

## 大気圏突入用インフレーターブルエアロシェル

固いエアロシェルに代わる、柔らかくて収納・展開が可能なインフレーターブルエアロシェルの展開時の様子。軽量・大面積のインフレーターブルエアロシェルを上げた状態で大気圏に突入することで、効率の良い空力減速と、大気圏突入時の加熱の緩和が可能となる。右は直径1.2mで、観測ロケット実験データ回収モジュールRATSで使用されたものと同サイズのエアロシェル。左は直径2.5mで、小型火星着陸機の実現を目指して開発中の大型エアロシェル。



The Forefront of Space Science

宇宙  
科学  
最前線

## インフレーターブルエアロシェルと観測ロケット実験 データ回収モジュールRATS

宇宙飛行工学研究系 特任助教 永田 靖典(ながた やすのり)  
研究開発部門第一研究ユニット 研究開発員 中尾 達郎(なかお たつろう)

### はじめに

日本の宇宙開発史の中で、宇宙空間から戻ってきて回収できた機体といえば何を思い浮かべるでしょうか? 「はやぶさ」・「はやぶさ2」サンプルリターンカプセルは、小惑星で採取したサンプルを地球に持ち帰ることに成功したその代表格になります。これ以外にもUSERS\*<sup>1</sup>(2003年)やHSRC\*<sup>2</sup>(2018年)なども挙げられますが、数は多くなく両手で数えられる程度です。そこに2021年7月に新しく仲間入りしたのが、観測ロケット実験データ回収モジュールRATSになります。本稿では、RATSとそれを実現させたインフレーターブルエアロシェル、そしてインフレーターブルエアロシェルの将来展望についてご紹介します。

### 観測ロケット実験における機器回収と、 インフレーターブルエアロシェル

宇宙科学研究所が実施する観測ロケットを用いたフライト実験では、様々な学理的・工学的な実験が行われています。宇宙空間からの現象観測、フライト中の無重力・真空・高速飛行の環境を利用した実験、ロケット上昇中の振動環境などに

対する機器の機能実証など、目的は様々です。ここで紹介するインフレーターブルエアロシェルも、10年程前の2012年8月に観測ロケットを利用して機能実証実験が行われました(ISAS ニュース 2012年10月 No.379「柔らかな大気圏突入機の実現に向けて～シタケ型実験機はいかにしてつくられたか～」\*<sup>3</sup>)。観測ロケット実験は毎年数回程度実施されていますが、貴重な実験機会であるため、フライトした機器やサンプルを回収して状態を確認したい、できるだけたくさんのデータを得たい、という要望が多くあります。観測ロケットは放物線軌道を描いて飛行し、海上に落下して水没するため、機体を回収することは簡単ではありません。また、フライト中のデータは電波で送られるため、大容量のデータを得ることは難しいのが現状です。

観測ロケット実験での機器回収は、過去1981年から1998年にかけて9回実施され、そのうち5回が回収に成功していますが、それ以降実施されていませんでした。観測ロケットは、大型のH-IIAロケットなどに比べると小さい機体ですが、ロケット全体を回収することは現実的ではありません。打ち上げたロケットの中で回収する部分だけを宇宙空間で切り離して、

\* 1 次世代無人宇宙実験システム (USERS) は、地球周回軌道上で超電導材料の宇宙実験を行い、その成果物をリエントリーモジュールで回収しました。2002年9月打上げ、2003年5月回収。

\* 2 HTV搭載小型回収カプセル (HSRC) は、「こうのとりのり」7号機で国際宇宙ステーションに運ばれ、国際宇宙ステーションから実験試料を回収しました。2018年9月打上げ、2018年11月回収。

\* 3 <https://www.isas.jaxa.jp/ISASnews/No.379/ISASnews379.pdf>

大気圏に再突入させ、海上にゆっくり着水させ、海上に浮いているところを回収するという手順になります。これを実現するには、①ロケットからの分離装置、②大気圏再突入時の加熱に対する耐熱装置、③パラシュートとその放出装置、④フローティングバッグとその膨張装置、が必要になります。過去に実施された回収実験の機器は、現在、宇宙科学研究所の研究交流棟で展示されていますが、ロケットの一部とはいえ、非常に大きな装置となっています。

そこで登場するのが「インフレータブルエアロシェル」です。はやぶさサンプルリターンカプセルのような大気圏再突入機の最外殻は、飛行中に空気から受ける力(空気力)に耐えられる構造となっており、エアロシェル(空気+殻)と呼ばれます。通常、固い構造となっているエアロシェルに代わり、柔らかい構造で、収納・展開を可能としたものがインフレータブルエアロシェルと呼ばれる装置になります。大気圏再突入機が地表に到達するまでに必要となる減速は、逆噴射などの一部の例外を除いて、空気力によって行われます。荷物を載せていない自転車の方が載せている場合より早く止まれるように、軽いものを強い力で押した方が減速度は大きくなります。軽量・大面積のインフレータブルエアロシェルを上げた状態で大気圏に突入することで、機体を軽くしたまま、大きな面積で空気を受け止めることで大きな空気力を受けることができ、必要な減速を効率良く得ることができます。結果として、高度が高く大気密度の低いところで減速できることで、大気圏突入時の厳しい加熱を避けて飛ぶことができるようになります。この特徴は大気圏内を降下しているときも発揮され、パラシュートと同様に、降下速度を下げる効果が得られるため、海上にゆっくり着水できます。そして、インフレータブルエアロシェルが浮き輪のようなインフレータブルリングで構成されているため、着水後に海上に浮くこともできます。大気圏突入から海上浮遊までをこれ1つで達成できると同時に、大気圏突入前の宇宙空間で展開しておけば、それ以降何もする必要はありません。何かをするということは、それを失敗するリスクがつきものですが、そもそも何もする必要がないのでリスクを減らすことになります。

## 観測ロケット実験データ回収モジュールRATS

このインフレータブルエアロシェルの利点を最大限利用

したものが「観測ロケット実験データ回収モジュールRATS (Reentry and recovery module with deployable Aeroshell Technology for Sounding rocket experiment)」になります。その名の通り、観測ロケット飛行中の実験データを回収することを目的とした小型カプセルになり、機体内部にUSBメモリを搭載しています。収納状態で直径170mm、高さ360mmの円柱形、展開状態で直径1.2m、重さ4.8kgになります(図1)。RATSは2021年7月に、内之浦宇宙空間観測所から観測ロケットS-520-31号機で打ち上げられました。この観測ロケットではデトネーションエンジンの実験が行われ、その実験データをRATSで回収するというミッションでした(ISASニュース2022年7月No.496「観測ロケットS-520-31によるデトネーションエンジン実証」\*)。打ち上げられ、宇宙空間でデトネーションエンジンの実験が行われて、そのデータがRATS内のUSBメモリに記録された後からがRATSの出番になります。

RATSのインフレータブルエアロシェルは円筒状の金属カバーの中に収納された状態で打ち上げられるため、まずはそのカバーを開いて、インフレータブルエアロシェルの拘束を解除・展開します。次に、インフレータブルリングにガスを充填し、パンパンに膨らませることで、飛行中に受ける空気力に耐えられるようにします。ガス充填が完了すると、ロケットとの結合解除・バネによる射出により、ロケットから切り離されます。この後はそのまま単独で飛行するだけなのですが、このときRATSに分離したロケットが追突するアクシデントが起きていたことが後からわかりました。幸いにもRATSはその後も飛行を続け、海上着水後も浮くことができ、回収された機体を見ても損傷している様子はありませんでした。この出来事によって、RATSは凶らずも衝突による衝撃力や飛行姿勢の乱れを受けることになりましたが、柔軟性に優れたインフレータブルエアロシェルの衝撃耐性や、乱れた飛行姿勢からでも機体回収を可能とするRATSの性能を実証する機会となりました。結果として、この出来事はRATSやインフレータブルエアロシェルの信頼性の証しといえるのではと考えています。

RATSは海上で回収することを前提に開発されていますが、海上に浮いて待つだけでは回収できません。広い海の上でRATSがどこにいるのかを正確に知る必要があることと、実際にそこに行って海から引き上げることが必要になります。

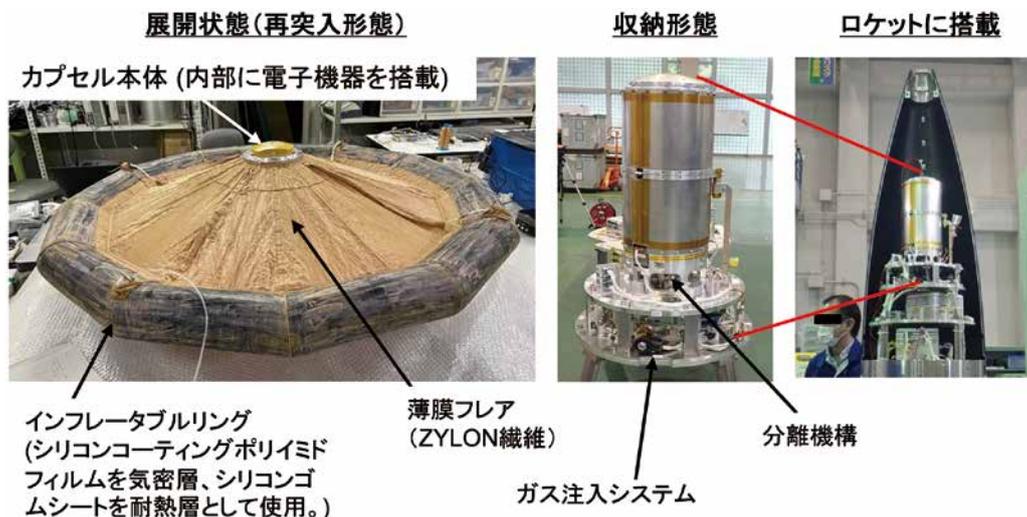


図1：観測ロケット実験データ回収モジュールRATSの外観。

\* 4 [https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas\\_news/files/ISASnews496.pdf](https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews496.pdf)

RATSは海上に浮いている間に海流で流され移動してしまうため、いわゆるGPSトラッカーと呼ばれるもののように、自分の現在位置を伝えてもらう必要があります。しかし、水平線に遮られるため、電波で地上局と直接通信することはできません。そこで、RATSではこの位置情報をイリジウム衛星通信を使って送信できるようにしています。RATSの通信はイリジウム衛星通信のみですが、単独飛行中から海上浮遊中までいつでも通信が可能となり、太平洋の真ん中でも常に自分の現在位置を伝えてきます。これにも我々が積み重ねてきたノウハウが使われています (ISAS ニュース 2016年5月 No.422「宇宙で使う携帯電話」<sup>\*5</sup>)。

RATSの位置が分かれば、後はそこに行って拾い上げるだけです。そこにはインフレーターブルエアロシエルならではの難しさや工夫があります。我々のインフレーターブルエアロシエルでは、インフレーターブルリングに十分なガスが充填されている必要があり、これが損傷してガスが抜けると機能しなくなってしまいます。そのため、インフレーターブルリングは高強度・高耐熱・気密・軽量を達成できる素材を組み合わせる製造し、耐久性を高めています。しかし、RATSでは充填ガスに炭酸ガスを使用しており、このガスはインフレーターブルリングを透過してしまうため、海上浮遊できる時間が限られていました。この点は今後ガスの種類を変えることで対応していく予定ですが、迅速に現場に到着できるようヘリコプターでの回収としました。ヘリコプターで回収するときも、RATSが軽量・小型のカプセルであることを利用し、ホバリング中に網ですくい上げる方法をとりました。この回収方法でRATSをすくい上げることができるかを、ヘリコプター運航会社 (朝日航洋 (株)) と協力して、事前に何度も検証・練習を重ねた上で本番に臨みました。

結果的にRATSは高度235kmに到達後、内之浦の沖合270kmに着水し、着水から約2時間後 (打上から約2時間半後) にヘリコプターで回収され、種子島に運ばれ、RATS内に記録された実験データを取り出すことに成功しました (図2)。このとき回収された写真データがISASニュース 2022年7月 No.496「観測ロケットS-520-31によるデトネーションエンジン実証」<sup>\*4</sup>で紹介されています。我々の長年開発を進めてきたインフレーターブルエアロシエルが、実験機や衛星通信のシステム開発で培ってきたノウハウと組み合わせることで、観測ロケット実験というフィールドで他のユーザーの役に立つことができた瞬間でした。

## インフレーターブルエアロシエルのこれから

RATSが成功したことで、実際に観測ロケット実験で使える、データ回収が可能である、ということが観測ロケット実験のユーザーに認知されつつあり、今後、RATSの同型機が観測ロケット実験で使われていくこととなります。来年2024年にはRATSの2号機が打ち上げられる予定です。

一方、インフレーターブルエアロシエルの進化はRATSで留まることはありません。2012年の観測ロケット実験以来、高性能化を目指して研究開発を進めてきたインフレーターブルエア

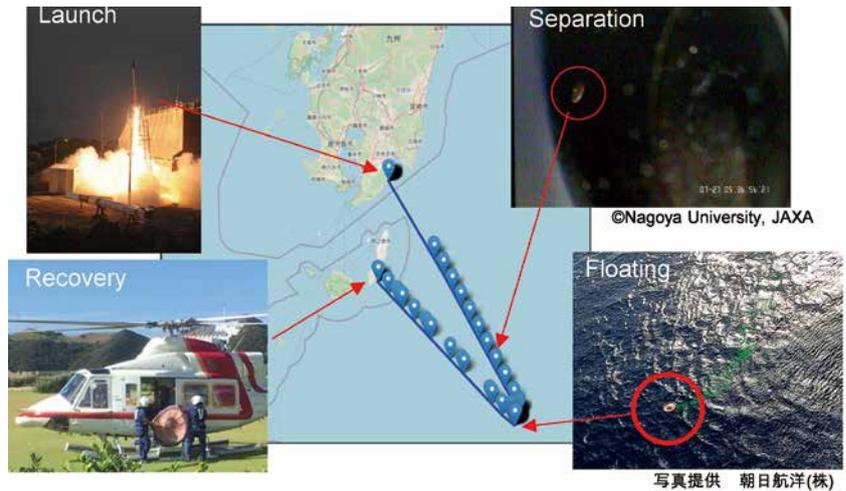


図2：RATSのたどった軌跡。

ロシエルは、2021年のRATSの成果を受けてその技術レベルの高さを示すことができました。インフレーターブルエアロシエルは大気圏再突入機の新しい姿であり、地球周回軌道からの帰還、火星などの惑星への着陸といった応用先があります (ISAS ニュース 2015年6月 No.411「大気圏突入機の新コンセプト 畳んで、広げて、膨らむ、大気圏突入機」<sup>\*6</sup>、ISASニュース 2017年11月 No.440「EGGが拓く超小型大気圏突入探査機の世界」<sup>\*7</sup>)。「はやぶさ」のようなサンプリリターンカプセルについては、速度が速く加熱が厳しいため使用できず、固いエアロシエルとの住み分けはありますが、固いエアロシエルにはない利点がインフレーターブルエアロシエルにはあります。

火星大気は地球大気の100分の1の密度しかなく、空気力でのブレーキングを行うことが難しく、通常の大気圏突入カプセルでは減速する前に地表に衝突してしまいます。そのため、高速で飛行中にパラシュート (超音速パラシュートと呼ばれる特殊なもの) を開いて減速する必要があります。一方、インフレーターブルエアロシエルであれば突入前に展開しておけば、何もしなくても十分に減速することができるようになります。これはパラシュートを搭載することの難しい小型機で大きな利点となり、インフレーターブルエアロシエルであれば小型の火星着陸機を実現できるようになります。これまで非常に限られた大規模プロジェクトでしか到達できなかった火星表面に、相乗りの形で小型機を持っていくことが出来れば、これまで断念されていた火星探査のアイデアも実現に向かうかもしれません。火星というフロンティアに誰もが挑戦できるようになればと期待しています。

地球周回軌道からの小型帰還機についても、小型火星着陸機についても、RATSで使われた直径1.2mのインフレーターブルエアロシエルではまだ到達できない領域であり、より大型のインフレーターブルエアロシエルが必要です。これを実現すべく直径2.5mのインフレーターブルエアロシエル (表紙画像) の開発を現在進めており、その観測ロケットでの実証実験を1年以内に実施する予定です。これが実現すれば、上の2つのどちらも手が届くところまで来ようとしています。そう遠くない将来、大気圏突入機のゲームチェンジがまさに起きようとしています。

<sup>\*5</sup> [https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas\\_news/files/ISASnews422.pdf](https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews422.pdf)

<sup>\*6</sup> <https://www.isas.jaxa.jp/j/isasnews/backnumber/2015/ISASnews411.pdf>

<sup>\*7</sup> [https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas\\_news/files/ISASnews440.pdf](https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews440.pdf)

## MMX総括CDR終了

火星衛星探査計画Martian Moons eXploration (MMX)では、詳細設計フェーズの締めくくりとして行われる総括的な詳細設計審査(CDR)が12月に終了しました。

この総括CDRの目的は、一連のシステム・サブシステムのCDR結果を階層的に踏まえ、総合システムとして成立していることを確認し、フライトモデルの製作・試験段階への移行可否をJAXAとして判断することです。探査機システム、地上システム、サンプルキュレーションシステム、H3システムから構成されるMMX総合システムについて、JAXA内外の有識者に審査いただきました。

MMXのプロジェクト移行期から始まった新型コロナウイルス感

染症の拡大は、世界的に働き方、部品・材料の納期等のスケジュールに影響を与えています。MMXにおいても特に電子部品供給の遅延は、EM製造・試験計画に少なからず影響がありました。そのため



探査モジュールTTM試験 (TTM:Thermal Test Model)

工程の組み替えなどによる期間短縮策を取りながら2024年度の打上げに向けたスケジュールをキープしています。

総合システムとしては、最終的には探査機のフライトモデルと、実際の運用・データ処理などで使う地上システムなどにまたがるEnd-to-Endの検証が重要です。詳細設計においては、「Test Like You Fly (TLFY)」の方針でEnd-to-End検証計画を詳細化し、環境・試験コンフィギュレーション・時間の観点でEnd-to-End検証が叶わないものは代替手段やリスクが低いことを確認しました。

また、昨年度はシステムレベルの試験として、探査機の熱試験モデル (TTM) 及び構造試験モデル (MTM) を使用した開発試験を実施しました。これらの試験では実際の探査機と同等の熱的・機械的な特性を持つモデルを作成し、熱真空試験や振動・音響試験を実施することにより、環境条件の逸脱がないかを確認しました。

これらの結果を踏まえた総合システムとしての詳細設計結果が確認された結果、製造・試験を進めるための総合システム設計結果が確認されたとして、残っている幾つかの課題への対策結果を別途報告することを条件に、製造・試験への移行は可能と判断されました。

今後もしろいろな課題が出てくると予想しますが、2024年度の打上げに向けて着実に開発を進めて参りますので、ご支援を宜しくお願いします。(大嶽 久志)

## Roman宇宙望遠鏡計画の進捗

Nancy Grace Roman宇宙望遠鏡計画は2026年の打上を目指し着々と進められている。NASA側では、光学望遠鏡が組み上げられ、また各装置の組み立て試験が進んでいる。宇宙論、重力マイクロレンズによる系外惑星研究などに用いられる広視野撮像装置 WFIについては焦点面アセンブリやフィルタホイールの組み立てが行われ、また、系外惑星直接観測技術実証のためのコロナグラフ装置 CGIでも、すべてのフライト光学部品が光学ベンチ上に配置された。宇宙科学研究所 Romanプロジェクトを中心とする日本のグループは、大阪大学をはじめとする各大学・研究機関、また JAXA 追跡ネットワーク技術センターなどと協力しながら、Romanへの日本の貢献を進めている。東京大学・北海道大学などと協力し、光学技研、三共光学、夏目光学の各社の参加を得て進めたコロナグラフ装置の光学素子についても、CGIの焦点面や瞳面に配置されるユニットに搭載され、上に述べた光学ベンチへの設置が完了している。今後、最終的な試験をへて望遠鏡・装置システム側へ引き渡され2024年春頃までには組み込みが完了する予定である。2023年2～3月には宇宙科学研究所 Roman プロジェクトの進捗確認会および総括PDRが行われた。PDRでは、特にRomanの大規模科学データ受信協力を可能にする美笹深宇宙探査局におけるK帯 (26.5 GHz帯) の受信機能の整備を対象に基本設計審査が行われ、JAXA追跡ネットワーク技術センターの協力の下、無事に審査に合格し、詳細設計段階に進むことになった。米国側で



Roman望遠鏡概念図およびコロナグラフ装置偏光光学素子を含むアセンブリユニット (右上)、美笹深宇宙探査局 (右下)

は Roman科学チームの公募が行われ、30名程度の日本の研究者が各応募提案に参加したことや、コロナグラフ装置技術実証にかかわるチームへの代表者の参加をすすめるなど、科学協力推進についても活性化をはかっている。Science Pitch と呼ばれるRomanサーベイ観測科学を増強する課題の募集にも全体の4分の1程度の件数が日本から投稿されるなど研究者の意識も高まっている。コミュニティとも協調し国立天文台・すばる望遠鏡や大阪大学プライム望遠鏡(望遠鏡・装置が完成しコミッションが始まった!)との協調観測プランの検討も加速してゆくところである。(山田 亨)

## 公募型小型計画6号機の候補にLAPYUTAを選定

公募型小型計画は、戦略的中型計画とともに宇宙研の衛星計画の中心となっているプログラムで、1号機のSLIMがまさに打上げ直前、2号機のDESTINY+は開発の最終段階、その次には4号機のSOLAR-C、3号機のJASMINEの開発が進んでおり、5号機に向けたHiZ-GUNDAMとSILVIAのダウンセレクションが始まっています。その中で、このたび6号機の候補としてLAPYUTAを採択し、次の概念検討フェーズへ向けて進めることに決定いたしました。

LAPYUTAは、「惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly)」という衛星計画です。高高度地球周回軌道から高感度・高空間分解能の短波長紫外線望遠鏡を用いた観測で、宇宙物理と太陽系科学の両面にわたる4つの未解決課題\*に取り組み魅力的な計画です。特に、系外惑星の高層大気の広がりや大気散逸を実証的に明らかにし、太陽系内外の惑星大気の比較論を展開できる点は、第一級の学術的成果になり得ると高く評価されます。ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) も赤外線により系外惑星の下層大気の観測に挑んでいますが、LAPYUTAは酸素を含む高層大気に感度をもち、高層大気からの大気散逸についてはJWST、地上望遠鏡およびハッブル宇宙望遠鏡 (HST) の追従を許しません。金星高層大気の直接観測と系外惑星の観測結果を比較する等の戦略も期待できます。

今回の「2022年度公募型小型計画・宇宙科学ミッションコンセプト提案募集」は、2022年5月に公募を開始し、8月の締め切りまでに6件の提案が集まった中、宇宙理工学委員会の中に評価

小委員会を設置して評価作業を実施し、2023年2月にLAPYUTAを推薦対象とする旨が宇宙理工学委員会から宇宙研に答申されました。宇宙研では、この答申を受けて、宇宙研としてこの計画を進めていくことができるか経営的に審査する所内チーム設置前確認会を2023年3月に実施しました。そこでは、提案されたミッションの科学的な意義・価値とシステム開発を、限られたコスト・スケジュールで達成する実現性について確認しました。特に、現段階で識別されているリスクおよびプロジェクト全体の資金総額推算の妥当性については、宇宙科学プログラム室のサポートをもとに、重点的に確認しました。

その後LAPYUTAは概念検討フェーズに向けた活動を開始し、2年後に控えている公募型小型計画6号機のダウンセレクションに臨むこととなります。

公募型小型計画評価小委員会には、大変な労力をかけて厳正なる審査にご尽力頂きました。永田委員長を始めとする小委員会委員および外部委員の皆様にも深く感謝いたします。

(佐藤 英一)



\* 1. 太陽系内天体の生命存在可能環境とその進化 / 2. 系外惑星大気の特徴づけと表層環境推定 / 3. 銀河・宇宙論研究 / 4. 物質宇宙の多様性とその進化

## 第15回宇宙科学奨励賞 野田 博文氏と高尾 勇輝氏に授与

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15回目となる2022年度は、大阪大学大学院 理学研究科 助教 野田 博文氏 (理学分野) と宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 日本学術振興会特別研究員PD (現在は九州大学 大学院工学研究院 航空宇宙工学部門 特任助教) 高尾 勇輝氏 (工学分野) に宇宙科学奨励賞が授与されました。

野田氏への授賞の対象となった研究業績は「活動銀河核エンジンの解明と飛翔体搭載観測装置開発への重要な貢献」です。野田



前列左が理学部門受賞者の野田 博文氏、右が工学部門受賞者の高尾 勇輝氏 (写真提供: 文教ニュース社)。

氏は、活動銀河核の活動を駆動する「エンジン」の構造や物理状態の解明に観測を通じて挑戦し、エンジンの理解を大きく進める顕著な研究業績をあげられました。さらに衛星搭載観測装

置の開発においても重要な貢献をされています。また、将来の宇宙科学ミッションの検討においても重要な有益なアイデアを出しつつあり、今後の宇宙科学への貢献の面でも大いに期待されています。

高尾氏への授賞の対象となった研究業績は「ソーラー電力セイルによる深宇宙探査の軌道設計と超小型宇宙機への応用研究」です。高尾氏はソーラー電力セイルを用いたハイブリッド推進の検討に国内で初めて着手し、超小型宇宙機により、外惑星領域の探査が可能なることを明らかにされました。また、理論に基づく基礎研究から探査機システム設計までを手掛け、学術と実利用を結びつける業績を挙げられました。今後、日本が世界に誇るソーラー電力セイルの技術的優位性を一層強固にし、今後の宇宙工学の発展に貢献していくことが期待されています。

当振興会は今回受賞された野田氏と高尾氏に心からお祝い申し上げますと共に、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。表彰式は、3月6日にご来賓、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受賞記念講演も行われ、その様子はオンラインでも配信しました。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 佐々木 進)

## 新たな衛星管制室の整備に着手

ただいま宇宙科学研究所では現在の衛星管制室スペースに加えて、新たな管制室を整備するべく準備を進めています。従来使用されていた管制室をリニューアルしたのが2018年で早5年ほど経ちますが、リニューアル後にはやぶさ2プロジェクトが使用して以降も後続プロジェクトが続々と立ち上がってきており、将来計画を見据えた中での追加の整備となります。

今回整備が必要とされた背景としては、「はやぶさ2」がそうであったように、探査機ミッションは長期にわたって重要な運用イベントを何度も重ねて迎えることが多くなり、大勢の運用スタッフの活動場所として継続的に管制室が使用される傾向にあることが挙げられます。旧来のISAS管制室では、打上げなどの重要イベントを迎えているプロジェクトと継続的に定常運用を行なっている既存プロジェクトが同じ大部屋で運用を実施することが通例でした。しかし、探査機ミッションは今後その数も規模も大きくなることを見込まれ、また既存プロジェクトによる継続的な観測活動で得られる科学的意義を考えると、同時に管制室を使用するプロジェクトの数は今後増加していくため、新管制室でそれ

らを吸収していくことになります。

これを受けて、これまで相模原キャンパスにおける管制室機能は基本「研究センター棟(B棟)」の中で提供していましたが、今回は所内の皆様のご協力を得て、「研究・管理棟(A棟)」内に整備することになりました。B棟は管制室スペースのみならず、各プロジェクトが運用前の準備として運用・観測計画を立案するための「運用室」、運用を下支えしている地上系システム群のサーバールームとその支援要員の作業スペースなど、用途は多岐にわたっています。この状況に対し、前述のミッション増の影響もあり、もはやB棟内では管制室機能のための追加スペースを賄えなくなったことが大きな要因となっています。

今後、新管制室の整備作業は本格化していきます。どのような管制室になるかのご紹介は次の機会に譲りますが、4月下旬から内装の整備、その後室内設備の整備と進み、2023年度第三四半期の整備完了を目指しています。A棟内が整備対象となっているため、少々ご不便をおかけする場合もあるかと思いますが、ご理解ご協力頂けると幸いです。(長木 明成)

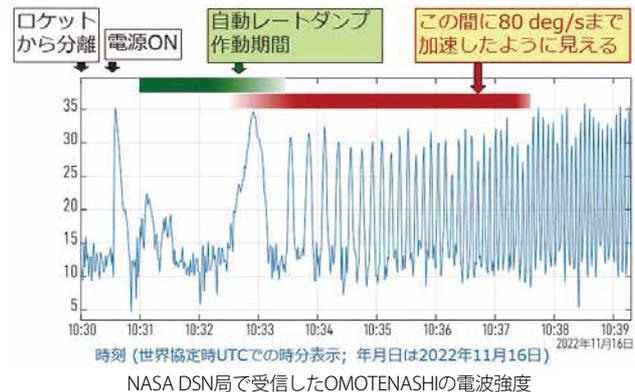
## OMOTENASHI探査機の現状

2022年11月16日に打ち上げられたOMOTENASHI探査機は、ISASニュース12月号\*1で既報のように、ロケットからの分離直後の太陽捕捉制御(太陽電池面を太陽方向に向ける制御)が完了しなかったため、バッテリーを消耗して探査機電源がオフとなりました。それ以来探査機との通信が途絶えています。探査機はスピン安定の状態でしたので、スピン軸方向(太陽電池のある面)は宇宙空間にほぼ固定されます。探査機の軌道運動により太陽の方向が変わっていき、3~4月頃には探査機が起動するのに必要な電力を確保できることを期待しています。軌道が精度よく決まる前に月の近くを通過したため、その重力によって軌道誤差が拡大していて、探索すべき範囲が非常に広がっています。また起動時の状態では送信機はローパワーモードとなるので、電波を発見しやすいようにハイパワーモードに切り替えるコマンドなどを送りながら探しています。本稿執筆時点(2023年3月末)では、残念ながらまだ探査機からの電波は見つかっていませんが、OMOTENASHIからの電波が届く夏過ぎまで探索を行う予定です。

今回の不具合の原因は以下のように推定しています。OMOTENASHIはリアクションホイール(RW)によって姿勢を制御するのですが、制御可能な角運動量(探査機の回転速度)には限界があります。特に、SLSロケットから分離する際の外乱が大きいと限界値を超えてしまうため、そのような場合には自動的にガスジェット推進装置を起動して回転を止める(レートダンブ)制御を行い、その後RWによる太陽捕捉制御が起動するようになっていました。分離後30分程度の間のテレメトリデータは得られていないのですが、ガスジェットの積算噴射秒時やNASA DSN局から届いた受信電波の強度のデータ(図)から、ロケットから分離時には想定内の10 deg/s程度の外乱があった、レートダンブ制御によって回転が落ちて一度RW制御可能範囲内に入った、その

ためガスジェット推進装置がオフとなり太陽捕捉制御が始まったと考えられます。しかしオフになっているガスジェットから推力が出続けて、5分ほどで80 deg/sまで加速しました。この原因は、ガスジェットのスラストバルブが完全に閉まらなかったからだと考えています。詳細については、昨年12月20日の記者説明会\*2を参照ください。

超小型探査機では、サイズの制約から機器を冗長に搭載することが難しく、1つの部品の故障でミッションに重大な影響を与えます。そのため、打上げ前の地上試験にて故障の兆候がないかを念入りに試験するのですが、ガスジェット推進装置は地上試験では特に問題は見られませんでした。今後に向けては、どのような試験、管理をすれば不具合を防止できるのか、また制約が厳しい中でも最低冗長系を持った方が良いところはどこかなど、超小型探査機特有の課題を解決していく必要があります。低コストで短期間に開発ができる利点を失わずにミッションの成功率を高める方法について検討し、その状況をJAXA内や超小型探査機コミュニティと共有し、また結果を報告いたします。(橋本 樹明)



\*1 [https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas\\_news/files/ISA5news501.pdf](https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISA5news501.pdf) \*2 [https://www.youtube.com/watch?v=LBADx7NEe98&list=PLCQJ3ITBuyB2XkiNRONJ3A\\_eclIG4k4o](https://www.youtube.com/watch?v=LBADx7NEe98&list=PLCQJ3ITBuyB2XkiNRONJ3A_eclIG4k4o)

# 匠の集団

— 科学衛星・探査機のことなら  
おまかせください —

第12回

## 宇宙科学ミッションへの第一歩： 大学共同利用実験調整グループ

宇宙科学研究所は、大学共同利用システムにより国内外の大学・研究所と一体となった協力体制を築き、宇宙科学に係る先進的な学術研究に取り組んでいます。各種試験施設・設備等を大学の研究者等の利用に供することで、科学衛星や観測ロケット・大気球などの宇宙機・飛行体に搭載する科学機器や、新たな飛行体の研究開発を、大学等との共同研究により進めてきました。大学共同利用実験調整グループは、この大学共同利用システムによって立案された研究計画に基づいて、大学共同利用施設・設備を用いた宇宙科学実験への実験機会を提供しています。

大学共同利用実験調整グループでは、高速気流総合実験設備、惑星大気突入環境模擬装置、スペースチャンバー実験設備、超高速衝突実験施設、宇宙放射線実験設備の5つの実験施設・設備を運営・管理しています。これらの設備は大学共同利用設備として位置づけられ、毎年公募により研究テーマを募集し、各設備に設置された専門委員会での選考を経て、大学等の研究者に広く利用されています。大学共同利用実験調整グループでは、各設備を利用する実験ユーザーが最大の科学成果を得られるように、幅広く質の高い成果を得るための技術支援と設備の機能向上に取り組んでいます。また、大学の若手研究者や学生による実験を計画段階から技術的にサポートし、将来の宇宙科学研究やミッションを支える人材育成の第一歩に貢献することを目指しています。

各施設・設備を簡単にご紹介します。高速気流総合実験設備は、超音速風洞と遷音速風洞から構成され、M-Vロケットやイプシロンロケット、はやぶさカプセルの空力設計など、宇宙科学プロジェクトにおける高速飛行体の開発研究に供されると共に、流体力学の基礎研究にも広く利用され、国内における空気力学研究の拠点となっています。惑星大気突入環境模擬装置は、アーク加熱された気流によって高加熱率を模擬できる風洞であり、サンプルリターンカプセルの地球帰還時の高速大気突入環境を模擬できる世界有数の設備で、これまでに「はやぶさ」シリーズの帰還カプセル熱防護材の開



スペースチャンバー (大型スペースチャンバー)。



高速気流総合実験設備 (遷音速風洞)。

発の中心となったほか、多くの大学の研究に使用され、最先端耐熱材料の開発など様々な先端研究成果を生み出しています。スペースチャンバー実験設備は、宇宙環境を地上で模擬し、宇宙空間に生起する現象を再現した研究や、近未来の太陽系探査科学ミッション用の搭載機器開発のための基盤設備であり、超高層大気や電離圏、磁気圏のプラズマを観測するための測定器開発、宇宙空間に生起する様々な大気・プラズマ現象に関するシミュレーション実験などに用いられています。超高速衝突実験施設は、超高速衝突現象を模擬するための実験施設であり、横型および縦型の二段式軽ガス銃によって、基礎的な宇宙工学・理学の研究開発から、様々なミッションの実現に向けた搭載機器開発のための実験を行い、宇宙、物質、太陽系、生命の起源について理解を深化させつつ、新たな観測機器の開発を推進させています。宇宙放射線実験設備は、赤外線装置およびX線実験装置から構成され、地球の大気に遮られて地上にはほとんど届かない電磁波の観測機器開発を目的とし、低・高エネルギー光子を対象とする観測機器開発に必要な測定器、光源、クライオスタット、加工装置を備えており、宇宙放射線の基礎的な研究に加えて、天文衛星等の様々な搭載機器の開発に利用されています。

大学共同利用実験調整グループでは、これらの各施設・設備に関連する研究分野を専門とする専門・基盤技術グループおよび教育職の職員が、設備の維持・管理に留まらず、ユーザーとの共同研究などにより、自らも科学成果を創出することを目指しており、ユーザーの皆さんと共に、日本の宇宙科学の幅広い発展に貢献したいと考えています。大学共同利用実験にご興味のある方は、ぜひお気軽にご相談ください。

大学共同利用実験調整グループ：野中 聡 (のなか さとし)

# 宇宙・夢・人

Space Human Dream

「生物ってよくできているなあ」が  
原点

## 惑星保護とは

— どのような研究開発をされているのですか。

惑星保護です。惑星保護とは、宇宙を探索するときに対象天体と地球、両方を生命や生命由来物質による汚染から守る活動をいいます。探査天体の保護では、厳しく扱わなければいけないのは微生物であり、また対象天体によって要求される惑星保護のレベルが異なります。地球生命が持ち込まれてしまった際に現地が増えてしまう可能性のある天体、具体的には火星、木星の衛星エウロパ、土星の衛星エンケラドスに対して高いレベルの惑星保護が要求されています。それらの着陸探査やサンプルリターン探査を目指そうという段階に近づいて来たことから、近年、惑星保護の研究開発がより重要になってきていると感じています。

— 微生物は宇宙空間で死んでしまうのではないですか。

国際宇宙ステーション (ISS) で「たんぼぼ計画」という実験を行い、微生物を宇宙空間にさらした後に地球に回収して調べたところ、微生物は宇宙空間でも条件によっては長期間生存できることが分かったのです。私も学生のとき、この実験に参加しました。ISSの飛行高度で微生物にとって致死効果が最も高いのは紫外線を含む太陽光であることが明らかになったのですが、探査機の部品のすき間に潜り込んでしまえば光が遮られ、微生物は長期間生存できます。微生物自身が集まっていた場合も外側の微生物が光を遮ってくれるため、内側の微生物は生き残ることも分かりました。微生物は非常にたくましくて、宇宙の過酷な環境にさらされても条件次第ではなかなか死なないことが実験で示されているのです。示されてしまった、と言った方がいいでしょうか。

探査対象の天体に地球から微生物を持ち込まないためには、探査機の滅菌が不可欠です。日本の宇宙科学コミュニティは探査機の滅菌に関する経験がまだ乏しいため、何をすれば微生物がどれだけ死ぬのかというデータを集め、技術の検証を行っているところです。一方で、医療機器や医薬品、食品の分野には優れた滅菌技術があります。私が併任している宇宙探査イノベーションハブでは、分野や組織の枠を超え産業界や大学との共同研究を通じて革新的な技術を開発し、その成果を宇宙で利用したりすることを目指しています。その取り組みを惑星保護にもつなげられたらいいな、と思っています。

## 編集後記

普段は自分の関与するプロジェクトのみで四苦八苦していますが、現在進行形の宇宙科学・探査プロジェクトをこうして紙面で眺めると、こんなに多種多様なことをよくこの人数でやっているなあとあらためて感じます。

管制室が活況になるのは喜ばしいことです。(三谷 烈史)

学際科学研究系 特任助教

## 木村 駿太 (きむら しゅんた)

1991年、神奈川県出身。筑波大学大学院生命環境科学研究科博士課程修了。博士(農学)。東京大学大学院農学生命科学研究科特別研究員などを経て、2021年より現職。宇宙探査イノベーションハブを併任。



## 生と死と休眠の境界を理解し制御したい

— 微生物学が専門ですね。

はい。微生物は、惑星保護の観点からは邪魔な存在で、私たちはやっつける方法を一生懸命考えています。一方で、微生物が宇宙空間でなかなか死なないということは、生命が惑星間を移動する可能性を示唆します。地球外生命探査も、知的生命体ではなく、まずは微生物がメインのターゲットとして想定されています。宇宙探査において微生物というのは、ネガティブな面とポジティブな面があるのです。微生物の研究者としては、その間でジレンマを感じることもあります。

— 微生物について、どのような視点で研究されているのですか。

私が最初に研究していたのはシアノバクテリアという光合成をする微生物で、これは過酷な環境でもなかなか死にません。なぜ死なないのだろう、すごいな、という驚きや尊敬が研究のモチベーションになっています。環境が悪くなると生命活動を極端に低下させて休眠し、環境が良くなると復活する微生物もいます。微生物の生と死と休眠の境界を理解したいと思っています。惑星保護においても生命探査においても、そこにいる微生物が活着しているのか、死んでいるのか、休眠しているのかを正しく判断することは、とても重要です。生から死へ、休眠から死へ誘導できるようになれば、惑星保護にも役立つでしょう。

— 子どものころから生物が好きだったのですか。

生物に興味を持ったのは、高校の生物学の授業がきっかけです。DNAの塩基3個の配列が1個のアミノ酸に対応していること、その遺伝暗号は全ての生物に共通していることを知り、ものすごく驚きました。系統樹にも驚きました。同じ祖先からこんなにいろいろな生物が進化してきたのかと。普遍性と多様性の両方で、生物ってよくできているなあ、すごいな、不思議だな、と思って、生物に惹かれていきました。

— ご自身の性格は？

どうしたら失敗せずに成功させることができるだろう、といつも考えていて、1つ1つきちんとやらないと気が済まない。よく言えば真面目かな。惑星保護のように失敗が許されない活動をするには向いているかもしれません。



ISASニュース No.505 2023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/宇宙科学広報・普及主幹 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/>