https://news.livedoor.com/%e5%ae%87%e5%ae%99/topics/keyword/32398/

9 月 7 日

インドの月面探査機が着陸直前に通信途絶える データを分析中
着陸船は正常に動作していることが観測されていたと同国宇宙研究機関

11 時 47 分

019 年 9 月 7 日 11 時 47 分

AFPBB News

写真拡大

【AFP＝時事】（更新、写真追加）インドの月面探査機が 7 日、予定していた月の南極近くへの着陸直前に通信を絶った。インド宇宙研究機関（ISRO）が明らかにした。

ISRO の K・シバン（K. Sivan）総裁はインド南部ベンガルール（Bangalore）にある管制室で、月面探査機チャンドラヤーン 2 号（Chandrayaan-2）の着陸船ビクラム（Vikram）について、「計画通り降下し、正常に動作していることが観測されていた」が、「その後、地上局への通信が途絶えた。今はデータ分析が行われている」と説明した。

管制室を訪れていたインドのナレンドラ・モディ（Narendra Modi）首相はシバン氏の発言の後、科学者らに向かって「あなた方が（すでに）成し遂げたことは小さなものではない」と述べた。

ISRO は、月面探査機の着陸が複雑な操作になることは事前に認識しており、シバン氏は「恐怖の 15 分間」と呼んでいた。

ビクラムには探査車「プラギャン（Pragyan、サンスクリット語で英知の意）」が載せられており、着陸から数時間後に月面に降り立つ予定だった。

プラギャンはクレーターを調査し、月の起源や進化に加え、月の南極地域にある水の量を示す証拠を探すことになっていた。チャンドラヤーン 2 号は今も稼働中で、約 1 年にわたって遠隔から月の調査を続ける予定。

【翻訳編集】AFPBB News

宇宙に打ち上げられる「ガンダム」試作品披露 野口飛行士らも視察
試作品が 4 日、静岡市葵区のバンダイホビーセンターで披露された

18 時 28 分 2019 年 9 月 4 日 18 時 28 分 共同通信

アニメ「機動戦士ガンダム」の模型を手にバンダイホビーセンターで写真に納まる宇宙飛行士の野口聡一さん（右）と金井宣茂さん＝4 日午後、静岡市葵区

2020 年東京五輪・パラリンピックを盛り上げようと、宇宙に打ち上げられるアニメ「機動戦士ガンダム」の模型の試作品が 4 日、静岡市葵区のバンダイホビーセンターで披露された。同センターを訪れた宇宙飛行士の野口聡一さん（54）と金井宣茂さん（42）は「すてきなプロジェクト」と楽しげに話した。

模型は「ガンダム」と「シャア専用ザク」の 2 種類で高さ約 10 センチ。特殊な樹脂やコーティング材で作られ、マイナス 100 度の低温や 200 度以上の高温にも耐えられるという。

専用の超小型衛星に格納されて来年 3 月、国際宇宙ステーション（ISS）への補給船に積んで打ち上げられる予定。

宇宙に打ち上げられるアニメ「機動戦士ガンダム」の模型の試作品。「ガンダム」（右）と「シャア専用ザク」＝4 日午後、静岡市葵区

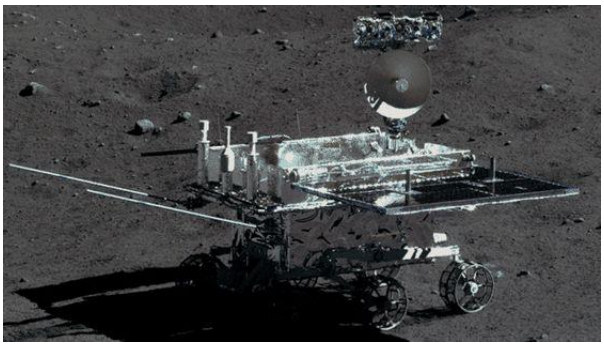
宇宙混雑で人工衛星に衝突の恐れを緊急回避 自動回避の対策を
宇宙が混雑し、人の操作による回避が追いつかなくなる恐れがあると指摘
9 時 52 分　　2019 年 9 月 4 日 9 時 52 分　　共同通信

軌道を回る欧州宇宙機関の地球観測衛星の想像図（ESA 提供・共同）

【ワシントン共同】欧州宇宙機関（ESA）は 3 日、ESA の地球観測衛星が米企業スペース X の通信衛星と衝突する恐れが生じたため、高度を変えて緊急回避させたと発表した。

スペース X の衛星は 1 万 2 千基で地球全域をカバーする計画の第 1 弾として 5 月に打ち上げた 60 基のうちの一つ。他企業も衛星群による宇宙ビジネスを構想しており、宇宙が混雑して人の操作による回避が追いつかなくなる恐れがある。ESA は「人工知能（AI）技術などを使って自動で回避させる新たな仕組みが必要だ」としている。 KYODO

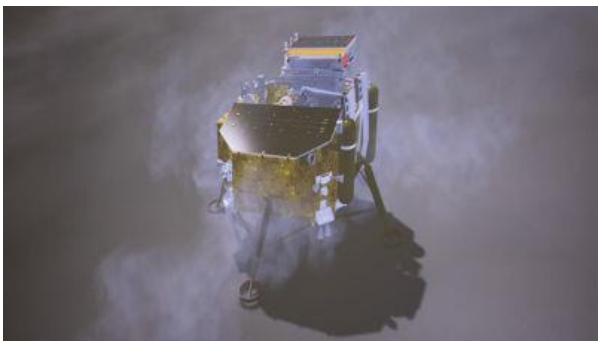
世界初 中国の無人探索機が月の裏側に着陸「謎のゲル状物体」発見か
12 時 0 分　　2019 年 9 月 3 日 12 時 0 分　　GIGAZINE（ギガジン）



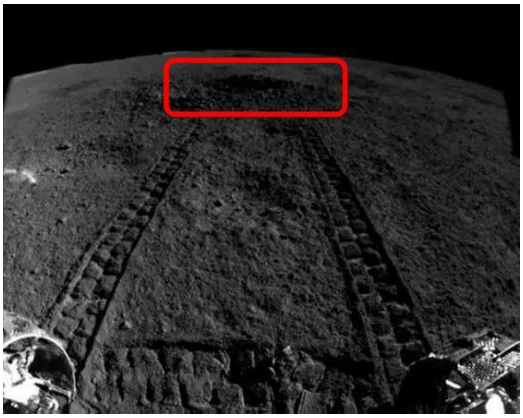
月も地球と同様に自転していますが、自転の周期が公転の周期と同じため、地球に対して常に同じ方向を見せており、地球から月の裏側を見ることは決してできません。そんな月の裏側に送りこまれた探査機から、謎の物体を発見したとの報告が送られてきたことが判明しました。

玉兔二号驾驶日记 ⑥ | 这个月昼有干货

https://mp.weixin.qq.com/s/kBNxLdTNXC8dDQrPfR-GuQ
China's Lunar Rover Has Found Something Weird on the Far Side of the Moon | Space
https://www.space.com/china-far-side-moon-rover-strange-substance.html
Weird 'Gel-like' Substance Found on Moon by China's Lunar Rover Yutu-2
https://www.newsweek.com/gel-like-subsance-moon-china-rover-1457179
2019 年 1 月には中国の無人探査機「嫦娥 4 号」が世界で初めて月の裏側に着陸したと報じられており、嫦娥 4 号に搭載された月面探査ローバー「玉兎 2 号」の活躍が期待されていました。
中国の無人探査機「嫦娥 4 号」が世界で初めて月の裏側に着陸 - GIGAZINE



2019 年 7 月、玉兎 2 号が強烈な太陽光の放射による高熱からセンサーを守るためスリープモードに入ろうとしたところ、プロジェクトチームの Yu Tianyi 氏が付近のクレーターに「奇妙な色をしたゲル状の物体」を発見。任務予定を変更し、ギリギリまで玉兎 2 号を稼働させてクレーターの写真を撮影しました。
玉兎 2 号が撮影した写真が以下の画像。赤枠で囲った部分にクレーターらしきものが映っているのが分かりますが、特に変わった物体は見えません。
プロジェクトチームは目下、玉兎 2 号に搭載している近赤外線センサーなどのデータから、物質の解析を進めているとのことです。イギリスのオープン大学に勤める惑星科学者のマヘシュ・アナンド氏は「月面にゲル状に見えるようなものがあるとすれば、それは隕石の衝突により生じた微細な火山ガラスではないか」と述べています。
また、アナンド氏は「これは非常に興味深い発見です。というのも、小さなクレーターで火山ガラスが発見されたということは、月面にある通常の物質とは異なるものが表層に存在している可能性を示唆しているからです」と述べています。
玉兎 2 号が撮影した別の写真には、車幅とほとんど変わらない大きさのクレーターが映っています。



アナンド氏はさらに、「もし、この物質が月にある氷との相互作用を受けたことが判明すれば発見はさらに重要なものになるでしょう」とコメントし、今回の発見が「月に氷がある」との考えを補強するものになるとの期待を示しました。

なお、2019 年 8 月には数千匹のクマムシを載せた探査船が月面に墜落していたことが報じられています。もし月面に氷が存在するのであれば、月に放たれた大量のクマムシが月面で生命活動を続けて繁殖する可能性も考えられます。

月面に墜落した月探査機に数千匹のクマムシが乗っていたことが発覚、月面で繁殖する可能性も

– GIGAZINE　　2019 年 08 月 08 日 10 時 50 分サイエンス

月面に墜落した月探査機に数千匹のクマムシが乗っていたことが発覚、月面で繁殖する可能性も

by Juhasz Imre

クマムシといえば極度の乾燥状態や絶対零度に近い低温環境、高い放射線量や真空状態にも耐える脅威的な生命力を持つ、非常に小さな動物として知られています。そんなクマムシが月面に衝突した月探査機に乗っていたことが判明し、「もしかすると月面でクマムシが繁殖するかもしれない」と話題になっています。

Tiny tardigrades crash-landed on the Moon and probably survived | Ars Technica

https://arstechnica.com/science/2019/08/tiny-tardigrades-crash-landed-on-the-moon-and-probably-survived/

イスラエルの民間宇宙開発団体・SpaceIL は 2019 年 2 月、民間初の月面着陸を目指して月探査機「Beresheet lander」を打ち上げました。月周回軌道の突入までは成功して後は着陸という段階でしたが、2019 年 4 月 11 日、Beresheet lander はエンジントラブルによって着陸に失敗。月面に衝突してしまいました。

Beresheet Lander は墜落直前まで地球との通信を行っており、月面と暗い宇宙を映した「最期の写真」は以下の記事から見ることができます。

「民間初の月面着陸」に惜しくも失敗し墜落した探査機から送られた最期の写真 - GIGAZINE

by Rosa Menkman

そんな Beresheet Lander には「Arch Mission Foundation」という地球の文明や動植物のデータをバックアップして、ライブラリとして宇宙に送ることを試みている団体により、「Lunar Library」というアーカイブが搭載されていました。

Arch Mission Foundation は太陽系の星に地球文明の記録を送り込むことで、地球が滅んで太陽系の星がいくつか消滅したとしても、どこかの星に残った Arch Mission Foundation のデータを宇宙人が発見する可能性があると説明しています。アーカイブには英語版 Wikipedia のページや人間の DNA サンプル、多くの本などが含まれていたとのこと。さらに Lunar Library にはデータだけでなく、「数千匹のクマムシ」が乾燥状態で格納されていたそうです。

地球上の多くの場所のみならず、宇宙空間でさえ耐えることができるクマムシは、乾燥状態になると組織が縮んで代謝を止めることで休眠状態に入ります。水や食物なしでも数十年以上生きられるといわれるクマムシは、極度の乾燥状態でも最低 5 年は生き残ることができるとのことで、月面に Beresheet Lander が衝突した後でもクマムシが蘇生可能な状態で生存している可能性は非常に高いといわれています。

Arch Mission Foundation の共同設立者である Nova Spivack 氏は、「最良のシナリオとしては、Beresheet Lander から衝突時に Lunar Library が飛び出し、衝突地点の周囲にあるというものです」と述べています。乾燥状態のクマムシが蘇生するには水が必要であり、月面の氷が溶け出してクマムシを蘇生させ、その後も生存できる環境を維持する可能性は決して高くはありません。それでも、クマムシの生存力を考えれば、月面でクマムシのコロニーが繁殖する可能性はゼロではないといえます。

http://www.asahi.com/special/space/list.html

宇宙・天文　記事一覧

月面着陸に失敗のインド、宇宙熱の背景に中国への対抗心(9/7)

月光のみで撮影、宇宙感じる青の世界　常識覆した写真家(9/7)

交信途絶えたインドの月面探査機　首相、着陸失敗認める(9/7)

鳥取）星への憧れを育んだ地で(9/7)

ブレークスルー賞、ブラックホール撮影の３４７人に(9/6)

鳥取）アマチュア天文家の生地、未来へつなぐ観望会(9/6)

鳥取）アマチュア天文家の生地、未来へつなぐ観望会

斉藤智子 2019 年 9 月 6 日 03 時 00 分

天の川や、はくちょう座などに彩られた夏の星空。左下の明るい星は火星＝２０１８年８月７日午後１０時２８分、鳥取県八頭町姫路、多賀利寛さん撮影

生涯に彗星（すいせい）１２個、新星１１個を発見した世界的なアマチュア天文家・本田実さん（１９１３～１９９０）が７７歳で亡くなったのは、天の川が夜空を彩り、はくちょう座の大きな十字が天頂近くに懸かる夏の終わり、８月２６日だった。本田さんの生地・鳥取県八頭町八東地区では、８月の命日前後に星の観望会を開き、本田さんの生き方や星に注いだ情熱、ふるさとの美しい星空を伝える取り組みを進めている。

８月１８日夕方、本田さんの母校である旧町立八東小学校（同町東）に住民らが三々五々集まってきた。校庭には、南の空に向けてずらりと並べられた天体望遠鏡が９台。八東地区公民館や県、天文愛好家が持ち寄ったものだ。

種子島の４６歳医師、南極・昭和基地へ(9/5)

「ガンプラ」東京五輪で宇宙へ　特殊塗料でコーティング(9/4)

「ガンプラ」東京五輪で宇宙へ　特殊塗料でコーティング　　矢吹孝文 2019 年 9 月 4 日 19 時 25 分

宇宙に打ち上げられるガンプラ。目と背部バーニアがＬＥＤで発光する。大きさは約９センチと市販のプラモよりは少し小さめだ＝２０１９年９月４日午後３時４分、静岡市葵区のバンダイホビーセンター、矢吹孝文撮影

来夏の東京五輪・パラリンピックの応援企画として宇宙に打ち上げられる「ガンプラ」が４日、静岡市葵区のバンダイホビーセンターで報道陣に公開された。

すごい…親父世代が熱中するわけだ…ガンダム、４０年の先へ

ガンダムとザクをリアル宇宙へ　実現の裏に運命の出会い

東大や宇宙航空研究開発機構（ＪＡＸＡ）が開発する人工衛星「Ｇ―ＳＡＴＥＬＬＩＴＥ」で宇宙に行くのは、人気アニメ「機動戦士ガンダム」に登場するガンダムとシャア専用ザクの模型。高さ約９センチで一見するとただのプラモデルのように見えるが、宇宙の高低温や放射線に耐えられるよう「ハイテンプ」や「ピーク材」といった特殊な樹脂を用い、バンダイスピリッツが開発した。

市販のガンプラ「ＲＧ（リアルグレード）」シリーズのプロポーションを元に３Ｄプリンターを使って成形。苦労したのはカラーリングだ。通常の塗装だと宇宙空間の紫外線や原子状酸素（ＡＯ）で色あせてしまうため、東大やＪＡＸＡで開発された宇宙専用のコーティング材をアクリル塗料の上に塗った。

公開に立ち会ったいずれも宇宙飛行士の野口聡一さん（５４）は「プラモ技術が宇宙にどこまで通用するか、興味がある」、金井宣茂さん（４２）は「ＪＡＸＡにはガンダムファンが多い。子どものころの夢に戻るようで日本らしいプロジェクトだ」と感慨深げだった。

ガンダムを載せた衛星は来年３月ごろに国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）へと打ち上げられ、ＩＳＳから宇宙に放出される。五輪期間中は地球をバックにした映像や応援メッセージを宇宙から配信する予定だ。（矢吹孝文）

はやぶさ２、異常検知で安全モード　問題なく２日後回復(9/4)

衛星同士が衝突の危機？　宇宙空間が混雑、軌道を微修正(9/4)

福岡）ベンチャーが衛星公開　１０月にもインドで発射(9/3)

鳥取）人工流れ星をつくるベンチャー社長　岡島礼奈さん(9/2)

鳥取）人工流れ星をつくるベンチャー社長　岡島礼奈さん

長崎緑子 2019 年 9 月 2 日 03 時 00 分

鳥取西高校に通っていたときはよく久松公園を訪れた＝２０１９年８月１４日、鳥取市東町２丁目

人工衛星から直径１センチほどの金属球を打ち出して人工的な流れ星を作り出すという、ベンチャー企業「ＡＬＥ（エール）」の社長を務める。

天然の流れ星は、宇宙空間に漂う数ミリのちりが、地球の大気に突入して急速に加熱されることで輝く。この流れ星が頻発する２００１年の「しし座流星群」を観賞したとき、事業化を思いついた。人工流れ星にすることで、天然の流れ星よりも長い時間、広い範囲で観測できる。色も白、緑、ピンク、オレンジがあり、エンターテインメント性が高くなる。

博士号取得や就職、妊娠を経て１１年にＡＬＥを設立。研究者や投資家の協力を得て１９年１月、初号機を高度５００キロに打ち上げることに成功した。

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/news/genre_science.shtml

地球中心部、地球の自転より微妙に速く回転、研究

内核の「スーパーローテーション」、旧ソ連の核実験データから解明

2019.09.05

冷戦時代、核実験場があったロシア、ノヴァヤゼムリャ島に流れる川。ここで実施された核実験のデータから、地球内核の動きがわかるという。（PHOTOGRAPH BY MAXIMILIAN BUZUN, ALAMY STOCK PHOTO）

[画像のクリックで拡大表示]

1971 年 9 月 27 日、北極海にある現ロシア領ノヴァヤゼムリャ島で核実験が行われた。激しい振動は地球の奥深くへ伝播し、内核（内部コア）で跳ね返ると、島から 6500 キロ離れた米モンタナ州の地震計に達した。さらに 3 年後、ほぼ同じ場所で 2 回目の核実験が実施され、やはりモンタナ州の地震計が信号をキャッチした。

冷戦時代、東西の緊張が高まるなか何度となく繰り返された核実験。それによって生じた地震波の記録は現在、地質学者に極めて有益な情報をもたらしている。地球内核の回転速度が、核実験の記録からわかるというのだ。（参考記事：「冷戦中の核実験が、象牙密猟の証拠を提示」）

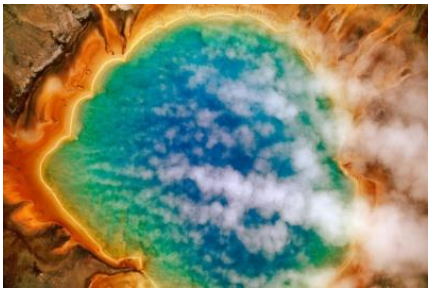
金属の海に浮かぶ「鉄の塊」

地球は、地軸を中心にして 24 時間で一周する（自転する）のはよく知られている。地球の中心には、月とほぼ同じ大きさの内核がある。内核は鉄の塊で、それを取り巻く外核はドロドロに溶けた液体金属でできている。つまり、金属の海のなかに浮いている状態の内核は、外核の外側にあるマントルや地殻とは異なる速度で回転していたとしても不思議ではない。これを、「スーパーローテーション」と呼ぶ。では、どれほどの速さで回転しているのか。この点は、長い間専門家の間で議論されてきた。

米国、南カリフォルニア大学の地震学者ジョン・ヴィデール氏は、数十年前の核実験で発生した地震波の記録から、内核は地球の表面よりもわずかに速く回転していると結論付けた。この研究は、8 月 15 日付けの学術誌「Geophysical Research Letters」に発表された。ヴィデール氏の数字が正しければ、赤道に立った時にその足の真下にあった内核の部分は、1 年後には 7.7 キロ先の真下に移動していることになる。

最新論文を「丁寧で優れた研究」と評価するのは、米コロンビア大学の地震学者で、1996 年に初めて内核のスーパーローテーションに関する論文を共同執筆したポール・リチャーズ氏だ。「地球の内部で何らかの変化が起こっています」と語る。

鉄の塊である内核の動きが解明されれば、地球の磁場についてもより理解が深まる可能性がある。磁場は、有

害な宇宙の放射線からこの世界を守っているが、その発生には地下深くにある内核の動きが大きく関わっていると、専門家はみている。（参考記事：「北磁極の動きが加速、原因不明、あまりに急激」）
「地球は究極の天然実験場です」と、英国にあるインペリアル・カレッジ・ロンドンの地球深部地震学者エリザベス・デイ氏は言う。地下数千キロの超高圧で超高熱の環境を「実際の研究室で再現するのは困難です。でも、地球内部をのぞき込むことができれば、いかに激しい環境なのか少しは理解できるかもしれません」。なお、デイ氏は今回の研究には参加していない。
　内核のスーパーローテーションに関しては過去に数多くの研究がなされたが、最新論文がはじき出した回転速度は、それらと比べてかなり遅い。研究が出るたびに速度が変わるのは、必ずしも悪いことではないと、デイ氏は言う。
「誰かが間違っているわけではありません。誰もが、少しだけ違うものを見ているということです」
内核の謎
　リチャーズ氏が共同執筆したものも含め、過去の研究は、地震によって地球内部に伝わった地震波の様々な特性を利用したものだ。それによると、内核は外側のマントルや地殻よりも、角度にして年に 0.3〜0.5 度ほど速く回転していると算定している。だが、激しい振動を伴う地震波は正確な測定が難しく、分析の精度も低い。それに比べて核爆発は、余計な雑音がないきれいな波を発生させる。
「地球をハンマーで殴ったような感じです」と、デイ氏はたとえる。
　だが問題は、モンタナ州にある超遠距離地震検出装置（LASA）の磁気テープからいかにデータを抽出するかだった。1990 年代、大学院生だったポール・アール氏は、劣化したテープから旧ソ連による核実験の音を拾い出すという作業を任された。現在、アール氏は地震学者として米国地質調査所に所属している。
　テープのほとんどは摩耗し、磁気情報は経年の劣化で失われ、10 本に 1 本は再生不可能だった。山積みになったテープと格闘すること 2 週間、その努力は実った。
　アール氏、ヴィデール氏、そしてローレンス・リバーモア国立研究所のダグ・ドッジ氏は、1971 年と 1974 年にほぼ同じ場所で実施された核爆発の地震波を比較して、内核の回転は外側よりも年に 0.15 度速いと結論付け、2000 年にネイチャー誌に発表した。ヴィデール氏はその後、15 年近くこの話題からは遠ざかっていた。（参考記事：「地球内部にエベレストより高い「山」を発見、研究」）
参考ギャラリー：この世の果て？ 地獄のような絶景写真 12 点（画像クリックでギャラリーへ）

世界各地の恐ろしくも美しい絶景を 10 カ所、12 枚の写真で紹介する。（PHOTOGRAPH BY FRANS LANTING, NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE）
［画像のクリックで別ページへ］
新たな計算結果
　それが変化したのは、2018 年 12 月のことだった。米国地球物理学連合の定例大会に参加したヴィデール氏は、多くの人でごった返すポスター会場を歩いていた時に、姚家園（ヤオ・ジャユアン）氏の研究に目を止めた。
　現在はシンガポールにある南洋理工大学の地球物理学主任研究員となった姚氏は、過去に発生した数万件の地震のなかから、同じ場所で異なる時期に 2 度発生した地震 40 組を拾い集め、内核をかすめたこれらの地震波を比較して、地球の奥底に抱かれている内核の謎に迫っていた。
「大変すばらしいデータでした」と、ヴィダール氏は振り返って言う。だが姚氏はデータについて、内核のスー

パーローテーションではなく、何か別のことが起こっているらしいと解釈していた。
これに興味をそそられたヴィデール氏は、自分の核実験データを見直してみることにした。最初からやり直しつつ、最新の手法も用いてさらに深く掘り下げた。
　その結果、やはりスーパーローテーションは起こっているようだった。これまでの研究よりも精度は上がり、速度は遅く、1971 年と 1974 年の間に、外側の部分と比べて内核は年に 0.07 度速く回転していたと結論付けた。（参考記事：「最新研究で見えてきた「生命の星」地球のレシピ」）

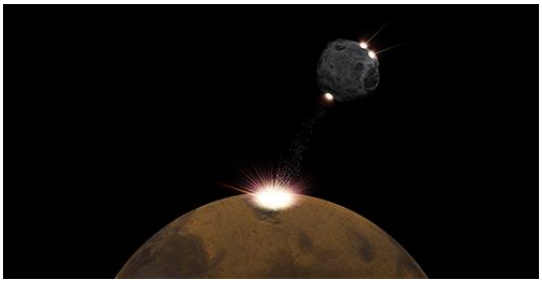
いくつかの不確定要素

　ヴィデール氏の最新の研究は、他の科学者から高い評価を受けているが、議論の決着にはまだ時間がかかりそうだ。
　姚氏の研究チームは最近になって、同じ場所で 2 度発生した地震のデータに関して新たな解釈を発表し、内核の回転速度は外側の部分と同じであるとの仮説を提唱した。そして、計算の違いは、内核の表面が山あり谷ありの起伏に富み、時とともに変化しているためだろうと主張した。
　ヴィデール氏は、スーパーローテーション以外にも内核には何かがあるという点には同意しているが、姚氏の説明には懐疑的だ。
　リチャーズ氏は、内核自体も時とともにゆがんでいる可能性があると指摘する。
「ピザの生地を回して伸ばす様子を想像してみてください。空中に投げられた生地は、回転しながら形がゆがみます。それと同じように、内核も回転しながらゆがんでいるとしたらどうでしょう」
　また、回転速度が時によって変化しているということも考えられると、米イリノイ大学の地球深部地震学者で 1996 年の論文の共著者でもあるシャオドン・ソン氏は指摘する。ヴィデール氏の最新の論文はしっかりした根拠を示しているが、1971 年から 74 年という 1 期間を測定しただけなので、さらなる材料が必要だと、ソン氏は述べている。
「とても難しい研究です」と、米プリンストン大学の地球深部地震学者ジェシカ・アーウィング氏は言う。「データは断片的であっても全て価値がありますが、残念ながらその断片すら十分にないのです」。だが、正確な答えが得られる日もそう遠くはないかもしれない。解析技術は日々進化し続け、世界中の地震計が休みなしに地球上で起こるすべての地震のデータを集めている。（参考記事：「【解説】地球のプレート運動、14.5 億年後に終了説」）
　内核の謎解明には「あと 10 年もかからないでしょう」と、姚氏は期待する。
参考ギャラリー：核の亡霊――世界の核実験の 4 分の 1 が行われた土地は今　写真 19 点（画像クリックでギャラリーへ）

かつて世界で行われる核実験の 4 分の 1 近くは、カザフスタンのある地域に集中していた。住民たちが受けた被害の大きさは計り知れない。写真家のフィル・ハッチャー＝ムーア氏は、この地で 2 カ月にわたって撮影をおこなった。（PHOTOGRAPH BY PHIL HATCHER-MOORE）
［画像のクリックで別ページへ］
文＝Maya Wei-Haas／訳＝ルーバー荒井ハンナ

http://www.isas.jaxa.jp/topics/

最新のトピックス



2019 年 9 月 6 日研究成果

火星衛星探査に向けた国際的な惑星保護方針への貢献について　～日本の研究チームが火星衛星微生物汚染評価に関する科学的研究成果を発表 国際ルール設定へ主導的な役割～

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）、千葉工業大学、東京工業大学、東京大学、東京薬科大学は共同で、火星衛星の微生物汚染評価に関する科学的研究を実施しました。この研究成果は、国際宇宙空間研究委員会（COSPAR）の惑星保護パネルに受理され、2019 年 3 月開催の COSPAR 理事会で JAXA の火星衛星探査計画（Martian Moons eXploration: MMX）に対する勧告として了承されました。これは、COSPAR が保持する国際基準の惑星保護方針（Planetary Protection Policy）における日本の貢献です。

研究成果（査読付き論文 2 本）は、2019 年 7 月 10、17 日付けの欧州科学雑誌「Life Sciences in Space Research」電子版に掲載されました。

【ポイント】

宇宙探査を行う上では、各国の関係者が従わなければならないルール（惑星保護方針）があります。

そのルールには、今後の宇宙探査では重要になることが明らかであるにも関わらず、未確定だった対象天体がありました。具体的には、火星衛星（フォボス・ダイモス）です。

そのルール設定に必要な科学的活動において、日本の研究チームが主導的な役割を果たしました。具体的には、過去 500 万年以内に火星から火星衛星に運ばれた可能性のある微生物の火星衛星での分布を評価し、MMX で持ち帰る試料中に微生物が含まれる可能性が国際的に合意されている上限値を大きく下回り、「安全」であることを科学的・定量的に示しました。

この結果は、COSPAR に受理され、MMX を「はやぶさ 2」と同じレベルの惑星保護方針で行うことに対して、国際的な合意を得ることができました。

＜研究の背景＞

国際宇宙空間研究委員会（COSPAR）は、宇宙開発に携わる国家が参照することを目的として、宇宙探査を行う天体が地球からの有機成分や微生物によって汚染されることを回避し、地球生命圏を地球外生命や生命由来物質から保護し、また宇宙条約を遵守するために、その国際基準のガイドラインとして、惑星保護方針（Planetary Protection Policy）を保持し普及させています。すべての惑星ミッションは、簡潔な記録を残すだけの簡易なものから、全フライトシステムの最終段階での滅菌まで、程度は異なりますが、惑星保護対策を実施する必要があります。(※注 1)

MMX は、「はやぶさ 2」に続く次世代サンプルリターンミッションとして、現在、世界の最先端である日本の小天体探査技術を基に計画されています（開発移行前）。ところが小惑星とは状況が異なり、火星衛星のごく近くには火星があります。火星には現在でも未知の微生物が生存している可能性があるとされています(※注 2)。火星への天体衝突で放出された火星岩石が地球に落下し火星隕石として発見されるように、火星物質は火星衛星にも輸送されています。この火星岩石中に火星の微生物が含まれ、火星衛星に運ばれている可能性を否定することはできません。現在の惑星保護方針の対象天体には、火星衛星が含まれていないため、MMX を「はやぶさ 2」と同じレベルの惑星保護方針で行うには、火星衛星からの回収試料中に微生物が含まれる確率が国際的に合意されて

いる上限（百万分の一）を下回ることを示す必要がありました(※注 3)。

＜研究の概要＞

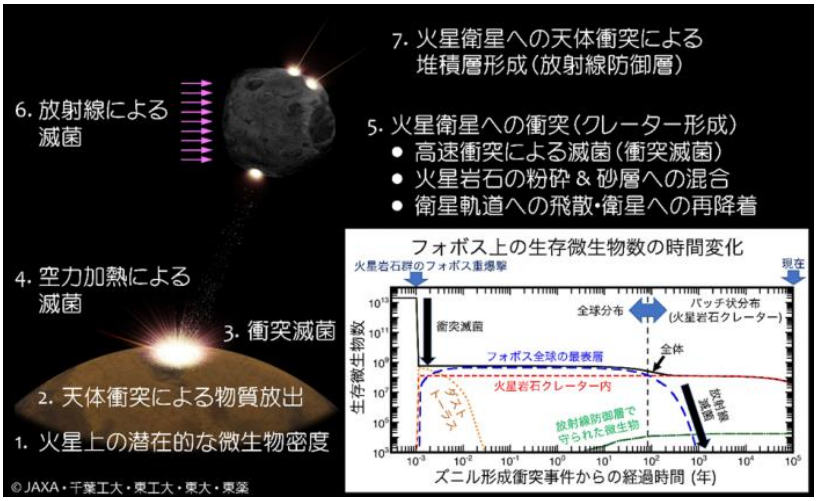
JAXA 宇宙科学研究所の藤田和央教授、千葉工業大学 惑星探査研究センターの黒澤耕介上席研究員、東京工業大学 地球生命研究所の玄田英典准教授および兵頭龍樹日本学術振興会特別研究員を中心とする研究チーム(JAXA、千葉工業大学、東京工業大学、東京大学、東京薬科大学)はこの問題に取り組みました。

研究チームは最近 500 万年以内の火星表層史と微生物の滅菌データを精査し、火星衛星上で現在生き残っている微生物がいるとすれば、それはおよそ 10 万年前に火星上に形成された直径 10km のズニルクレーター由来であることを示しました。それ以外の火星上の 10km を超える大きさのクレーターが形成された時期は古く、火星衛星に輸送されていたとしても現在までに放射線で滅菌されてしまいます。研究チームはズニル形成衝突事件により放出された火星物質が火星衛星に到達する割合を計算し、火星衛星に飛来した火星岩石群が火星衛星でどのように分布するのか、そして現在までの 10 万年の間に放射線環境を生き伸びる可能性がある微生物の数密度を推定しました(図)。この結果をもとに、MMX で計画されているコア型の砂層採集システムを使用した場合に生存している微生物が採集される確率を算出し、 計算上の様々な不定性を考慮しても 99%の確率で回収試料中に微生物が含まれる確率が百万分の一（10-6）を下回ることを示しました。

この検討結果は COSPAR に受理され、MMX を「はやぶさ 2」と同じレベルの惑星保護方針で行うことに対して国際的な合意を得ることができました。

＜今後の展開＞

COSPAR 惑星保護パネルでは、今回の勧告では MMX ミッションを対象とし、他の将来のミッションに対する勧告を形成しないと評価しました。しかしながら、火星衛星は、将来の火星本星における有人探査の拠点候補としても重要な意義を持ち、今回の研究成果による勧告の形成は、国際協働のもとで推進される本格的な火星探査にも貢献するものとなります。



【図】本研究で検討した火星上のズニルクレーター形成衝突事件からの時系列と物理過程（フォボスにおける検討例）：火星上の潜在的細胞数は、地球上で最も火星の環境に近い南極の永久凍土地帯における細胞密度を参考に推定しました。ズニル形成衝突を 3 次元の数値衝突計算で再現し、その放出物の軌道進化を解析的に計算することで、火星衛星への物質輸送量を推定しました。滅菌過程については先行研究で最も耐性のある微生物のデータを参照し、火星衛星への衝突時の衝突滅菌率、その後の放射線による滅菌率を計算しました。最後に、現在における火星衛星上の生存細胞数をもとに、MMX で計画されているコア型の砂層採集システムを使用した場合に生存している微生物が採集される確率を計算しました。

（注釈）

※１．我が国では、これまで科学衛星を中心とする深宇宙探査では、個々のプロジェクトにおいて、COSPAR が規定する惑星保護方針に準拠した設計基準を採用し、COSPAR 惑星保護パネルにおいて国際的な合意を形成す

ることによって、個々のプロジェクトを実施してきました。さらに、近年の宇宙探査ミッションの増加を踏まえ、JAXA が組織的に惑星保護に取り組むことを目的として、2018 年 12 月に惑星保護体制を発足させ、これに関連する規定や手続きを整備し、惑星保護方針の着実な遵守に取り組んでいます。

※２. 1970 年代に NASA が行ったバイキング計画では火星微生物を検出しませんでしたが、当時の検出器の検出限界である火星物質 1 kg あたり十億個（109）の細胞以下の微生物が生存している可能性は否定できません。実は、バイキング探査に用いられた生命検出装置では、地球上のアタカマ砂漠や南極程度の微生物密度では検出できないことが分かっています。

※３. 回収試料に培養可能な微生物が含まれる確率が百万分の一を超える場合は、制限付き地球帰還(Restricted Earth Return)という惑星保護方針が適用されます。現在のところ、この制限付き地球帰還が適用されて打ち上げられた探査機は存在しませんが、探査機設計•運用、地球帰還後の試料の厳重な取り扱いなどこれまでと全く異なる探査計画の立案が必要になります。将来火星探査など超大型計画はこの枠組で検討が進められています。なお、「百万分の一」という数字は、リスクが実質的にゼロとみなせる、という国際基準で、世界保健機関（WHO）の水質基準やアメリカ食品医薬品局（FDA）の品質基準などに広く利用されています。

（掲載論文）

Fujita, K., K. Kurosawa, H. Genda, R. Hyodo, S. Matsuyama, A. Yamagishi, T. Mikouchi, and T. Niihara, Assessment of the probability of microbial contamination for sample return from Martian moons I: Departure of microbes from Martian surface, Life Sciences in Space Research, DOI: 10.1016/j.lssr.2019.07.009

Kurosawa, K., H. Genda, R. Hyodo, A. Yamagishi, T. Mikouchi, T. Niihara, S. Matsuyama and K. Fujita, Assessment of the probability of microbial contamination for sample return from Martian moons II: The fate of microbes on Martian moons, Life Sciences in Space Research, DOI: 10.1016/j.lssr.2019.07.006

本研究は科学研究費補助金 JP17H03486、JP17H01176、JP17H02990、JP17H01175、JP17K18812、JP17J01269、JP18HH04464、JP18K13600、JP19H00726、及び自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターの援助(AB301018)を受けて実施されました。

2019 年 9 月 2 日研究成果

銀河団中心部に"温かい"ガスはあるか？ ～惑星分光観測衛星「ひさき」による遠くの銀河団の観測～

現在稼働中の唯一の極端紫外線観測装置を用いた銀河団中心部のガスの観測から、銀河団中心では理論的な予測よりも冷却されたガスの量が少ないことがわかりました。銀河団中心部のガスの状態やふるまいについて、さらなる研究が必要です。

銀河団は 100 以上の銀河が集まった系であり、宇宙で最大の天体です。人間の目で見える光（可視光）で観測すると銀河の集団として見える銀河団ですが、実際には大量のダークマターの重力によって数千万度以上という高温ガスが捉えられています。

銀河団の中心部（銀河団コア）の高温ガスは非常に強い X 線を放射しています。そして理論的には、銀河コアの高温ガスは X 線を放射することでエネルギーを失い、急速に冷えるはずだと推測されています。しかし、今まで、放射で冷却された低温ガスは観測で確認されていません。つまり、銀河団コアでは高温が維持されていることになります。高温が維持され低温ガスが検出されない理由はいくつかの可能性があります。たとえば、理論予想よりも冷却効率が悪く、低温ガスが少ないために検出できない可能性、また、何からの加熱源が銀河団コアの冷却

を妨げている可能性もあります。銀河団中心に位置する銀河にあるブラックホールは、その加熱源の候補の一つです。
銀河団コアの高温ガスがどのようにして高温を保っているのか、それを明らかにするには、様々な温度のガスを観測し、温度分布を明らかにする必要があります。また、観測結果を整合的に説明できる仮説をたて、観測的に検証することも必要です。
蘇 媛媛氏（ケンタッキー大学）率いる国際研究チームは、銀河団コアの数万度から数十万度のガス（以下、中温ガス）を調べることを試みました。数千万度のガス、数百万から数十万度までのガスは先行研究がありますが、中温ガスの情報が不足していたためです。さらに、中温ガスの量を測定することで、高温ガスがどのくらい冷却されているのかを明らかにすることができ、どのようなメカニズムで高温を保っているのかを知るための手がかりを得ることができます。
研究チームは中温ガスを観測するための最良の方法として中性のヘリウムが発する波長 58.4 nm の輝線に着目しました。ただし、この波長を観測するには観測対象を選ぶ必要があります。というのは、波長 91.2nm よりも短い波長の光は、銀河にある中性水素ガスに吸収されてしまうため、観測者に届かないのです。一方、宇宙は膨張しているので、遠くの天体ほどより速く地球から遠ざかっています。するとドップラー効果によって、遠くの天体が発する光は波長が長くなります。つまり、十分に遠い銀河団を選べば、観測したい波長 58.4nm の光がより長い波長にシフトするので、中性水素ガスに吸収されずに地球近くで観測することができるのです。
研究チームは、地球からの距離が約 64 億光年の銀河団 RCS2J232727.6-020437 に注目しました。RCS2 J232727.6-020437 は、カナダ・フランス・ハワイ望遠鏡によって発見された銀河団で、この距離では最も重い銀河団であることがわかっています。チャンドラ X 線望遠鏡による観測から、この銀河団コアの高温ガスが放射冷却すると、毎年数１００太陽質量の低温ガスを生成すると見積もられています。
この銀河団から発せられた 58.4nm の光は、宇宙膨張によるドップラー効果により、地球に届いたときには約 99.3nm の波長の光になります。中性水素ガスによる吸収を受ける波長よりも長波長なので、観測することが可能なのです。観測波長 99.3nm の光は極端紫外線と呼ばれる波長域の光です。極端紫外線は地球大気で吸収されるので、観測するには宇宙望遠鏡が必須です。
本研究で、国際研究チームは惑星分光観測衛星「ひさき」の極端紫外線観測装置を利用して、RCS2 J232727.6-020437 の中性ヘリウムが発する輝線を観測しました。「ひさき」は太陽系内の惑星観測を目的に打ち上げられた宇宙望遠鏡です。惑星の磁気圏や大気圏と太陽風との相互作用を調べるために、極端紫外線の観測装置を搭載しています。国際研究チームは、「ひさき」の極端紫外線観測装置を天文観測に利用することを思いついたのです。
「ひさき」による観測の結果、中性ヘリウムが発する輝線は検出できず、中温ガスが予測されていたほどには存在しないことがわかりました。このことは、理論予想に反し、高温ガスの冷却の効率が悪いか、冷却を妨げるメカニズムが働いているか、何らかの加熱源によってガスが暖められていることを示唆しています。
2019 年現在、極端紫外線を観測できるのは「ひさき」だけです。本研究から、「ひさき」は惑星観測だけでなく、より遠方の天体にも有用であることが示されました。宇宙には、本研究で観測した銀河団意外にも、極端紫外線で観測すべき天体がたくさんあります。例えば、大質量星、白色矮星、銀河などです。今後も「ひさき」の活躍が期待されます。

論文情報

Su, Yuanyuan, Tomoki Kimura, Ralph P. Kraft, Paul E. J. Nulsen, Megan Gralla, William R. Forman, Go Murakami, Atsushi Yamazaki, and Ichiro Yoshikawa (2019), The first astrophysical result of Hisaki: a search for the EUV He I lines in a massive cool core cluster at z=0.7, Astrophysical Journal, 881, 2, 98, 2019 年 8 月 16 日発表,
DOI : 10.3847/1538-4357/ab2cd0

2019 年 8 月 13 日ウェブリリース

JAXA、太陽系探査に関するバーチャル研究所（SSERVI）へ加入

JAXA は、NASA が運営する太陽系探査に関する研究バーチャル研究所（SSERVI）へ、国際パートナーとして加入しました。

SSERVI は、NASA 科学局及び有人運用局のサポートのもと、米国内外における太陽系有人・無人探査に関する国際共同研究や学生研究を相補的に強化することを目的としたバーチャル研究所です。事務局の拠点は NASA Ames Research Center 内にあり、米国内の有人探査と科学の橋渡しをする役割を担っています。

SSERVI には米国の研究チームをはじめ、海外の機関も複数参画しており、JAXA は 11 番目の国際パートナーになりました。

署名式の様子（2019 年 7 月 25 日、NASA Ames Research Center にて）。左から NASA グレッグ・シュミット SSERVI 議長、JAXA 藤本正樹 ISAS 副所長、NASA ロリ・グレイズ科学局惑星科学部長。

JAXA は、宇宙科学研究所や国際宇宙探査センターにおいて、宇宙探査を推進しています。今後は、SSERVI との連携を通じて、太陽系科学、研究者や技術者の育成、ミッションデータの管理と活用、教育とアウトリーチ等の分野における効果的な取り組みと国際連携を図ります。

また、国際連携により進められる地球低軌道以遠への探査活動（国際宇宙探査）への参画に向けて、SSERVI を通じた国際的な情報交換を行い、有人探査と科学の融合、その場資源利用（ISRU）分野等の研究活動における海外機関・コミュニティとの交流に取り組む予定です。

NASA 太陽系探査研究バーチャル研究所（SSERVI）について

https://sservi.nasa.gov/

NASA and JAXA Sign Partnership Agreement

https://sservi.nasa.gov/articles/nasa-and-jaxa-sign-partnership-agreement/