

はやぶさ 2 のカプセル回収、豪州砂漠に着地 JAXA

科学&新技術 2020年12月6日 3:07 (2020年12月6日 8:50更新)

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は6日未明、小惑星探査機「はやぶさ2」を離れたカプセルがオーストラリア南部の砂漠に着地したと発表した。現地で待機する JAXA のチームは午前4時47分、ヘリコプターでカプセルを発見し、同7時32分カプセルを回収した。



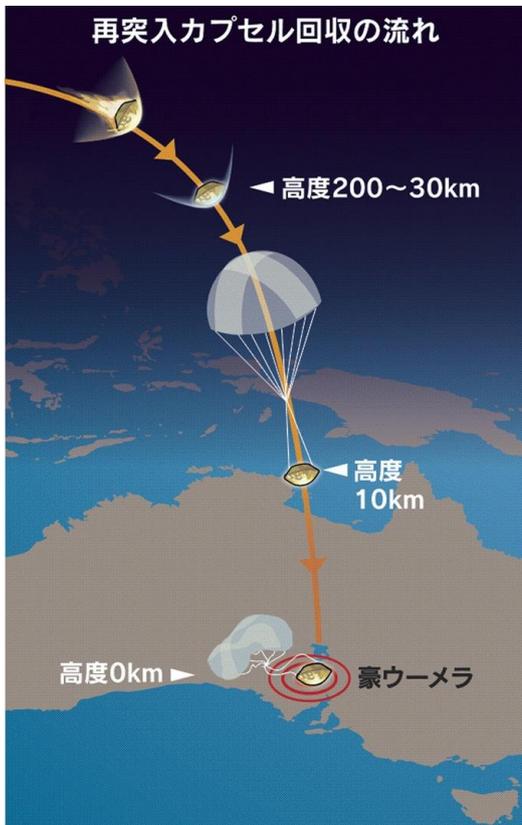
投下したカプセルが大気圏に突入したことを確認し、管制室で喜ぶ JAXA のスタッフら（6日未明、神奈川県相模原市）=モニター画面より

カプセルは、地球と火星の間を回る小惑星「リュウグウ」で取った砂が入っているとみられる。2010年に世界で初めて小惑星の一部を持ち帰った先代「はやぶさ」に続く快挙となった。カプセルの着地後、津田雄一プロジェクトマネージャは「本当に良かった。感動している」と語った。

遠い天体に着陸して物質を持ち帰る「サンプルリターン」に再び成功し、日本の技術力を世界に示した。高度な無人探査技術は月やその先の火星に向かう足がかりとなり得る。世界の宇宙開発競争に加わるなかで日本の強みとなる。はやぶさ2は5日午後、地球から22万キロメートルの地点でカプセルを切り離した。はやぶさ2本体は軌道を変え、新たな小惑星の探査に向かった。

カプセルだけが6日午前2時半ごろに大気圏に突入し、最高3000度の熱に耐えて落下。流星のように光る「火球」となり、パラシュートで減速して豪州南部ウーメラ地区の砂漠に舞い降りた。

カプセルは100キロメートル四方程度の着地予定区域内で見つかった。宇宙からたどり着くには、針の穴を通すような精密な制御が必要だった。カプセルは直径40センチと小さいが、JAXAはカプセルが放つ信号などを頼りに着地地点をほぼ特定し、豪空軍の協力も得て発見した。専用の密閉容器に入れ、早ければ8日にも日本に到着する見通しだ。JAXA 宇宙科学研究所の久保田孝教授は「長い苦勞が報われた。カプセルを地球に戻せたのは本当にすごい」と振り返った。カプセルの回収で、リュウグウを巡る52億キロメートル、6年間にわたる旅は終わりを迎える。次はリュウグウで取ったとされる砂の存在が焦点となる。



はやぶさ2は19年2月と7月にりゅうぐうに着陸し、地表と地中の両方から砂をカプセルに取り込んだとみられる。同4月には地表に弾丸を撃ち込み、地中の物質を露出させる実験にも成功した。月より遠い天体の地中にあった砂を持ち帰れば世界初の快挙だ。小惑星は、地球のような惑星になりそこなった天体だ。太陽系が誕生した約46億年前の様子を残す「太陽系の化石」とされる。なかでも、りゅうぐうは「C型」と呼ばれ、生命のもとになる炭素が豊富なタイプの小惑星だ。地球の生命は、太古の地球に衝突した小惑星が含んでいた有機物や水分がもとになったとする仮説がある。りゅうぐうの砂が含む物質を調べれば、私たち地球の生命がどこから来たのかといった謎や太陽系の成り立ちに迫る手掛かりをつかめる。

地中の物質は太陽光や宇宙線による「宇宙風化」の影響を受けにくく、「新鮮」な状態を保ちやすい。さらに現地の豪州で回収直後のカプセルからガスを取り出して簡易分析もする。りゅうぐうの物質が放出した可能性があるガスまで漏らさず調べようという日本独自の試みだ。小惑星について多くの情報が集まると期待が膨らむ。



6日未明、オーストラリア南部クーバーペディの上空で観測された、大気圏に突入した「はやぶさ2」のカプセルの火球=共同

小惑星のかけらがいったカプセルを地球に投下した小惑星探査機「はやぶさ2」のイメージ=JAXA提供
カプセルを迎える国内では既に準備が進む。JAXAは宇宙科学研究所（相模原市）に、地球の物質と混ざらないように真空や窒素を満たした環境でカプセルの中身を仕分ける専用設備を用意した。12月中旬にはどれだけの量を取ってきたのか判明する見通しだ。

エンジン故障などトラブルが続き、満身創痍（そうい）で帰還した初代はやぶさはカプセルとともに大気圏に突

入して燃え尽きた。はやぶさ 2 は健全な機体と残りの燃料を活用し、次は地球と火星の間を回る小型の小惑星「1998KY26」の探査に向かった。到着は 31 年 7 月ごろの見通しだ。

この小惑星は平均直径が約 30 メートルと、約 900 メートルのりゅうぐうと比べて小さい。約 10.7 分に 1 回転と高速で自転しており、探査されたことがない種類の小天体だ。はやぶさ 2 の打ち上げから 17 年近くの長期にわたって探査が続くことになり、探査機の想定寿命を超えた未知の領域に挑む。

<https://news.mynavi.jp/article/20201205-1560816/>

はやぶさ 2 が軌道制御「TCM-5」の噴射を完了、新たな旅路へ！

2020/12/05 16:45 2020/12/05 17:30 著者：大塚実

宇宙航空研究開発機構(JAXA)の小惑星探査機「はやぶさ 2」は 12 月 5 日 16 時 30 分頃(日本時間)、軌道制御「TCM-5」の 3 回の噴射を無事完了した。この運用により、同探査機の地球への落下は回避。この後、高度 290km あたりを飛行して、地球スイングバイを実施、新たな目的地となる小惑星「1998 KY26」「2001 CC21」へと向かうことになる。



TCM-5 の完了を確認したときの管制室の様子。中央は喜びを爆発させる津田雄一プロジェクトマネージャ(C)JAXA イベントライブ配信専用チャンネル

再突入したカプセルと上空を飛行する探査機本体のイメージ CG (C)JAXA

再突入カプセルは 12 月 6 日 2 時 28 分 27 秒に、大気圏へ再突入する予定。はやぶさ 2 はその上空を並走する形で飛行しており、火球となって発光する再突入カプセルの宇宙からの撮影にもチャレンジする。

初号機ときは、探査機本体も一緒に再突入したため、不本意ながらも感動的な演出となってしまった。しかし今回は、探査機本体の回避に成功し、予定通りカプセルのみの帰還のため、見える火球は 1 個だけになる。初号機と比べると“控えめ”な帰還ではあるものの、このただ 1 つの光こそが、すべてを予定通りに成功させた誇りの輝きである。

https://www3.nhk.or.jp/news/special/hayabusa2/articles/article_09.html?render-type=1206

カプセル回収の「6 段構え」

カプセルは日本時間の 2020 年 12 月 6 日、午前 2 時から午前 3 時ごろにかけて、オーストラリア南部のウーメラという村の近くにある砂漠に落下させる予定です。2020 年 12 月 1 日



「はやぶさ 2」カプセルの落下予定区域／オーストラリア南部の砂漠(写真提供

JAXA)

カプセルは秒速 12 キロで大気圏に突入し、高度 1 万メートルでパラシュートを開くと同時に位置を知らせる「ピ

ーコン」を出しながら緩やかに落下します。

カプセルが落下する範囲は、どんなに正確に制御しても、100キロ以上の誤差は出るとされています。

このカプセル内の貴重なサンプルを絶対に回収するため、「6段構え」の態勢で待ち受けることにしています。

第1段の構え

第1段は、大気圏を落下してくるカプセルが高温になって光る様子を地上に設置した観測機器で測定して落下地点を割り出します。

第2段の構え

第2段として、雲がでて、光るカプセルを地上から観測できない場合に備えて、NASAの航空機を飛ばすよう依頼して、雲の上からも観測します。

第3段の構え

第3段は、「ビーコン」の受信です。カプセルは高度1万メートルまで落下すると、パラシュートを開き、同時に位置を知らせる電波信号、「ビーコン」の発信を開始します。

この「ビーコン」を受信するアンテナを地上の5か所に設置してカプセルの位置を割り出します。

第4段の構え

また、第4段として、地上に4つのレーダーを設置します。パラシュートを開いたカプセルをレーダーで検知して落下位置を探ります。

第5段の構え

第5段はヘリコプターによる搜索です。カプセルが地上まで到達すると、地上に設置した「ビーコン」の受信機や「レーダー」では探知できなくなります。そこで登場するのがヘリコプターです。

「ビーコン」の受信機を搭載して、上空から信号を捉えます。

第6段の構え

第6段はヘリコプターを補完するために飛ばす「ドローン」です。ヘリコプターよりも小回りのきくドローンを飛ばし、上空からの映像でカプセルを見つけ出します。回収チームは、「これでもか！」という6段構えを用意していて、万全の態勢でカプセルの帰還を待ち受けています。

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO66175030T11C20A1I00000?unlock=1>

はやぶさ2の長旅支えた技術者 NEC、悲願の帰還再び

宇宙大航海に挑む (1) [宇宙大航海に挑む](#)

2020年11月29日 2:00 (2020年11月30日 2:00更新) [有料会員限定]

12月6日、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の小惑星探査機「はやぶさ2」が6年の旅路を終えて地球に戻ってくる。日本の技術力が世界で再評価されるなか、技術者たちはすでに次の宇宙大航海をにらむ。宇宙ビジネスを巡っては米テスラなどの新興勢のほか中国やインドといった大国が台頭し競争は激しくなる。日本の開拓者の今を追う。「最後まで良い子でいてくれた」。NECの宇宙システム事業部主任、碓井美由紀さん（36）は9月、「我が子」の長旅が終盤を迎え安堵の表情を浮かべた。はやぶさ2の安定飛行を支えた立役者である「イオンエンジン」の開発を担当した。

入社3年目で開発リーダー

イオンエンジンは「初代はやぶさ」にも搭載された電気推進エンジンの一種。地上では1円玉程度の重さを持ち上げる力しかない。だが空気抵抗がない宇宙では連続噴射すると、時速7200キロメートルもの加速力に達する能力がある。碓井さんは2008年にNECに入社し、一貫してイオンエンジンの開発に携わってきた。満身創痍（そうい）で地球にたどり着いた初代はやぶさに日本中が胸を熱くした10年、後継機への期待がかかるなか次期イオンエンジンの開発リーダーを託されたのが、大学院から研究を続けていた入社3年目の碓井さんだった。

「はやぶさや諸先輩の七光に頼っている気分だった」。イオンエンジン開発の後継者に抜てきされた当時の心境をこう振り返る。

イオンエンジンとの出会い

碓井さんは入社後、一貫してイオンエンジンの開発に携わってきた

小学5年生の時に、日本人女性初の宇宙飛行士となった向井千秋さんに憧れた。宇宙への思いを諦めきれず受験した東京大学大学院で国中均教授(現 JAXA 宇宙科学研究所所長)に出会った。ここでイオンエンジンを知った。ユニークなイラストを交えて未来を語る国中さんのプレゼンテーションを見て「なんて面白い先生なんだ」と引き込まれ、研究室の門をたたいた。

初代イオンエンジンの開発を指揮した NEC の堀内康男さんも頻繁に研究室に出入りしていて交流があった。「研究が続けられる」。NEC に入社したのは自然な流れだった。

だが、技術開発に没頭できるとの期待はすぐに裏切られる。開発を主導する立場になった入社3年目、次期イオンエンジンは実用化や商用化を見据えていた。堀内さんは既に部署を離れていた。当時、碓井さん以上にイオンエンジンを熟知する社員は周囲にいない。技術面で重責を負う一方、コスト管理や品質保証、スケジュール管理といった慣れない仕事に忙殺された。社内の各部署との調整や、JAXA との打ち合わせに追われた。JAXA で当時、はやぶさ2のプロジェクトマネジャーを務めていた恩師の国中さんとも受注メーカーと顧客という関係で度々向き合った。トラブルが起きた場合は責任をどちらが担うのか、といったシビアな話し合いを続けた。「メーカーとは何かを自問自答する日々だった」

けんかで目が覚める

碓井さんは宇宙ビジネスの安定した収益化と後継者育成にも挑む(手前は設計を手掛けたイオンエンジンの模型)ギャップに悩んでいたある日、当時の上司と開発の進め方を巡って大げんかになった。悔しくてもプロジェクトは進まない。「1人で頭を悩ませて技術開発をしてもダメだと痛感した」。技術分野以外に時間を割くのは本意ではないとの思いはがらりと変わった。どうすれば周囲がついてきてくれるかを考え、全て紙に書き出した。メーカーとしての向き合い方が明確になっていった。

打ち上げを10カ月後に控えた14年2月。雪が舞うなか迎えた初めての本格的な実験では、エンジンが正常に稼働しないというトラブルもあった。碓井さんはスケジュールを調整して何とか切り抜け、2年半という短期間でイオンエンジンの推力向上や長寿命化を成功させた。

NEC は1970年に打ち上げられた日本初の人工衛星「おおすみ」以来、多数の人工衛星を開発・製造してきた。祖業である通信技術などを生かして国内でパイオニアとして宇宙産業をけん引し、20年春には悲願となるベトナムへの海外輸出にもこぎつけた。ただ量産型ビジネスではないため、受注によって毎年売り上げが大きく異なる「かじ取りの難しい事業」(同社幹部)でもある。宇宙分野の売上高は年500億円程度としており、3兆300億円を見込む21年3月期の連結売上高に占める貢献度は大きくない。碓井さんの目下の課題は宇宙ビジネスをどうやって安定した収益につなげていくか、後継者をどう育てていくかだ。

2児の母、挑戦は続く

初心をよく振り返る。向井千秋さんに憧れ宇宙をめざすという熱い思いだ。院生として参加した学会で本人を見つけて駆け寄ったこともある。女性研究者としての活躍を鼓舞されたことが忘れられない。

2児の母でもある。時間をやりくりして働く日々。くじけそうになると向井さんの言葉を思い出して自らを奮い立たせる。自身の性格を「困難に燃えるタイプ」と評する碓井さん。宇宙は収益化がうまくいかない、と指摘されることがあるなか「いつまでも、そうは言わせない」と語る。

■裏方に徹する門外漢

益田さんは「はやぶさ2」のシステム設計や運用に携わってきたもう一人、はやぶさ2の帰還を心待ちにする技術者が NEC にはいる。益田哲也さん(33)。11年に NEC に入社し、はやぶさ2のシステム設計や運用に携わってきた。打ち上げや惑星への着陸に向け、JAXA と連携して綿密な手順書などを準備してきた。

学生時代は宇宙とは直接関係のない制御工学を学んだ。就職活動の際に宇宙を仕事にしたいと一念発起し、NECに入社してはやぶさ2のシステムを一から学んできた。一部の専門知識にとらわれない「門外漢」であることは強みでもある。益田さんの役目は顧客であるJAXAの思いをくみ取り、本当にやりたいことを掘り下げていくことだ。調整役に徹する時もあるが「作りたいという周囲の思いをかなえるのがやりがい」と話す。

「りゅうぐう」着陸で裏方

益田さんの「裏方力」は、はやぶさ2の安定飛行にもつながった。小惑星「りゅうぐう」に着陸するという最大のヤマ場を控えた18年秋。岩石に覆われた険しい地形が明らかになり、計画が危ぶまれた。

はやぶさ2が降下していくために益田さんらが3年以上をかけて用意したのは2400万文字を超える膨大な手順書だ。着陸は当初の予定から約4カ月後に延期されることになり急ピッチでの修正を余儀なくされた。

19年2月、綿密なJAXAとのやりとりを経て計画は実行されることになる。半径3メートルの平地に着陸する難しい作業に管制室には緊張が走った。

益田さんの裏方力が「はやぶさ2」の安定飛行を支えた

地球の管制室から、はるかかなたのはやぶさ2に指令が届くのは約20分後。着陸を指示する最後の指令を出したあと、30分以上見守るしかない時間が続いた。「あまりにも長すぎた」と振り返る。静観の後、着陸成功を知らせるデータを受信したとき、管制室は喜びに沸いた。この時、益田さんがJAXAの要望に応じて実行したことがもう一つあった。「はやぶさ2が着陸する直前の惑星の写真を撮りたい」。細心の注意を払うミッションの裏でも、はやぶさ2の偉業を最大限に生かしてあげたいというJAXAのささやかな思いに応えていた。

童心が推進力

宇宙ビジネスで益田さんが頼りにするのが、はやぶさの経験を生かして作られた教訓リストだ。はやぶさに関わった研究者たちが開発を振り返り、情報を集めた。益田さんは膨大な項目に目を通し、はやぶさ2の運用に生かしてきた。12月6日の地球帰還を前に気の抜けない日々は続く。「初代はやぶさから関わってきた多くの関係者の思いを、最後に成果にするのが運用の仕事だ」（益田さん）。根気のいる長期プロジェクトを駆け抜ける支えになったのは、ベテラン研究者らが我先にモニターに駆け寄る姿だ。宇宙に導かれた益田さんの童心と何も変わらない姿に、仕事への自信を深めた。宇宙ビジネスは大きなプロジェクトが常にあるわけではない。「後輩につながる場をつくっていききたい」。夢中になれる新たな場を求めて、早くもはやぶさ2の「次」を見据えている。

(水口二季)

<https://sorae.info/space/20201203-nearmiss.html>

ロシアとインドの地球観測衛星がニアミス、数百メートルまで接近

2020-12-03 [松村武宏](#)



地球低軌道を周回するスペースデブリ（宇宙ゴミ）のイメージ図（Credit: ESA）

ロシアの国営宇宙企業ロスコモス（Roscosmos）は現地時間11月27日、ロシアとインドで運用中の地球観測衛星が数百メートルまで接近するニアミスが発生したと発表しました。ロスコモス傘下の中央機械建設研究所（TsNIIMash）によると、ニアミスが発生したのは日本時間2020年11月27日10時49分のこと。接近したの

はロシアの「Kanopus-V」とインドの「CARTOSAT 2F」とされており、両衛星は224メートルまで危険なほど接近したと発表されています。いっぽう、インドのザ・タイムズ・オブ・インディアは現地時間11月28日付で、「衛星は4日間追跡されており、ロシアの衛星との距離も約420メートル離れています。衝突を防ぐための回避マヌーバは150メートルまで接近した場合にのみ行われます」とするインド宇宙機関（ISRO）のシヴァン議長の言葉を伝えています。シヴァン議長は、同じような軌道を周回する人工衛星どうしが接近するのはめずらしいことではないとも付け加えています。地球低軌道の利用が進むにつれて運用中の人工衛星は増えており、近年ではスペースXの衛星ブロードバンドサービス「スターリンク」のように数千～数万基の衛星で構築される衛星コンステレーションの整備も進められています。欧州宇宙機関（ESA）によると、運用中の衛星はアメリカの宇宙監視ネットワークなどによって状況が把握されていて、地球低軌道にある一般的な衛星については衝突の危険性が毎週何百も報告されているといいます。その後の追跡によって多くのケースでは回避が不要であることが判明するものの、衝突の確率が高いケースでは衝突回避マヌーバ（別の人工衛星やデブリとの衝突を回避するための軌道変更）が準備・実行されることとなります。また、寿命や故障などで運用を終えた衛星や打ち上げに使われたロケットの一部、破損した衛星の破片といったスペースデブリ（宇宙ゴミ）も増加の一途をたどっています。ESAの衛星は2019年の時点で平均して1年間に複数回の衝突回避マヌーバを実施する必要があり、その多くはスペースデブリが原因だといいます。2020年9月には国際宇宙ステーションもデブリ回避マヌーバを実施していますが、NASAのブライデンスタイン長官によると2020年のデブリ回避マヌーバはこれで3回目とされています。制御できないスペースデブリとの衝突を防ぐべく、軌道上からデブリを除去したり、不要になった人工衛星を速やかに減速・落下させるための装置の開発などが国内外で進められています。ESAはスイスのスタートアップ企業クリアスペース（ClearSpace）とともに世界初のスペースデブリ除去を2025年に実施する予定で、日本でもスカパーJSATがレーザーアブレーション（レーザー光を当てたごく一部分を加熱・蒸発させる技術）を利用したスペースデブリ除去サービスの2026年開始を目指しています。

関連：[スカパーJSAT、デブリ除去サービス事業に着手。レーザー搭載衛星を開発へ](#)

Image Credit: ESA Source: [Roscosmos](#) / [TOI](#) / [ESA](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20201203-minimoon.html>

2020年11月から地球を周回している「ミニムーン」やはり人工物だった

2020-12-03 [松村武宏](#)



1966年5月に月探査機「サーベイヤー1号」を乗せて打ち上げられた「アトラス・セントール」ロケット。同年9月の「サーベイヤー2号」の打ち上げにも同じロケットが使われた（Credit: NASA）

NASAのジェット推進研究所（JPL）は、一時的に地球を周回するいわゆる「ミニムーン（英：minimoon）」になっている小惑星「[2020 SO](#)」について、[1960年代に打ち上げられたロケットの一部であることが確認されたこと](#)を発表しました。2020 SOの正体は天然の小惑星ではなく、米ソ宇宙開発競争の時代に使われたロケットに由来する人工物だったこととなります。関連：[地球のもうひとつの月「ミニムーン」再び。今度は人工物かも](#)

2020 SOは2020年9月17日にハワイの掃天観測プロジェクト「パンスターズ（Pan-STARRS）」によって発見

されました。小惑星として推定されたサイズは 6~14m で、ジェット推進研究所によると 2020 SO は 2020 年 11 月 8 日に地球のヒル球 (Hill sphere) (※) に入り、2020 年 12 月 1 日に地球から約 5 万 km まで最接近。その後は 2021 年 3 月に地球を離れて太陽を公転する軌道に戻るとみられています。

※...重い天体 (例: 太陽) を周回する天体 (例: 地球) の重力が、重い天体の重力を上回る範囲。太陽を周回する地球のヒル球は半径約 150 万 km (地球から月までの距離の約 4 倍)



2020 SO の動き (黄色) を示した動画 (Credit: NASA/JPL-Caltech)

発見後の観測によって、2020 SO の軌道は地球の公転軌道に対してほとんど傾いておらず、地球よりも少しだけ太陽から離れたところ (公転周期は約 386 日) を周回していることが判明。このことから、2020 SO は天然の小惑星ではなく人工物ではないかと早い段階から指摘されていました。

NASA の地球近傍天体研究センター (CNEOS) で所長を務めるジェット推進研究所の Paul Chodas 氏によると、2020 SO の軌道をさかのぼって分析したところ、過去数十年のあいだに地球へ数回接近していただけでなく、1966 年 9 月下旬には地球と月に非常に接近していたことが明らかになったといえます。



1964 年に撮影されたセントール上段ステージ。サーベイヤー2号の打ち上げにも同様の上段ステージが使用された (Credit: NASA)

2020 SO の分光観測に用いられた NASA 赤外線望遠鏡施設 (IRTF) (Credit: University of Hawaii Institute for Astronomy / Michael Connelley)

その時期に一致する 1966 年 9 月 20 日、NASA は月の「中央の入江」への着陸を目指して月探査機「サーベイヤー2号」を打ち上げていました。サーベイヤー2号はトラブルに見舞われた結果コペルニクス・クレーター近くの月面に衝突したとみられていますが、2020 SO はこの打ち上げに使われた「アトラス・セントール」ロケットの上段ステージ「セントール」なのではないかと Chodas 氏は指摘していました。

アリゾナ大学月惑星研究所の Vishnu Reddy 氏らはこの指摘をもとに、ハワイのマウナケア山にある NASA 赤外線望遠鏡施設 (IRTF) を使って 2020 SO の分光観測 (光を虹のように波長ごとに分けて調べる観測手法) を実施。1971 年に通信衛星の打ち上げに使われて現在も静止トランスファ軌道を周回する別のセントール上段ステージの観測データと 2020 SO の観測データが一致したことから、2020 SO はセントールであると結論付けられています。 Image Credit: NASA Source: [NASA/JPL\(1\)](#) / [NASA/JPL\(2\)](#) 文/松村武宏

地球に知的生命体が誕生したのは奇跡。異星にはどこにも存在しない可能性が高い

とする研究者

12月4日（金）20時30分 [カラパイア](#)



地球に知的生命体が誕生したのは奇跡とする研究者 /iStock iStock

宇宙はとてつもなく広い。地球以外にも知的生命体が存在し、地球外文明があってもおかしくない。そう考えるのは当然だろう。なのに、いまだ地球以外の場所で生命すら発見されていないという矛盾。これが「[フェルミのパラドックス](#)」で多くの研究者が頭を悩ませてきた。英オックスフォード大学人類未来研究所では、地球上で生命の進化が起きる確率について分析している。その最新の成果によると、どうやら地球以外の場所で知的生命体が誕生することは事実上あり得ないと考えられるようだ。つまり宇宙の中で知的生命体が存在するのは地球だけということになる。

・宇宙で生命は一般的な現象か、それとも珍しいのか？

地球上に最初の生命が誕生したのは、およそ40億年前のことだと考えられている。

地球の年齢が45億年であることを考えれば、かなり初期に誕生したとみなすことができ、この事実は単純な生命なら宇宙においてかなり一般的な存在であることを示す証拠として挙げられることもある。

一方で、生命は宇宙広しといえども極めて稀な現象であるという説もある。そもそも生命が誕生するためにはいくつもの幸運に恵まれなければならない。

地球の場合、まず適切な地表の温度と、宇宙から降り注ぐ脅威からの保護という幸運があった。さらに地球に生命を構成する素材が存在したという幸運にも恵まれた。そうした素材がただ存在しただけでなく、地表できちんと利用できるような場所にあったのも幸いだった。

もっとも原始的な生物が誕生できたのは、これらの幸運が重なった結果だ。

・奇跡の連続で知的生命体が誕生した地球

こうして誕生した生命は、とてつもない幸運に何度も恵まれたおかげで、ついに知的生命にまで進化することができた。だが生命進化の要所要所では、そうした幸運にさらに輪をかけたようなとびきりの超幸運があった。ある意味奇跡だ。たとえば多細胞生物の登場は、過去に40回は独立して起きたと考えられている。しかし原核生物から真核生物への進化は数10億年を経てようやく1度起きただけで、多細胞生物への進化よりもはるかに確率的に低いと推測することができる。しかも生命が存在できる時間は無限ではない。地球に知的生命が誕生するまでには45億年という歳月がかかっているが、あと10億年もすれば太陽が膨張を始めて、その熱によって地球は生命が住めない場所になる（このことは知的生命は地球の生命存在可能期間の後期になってようやく出現したということでもある）。つまり有限の期間の中で、起きるかどうかわからない稀な進化的変遷をいくつも経ねば、知的生命は誕生できないということだ。このことから、仮に地球とまったく同じ環境を用意できたとしても、再び人間のような存在が誕生する可能性はほとんどないだろうという見解もある。



iStock



Pixabay

・知的生命体が誕生するには本来長い時間が必要

『[Astrobiology](#)』（11月19日付）に掲載された研究では、現時点で手に入る情報から知的生命の進化に欠かせない超重要イベントの発生確率を計算し、ある惑星で生命が存在できる期間内に知的生命が誕生する可能性について考察している。その超重要イベントとは、「生命の誕生」「真核生物の誕生」「性生殖の発達」「知性の発達」だ。地球に生命が誕生したのは40億年前、単なる分泌物のようなものから真核生物が誕生したのは20億年前、分裂のような無性生殖から有性生殖へ代わり、DNAが混ざって突然変異や種の発達が加速したのは12億年前、そしてごく最近の知性の発達。こうした情報をもとに、ベイズモデルが導き出した答えは、おそらくこれまで地球上で起きたことは、本来もっとずっと長い時間、地球の寿命より桁違いに長い時間がかかるものだったはずというものだ。

・人間の存在は奇跡

冒頭のフェルミのパラドックスの問いに戻ろう。「彼らはどこにいるんだ？」

今回の研究によるならば、どこにもいない可能性が高いという。知的生命が誕生するには、惑星の寿命は短すぎると考えられるからだ。もちろんこの結果は、地球というたった1つの惑星の出来事のみに基づいており、しかもいくつもの仮定に依拠したものだ。だから必ずしも正しいわけではないし、他にもいくつもの説が存在する。だが仮にこの説が正しかったとしたら、我々人類がいかに貴重な、文字通り奇跡のような存在であるということを証明することになるのだ。地球人は唯一無二の知的生命体と考えるか、やはり他にも知的生命体が存在すると考えるか、どちらを信じるにしてもそこに夢もロマンもあるじゃない？

References:[popularmechanics](#)/ written by hiroching / edited by parumo

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/20/120400712/>

ヒトはどこまで「老い」を克服できるのか、宇宙で進む研究

筋肉の減少を防ぐ薬の開発も、骨や筋肉の衰えが早まる宇宙環境 2020.12.05



NASAの元宇宙飛行士で一卵性双生児のマーク・ケリー氏（左）とスコット・ケリー氏（右）。2015～16年の1年間、スコット氏は国際宇宙ステーション（ISS）に滞在し、マーク氏は地上にいた。科学者たちは、宇宙での生活がスコット氏の体に及ぼす影響を調べ、その変化をマーク氏のデータと比較した。（PHOTOGRAPH BY ROBERT MARKOWITZ, NASA）[画像のクリックで拡大表示]

2015年4月14日、ISSでマウスの実験を行うNASAの宇宙飛行士テリー・バーツ氏（右）とスコット・ケリー

氏。実験は、宇宙滞在がマウスの筋肉、骨格、神経系に及ぼす影響を調べた民間の研究「Rodent Research-2（げっ歯類研究2）」のためのもの。（PHOTOGRAPH BY NASA）[画像のクリックで拡大表示]

ISSでげっ歯類を飼育するためのNASAの飼育箱。手を入れるための窓が2つあり、そのうちの1つが開いている。（PHOTOGRAPH BY DOMINIC HART, NASA）[画像のクリックで拡大表示]

ギャラリー：息をのむほど美しいISSからの写真15選（写真クリックでギャラリーページへ）

2016年1月20日、スコット・ケリー氏と欧州宇宙機関（ESA）のティム・ピーク飛行士が公開したオーロラの写真。地球の磁場・大気と高エネルギー粒子が反応して、光が舞っているように見える。（PHOTOGRAPH BY SCOTT KELLY, NASA）[\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

年を取れば人は老化する。だがそうした変化が、別の原因でも引き起こされることはあまり知られていない。宇宙旅行だ。このたび、学術誌「Cell」とその姉妹誌である「Cell Reports」「iScience」「Cell Systems」「Patterns」の5誌が連携し、「宇宙飛行の生物学」というテーマの下、一挙に29編の論文を11月25日付けで発表した。

研究に参加した科学者は総勢200人以上。宇宙滞在の経験者全員の1割以上に当たる56人の宇宙飛行士を対象に、宇宙滞在がもたらす生物学的な影響を調査した。結果、宇宙での暮らしが、人間や動物の遺伝子、ミトコンドリアの機能、細胞内の化学的バランスを乱し、健康に様々な影響を引き起こすことなどが報告された。

「宇宙は地球上とはまったく異なる極限の環境なので、その影響は全身に及びます」と、複数の研究に参加した米コロラド州立大学の放射線科医スーザン・ベイリー氏は話す。

宇宙滞在が健康に及ぼす影響はいくつかの点で、がんや骨粗しょう症といった加齢に関連する疾患と似ている。このことは、火星の有人探査など長期にわたるミッションでは大きな問題となる。一方で宇宙という独特の環境は、老化の生理学を研究する絶好の機会を提供してくれる。

宇宙空間では、心臓、血管、骨、筋肉が、自然な老化の10倍以上の速さで衰えると推定されている。つまり、老化のプロセスを研究したい科学者は、研究対象が地球上で自然に老いるのを待たなくても、国際宇宙ステーション（ISS）で実験すれば、健康への影響を早回しで調べることができるのだ。

[次ページ：筋肉の減少を防いだ「抗体薬」](#)

ただし、宇宙滞在が引き起こす変化は老化と完全に同じではない。そのうえ、変化の多くは地球に帰還すると元に戻る。科学者たちはその点を強調するが、それでも両者の比較は有用だ。宇宙での生活は、慢性的な過程としての老化を理解するのに役立つだけでなく、私たちが老いから守る新しい方法を教えてくれるかもしれない。（参考記事：[「人類が宇宙に滞在し続けて20年目の日、人類の偉業ISS」](#)）

宇宙環境が生体にもたらす様々な影響

地球の重力と条件の下で進化してきた私たちは、地球以外の環境で生きようには最適化されていない。宇宙滞在が与える影響は細胞の種類によって異なると、ISS米国国立研究所の暫定チーフサイエンティスト、マイケル・ロバーツ氏は説明する。宇宙では体が最適に機能するためのバランスがリセットされ、細胞の反応のしかたが変わってしまう。微小重力下では、心臓や骨や筋肉は地球上ほど懸命に働く必要がないため、やがて機能が低下してしまう。液体の流れ方も変わってくるので、脳組織のように液体で満たされた組織は変形する可能性がある。また、地球大気圏外では強い放射線によりDNAが損傷し、がんのリスクが高まる懸念がある。ISS内のわずかに高い二酸化炭素濃度も、宇宙飛行士の生理機能を狂わせるおそれがある。

宇宙飛行が人体に与える影響の研究は、以前からも行われていた。なかでも代表的なものが、NASAの宇宙飛行士であるスコット・ケリー氏とマーク・ケリー氏を被験者として、広範囲に及ぶ健康観察を行った研究だ。この双子研究には10の研究チームが参加し、宇宙に1年間滞在したスコット氏の分子的・生理学的変化をモニターし、地球上に残った一卵性双生児の兄弟であるマーク氏のデータと比較した。

研究チームは、ケリー兄弟から採取した300以上の生物学的サンプルから、2人の間で遺伝子の発現、マイクロバイオーム（体内の微生物の集団）、認知機能、血管系などの変化に差があることを明らかにした。

なかでも、スコット氏の「テロメア」の長さが変化したというベイリー氏の発見は衝撃的だった。テロメアは

染色体の末端にあり、染色体を損傷から守る役割を果たしている部分だ。テロメアの長さは、食事から生活習慣、精神的な幸福度に至るまで生活のあらゆる側面に影響され、加齢とともに短くなるため、老化や健康状態を示す良い指標になるとペイリー氏は説明する。宇宙滞在中のスコット氏のテロメアは、科学者の予想に反して全体的に長くなっていましたが、地球に帰還すると急速に縮んでいき、最終的には出発前よりも短くなった。

これについてペイリー氏は、「短いテロメアは心臓血管疾患、長いテロメアはがんに関連しているので、どちらが良いというものではありません」と話す。(参考記事：[「宇宙生活で染色体に異変、双子で実験、最新研究」](#))

筋肉の減少を防ぐ薬

ケリー兄弟の双子研究は被験者が1組だけだったのに対し、今回の研究では、宇宙で数カ月過ごした数十人の宇宙飛行士を調べることで、テロメアの変化をはじめとする双子研究の知見が確認された。また、一連の生理学的変化を記録し、それらを引き起こすメカニズムを突き止めるべく、特定のたんぱく質や遺伝子が原因となった可能性が探られた。血液量の減少や、心臓や肺の変化など、宇宙滞在が引き起こす変化の一部は、軌道上で一定期間過ごしているうちに安定するようだ。しかし、宇宙飛行士がISSに滞在した期間は十分に長いとは言えず、こうした体の変化が最終的に一つの安定した状態に落ち着くとは断言できない。

次ページ：アンチエイジング研究にも

宇宙は、加齢に関連する薬の候補をテストするのに適した環境でもある。4月21日に学術誌「PLOS ONE」に発表された最近の研究では、米製薬大手イーライリリー社の研究チームが、ISSで飼育されているマウスの筋肉の減少を、ある抗体薬で防げるかどうかをテストした(同社が開発した新型コロナ抗体薬は最近、米食品医薬品局(FDA)から緊急使用許可を取得している)。研究チームは、宇宙飛行士と同じく宇宙で暮らすマウスの筋肉も、萎縮したり弱くなったりすることを確認した。しかし、抗体薬を注射されたマウスの筋肉は保たれた。このような薬は、長期のミッションで微小重力が宇宙飛行士の体に及ぼす悪影響を打ち消したり、地球上でも筋萎縮の治療薬として使われたりする可能性がある。

生体機能チップで実験

科学者たちは、実験動物よりもうまく人の体の反応を再現できる道具を使うようになりつつある。生体機能チップだ。チップはUSBメモリほどの大きさで、人体の縮図のようにふるまうように、中で細胞や組織を培養できる。2018年にISSで初めて生体機能チップを使った実験が行われた際に、共同実験チームを率いた人物が米カリフォルニア大学サンフランシスコ校の免疫学者ソーニャ・シュレプファー氏だ。氏は免疫系の老化に注目し、衰えた免疫系を若返らせることができるかどうかを研究している。

宇宙での暮らしが老化を早めるのであれば、宇宙から細胞を持ち帰ることで老化の進行を止めたり逆戻りさせたりできるかもしれないと、シュレプファー氏は言う。「もし老化の進行が可逆的である理由を理解し、そのしくみを解明できれば、患者の老化を逆転させるスイッチを入れることができるでしょう」

スコット・ケリー宇宙飛行士のテロメアの長さは地球に帰還した後に短くなったし、遺伝子発現の変化や骨量の減少なども帰還後には消えている。シュレプファー氏のチームは、生体機能チップでも同様の変化が観察された場合、そのきっかけとなる分子を探りたいと考えている。老化の逆転に関わるたんぱく質や遺伝子を特定することができれば、高齢者や免疫機能が低下している患者のための抗老化療法を開発する助けになるかもしれない。研究者たちは現在、2021年3月にISSで始まる第2ラウンドの実験の準備を進めている。

宇宙とアンチエイジング

研究者たちは、宇宙という極限環境を利用して、人々をより健康にする創造的な解決策を追求している。新しい研究の取り組みとしては、幹細胞から骨芽細胞への分化を誘導して骨組織を補充する金属ナノ粒子治療薬や、放射線に強い微生物クマムシのたんぱく質をヒトの細胞内で働かせる研究などがある。

人間の宇宙への適応力を高めようとする努力から生まれたこれらの治療法は、地球上に住む大勢の人々を苦しめる加齢に関連した疾患の治療に利用できるようになる可能性がある。最終的には、宇宙への適応の研究とアンチエイジング治療の研究が、互いに発展を促す関係になるだろう。

人類にとって宇宙が魅力を失うことはなく、多くの宇宙飛行士が、危険な宇宙環境をものともせず任務に励んでいる。「宇宙飛行士の仕事は過酷ですが、彼らにとってはそれこそが情熱の対象であり喜びなのです」とベリーの氏は語る。「宇宙飛行士の努力が、彼ら自身のテロメアの長さの維持に役立つことを願ってやみません」

文=SHI EN KIM/訳=三枝小夜子

<https://jp.techcrunch.com/2020/12/04/2020-12-03-nasa-selects-four-companies-for-moon-material-collection-as-it-seeks-to-set-precedent-on-private-sector-outer-space-mining/>

NASA が月試料収集プロジェクトに日本の iSpace など 4 社を選抜、宇宙鉱業のパ

イオニア育成を目指す 2020 年 12 月 04 日 by [Darrell Etherington](#)



[NASA](#) は、月の表土サンプルを収集し地球に持ち帰るプロジェクトへの参加企業を募集していた。多数の民間企業が応募した中から [ispace Japan など](#) 4 社が選択された。

選定された 4 社は NASA の月着陸ロケットへの機器の搭載をすでに予約している。NASA はペイロードに民間企業を加えることでプロジェクトのコストの大幅削減ができることを実証しようと考えている。また NASA は、月試料採集にあたって民間企業に支払いを行う。企業は取得した物質の一時的な所有権を持ち、独自の目的に使用した後で NASA に譲渡することとなる。今回のプロジェクトこうした方式の前例となるだろう。

選定は簡単な基準に基づいて評価された。つまり、まず技術的に実現可能かどうか、次にどれほどの費用がかかるかという 2 点だ。4 社はそれぞれ異なる手法で NASA の要求条件を満たそうとしている。プロジェクトは 50 ~ 500g 程度の月のレゴリス（要するに月の土だ）を採集して地球に持ち帰ることだ。地球での回収作業は NASA 自身が実施する。2024 年までにサンプルの取得を実現できるという点が要求仕様に含まれていた。これは NASA のアルテミスミッションに間に合うようにするためだ。NASA は実際にサンプルを購入する義務はないが、必要なら購入できるようオプションが設定されている。選定された 4 社は以下のとおり。

[Lunar Outpost](#) : 米国・コロラド州ゴールデン。契約金額はわずか 1 ドル（約 104 円）。2023 年に完成予定の [Blue Origin の月着陸船](#) を利用する。

[ispace Japan](#) : 日本、東京。契約金額 5000 ドル（約 52 万円）。現在、2022 年に設定されている最初のミッションで [Hakuto-R 着陸船](#) を利用して収集を行う。

[ispace Europe](#) : ルクセンブルグ。ispace Japan と同一のグローバル宇宙企業グループに属する。契約金額 5000 ドルで 2023 年の 2 回目の Hakuto-R ミッションに参加予定。

[Masten Space Systems](#) : 米国・カリフォルニア州モハベ。契約金額は 1 万 5000 ドル（約 156 万円）。2023 年に自社開発の MastenXL 着陸船を使用する予定。

NASA には 16 ないし 17 社から 22 の応募があった。このプロジェクトは NASA が官民パートナーシップという手法のメリットを実証することも重要な目的で、月のような地球外天体から試料を収集するための方式に 1 つの先例を作れるよう意図している。NASA の国際関係・省庁間関係担当副長官代行の Mike Gold（マイク・ゴール

ド)氏はこう述べている。これが内部的にも外部的にも先例となり、民間企業とのパートナーシップという NASA のパラダイムを今後も前進させていくことと信じています。NASA はこれまでのようにシステム開発自体の資金を負担するのではなく、民間企業の事業に対して顧客として料金を支払う役割となります。具体的にいえば、今回の契約は月試料の収集に関して民間企業が主導的役割を果たすこと、また試料の所有権を収集した企業が持つことについて重要な先例となるだろう。ゴールド氏はこう述べている。宇宙開発においてロケット工学はむしろやさしい部分だと私は常々いっています。政府の政策、各種の法的規制、予算などの課題には対処することは非常に困難な課題です。こうした問題を事前に解決しておかないと公的部門と民間部門の協力によって生じる素晴らしい進歩がひどい遅延に見舞われかねません。民間セクターの能力を利用する先例を確立することは重要です。企業のリソースを使って NASA がその成果物を購入利用できるようにすることは NASA の活動だけでなく、官民協力による宇宙開発、探査に新しいダイナミックな時代を開くでしょう。我々はまず月にやがて火星にたどり着くでしょう。NASA は民間企業が月（将来は火星）に行き試料を収集し所有権を保持し後に、公的および民間の顧客に試料を売却することができるというビジネスモデルを確立することを望んでいる。今回の選定にあたって入札価格が非常に低かったのはこれが理由の 1 つだ。ispace や Lunar Outpost のような企業は地球外天体の宇宙鉱業を含む未来的ビジネスモデルを持っている。さらに月着陸ミッションはすでに計画されており、NASA が今回の提案要項に明示したとおり、NASA は月着陸船の開発費を支払うことを考えていない点だ。NASA は月に実際に収集された試料の料金だけを支払うというモデルとなっている。