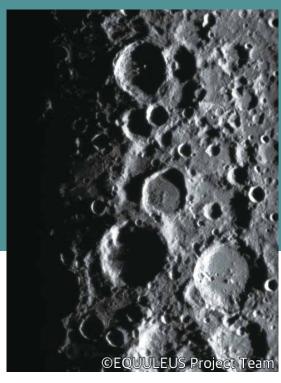
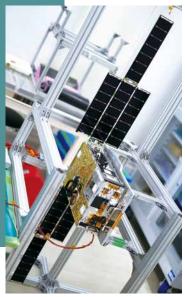
2022 12 No.501

JAXA宇宙科学研究所 News







EQUULEUS探査機は、2022年11月16日にSLS Artemis-Iにより打ち上げられ、軌道制御および月フライバイに成功。月接近時に月裏側の昼夜境界線を撮影した (P.4参照)。

左: EQUULEUS搭載機器で撮影した月面

中: SLS Artemis-Iの打上げ ©NASA

右:EQUULEUS探査機のフライトモデル©東京大学

The Forefront of Space Science

宇宙学制制

超軽量展開宇宙構造物

宇宙飛翔工学研究系 教授 宮崎 康行(みやざき やすゆき)

はじめに

宇宙で大型の構造物をつくる場合、宇宙では重力は微小で、その他の外力もほとんど作用しないため、地上のような剛な構造物である必要はなく、むしろ打上げ制約を考えると、軽量であることは必須で、その他にも、小さく収納して軌道上で展開できること、あるいは軌道上で組み立てられることが求められます。そのような軽量性や収納・展開の容易さを追求すると、膜やケーブルといった極めて薄い、あるいは、細い部材を使った構造物にたどりつきます。そういった、膜やケーブルを用いた軽量な構造物については、1990年代後半から2000年代にかけて国内外で盛んに研究されました。

そのトリガーとなったのは、1996年にNASAが実験した IAE (Inflatable Antenna Experiment) と、当時の次期大型望遠鏡用のサンシールドの研究でした。IAEは、どら焼きのような形をした袋状の膜を畳んでおいて、軌道上で窒素ガスを注入することで膨らませ、直径14mほどのパラボラ状のア

ンテナにしようという実験で、一部ガス漏れが起こり完全な成功には至りませんでしたが、この実験をきっかけにガスで膨らませる「インフレータブル構造物」の研究が盛んになりました。また、サンシールドの研究成果は、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡に搭載された21m×14mの膜を5枚重ねたサンシールドに結実しました。

一方、日本では膜面に薄膜太陽電池を貼付することで、微弱な太陽光圧を利用する推進 (ソーラーセイル) と、太陽電池で発電した電力から電気推進を合わせ行うハイブリッド型の推進により航行するソーラー電力セイルの研究をISASが中心となって 2000 年代に行い、2010 年のIKAROSの成功につなげました。IKAROSは探査機側面に膜を巻き付けておいて、探査機本体をスピンさせることで膜の固定を外し、遠心力により膜を一気に展開する方法を取りました。14m×14mという比較的大型の膜をこのようなダイナミックな方法で展開させることについては、当時は極めて難しいという意見が多かったのですが、関係者 (特に、若い研究者の皆さん) の努力により成功に至ったこと、12年経った今もソーラーセ

イルによる惑星間航行を成功させたのはIKAROSだけであり、 地球周回の実験機を含めても、セイルのサイズが世界最大で あることは、特筆すべきことだと思います。

海外では、IKAROSとは異なり、軽量な伸展ブームによって膜を比較的ゆっくりと展開させるソーラーセイルが古くから研究されてきていましたが、IKAROSの成功を受けてそちらの方の研究も加速し、取り分け伸展ブームとしての研究が進みました。伸展ブームはソーラーセイル以外にも、太陽電池アレイの展開や、磁気センサ等、衛星本体から距離をおく必要のあるセンサを、先端に搭載して伸展して離す目的に利用するなど、利用範囲が広いこともあり、研究が盛んになっています。その先にソーラーセイルへの応用を考えていることもあって、従来の伸展ブームに比べてはるかに軽量で、かつ収納性の高いものが求められています。以下では、こういった最近の研究の流れを紹介しつつ、著者らが進めている研究について紹介します。

伸展ブーム

軽量で収納性の高い伸展ブームとしては、断面が円弧状のテープを図1(a)のように円筒ハブに巻き付けておき、軌道上で伸展させる、STEM (Storable Tubular Extendable Member)と呼ばれる金属製のブームが古くからありますが、昨今、軽量性や収納性が強く求められていることから、このタイプの伸展ブームが見直されています。金属では重いということもあり、最近では複合材 (CFRP) ブームをモーターで繰り出すものがよく研究されてきています。特に、CFRPの積層構成を工夫することで、伸展完了時だけでなく巻き付け収納された状態でも安定、すなわち、コイル状になったまま形状を維持し続ける、双安定ブームと呼ばれるブームが用いられることが多いです。実際、現在検討中のComet Interceptorミッションでは双安定CFRPブームを用いた伸展機構を搭載する予定です。

このような断面が円弧状で、かつ、金属のような等方性材料でつくられたテープは、巻き付け収納した状態で手を離すと、勝手に伸展していきます。これは巻き付けられたテープが自己伸展力を有するためで、断面がフラットですと自己伸展力は小さいのですが、円弧状にすると大きくなることが理論的にわかっています。そこで、ブームの自己伸展力を利用

し、モーター等を省いた、より簡素な機構で展開構造を実現 する研究を筆者らは進めています。

一般に、伸展/展開を伴う構造は、その信頼性が強く問わ れます。細かいことですが、あまり考えずにつくると、筆者 の過去の開発でもブームがうまく円筒ハブに巻き付かずに広 がってしまって伸展しないことがありました。そこで、「確 実に伸展/展開する構造」を実現するために、円筒ハブの質 量条件や直径、形状を決定する理論をまず導き、それに従っ て伸展機構を設計・製作しています。図1(b)のようにブーム が自己伸展するのに合わせて膜が展開する構造の場合も、そ ういったことや伸展中にブームがたわんでしまう等の理由で うまく展開できない結果にならないように、事前に展開運動 のシミュレーションプログラムをつくって確認しています。 その時のプログラムは、筆者がIKAROSチームに参加してい た頃に開発したものを拡張してつくったもので、構造保存型 解法の一種である、エネルギー・モーメンタム法と呼ばれる、 運動量・角運動量・力学的エネルギーを厳密に満たしながら 運動を解く手法に基づいて計算しており、展開可否の予測や 軌道上での挙動の予測に適していることがIKAROSの軌道上 データから実証されています。従来、こういった伸展構造や それを用いた膜展開構造の挙動は、試行錯誤しながらスペッ クを決めざるを得ない部分が多かったそうです。そこで、筆 者は2年前にISASに着任して以降、上記のような設計理論・ シミュレーションを用いて信頼性を高めると共に、開発を効 率化することも目指してきました。

最近の興味では、図1(a)のようにブームを巻き付け収納する場合、収納時にブームに大きな歪が生じます。それにより構造に"癖"がついてしまって、伸展中にブームが湾曲してしまったり、自己伸展性や双安定性といった特性が時間と共に劣化してしまったりする現象が起きることがあります。これを高歪複合材にまつわる粘弾性問題と言いますが、米国を中心に実験的な研究が2010年代後半から精力的に行われており、筆者らも遅まきながら、劣化の数学モデル化や数値予測も含んだ研究を始めたところです。

展開膜構造の高精度化

折り畳んでおいた膜面をブームで展開する、あるいは展開 して膜に貼付しておいた太陽電池セルで発電するという目的

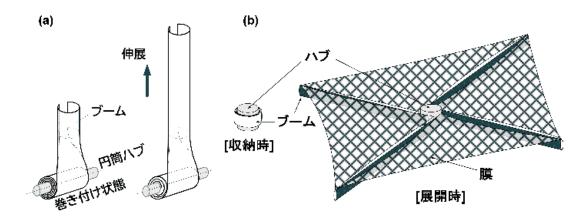


図1:(a)巻き付け収納された断面が円弧状のブームの伸展の例と、(b)このような伸展ブームを組み合わせて膜面を展開する構造への応用例。

であれば、膜面が少々たわんでいたり、折 り目が少し残ってでこぼこしたりしていて も、それほど問題にはならないかもしれま せんが、例えば、平面アンテナや次項で述 べるようなオカルタとして用いる場合、展 開後の形状精度が問題になります。ふつう に考えると、こういった展開膜構造に精度 を求めること自体に無理がありそうです が、「じゃあ、どの程度までなら精度を高 められそうか?」と思い、図2(a)のように、 自己伸展ブームでトラス構造を構成し、そ れに膜面を取り付け、これに展開構造に必 須となる打上げ時の保持・解放機構や展 開後のラッチ機構を組み込んだもの(Self-Deployable Membrane Truss, SDMTと呼ん でいます)を例に、その高精度化に取り組 んでいます。また、こういったものを図 2(b)のように連結した構造にした場合につ いても検討しています。軌道上外乱等の影 響も考慮すると、まだまだ"高精度"と呼べ るレベルには達していませんが、軌道上で 展開した後の形状制御も含めて、高精度化 を進めていきたいと考えています。また、 CubeSatを用いたSDMTの宇宙実験の機会が 得られそうなので、実現したいと思ってい るところです。

系外惑星直接撮像用オカルタ

一般に、遠方の恒星を周回する惑星を望遠鏡で直接撮像することは容易ではありません。これは恒星光が強すぎて、惑星からの光(恒星光が惑星に当たって反射した光)が埋もれてしまうからです。そこで、宇宙望遠鏡にコロナグラフを付けて恒星光を遮断して惑星を撮像することが計画されていますが、恒星に近い惑星を捉えようとすると、望遠鏡の口径を大きくする必要があります。そのような場合にも、宇宙望遠鏡としての間に遮蔽物(オカルタ)を配置することで恒星を隠し、惑星を直接撮像可能とするコンセプト(スターシェード)がNASA

等により提案されています(図3(a)、(b))。その提案では、望遠鏡とオカルタとの距離は数万km、オカルタの直径は数十m 規模になっています。そこで、筆者らは、図3(c)のような 展開構造で実現しやすい形状、すなわち曲線部の少ない形状で、かつ要求遮蔽性能を満たすオカルタ形状を考えており、それも、このオカルタを前述のSDMTを用いて低コストで実現できないかと考えています。要求される外径形状精度は100m級オカルタで5mm未満、オカルタ衛星と望遠鏡衛星とのフォーメーションフライトについても相対距離5万kmに対して視線直交方向の要求精度1m以下と、どちらも極めて厳しいため、現時点ではまだ夢に近いものですが、より小型のもので形状制御技術や観測技術等の軌道上実証

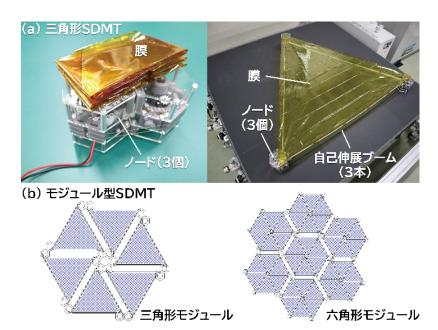


図2: (a)自己伸展ブームを組み合わせた三角形トラスで三角形膜を自己展開する構造(自己展開膜面トラスSDMT)と、(b)それを組み合わせ発展させたモジュール構造の例。

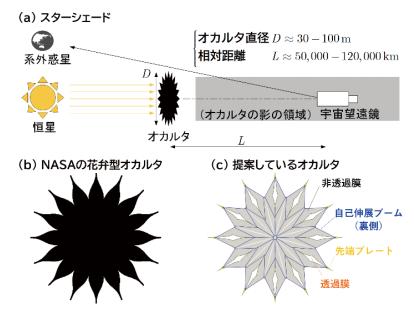


図3:(a)オカルタと宇宙望遠鏡をフォーメーションフライトさせて系外惑星を直接撮像するシステム「スターシェード」と(b)NASAが提案しているオカルタ形状、そして(c)著者らが提案しているオカルタ形状。

をするなど、段階を踏みながら何とか現実的といえるレベルにまで技術を高めていければと考えています。

おわりに

以上、極めて軽量で柔軟な伸展/展開構造物に関する研究をご紹介しました。打上げに制約がある宇宙機に搭載することを考えると、軽量性・高収納は大変魅力的ですが、より多くのミッションで採用していただくためには、言うまでもないことですが、展開の信頼性や展開後の形状精度を高めること、打上げ前の地上検証性を高めることが重要であり、地道にステップを踏んでいければと思っています。

-- ISAS事情

NASA SLS Artemis-Iの打上げ

打上げ延期が続いていたArtemis-Iですが、11月16日15:47(日本時間)に打ち上げられ、その約3時間半後にJAXAの超小型探査機EQUULEUSとOMOTENASHIが分離されました。

EQUULEUSは、分離直後からNASA DSNのマドリード局で受信が行われ、探査機の状態が正常であることが確認されました。その後、月フライバイに向けた軌道修正 (DV1) および微修正 (TCM1) に成功し、月スウィングバイ後の軌道もほぼ予定通りでしたが、より精密に軌道を合わせておくため、追加の微修正 (TCM2) も行いました。目的地である月の裏側のラグランジュ点への到着は約1年半後となります。現在、搭載観測機器のチェックアウトを始めています。月面への隕石衝突閃光を観測するミッション機器DELPHINUSは、OMOTENASHIの固体ロケット点火シーンを撮影する計画もあったため、先行してチェックアウトを行い、月スウィングバイ時には月の裏側の撮影に成功しました(表紙写真)。





運用室の様子 (両探査機は同じ部屋で運用されています)。 (左) EQUULEUSの運用エリア、(右) OMOTENASHIの運用エリア。

OMOTENASHIは、DSNのマドリード局で最初の受信が行われましたが、自動太陽捕捉制御が完了しておらず、また、姿勢が毎秒約80度の角速度で回転していることがわかりました。しかも太陽電池面が太陽方向とほぼ反対方向に向いて回転していたため、太陽電池により発電が行われず、充電ができずにバッテリーが消耗している状態でした。可視時間中に太陽捕捉をコマンドで行うべく運用を試みましたが、高速な回転運動を止めるには時間を要するためバッテリー枯渇に間に合わず、現在、探査機電源はオフ状態になっていると考えられます。その後も復旧運用を試みましたが、残念ながら月フライバイまでに探査機は回復せず、月着陸実験は断念することになりました。この回転状態が保たれるとすれば、2023年3月以降に太陽電池の発生電力が探査機起動に必要な電力を上まわると予想されるので、その頃から復旧運用を再開して、残された軌道上技術実証と放射線観測をしたいと考えています。

Artemis-I について、JAXAの役割はもう1つあります。Orion宇宙船の軌道を精密に決めるため、NASA局から送信して宇宙船で折り返したキャリア信号をJAXA臼田局、内之浦局で受信する3-wayドップラー計測を実施し、NASAにリアルタイムでデータを送信することです。計画されていた13パスの計測を実施し、12月12日(日本時間)に成功裏に地球帰還を果たしたOrionの航行に貢献しました。

(橋本樹明、船瀬 龍、竹内 央)

「2040年代のスペース天文学研究会」開催

2022年11月14~15日に、今から考えるスペース天文ミッションやそのサイエンスを議論する研究会「2040年代のスペース天文学研究会*」を名古屋大学で開催しました。大型宇宙ミッションなら2040年代、小規模なミッションなら2030年頃を目指すものを対象に36講演を集め、2日間、朝から夕方まで、色々なアイデアを議論しました。授業や公務の合間を縫って、会場には40名、オンラインに100~150人が参加し、議論も盛り上がって大変盛況な会となりました。本研究会は、名大KMI、光赤天連、高宇連の共催で行われました。

今この時も多くの研究者やエンジニアが科学衛星プロジェクトを推進しています。プロジェクトを実現し、新しいサイエンスを得ることは多大な労力を要しますが、大変やりがいもあり面白いタスクでもあります。一方で「次の次」のミッションを考えることも欠かせません。こちらも創意工夫と努力が必要ですが、最も大事なのは「面白いサイエンス」であり「人を惹きつけるミッション」である事です。

本研究会では、面白い話をする、大風呂敷を広げても良い、というくくりで多くの講演をいただきました。アストロバイオロジー、星・惑星形成、重力波、天体進化史、ブラックホール成長、ガンマ線バーストや中性子星合体、銀河団の非熱的な性質、宇宙線探査など、多くのサイエンスが議論されました。可



集合写真と会場の講演の様子。

とのシナジーなど、多様なミッションの提案がありました。個人的には、アイデアの光る提案ばかりで、大きな夢だけど頑張れば日本リードで実現できるのではないかと思わされるものも多く、大変ワクワクする内容にコミュニティーの底力を感じました。科学ミッションの枠組みは将来どうあるべきか、人材・技術育成はどうすべきかという課題を、多くのメンバーが共有していることも明確となりました。コミュニティーとして今後、これらの課題の解決が重要であること、そして、こうした未来志向の研究会を数年に一度は定期的に開催すべきというコンセンサスも得られました。 (名古屋大学 KMI 中澤 知洋)

避密で密な交流を!はやぶさシンポジウム2022開催!

2022年11月14日から16日、ISASにて"はやぶさシンポジウム"が開催されました。はやぶさシンポジウムは、2013年より開催されており、「はやぶさ」や「はやぶさ2」などの帰還試料の国際研究成果報告の場や、より広く惑星科学の発展へ寄与する場とすることを目的としています。そして、今年は4年ぶりとなるISAS現地開催となり、研究を繋ぎ、空間を繋ぎ、人を繋ぐシンポジウムとなりました。

2018年にISASで開催して以降、「はやぶさ2」カプセル帰還に





Zoomとオンサイトを繋いで進められたシンポジウム本会場(上)。参加者同士が議論を交わし白熱するパブリックビューイング会場(下)。

よる休会や、新型コロナの 影響でオンライン開催という変遷を経て、念願り 一堂に会する機会とな問間に した。これまで2日間が、となりがたいことに発表とは がたいことに発表とない。 3日間の開催となる(か加者は合計で208名(オンサイト80名、オンラム、128名)にものぼりました。 はやぶさシンポジウムンポジウム、H#JST会議(下のシジウム、H#JST会議(下のシジラム、MMXサイエンス 会議が開催され、1週間半もの間、まさに盛会となりました。

久々の現地開催に気合が入る一方、大人数でのシンポジウムは"withコロナ"となってからほぼ事例がないため、準備は全てが手探り状態でした。Zoomと会議室とのハイブリット開催。それぞれ繋げば良いというものではなく、いかにオンラインの人が画面を眺めているだけにならず、いかにオンサイトの人がわざわざ足を運んで良かったと思える場となるか。マイクや画面共有の設定を何度か事前にテストし、会場の全員がZoomにアクセスできるように、席数分の電源を準備するなど工夫して会場設営を進めました。ただ単に過去と同じような環境に戻すという視点ではなく、新型コロナを通して我々が経験して変化してきたことを活かし、バージョンアップしたより意味のある現地開催としていきたいと考えました。例えば会議室とは分けて、密を気にせず自由に討議できるパブリックビューイング会場を設けました。感染症対策の一環ですが、現地まで足を運んでくれた方々が、気軽にしかし熱い議論を交わせる場となりました。

制限がある中ではありましたが、避密を維持しつつも、最大限に密な交流と繋がりを作れる場とできたと思います。そしてこれらの経験を活かし、はやぶさシンポジウムを、わざわざ日本にやってきてまで参加したくなるような会、そして、11月は日本に世界中の惑星科学者が集まる惑星科学の最大級の会議の期間という意識づけに一役を担えるシンポジウムへ成長させていきたいと思っています。 (坂本 佳奈子)

「はやぶさ2」帰還後初めての対面国際サイエンスミーティング開催

はやぶさシンポジウムに続いて11月17日と18日に「はやぶさ2拡張ミッション」の最初の国際サイエンスチーム会議 (H♯JST会議=Hayaubsa2♯ Joint Science Team Meeting) が開催されました。参加者は国内50名、海外から51名でした。「はやぶさ2拡張ミッションは、「はやぶさ2」ミッションを引き継ぎ本年7月1日から正式にスタートしました。本ミッションの概要や♯(シャープ)の意味するところについては本年7月号*に紹介されたので詳細は省きますが、約10年をかけて1998 KY26という直径30m程度の非常に小さい天体へのランデブーを目指します。このため会議名称をリニューアルして臨むことになりましたが、カプセルが2020年に地球帰還後ようやく実現した対面(+リモートのハイブリッド形式)での国際会議とあって、地球帰還の大成功を祝い、互いの労をねぎらうことも主たる開催目的の1つでした。



H#JST会議参加者の集合写真。

会議初日は探査機の現状やデータ解析の状況の報告が中心の プログラムでした。「はやぶさ2」ミッションのPI(ミッション機器 主担当)を中心に、現在も鋭意進行中のサイエンス成果や論文出 版、執筆状況などの最新情報の共有をしました。

2日目は「はやぶさ2拡張ミッション」の運用計画をメインテーマとし、若手を中心とした新PIの発表を中心に議事を進めました。これまでに得られているいくつかの科学成果に加え、拡張ミッションとして新たに含まれる、米国ミッションOSIRIS-RExのサンプルキュレーション計画や、月惑星探査データ解析グループ(JLPEDA)と協力して行う「はやぶさ2データ利用促進計画」の検討状況についても紹介されました。

はやぶさ2拡張ミッションではプラネタリープロテクションというキーワードが新たに加えられています。これをテーマとしたセッションも設けて今後の取り組みをどうするかについての議論、そしてH#JST運営方針や規定などを今後どのように改訂するかなどについての議論も行いました。このような議論はなかなかリモート会議ではやりにくく、コーヒーブレーク時なども利用した、いわゆる「ロビー活動」が重要であることを強く感じました。

今後も回を重ね、「はやぶさ2」のデータ解析で得られた最新成果の情報交換と新しい計画の議論などをタイムリーに織り交ぜて、小惑星探査科学の発展に寄与する会議として運営したいと考えています。 (田中 智)



ISASニュース編集委員会

生命の痕跡が見つかった! 2年程前、地球に帰還したMMXが採取した火星の衛星からのサンプルの解析が進み、その詳しい解説記事を、特別誌面4ページを使って特集します。また、赤外線を使った天体位置観測を続けてきたJASMINEの観測データから、続々と地球型系外惑星が見つかっています。来るべき発見に備えて、「宇宙科学最前線」にいよいよ宇宙人の存在を真剣に議論した記事を組みました。LiteBIRDも幾多の困難を乗り越えて、着実に積み重ねたデータから宇宙の起源の解明まであと一歩と迫っています。600号記事に相応しい盛り沢山なラインアップとなりました。

ふと、地上に目を向けると、老朽化が進んだ研究・管理棟の大規模な改修・建て替えが済み、様変わりした研究オフィスがリニューアルオープンしました。キャンパス探検隊が紹介します。記念号の東奔西走は、宇宙研職員として初めて月へ滞在したA氏の報告。月ではどっちが東か西か分からなくなったとのこと。

ISASニュース600号は50周年の記念号でもあります。節目の年に、景気よくこんな特集号を発行したいですね。

ISASニュース 500 号特別企画

未来のISASニュースを予測する

通巻500号を迎えたISASニュース。先月は、 これまでの歩みを振り返りましたが、今月号では 未来のISASニュースを「若手」が大胆に 予測します。宇宙科学の未来はいかに。

900_号 2056年3月

三谷烈史(みたにたけふみ)

華々しい月域での活動の下、着実に進歩してきた惑星探査で 重要な成果が最近得られつつある。金星着陸機にて昨年、地 震が観測された。あのような過酷な環境での観測成功に素直 に感動した。そして、「比較惑星学」という学問が真の意味で成 立する時代に入ったことを嬉しく思う。地球を理解するために は、地震を利用した内部構造の把握や、多様多種の装置を利用 した物質分析が、基本的な手法であった。地球以外の天体につ いて、比較に耐え得るデータがなかった時代から、「はやぶさ」 に端を発したサンプルリターンにより、様々な惑星試料も地上 で分析できる時代になった。さらに、月・火星への人類進出後、 地球と同質の内部構造データが得られてもいる。そこへ水星で の地震観測網が始動し、昨年に金星での観測が加わった。やっ と「比較」ができるようになる。地球だけをみていただけでは分 からない惑星の誕生・進化を実証的に解明する条件が整った。 宇宙研の先人達が不屈の魂で連綿と繋げてきた観測技術に敬 意を表しながら、初の金星地震観測データを楽しみたい。

鳥海 森(とりうみしん)



2022年のArtemis-I打上げに始まった一連の月探査ミッションは、2030年代中盤から本格的な月利用フェーズに移行した。今や南極の月面天文台が大気の揺らぎの影響を受けない天文観測を続けており、いよいよ来年には有人火星探査機が飛び立つ。有人探査にとって節目の年を目前にして期待は膨らむが、科学観測や探査でも重要な結果が出続けている。

基幹大型宇宙望遠鏡の開発は、とうに一国だけで負担できる規模を超えてしまったため、各大学が協力してコンパクトな望遠鏡を搭載した小型衛星を全天に展開するようになった。2036年に発生したベテルギウスの超新星爆発は、これらの宇宙望遠鏡ネットワークによって詳細に捉えることができ、解析による新たな発見が続いている。

多方面に渡る技術開発の集大成として、満を持して2037年に打ち上げられた我が国初となる黄道面離脱探査機は、現在も順調に飛行して軌道傾斜角を上げ続けている。太陽極域や太陽内部の探査とともに、太陽地球間を俯瞰する視点を活かし、月軌道・月面上に展開するクルーに対して太陽フレアの影響を監視する役割も期待されている。

宇宙旅行が一段と身近な話題になりつつある。スペースプレーンから織り姫・彦星を眺めながらISASニュース編集委員会を開く日は近いかも知れない。

800号 2047年11月

坂東 信尚(ばんどうのぶたか)

本格的な月利用フェーズに入った一方、蓄積されたデブリのために10年ほど前からスペースデブリと科学衛星の衝突事故が増えている。そのため、地球周回軌道で運用していた科学衛星を、新たな衛星は月周回軌道へ運んで運用する計画が進められている。来年の4月に月周回軌道に運ばれるPETERは、日米中の国際協力で開発を行っている月周回多目的科学衛星である。PETERにはX線、赤外線、太陽を観測する望遠鏡が搭載されており、日本はX線検出器、赤外線観測部の冷凍機の開発を担当している。各国が担当している機器は、月周回軌道上で組み立てられ、2048年度中の観測開始を目指している。

また、同様に月周回軌道上に運ばれる電波天文衛星と10年前に 月面に設置された電波望遠鏡を組ませてX.O.計画 (eXtra VLBI space Observatory programme) が進行している。電波天文衛星のアンテナ 展開試験は来年の夏に予定している。今まで実現が不可能だったアンテナ鏡面精度は、ナノマシンによる軌道上調整技術により、要求 よりさらに高精度に実現できる見込みである。月周回と月表面を結 ぶ超長基線電波干渉は、大気の揺らぎの影響がないことから、高解 像度、高感度に宇宙の極限領域に観測で迫れると期待されている。

西山 万里(にしやままり)



1981年のISASニュース創刊から記念すべき1000号を迎えた今号では、宇宙科学分野がもたらした成果の数々と喜ばしいニュースの連続をお届けします。

木星衛星探査機が長年の旅を終えてついに目的地のエウロパに到達し、厚い氷の下にひそむ液体の海がとうとう我々の目にするところとなりました。生命にとって重要とされるアミノ酸も発見され、アストロバイオロジー界は空前の発見に沸き立っています。

また、完全自律制御のフォーメーションフライト技術を飛躍的に向上させ、宇宙望遠鏡は打上げペイロードに課せられた制約から解き放たれつつあります。一頃の宇宙望遠鏡ネットワークに代わり、超大型天文望遠鏡に続き重力波望遠鏡も宇宙で稼働を始めました。

月極域に造られた月面基地からこのほど、月-火星間の定期航行が開通したことはみなさま記憶に新しいことでしょう。国際火星探査学会の次の開催地は火星基地とのことで、初の探査地における開催決定に早くも参加者が例年を大きく上回りつつあります。

実は本記事も火星行きの便を待ちながら月面基地で書いています。 締切前にあたふたとするのは古今東西変わらずですが、地球を眺め ながらの執筆はより捗るような気がしますね。



インハウスでのものづくり (試作・開発): 先端工作技術グループ

先端工作技術グループは2016年に発足した、宇宙科学研究所の中では比較的新しいグループです。グループ発足時に母体となったのは、先端宇宙科学実験棟(D棟)の3階にある工作室とエレクトロニクスショップ、4階にある宇宙機応用工学研究系などのデバイス開発設備を集約した宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルーム(通称、ナノエレCR)ですが、グループ発足と同時にD棟1階に新工作室も立ち上げ、高精度なインハウスでの"ものづくり"環境が実現するために高精度コンピュータ数値制御の工作機械と大型接触型三次元測定機を導入しました。これにより設備環境として一段高いレベルでスタートを切ることができました。

当グループは、外部から来られる見学者のルートに組み込まれていますが、「JAXAで実験装置などの試作開発をおこなっている部署です」と説明すると、「開発されている職員の方は20~30人位いるのですか?」ということをよく言われます。しかし、実態は正規職員、大学からの出向者、派遣契約社員



高精度な工作機械と精密測定機により、試作・開発をおこなう先端宇宙 科学実験棟1階工作室。



宇宙航空用マイクロ、ナノデバイスの微細加工装置を保有する先端宇宙科学実験棟4階宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルーム。

など10名でグループを運営しており、見学の方には我々の人数が少なく驚かれることがあります。願わくば正規職員が増え、今以上に責任をもってJAXAのフロントローディングに貢献してゆきたいところですが、今は一歩一歩着実にインハウスでの"ものづくり"によって、理解者と協力者を増やすために実績を積み重ねる日々を送っています。これは、言わば来たるステップアップへのチャンスをうかがうということであり、宇宙航空ならではのノウハウや経験を積み増す時間でもあると思っています。

では、これまで我々がどのような試作開発をし、これから何を進めようとしているのか?紹介させていただきます。

グループ発足後、様々なプロジェクトに関わる機会があり、 再使用ロケットRV-Xの筐体の様々な構成部品の製作や緊急離 脱接手(QD)の開発、ATRエンジンの開発、国際観測ロケット (DUST) の実験装置開発、超小型月面着陸機 (OMOTENASHI) の構成部品製作、SLR用小型リフレクター(Mt.FUJI)の開発、 リュウグウ試料用マニピュレータの開発などに携わりました。 並行して、大学院生や研究者らが進めようとしている実験に 関わる装置や部品の設計・製作も支援し、自ら加工を行なう 方々へはその加工指導も行ってきました。また、本グループ のナノエレCRにおいては、ISOクラス1のクリーンルームに様々 な微細加工装置が並び、洗浄、成膜、パターニング、ウエッ トおよびドライエッチングのプロセスが一通りできる環境を 用意してあります。「将来宇宙で役立ちそうなもの」について、 情報通信用デバイス、MEMSデバイス、光・放射線・X線・赤 外線センサから光学部品に至るまで、JAXA内外の研究や共同 研究へ幅広い研究開発支援を行なっています。

そして、今後も今まで進めてきたこの流れに沿って、次の 3つの取り組みを充実させてゆきます。

1つめは、JAXA内の様々な基礎研究・基礎開発を支援し、次のステップへ進むための成果創出へ繋げること。2つめは、大学院生や職員、研究者の方々への設計・加工支援を通した"ものづくり人材育成"を支援していくこと。そして、3つめはグループ発足時より取り組んでいる、宇宙航空に関わる試作開発の裾野を広げるための国内の大学・高専の教員・技術職員からなる「ものづくリネットワーク」を一層充実させることです。取り組みの成果が目に見えるまでは時間がかかりますが、一歩一歩確実に形にしていく"ものづくり精神"で取り組みます。

当グループの利用方法や設備などについては、 HP (https://amtg.isas.jaxa.jp/) をご覧ください。

先端工作技術グループ:**中坪俊一**(なかつぼしゅんいち)



宇宙飛翔工学研究系專任教授

森田泰弘(もりたやすひろ)

変わることなく大切なもの

新型コロナの影響で生活のリズムがすっかり変わり、いろ いろ思い知らされることが多くなってきました。当たり前だと 思っていたことが当たり前ではないことに気づくと、日常の何 でもないようなことの有難さが身に染みます。これまで毎年い ろいろな所に出張や旅行に行かせてもらいましたが、それすら 実に特別なことでありました。

コロナが流行する前の年(2019年)は特別多くの出張機会が ありました。その中でも最も濃かったのはワシントンで開かれ たIACです。大都会に行くなんてあまり気乗りのするものでは ありませんが、堅いこと言わずに行ってみるものですね。懐 かしい人たちに会うことができました。長年お世話になったハ ワード大学のベーナム先生(ジョーディマジオを生で見たこと があるという私のヒーローのひとり)を老人ホームに尋ねるこ とができました。しかも同行してくれたのはモディ研大先輩の ミスラ先生(モディ先生は私のカナダ時代の恩師)。翌年ベー ナム先生は新型コロナで亡くなられましたので、この時お会い できたのは実に幸運なことでした。一方、町はIACの期間中に ちょうど始まったワールドシリーズの熱気でいっぱいでした。 地元ナショナルズに優勝の期待が高まります。私は運よく初 戦(火曜日)を観戦できたのですが、あいにく実体のゲームは ヒューストンでのアストロズ戦。超満員のスタジアムでリモー ト観戦というのも乙なものでしたが、いつかワールドシリーズ を見たいという私の長年の夢はなんとも微妙な形で叶ってし まいました。帰りがけには、これも長年温めていた計画でした が、シェナンドー国立公園でブルーリッジマウンテンの美しい 紅葉を眺めることもできました。短い日数でしたが、こうして 2019年のIACは私にとってとても実りの多い出張となりました。

この年は他にも出張に数多く恵まれ、年が終わるころになる と例年にない忙しさに少し不安になりました。「来年はいった いどんなことが起きるんだろう?」、そうしたところが・・・新 型コロナの大流行。そういうことだったのか。これまで毎年の 聖地(甲子園)参りを欠かしたことなどなかったのに、今じゃ 神宮にすら行かずにおとなしくテレビで応援しているという有



お世話になったベーナム先生夫妻とミスラ先生(中央後)

様。それでいて結構幸せ。新型コロナって凄まじいですね。何 十年もの間ずっと疑うことのなかった自分の価値観が見事に どっかに行っちゃいました。

最近ではすっかり人と実体で会う機会が減りました。逆に、 遠くの人とリモートで簡単につながる不思議さも感じます。 どっちにしろ、人恋しさが増したというのがありますね。そん なことをつらつら考えていると、懐かしい光景が蘇ってきまし た。JAXA統合前にDASH(高速再突入実験機)の回収場所を選 ぶために訪れたサハラ砂漠です。砂漠の奥地に入ると、そこ はどこまでも続く砂の海と灼熱の太陽、そしてわずかの草木 だけ。このような世界で暮らす人々の生活はとてもシンプルで す。たまたま砂漠の中でラクダに乗った一人の遊牧民と出会っ たのですが、パンを差し出しても「豆があるから要らない」と言 う。何か欲しいものはないかと聞いても「何もない」と答える。 彼はただ満ち足りたように笑っている。こんな風に生きること ができたらどんなに幸せだろう。それはともかく、彼は我々と 話をしていること自体を大いに楽しんでいるようだ。砂漠の中 では人と話す機会がとても貴重ということらしい。動物写真家 の星野 道夫さんいわく「寒さが人の心を暖める、遠さが人の心 を近づける」本当にそのとおりですね。

さて、2019年のIACから帰ってきてすぐ、近くの駒沢公園を 散歩していた時のことです。ふと腰かけた小さな広場のベンチ でぼうっとしていると、なんか眩しい。とってもまぶしい。気 がつくと金色の銀杏の黄葉が光り輝いているではないか。なん かどこかで見たような光景。つい最近見たような光景。「いや、 こっちのほうがよっぽど奇麗だ!」

そんな呑気な原稿を書いていたらイプシロン6号機がまさか の失敗。しかもOMOTENASHIまで。

「人生で最も大切なものは逆境と良き友である」

仲間がいればどんな逆境も乗り越えることができる。そし て、その逆境が大きければ大きいほど飛躍も大きい。これこそ が何があっても変わることのない我々の本領であって、我々は いつもそうして飛躍してきたのです。頑張れイプシロン。がん ばれのMOTENASHI。

編集後記

500号記念の年も暮れようとしています。コロナ禍で一旦途絶えた 人事交流も、新しいかたちも取り入れて再開されています。ようやく 活発な議論がニュース紙面に戻ってきました。賑わいは取り戻しつつ あります。ISAS のおもてなしは不屈の精神で戻ってくると信じてぜひ (戸田知朗) 応援してください。



MA ISASニュース No.501 2022年12月号

ISSN 0285-2861

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 TEL: 042-759-8008

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/