォボスやダイモスの形や地形、物質の性質を調べる研究グループからの報告が中心でした。これまでの探査データや地上実験を組み合わせることで、火星衛星がどのように誕生したのか、その手がかりが少しずつ見えてきています。また、着陸候補地点の検討や試料分析の準備についても議論が進められました。

最終日には各サブチームに分かれて分科会が開かれ、より詳細な議論が行われました。また、サイエンスチームの取りまとめを担うサイエンスボード会議を通じて、今後のサイエンス活動の進め方や国際協力の体制が確認されました。来年度の打上げを目前に控えたMMXミッションは、科学者と技術者が力を合わせて最終段階に入っています。今回の会議は、その結束と期待を改めて実感する機会となりました。(臼井 寛裕)

耐爆施設でつくる「高温ガス惑星の大気」

現在、JWSTや地上望遠鏡でその大気が調べてられている系外惑星の多くは、高温かつ水素・ヘリウム主体の大気を持つと考えられています。近年、系外惑星からの高分散分光スペクトルの解析手法が進展し、分子吸収線の形状から大気組成や温度・圧力構造などを推定できるようになりました。その推定精度は分子吸収線の実験データに大きく依存しますが、地球とは異なる高温環境や水素・ヘリウム主体の大気で測定されたデータの蓄積が現在ほとんどありません。そこで我々は、東京都あ

きる野市にあるJAXA宇宙科学研究所あきる野実験施設で、このような系外惑星大気を模擬した分光実験を行っています。

実験では、長さ500mm、直径40mmの円筒状ガラスセル内に水素・ヘリウムと少量のメタンからなる混合ガスを封入し、電気炉で最大1,000Kまで加熱し



耐爆試験室に設置した実験系の外観と、実際に取得した温度毎の透過スペクトル。実験系中央の白い電気炉の中にガラスセルを挿入し、高温の惑星大気環境を模擬する。

て系外惑星大気に近い環境を再現しました。このガラスセルにレーザー光を通し、波長を変えながら透過光の変化を記録することで吸収スペクトルを測定しました。メタン分子の吸収線は、周囲の分子との衝突により線幅が広がり（圧力広がり）、その広がり方は地球大気と水素主体の大気では異なります。得られた実験スペクトルを理論計算モデルと比較することで、水素・ヘリウム背景大気下での圧力広がりを初めて実測定しました。その結果、系外惑星研究でよく用いられるデータベースの値とは最大約30%異なり、従来の観測解析では系統誤差が生じていた可能性が明らかになりました。今後、メタンと同様に惑星大気スペクトルで顕著な吸収を示す一酸化炭素(CO)の解析のために、実験系の更新を進めています。様々な分子吸収線データを実験により揃えることで、系外惑星大気の解析精度向上を目指しています。

実験を実施したあきる野実験施設は、固体ロケットモーター燃焼試験を想定した耐爆構造を備えており、水素などの可燃性ガスを高温で扱う、本研究のような爆発リスクを伴う実験を安全に遂行できます。本実験は、国内でも極めて貴重な設備と施設スタッフのご支援により実現したものです。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

(国立天文台・JASMINEプロジェクト／細川晃、河原 創)

上杉 邦憲先生ご逝去

JAXAの名誉教授である上杉 邦憲先生が2025年12月12日、永眠されました。上杉先生は1968年3月に東京大学大学院工学系研究科航空学専攻修士課程修了後、同年4月に直ちに東京大学附属宇宙航空研究所助手に着任されました。その後、工学博士号を取得の後、1978年3月に助教授に昇任、文部省宇宙科学研究所への改組などを経て、1990年4月に同教授に昇任されました。2003年宇宙航空研究開発機構の発足後、2006年3月まで教授としてご活躍されました。

この間、1981年4月からはカリフォルニア工科大学ジェット推進研究所(JPL)にて、1年間客員研究員を、また、1982年には、宇宙空間の探査および平和利用に関する国連会議の日本政府代表代理を務められました。

上杉先生は、ロケットの開発においては姿勢・軌道制御、また地上系システムにおいてはその構築に中心的な役割を果たされました。また、早くからシステム工学的な手法の重要性に着目され、その導入を積極的に推進されるとともに、火工品開発、計測システム整備など多岐にわたる分野で我が国のロケット開発の基盤を築かれました。さらに科学衛星のミッション解析と軌道設計、探査機システムの設計、衛星搭載補助推進機関の開発に至るまで幅広く尽力され、我が国のロケット技術の発展および科学衛星の実用化に計り知れない足跡を残されまし

た。先生のご研究は、軌道工学に基礎をおく科学衛星ミッションの定式化と最適化で、先進的な課題に取り組み、「さきがけ」、「すいせい」という我が国初の惑星探査機によりハレー彗星の探査に成功したこと、工学実験衛星 MUSES-Aとして二重月スウィングバイミッションを提案し、打上げ後「ひてん」と名付けられたこの衛星により世界で3番目の月オービタおよび月面到達を実現して、我が国の宇宙開発を世界の第一線に立たせるなど、特筆すべき功績をあげられました。また、将来計画を先進的に主導し、工学探査機「はやぶさ」のプロジェクトの立ち上げと遂行を指導されました。

これらの成果により、NASAより2度にわたりGroup Achievement Awardを受賞したほか、日本航空宇宙学会より技術賞、米国宇宙協会(National Space Society) Space Pioneer Award、国際宇宙航行連盟(IMF) Allan D. Emil記念賞、Hall of Fameなどを受賞しておられます。

北海道宇宙科学技術創成センター(HASTIC)理事長の重責でご活躍のところ、突然の訃報に大変驚いているところです。

謹んでご冥福をお祈りします。(澤井 秀次郎)



MMXはフォボスを目指す!



MMXの サンプル汚染管理

火星衛星探査計画MMX (Martian Moons eXploration) は火星衛星(フォボスおよびダイモス)を観測し、最終的にフォボスに着陸してその表面から採取したサンプルを地球に持ち帰るサンプルリターンミッションです。サンプルリターンミッションでは、帰還試料を地球物質の混入による汚染から守り、その質を担保することが非常に重要です^{*1}。そのため、全ミッション期間を通じて、厳格な汚染管理を実施しています。

MMXの汚染管理方針

探査機の汚染管理の基本は、第一に汚染物質の混入を最小限に抑えること、第二に汚染評価を実施すること、そして第三は、汚染混入時に汚染物質を識別できるように、使用部材をサンプル片として保管することです。

MMXでは、理学目標に対応して、汚染管理の対象となる物質とその汚染物質許容量を設定しています。対象物質は大きく分けて有機物質と無機物質の2種類あり、有機物質の方は炭素質コンドライトに存在する有機分子(炭化水素、アミノ酸、カルボン酸など)が基準となっており、無機物質の方は火星衛星の起源判別に必要な元素(クロム、チタン、モリブデンなど)や年代測定に必要な元素(ウラン、鉛、ハフニウム、タングステン、希土類元素等)等が対象となっています。

MMXにおいて汚染管理上、最重要となるミッション機器は2つのサンプリング装置(C-SMPおよびP-SMP)^{*2}であり、その関連機器(P-SMPが付属する着陸脚フットパッドなど)も管理対象となっています。探査機の汚染管理はその設計段階から始まり、可能な限り汚染管理の対象物質が含まれないような材料を選定しています。そして、フライトモデル(FM)の製造段階になると、ATLO(Assembly, Test, and Launch Operations)と呼ばれる汚染管理のクリティカルフェーズに入り、汚染管理活動の繁忙期になります。

ALTOフェーズにおける汚染管理

現在、MMXは2026年に打上げを控え、探査機打上げまでの最終段階であるALTOフェーズにあります。ALTOは最も多くの人

(=汚染源)が関わるフェーズであり、探査機の設置環境も各製造メーカーのクリーンルームから射場へと変化していきます。

汚染管理の対象となるミッション機器は、FMの組み上げ前に精密洗浄が施されます。精密洗浄はフルコース洗浄と呼ばれる複数の極性の異なる有機溶媒や超純水を用いた超音波洗浄プロトコルで、ISAS/JAXAのキュレーション施設にて実施します(図1)。また、フルコース洗浄が不可能な部品には有機溶媒を使用したワイプ洗浄を実施します。FMは清浄度がISO Class⁸以上のクリーンルームにて管理されますが、組み上がった後も常に清浄な窒素ガスをパージし続けることで外環境からの汚染物質の混入を防いでいます。そして、システム総合試験の後は再び部品レベルに分解され、リファーマビッシュとして最終洗浄が施されます。

さらにATLOでは、FMの設置環境の常時環境モニタリングも実施しています。パーティクル数がISO Class8を逸脱した場合にはアラートを発する体制になっており、万一、汚染が発生した際にはその原因究明や影響評価、必要に応じて洗浄作業を実施します。また、様々な捕集材から構成されたコンタミクーポンセット^{*4}を常時、FMの近くに設置して環境中に存在する汚染物質をサンプリングしています(図2)。さらに、FMの組み立て・試験環境の詳細な汚染評価として、浮遊塵捕集機を用いた大気中の汚染物質のサンプリングや集積塵のワイプサンプリング、微生物サンプリングも実施しています。汚染管理活動は種子島の射場でも継続され、フェアリング内にもコンタミクーポンセットは設置されます。また、サンプラーやサンプルコンテナにはウィットネスプレートと呼ばれるサファイアガラスが搭載されており、フライト中も含めた汚染評価がなされます。そして、地球帰還時と同様に汚染管理活動は続けられます。このようにMMXでは、フォボスリターンサンプルの理学的価値を守るべく、全ミッション期間を通じて徹底した汚染管理を実施しています。

菅原 春菜(すがはら はるな)

【参考文献】

- *1 木村駿太, 他「宇宙探査における惑星保護と汚染管理 ~ JAXA 宇宙科学研究所における取り組み ~」, ミッションに関連して思うこと。宇宙科学研究所, 2023
- *2 C-SMP (Coring-Sampler) については本連載第8回を参照。P-SMP (Pneumatic-Sampler) はNASA 提供のニューマチック方式のサンプリング装置で窒素ガスを吹き付けて最表面のサンプルを採取する。
- *3 クリーンルームの空気清浄度の国際統一規格。ISO Class8は従来使われてきた米国連邦規格では、Class 100,000 (1cf (1立方フィート=0.028 m³) 当たりの0.5 μm以上の粒子の個数で定義) に相当する。
- *4 Sawada H. et al., :Hayabusa2 Sampler: Collection of Asteroidal Surface Material. Space Science Reviews, 208, 81-106, 2017, doi: 10.1007/s12144-017-0338-8

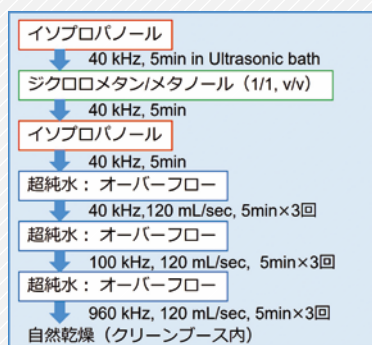


図1: ISAS/JAXAキュレーション施設が実施する精密洗浄(フルコース洗浄)のフロー

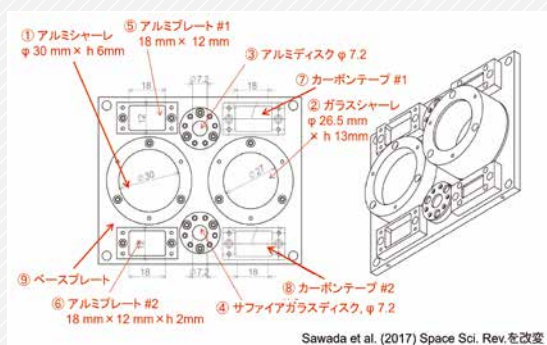


図2: コンタミクーポンセット

Sawada et al. (2017) Space Sci. Rev.を改変



JAXA 名誉教授

中村 正人 (なかむら まさと)

「きんせいちゃん」をまわる 星になった「あかつきくん」

金星探査機「あかつき」の停波が昨年9月に行われた。1年間捜索を行った末の決断である。1998年にワーキンググループが立ち上げられて以来、約25年間続いたプロジェクトとなった。思い起こされることは多々あるが、一番印象に残っているのは2010年12月の金星周回軌道への投入失敗であろう。2015年12月に再挑戦の結果、金星観測が可能になるまでの5年間はチームメンバーにとってもとても辛い時期であり、私にとっても同様である。私はプロジェクト開始直後にプロジェクトの進む方向を整える為に2、3年は先頭に立ってプロジェクトを引っ張った自負はあるものの、その後のプロジェクト進行は宇宙研側では石井先生、予算は阿部先生、サイエンスは今村先生、佐藤先生、探査機運用は山崎先生、そのほか多くの先生方に先頭に立って貰った。メーカーの方々、大学の先生方も自ら考えて大きな貢献をしてくださった。実のところ「中村に任せておいたらとんでもないことになる。我々が率先して行動しなければ。」という意識が彼ら全員の心の中にあったに違いない。そんな中村でさえショックを受けたのであるから、冷静に対処してくれた先生方にとっても大変な衝撃であったに違いない。

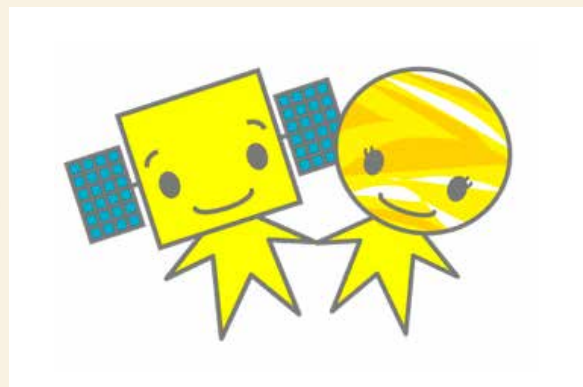
当時の中村は道を歩いていてもぼんやりしていたようで、日本電気の折井さんが僕と道であっても、とても声をかけられる顔つきではなかったと言っておられた。また同志社大学の土屋先生が「中村さん、楽しみが5年のびましたね」と励ましてくださった事も、とてもよく覚えている。

そのような苦難の5年間であったが、ここで世間一般がどの様に「あかつき」が金星周回軌道投入を失敗したことを受け止めていたかを示す一例がある。小学校の教師をしている私の高校の友人が「こんな本がある」と教えてくれた。それは小学校の道徳で教師に対する指導の本の中の一節「どうするあかつきチーム？」(新モラルジレンマ 教材と授業展開 (荒木紀幸編著) 明治図書)に顕著にあらわれている。

『どうする「あかつき」チーム

「あかつき」チームは、再チャレンジを目指すべきでしょうか。それとも、諦めて他の計画でその力を発揮するべきでしょうか?』

ここに書かれている世間での考えと、「あかつき」の金星周回軌道投入後にプロジェクト関係者で話し合った我々の考え方の間の食い違いを見てみよう。最初に挙げられてい



「あかつきくん」と「きんせいちゃん」

る課題は、

「純粋に真理の探究の為に努力を続けようとする思いと、税金によって支えられているという立場や、だからこそ自らの才能や資質をより可能性の高い分野に投じるべきとの公共性の高い職業観との間の葛藤(があったにちがいない)」

なるほど。世間からは我々はこう見られていたのか?

この課題を読んだプロジェクト関係者はほぼ全員が次のように答えた。「金星プロジェクトは他人から与えられたものではなく、自分たちの価値基準に沿って行った。したがって葛藤を感じるはずもなく、金星プロジェクトを成功させる事を最優先させることは当然の帰結である。」この答には大きな問題もあろう。JAXAの職員が国民のためと言うより、自分たちの満足を優先させたと捉える考え方もあるからである。しかし、昔の宇宙科学研究所のプロジェクトの選定の仕方は、プロジェクトを行う当事者が先端の問題意識を持って自らのサイエンスや工学上の問題にいとむ事を「良し」としていて、あかつきプロジェクトもその例に漏れなかったのである。我々の考えは言い換えれば「他人の価値観で仕事をするのでは無く、自らの価値観で行動せよ」というもので、世間の方々為準公務員としてのJAXA職員にもたれる「社会に尽くすべき」という考え方からは外れるかもしれない。しかし、我々がサイエンス上の疑問と考えていることに答を見つけることが社会に尽くす最善の道であると我々は考えた。

次の課題は、

「250億円もの予算を投じて、当初の目的を達成できない責任は大きい。しかし、いたずらに5～6年の間、有能な人材を失敗に終わる可能性が大きい職務に就けることによる損害は、むしろ貴重な時間の損失の方が問題では無いか?」

これに関する答は石井先生が明確に答えてくれた。

「失敗するかも知れなくても、それにチャレンジすることで技術者として、科学者として成長する。それが大事な事ですよ。」この答えに付け加える事は無いだろう。

これからも多くの科学成果を求めて宇宙科学研究所はミッションを行っていくだろう。そのときに、あかつきプロジェクトのような考え方で仕事をすすめたミッションもあったのだと言うことを、どこか記憶にとどめておいて欲しい。

宇宙・夢・人

Space Human Dream

》つなげて プラネタリーディフェンスへ

ロケットをつくりたいと考えていたが……

——これまでどのような道を行ってきたのか教えてください。

漠然と宇宙に携わる仕事がしたいと思い、ロケットをつくりたいと考えて志望大学を決めていました。ところが高校3年生のとき、理科の選択科目で何となく地学を選んだら、その授業がとても面白かったです。1億分の1スケールの太陽系を校庭につくったり、百貨店に行くと大理石の壁に化石を探したり。見たり触ったりして体感できる地学の楽しさを知って地球惑星科学を学びたいと思うようになり、志望大学を変更、名古屋大学理学部地球惑星科学科に進みました。

大学での卒論は太陽系の起源(惑星形成論)をテーマにすると決め、実験系の研究室に入りました。太陽から遠いところで氷微惑星が衝突合体して氷天体が形成される過程を調べるため、北海道大学低温科学研究所の低温室で、寒さに耐えながら氷や雪玉の衝突実験を行いました。

博士課程修了後は、岡山大学惑星物質研究所で隕石の研究を行っていました。宇宙研にきたのは2017年で、「はやぶさ2」プロジェクトチームのポスドクとしてです。理学と工学の調整を行うミッション系や、熱赤外カメラTIRによる小惑星リュウグウの観測データ解析などを担当しました。

地球を守る「プラネタリーディフェンス」

——現在は宇宙科学プログラム室に所属されています。

宇宙科学プログラム室は、各プロジェクトのマネジメントなどを支援する部署です。私は戦略的海外共同計画と呼ばれる、海外の宇宙機関が主導しJAXAが観測機器などを提供するプロジェクトの支援を担当しています。

その1つが、ESAが主導する二重小惑星探査計画Heraで、JAXAは「はやぶさ2」TIRを高解像度・多バンド化した熱赤外カメラTIRIを提供しています。Heraは、NASAのDARTと連携して、人類史上初めてプラネタリーディフェンスの技術実証を行います。

——プラネタリーディフェンスとは？

小惑星の中には地球の近くを通過する軌道をもつものがあり、地球と衝突する可能性もあります。小惑星が地球に衝突する場合、人類はどう対処したらよいのか？それを検討することが、プラネタリーディフェンス(地球防衛、惑星防衛)という取り組みです。衝突を回避する方法の1つが、探査機を小惑星に衝突させてその軌道を少し変えるというもので、DARTとHeraはその技術実証を行います。DARTは、2022年9月に小惑星ディディモスの衛星であるディモルフォスへの衝

宇宙科学プログラム室 主任研究開発員

篤生 有理 (しまき ゆうり)

1984年、愛媛県生まれ。名古屋大学大学院環境学研究所地球環境科学専攻博士後期課程修了。博士(理学)。岡山大学惑星物質研究所特別契約職員・助手、JAXA宇宙科学研究所研究開発員(太陽系科学研究系、大学共同利用実験調整グループ)を経て、2022年より現職。Hera所内プロジェクトチーム、RAMSES所内プロジェクトチーム、プラネタリーディフェンスチームを併任。



突に成功しました。Heraは2026年11月頃に小惑星に到着し、DARTの衝突によって形成されたクレーターの状態などを調べる予定です。

私は、ESA-JAXA共同ミッションとなったRAMSESにも携わっています。RAMSESは2029年4月13日に地球のすぐそばを通過する小惑星アポフィスを探査します。JAXAはHeraに提供したTIRIのスペア品とDESTINY+の開発実績に基づく薄膜軽量太陽電池パドルを提供し、さらにH3ロケットによるDESTINY+との相乗り打上げ機会を提供します。

プラネタリーディフェンスは地球規模の問題であるため、国際協力が不可欠です。日本の小惑星探査技術や観測機器は国際的に高い信頼を得ています。また、自然災害が多い日本は国民の防災意識が高いと思います。それらは、国際協力の中で日本の強みになるのではないのでしょうか。

JAXAでは2024年にプラネタリーディフェンスチームが発足し、小惑星の発見・監視、探査ミッション、政府機関・国際機関との調整、広報活動などに取り組んでいます。小惑星の衝突はアニメや映画の中の出来事ではなく、現実起こりうる自然災害であることを多くの人に知ってもらいたいです。正しい理解は、いざというときの適切な避難行動に繋がります。

——Hera、RAMSES、プラネタリーディフェンスのチームを併任されていますが、「はやぶさ2」からつながってきているのですか。

そうですね。以前、チェリャビンスク隕石を分析しました。2013年にロシアに落下し人的被害も出たことから、プラネタリーディフェンスの重要性が強く認識されるきっかけとなった隕石です。これもつながりを感じています。

次世代小天体サンプルリターン探査へ

——今後は、どのようなことに取り組みたいとお考えですか？

次世代小天体サンプルリターン探査を提案しています。太陽系ができたころの情報をもつ彗星の試料を持ち帰る計画で、私は理学ワーキンググループの代表補佐を務めています。「はやぶさ2」では、理学と工学が真摯に対話を積み重ねて、相手の領分にも互いに首を突っ込みながら、一緒に進めていました。それが宇宙研のよさだと思うのです。その関係を引き継いでいきたいと考えています。

「はやぶさ2」では、順調なときもトラブルが発生したときも情報を発信していました。皆さんもワクワクしたりハラハラしたりしながら、一緒に冒険をしているような感覚で応援してくれていたのではないかと思います。次世代小天体サンプルリターン探査も、そういうミッションにしたいですね。

編集後記

今月号は掲載したい記事が多すぎて、紙面の都合で来月号に先送りをお願いしなければならなかったほどでした。今年もまた、記事を通して、研究現場からの生の声や研究者・エンジニアの息遣いを少しでも伝えられたら幸いです。本年が読者の皆様にとっても、よい年となりますことを。(生田 ちさと)



ISASニュース No.538 2026年1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/>