

News

2024

2

No.515

LEV-2 (SORA-Q) が月面で撮影した、 着陸後のSLIM

SLIMが着陸直前に分離した2つの小型ローバのうち、まずLEV-2 (SORA-Q) が、自分が撮影した画像(下方左右には、SORA-Q自身の車輪が映っている！)の中からSLIMが映っているものを自分で選んでLEV-1に送信、その画像をLEV-1がダイレクトに地球に送信した。見事な連携プレイ。そしてなにより、その写真の雄弁さは、もはや衝撃的。(p.4 参照)



JAXA/タカラドミニオン/ニエグループ/同志社大学

The Forefront of Space Science

宇宙
科学
最前線

エンケラドスの地底の海へ ～EELSロボットが切り開くロボット探査の新時代*1

NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 小野 雅裕(おの まさひろ)

1億キロの彼方にある火星を走るローバーが撮った写真が、ものの数時間でみなさんのスマホに届く。

そんな信じられないことが当たり前前の時代だから、宇宙はすぐ身近にあるような錯覚に囚われることがある。もちろん、事実とは逆だ。人間が地球以外で歩いたことのある天体は月だけ。ロボット探査機すら、表面に着陸したことがあるのは月、火星、金星と、土星の衛星タイタン、そしていくつかの小惑星のみである。地球の「家庭内」である太陽系ですら、未踏の場所だらけだ。

月や火星の地下には洞窟のネットワークがある。木星以遠にはほとんどが氷でできた衛星がたくさんある。そしてそのいくつかは、分厚い氷の下に液体の水を湛える海を持っていることが知られている。そこに何かいるのか？何がいるのか？想像が尽きることはない。

どうすれば、そのような場所へ行くことができるのだろう。人が行けなくとも、せめてロボット探査機を送り込むことができるのだろう。

僕はNASAジェット推進研究所(JPL)で10年近くにわたり火星探査に携わってきた。そしてこう思う。より困難な場所を探査するには、パラダイムシフトが必要だ、と。

ロボット宇宙探査のパラダイムシフト

ロボット宇宙探査の歴史をざっくりとおさらいしよう。ア

ポロ以前のロボット探査の殆どは月が目的地だった。これを「ロボット探査1.0」と呼ぼう。JPLは10年間に20機の探査機を月へ打ち上げ、12機が失敗した。失敗に挫けず挑戦は繰り返され、僅か1、2ヶ月の間隔での再挑戦もざらだった。「ロボット探査1.0」とは要するに、ハイペースの試行錯誤である。これは月探査技術を習得するのに賢明な方法だ。月は近い。たった3日で着く。そして毎月打上げチャンスがある。どんどんトライしてどんどん失敗し、そこから多くを学べる。現在、世界各国の民間企業が試行錯誤を繰り返しながら月着陸にしのぎを削っているが、同じ道を我々も通ったのである。

だが「ロボット探査1.0」は火星には使えない。遠いからだ。片道で6～8ヶ月かかり、打上げ機会も26ヶ月に1度しかない。毎月試行錯誤を繰り返すことはできない。

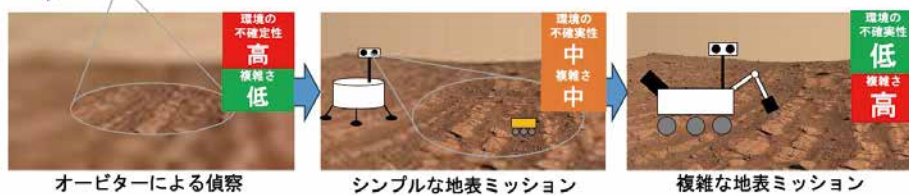
そこで新たなパラダイムが用いられた。「ロボット探査2.0」と呼ぼう。JPLはこの30年で14機の火星探査機を打ち上げ、11機が成功した。「ロボット探査2.0」は慎重な開発で一発成功を期す。そのためのもっとも重要なポイントは、簡単なミッションから複雑なミッションへ徐々にステップアップしていくことだ。

図1の上を見てほしい。「ロボット探査2.0」の概念図だ。どの天体も最初は未知のことだらけで、不確定性は非常に高い。そこでまずオービターを送り込み軌道上から地表を観測する。それによって得られた地表環境の知識を活用してシン

*1 © 2024 California Institute of Technology. Government sponsorship acknowledged.

ロボット探査 2.0 (複数のミッションによる逐次的な探査)

- ・ 火星探査に30年を要した(遠くの目的地へはさらに長い時間が必要)
- ・ ロボットの動作は過去のミッションで得られた知識をもとに開発



ロボット探査 3.0: (現地環境に適応できるロボットによる一発探査)

- ・ ロボットが環境の情報を集めながら動作を適応させ、徐々に複雑な動作へ移行
- ・ ロボットは広い環境に適応できるように設計される



図1: (上) 現行のパラダイムである「ロボット探査 2.0」と、(下) 提案する新しいパラダイム「ロボット探査 3.0」
Credit: NASA/JPL-CalTech

ブルな着陸機を設計し送り込む。これにより地表環境についてさらに多くの見識が得られる。それを最大限活用することで、現在火星を走行しているキュリオシティやパーサヴィアランスのような高度に複雑なロボットを開発し、確実に一発成功を期すことができるのである。

だが、火星以遠をパーサヴィアランスのように高機能なロボットで探査しようとするなら、どうすればいいのだろうか? 木星以遠へ行くには片道10年以上かかることもあるから、10の探査機を順次送り込むには100年かかる。洞窟探査するなら軌道上から写真を撮ることはできない。そもそも、火星ひとつに集中してきた過去30年とは異なり、未来のロボット探査の目的地は多数ある。要は、「ロボット探査 2.0」は火星の地表よりも困難な場所を探査するには適していないのである。

そこで僕は「ロボット探査 3.0」という新しいパラダイムを提唱する。鍵となるのは、ロボットの適応性だ。図1の下を見てほしい。未知の環境に適応性の高いロボットを送り込む。環境についての理解が乏しいうちは動かずに周囲を観測するなどシンプルな動作を行い、情報収集を優先する。そしてどのような動作を行えば安全にその環境を探査できるか理解し、ロボットの動作を適応させる。最初は低速走行などシンプルな探査で環境についての理解を深めた上で、さらに動作を適応させていき、困難な地形の走行や地下の探査など複雑な探査を行う。このように、適応力の高いロボットを用いれば、一発の探査で未知の環境のロボット探査が可能になると僕は考える。

ヘビ型ロボットで挑むエンケラドスの氷の下海

「ロボット探査 3.0」の嚆矢(こうし)^{*2}となるために僕たちが開発したのが、EELS (Exobiology Extant Life Surveyor: 地球外生物痕跡探査機)という蛇型ロボットだ。

その究極の目的は、土星の衛星エンケラドスの地底の海の探査である。この直径500kmほどの小さな衛星は全体が氷で覆われ、その下には液体の水を湛える海がある。さらに南極

付近には地底の海へつながる氷の割れ目があり、水蒸気が宇宙へ向けて噴出している。

僕たちのアイデアはこうだ。EELSは着陸後に氷の割れ目へ這い、適した穴の入り口を見つけ、中に入って降りていく。忍者が壁と壁の狭い隙間を、手足を突っ張って昇り降りする様子と似ている。そして海水をサンプルして、そこに何かいるのか、何がいるのかを調べるのである(図2)。

EELSは極めて適応力が高い設計になっている。ボディーは複数のモジュールを連ねた構造で、各モジュールの脇には螺旋状の刃がついており、これを回転させることで前後左右に進むことができる。高い機械的自由度と、スマートなロボットの知能を組み合わせることで、EELSは環境に適応した多種多様な動作をすることができるのである。

一例をあげよう。2005年、火星ローバー・オポチュニティは砂地に車輪を取られて抜け出せなくなり、脱出に39火星日を要した(図3左)。ローバーは車輪を回して前後に進むという通りの動き方しかできない故、できることが非常に限られていた。EELSも砂地走行の実験をしている間、幾度となくめり込んで前進できなくなった。しかしEELSは横方向へうねるように進む「サイドワインディング」という動作に切り替え、難なく脱出することができた(図3右)。適応性の高さゆえ、予想外の事態にロバストに対処できたのである。

僕たちはEELSのプロトタイプを開発し、地球上の環境でテストを重ねた。最初のプロトタイプ、EELS 1.0は、長さ4m、重量80kgもの大きなロボットだ。

最初の試験はJPLから車で10分のパサデナの街中にあるスケートリンクで行われた。夜10時から朝5時までリンクを貸し切り、EELSが平らな氷の上を難なく走行できることを確認した。次に行ったのは雪山での試験だ。車で3時間ほどの場所にあるスキー場や、JPLが山の中に所有する天文台の敷地で雪上試験を行った。EELSは起伏の大きい地形を難なく走行し、傾斜35度の雪で覆われた斜面を登ることに成功した。

氷河での垂直降下実験

そして僕たちはプロジェクトの本丸、垂直方向の移動に挑

^{*2} 物事のはじまり。昔、中国で戦いを始めるとき敵陣に向かって、かぶる矢を射たところから開戦の合図に使われていた「鎗矢」から転じた言葉。



図2：EELSによるエンケラドス探索のコンセプト

Credit：NASA/JPL-CalTech



図3：(左) 火星ローバー・オポチュニティは砂地からの脱出に39火星日を要したが、(右) EELSは簡単に脱出できた。

Credit：NASA/JPL-CalTech



図4：アサバスカ氷河におけるEELSの垂直降下試験の様子

Credit：NASA/JPL-CalTech

んだ。そのために開発されたのがEELS 1.5という第二世代のプロトタイプだ。ボディの中央を省いて電子機器を乗せた箱を設置したので、ヘビというより二本脚のクモのような形になったが、基本的構造はEELSと同じである。

最終試験の地として選ばれたのは、カナダのジャスパー国立公園にあるアサバスカ氷河だった。ここには「ムーリン」と呼ばれる深さ10～30mにもなる縦穴がいくつも口を開けている。おそらく地球上でもっともエンケラドスに似た場所だろう。

氷上での試験は困難を極めた。寒さと強風が体力と判断力を奪う。ムーリンに滑落すれば命はないから安全に最新の注意を払う必要がある。実験室では10分でできることが氷上では1時間を要する。

試行錯誤の繰り返しだった。EELSをロープに吊り下げ、慎重にムーリンの中へ下ろし、電源を入れる。EELSは両腕を上げ、忍者のように両側の氷壁に突っ張る。そして徐々にロープを緩める。これに成功すれば、ロボットは垂直の氷壁で自重を支えることができたということだ。そして側面の螺旋の刃を回転させ垂直方向へ動こうとすると……

「ガシャン!!」

大きな音と共にEELSが滑り落ち、ロープに宙吊りになる。ため息とともに非常停止ボタンが押される。

時間はどんどん過ぎた。問題に対処するため、メンバーたちは手袋を外し、かじかむ手でキーボードを叩きプログラムを修正した。夜はホテルの部屋での突貫作業だった。

試験開始から15日目。氷上試験に残された時間はあと2日だ。この日も失敗を繰り返すうちに夕方になり、あと1回の実験を行う時間を残すのみとなった。

クレーンで慎重にEELSをムーリンに下ろす。ロボットが異世

界の入り口へ入っていくような気がする。起動。自重支持に成功。「力覚フィードバック制御^{*3}オン、3、2、1…」とオペレーターがアナウンスする。ロボットは安定している。「垂直降下開始まで、3、2、1、…」チームに緊張が走る。EELSの螺旋の刃はミリメートルと氷に食い込む音を立てながら力強く、回転を始めた。

10cm。20cm。ロボットは安定している。いいぞ！いいぞ！（図4）

50cm。1m。ロボットの腕は起伏に見事に順応し、力強く降下を続けている。

1.4m。1.5m。ガシャン!!! 大きな音を立て、EELSは滑落した。

結果は、約1.5mの完全自動降下。ロボットによるムーリンの垂直降下はおそらく史上初だと思う。チームは喜びに沸いた。大きな成果とともに僕たちとEELSはカリフォルニアへ戻った。

一台のロボットにとっては小さな一歩だが…

もちろん、エンケラドスの地底の海はまだ遠い。技術的課題は山ほど残っている。だが、垂直の氷壁をロボットが降下することが可能であると実証するのに十分な成果が得られたと思う。一台のロボットにとっては小さな1.5mだったが、人類にとっての大きな飛躍につながるかもしれないのだ。

僕たちはまた、冒頭に掲げた「ロボット探査3.0」の実現へ一定の筋道を付けたと思っている。火星の先へ進むにはパラダイムシフトが必要だ。EELSのような適応性に優れたロボットの技術が成熟し、「ロボット探査3.0」が実現した時、私たちは太陽系やその外に残る数々の未知の世界へとロボット探査機を送り込み、いくつもの謎を解き明かし、そしていずれは、「我々は宇宙にひとりぼっちなのか」という人類究極の問いへの答えも、見つけることができるだろう。

*3 物体と接触した際の引っ張られる、押されるなどの「力覚」情報を制御に用いること。

We did it!

伝説の一週間だった*1。

着陸の日、管制室の中で祈るような気持ちでテレメトリを凝視していた人の、固唾をのんでYouTubeの画面を見守っていた全ての人の、脳裏に焼き付いて永遠に離れないであろう、劇的なドラマだった。

50m付近のホバリングまでは全てが正常で、成功の2文字がちらついた。直後に探査機の挙動が乱れていくのは一瞬のできごとで、皆、言葉を失った。着陸し通信は維持されているものの、太陽電池が発電していないと分かった時は、このままSLIMを失う悪夢が脳裏をよぎった。それでも準備してあった手順に従ってなんとか探査機上のデータをダウンロードし、分光カメラのスクリーン撮像を終え、バッテリーを切り離して探査機電源をオフした後は、過度の緊張から解放されたためか心の痛みからか、思わず涙を流しうづくまる人もいた。

少しずつ、状況の理解が進み始めた。探査機の姿勢が想定と違うこと、そのために太陽電池に日が当たっていないこと、月の夕方になれば電力が回復して運用再開できる可能性があること。ようやく、少しずつ、皆が顔を上げ、前を向けるようになっていった。

何日か過ぎ、もう計算上は十分な電力が得られているはずなのに、色々手を尽くしてみても探査機が応答してくれない時は、再び、重い沈鬱な空気が管制室の中を満たすようになった。なすすべもなく、ただ時が過ぎていくのを黙って見守っているだけの時間。

そろそろこれが最後の手段だろうと思い送信したコマンドに応じて、SLIMからの電波受信を示す波形が立った時。信じられず我が目を疑い、一呼吸遅れて管制室に響く「きたっ!!」の声。探査機の状態を示すデータが見慣れた端末上に表示され、SLIMが生きていることが分かった時。思わず管制室に響いた、拍手の音。

その後は、あっけないくらい順調に進むマルチバンド分光カメラの観測。次々に得られる貴重な観測画像と、喜びに満ち興奮を隠せない理学研究者達の顔。

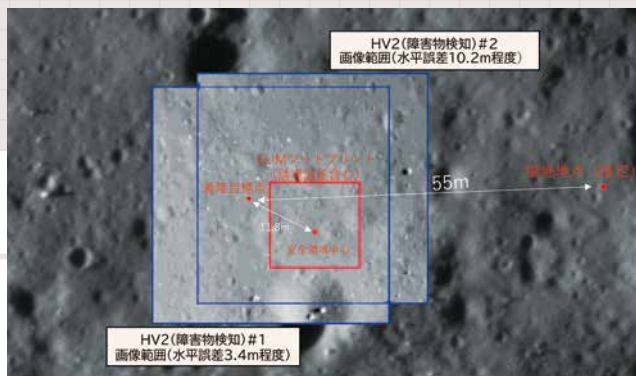
そして、LEV-1を経由してLEV-2 (SORA-Q) が送ってしてくれた衝撃のあの一枚の写真。

SLIMが夜を迎えて再び冬眠に入った今は、すべてが、遠い昔のことのように思える。

長い年月が流れ、死の床につく日が来ても、私はこの一週間のことを忘れないだろう。日本が世界で5番目の月軟着陸を果たしたこの時を、“月面のトイプードル達”が世界で知られることになったこの日々のことを。

2024年1月20日、SLIMは精度10m以下の、世界で初めての、月面ピンポイント着陸を達成した探査機となった。

伝説の一週間だった。



ピンポイント着陸性能の“証拠写真”、高度50m付近のホバリング時に撮像された、障害物回避用の航法カメラ画像(青枠、2回分)。青枠中心がSLIM位置に対応し、着陸目標地点からの距離を評価できる*4



2024/1/31、SLIMが冬眠に入る前の最後の運用後、管制室での集合写真。このドラマを経てメンバーの顔に浮かぶのは、満足と安堵の表情。

確かに、最終の着陸降下を開始する前、管制室で、「10年、20年経って振り返っても良いミッションだったと思えるような、そんなクライマックスを迎えましょう。そのために、みんなの力を貸して下さい」とは話しました。でもその時は、まさかこんな“クライマックス”が待っているとは、思いもしませんでした。あの時管制室にいたメンバー達の、緊張と、でもどこか自信にも満ちた表情も、私はきっと忘れることがないだろうと思います。

SLIMはなぜ成功にたどり着けたのか。それは今後、ゆっくり整理すべき問いですが、ただ、今、私の中で1つははっきりしていることがあります。SLIMチームがたいへん良いチームだったこと。それは、間違いなく1つの大きな理由です。

システムメーカーである三菱電機の広報誌“DSPACE”で、こんな記事を見つけました。SLIM開発と運用で重要な役割を果たした、ある方の言葉です。

「開発を始めた時は、難しすぎて内容が理解できず、何から手をつけて良いか分からなかった。それでもJAXAや研究者達と議論し理解を深めるにつれ、できるかもしれないと思うようになり、次第に、できない理由ではなく、どうしたらできるかを考えるようになっていた。従来の減点主義でなく、加点主義の大切さを実感するようになっていた」*2

こういう関係を築くことができていたんだと知った時、思わず涙がこぼれそうになったことを、よく覚えています。

挑戦すること。それはSLIMチームで言えば、「なぜ、宇宙研はSLIMをやらなければいけないのか?」*3を書かれた澤井先生などが、長く体現されてきたことです。その姿勢に触れ、挑戦することの難しさと楽しさを知ってしまった人たちが、JAXAの中だけでなく、メーカーの中にもいることを、私は知りました。そうして撒かれた種が、こうしてバトンが渡ったリレーが、決して絶えることなく育ち、続いていくことを、心から願っています。

SLIMは、私たちは、新しい扉を一枚開きました。

次の扉は、誰が開きますか?

(坂井 真一郎)

*1 タイトルと冒頭部は、以下を下敷きにしています：金子達仁、「We did it! 伝説が作られた夜」。Number、1997年12月号 <https://number.bunshun.jp/articles/-/23118>

*2 三菱電機“DSPACE”、2023年11月27掲載。 https://www.mitsubishielectric.co.jp/me/dspace/column/c2311_2.html

*3 澤井秀次郎、「なぜ、宇宙研はSLIMをやらなければいけないのか?」、2022年2月8日 https://www.isas.jaxa.jp/missions/documents/files/doc_9.pdf

*4 詳しくは記者説明会資料を参照のこと https://www.jaxa.jp/press/2024/01/20240125-1_j.html

XRISMの進捗状況 ～一步一步 着実に～

2024年1月5日にファーストライトデータを公開したXRISM。本稿ではXRISMの進捗状況をご報告します。

初期チェックアウト運用

XRISMでは、打上げ直後のクリティカル運用のあと、2023年9月11日より初期チェックアウト運用に入りました。ここでは、衛星や観測機器の機能、性能の評価を行い、全ての要求仕様を軌道上で満たしていることを確認します。

まず、2023年9月11日から10月6日にかけて、衛星バス系のチェックアウトを実施しました。データ処理系、通信系、電源系、温度制御系の確認のほか、姿勢制御系の構成機器の機能性能および、姿勢変更機能の確認を順に行ってきました。また、XRISMでは、ロバスト性向上のため、故障検知・分離・再構成機能を強化するというASTRO-Hからの設計変更を行ってきました。この点についても、重点的に監視を行い、軌道上で機能し

ていることを確認しました。

10月7日からは、観測機器 (Resolve, Xtend) の機能性能確認を行いました。機器を立ち上げ、パラメータ調整を行い、観測モードに移行させ、X線を検出できるようにし、所定の機能、性能を確認しました。加えて、観測天体が検出器の中央に入るようにアライメントの調整を行い、目標の天体を観測できるようにして、「ファーストライト観測」を行いました。

なお、チェックアウトの最終段階として、ResolveのX線入射部の保護膜を開放する運用を所定の手順で実施しましたが、開放できていません。引き続き、保護膜を開放する運用を計画していますが、保護膜がある状態でも一級の観測成果が見込めるので、科学観測を開始することとしました。(運用マネージャ：渡辺 伸)

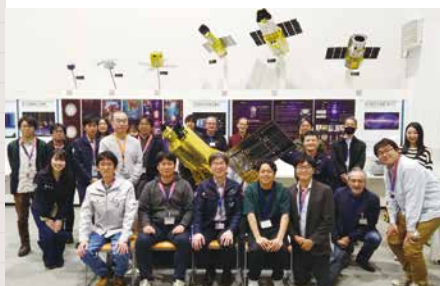
ユーザーに向けた取り組み・科学運用が稼働！

XRISMは世界中の科学者に開かれた公開天文台として、開発メンバーに限らず誰でも、正確かつ容易に観測データを解析できないといけません。XRISM科学運用チームは、衛星の生テレ

メトリデータを天文標準フォーマットFITSに変換し校正する高次データ処理や、天体の情報を正確に抜き出す解析校正ツールとデータベースの開発、ユーザーサポート体制の構築などを

NASAやESAと共同で行っています。地上期から入念に準備してきた結果、打上げ当日から高次データ処理が開通し、その後も問題なく日米で処理を続けています。また、観測効率を最適にする運用計画の策定や、各天体の観測に最適な検出器モードの調整などの運用を開始し、時刻や姿勢精度の検証、ユーザー向けWWWサイトやヘルプデスクの立ち上げ、公募観測の準備など、科学運用を順次稼働させてきました。写真は、2023年12月に日米欧の科学運用チームのメンバーを集め、Xtendチームと合同で定常運用に向けた準備状況を確認した際の集合写真です。写真背景にある「はくちょう」「てんま」「ぎんが」「あすか」「すざく」や先代「ひとみ」の歴史を背負いつつ、新たな科学観測を進める準備が整いつつあります。

(科学運用チームリーダー：寺田 幸功)



日米欧の科学運用チーム

ファーストライトとその後の科学観測

2024年1月5日、私たちはXRISMの「ファーストライト」として、銀河団エイベル2319のX線画像(図1)と、超新星残骸N132Dの画像(図2)およびスペクトルを公開しました。「成果予想」ではなく「実際の観測データ」をようやくお届けできたことに、まずは安堵しています。また、かつてないクオリティのデータを目

の当たりにできたことに、科学者の一人として興奮しているところです。

XRISMは、宇宙の進化や物質の起源を解き明かすミッションです。ファーストライト天体の1つであるエイベル2319は、2つの銀河団が合体して1つの大きな銀河団へと成長する過程にある、衝突銀河団だということが先行研究でわかっています。すなわち、宇宙の構造進化の現場で

す。XRISMは、この銀河団を取り巻くプラズマ同士が衝突する様子を鮮明に捉えました。もう一方のN132Dは、約3,000年前に爆発したとされる重力崩壊型超新星の残骸です。そこには、星の内部で作られた重元素が多量に含

まれています。すなわち、宇宙の化学進化の現場です。XRISMは、この超新星残骸から硫黄や鉄などの重元素を検出し、それらが宇宙空間に拡散する様子を捉えました。

XRISMはファーストライト以降も様々な天体を観測し、素晴らしいデータを取得し続けています。それらは必ず、宇宙物理学の新地平を拓くでしょう。今後の科学成果に、是非ご期待ください。(副プロジェクトサイエンティスト：山口 弘悦)

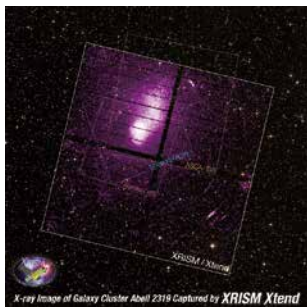


図1：銀河団エイベル2319。2つの銀河団が衝突している。画像は可視光とX線の観測を重ねたもの。紫色で表したのがXtendで取得されたX線の画像。Credit:X線(JAXA)、可視光(DSS*)

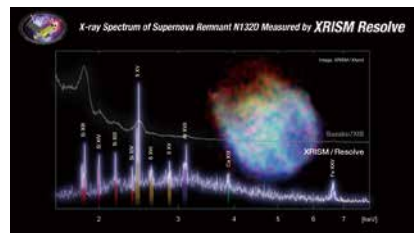


図2：大マゼラン雲にある超新星残骸N132Dのスペクトル。白色で示したスペクトルはResolveで取得されたもの。灰色で示したスペクトルは「すざく」で取得されたもの(出典：Bamba et al, 2018, ApJ, 854, 71)。グラフの背景の画像はXtendにより撮影されたN132D。

第24回宇宙科学シンポジウム開催

2024年1月5日、新年恒例の行事として宇宙科学シンポジウムを開催いたしました。

今年は現地会場、オンライン会場（YouTubeでのライブ配信）、いずれでの聴講にも制約のない開催形態といたしました。

現在、宇宙科学シンポジウムは、その開催目的を再整理し、実施時期も宇宙科学の将来を議論するのに適切なタイミングに変えていくことを検討中です。今後の宇宙科学シンポジウムの開催目的は、(1) 宇宙科学コミュニティ・ユーザーズミーティング、(2) 多くの研究者が楽しめる将来ミッション創出の芽出し、これら2点に再整理され、今年度は(1)の位置づけを持って開催されました。

今回、口頭発表者は事前指名され、ポスターセッション、一般講演は行いませんでした。

宇宙科学研究所所長の所信表明、サイエンスハイライト講演「XRISM初期運用とファーストライト」、宇宙科学研究所賞授賞式、次期戦略的中型計画候補ミッションコンセプトの共有、各戦略的中型創出グループ(GDI)からの報告、パネルディスカッション等

が行われました。

現地会場参加は100名以上、オンライン会場には300名以上、合わせて最大400名の聴衆が集う盛況な会となりました。参加者数のピークはXRISMのファーストライト報告時で、最後まで常時300名以上が参加されていました。

例年と比べてもオンライン聴講人数が多く、気軽に宇宙科学の現状に触れてみたいという視聴者層の存在を感じられました。

また、今後の宇宙科学シンポジウムの開催時期や形態を模索するために、会の終了後にWebアンケートを実施し、多くのご回答を頂きました。さらに、4年ぶりに懇親会も開催し、60名以上の研究者や大学院生が交流を深め、宇宙科学シンポジウムの話題に留めず、宇宙科学の将来を夜遅くまで語り合っていました。

最後になりましたが、本年のシンポジウム講演者・参加者の皆様、宇宙理工学委員会と宇宙研執行部、そしてシンポジウムの円滑な運営にご尽力いただいた宇宙研科学推進部の皆様に、世話人一同、御礼申し上げます。
(大槻 真嗣)



現地会場参加者の集合写真

第10回宇宙科学研究所賞(外部表彰)

JAXA宇宙科学研究所は、宇宙科学・探査プロジェクトの実施にあたり顕著な功績又は貢献のあった外部機関所属の方々に『宇宙科学研究所賞』を授与しています。

第10回宇宙科学研究所賞は、特別賞を含む以下3名の方々に、2024年1月5日に授与されました。JAXA宇宙科学研究所はこのような機構外からの協力・支援に心から感謝するとともに、この3名の方の今後ますますのご活躍を祈念しております。
(科学推進部)

▶〈特別賞〉**Dr. Fabio Favata** 前ESA科学局プログラム室長
受賞件名：ISASの特長への理解に基づく、日欧協力関係深化への貢献

受賞理由：同氏は日本の宇宙科学コミュニティの特長を深く把握し、ESA科学局とISASの協力関係を深化させました。ベビ・コロナボでの協力関係をJUICEへとつなげていくことに理解を示し、コメットインターセプターのような新しい形での協力関係の構築へとつなげ、系外惑星観測計画ARIELに日本から参加する糸口を提示されるなど日本宇宙科学発展に大きく貢献されました。

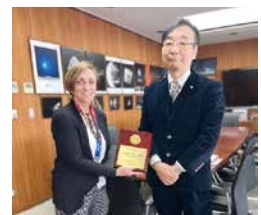
▶〈特別賞〉**Dr. Thomas Zurbuchen** 前NASA科学局長

受賞件名：日米宇宙科学協力発展への貢献

受賞理由：同氏はNASA科学局とISASの協力関係発展に大きく



左から、前島PM、Dr. Fabio Favata、國中所长、藤本副所长、Dr. Thomas Zurbuchen (スクリーン)



Ms. Lillian S. Reichenthal

貢献されました。NASA科学局長としてXRISMの打上げでリーダーシップを発揮しただけでなく、小惑星探査テーマにおけるMMXを含む3ミッションに跨った国際協力関係を生み出したことは日本宇宙科学発展の基盤となりました。

▶**Ms. Lillian S. Reichenthal** NASA XRISMプロジェクトマネージャ
受賞件名：XRISMの開発と初期運用への貢献

受賞理由：同氏はJAXAとNASAのジョイントプロジェクトであるXRISMのNASA側プロジェクトマネージャとしてチームをリードし、衛星および搭載観測装置の開発と初期運用の完了及び定常運用移行まで大きく貢献されました。さらにそのリーダーシップにより、関係各所との綿密な調整及び周到な準備を行い、JAXA側プロジェクトとのすぐれたチームワークによって科学技術のみならずコロナ禍を含む難局を乗り越えました。

二重小惑星探査計画Hera:熱赤外カメラのPFM完成

2024年1月15日朝には関東一円で火球が見られ、1月21日未明にはドイツ東部で明るい火球が観測されました。後者を起こした天体は約1m大で、地球大気圏突入の約3時間前に地上の望遠鏡で発見され、小惑星2024 BX1という仮符号も与えられました。このように、地球には小天体が絶えず降り注いでいます。2013年には直径17mの天体がチェリャビンスク近郊に落下し、爆風によって多数の負傷者や建物損壊が発生しました。1908年には直径50～60mとされる天体の大気通過による爆風で、ツングースカのタイガの森林が爆心地から30～50kmの範囲で薙ぎ倒されました。太陽系にはなお多数の小天体が存在し、直径30m未満のものの99%は未発見です。宇宙から降ってきた小天体の地球衝突による「天災」による人類社会への影響を回避するための活動(プラネタリーディフェンス)が今、世界中で高い関心を持たれるようになりました。

プラネタリーディフェンスの活動はこれまで主に、小天体の発見と地球衝突確率の推定、地球に衝突した際の影響調査や社会的・法的整備に関する検討でした。さらに、小惑星探査時代となり、現地調査となり、小惑星の素性の理解や、衝突回避のための宇宙技術実証も実施されるようになってきました。NASAのDARTミッションは、2021年11月24日に打ち上げられ、翌年9月26日に小惑星ディディモスの衛星ディモルフォスに衝突し、軌道変更(ディディモスを周回する周期の低減)に成功しました。

ESAのHeraは、その衝突後の状態を現地で詳細観測するミッションです。HeraにはJAXA中心に日本チームで開発中の熱赤外カメラTIRIを搭載します(図1)。TIRIは「はやぶさ2」搭載TIRよりも高解像度かつ熱撮像と多色分光撮像が可能で、小惑星の熱物性や組成を調べることができ、小惑星の形成過程の研究やDART衝突効率の推定などに貢献します。このたびTIRIのPFMが完成し、2023年11月30日の出荷前確認会(図2)を経て欧州に出荷され、Hera総合試験に参加中です。打上げは、いよいよ2024年10月です。(岡田 達明)



図1：Hera搭載熱赤外カメラTIRI



図2：Hera搭載熱赤外カメラTIRI(クリーンルーム内、窓越しに見える黒い機器)の出荷前審査会後の写真
於：明星電気

棚次亘弘先生を偲ぶ

JAXA名誉教授であられた棚次亘弘先生は、昨年10月にご逝去なさいました。宇宙研において、宇宙輸送系の一時代を率いられた棚次先生の功績とお人柄を偲ぶ会を、先日行われた宇宙輸送シンポジウムの機会に宇宙研で執り行いました。棚次先生とともに研究活動を進められた方々やご指導を受けた方々が、総勢約40名、オンライン接続も併用して集まりました。参加者全員のお名前を列挙することはできませんが、秋葉先生、松尾先生、小野田先生、そして國中先生と、歴代の宇宙研所長にご参加頂いたことを、御礼も兼ねて記します。

会の準備は、棚次先生に「しようがないな」と怒られてしまいそうなドタバタになってしまい、時間がかかり心配していましたが、お話を事前にお願ひしていた方はもちろん、その場で突然お願ひした皆様も、それぞれの棚次先生との思い出をじっくりと語ってくださり、逆に時間が足りなくなりました。

会の印象は、「偲ぶ会」には相応しくないかもしれない一言でいうと「面白かった」です。棚次先生の意外なエピソードが明らかになる、ということはなかったですが、参加者がそれぞれにもつ棚次先生像の輪郭がより一層明瞭になる、そんな会だったのだと思います。お話を拝聴していて、私が共通して感じた棚次先生像は、「ご自身の信念をぶらさずに、為すべきことを、具体的な行動を起こして為してきた」、というものでしたが、ご参



宇宙研にお集まり頂いた方々で撮影した集合写真。前列中央が棚次先生のご息女

加の皆様はどうお感じになったでしょうか。棚次先生の三人のご息女も、(人生で初めて)宇宙研にお越しになり、ご家庭での様子などをお話くださいました。他の参加者のお話にあったのと同じように、幼少の頃から「厳しく鍛えられた」(例えばスキートの指導などで)、とのこと。ここでも、棚次先生像が一層明瞭になった気がします。

当初、棚次先生は絶対に来てくれないこの会の開催の動機に不安を感じていましたが、棚次先生のご息女を含む沢山の方にご参加頂き、終えた今はこの会をやった良かったと思います。でもやはり、棚次先生がこの場いないことに、とても寂しい思いを感じました。

言うまでもないことですが、棚次先生は、宇宙輸送系の次の時代の構築にご尽力なさいました。その次の時代へはまだ道半ばですが、信念をぶらさずに、為すべきことを為すために、具体的に行動を起こしていくことが、先生への恩返しになるかと思います。棚次先生、どうか安らかに。私たちの具体的な行動をお見守りください。ありがとうございました。(丸 祐介)



航空技術部門事業推進部
特任担当役

八木岡 民洋 (やぎおか たみひろ)

宇宙3機関こぼれ話

JAXAが設立されてから20年が経った。私は航空宇宙技術研究所(以下、NAL)に1981年4月に採用され、昨年3月にJAXAで定年を迎えたが、その間に見聞きした宇宙3機関(NAL、宇宙科学研究所(以下、ISAS)、宇宙開発事業団(以下、NASDA))の関係について少しお話をさせていただこうと思う。

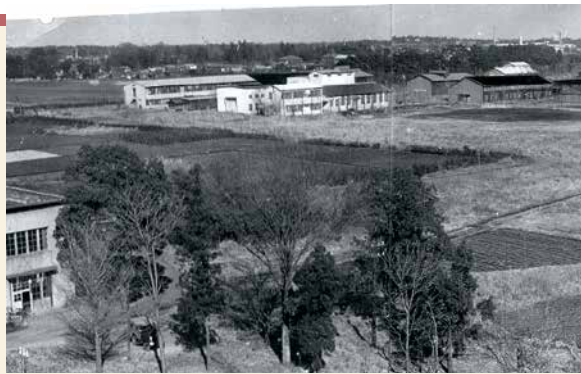
1. NALに移籍した東京大学航空研究所(あるいは東京大学宇宙航空研究所)の方々

NALは、1955年7月に現在のJAXA調布航空宇宙センター(以下、調布センター)の地にあった運輸技術研究所(以下、運研)の敷地を一部分けて設置された。人もかなり運研から分けてもらったようで、私が採用された当時、まだ多くの元運研の方が在席していた。しかし、運研以外から来られた方も多く、寄せ集めの面があったようだ。中には、東京大学航空研究所から来られた方もいた。私が知っているのは、2人(うち1人は事務職)だが、もっといたと思われる。NAL創成期には、東大航研のご助力もいただいたようである。

2. NASDA発祥の地

NALの研究者から“NASDA発祥の地”の話を聞いたことがあった。その場所は、現在の調布センター厚生棟と同じ場所に20年ほど前まで建っていた旧厚生棟2階の事務室で、1964年7月に科学技術庁に設置された、NASDAの前身である宇宙開発推進本部(以下、推本)がそこに置かれたらしい。しかし、いくつか文献をあたったが、そのような記述は見つからない。思い立って、NASDAご出身でJAXA元副理事長の樋口 清司さんに尋ねたところ、その事実をご存じだった。樋口さんは、1969年4月に推本に採用され、その時点で推本の主要な部署は、現在国立能楽堂が建つ地にあった東京通商産業局に事務所を移転しており、この話は先輩方から聞いたそうである。推本発足は、当時NALで行われていたロケット開発がきっかけだったという話も聞いた。“航空技術研究所”時代の1962年4月に原動機部にロケットエンジン研究室が設置されている。

なお、推本本部長には、初代宇宙航空研究所所長でもあった高木 昇さんが就任されている。樋口さんによると、この人事は推本と宇宙航空研究所の融合を図ることが狙いだったのではないかと聞いたとのことである。



左端に写っている建物が旧厚生棟(元内閣中央航空研究所の変電操作室)。2階に宇宙開発推進本部が入っていた。(1957年2月12日撮影)

3. 谷 一郎先生のこと

谷 一郎先生(1907-1990)は、東京大学航空研究所所長を務められ、有名な航研機の開発にも関わった流体力学の大家である。旧日本軍機ファンには、いくつかの海軍機に採用された翼型『層流LB翼』の開発者として知られている。

私が入所した時、谷先生はNALの顧問をされていた。顧問には谷先生を始め、97式戦闘機のプロペラの設計者 佐貫 亦夫さん、96式陸上攻撃機の子輪の設計者 池田 健さんといった日本航空勃興期に活躍された方々が揃っていた。

谷先生はお亡くなりになるまで、NALに居室を持っていた。そこは空力2号館301号室で、302号室が部長室なので、部長より格上の扱いと言えた。

なぜ、谷先生の部屋がNALにあるのか長らく疑問に思っていたが、最近になって、元空気力学第2部長で元所長の海老原 正夫さんに尋ねたところ、聞いた話では、谷先生は、東大航空研究所での多忙な立場から離れて、研究者としてゆっくり考えて過ごせる場所が欲しいとNAL所長に相談されたそうで、1963年に現在の事務棟1号館が完成し、科学研究官(副所長)室だった301号室が空いたため、そこに入っていたとのことだった。

ただ、NALの研究成果物等に谷先生のお名前は確認できなかった。谷先生のNALへの寄与については今後、調べてみたい。

調べていくと宇宙3機関は設立時から深く関係しあっていたようで、統合も自然な流れに思える。とはいえ、それぞれの組織文化は、統合20年を経た今もそれなりに残っており、私もそれを感じてきた。

前述の樋口さんは、ISAS秋葉研究室に約半年間研修生として派遣され、そこでNASDAとISASの違い、ある種の組織間のわだかまりのようなものを感じたという。しかし、むしろそれを乗り越え、ISASのよき組織文化をNASDAに持ち込めないかなどと考えていたそうである。「宇宙という夢を追いかけて、この分野の仕事に関わっているという意味では同じ人種であり、そこに共通点があり、共感する糸口や会話を交わす手がかりになったと思う」。樋口さんのこの言葉の紹介をもって締めくらせていただく。

編集後記

今月号は読んでいてワクワク、キリキリする記事が冒頭2本、続きます。ISASニュースでは困難なことに挑戦している当人が記事を執筆することが多いのですが、昨今はSNSなどを通じて、チャレンジする人への応援を直接聞く機会も増えました。ありがたいことです。(生田 ちさと)



ISASニュース No.515 2024年2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/>