JAXA's

094

［対談］

THE ONLY LINE CONNECTING DEEP SPACE AND EARTH

深宇宙と地上をつなぐ、
唯一の線

石山蓮華
（電線愛好家・文筆家・俳優）
×
内村孝志
JAXA追跡ネットワーク技術センター
美笹深宇宙探査用地上局
冗長系開発整備部門内プロジェクトチーム
プロジェクトリーダー

［特集］
宇宙機と交信する唯一の手段
パラボラアンテナのこと

［インタビュー］
わたしとモノづくり
空と宇宙を舞台にした、その原点と今

［連載］
JAXA TIMES

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
機関紙［ジャクサス］

宇宙と私たちをつなぐコミュニティメディア

THE ONLY LINE

CONNECTING DEEP SPACE AND EARTH

深宇宙と地上をつなぐ、唯一の線

＼ 電線愛好家・文筆家・俳優 ／

石山蓮華

ISHIYAMA RENGE

×

追跡ネットワーク技術センター
美笹深宇宙探査用地上局
冗長系開発整備部門内プロジェクトチーム
プロジェクトリーダー

内村孝志

UCHIMURA TAKASHI

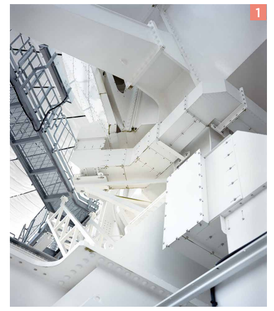
標高1580m。長野県佐久市の蓼科スカイライン沿いに佇む真っ白なパラボラアンテナが空を見つめ、探査機からのかすかな信号を地上へとつないでいる。ここはJAXA美笹深宇宙探査用地上局。地球から200万キロメートル以上離れた深宇宙を航行する探査機との通信を担うこの地上局に、電線愛好家として活躍する文筆家・俳優の石山蓮華さんが訪れた。案内人はアンテナの建設当時からその開発と運用に携わってきた内村孝志。電気を運ぶインフラとしての電線に深い愛を寄せる石山さんが引き出す、アンテナの魅力と電線との共通点。

撮影：高野ユリカ　ヘアメイク（石山蓮華）：くどうミキ（shatter）
スタイリング（石山蓮華）：酒井タケル　構成・文：水島七恵

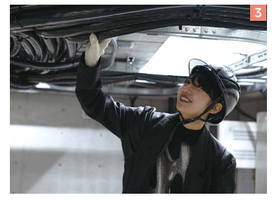
美笹局のパラボラアンテナが天頂を向いた際の高さは約70m。それは20階建ての高層ビルの高さに匹敵する。太陽光が当たって主反射鏡が歪むのを防ぐため、アンテナの背面には、日よけカバーがついている。

アンテナの内部に潜入。大型アンテナの指向方向を精密に制御する、マスターコリメータが設置されている場所に立つふたり。奥に見えるのは第1鏡とマスターコリメータ。

1. アンテナを下から見た外観。写真は、アンテナを仰角（上下）方向に動かすことができるエレベーション（EL）回転構造部のあたり。　2. SSPA（固体電力増幅装置）。探査機との通信は8時間続くこともあるため、強い電波を長時間出し続ける必要がある。
3. 電波から電気信号に変換するための信号線を触る石山さん。※このケーブルは触っても安全なもので、特別な許可を得て撮影しています。


1

2


3

パラボラアンテナと電線がつなぐ、世界と私たち

石山　車で紅葉に染まる山道を登っていると、山の中腹に真っ白なお椀型のパラボラアンテナ（以下、アンテナ）がぽつんと見えてきて「あっ！」と。そのまま登っていくと、目の前に大きなアンテナが迫ってきて感激しました。近づけば近づくほど、その大きさに驚いたんですが、いざアンテナの内部に入ってみると、逆にスケール感がわからなくなっていく。とても興味深い体験となりました。

内村　そうでしょう。ここに初めて来られる方はみなさん、石山さんと同じ感想を持たれる方が多いです。

石山　あと、アンテナは人の目には見えない電波を宇宙から受信して、人が見える世界へとつないでいますよね。私が普段愛好している電線も世界と私たちをつなぐ役割を担っているので、そこに共通点を感じました。

内村　石山さんは人と人、物と物をつなぐ（connect）ところに興味があるんですね。お話を聞きながらパーソナリティを務められている『こねくと』（TBSラジオ）が浮かびました。

石山　確かに私は人や物のつなぎ目に関心があるのだと思います。ラジオというと、そのメディアの特性に、いつもの時間帯に同じ人の声が聴こえてくることの安心感があると思っています。今日アンテナを見ながら同じ感覚を得ました。この場所でどんなときも宇宙からの電波を受信・送信している。見守る職員の方がいる。それは拠り所のようであり、ラジオの日常、私の好きな日常の風景でもあるなと思ったんです。

内村　それはうれしいです。というのも私はアンテナ（地上インフラ）の存在や活躍をもっとみなさんに知っていただきたいんです。宇宙空間という過酷な環境に耐えて何年も機能し続ける探査機や人工衛星はとてもすごいと思いますが、その運用を支えているのは地上設備であり、アンテナなんです。地上の設備を24時間365日稼働するように維持し続けていることで、宇宙でのミッションが実現していることをぜひ知っていただきたい。そんな思いを持って日々働いています。ところで石山さんはなぜ、美笹局（JAXA美笹深宇宙探査用地上局）がこの場所にあるのかご存じですか？

石山　宇宙探査を行う大型アンテナの立地条件に、この場所がちょうど適していた。という情報はいただいた資料で読みましたが、具体的にどう適しているのでしょう？

内村　まず、地球上にはNASAやESA（欧州宇宙機関）などが運用している大型アンテナが点在（主にアメリカ、ヨーロッパ、オーストラリア）していますが、それらのアンテナとの位置関係が良い（日本はちょうど中間に位置する）ということが挙げられます。というのも地球は自転しているでしょう。1つの地上局が探査機と交信できる時間は1日1回で約8時間程度しかありません。24時間運用を行うとなると、経度の異なる3つの地上局が必要になるんです。そこで世界各地に点在するアンテナと協力し合うことでそれを可能にしているんですね。

石山　国際協力が欠かせないんですね。

内村　そうです。それは探査機との通信に限らず、天文観測も同じ。世界各地のアンテナがリレーをすることで観測データをたくさん集めて、天文現象などを解明しているんです。

石山　標高が高い場所にあることも、アンテナの立地条件としては重要なんですね。

内村　はい、地球から200万キロメートル以上離れた深宇宙を航行する探査機からの微弱な電波を受信するためには、都市雑音などの余計な電波や水蒸気が少ない場所が最適です。となると、なるべく市街地から離れた山奥が理想の条件に。その意味でここ長野県佐久地域は標高が高く電波環境もよく、また筑波宇宙センターや宇宙科学研究所（相模原）からのアクセスも比較的良いので、アンテナの立地としては条件がいいんです。佐久地域にはこの美笹局のほかに臼田局と、国立天文台のアンテナ（電波望遠鏡）もあって、こんなにアンテナが集まる地域は世界的にも珍しいんですよ。

石山　資料のなかには「太陽系探査には大型アンテナが必要」ということ、また「美笹局のアンテナは木星以遠の距離まで通信できる」ということが書かれていましたが、アンテナのサイズは大きければ大きいほど、遠い宇宙の探査ができるということでしょうか。

内村　その通りです。美笹局のアンテナは、臼田局の後継機として2021年に完成したアンテナです。臼田局のアンテナ口径が64mあるのに対して美笹局のアンテナ口径は54m。つまり10m縮小されていますが、その性能は臼田局と同等のものを維持しながら高精度に探査機を追尾できます。また臼田局との違いでいえば、美笹局のアンテナは主反射鏡の裏側に太陽光による熱対策のためのカバーをつけていること。そのカバーは強風対策にもなり、支持構造も全体的に骨太なアンテナになりました。あとは見学いただいたSSPA（固体電力増幅装置）（写真2）は美笹局から探査機に届く電波を出すための装置ですが、これも従来使っていた真空管型のもの（クライストロン）から、新規開発の半導体に変えることによって、信頼性を高めました。

石山　装置の迫力、すごかったです。

内村 でしょう。また今後、新たに続く深宇宙探査においては海外機関との連携も多くなることを踏まえて、美笹局は国際規格に適合した外部インタフェースを付加して、相互接続性や運用性を向上させました。昔と異なり宇宙通信も国際標準化されてきたことで、宇宙機関同士、互いの探査機や人工衛星の運用を支援し合うことも実現しつつあります。

宇宙ミッションを地上で支える人情

石山 美笹局は「はやぶさ2」(小惑星探査機)との通信をサポートされていますが、深宇宙探査ミッションを支える上で、探査機のプロジェクトチームとはどういう連携をしながらアンテナの開発・運用につなげているのでしょう?

内村 まず探査機のプロジェクトが、ミッションでのあらゆる状況を想定して、観測データをどんな信号形式でこの期間中にこれだけの量を地上に下ろしたいとか、探査機の緊急事態でこんな運用したいとか、さまざまな要求がありますよね。それを「ユーザー要求事項」としてプロジェクトがまとめて、それに基づき我々地上局側と調整をしながら明文化します。地上局側はそれを「ミッション要求」として扱って、その要求を満たすためにはどういうシステムを作る必要があるのか。今度は地上局が「システム要求」「開発仕様」として落とし込み、整備を行います。最終的には整備したものがミッション要求をちゃんと満たすことを確認した上で、実際の運用に入ります。探査機や人工衛星が打ち上げられた瞬間から、アンテナで追跡し、通信することになりますが、地上設備も保守点検や次の探査機に向けて機能改修をしないといけない期間の確保も必要です。しかし、探査機から急に運用したいという要望があるときは、人情もちょっと入って譲歩するときもあります(笑)。

石山 人情!

内村 打ち上げ直後の探査機や人工衛星の運用というのは「ミッションクリティカル」と言って、地上との通信頻度の優先度が高くなります。それに対して何年も安定して航行を続けている探査機や人工衛星との通信は、どうしても優先度は下げられてしまいますが、それでもちょっと無理をしても調整しなければいけないという人情が入る時もあります。もちろんプロジェクト管理の観点から許容できる範囲になりますが、特に日本の場合はそういう人情が含まれていると思います。

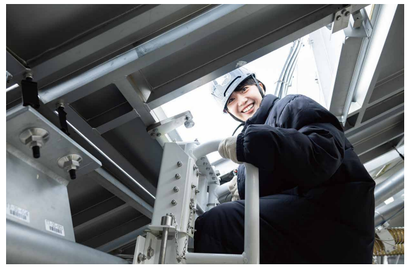
石山 海外の宇宙機関は違うものですか?

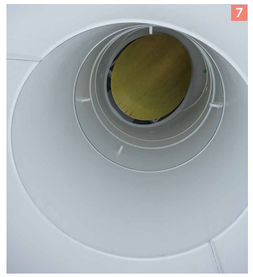
内村 もう少しそこはクールに対応していると思います。海外と言えば今後、美笹局では海外の探査ミッションの運用支援も活発に行っていく予定ですよ。

石山 具体的にはどういったミッションですか?

内村 JAXAが担当する水星磁気圏探査機「みお」(MMO)と ESA が担当する水星表面探査機「MPO」の2機の探査機が今合体して水星に向かっていますが、地上局との通信は「MPO」とのみ行っています。2025年に分離して別々の探査機として運用し始めますが、それまでの間は「MPO」の支援を行います。これは謎に満ちた水星の現在と過去を明らかにするミッションです。あと打上げ予定のものだと、火星衛星探査計画MMX。火星の衛星を観測してサンプル採取し、地球に帰還するというシナリオが描かれています。またNASAのミッション、ナンシー・グレイス・ローマン宇宙望遠鏡。これは宇宙のダークエネルギーやダークマターの謎に挑むとともに太陽系外惑星を探し、またその姿を捉えることを目指した大型ミッションです。それと二重小惑星探査計画Hera。これはプラネタリーディフェンスの一角を担うもので、すでにNASAは無人探査機を小惑星に衝突させて、小惑星の軌道を変える実験を成功させましたが、その衝突後の様子を観測すべく、探査機を向かわせる計画がHeraなんです。

主反射鏡の中心部をのぞき、興奮する石山さん。





6. パラボラアンテナには主反射鏡と副反射鏡というふたつの鏡がある。写真は主反射鏡の中心部。主反射鏡の開口径は54m、3mm厚のアルミパネルが680枚使用されている。 7. 第5鏡から見上げた集束ビーム給電部内の第4鏡。 8. 第5鏡。探査機によって受信機を使い分けるため、この鏡を回転させて電波の方向を切り替える。

石山 気がかりな小惑星に宇宙船を激突させて、軌道を少しだけ変える。それは将来地球に小惑星が激突しないよう、進路を変える実験をしているということでしょうか。

内村 そうです。本当はガンダムが存在していれば、小惑星を押しのけてくれるでしょうけど(笑)、現実はそうはいかないですから。

街の、宇宙の、血管となり神経となる

石山 この間、『こねくと』のゲストとして出演いただいた地質学の専門家の方に、地球の歴史上、何度も繰り返されてきた生物の大量絶滅についてお話を伺いました。「1枚の地層には10億年の時間が内包されている」というお話から、地質学が扱う時間のスケールがあまりに大きいので、「自分の寿命についてはどう感じていますか?」と伺ったら、「どうでもよくなりますね」とお話をされていたのが印象的でした。内村さんもまた宇宙を相手にするなかで扱う時間と距離の単位がものすごく大きいと思いますが、宇宙と人生の時間についてどういうふうに感じますか?

内村 そうですね、普段はそれほど宇宙を感じながら仕事はしていないかもしれません。というのもアンテナは地上のインフラで、私の立場は探査機との通信を支援すること。なので、どちらかというとその探査機が観測したデータ、サイエンス的な成果、物証をもって宇宙を体感しているという方が実感として強いですね。ただ、時間というと遠く離れた探査機に指令信号を出して探査機から帰ってくる応答信号を受信するのに長時間(例えば地球と太陽の往復だと約17分)かかるので時間というか距離を感じます。あと、趣味で星の写真を撮っているのですが、美笹局での仕事が終わった後22時ぐらいから星の撮影を始めて、気がついたら朝の4時になっていた、なんていうこともあります。そのとき感じるのは、時間はあくまで人間が決めた概念、単位なだけであって、宇宙にとっては本来関係ないということ。だから星を見ていると時間が経つのを忘れてしまってどうでもよくなりますね。集中してて時間が経つのに気づかないのとちょっと違うかもしれません。

石山 内村さんにとっての星が、私にとっては電線かもしれません。私も電線を見ていると、時間が経つのを忘れます。感情的なぶれが起こり得ないのが電線で、自分の言葉も通じなければ、自分とはまったく違う時間軸の捉え方ができる物質でもある。そこに私はある種の安らかなものを感じていて、だからこそ私は電線がすごく好きなんです。

内村 人間は感情がぶれますからね。だからこそ石山さんは電線に向かうんですね。

石山 電線を見ると自分の調子がわかったりするんです。例えば、自分の調子が良い時は電線の表情がよく見えますし、ふと電線を見上げて、ここ最近電線を見ていなかったな。私、今、余裕がないんだなと気づいたりします。

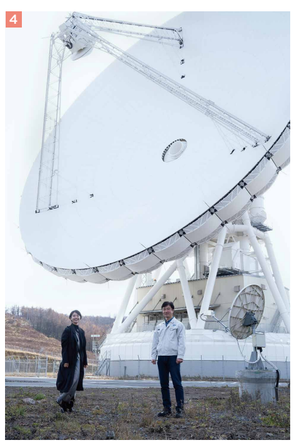
内村 そういうときは電線のストラップを付けて、ときどき握りしめたりするのはどうですか?(笑)

石山 そうなんです。触っていると落ちつくのでつい最近までイヤホンケーブルはずっと有線でした(笑)。曲げたり、すべすべした被覆を触ったりするのも楽しいですし、硬さ、色、材質、銅の純度、配線の様。どれをとっても理由がないものがひとつもありません。電線は街にとっての血管で、電話やインターネットをつなぐ通信線は神経みたいなものですが、アンテナもまた、地上と宇宙をつなぐ血管であり、神経でした。電線とアンテナ。こんなに近いものを感じられるなんて。今日は貴重な体験をありがとうございました。

THE ONLY LINE CONNECTING DEEP SPACE AND EARTH

ISHIYAMA RENGE × UCHIMURA TAKASHI

4. 総重量は2,200tを超える美笹局のアンテナ。 5. 主反射鏡で電波を副反射鏡(写真)に集め、集束ビーム給電部(複数の鏡で反射してアンテナ内部に電波を取り込む空間)を経由して機器室の受信機まで届ける。



電線愛好家・文筆家・俳優

石山蓮華 ISHIYAMA Renge

埼玉県出身。電線愛好家として『タモリ倶楽部』などのメディアに出演するほか、2022年より日本電線工業会公認「電線アンバサダー」としても活動。著書に『犬もどき読書日記』(晶文社)、『電線の恋人』(平凡社)がある。現在、TBS ラジオ「こねくと」(毎週月~木曜日 14:00 ~17:30放送)でメインパーソナリティを務める。家では、犬と買ったばかりのスマホを交互に撫でながら電線を見ている。

追跡ネットワーク技術センター
美笹深宇宙探査用地上局
冗長系開発整備部門内プロジェクトチーム
(GREAT2プロジェクトチーム)
プロジェクトリーダー

内村孝志 UCHIMURA Takashi

鹿児島県出身。これまでスペースデブリ地上観測システム、人工衛星の高精度軌道決定、CCSDS(宇宙データ通信システムに関わる国際標準化検討委員会)、衛星搭載機器等の研究開発などに従事。好奇心旺盛のため趣味多数。最近ではレコード鑑賞、写真撮影、XGに夢中。

対談拡大版はこちら

＼宇宙機と交信する唯一の手段／

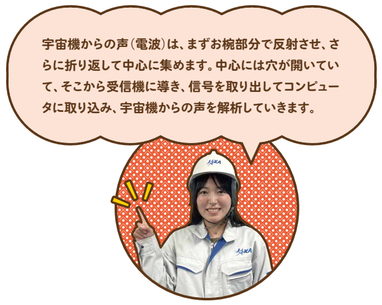
パラボラアンテナのこと

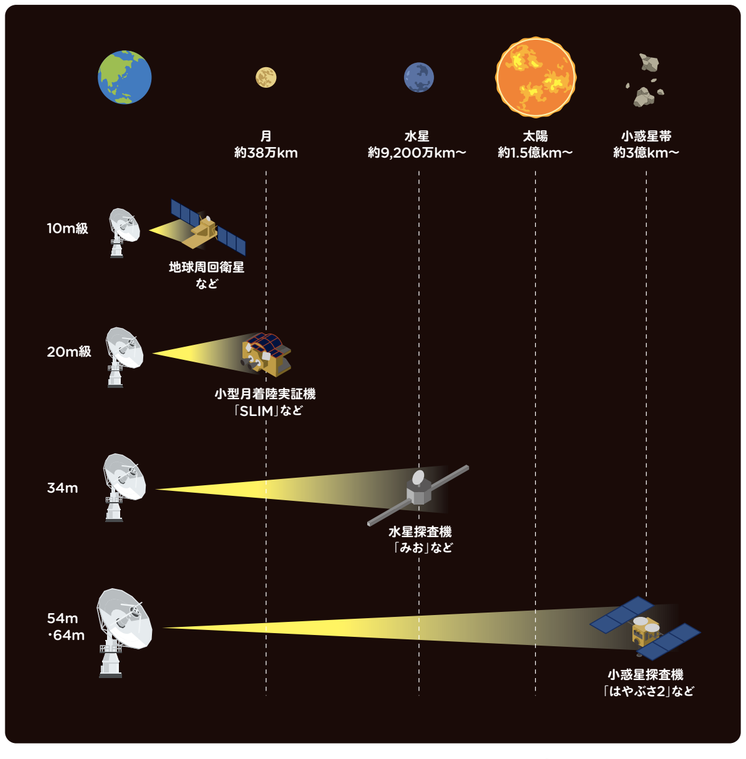
文：熊谷麻那

宇宙空間を航行する宇宙機（人工衛星や探査機）が得たデータは、私たちの生活を静かに支え、また人類の可能性を広げている。宇宙から届くこれらのデータを地上で受け取るには、「パラボラアンテナ」の存在が欠かせない。そんなパラボラアンテナについて、運用・管理を担うJAXA追跡ネットワーク技術センター（以下、追跡N）の“アンテナ博士”こと米倉克英と、“アンテナエキスパート”こと山崎梨菜に聞いた。

電波を「声」として交信する

スマートフォンやラジオ、テレビ、地図アプリに使われるGPS機能。私たちの生活を当たり前に支える電子機器や機能を使うとき、アンテナはなくてはならない存在だ。アンテナが窓口となり、電波という形で、音声や映像を伝えたり受け取ったりすることで、私たちは遠く離れた友人と会話したり、海外で撮影された動画を視聴することができる。そして、地球を飛び出したさらに遠方、宇宙空間にある宇宙機と電波を使って交信できるのは、お椀のような形をした「パラボラアンテナ」だけ。JAXAはこのパラボラアンテナを使って、地上から数百kmほどの地球周辺から、38万kmの月周辺、200万km以上先の深宇宙、さらには約3億km以上も先にある宇宙機たちとの交信を行っている。

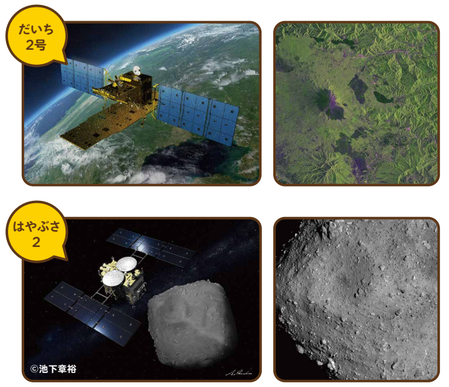




米倉アンテナ博士は、小惑星探査機「はやぶさ2」のミッションではインターフェース（ミッションチームと追跡Nとの間をつなぐ役割）を担い、現在は新しいアンテナの開発に携わっている。そんな米倉アンテナ博士は、パラボラアンテナのことを「遠く離れた仲間との唯一の通信手段」だと教えてくれた。

「宇宙機は地上の私たちにとって、宇宙について教えてくれる仲間のような存在で、その宇宙機の声（電波）をJAXAが聞き取るには、大型のパラボラアンテナが必要です。現在、JAXAが持つパラボラアンテナは、国内・海外を含め18基。これらすべての運用管理を私たち追跡Nが行っています。宇宙機の声には2種類あり、そのひとつが『テレメトリ』です。これは、宇宙機の温度や姿勢といった『状態』、あるいは、宇宙機が目標天体に近づくことで得られた『観測データ』のことを指しており、ミッションチームが、宇宙機のミッション遂行状況を判断する材料となります。もうひとつの声は『追跡データ』と呼ばれる、宇宙機の位置情報です。私たち追跡Nは、この情報をもとに宇宙機の現在地やこれからの進行方向を判断します。もし宇宙機側に仕事をさせたり、状態の確認が必要であれば、パラボラアンテナを介して『コマンド』と呼ばれる指令を伝える。こうしたやりとりを常に行うことで、宇宙機は安全に航行し、私たちは宇宙からの声を受け取ることができるのです」

宇宙機とパラボラアンテナ。その間を渡っていく声には、特有の言葉（信号）がある。米倉アンテナ博士は「モールス信号のようなもの」だと説明してくれた。「声（電波）は、文字通り『波』の形をしています。宇宙機やパラボラアンテナは、波が大きくなったり小さくなったり形を変えたりする変化を、言葉として受け取っています。たとえば昔、船や郵便電報で使われていたモールス信号は〈ー〉（長音）と〈・〉（短音）を使って情報を伝えますが、パラボラアンテナの声はコンピュータで2進数を使って表されるので、〈0〉と〈1〉を使います。例えば、形が変わったら〈0〉、形が変わらなかったら〈1〉と、あらかじめルールを決めておき、〈11111111〉は『人工衛星の姿勢を右に』、〈11110000〉は『燃料で推進させる』という指令だと、双方が認識しておくことで会話を可能にしています」



陸域観測技術衛星「だいち2号」による地球表面のレーダー画像（上）と、「はやぶさ2」による小惑星リュウグウのカメラ画像（下）。〈0〉と〈1〉で届いたテレメトリに色を対応させ、変換することでこうした画像を見ることができます。

宇宙との通信を、地上から伴走する

これは、ある日の地上局運用スケジュールのイメージ。JAXAが運用する18基の宇宙機の名称が左側に書かれ、青く色づけているのが通信を行う時間帯です。宇宙機はそれぞれ、地上からの「可視時間」が異なるのでそれに合わせた運用計画を立てています。

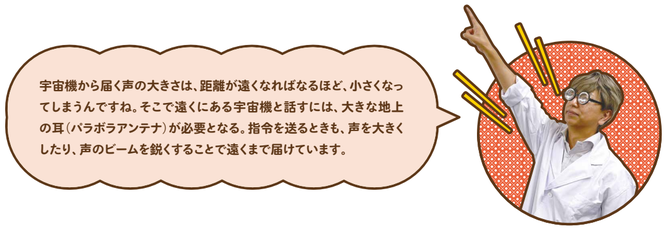
パラボラアンテナの運用は、24時間365日止まることなく行われている。長野県・臼田や鹿児島県・内之浦でパラボラアンテナの維持管理を務めてきた山崎エキスパートは、その運用について語る。「宇宙機にとって、地上との通信が途絶えてしまうことは致命的で、ミッション失敗の可能性も高まってしまいます。パラボラアンテナの中には古いもので40年近く稼働しているものもあり、不具合は度々起こってしまう。そのときは現場へすぐに駆けつけ、建設を担ったメーカーとも確認して迅速に復旧できるよう対応します」

パラボラアンテナは他の声（日常生活で使われるさまざまな電波）の影響を避けて建てられるため、人里離れた山奥にあることも多い。「毎日のように山登りをしていたこともあります」と、山崎エキスパートは笑顔で続けた。

米倉アンテナ博士は「追跡Nは、ミッションチームが歓喜に揺れているときに、手に汗を握る仕事でもあるんです」と話す。「たとえば『はやぶさ2』が小惑星リュウグウへのタッチダウンを成功させたとき。追跡Nとしてはタッチダウン直後に宇宙機との通信が途絶えてしまわないようにと、とにかくモニターから目が離せませんでした。パラボラアンテナは、ロケット打ち上げの際もロケットや宇宙機との通信を行っていますが、その可否は歓喜の瞬間をなくすことにも直結してしまう。だからこそ予定通り通信ができると、よし！と達成感があります」

続けて「パラボラアンテナは、私にとって憧れの場所を教えてくれる存在」だと、山崎エキスパートは言う。「本当は自分で行きたいくらい、宇宙に憧れを持っていますが、今はまだ実際に行けない代わりに『こんな画像が撮れたよ』『こんな星があったよ』と、パラボラアンテナを介して宇宙機が教えてくれることに日々、ワクワクしています」

今この瞬間も、パラボラアンテナは絶えず宇宙に向けて耳を澄まし、追跡Nチームは伴走し続けている。



追跡ネットワーク
技術センター
技術領域主幹

米倉克英
YONEKURA Katsuhide

岡山県出身。追跡ネットワーク技術センターが所掌するパラボラアンテナの運用管理、次世代アンテナの構想検討や開発業務に従事する傍らアンテナ博士として子どもたちを中心にパラボラアンテナの役割や宇宙開発について伝えている。最近の趣味は天然温泉巡り。

追跡ネットワーク
技術センター
研究開発員

山崎梨菜
YAMAZAKI Rina

地球出身。JAXA保有のアンテナの中でも地球から200万km以遠の「深宇宙」を航行する探査機と通信するため、日本で一番大きな臼田64mアンテナをはじめとした深宇宙探査用アンテナの運用、維持管理を担当している。趣味は大きな音を聞くことと昆殻集め。鼻が利くので地図を見ずにニオイで道を覚えるタイプ。推しアンテナはもちろん臼田64m。渋いっ！

追跡ネットワークセンターについて詳しくはこちら

ウェブ版の記事はこちら

撮影：高野ユリカ

JAXA美笹深宇宙探査用地上局（美笹局）にある、口径54mパラボラアンテナ。その主反射鏡の内部は、構造美による銀世界。熱が伝わりにくい塗装をした高強度の鋼管が張り巡らされている。

美笹局の
最新状況はこちら

故郷、地球への手紙

宇宙を想うとき、
地球に生きる
わたしが見えてくる

vol.17

［手紙の送り主］
傳田光洋
DENDA Mitsuhiro

皮膚科学研究者／京都大学工学部で水の物理化学を専攻し、カリフォルニア大学サンフランシスコ校で皮膚の研究に転じた。著書に『皮膚感覚と人間のこころ』『驚きの皮膚』『サバイバルする皮膚』などがある。

地球という舞台のマリオネット

人は、たいてい「自分の意志で行動しています」と言う。そう信じている。「その意志は知らないうちに何かの影響を受けていますよ」と言われると不機嫌になる。

たとえば地磁気だ。前世紀の頃から、人間が地磁気を感じているのではないか、という報告はあった。しかし長らくオカルト扱いされていた。バクテリアや渡り鳥は地磁気を感じているらしいが、「高等な」哺乳類、まして人間が地磁気を感じるなんてありえない、というのが「常識」だったと思う。

事態が変わったのは、2008年、グーグル・アースから世界中のウシやシカが寝そべっている膨大な写真を抽出し、それを調べた結果、彼らは南北どっちかに頭を向けて寝そべっている、という論文が発表された時だ。権威ある学術誌に掲載されたから、話題になり、やがて著名な科学者たちが磁気を完全遮断する物々しい部屋を作り、その中の地磁気程度の弱い磁場が人間の脳波に影響することを証明した。

地磁気には太陽も作用する。太陽風という現象があって、太陽の表面で爆発が起きると強い磁場が地球に吹きつける。そこで地磁気が乱れる現象を磁気嵐という。この磁気嵐が人間の情動や生理に影響するという報告もある。そればかりか、磁気嵐が起きると、投資家の判断が感情的になって、株式市場が混乱するという論文まである。

月の満ち欠けが人間に影響する、という話はずいぶん昔からあった。ところが1970年代「徹底的な調査をした結果、月の満ち欠け、つまり月齢と人間の行動に関係は絶対ありません」という論文が出て、月齢が人間に影響を及ぼす、という話もオカルト視されるようになった。

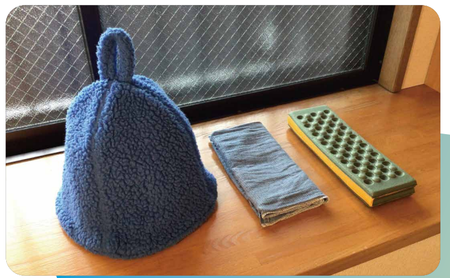
しかし月齢によって変わる月の重力の変化は広大な海の満ち引きに作用する。もし人間が一切、その影響を受けないとするならば、海をも動かす力を打ち消す内在性の力を人間は持っているわけで、それはすなわち月齢の影響を受けていることになる。

今世紀になって、まずマウスの脳やウシの分娩が月齢の影響を受けることが報告された。そうなると「やっぱり月齢は人間にも影響を及ぼすのではないか?」という研究が出始めた。まず満月の時は睡眠が短くなる、という報告がでた。でもオカルト扱いされるのを怖れたと想像するのだが、著者は「因果関係は不明」と述べている。旧西側諸国、そして日本では、オカルト扱いされると公的研究費などがもらえなくなる。だから研究者は「月齢の影響」などという研究を避ける。

その点、旧東側はむしろ自由で、セルビアでは鉄道事故の頻度が満月の時期に高くなる。あるいはワルシャワの株式市場で取引が満月の時期に高くなる、といった報告がある。

なにかと体面を考えて臆病な昨今の科学者と違って、投資家は現実を直視するようだ。ちょっと検索すると日本の投資系企業のサイトには月齢と株価平均のグラフが見つかった。

人間は、宇宙の中の地球の表面、そこで踊らされている人形に過ぎないのかもしれない。



左：サウナ体験に欠かせない3点セット、左からサウナハット、ハンドタオル、サウナマット。　右：サウナ・スパプロフェッショナル（管理士）に送られる認定証とピンバッチ。

そわめき宇宙

心に寄り添うカルチャー案内

vol.17　構成：熊谷麻那

サウナでととのえ、政策と宇宙とをつなぐ

私は、JAXA宇宙科学研究所（ISAS）科学推進部の企画・計画ラインに所属しています。JAXAの事業と政府が掲げる宇宙政策との間をつなぎ、どのようなプロジェクトを行っていくべきか計画を立てるのが主な仕事です。例えば、「はやぶさ2」やX線分光撮像衛星（XRISM）のようなフラグシップとなるような日本の宇宙科学・探査ミッションを科学者・技術者とともに新たに立ち上げていくといったものになります。

子どもの頃から宇宙科学には興味がありましたが、学生時代の専門は政治・行政学。ゼミの教授からの「君は長期的なテーマを深めていく方がいい」という助言から宇宙政策をメインに研究し、そこから現在の仕事につながりました。

私の仕事は、「宇宙の未知の解明や人類の活動領域拡大のために、こんなプロジェクトを行いたい」というような「理想」と、社会情勢や国家予算などの「現実」。そのふたつのハブとなる仕事でもあります。そのため、相互間の摩擦に心労が積もることもしばしば。そんなときに出合ったのがサウナです。今年の春ごろに読んだ本の影響で、「サウナ→水風呂→外気浴」という入り方のコツを知り、それを実践してみたところ、心身の疲れがスポンと抜け、生まれ変わったような感動・感覚を得ました。そこからサウナの原理についても学びたくなり、サウナ・スパプロフェッショナル（厚労省後援）という資格も取得しました。

いわゆる「ととのう」と言われる、サウナ後の心地よさは、諸説ありますが、サウナで体を温めることで血流が良くなり、その後の水風呂で皮膚表面に近い血管が収縮し、体内の深部血流が多くなる。そうして脳に酸素が行きわたり、老廃物が流されることでもたらされるとも言われています。実際に健康管理に用いられるスマートバンドを着用し体内の変化を感じるのも面白いですし、資格の勉強で学んだサウナ室の基礎構造の知識から、サウナストーブや喚気口、ベンチの配置など、構造特性や空気の対流による体感の違いを感じるのも、楽しみのひとつです。

今では週に2回ほど、早い時には出社前の朝5時からサウナに通っています。日常の喧騒を離れて自分を見つめなおしたり客観視したりすると、やはり仕事はよくはかどりますし、新たなアイデアも浮かびやすくなります。サウナによっては外気浴を行う際、人間が最もリラックスできる姿勢を研究したNASAのゼログラビティ理論を用いた椅子が設置されていることもあります。その椅子に座ると心臓と膝の位置が水平になるので、身体に負担が少なく心地よく脱力できるんです。そんな無重力感のなかで宇宙を思うと、いつか宇宙の本当の無重力空間で「ととのう」体験ができたら、身体には一体どんな変化があるのだろう?と、科学的な興味もそそられます。

宇宙科学研究所 科学推進部
主任
渡辺拓真
WATANABE Takuma

京都府京都市出身。内閣府出向、経営企画部等を経て、現在は、ISASにて宇宙科学・探査ミッションの将来計画やロードマップ等の取りまとめ・検討推進や、政府の宇宙関係審議会の対応等を担当。趣味は音楽でDTM（Desk Top Music）での作曲・編曲や、ドラム演奏。

JAXA TIMES

宇宙と航空に関わる基礎研究から
開発・利用に至るまで、
JAXAの最新情報をお届け。

取材・文：笠井美春　編集：武藤晶子

1 宇宙でしか見つけられない答えを求めて
古川宇宙飛行士、ISSで実験ミッションを実施中

有人宇宙技術部門

有人宇宙技術センター
インクリメント70インクリメントマネージャ
井上夏彦
INOUE Natsuhiko

2023年8月26日にケネディ宇宙センターから打ち上げられたクルードラゴン宇宙船運用7号機。これに搭乗した古川聡宇宙飛行士は、現在、ISS内の「きぼう」日本実験棟で約半年の長期滞在ミッションに取り組んでいる。この内容について、インクリメントマネージャ*の井上夏彦に話を聞いた。

「「きぼう」では、有人宇宙技術の開発や、民間利用を含む各種研究など多くのミッションを実施中です。古川宇宙飛行士は、これらの成果を地上の暮らしや宇宙探査につなげるため、日々さまざまな実験に取り組んでいます」

今回実施されるミッションのひとつが「次世代水再生技術実証システム（JWRS）」の実験だ。

「JWRSとは宇宙で水を再利用するシステムのこと。現在ISSでは、NASAの開発した水再生システムで尿や空気中の水分などを回収し、飲料水に再生しています。JAXAではこれをさらに小型化し、低消費電力、高再生効率、高メンテナンス性の「次世代型水再生システム」を研究開発中です」

開発の目的は、地上からの水の輸送量を大幅に減らすことだ。これが実現すれば輸送コスト削減のほか、より遠方、長期間の持続的な有人宇宙探査への貢献が期待される。今回の実験では「JWRSを用いて水再生工程への微小重力影響を調べ、実験の設計に役立つデータが得られた」と井上は語った。

そのほか「微小重力環境を活用した立体臓器創出技術の開発」の実験も行う。これは宇宙環境で立体的に細胞を培養して将来的に人工臓器を創るための技術を開発し、再生医療への貢献をめざす研究だ。

「宇宙空間は重力がとても小さく、地球上では難しい臓器の立体培養の実現につながる成果が期待されます。古川宇宙飛行士の滞在中には、ヒト臓器創出に向けた実験装置の作動確認を行います」

そのほかにも多くのミッションを、古川宇宙飛行士は、井上をはじめ地上スタッフと連携して進めている。

「宇宙でどんな不測の事態が起きても、それも乗り越え、しっかりと成果を残していけるよう、私たち地上スタッフが一丸となってサポートしています。宇宙にいる古川宇宙飛行士が、最大限の成果を獲得できるよう、最後まで支えていきますので、皆さんもぜひ応援してください」

古川宇宙飛行士と地上スタッフ（ISS長期滞在ミッションポスターより）

＊インクリメントマネージャ：担当期間にJAXAが実施する全ての利用ミッションのプランニングの責任を担うコーディネータ

ISS長期滞在
ミッションについて
詳しくはこちら

2 月極域探査機（LUPEX）プロジェクト進行中
ローバ走行試験を屋外フィールドで実施

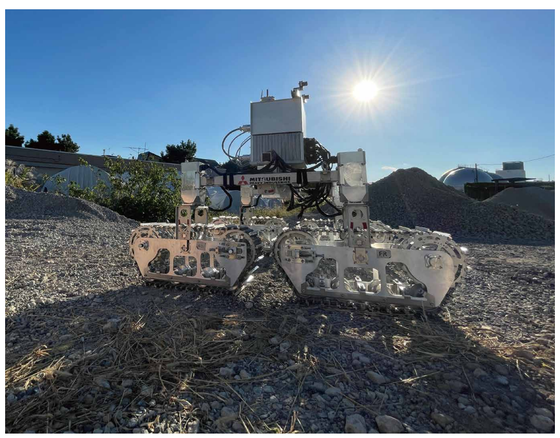
有人宇宙技術部門*

研究開発部門
第一研究ユニット
平澤 遼
HIRASAWA Ryo

月極域探査機（LUPEX）プロジェクトは、「月に水はあるのか」をテーマに資源探査を行い、月の表面探査技術の獲得を目的とする取り組みだ。この度、JAXAでは、ミッションの確実性を高めるために月面探査ローバの屋外フィールドでの走行試験を行った。この内容をプロジェクトに携わる平澤 遼が語る。

「無人ローバが月面の探査領域を自走し、水がありそうな場所を探すLUPEXプロジェクトでは、ローバはさまざまな地形の上を走行する必要があります。そこで今回はJAXA内の屋外フィールドを使って、実験室では再現できない複雑で広い地形での走行試験を行いました」

試験でチェックしたのは、大きくふたつの項目。ひとつ目は今回初めて月面で使用するクローラ（ローバのタイヤにあたる部分）が、起伏の激しい斜面を登る、岩の段差を乗り越えるなど、月面を模した厳しい地形でも故障せずに走行できるか。そしてふたつ目は、ローバに搭載するカメラやセンサを使って、遠く離れた場所からでもドライバーが安全にローバを走行させられるか、という運用性の確認だ。



月極域探査機 LUPEXローバの屋外フィールド試験の様子

「雪上車やブルドーザにも使用されるクローラは、急斜面の走行に優れており、月の南極域の丘陵地帯を移動して水を探すLUPEXのミッションに適しています。しかし、月面での使用は初めてのため、念入りな試験が必要です」

クローラが砂や小石などを巻き込み動けなくなるケースや、クローラのベルトが外れてしまうこともあったが、今回の試験では問題なく走行した。また、平澤は試験を経て、カメラの配置や視野範囲の重要性を実感したと語った。

「ローバから送られてくるカメラの画像だけで運用するのは予想以上に難しく、カメラの取り付け位置の改良を含め、より運用者の目線に立った設計が必要だと痛感しました」

見つかった走行性、運用性の課題について、今後も技術者たちは知恵を絞って工夫を凝らし、設計をブラッシュアップしていく。

「まだ前例の少ない月の極域探査に挑戦するために、技術者一人ひとりが想像力を掻き立てて、未知な環境でもミッションを達成できるように準備をしていきたいと考えています」

＊23年11月に月極域探査機（LUPEX）プロジェクトは国際宇宙探査センターから有人宇宙技術部門に移管されました

月極域探査機（LUPEX）
プロジェクトについて
詳しくはこちら

3

プレイヤー同士のパートナーシップで
宇宙経済の発展を加速

APRSAF-29が インドネシアで開催

調査国際部
主任 依田篤仁 YODA Atsuhito
人事部人事課 アディウェナ Adiwena

「アジア・太平洋地域における宇宙利用の促進」を目的として毎年行われているアジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）が、2023年9月、インドネシアで開催された。各国宇宙機関や行政機関、民間企業、大学などが参加するこの国際会議で長年JAXAは事務局を担当。発足から29回目となった今回のAPRSAF-29について、事務局を務めた依田篤仁とアディウェナに聞いた。

「APRSAF-29のテーマは、『パートナーシップで広げる宇宙経済』でした。前半2日間は『衛星利用』『宇宙教育』などを題材とした5つの分科会や『宇宙産業ワークショップ』を開催し、後半2日間は各国宇宙機関の長や代表者が参加する本会合を実施しました。本会合では「将来世代育成」をテーマとしたセッションもあり、JAXAや各国の宇宙機関、大学からの登壇者が、活発な意見を出し合う姿も見られました」

また、最終日には本会合の各セッションの成果と各国宇宙機関長のスピーチをまとめた共同声明が採択され、「共通課題の確認や官民のパートナーシップ、次世代の人材育成の重要性などが確認されました」と依田は語る。

そのほかにも、JAXAとインドネシア国家研究イノベーション庁（BRIN）の間で、平和目的のための宇宙協力に関する覚書に署名がなされるなどの成果を残した。

「さらなる発展をめざして宇宙産業の現状と課題について語り合う『宇宙産業ワークショップ』では、宇宙機関・政府関係者だけでなく、民間の視点を交えた意見交換が行われ『気候変動などの社会課題に対して提供できるサービスとは?』『どのようなサービスが実社会で必要とされるのか』など、宇宙技術と非宇宙技術の融合や社会実装において深い議論に発展していました」と依田は振り返る。

将来世代育成セッションの様子

またアディウェナは、宇宙産業や将来世代育成のセッションについて、「国も所属も立場も異なる参加者が共通課題について自由に意見を出し合う姿に、オンラインではない現地開催、リアルな交流の効果を感じました」と語った。

30周年の節目となる次回APRSAF-30は、2024年11月にオーストラリアで実施される。これに向け、APRSAFを「宇宙ビジネスのためのネットワーキングとパートナーシップ作りの場」としてさらに発展させていくことが期待される。

APRSAF-29について詳しくはこちら

4

衛星や地上の位置測定のさらなる精度向上を

つくば衛星レーザー測距システム（SLR）が始動

追跡ネットワーク技術センター
研究開発員 松本岳大 MATSUMOTO Takehiro
研究開発員 濱田聖司 HAMADA Kiyoshi

JAXAでは2023年6月、新たに「つくば衛星レーザー測距システム（以下、つくばSLR局）」の運用を開始した。この役割や運用状況を、設備管理や測距データ解析などを担う松本岳大と濱田聖司が語る。

「SLRとは、衛星に取り付けられたリフレクタ（反射板）に向けて地上からレーザー光を放ち、その光の往復時間を計算することで、地上ー衛星間の距離を測定するシステムです。SLRは1cm以下の精度で距離を測定できるので、衛星の位置測定や軌道の決定、GNSS（GPSなど、衛星データを用いて自分の位置を調べる地上位置測定システム）の精度向上などに広く活用されています」

衛星の位置は、世界各地にある複数のSLRの測距データを用いて計算される。JAXAのSLRは、以前は種子島にあったが今年から筑波に場所を移した。

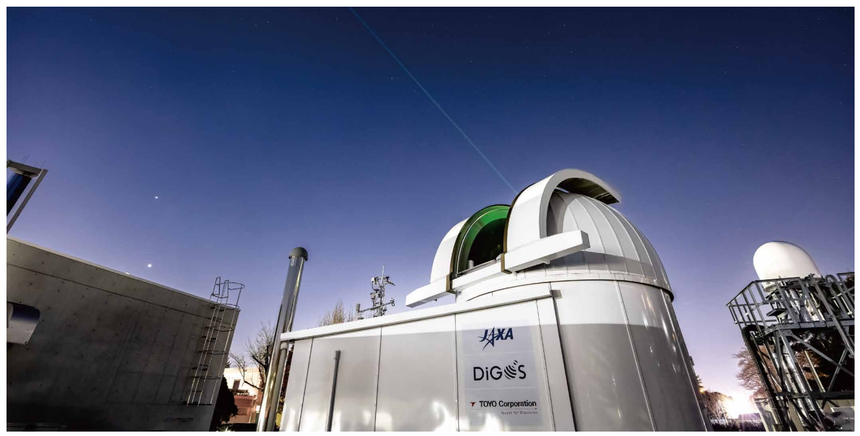
「『つくばSLR局』は安価、小型かつシンプルをコンセプトに設計されました。例えば、レーザー光の生成については、種子島では小学校の教室ほどの部屋に多数のレンズと鏡を並べた装置が必要でしたが、『つくばSLR局』では畳1枚ほどの箱の中で作成ができます」と松本は説明し、さらに濱田も「1秒間に放つレーザー光の数を増やして距離データの正確性を向上させたことに加え、雲に遮られない丈夫な光も照射できるようにしたことで、晴れの日以外も測距データを得られるといった効果が期待されます」と、その進化を語った。

運用を開始して数カ月、その活用状況はどうだろうか。

「『つくばSLR局』運用開始後すぐに国際レーザー測距事業（ILRS）による品質評価を受け、これを無事に通過しました。これにより、その測距結果が世界中の衛星の位置情報計算に用いられるようになりました」と濱田は語る。しかし、その一方で見つかった課題もあったと松本は続けた。

「中軌道衛星（2,000km~36,000km）など高度の高い衛星の測距は、返ってくるレーザー光の強度が低く、データが集まりにくい。今後はこれらの衛星も安定して測距データが取得できるよう、システムの微調整をしていきます」

まだ運用が始まったばかりの「つくばSLR局」。これからも調整を続け、高精度な測距データを提供することで、さまざまな宇宙プロジェクトや衛星の運用、地上位置測定システムの精度向上などに貢献していく。



筑波宇宙センター内に設置されているつくばSLR局

つくばSLR局について詳しくはこちら

5

航空機の燃費向上をめざして

空気抵抗を低くする設計効果をドイツで試験

航空技術部門
航空環境適合イノベーションハブ 研究領域主幹 徳川直子 TOKUGAWA Naoko

持続可能な未来の実現に貢献するため、JAXAは航空機の燃費向上をめざし、「摩擦抵抗が少ない航空機」の研究を進めてきた。今回は、この実現に向けて「垂直尾翼（航空機の尾部に胴体と垂直方向に付いている翼）の層流設計」の効果を確かめる試験を、ドイツ・ケルンにある欧州遷音速風洞（European Transonic Windtunnel）で実施。その内容を担当の徳川直子に聞く。

「摩擦抵抗の小さい空気の流れのことを『層流』といいます。通常、物体の周りを流れる空気は、摩擦抵抗の小さい『層流』から、摩擦抵抗の大きい『乱流』に変化する性質を持っています。この変化する位置をできるだけ遅らせることで摩擦抵抗を小さくするのが『層流設計』です」

今回、ドイツで行った試験では、JAXAが層流設計した垂直尾翼の周囲を流れる空気が、どこで層流から乱流に変化するかを確かめた。

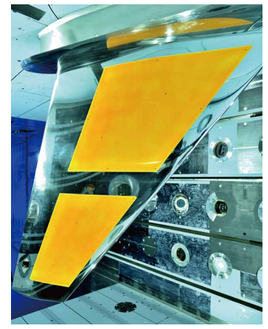
「試験の結果、JAXAの層流垂直尾翼の設計は、層流から乱流への変化を遅らせ、摩擦抵抗を大幅に削減する効果があることがわかりました」

また試験では、JAXAで開発した「層流と乱流の変遷を予測するツール」の検証も実施。これを使用すれば、今後は海外設備ではなくJAXAの設備だけで、高い信頼性のある予測が可能になる。

「初めての海外設備、条件下での試験に不安はありました。しかし現地スタッフと密にコミュニケーションを取ることでよい信頼関係を構築でき、また入念に準備したことで試験を無事に終えられました」

今回の試験結果を経て、JAXAは層流垂直尾翼のさらなる解析、研究を行い、航空機の燃料消費量削減をめざす。

「今後は実用化に向けて、層流設計だけでなく、クリーンな機体表面で層流を維持するため、製造技術や高洗浄性塗料の開発も進めていきます」


ドイツ・ケルンでの垂直尾翼の風洞試験の様子（風洞の構造上、上下逆さまに吊り下げた状態で行う）

航空機における空気抵抗の低減について詳しくはこちら

6

海面水温・海氷・陸地にも猛暑による変化が

地球を見守る衛星が観測した2023年の夏

第一宇宙技術部門
地球観測研究センター 吉澤枝里 YOSHIZAWA Eri
地球観測研究センター 中田和輝 NAKATA Kazuki

日本各地で災害級の猛暑となり、世界でも最高気温を記録した2023年の夏。それをうけてJAXAは特設サイト「気候変動2023」をオープン。地球観測衛星がとらえた「この夏の地球」についての記事を公開した。このサイト制作に携わった吉澤枝里と中田和輝に話を聞いた。

「JAXAでは複数の地球観測衛星を運用しており、2023年の夏は、海面水温、海氷、地表面温度の観測データに明らかな変化が見られました」と吉澤は言い、まずは海面水温の変化について説明した。

「水循環変動観測衛星『しずく』のデータによると、2023年3月以降は地球全体で海面が高温状態となっていました。さらに夏には日本の東北・北海道沖で平年より5℃以上高い海面水温を記録し、エルニーニョ現象も発生。これらの現象と猛暑の関係性やメカニズムを、今さまざまな機関が解明しようとしています」

また「しずく」の観測データは、海面水温の上昇だけでなく、南極域の海氷面積の減少もとらえていた。担当の中田がこの変化について語る。

「日本と南極は季節が真逆のため、南極域では4月頃から冬の到来により海氷域が拡大し、9月に海氷面積が最大となります。しかしながら、今年は例年のようには拡大せず、9月の海氷面積が衛星観測史上の最小値を記録しました」

この現象は「温室効果ガス排出に伴う長期的な南極海の温暖化が主要因なのかもしれない」との指摘が出てきていると中田は言う。また「海氷面積の減少は、海面上昇はもちろん南極海の生態系にも影響する。だからこそ原因解明が必要だ」と続けた。

「気候変動2023」トップ画像

「気候変動2023」では、このほかにも気候変動観測衛星「しきさい」の観測データによる地表面温度についても紹介。海だけでなく陸上の変化についても詳しく語られている。

2023年、このように特別な夏を経験した地球は、今後どうなっていくのか。

「地球をあらゆる角度から見守るデータがJAXAには蓄積されています。今後も私たちは地球観測を継続し、蓄積した観測データを広く提供していくことで、気候変動研究などに貢献していきたいです」

インタビューの拡大版はこちら

7

JAXA研究者のリアルな声を届ける

ラジオ日本で『ディープな宇宙をつまみぐい』放送

研究開発部門
新事業促進部 事業開発グループ 藤平耕一 FUJIHIRA Koichi
第二研究ユニット 畠中龍太 HATAKENAKA Ryuta

パーソナリティをJAXA職員が務めるラジオ番組、ラジオ日本『ディープな宇宙をつまみぐい スウィング・バイ!』が2023年10月から12月にわたって放送された。JAXAの想いとラジオ日本の想いが合致して実現した当番組。パーソナリティとして、毎回、研究開発部門の研究者たちをゲストに、ディープな宇宙の話を繰り広げてきた藤平耕一と畠中龍太に、番組の内容や狙いを聞いた。

「この番組は2015年と2019年に放送された同ラジオ番組の第3弾ですが、スタート当初から、コンセプトは変わっていません。研究者自身の言葉で、今、JAXAではどんな研究が進められているかを語り、スポットライトを浴びることは少なくても、粘り強く研究を続けるその姿を知ってもらうことです」と、藤平は言う。同番組ではゲストが研究内容を語る際には「噛み砕いた分かりやすい解説」ではなく、「研究者本人が、深く熱く研究内容を語る」ことを大切にしている。

「JAXAには宇宙開発を支える多くの研究者がいます。そんな彼らの生の声を届けること。それがこの番組の軸ですから」と畠中は言い、JAXA職員がパーソナリティを務めていることの意味についても語った。

「JAXA職員が同僚であるJAXA職員に話を聞くことでより深く研究内容を聞き出すことができます。番組内では次々と専門用語が飛び交いますが、それをリスナーの皆さんは、面白いと感じてくれているようです」

リスナー層は、企業の宇宙産業担当者から学生など幅広い。

「ラジオを通して、宇宙開発に関わる研究者のディープな話を発信することで、宇宙技術により関心を持っていただき、さらなる宇宙産業に関するプレイヤーの増加、宇宙産業の拡大に貢献できればとてもうれしいですね」

＊放送はすでに終了していますが、過去放送分は各種ポッドキャストで配信中（約1年間）。詳細は番組公式HPをご確認ください

番組パーソナリティを務めた藤平（左）と畠中（右）

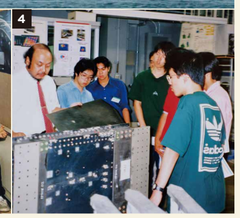
インタビューの拡大版はこちら

わたしとモノづくり
空と宇宙を舞台にした、その原点と今

多くのロケットや人工衛星、航空機に使われるより軽量で、より安全なプラスチック素材。3.6億km先の小惑星から星のかけらを採取して地球まで帰還した探査機。空や宇宙を舞台とした壮大にも見える研究開発は、夢中で手を動かしたモノづくりの体験から始まっている。現在まで確かにつながる、その原点を2人の研究者から探る。

文：熊谷麻那　編集：水島七恵

＊2人のプロフィール写真は、エピソード当時のものです。



1 平野が設計し、同期や後輩とともに製作した人力飛行機。**2** 平野は先輩とともに製作したこの機体から設計として関わり、飛行の瞬間まで指示出しを行った（平野は右から2番目）。**3** 高校時代に製作したリニアモーターカーと、その同志会の仲間たち。**4** 平野が参加した航空宇宙技術研究所（現JAXA）主催のサマー・サイエンスキャンプの様子。

彼方に向かう
人力飛行機は美しい

航空技術部門
航空機ライフサイクルイノベーションハブ
主幹研究開発員
平野義鎭 HIRANO Yoshiyasu

私は、JAXA航空技術部門で「複合材料」の研究をしています*。複合材料とは、「異なる性質を持った材料を二つ以上組み合わせて、それぞれにはない特徴を生み出す材料」のこと。広い意味で身近な複合材料というと、例えば昔ながらの日本家屋にある「土壁」があります。土壁は、土に藁を混ぜたり割った竹で格子を組んだりすることで、より頑丈にし、ひび割れを防いでいます。

私が専門としている複合材料は、スキー板などのスポーツ用品にも使われる〈CFRP〉という強化プラスチック素材で、炭素繊維を樹脂で固めた軽量かつ剛強な素材です。それを、ロケットや航空機などにいかに活用するか、という研究を行っています。

幼少期から飛行機や宇宙に興味があり、高校は理数科に進学。JAXAの前身である航空宇宙技術研究所が主催していたサマー・サイエンスキャンプで、当時“世界最先端”と言われた耐熱性の優れた材料の実験を見学し、サークル活動ではゴーカートサイズのリニアモーターカーの製作に携わりました。

大学進学後は、サークル仲間とともに「鳥人間コンテスト選手権大会」に参加しました。同大会は学生がゼロから「人力飛行機」を作り上げ、その飛行距離を競う様子をテレビで放映。空を飛ぶという夢を実現させ、航空機への関心を高めることを目的として、今も毎年琵琶湖で開催されています。

私は大学2年生の頃から、全体の機体設計に携わっていました。構造を決め、図面を引き、各部品や形状などを設計していく。当然、飛行機の製作は初めてで、サークルの先輩と手を動かしながら学び、自分たちのチームでは少しずつ改良を加えていきました。

私たちのこだわりは、「ワイヤーを使わない主翼」。当時の機体は、フライングワイヤーというもので主翼を支えることが主流でしたが、ワイヤーは空気抵抗がとても大きく、パイロットに必要なパワーが増えてしまう。機体の丈夫さを担保したワイヤーのない主翼の設計が課題でした。残念ながら私たちの代ではパイロットの重量に機体が耐えられず、飛行距離は400m弱と結果を残すことはできませんでしたが、後輩が同じ設計コンセプトを引き継いで、その後20〜30kmほどを飛ぶ飛行機をつくるチームになりました。このこだわりは、外から見れば、なかなか気づきにくい箇所かもしれません。しかし「神は細部に宿る」。よく飛ぶ機体を目指していくと、必然的に、その飛ぶ姿も美しくなっていくんです。その姿を夢中で目指していた学生時代だったと思います。

実は、現在私が研究する〈CFRP〉は、当時出場していたチームの人力飛行機によく使われている材料で、性能のよい人力飛行機の定番でした。主翼には発砲スチロールのような軽い素材を使いますが、その中の骨組みには〈CFRP〉のパイプが使われ、またプロペラやコクピットにも使われていました。さらに振り返ると、このときに扱った〈CFRP〉は、先ほどお話しした高校時代にサマー・サイエンスキャンプで見せてもらっていたもの。当時から今に至るまで、私のモノづくりは〈CFRP〉で貫かれている。なんとも不思議な縁を感じています（笑）。

JAXAに入社してから、より高度で大規模な機体開発に携わるようになりましたが、基礎となる原理は同じ。1ヵ所の性能を100点に突き詰めたとしても、残りが60点ならその飛行機の性能は60点。それぞれの箇所が80点の機体のほうが、全体で見ると性能は高くなる。この全体を俯瞰するような感覚は、机上で研究だけをやっていても養いづらく、原体験のなかで育まれた感覚が今にまで生きていると感じています。

＊2023年10月時点

PROFILE
東京都出身。航空宇宙機の複合材料（CFRP）構造を専門とする研究者。最適設計、3Dプリンティング、超音速実験機の構造設計などに従事。近年は、CFRPの雷損傷の研究と国際標準化活動に力を入れる。趣味はスキー、登山、写真、日本酒、コーヒーなど。

私の専門は、宇宙探査ミッションのためのアストロダイナミクス（宇宙航行力学）です。エンジニアとして、宇宙空間を航行する探査機の軌道設計や探査機や人工衛星のシステム開発に携わり、宇宙探査ミッションの計画全体にも携わることもあります。2020年、小惑星リュウグウからのサンプルを地球に帰還させた小惑星探査機「はやぶさ2」のミッションではプロジェクトマネージャとなり、現在その「はやぶさ2」は拡張ミッションへと入りました。そんな私のモノづくりの原点は、航空宇宙工学を学んでいた学生時代。「ハワイに行かないか?」という大学の恩師・中須賀先生の誘いに、とりあえずおもしろそうだと乗ったところから始まったように思います。

ハワイで開かれていたのは、アメリカと日本の宇宙分野を研究する学生や教授50名ほどで開催されたワークショップ。連日の話し合いの中で突然、スタンフォード大学のトゥイッグス教授が「これで人工衛星を作らないか?」と350mLのアルミ缶を片手に持ちながら言い始めました。今でこそ、空き缶サイズの小型模擬人工衛星は「CanSat（カンサット）」と呼ばれ、宇宙分野を研究する大学では定着しているものの、当時は誰も想像がつきません。それでも雄弁にアイデアを語る教授の姿を見て、私たち学生は「そんなことができるのか!?」と、とても心が躍りました。それで「ともかく1年後にCanSatを打ち上げよう」と、課題を持ち帰ることになったんです。

それからゼミ仲間と共に始めたのは「人工衛星は何からできているか?」を知るところからでした。宇宙工学を学んでいたので、もちろんコンピュータや通信機が必要だとは知っていましたが、その通信機には何V（ボルト）が必要で、どんな電子回路をしているのか。さらに、それをどうやって組み立てるのか。詳細な設計や方法は、恩師も含めて誰もわからなかった。そこから、秋葉原の電気屋にて電子回路に詳しい人に話を聞いたり、通信機を分解してまた組み立てたりと、手探りで理解を重ねました。

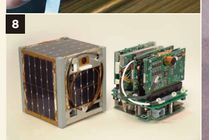
1年が経つ頃、トゥイッグス教授の尽力により、アメリカ・ネバダ州の砂漠で、趣味でロケットを打ち上げる人たちと出会いました。その方々に「ロケットに自分たちが作ったCanSatを搭載させてもらえないか」とお願いをすると、快く了承してくれたんです。そうして大気圏内ではありながらも、無事に打ち上げまで行うことができました。このCanSatは、宇宙で運用可能な人工衛星と比べれば不十分なものでしたが、企画から製造、打ち上げ、オペレーションまでを一通りできたことで、そのプロセスの大変さもわかりましたし、人工衛星の開発・運用の全体像を、実感を持って掴むことができたんです。

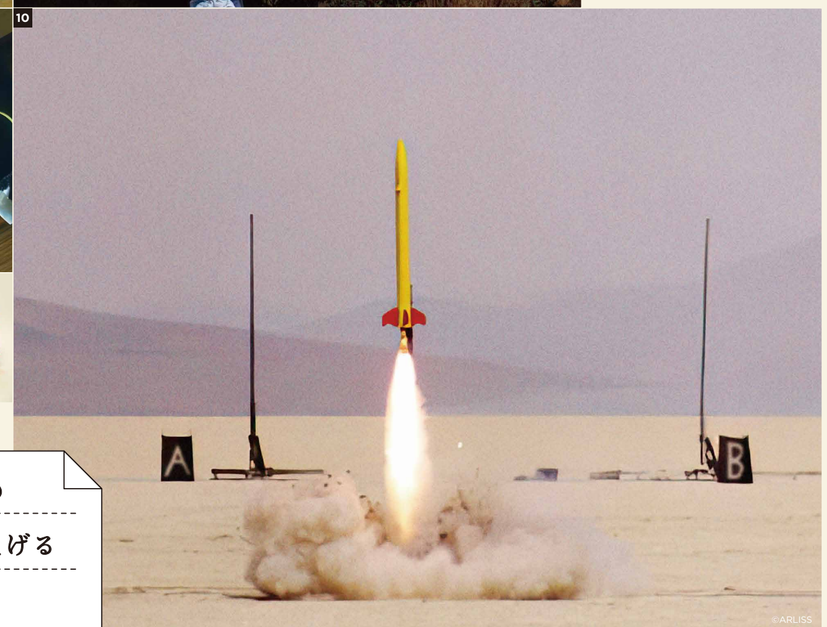
打ち上げたCanSatは全部で3機。実は私が担当した2号機だけが失敗しています。打ち上げ時、CanSat側のアンテナが外れ、通信ができませんでした。その原因は実にシンプルで、直前の試験で不具合があったアンテナを交換したことで、全体のバランスが崩れてしまったんです。1年間懸命にやってきたことが、最後の一歩を間違うだけで台無しになってしまった。誰のせいでもなく、自分の判断によって。宇宙開発において、試験なしでの打ち上げはもちろんご法度です。

この小さな空き缶から始まった人工衛星の開発は、次年にゼミ仲間と製作した10cm立方の人工衛星「CubeSat（キューブサット）」となって大気圏を超えます。JAXA所属後は、宇宙ミッションのひとつ、小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS（イカロス）」の巨大膜面の折り方や太陽光を利用した新しい宇宙航行の技術開発を担い、さらに、前段にもあった小惑星探査機「はやぶさ2」へとつながってきます。

気づけば、ずいぶん遠い宇宙まで来ました。でもこの道程には、空き缶の人工衛星で得た経験と失敗、そこから続く、小さな実感がひとつひとつ確実に積み重なって、今があります。

PROFILE
広島生まれ、相模原育ち。アストロダイナミクス・宇宙探査工学の研究者。新しい宇宙探査の研究の傍ら、余暇はDIY、恐竜、お肉の最適調理法の研究などを趣味に過ごしています。





5 研究室内で電子回路を組み立てる津田（写真中央）。**6,7** 完成したCanSat2号機の外側と内側。**8** CanSatの打ち上げを経て製作された、世界初の小型人工衛星「CubeSat XI-IV（キューブサット・サイ・フォー）」。**9** 津田が大学仲間と製作したCanSatの打ち上げに協力した、アマチュアロケットグループ「AeroPack（エアロパック）」のメンバー。**10** アメリカ・ネバダ州の砂漠で、打ち上げられたロケット。

350mL缶サイズの
人工衛星を打ち上げる

宇宙科学研究所
宇宙飛翔工学研究系 教授
津田雄一 TSUDA Yuichi

9 SEPTEMBER TOPICS

24 NASA、小惑星探査機OSIRIS-RExが小惑星ベンヌで採取したサンプルの入ったカプセルを回収❶

28 国立天文台などの国際研究チーム、楕円銀河M87の中心にあるブラックホールから噴出するジェット（ガス）の方向が、約11年周期で変化していると発表。ブラックホールが自転していることを示すとともに、ジェットの発生に自転が関与していることを裏付ける成果❷

❶

米国ユタ州に着陸したカプセル

❷

自転するブラックホールの周りで歳差運動（立体的な首振り運動）をする円盤とジェットの想像図

NEWS HEADLINES

宇宙と航空に
まつわる世界のニュース

宇宙開発や天文、最新の研究など、
宇宙と航空に関する4ヵ月間のトピックスをご紹介

＊海外のニュースは現地の日付、ISSでのニュースは日本の日付

J … JAXA
… 日本
… 海外

10 OCTOBER TOPICS

2-6 国際宇宙連盟（IAF）が主催する世界最大の宇宙関連会議（IAC）、アゼルバイジャン・バクーにて開催。世界の宇宙関係機関や企業、大学等の関係者が参加

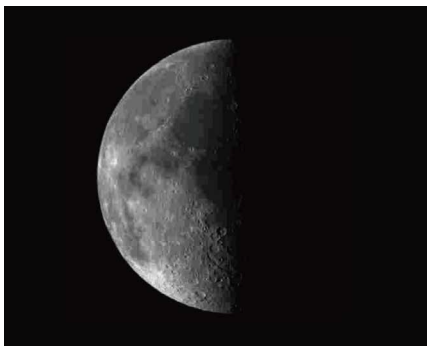
5 JAXA、小型月着陸実証機SLIMが撮影した月の画像を公開❸

7 JAXA、地球観測センターを一般公開。今後打ち上げ予定の地球観測衛星紹介や、工作、ブルースーツを着た記念撮影などを実施

11 NASA、小惑星ベンヌで採取したサンプルを初公開❹

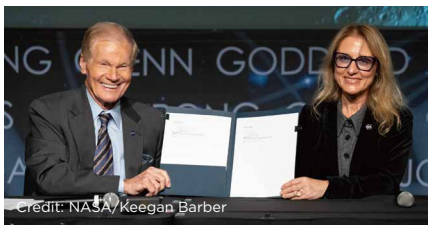
13 JAXA、航空シンポジウム2023を開催。航空技術部門の重点的な取り組みを講演とポスター展示を通して紹介

21 JAXA、第4回「きぼう」ロボットプログラミング競技会の軌道上決勝大会を開催。ISS内のロボット（Astrobee）に、参加国・地域の学生が作成したプログラムをインストールして自律飛行させる競技会で、台湾チームが優勝

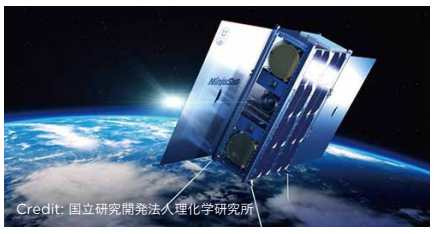
❸

SLIMが撮影した月（月までの距離は7,000km）

❹

採取したサンプルの一部

❺


NASAで行われたアルテミス合意の調印式

❻


NinjaSat衛星の軌道上想像図

11 NOVEMBER TOPICS

3 国立天文台などの国際研究チーム、アルマ望遠鏡を用いて、超巨大ブラックホールに落ち込むガスの流れと、それを引き起こすメカニズムの解明を発表

3-4 JAXA相模原キャンパスの特別公開を開催。キュレーション施設の公開や研究者によるデモンストレーションなど、各研究プロジェクトを紹介（4日はオンライン開催）

8 鹿島建設株式会社、JAXA、学校法人芝浦工業大学の3者が参画する国土交通省の公募事業「宇宙無人建設革新技術開発推進事業」において、月面環境を想定した自律遠隔施工の実証実験を行い、必要な構成技術、要素技術の妥当性を確認

9 NASAビル・ネルソン長官とブルガリアのミレナ・ストイチェヴァ大臣がアルテミス合意の調印式に参加。ブルガリアはアルテミス合意に署名した32番目の国へ❺

10 東京海上日動火災保険株式会社とJAXA、「宇宙リスクソリューション事業」に関する共創活動を開始。より多くの事業者の宇宙産業への参入と事業継続に向けた安心安全な環境づくりをめざす

11 JAXA筑波宇宙センターの特別公開を開催。普段立ち入れない運用管制室の見学ツアーやH3ロケット打ち上げのVR体験などを実施

12 国立研究開発法人理化学研究所が主導するキューブサットX線衛星NinjaSat（ニンジャサット）が米SpaceX社のライドシェアミッション「Transporter-9」にて打ち上げ。X線天体の観測を2年間にわたって行う予定❻

25 JAXAシンポジウム2023「挑戦への情熱」をオンラインで開催

＼「JAXAカレンダー 2024」のご案内／

JAXAの活動を紹介する2024年のカレンダー。表紙は船外活動を行う若田宇宙飛行士、中面はH3ロケットや火星衛星探査計画（MMX）をはじめ、注目のプロジェクトを掲載しています！

B3判／8枚綴り／1,650円（税込）

※在庫が無くなり次第、販売は終了となります。

QRコード先のウェブサイトからご購入できます

12 DECEMBER TOPICS

2 JAXA、観測ロケットS-520-33号機を打ち上げ。次世代のロケットや探査機に向けた先進的宇宙工学技術の実証実験を実施❼

2 JAXAの革新的衛星技術実証3号機の実証テーマとして選定された、金沢大学のX線突発天体監視速報衛星「こよう」が米SpaceX社のFalcon9ロケットにより打ち上げ

❼

観測ロケットS-520-33号機打ち上げの様子

3 JAXA、「はやぶさ2」のカプセル帰還3周年と、ドイツで近代的な光学式プラネタリウムが公開されてから100周年を記念した「カプセル帰還3周年&プラネタリウム100周年記念 はやぶさ2拡張ミッション 拡大イベント」を相模原市立博物館にて開催

JAXA
www.jaxa.jp
@JAXA_jp
jaxachannel
facebook.com/jaxa.jp

普段、なかなか目にすることがない大型のパラボラアンテナ。アンテナなくして、JAXAのミッションを行うことはできません。一方で、普段から目にしているけれどもあまり認識していなかった電線や鉄塔なども、こんな見方があるのかと、日常の景色が少し変わって見えるようになった気がします。同じように見えるけれど、それぞれに個性があって、美しい。インフラとしての役割だけではなく、その機能美や、開発・運用に関わる職員の情熱が伝われば幸いです。（JAXA's担当 笹村舞実／広報部）

発行責任者：佐々木薫（JAXA広報部長） ディレクション・編集：水島七恵 編集：武藤晶子（アドベックス2）、熊谷麻那 アートディレクション・デザイン：groovisions プロジェクトマネジメント：戸髙良彦、森部嘉一（マガジンハウス CREATIVE STUDIO） 発行日：2023年12月26日 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA） 広報部：〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台4-6 御茶ノ水ソラシティ

リサイクル適性Ⓐ この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。
VEGETABLE OIL INK

JAXA's アンケートはこちら。ご意見・ご感想をお寄せください

WEB版のJAXA'sはこちら

【表紙写真】高野ユリカ

クレジット表記のない画像は©JAXAです