



# YAMAKI'S

[対談]

## TIME AND SPACE.

BETWEEN THE FINITE AND THE INFINITE.

時間と宇宙。  
有限と無限のあいだで

### 阿部海太郎

(作曲家)

×

### 和泉究

(JAXA宇宙科学研究所 宇宙物理学研究系 准教授)

[特集]

JAXAと時間

[宇宙の視座でものを見る]

宇宙医学編

宇宙飛行士の主治医、  
フライトサーजनとは?

[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

# TIME AND SPACE.

BETWEEN THE FINITE AND THE INFINITE.

時間と宇宙。  
有限と無限のあいだで

／ 作曲家 ／

阿部海太郎

ABE UMITARO



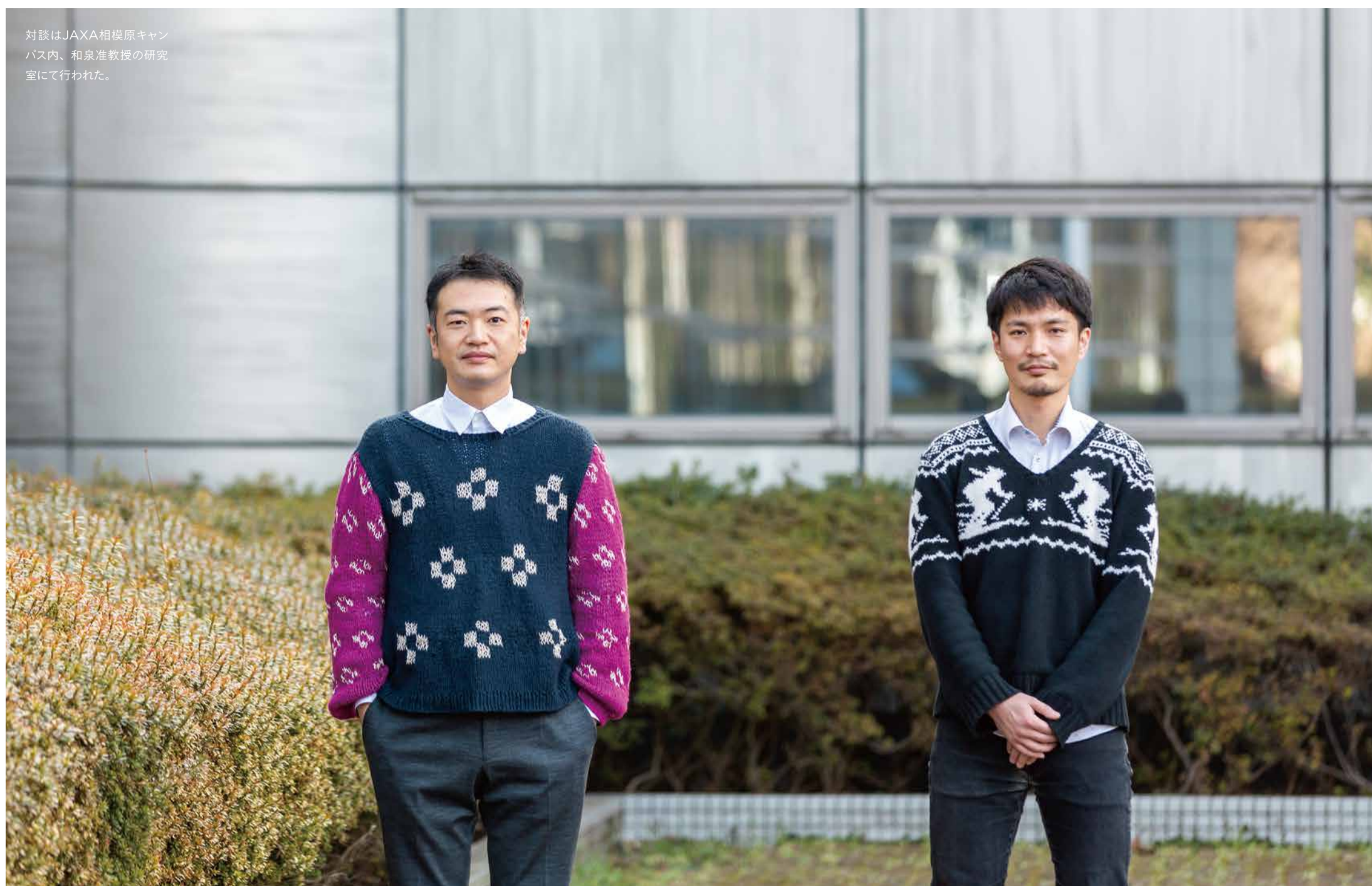
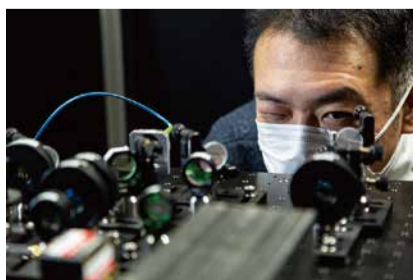
JAXA宇宙科学研究所  
宇宙物理学研究系 准教授

和泉究

IZUMI KIWAMU

例えば金属を叩くと、金属の振動が反響してカーンと鳴り響くように、実は2つのブラックホールが衝突して融合するときも同じような現象が起こるらしい。ただしそれは音波ではなく、時間と空間の歪みが宇宙に波紋のように広がる「重力波」だ。まるで和音のように、複数の周波数が混ざりあって伝わるという重力波の観測は、実は音響工学と親和性がある。音楽と重力波。一人の作曲家と実験宇宙物理学者が出会い、「時間」をテーマに語り合った。

写真:高橋マナミ 構成・文:水島七恵



対談はJAXA根拠原キャンパス内、和泉准教授の研究室にて行われた。

**アインシュタインは言った。  
“重力の正体は、時空の歪みである”**

**阿部** 質量があるものすべてに重力があることは、幼い頃に読んだ本を通じて知りました。この重力の正体をアインシュタインは、「時空の歪み」で説明したわけですね。そこでちゃんとイメージできないのが、時空の歪みとはどういうことか、なんです。

**和泉** まず目の前にピンと張った一枚の布があると想像してみてください。そしてその布の上に、大きな質量を持ったボールを置くとうなると思いませんか？

**阿部** ボールの重さによって、布がボールを中心に沈み込みます。

**和泉** 次にボールを中心として、その周りにビー玉を転がしてみましよう。すると沈み込んだ布面に沿って、ビー玉が回り続けます。一枚の布は「時空」、ボールは「太陽」、ビー玉は「地球」だと捉えてみてください。これが時空の歪み、すなわち重力の正体です。

**阿部** なるほど、ここまでは理解できます。

**和泉** 今度は太陽の質量によって、沈み込んだ時空に注目してください。例えば太陽を時空からひゅつと取り去ってしまったら、どうなりますか？

**阿部** 時空が元に戻ります。

**和泉** そこで時空が元の状態に戻るにも、地球にその情報が伝わるにも、時間がかかるよねと唱え

たのが、アインシュタインです。しかも太陽のような重力の強い天体が激しく動くと、時空の歪みが波として光速で四方八方に伝わります。ものすごく簡単にいうと、この現象が「重力波」なんです。アインシュタインは重力波の存在を、相対性理論に基づいて約100年前に予言しました。

**阿部** つまり重力波は、相当大きな事象によって引き起こされるんですね。

**和泉** その通りです。太陽を取り去ってしまうぐらいの、ものすごく激しい運動が宇宙で起きたときに発生するものです。

**阿部** その重力波を、和泉さんは観測されようと研究をされているんですね。

**和泉** はい、僕が取り組んでいるのはレーザー干渉計重力波検出器と呼ばれる装置を打ち上げて、宇宙空間から重力波を観測することです。

**阿部** どんな事象による重力波を観測するのでしょうか？

**和泉** 2015年、アメリカの重力波望遠鏡を使って初めて検出された重力波は、2つのブラックホールの合体によって発せられた重力波でした。今もこのような重力波の検出が行われていますが、僕自身の究極の目標は、初期宇宙(宇宙が生まれた瞬間)で発生した重力波を観測することです。

**阿部** そんなはるか昔の重力波の痕跡が、残っているものですね。

**和泉** はい、残っています。それは宇宙を風船に例えるとわかりやすいと思います。風船を膨らま

すときに最初に入れた空気は、膨らんだあとも風船内に残っていますよね。宇宙は生まれたときに爆発的に膨張したのですが、その時の重力波は今でも宇宙の中に残っているため、観測することは可能です。そして観測に成功すれば、宇宙誕生に関する謎を解く鍵を得られることにもつながると期待されているんです。

**阿部** なるほど。そんな究極の目標を叶えるための検出器の準備を、この研究室で行っているということですね。

**和泉** はい、僕が新しいタイプの検出器を提案していて、これなら将来宇宙空間から重力波を観測できるのではないかと。その機能実証をするためにミニチュアを作って、研究室であれこれ試しているんです。

**時間は共有できない。  
音楽はその事実を乗り越えていく**

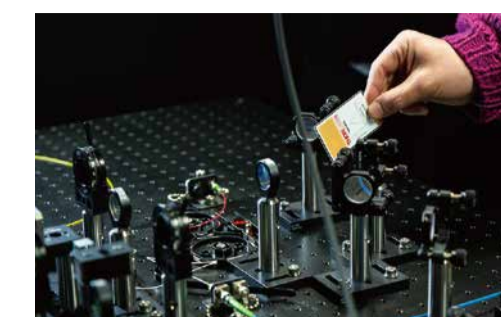
**阿部** そもそも宇宙誕生から何年か経っているのでしょうか？

**和泉** 138億年です。

**阿部** この「138億年」というのは、地球上で我々人間が使っている時計で計ったときの138億年ですよ。

**和泉** はい。

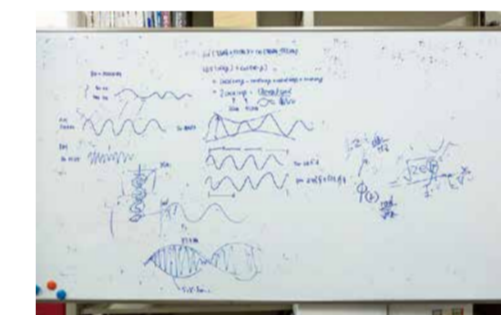
**阿部** ということはこの138億年は、人類共通の「宇宙暦」のようなものだと思いますが、アインシュ



宇宙空間からの重力波観測に必要なレーザー干渉計の動作原理検証セットアップ。レーザー光は目で見えないため、特殊なカードをかざして確認する。



重力波は人間の耳で聞こえる範囲の信号のため、研究室には音の波形を見る機器が並ぶ。



ごくわずかな音高の変動を繰り返す演奏技法であるビブラート、物理の世界ではこのビブラートを使って、情報を伝達するという。研究室のホワイトボードにはそのビブラートに相当する変調の仕方が書かれていた。

タインの相対性理論によると、時間とは「絶対的」なものではなく、どこからなにを計測するかによって1秒の感じ方が変わる「相対的」なものですね。

**和泉** おっしゃる通りで、物理的には観測者の運動状態によって、時間の進み方は変わってくるという現象があるので、当事者として「宇宙誕生から138億年経った」と主張しても、比較対象を入れた瞬間に、その138億年という時間の共有は、実は不可能ですね。

**阿部** 時間は共有できない……。悲しいですね。

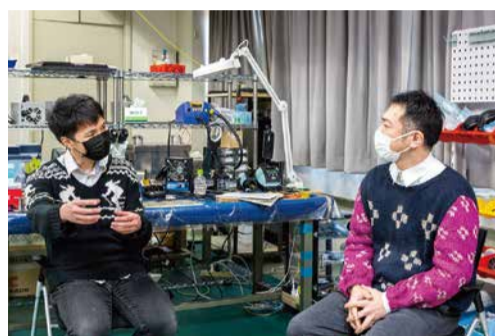
**和泉** 悲しいですよ。でもそれがアインシュタインの主張であり、その理論は現在もおお、ほころびを見せていないので、時間の共有もまた、やっぱり否定されるわけですね。もっといってしまうと、僕は今、こうして阿部さんとお話していますが、阿部さんの行動が光を介して僕の目に入るまでにも時間はかかるので、正確には阿部さんと僕は同じ時間を共有していません。体感としては同じ場所にいるでも、物理的にはすでに「違う事象」ということに。

**阿部** そういことですね。そもそも時間とは、音楽にとっても切り離せないものなので、普段からよく「音楽の時間とは何だろう」と考えるのですが、和泉さんのお話を聞きながら自分の中で納得がいったことがひとつあります。それはたとえ物理的には時間の共有ができなかったとしても、それでも「音楽的な時間」は存在していて、演奏者と聴衆はその時間を共有しているということです。クラシック

であれば、作曲家が楽譜と向き合った時間さえ、共有している。たとえそれぞれ違う事象のなかを生きていたとしても、同時にその事実を乗り越え、共有しているのではないかと思うんです。

**和泉** どうやって乗り越えていると思いますか？

**阿部** 音楽を聴く。それがhearでもlisten toでも、本当の意味で音楽を聴いているときというのは、実は聴きながらにして自分も歌っているのではないのでしょうか。つまり実は「聴く」という行為は、ほとんど「歌う」ことに近いと。もっと厳密にいうと、音楽には必ず拍とリズムがありますが、その拍やリ



3ページ目にも掲載の、レーザー干渉計重力波検出器は、阿部さんも間近で見学。

ズムを聴衆は受け取りながら同時に自ら生起させているのではないかと思うんです。言い換えるとそれが「音楽に乗っている」状態、つまり演奏者と聴衆と一緒に「歌う」ことでシンクロするということ。そんなことを和泉さんと話をしながら、強く実感しました。

### 重力波の観測を通じて、 人類の宇宙観を更新する

**阿部** こうして和泉さんとお話ししながら、改めて宇宙は途方も無いものだと実感するばかりです。その途方も無さに、幼い頃はワクワクしながら憧れも抱いていましたが、同時に138億年なんていうスケールで捉えたら、自分の存在はないに等しくて。和泉さんはそこに切なさのようなものを感じる時はありますか？

**和泉** それがないんです。僕はとても楽しく感じてしまうタイプで(笑)。もともと「物事には常はない」という無常観が好きなので、むしろこの有限の中でどんなおもしろいことができるだろうと考えてしまいます。

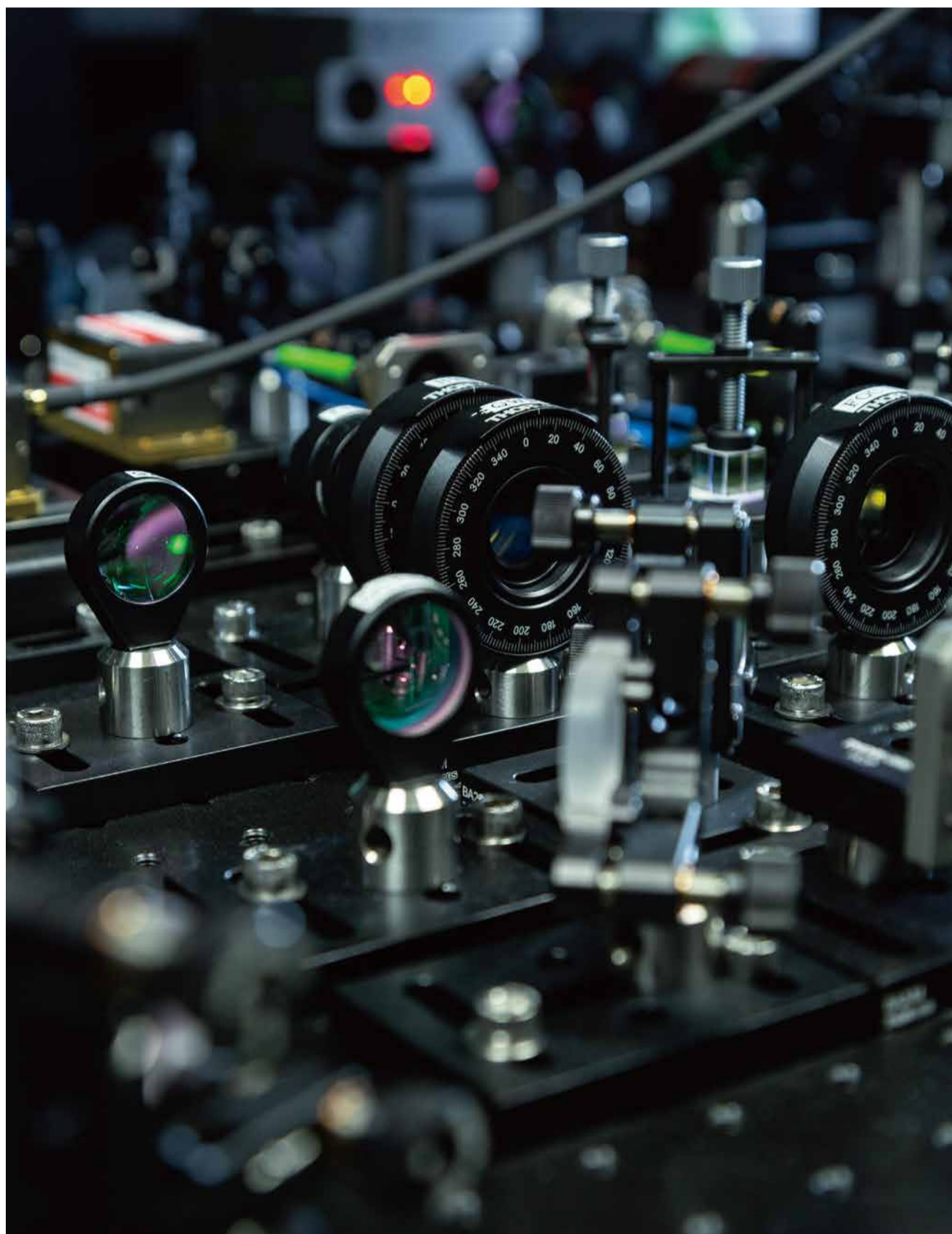
**阿部** 僕と真逆の捉え方をしている、素敵です。和泉さんのような科学者の方たちは、人生のうちに解明できないかもしれない事象と向き合っているわけですよね。それは自身の有限性を越えた時間軸ですけど、先ほど見せていただいたレーザー干渉計重力波検出器は、和泉さんが生きているあいだに宇宙のはじまりの重力波を観測することができるのでしょうか？

**和泉** できない……可能性もあります。と言うと、チームの皆さんに怒られるんですけど(笑)。

**阿部** (笑)。人それぞれ、自分の人生があるうちにたどり着けないことが、たくさんありますよね。その自分の有限性に、それぞれ何を感じているのだろうとは、時々思うんですね。

**和泉** それはもう、僕の場合は「Beyond my scope」といった感じです。なるようになるでしょうという。この重力波の観測も、もちろん人類にとって有益な研究と信じて取り組んでいます。同時に自分自身が楽しいからやっている。それ以上でもそれ以下でもないというところに帰着していきます。

**阿部** ひらかれた研究でありながら、その動機



TIME AND SPACE.  
BETWEEN  
THE FINITE AND  
THE INFINITE.

ABE  
UMITARO  
×  
IZUMI  
KIWAMU



音楽と数学、物理学は、実は親和性が高い。ヴァイオリン演奏時の弦の振動の話題から、数学者ピタゴラスが定めたピタゴラス音律(\*)の話題に。※ピタゴラス音律とは、音階のすべての音と音程を周波数比3:2の純正完全五度の連続から導出する音律。



阿部さん所有の音楽教育用のグロックンジュビール(鉄琴の一種)。構造は簡素だが、阿部さんはこの音がとても好きだと話す。



阿部さん所有のトイピアノ。「可愛いだけでなく、音がいいんです」

は個人的なんです。その和泉さんの二律背反性は、僕自身が理想とすることもありません。音楽の作り手としては、やっぱり今までにないアイデア、新規性に出会いたいわけです。言い換えるとそれは超個人的、個性的なものでもあるから、その状態のまま曲を仕上げても、人には伝わらないということが往々にしてあるんです。

**和泉** その感覚、わかります。

**阿部** 例えばピカソの絵は絶対にピカソじゃないですか。だけど世界中の人に親しまれている。僕はピカソのようにはなれないので、いつも作曲しながら自問自答しています。この個人的な動機、アイデアがどれだけ人にひらかれているのだろうと。ひらかれたものにしていくということでもありますね。

**和泉** Backstreet Boysというアメリカのグループがいますよね。彼らの楽曲のひとつに「LARGER THAN LIFE」という曲があって、日本語にすると「人生よりも大きい」と。彼らが特別好きというわけではないのですが(笑)、このタイトルにはすごく共感しています。ひらかれていくということは、人生よりも大きなものになっていくということだ。先ほどの有限性についてお伺いしたいのですが、阿部さんは作曲家としてどう捉えていますか？自分の時間の有限性と、その時間が終わった後も続く音楽の系譜について。

**阿部** 自分にやりたいことがこれだけあって、そ

れを残された時間のなかでどれくらい実現できるだろう?とはよく考えますね。でも、音楽の場合というか自分の場合は、自分が誰かに表現や技術を直接継承するという機会はほとんどないと思っているので、自分の人生の終わりが自分の作品世界の終わりにもなる。ただ、そういったなかでも自分が書いた楽譜をどこかの誰かが演奏してくれているという可能性は残っている。それはうれしいですね。

**和泉** 自分亡き後も、見知らぬ誰かが演奏している。そういうことを想像するんですね。

**阿部** はい、そういうふうになっていたらいいなという願いはあります。そもそも作曲とは、音楽の向こう側で待つ聴衆、それは自分自身も含めた聴衆に向けて行うものですけど、その前段階で絶対避けて通れない存在が演奏者です。この演奏者という存在が本当に大切で、楽譜とは、自分にとって演奏者に向けた手紙のようなものになるんですね。だからこそ楽譜を書くときは、演奏される状況を考慮します。例えば本来、ここは音が伸びている状況だけれど、でも休符を書いたほうが親切だとか。

**和泉** なるほど。

**阿部** その逆もあってここに休符を書いたとしても、演奏上はきっと音は伸びるだろうな、とか。それは演奏者との目には見えないやりとりですね。

**和泉** ロマンチックですね。

**阿部** ロマンチストなのかもしれない(笑)。

**和泉** 阿部さんにとっての楽譜を書く行為は、僕にとっては論文を書く行為に置き換えられるなって、ふんと思いました。僕の場合、科学論文なので正確にものを伝えないとゲームが終わってしまいますが、実はリズムを重視して論文を書いているんです。作曲家の方を目の前にして言うのは、すごく傲慢ですが。

**阿部** 同じだと思います。楽譜と論文。目的は違っても何か共通点がありそうですね。

**和泉** 僕の場合は自己満足に近いですが、でもさりげなく情報を残しておくという操作がすごく楽しいんです。

**阿部** その気持ちよくわかります。お聞きしたかったんですが、和泉さんの重力波の研究は、最終的にはどのように人類にひらかれていくのでしょうか？

**和泉** まず、よく言われているのは重力波という、ある種情報を伝える手段を人類が得ることによって、重力波を利用した通信ができるだろうという人たちが一定数います。ただそれに関して僕自身は懐疑的です。それは通信施設を作るといっても想像以上に巨大な場所が必要ですし、僕が死んで1000年後の世界であれば、もしかすると可能かもしれない。そんなレベルだと思っています。というなかで僕自身の目標は、重力波を通じて人類の宇宙に対する捉え方を刷新していきたいんです。

**阿部** それはワクワクしますね!

**和泉** ありがとうございます。なぜかという、重力波は電磁波に比べると極端に弱い波なので、地球や太陽でも簡単にすりぬけてしまします。つまりこの重力波の透過性の強さを利用することができれば、これまで見るができなかったものが「見える」こととなります。例えば光学望遠鏡でも見えないようなブラックホールの激しい運動が見えてしまうんです。

**阿部** 見えるようになると、子供が描く宇宙の絵も変わりそうですね。暗黒の世界に点在する星々を描いた絵が、天体同士が活発に運動している賑やかな絵になるかもしれない。

**和泉** そうですね。そんなふうには人類の宇宙観を変えることができたらと。

**阿部** すごいなあ……。

**和泉** これまでまったく見えてなかった細かいものがだんだんわかるようになってきていて、しかもそれがものすごい質量を持った天体同士が回転しながらぶつかっている。という景色が見え始めている状態ですね。

**阿部** それは本当に楽しみだなあ。宇宙観が変わるということは、文化芸術に関わる表現も変わると思っています。時間や宇宙という事象は、表現者にとっても影響力のあるものだから。それをこの研究室で取り組んでいるなんて、本当に貴重な体験となりました。

対談の拡大版はこちら



作曲家  
阿部海太郎  
ABE Umitaro

埼玉県出身。パリに留学し、その土産にと制作した楽曲がアルバムとして発表されたのを機に、作曲家としての活動が本格的に始まる。現在は、舞台、テレビ番組、映画、様々なクリエイターとの作品制作など分野で作曲を行う。春に庭いじりをするのが楽しみ。



JAXA宇宙科学研究所  
宇宙物理学研究系 准教授  
和泉究  
IZUMI Kiwamu

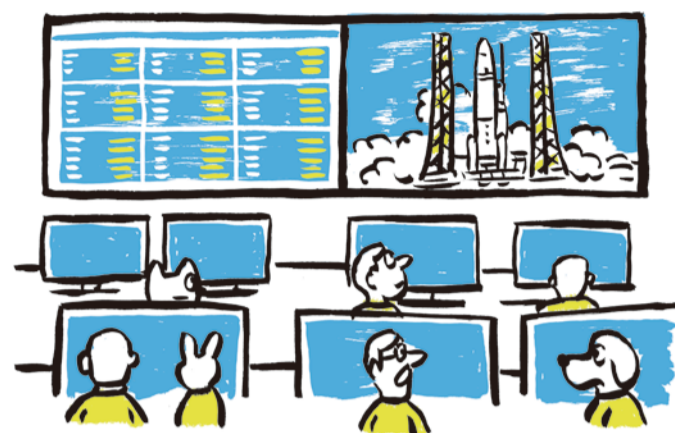
長野県出身。ESAが進める宇宙重力波アンテナ計画への参加を検討するほか、将来の宇宙重力波観測に必要な技術の開発研究を進める。高野野菜の栽培・出荷アルバイトで貯めたお金で初めて買ったエレキギターはStarfire Special。趣味は読書と焚き火。妖怪に詳しい。



∞

強力な重力によって時空が歪み、永遠にたどり着かない

ブラックホールに物体が飲み込まれる瞬間を想像したことがある人も多いだろう。しかし、実際にその瞬間を目撃することは不可能だ。アインシュタインが提唱した相対性理論では、巨大な重力を持つブラックホールの近傍では、時間が極めてゆっくり流れていく。そのため、ブラックホールに向かって移動する物体を遠くから観察すると、表面に近づくにつれて動きがゆっくりになり、永遠にたどり着かないように見える。実際には物体はブラックホールに到達しているのに、遠くからはまるで静止しているように見えるのだ。



270秒

ロケットの自動カウントダウンシーケンスが始まるタイミング

3, 2, 1 ……。ロケット発射の瞬間を、テレビの前でドキドキしながら見守ったことはないだろうか？日本の主力ロケットH-IIAや開発中のH3では、打ち上げに向けた最終的な作業が自動で進む「自動カウントダウンシーケンス」が、打ち上げ予定時刻の270秒前から始まる。発射指揮者がボタンを押すと、カウントダウンとともにトーチの点火やメインエンジンのスタートなど、全てが自動で進んでいく。この270秒の間に人の手が加わる瞬間があるとしたら、打ち上げを中止するための緊急停止ボタンを押す時だけ。

347日8時間33分

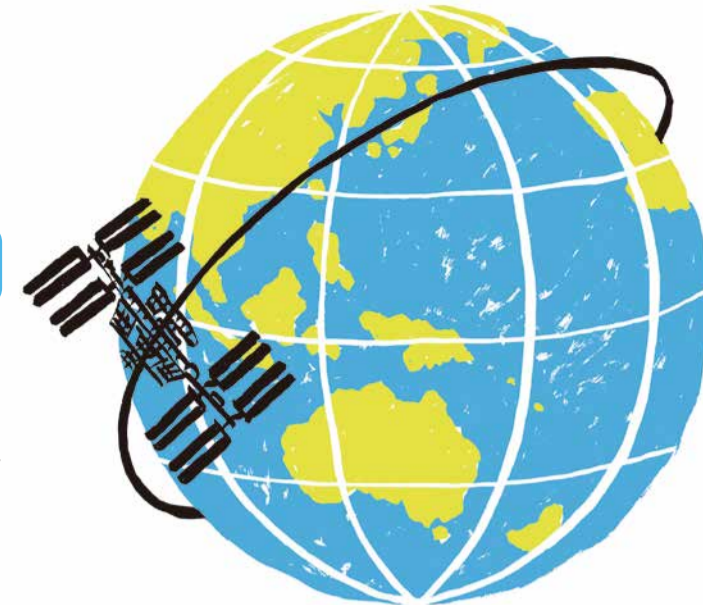
日本人最長の総宇宙飛行日数

これまで宇宙を最も長く飛行した日本人は、若田光一宇宙飛行士だ。計4回の宇宙飛行日数の合計は、347日8時間33分。ほぼ1年間に相当する長さになる。前回2014年の宇宙滞在では日本人として初めて国際宇宙ステーション(ISS)の船長(コマンダー)を務めた若田宇宙飛行士は、2022年秋以降に、5度目の宇宙飛行を行う予定。自らが持つ、日本人最長記録を更新することになりそうだ。

約90分

猛スピードで移動するISSが、地球を1周するまで

ISSでは、複数の宇宙飛行士たちが滞在しながら、さまざまな実験や研究を行っている。地上から約400kmの上空を、秒速約7.7kmの速さで移動するため、ISSが地球を1周するのにかかる時間はわずか約90分。そのため、ISSでは太陽の光に照らされる「昼」と、太陽が地球の影に隠れて光が当たらない「夜」が、45分ごとに繰り返されている。



# JAXAと時間



宇宙の誕生以来、流れ続ける「時間」。

一般的には、「時の流れのある一瞬の時刻」の意味で使われる時間だが、同時に出来事や変化を認識するための基礎的な概念でもある。そんな時間のはじまりから、過去、現在、未来、そして刹那の瞬間まで。JAXAが向き合う時間のスケールは多様で、そして果てしない。

イラスト:SANDER STUDIO 文:清水しおり

138億年

天文観測衛星が挑むのは、宇宙の歴史を明らかにすること

すべての存在物を包有する空間と時間である宇宙は、約138億年前に誕生したと考えられている。生まれた直後は水素、ヘリウム、ごく微量のリチウムという、たった3種類の元素から構成されていた宇宙が、どのようにして現在の姿になったのか。その138億年の歴史を明らかにしていくことが、JAXAの天文観測衛星が挑むテーマのひとつ。

10<sup>-36</sup>秒

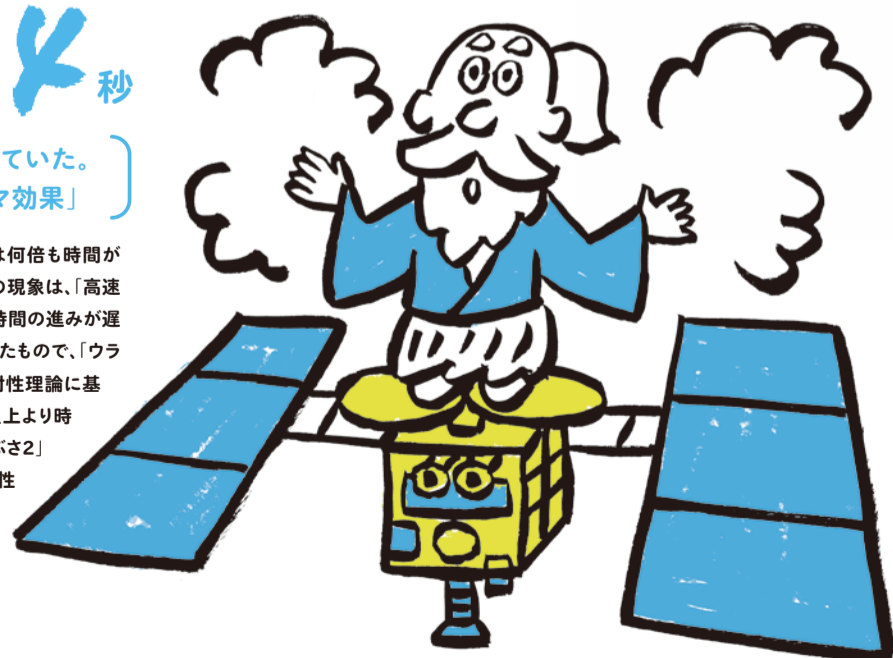
極小の宇宙が急速に膨張インフレーション宇宙論

ビッグバン以前の宇宙の姿、それは宇宙最大の謎のひとつ。現在有力視されているのは、宇宙誕生のわずか10<sup>-36</sup>秒後から10<sup>-32</sup>秒後という短い間に極小の宇宙が急速に膨張し、そのエネルギーでビッグバンが起きたという「インフレーション宇宙論」。この理論の検証に挑むのが、JAXAで検討中の衛星LiteBIIRD。空間の歪みが伝播する現象「原始重力波」を観測することで宇宙膨張の証拠を見つけるのがミッションだ。

0.4554秒

地球より時間が速く流れていた。「はやぶさ2」の「ウラシマ効果」

宇宙旅行から帰ってくると、地球上では何倍も時間が経過している。SF作品などで見るこの現象は、「高速で移動するほど、止まっているものより時間の進みが遅くなる」という特殊相対性理論に基づいたもので、「ウラシマ効果」とも呼ばれる。また、一般相対性理論に基づいた「宇宙空間では、重力がある惑星より時間が早く進む」もまた、実証済み。「はやぶさ2」が宇宙を旅した6年間にこの2つの相対性理論から検証したところ、「はやぶさ2」の方が地球上より0.4554秒時計が進んでいたことが明らかになった。



84.69歳

宇宙での実験が、健康長寿のヒントに？

厚生労働省によると、2020年時点の日本人の平均寿命は男性が81.64歳、女性が87.74歳。男女を平均すると84.69歳だ。医学の進歩や栄養状態の改善などによって日本人の平均寿命は伸びてきた。しかし、老化の仕組みにはまだ謎が多い。2020年、JAXAなどがISSで行ったマウスミッションの結果、宇宙に長期滞在すると微小重力などの「宇宙ストレス」によって老化が加速することがわかった。さらに、老化の加速を食い止める役割を持つ遺伝子の存在も明らかに、このような宇宙での実験が、私たちの健康長寿のヒントにつながる事が期待されている。

30万年に1秒以下

測位衛星の時計に求められる精度

例えばスマートフォンを見れば自分の位置情報が正確にわかる、GPS機能。私たちの日常に欠かせなくなったこの機能は、測位衛星に搭載された「原子時計」によって支えられている。電波は1秒間に約30万km進むため、わずか100万分の1秒のずれが300mもの距離のずれを生む。そのため時計の精度が非常に重要で、準天頂衛星「みちびき」に搭載された原子時計の誤差は30万年に1秒以下に抑えられている。

魔の11分間

事故が集中しやすい、航空機の「クリティカル」な時間

航空業界で使われる「魔の11分間」という言葉を知っているだろうか。飛行機をはじめとする航空機は、離陸時の3分間と着陸時の8分間を合わせた11分間に特に事故が起こりやすく、実に航空機事故の7割がこの間に起きているとも言われている。JAXAの航空技術部門では、この11分間の安全性向上を目指して、乱気流、雷、雲などの特殊気象の予測・防御技術や、人為的ミスへの検知・防止技術などの研究開発を日々行っている。



9時間

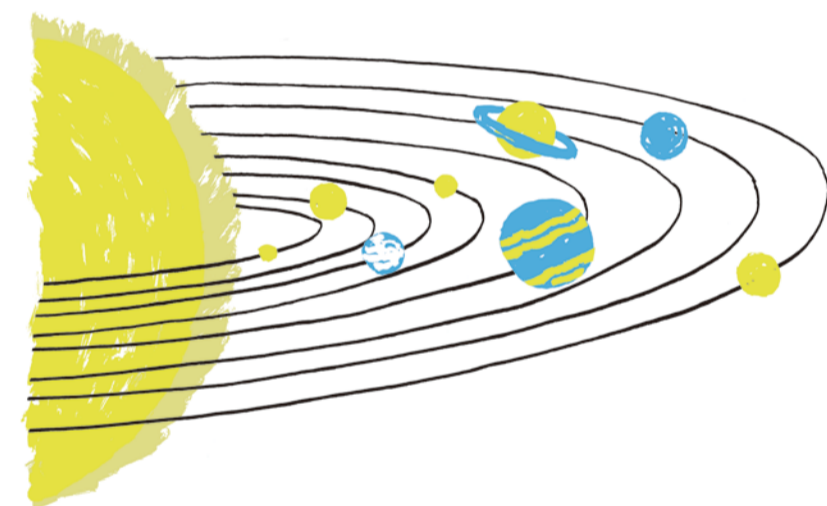
宇宙では今、何時？ISSと筑波宇宙センターの時差

海外旅行をしたとき、現地の時刻に合わせて時計の針を進めたり遅らせたりした経験はないだろうか。同じように、宇宙旅行をするときも時刻の変更を忘れずに、ISSでは世界の時間の基準となる「協定世界時(UTC)」を採用しており、日本で使われている「日本標準時(JST)」との時差はマイナス9時間。筑波宇宙センターの見学ツアー(※)で午前中に管制室を回ると、管制官が少ないのはそのため(ISSは深夜のため就寝中)だ。  
※感染防止のため休止中(2022年3月現在)

46億年

太陽系の誕生と生命の誕生に迫る「はやぶさ2」

太陽系の誕生や生命誕生の謎に迫る、小惑星探査機「はやぶさ2」。約46億年前、太陽系が生まれた頃の水や有機物が、今でも残されていると考えられている小惑星リュウグウから持ち帰った試料を分析することで、太陽系がどのように生まれ、進化したのか、生命の元になった材料がどのようなものであったのかを解き明かそうとしている。



2時間

「だいち2号」が災害状況を観測し、データを地上に提供するまで

地震や火山活動などの災害が起きたときに活躍するのが、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」だ。衛星から地表に向けて電波を照射し、反射された電波を受信することで被害状況や地震変動などの観測を行っている。昼夜、天候を問わず、観測から最短2時間でデータの提供が可能「だいち2号」。発災から72時間を過ぎると生存率が低下すると言われる災害時において、命を守る衛星として活躍している。



JAXAと時間、拡大版はこちら



観測実験が行われた  
ノルウェーでの写真はこちら



# SCIENTIFIC QUESTION, PLANETARY ATMOSPHERIC RUNOFF

人類の存在にも関係する科学的問い、惑星の大気流出

地球には酸素を豊富に含んだ大気があり、その中で生命が育まれている。同じ太陽系でも、金星の大気は二酸化炭素が主成分、火星は地球の100分の1以下の薄い大気しかない。なぜこのような違いが現れたのか。また、太陽系外の他の惑星系ではどうなのか。これは、私たち人類の存在にも関係する重要な科学的問いである。

その鍵となる現象の一つが、惑星大気が惑星の重力を振り切って宇宙空間へ流れ出ていく大気流出である。大気の流出は、さまざまな惑星でさまざまなメカニズムで起きている。JAXA宇宙科学研究所の研究者をはじめとする研究チームは、地球大気の宇宙空間への流出メカニズムを理解するため、ロケットで北極圏の上空にある「カスプ」という場所を観測した(※)。この場所に太陽から流れ出した電気を帯びた粒子のエネルギーが入り込むことによって波動が生まれ、その波動からエネルギーをもらって地球大気の流出が起きている。

カスプの活動が活発になり、大気の流出が盛んに起きる条件は、オーロラが良く見られる条件と関連している。今回の観測では、直前に発生した太陽フレア(太陽表面での爆発現象)の影響で、大気流出の観測に最適な環境が整った。同時に、ここで紹介するような美しいオーロラも見られた。

※2021年11月4日(現地時間)、ノルウェー・スヴァールバル諸島、SS-520-3号機の打ち上げによって行われた観測実験。  
写真左:中:観測のタイミングで光った緑と紫のオーロラ。右上:SS-520-3号機の軌跡 右下:打ち上げに向け準備中のSS-520-3号機

# 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：野村紀沙枝、栗原淳

## 手紙郷の地球へ

宇宙を想うとき、地球に生きるわたしが見えてくる

vol.11



【絵と手紙の送り主】  
長崎訓子  
NAGASAKI Kuniko

イラストレーター / 東京生まれ。イラストレーターとして書籍の装画や挿絵、映画に関するエッセイ、漫画の執筆など多方面で活動中。「絵本・眠れなくなる宇宙のはなし」「Catnappers 猫文学漫画集」など。

**私たちの丸。**

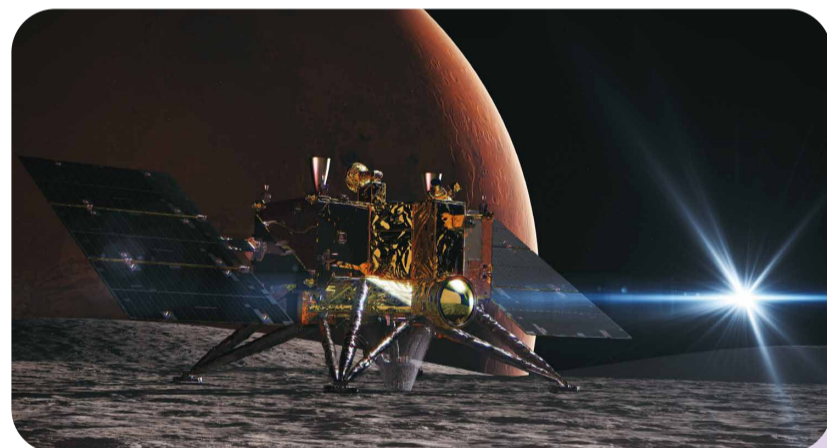
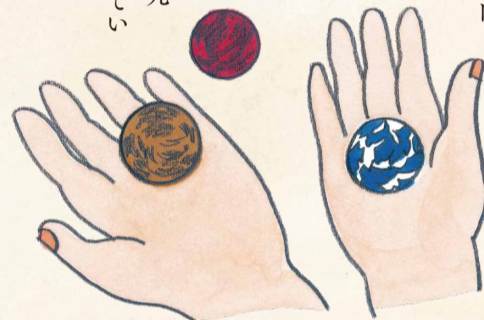
先日、日本の実業家が宇宙に飛び立ち、地球を見て「マジで丸い、マジで青いです」と言いました。カジュアルな言葉遣いの方が話題になりましたが、もしも自分も同じような状況になることがあったらきっと同じことを思うんだろうなあと感じました。「地球ってマジで丸い！」ぜひ言ってみてください。

以前から、人々は丸いものに惹かれることが多いのではないかと考えていて、子どもたちの間で起こっていた泥だんごのブームなどは、まるで惑星と見紛うばかりの美しい球体を泥の塊からせっせと磨き上げている様子には感動すら覚えました。球体には安心感がありますよね。単純に角がないというこも理由だとは思いますが、とにかく手触りが良い。「玉のような赤ちゃん」という言葉もありますし、ツルツルとしたかわいらしさにも繋がっていますので、キャラクターの造形の中にも「丸」という形を多々発見できます。まん丸にカットされた犬や丸顔の猫も人気です。また、立体物としての「球体」となってくると、俄然強さや神秘的な印象を纏ってきます。アパートの一室に浮かんだ得体のしれない真っ黒い球体か

ら冷酷な指令が届くという漫画作品も思い浮かびます。

丸いものに私たちが惹かれて夢中になること、地球が丸いことに関連性はあるのでしょうか。鶏が先か、卵が先か……。地球が丸いと思われたいなかつたころ、亀や象の上には球体はどんな存在だったかと思っていたころには球体はどんな存在だったのかも気になってきました。

地球などの惑星が丸いのは自身の重力が働いているからで、色々なものがくっついて中心から等しく引っ張られるので丸くなる……というとても大雑把な理解をしているのですが、地上にある色々なものをとんとんと巻き込んで巨大化させ、夜空にあげて星にするというコンピュータゲームのゲームソフトのことも思い出しました。私たちが日々ゴテゴテと生み出している凸凹もいずれば地球の真ん中から引っ張られて丸く、まあるくなっているのでしょうか。



左：火星の衛星フォボス表面で試料を採取しているMMXのイメージ。右：D2主宰公演「黒檀の馬 アラビアンナイト」に出演。因われのシェヘラザードを助け出すアラブの王様役を演じた。



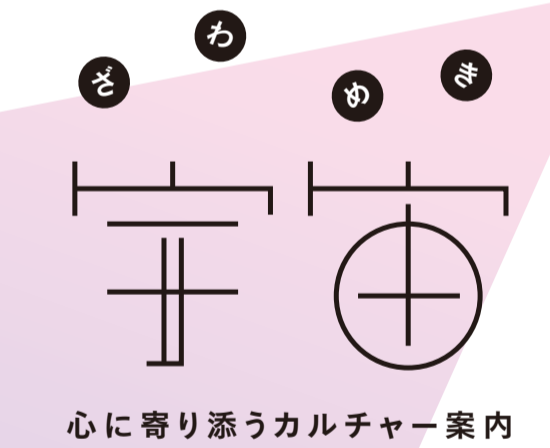
## エンジニアである自分が、俳優・コメンテーターとして活動する理由

オファーをいただく有給休暇をとって、俳優やコメンテーターとしても活動しています。長男が歌舞伎役者を目指していて、彼と共通の目線を持つために自分もお芝居を経験してみようと思ったのが、俳優活動を始めたきっかけです。いざやってみたら楽しくて、会社役員や映画監督役などでCMや再現ドラマに出演する機会をもらいました。コメンテーターとしては、テレビ番組などで宇宙関連の解説をすることが多く、小惑星探査機「はやぶさ2」のカプセルが地球に帰還したときや、野口聡一宇宙飛行士を乗せた宇宙船クルードラゴンの打ち上げの際も解説を担当しました。ほかに社交ダンスやクラシックバレエも習っているのですが、全て「好き」が原動力です。宇宙に関わる仕事を選んだのも、子どもの頃から宇宙や航空機が大好きだったから。何事も「今より若い時はない」、「やらずに後悔するより、やって後悔」という気持ちで飛び込んでいます。

現在、JAXAが主導する国際プロジェクト「火星衛星探

査計画MMX」で広報や海外の関係機関との調整、技術やモノの輸出入管理を担当しています。MMXのミッションは、火星の衛星フォボスとダイモス及び火星本体を観測し、フォボスのサンプルを地球に持ち帰ってくることです。火星衛星の起源に迫り、太陽系の進化の過程を解くヒントにつなげるのが目的です。元々、衛星システム工学が専門でしたが、俳優やコメンテーターといった様々なバックグラウンドが、JAXAで関わる仕事の幅を広げてくれました。特に広報の仕事は、表現者としての経験が生きる場面が多いです。私は生粋のエンジニアだったので、コメンテーターとして駆け出しの頃は無意識のうちに専門用語を使ってしまい、コンビを組むアナウンサーから「分かりづらい」とダメ出しをいただくこともあり……。おかげでMMXのプロジェクトを一般の人に分かりやすく伝えるスキルが磨かれました。俳優としてカメラの前に立つ経験も、人前で物おせずに話す度胸につながっています。

宇宙がより身近になる時代。今後、広報やコメンテーターとしてチャレンジしたいのは、分かりやすさに加えて「ストーリー」も大切にすることです。「はやぶさ」のプロジェクトが映



## 心に寄り添うカルチャー案内

vol.11 構成：清水しおり

画化され多くの人の心を動かしたのは、そこに関わった人たちの物語があったから。MMXも、悩み衝突しながらゴールを目指す生身の人間たちの姿を伝えることで、たくさんの人に興味を持ってもらえると感じています。

お芝居の先生によく言われたのは、「演じることに正解はない」ということ。私の専門であるエンジニアの世界もそうで、惑星探査機の設計に唯一無二の正解はなく、設計者の個性や経験が出ます。同じように、伝え方にも正解はありません。表現者として、宇宙開発の魅力が最大限に伝わるような自分なりの方法を追求したいです。



火星衛星探査機MMXプロジェクト主任開発研究員  
戸梶歩  
TOKAJI Ayumu

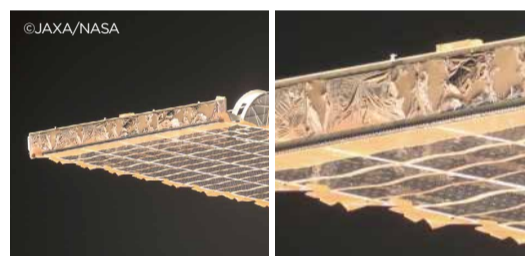
高知県出身。現在、火星衛星探査機MMXプロジェクトの主任開発研究員。俳優、文化人に加えて家庭では主夫。朝型人間で夜に弱く、学生時代は太陽電池パネルで動くと言われていた。癒しタイムは週4回のダンススタジオ通い。

## 耐原子状酸素技術の国際標準化で低軌道活用へ

低軌道の宇宙機の安全を守る

研究開発部門 木本雄吾 KIMOTO Yugo

国際宇宙ステーションや人工衛星などの宇宙機が周回している高度数百kmの軌道には、太陽の紫外線の影響で酸素分子が分解された原子状酸素(AO)が多く存在している。宇宙機の外表面に使われているプラスチック材料



国際宇宙ステーションの太陽電池ブランケットが、原子状酸素によって浸食されている様子。

は、AOと衝突することで表面が削られてしまうため、材料の性能を低下させる原因として知られている。研究開発部門では長年、AOによる宇宙機材料への影響評価技術と、材料へのコーティング等による対策について研究を進めており、宇宙ステーション補給機「こうのとり」、超低高度衛星技術試験機「つばめ」による技術実証なども行ってきた。

この成果をもとにJAXAは2017年に国際標準規格「ポリイミドフィルム上の耐原子状酸素コーティング」を提案、約4年の各国専門家による審議、投票を経

白田宇宙空間観測所(以下、観測所)は、惑星などの観測を行う深宇宙探査機に向けて、動作指令や観測データを送受信する施設だ。この施設の中核を担うのが超大型パラボラアンテナで、アンテナ直径64mの白田局と、54mの美笹局がある。

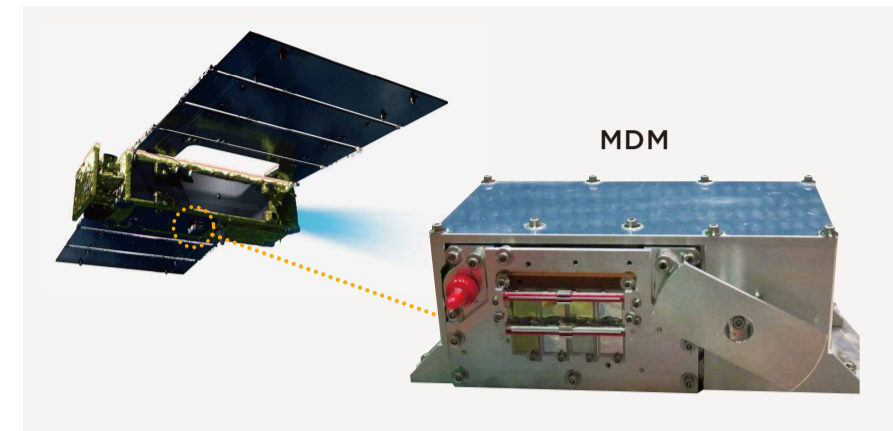
観測所は長野県佐久市の標高1500mにあり、冬は大変厳しい環境になるが、どのように運営しているのだろうか。観測所の管理などを担当している岳藤一宏は「アンテナは、巨大な主鏡に雪が溜まらないよう、主鏡をほぼ垂直にした状態で待機させておきます。白田局ではレールに

雪が溜まると超大型のアンテナでもスリップしてしまうので、運用前にほうきなどで除雪します。一方、美笹局はレールがカバーされているため、雪が積もる心配がありません」と話す。平均で1日20cm。過去には1日で1m近く雪が積もったこともある観測所。「観測所までは10kmほどの山道になるので、道路への融雪剤の散布や、時にはスタックされた方を救助することもあります」

現在、白田局では金星探査機「あかつき」、小惑星探査機「はやぶさ2」をメインに、美笹局では小惑星探査機「はやぶさ2」、国際水星探査計画BepiColombo



白田局のレールに積もった雪を掃く所員。アンテナから水の塊が落ちてくることがあるため、ヘルメットを被っている。



超低高度衛星技術試験機「つばめ」に搭載した「材料劣化モニタ」(MDM)。13種類の宇宙用材料を搭載し、その劣化状況を画像モニタリングにより評価した。

て、2021年9月に国際標準規格ISO23129として発行された。本国際標準には、AOに耐性がある材料の一つとしてJAXAと企業が共同で開発したシルセスキオキサン(SQ)コーティングも採用されている。

この研究と国際標準提案のリーダーを担ってきた、研究開発部門第一研究ユニットの木本雄吾は話す。「低高度軌道における宇宙活動は世界的にも活発化しており、AOへの対応は急務です。国際標準規格になることで、材料の選定の際の指標を示し、産業界を含めた低軌道活用に必要な基盤を整備することができました」

AO対策は、低高度の宇宙機に共通す

る課題であり、この技術への国内外の材料メーカーや宇宙機メーカーからの期待も高い。

木本は「今回の標準化に当たり、日本のリーダーシップを発揮できたことで、今後の宇宙ビジネスにおいても日本の技術に世界の注目が集まると考えています」と語る。

今回の国際標準化が低軌道での宇宙活動の発展に寄与することを期待したい。

耐原子状酸素コーティングについて、詳しくはこちら



## 白田宇宙空間観測所の冬

雪にもまけず、宇宙と交信

追跡ネットワーク技術センター



白田宇宙空間観測所主任開発研究員  
岳藤一宏  
TAKEFUJI Kazuhiro

の日欧探査機(みお、MPO)、NASAの木星探査機JUNOなどと交信している。

白田局は1984年から運用しているため、今後は美笹局(2021年に完成)が主力になっていく予定だが、白田局もまだまだ活躍していくと岳藤は話す。「今後打ち上げが予定されている小型着陸実証機SLIMなどとの交信は白田局で行うので、今はその受信準備を進めています。また、例えば超大型アンテナによる宇宙ゴミの検知や、白田局と美笹局のアンテナを同時に使用することで80-90mサイズのアンテナに見立てる実験も検討されています」

4月中旬ごろから、展示館の冬期休館が解除され一般の見学も可能になる観測所。ぜひ一度、巨大なパラボラアンテナを見て、宇宙に想いを馳せてはいかがでしょうか。



冬的美笹局の道路の様子。

白田宇宙空間観測所の詳細はこちら



# 3 打ち上げ可否を左右する 気象の観測

ロケット打ち上げの舞台裏

宇宙輸送 技術部門



鹿児島宇宙センター 射場技術開発ユニット 主任研究開発員  
**大和田陽一**  
OOWADA Youichi



鹿児島宇宙センター 射場技術開発ユニット 主任研究開発員  
**長尾直樹**  
NAGAO Naoki

ロケットの打ち上げ可否は、気象の条件に大きく左右される。打ち上げ前の気象の観測や予測について、鹿児島宇宙センター射場技術開発ユニットの大和田陽一と長尾直樹は話す。



氷結層の観測時に航空機のウインドスクリーンに付着した氷。

「気象庁が公開している気象の数値予報モデルを元に、打ち上げ射場のある種子島や内之浦特有の条件も考慮し、雷・風・雨の有無や、上空の風向・風速を予測します。また、霧や氷晶が混在する氷結層という雲の中をロケットが飛行すると、雷を誘発させる可能性があるため、氷結層の有無や厚さの予測も行い、打ち上げ実施の判断材料にします」

このような気象の観測は、打ち上げの4日前から24時間体制でシフトを組み対応にあたる。「4日前から、ロケットの姿勢制御装置への推進薬充填など、打ち上げ

に向けた危険作業が始まりますので、急な雷や雨、風が発生しないかを24時間体制で予測、監視します。気象条件の悪化が見込まれる場合は、作業中断やスケ

ジュールの見直しに必要な情報を発信します」

気象条件は、地上の観測機器で常時チェックするとともに、打ち上げ当日には航空機や高層気球(上空約20kmまで観測)、気象レーダーなども活用し実測する。打ち上げに際し一番影響が大きい気象条件について大和田は「雨や風などすべてが当ては



気象の観測に用いる高層気球

まるのですが、その中でも特に予測や観測が難しいという点で、氷結層です」と語る。これまでロケット飛行中に雷を誘発するリスクのある氷結層かどうかは、その厚さで判断してきた。だが、この方法では

過度に安全側の判断となり、打ち上げるチャンスを逃してしまうことが課題であった。そこで、JAXAでは氷結層の厚さに加え、気象レーダーを用いて雷の誘発リスクを精度よく評価する手法を確立。長尾が続ける。「この手法は種子島の冬の打ち上げに限定していましたが、さらに研究を推し進め、2021年からは内之浦の冬の打ち上げにも適用しました。さらなる適用範囲を広げられるように検討を進めているところですよ」

ロケットの整備作業や打ち上げの確実な実施、さらにH3やイプシロンSにおける高頻度打ち上げを見据えた打ち上げ機会拡大を図るべく、最新かつ確かな気象情報を提供できるよう、さらなる追究・深化の取り組みを続けていく。

ロケット打ち上げと気象、種子島の話はこちら

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1993年に設立された「アジア・太平洋地域宇宙機関会議(APRSAF)」。各国の宇宙機関、行政機関、研究者や企業など幅広く参加しているこの会議で、JAXAは事務局を担当。事務局では、その年のAPRSAFのテーマ、日程、プログラムなどを決定する運営委員会の開催や、分科会、プレナリーのオンラインツール準備等を含む運営など、様々な業務を行っている。

第27回は初のフルオンライン開催で、加えて参加者のニーズに対応するため初めてJAXA外の専門家たちが分科会運営に携わった。「初」が多く試行錯誤の面もあったがオンライン開催は参加のしやすさ

から人数は増加し、30か国以上から参加があり、15の宇宙機関長及び代表者が参加した。

第27回のメインテーマは、「Expand Space Innovation through Diverse Partnerships」。なぜ今回のテーマが決まったのか、それに伴い実際にどんな議論がされたのか、調査国際部の田辺久美子は話す。

「前回のAPRSAF-26で今後の25年を見据えた10年間の取り組み「名古屋ビジョン」を設定しました。その中で産業界や世代を超えた多様なプレイヤーの参画促進を取り上げていますが、今回は、多様性と、その多様な結びつきが、新しい時代のイノベーションを起こしていくとい

# 4 アジア・太平洋地域の30か国以上が参加

## フルオンラインで開催した APRSAF-27のテーマは 多様性と結びつきの強化

調査国際部



参事  
**田辺久美子**  
TANABE Kumiko

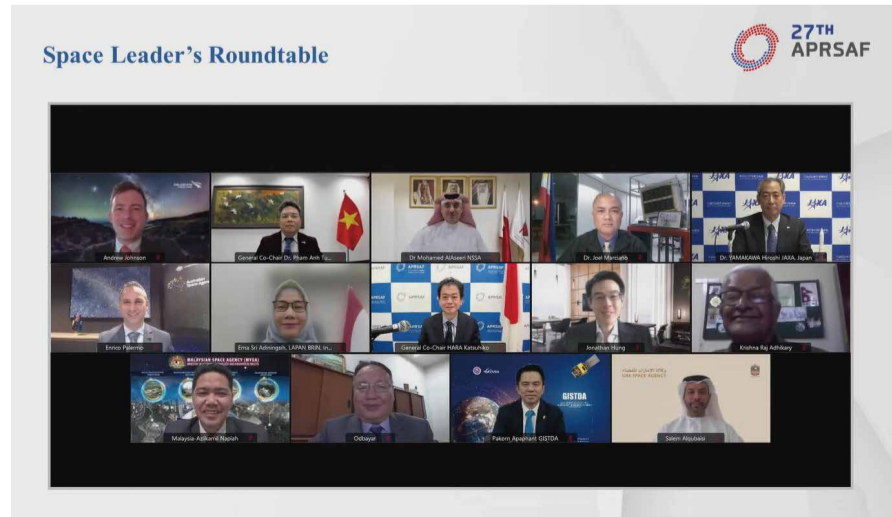
思いを込めて、テーマを選びました」

第27回を終え、新たに決まったことやこれからの方針など、今後のAPRSAFに向けての取り組みについて、田辺は続ける。「当面は、「名古屋ビジョン」に沿って活動していきます。オンラインが日常になった今、現地開催ができるようになっても何らかの形でオンライン交流を取り入れていくのだと思っています。APRSAFにはアジア・太平洋地域の国の宇宙関係の将来を担う若者が大勢集まります。ぜひ若いうちから参加して交流を深めてほしいと思います」



APRSAF-27のロゴ

APRSAF-27の 詳細はこちら



2021年11月30日から4日間、オンライン上で様々な議論が交わされた。

# 5 JAXAシンポジウム2021 「国際宇宙探査 新時代の幕開け」

クイズや質問コーナーで視聴者も参加

広報部



企画・普及課 主任  
**佐々木厚美**  
SASAKI Atsumi

JAXAの事業活動の報告の場として毎年開催されているJAXAシンポジウム。2021年度は「国際宇宙探査新時代の幕開け」と題してオンラインで開催した。その内容について、広報部の佐々木厚美はこう話す。「世界では民間人による宇宙旅行が始ま

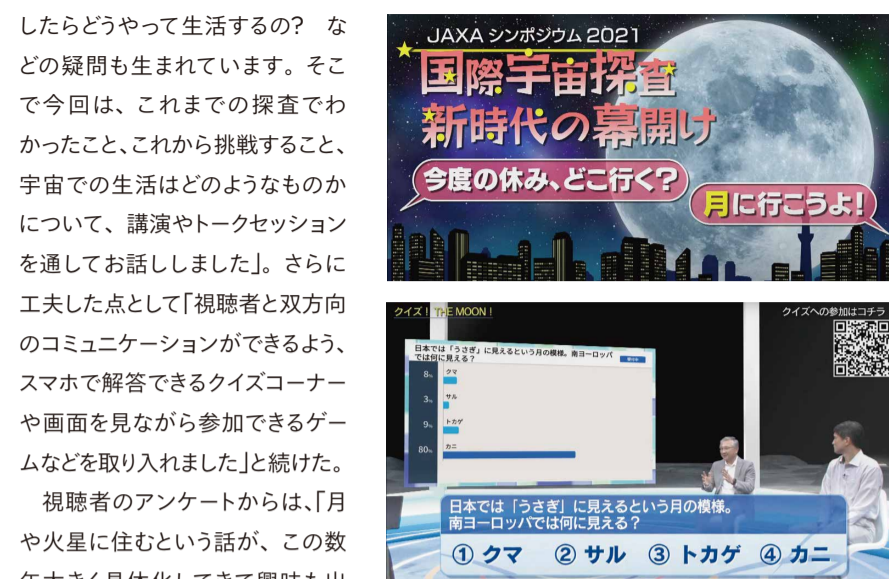
り、JAXAでも新たに宇宙飛行士候補者募集を行いました。みんなが宇宙を目指しやすくなってきたことで、そう遠くない未来には宇宙や月への旅行が当たり前になっているかもしれない、そんな期待が世の中に生まれつつあります。それと同時に、宇宙や月ってどんなところ? 月や火星に住むと

本では航空機に占めるヘリコプターの比率は高く、約3割がヘリコプターだ。航空技術部門では、ヘリコプターの安全性と技術の向上への取り組みを行っており、その一つに「高速化」がある。航空環境適合イノベーションハブの主任研究開発員・杉浦正彦はこう語る。「従来のヘリコプターはロータ面の傾きを変えて、揚

力と推力を同時に作って前進する、いわば立ち泳ぎの状態。これに対し高速ヘリコプターは、クロールのように水平に推力を作用させるので、飛び方そのものが大きく異なります。従来のヘリコプターの最高速度は時速270km程度で、高速ヘリコプターは約2倍の時速500km前後で飛べる性能を目指しています」



左:高速ヘリコプターのイメージCG。 右:実験中の高速ヘリコプターの概念模型機。



上:JAXAシンポジウム2021 配信画面。 下:クイズコーナー。視聴者からはスマホで解答を送ってもらった。

JAXAシンポジウムのアーカイブ映像はこちら

# 6 高速ヘリコプターの開発と展望

速度2倍を目指す

航空技術部門



航空環境適合イノベーションハブ 主任研究開発員  
**杉浦正彦**  
SUGIURA Masahiko

高速化が実現すると、様々な場面での活躍が期待できる。「例えばドクターヘリコプターへの実装です。高速化が実現すれば、日本国内の9割以上を15分以内でカバーできると言われています。交通事故など出血多量の場合、15分以内に処置すれば多くの場合に命が救えることが統計的にわかっていますから、特に高速化が望まれていますね」

2014年から概念検討を始め、2020

年から実用化に向けた設計技術の開発、航空機製造メーカーとの共同研究を進めている高速ヘリコプター。将来的にはこれらのメーカーに技術移転を行い、実機開発に結び付けることを目指している。

インタビューの 拡大版はこちら

# 7 S-Booster 2021 宇宙を活用した ビジネスアイデアコンテスト

新事業促進部



事業支援課 主任  
**島崎一紀**  
SHIMAZAKI Kazunori

JAXAが共催する「S-Booster」(主催:内閣府)は、2017年より始まった宇宙ビジネスのアイデアコンテストで、スタートアップを含む、宇宙産業の振興を目的に、様々なアイデアを募集、審査、支援するもの。「今回は、日本から約140、アジア・オセ

アニア地域から11か国・約60もの応募がありました」と語るのは、新事業促進部の島崎一紀。

今回の最優秀賞は、タイのチーム「Eco Space」のアイデアで、森林などのインターネットが繋がらないエリアで、IoT人工衛星通信を活用し、山火事を早期発見して



提供:Solidknit

©2021 S-Booster

左:「ソリッド編み機」で作った立体物。糸一本で、強度も兼ね備えた様々な形状を作ることができる。右:S-Booster 2021の最終選考会の様子。

警報するシステムが選ばれた。そして、JAXA賞には、日本のチーム「Solidknit」の《物体を更新可能にする編み物方式3Dプリンタ「ソリッド編み機」》が選ばれた。「糸だけで椅子やベッドなどの固い立体物を作る機械が《ソリッド編み機》です。例えばこの編み機と糸を月にもっていけば、現地で様々な立体物を作ることが可能となります。さらに、椅子をほどこいて机に編み直すといった物体のアップデートが可能になります。形状の変更もできるため、宇

宙への輸送コストの削減、リサイクル技術の面でも大きなメリットになります」

このような、今までにない新しい発想が生まれるS-Booster。ここでの様々なアイデアが事業化され、宇宙ビジネスの発展に繋がることを期待したい。

インタビューの 拡大版はこちら



2021年11月9日(日本時間)、地球に帰還した星出宇宙飛行士とグータッチをする速水FS。

©JAXA / NASA

有人宇宙開発を縁の下で支える専門職

## 宇宙飛行士の主治医、フライトサーजनとは？

地球とは異なる宇宙という環境下で、人間が健康を維持したまま生活を送るために欠かせない存在が、宇宙飛行士の主治医を務める「フライトサーजन」だ。今回話を聞いたのは、星出彰彦宇宙飛行士の専任フライトサーजनを務めた速水聡(以下、速水FS)。飛行前の健康管理から帰還後のリハビリテーションまでトータルでサポートした速水FSに、当時の思い出やこの仕事のやりがい、フライトサーजनを目指したきっかけなどについて聞いた。

取材・文:仲野聡子

臨床の現場で培ったチーム医療の経験がこの仕事に生きると思った

フライトサーजनになる前は、リハビリテーション医学の専門医として、地域医療に貢献してきた速水FS。「当時はフライトサーजनという言葉すら知

らなかった」と語るが、この職業に方向転換した理由はなんだったのだろうか。

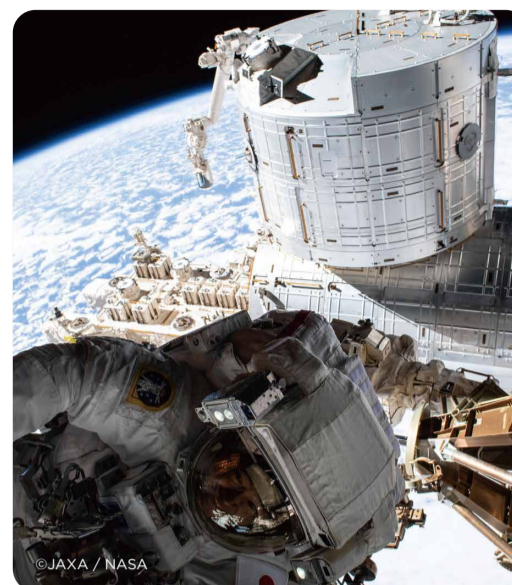
「JAXAで働いていた大学の先輩に『フライトサーजनに興味ある?』と聞かれたのがきっかけです。自分には知識がなかったのていろいろと調べたり、話を聞いたりしていたのですが、そのうちにこの仕事

には自分の経験が活きそうだな、と思うようになって」地域医療では医師、看護師、理学療法士やケアマネジャーなど、さまざまな専門職がチームを組み、患者を中心に何をしてどうアプローチするのを考えて動いていく。フライトサーजनもJAXAの医学運用チームの一員として、生理的対策担当、精神心理支援担当、放射線被ばく管理担当者やBME (Biomedical Engineer) などと連携しながら宇宙飛行士の健康管理を行うという意味で、地域医療と似たものを感じたという。

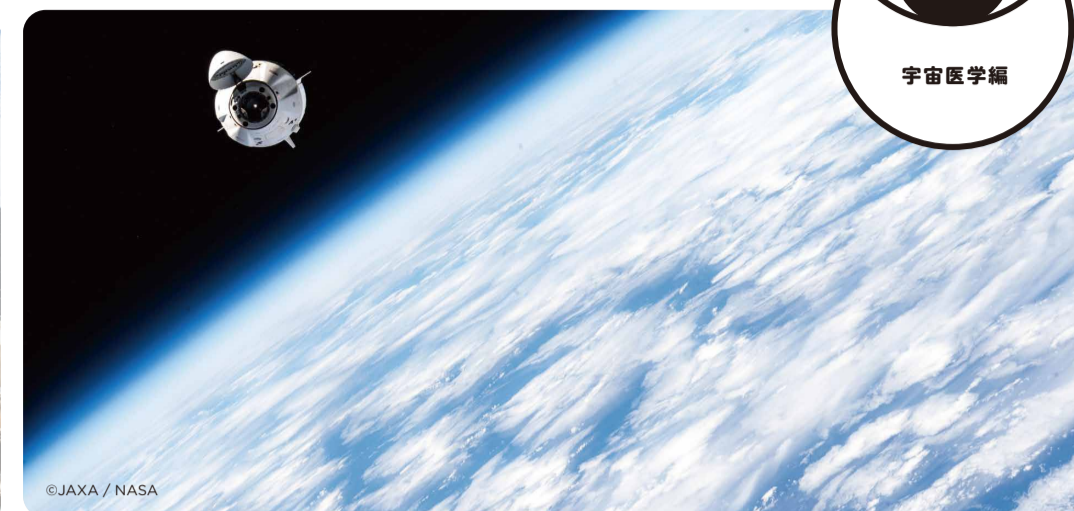
速水FSは2017年にJAXAへ転職し、米国にてフライトサーजनを養成する大学で航空宇宙医学に関する講義や連邦航空局のセミナーに参加し、NASAのジョンソン宇宙センターでは実際のフライトサーजनの働き方を学び約1年間の研修を修了。JAXA内部の認定審査に合格した後は国際宇宙ステーション(ISS)プログラムの国際的な認定審査を受け、星出宇宙飛行士の専任フライトサーजनに指名された。

専任フライトサーजनの主な仕事は、飛行前、打ち上げ時、飛行中、帰還時、飛行後(帰還後)のリハビリテーションも含めた宇宙飛行士の健康管理や軌道上の医学運用。特に「飛行前」と「打ち上げ時」、「帰還時」と「飛行後」など、フェーズが細かく分けられているのには意味がある。

「打ち上げ時は、非常に短い時間とはいえとてもダ



©JAXA / NASA



©JAXA / NASA

左:フライトサーजनとして速水FSがもっとも緊張する場面。船外活動を行う星出宇宙飛行士。右:ISSへのドッキングに向かう、星出宇宙飛行士を乗せた「クルードラゴン」。

イナミックに重力を含めた環境が変化します。また、ISS内の微小重力下から1Gの地球へ帰還する時も同じ。急激な環境変化に対して、どのように医学的な予測と対策を立てておくか。内服薬や注射薬なども含めて、綿密に準備・調整しておくことが必須です」星出宇宙飛行士を乗せた米SpaceX社「クルードラゴン」がケネディ宇宙センターから打ち上がったのは2021年4月23日(日本時間)。打ち上げ時は気がではなかったというが、無事にISSに到着したと聞いたときはホッとしたという。「星出さんがISSに到着した日の夜、NASA、ESAのフライトサーजनたちと一緒にケネディ宇宙センターの真上をISSが通過するのを見ました。少し前まで一緒にいた人が現在あそこにいるんだな、と思うとちょっと不思議な感じがありました」と当時の心境を語った。

ISS滞在中も、続く緊張感無事帰還しても、そこで終わりではない

ISS到着直後から連続して5日間、その後は週1回、星出宇宙飛行士とオンラインで面談しながら健康に問題がないかチェックする。幸い、微小重力下で起こる体調変化は想定内であった。しかし、ISS内とはまた違った作業環境下に置かれる船外活動時は、大きなトラブルが起こらないよう特に細かいモニタリングに余念がなかったという。

「宇宙飛行士が船外に出る6~7時間前から、約0.3気圧の宇宙服の中で活動するための処置が必要なんです。作業環境が大きく変化しますから、フライトサーजनがしっかりと医学面においてチェックし、何かあったときは迅速に対応しなくてはなりません。私は初めてのミッションだったこともあり、それなりに緊張したのを覚えています」

無事ミッションを終えて、星出宇宙飛行士が地球

に帰還したのは2021年11月9日(日本時間)のこと。帰還直後の「クルードラゴン」の中から星出宇宙飛行士がこちらに向かって手を振ってくれた。「その様子を見て、とりあえず大きな異常事態は起きていない、ということを確認でき、ひとまず安堵しました」と振り返る。

「星出さんが『クルードラゴン』から出てきてストレッチャーに乗るとき、私も直接サポートすることができました。その際、星出さんが私にグータッチを差し出してくれました。ただそのとき私は必死で、感慨に浸る間もなくグータッチを返したのですが、あとからその写真を見て、じわじわとうれしさが込み上げてきました。本当に、フライトサーजन冥利に尽きるな、と。宇宙飛行士に感謝されることは、一番ありがたいんです。JAXAに来る前、臨床で患者さんに感謝されたとき『医者をやっていたよかった』と何度も思いましたが、それと同じ感覚がそれ以上のものを後から感じました。もちろん現場ではここから体が地球の重力に適応していきますので、引き続き、その医学支援とリハビリテーションを支援するのが私の役目。専任フライトサーजनとして、ここからも気が抜けない、という気持ちになったことを覚えています」

誰もが安全に宇宙に行ける時代を目指してフライトサーजनが貢献できること

今後は有人月探査、そして遠い未来には有人火星探査の可能性もある。ISSとは違う時間感覚や環境下に置かれるなかで、宇宙飛行士の健康管理や体の変化はどこまで想定されているのだろうか。「これは常に検討されています。医学的な話を一つ挙げると、例えば火星探査中に宇宙飛行士の体調の急変にどう対応するかという課題があるので。現在、ISSプログラムでは体調の急変を含めて

何かあったときに緊急帰還することができます。従って数時間や1日程度の時間が稼げれば地球で必要な医療対応が可能です。しかし、月探査中や火星探査中ではそうはいきません。要は、地球に戻ってこなくても対処できるような医療体制はどうあるべきか、という議論が続いているんです」

有人宇宙開発の歴史が始まって以来、さまざまな研究や失敗、成功例などを重ねて、人間がより安全に宇宙に行ける手段は少しずつ確立してきている。「そういう意味では、死と隣り合わせの世界ではありますが、宇宙飛行士は現在半年から1年という単位で常に交代しながらISSに長期滞在しています。もちろん過信はできませんが、人々が恐れずに宇宙に行ける時代は、もうそこまで来ているのではないのでしょうか」

宇宙に行くのは生身の人間であるからこそ、突然何が起こるかかわからない。例えば心疾患を有する人が宇宙に行っても大丈夫なのか、というような話にはまだ議論の余地がある。「いまは健康な人を対象としている医学基準を一步前進させて、誰もが安全に宇宙に行けるよう担保することが、フライトサーजनの目標になってくると思います」と、そう遠くない未来に想いを馳せた。

「JAXAやNASAの現役の宇宙飛行士のなかで、医師の資格を持つ人は一定数います。医師と一緒に宇宙へ行くことにより解決方法が増えるならば、それはいいことですし、将来にフライトサーजन枠が設けられたなら私も宇宙へ行ってみたいですね。とはいえ、職業としての宇宙飛行士はとてもタフな職業。本当に頭が下がる思いです」

宇宙飛行士へ尊敬の念を抱きながら、フライトサーजनとしての責務を全うすべく走り続ける速水FS。特殊環境下で人間の健康を支える専門職は、有人宇宙開発の未来も支えている。



©JAXA / NASA



©JAXA / NASA

左:水上サバイバル訓練を行う星出宇宙飛行士と、それを見守る速水FS。右:野口、星出宇宙飛行士と共にISSの緊急事態対処訓練に参加(後列にJAXA、NASAのフライトサーजनが並び、速水FSは後列中央)。



ヒューストンの管制室で、NASAのフライトサーजनと、ここでISSの情報をモニターでチェックしながら、場合によっては交信も行う。



有人宇宙技術部門  
宇宙飛行士運用技術ユニット  
宇宙飛行士健康管理グループ  
主任医長

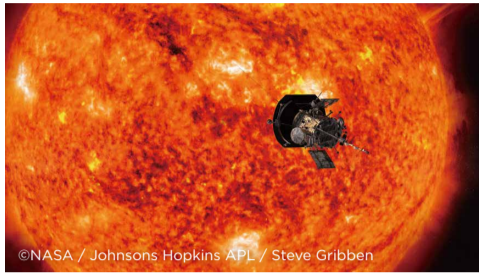
速水聡  
HAYAMIZU Satoshi

東京都出身。10年以上、地域・在宅のリハビリテーションに従事するリハビリテーション科専門医として勤務後、2017年より現職。趣味はフランクフルトボールと深海魚鑑賞。



12 DECEMBER TOPICS

- 15 ③ NASA、太陽観測探査機「Parker Solar Probe」が、昨年4月28日に世界初となる太陽の上層大気(コロナ)の通過に成功したと発表①
- 23 ② 三菱重工株式会社、英インマルサット社の衛星を搭載したH-IIAロケット45号機を打ち上げ
- 25 ③ ESA(欧州宇宙機関)、次世代宇宙望遠鏡「James Webb Space Telescope」を搭載したアリアン5を打ち上げ
- 31 ③ 米バイデン政権、国際宇宙ステーション(ISS)の運用を2030年まで延長すると発表



「Parker Solar Probe」が太陽に接近するイメージ図

# NEWS HEADLINES

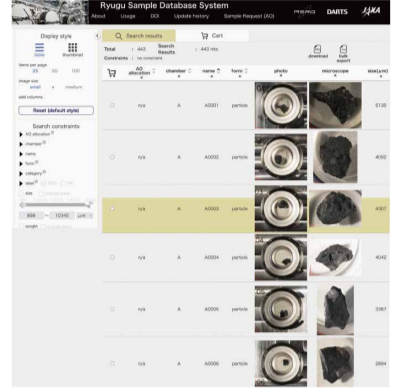
宇宙と航空にまつわる世界のニュース

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します  
\*海外のニュースは現地の日付

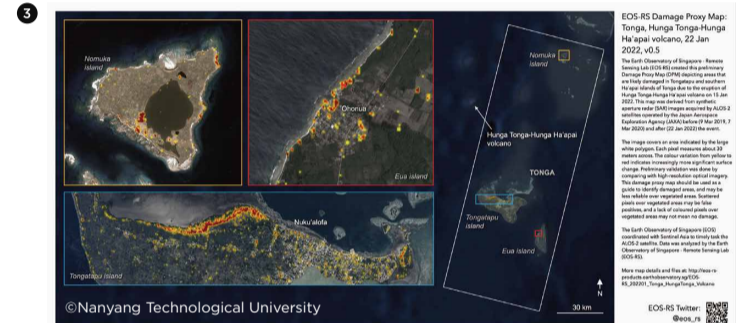
- ③ ... JAXA
- ② ... 日本
- ③ ... 海外

1 JANUARY TOPICS

- 13 ③ JAXA、リュウグウ試料データベースをWebカタログとして公開②
- 17 ③ ② JAXAと一般社団法人日本災害食学会(JDFS)が連携。JAXAの「宇宙日本食」に認証された食品は、JDFSの「日本災害食」の審査項目で重複する審査が省略可能に
- 17~ ③ ② JAXA、センチネルアジアからの要請を受け、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」によるトンガ王国の火山噴火および津波被害を緊急観測。観測したデータは、被害状況の把握に活用された③
- 19 ③ JAXA、未来につながる「きぼう」利用の姿を議論することを目的に、「きぼう」利用シンポジウム2022」(1回目)をオンラインで開催。1月26日、2月2日、16日の全4回



一粒一粒に対して、写真やサイズなど様々な情報が掲載されている



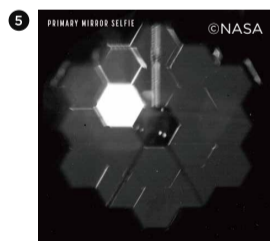
「だいち2号」などの観測画像をもとに南洋理工大学が作成した災害地図

2 FEBRUARY TOPICS

- 8 ② ③ 神奈川大学、同大の宇宙エレベータープロジェクトで研究・開発している昇降実験機が、世界最速の時速100km(ベルト上の走路を垂直に昇る条件)を達成したと発表
- 10 ③ NASA、太陽観測探査機「Parker Solar Probe」が世界で初となる金星の表面の可視光画像を撮影したと発表④
- 11 ③ NASA、次世代宇宙望遠鏡「James Webb Space Telescope」からの自撮り写真を公開⑤
- 15 ③ 米ヴァージン・ギャラクティック社、一般向けに宇宙飛行の販売を始めると発表。価格は450,000ドル(1ドル115円換算で5,175万円)



金星の表面の可視光画像。金星スイングバイ時に撮影された



James Webb Space Telescopeが撮影した自身の主鏡部分



「おおいたそらほく」でのJAXAブース



宇宙往還機Dream Chaser®

3 MARCH TOPICS

- 2 ② 国内企業16社、国産SAF(持続可能な航空燃料)の商用化などに取り組む有志団体「ACT FOR SKY」を設立
- 4 ③ JAXA、宇宙飛行士候補者の応募受付を終了。この時点での手続き完了者は1,563名(女性割合:20%)と発表  
※最終的な応募者数は、健康診断結果の提出期限(4月4日)後に確定  
※前回2008年の応募者数は963名(女性割合:13%)
- 9 ② 学習院大学とSpace BD株式会社、カリキュラム共同開発に向け産学連携。「宇宙利用論」を全学共通科目として2023年度に開講すると発表

**JAXA**  
www.jaxa.jp  
@JAXA\_jp  
jaxachannel  
facebook.com/jaxa.jp



来をどう創っていくのか、そんなことにも思いを馳せたいと思います。今回の特集は「JAXAと時間」。人に伝えたいような、そして新しい視座を得られるような「時間」を集めました。(JAXA's編集長 佐々木薫/広報部長)

宇宙の「宇」は四方上下に広がる空間で「宙」は過去と今から来る時間、と紀元前中国の思想哲学書「淮南子」では示されています(往古来今謂之宙、四方上下謂之宇)。そう、宇宙とは時間と空間の集大成。私たちが見ることができる過去からの光とそこから感じられる広がりを通じ、これから私たちはどうなっていくのか、どこへ向かうのか、未来をどう創っていくのか、そんなことにも思いを馳せたいと思います。今回の特集は「JAXAと時間」。人に伝えたいような、そして新しい視座を得られるような「時間」を集めました。(JAXA's編集長 佐々木薫/広報部長)

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:野村紀沙枝 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:戸高良彦、栗原淳(マガジンハウス CREATIVE STUDIO) 発行日:2022年3月29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

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