https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0424/mai_210424_9176564712.html

星出彰彦さん搭乗のクルードラゴンが ISS 到着　野口さんと合流へ

4 月 24 日（土）18 時 12 分　毎日新聞

国際宇宙ステーションから見えるクルードラゴン（NASA テレビから）＝2021 年 4 月 24 日、AP　写真を拡大

星出彰彦宇宙飛行士（52）ら 4 人を乗せた米スペース X 社の宇宙船「クルードラゴン」が日本時間 24 日午後 6 時過ぎ、国際宇宙ステーション（ISS）へのドッキングに成功した。星出さんは間もなく ISS に滞在中の野口聡一飛行士（56）と合流し、約半年間の長期滞在を始める。日本人飛行士が ISS に同時滞在するのは 2010 年の野口さんと山崎直子さん（50）以来、11 年ぶりとなる。　星出さんの宇宙飛行は 3 回目で、今回は日本人 2 人目となる ISS 船長を務める。滞在中の飛行士を指揮する立場で、科学実験や ISS の補修作業などを地上と調整しながら進める。星出さんは打ち上げ前、「地上のチームとスクラムを組んで頑張りたい。野口飛行士と直接会えるのも非常に楽しみ」と話していた。　ISS には野口さんを含め 7 人の飛行士が滞在中で、星出さんら 4 人が合流すると計 11 人になる。野口さんは今月 29 日未明（日本時間）、昨年 11 月から ISS に係留中の別のクルードラゴンに乗って米フロリダ半島沖に帰還する予定。星出さんが搭乗したクルードラゴンと打ち上げロケットの一部は、昨年の有人飛行で使われた機体が再使用された。【池田知広】

https://news.biglobe.ne.jp/it/0422/imn_210422_8219991186.html

NASA、火星で酸素を生成　将来は水の合成も

4 月 22 日（木）15 時 14 分　ITmedia NEWS

実験で使った「MOXIE」　NASA / JPL-Caltech　写真を拡大

米航空宇宙局（NASA）は 4 月 21 日（現地時間、以下同）、火星探査機「Perseverance」（パーサヴァランス）に積み込んだ実験機器を使い、火星で酸素を生成することに成功したと発表した。将来は、生成した酸素と水素から、水を作り出せる可能性もあるとしている。

実験は 20 日に実施した。「MOXIE」と呼ばれる機器を使って二酸化炭素に 800℃の熱を加え、一酸化炭素と酸素に分解。約 5.4g の酸素を生み出した。これは宇宙飛行士が 10 分間呼吸できる量に相当するという。

酸素は人間の呼吸だけでなく、ロケットの燃料を燃やすために不可欠。NASA によれば、火星から地球に移動するためには、約 7 トンの燃料に加え、約 25 トンの酸素が必要になるという。この量の酸素を地球から火星に運ぶことは難しく、現地で生成するほうが実用的という。

パーサヴァランスは 2 月 18 日に火星に到達した探査機。NASA は今後、パーサヴァランスが火星を離れるまでに、同様の実験を条件を変えて 9 回以上行うとしている。

https://www.afpbb.com/articles/-/3343543

火星ヘリ 2 度目の飛行成功、前回より高い 5 メートルまで浮上

2021 年 4 月 23 日 8:56　発信地：ワシントン D.C./米国 [米国 北米]

米航空宇宙局（NASA）の超軽量小型ヘリコプター「インジェニュイティ」の火星での 2 度目の飛行で、ジェゼロクレーターに映った自機の影。搭載している下向きのナビゲーションカメラで撮影（2021 年 4 月 22 日撮影、公開）。(c)AFP PHOTO / NASA/JPL-Caltech/HANDOUT

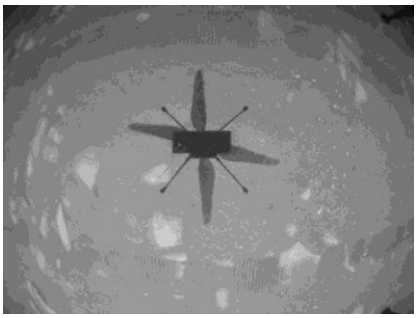
【4 月 23 日 AFP】米航空宇宙局（NASA）は 22 日、超軽量小型ヘリコプター「インジェニュイティ（Ingenuity）」の火星での 2 度目の飛行に成功した。今回は 51.9 秒間の飛行で、火星の地表から約 5 メートルの高さまで浮上した。　NASA ジェット推進研究所（JPL）でインジェニュイティのチーフエンジニアを務めるボブ・バララム（Bob Balaram）氏は、「受信したテレメトリー信号を分析したところ、期待通りのフライトだった」と述べつつ、「2 回の火星飛行を成し遂げたが、（試験飛行が予定されている）この 1 か月でインジェニュイティについて学ぶべきことはまだたくさんある」と語った。　インジェニュイティは 19 日、地球以外の惑星での史上初の動力飛行に成功した。この時は 39.1 秒間の飛行で、重量約 1.8 キロの機体が火星の地表から約 3 メートルの高さまで浮上した。　インジェニュイティのチーフパイロット、ハバード・グリップ（Havard Grip）氏は、「インジェニュイティは浮上をやめ、その場でホバリング（停空飛行）した後、搭載カメラをさまざまな方向に向けるために旋回した」と述べた。「その後、離着陸エリアの中央に戻って着陸した」

　さらに、「簡単なように聞こえるが、火星でのヘリコプター飛行には未知の部分が多い」と述べた。(c)AFP

https://sorae.info/space/20210420-nasa-ingenuity.html

NASA 火星ヘリ、人類史上初の地球外での動力飛行に成功。動画も公開

2021-04-20　松村武宏



【▲ 火星探査車「Perseverance」が撮影した小型ヘリコプター「Ingenuity」（Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU）】
【▲ Ingenuity のカメラが飛行中に撮影した地表の様子。Ingenuity の影が写っている（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

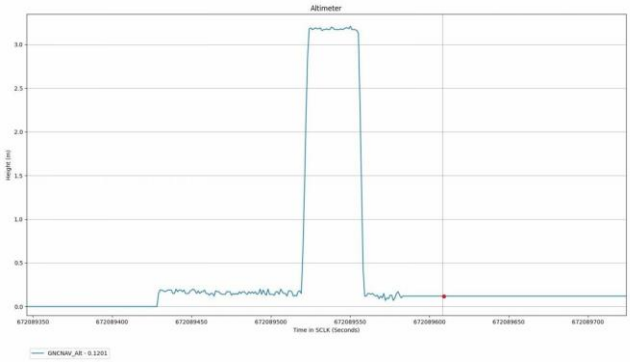
それは 40 秒弱の短い飛行でしたが、火星探査における大きな可能性を示した、歴史的な飛行となりました。

アメリカ航空宇宙局（NASA）のジェット推進研究所（JPL）は現地時間 4 月 19 日、火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニュイティ）」による初飛行が成功したと発表しました。人類史上初となる地球以外の天体における航空機の制御された動力飛行として、この飛行は歴史に刻まれることになります。

【▲ Perseverance が撮影した Ingenuity 初飛行の様子（Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS）】

こちらの動画は、着陸地点である火星のジェゼロ・クレーターまで Ingenuity を運んだ火星探査車「Perseverance

（パーセベランス、パーサヴィアランス）」のカメラ「Mastcam-Z」によって、64.3m 離れた場所から撮影された Ingenuity 初飛行の様子です。日本時間 4 月 19 日 16 時 34 分に火星の地表を離れた Ingenuity は、高度 3m で 30 秒間のホバリングを行った後に地上へ戻りました。JPL によると、総飛行時間は 39.1 秒間だったとのことです。
火星の環境は地球とは異なり、地表の重力は地球の約 3 分の 1、地表の気圧は地球の約 1 パーセントしかありません。Ingenuity は火星の薄い大気における動力飛行の実証を目的としており、今回の成功によって動力飛行が可能であることを証明したことになります。Ingenuity の運用チームは今回の飛行で得られたデータや撮影された画像を分析した上で、4 月 22 日以降に実施される 2 回目の飛行計画を立てることにしています。
地球と火星の通信には分単位のタイムラグが生じるため、Ingenuity の飛行はあらかじめ送信されたコマンドに従い自律的に行われます。こちらの画像は飛行中に地面を追跡するためのナビゲーション用カメラによって撮影されたもので、3m 下の地表に落ちた Ingenuity 自身の影が捉えられています。
「Ingenuity は、不可能に思える宇宙探査を実現させてきた NASA における最新のプロジェクトの一つです」と語る NASA 長官代行のスティーブ・ユルチク氏は、後にスペースシャトルの開発にも結びついた極超音速実験機「X-15」や、火星探査車の先駆けとなった小型ローバー「ソジャーナー」（1997 年 7 月に着陸した火星探査機「マーズ・パスファインダー」に搭載）に触れた上で、「Ingenuity が私たちをどこへ導くのかはわかりませんが、少なくとも火星の空は限界ではなさそうだということが、今日の飛行で示されました」とコメントしています。



【▲ Ingenuity の高度計が記録したデータを示したグラフ。縦軸は高度、横軸は時間（Credit: NASA/JPL-Caltech）】
なお、航空機や空港には国際民間航空機関（ICAO）によって固有の機種コードや空港コードが指定されています。たとえばボーイング 787 の ICAO 機種コードは派生型によって「B788」や「B789」など、東京国際空港（羽田空港）の ICAO 空港コードは「RJTT」となっています。Ingenuity のチーフパイロットを務める JPL の Håvard Grip 氏は、史上初めて火星を動力飛行した航空機である Ingenuity には ICAO 機種コード「IGY」が、初飛行を行った場所には ICAO 空港コード「JZRO」（ジェゼロ・クレーターより）が指定されたことを明らかにしました。
また、NASA 科学ミッション本部副本部長の Thomas Zurbuchen 氏は、1903 年 12 月に人類初の航空機による動力飛行を行ったライト兄弟にちなみ、Ingenuity が初飛行を行った場所が「ライト兄弟飛行場（Wright Brothers Field）」と名付けられたことを発表しています。
関連：NASA 火星ヘリコプター「Ingenuity」初飛行は 4 月 14 日以降に延期、機体の状態は良好
Image Credit: NASA/JPL-Caltech　Source: NASA/JPL　文／松村武宏

https://news.mynavi.jp/article/20210423-1877666/

NASA のヘリコプター、火星の空を舞う！　偉業を叶えた創意工夫とは？

2021/04/23 19:33　著者：鳥嶋真也

目次　1 その名は「インジェニュイティ」　地球以外の惑星の空を飛んだ動力飛行機
インジェニュイティとは？　初飛行の成功
2 火星を飛んだ“ライトフライヤー”がもつ、大いなる意義と可能性　火星探査に空からの視点を

ライト兄弟に敬意を込めて

米国航空宇宙局(NASA)は 2021 年 4 月 19 日、火星ヘリコプター「インジェニュイティ」の初飛行に成功した。地球以外の天体で、航空機が動力飛行に成功したのは史上初。ライト兄弟による初の動力飛行の成功に並ぶ歴史的快挙となった。この偉業が実現した背景には、名前のとおり数多くの「創意工夫」があった。

火星の空を舞うヘリコプターの「インジェニュイティ」。火星探査車「パーサヴィアランス」から撮影されたもの (C) NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

インジェニュイティの実機 (C) NASA/JPL-Caltech

飛行を待つインジェニュイティ (C) NASA/JPL-Caltech/ASU

インジェニュイティとは?

インジェニュイティ(Ingenuity)は、NASA ジェット推進研究所(JPL)が開発した小型の無人ヘリコプターである。インジェニュイティとは「創意工夫」や「発明の才」といった意味をもつ。

古今東西、地球以外の惑星の空を動力飛行した例はない。金星の空を気球で飛んだり、土星の衛星にパラシュートで降下したりといった例はあるが、自力で飛行する航空機は、このインジェニュイティが史上初となる。

しかし、火星の空を飛ぶことはきわめて難しい。

火星には地球の約 3 分の 1 に相当する比較的大きな重力がある一方で、大気はきわめて希薄で、大気圧は地球の約 1%、高度 30km に相当する薄さしかない。また、火星の地表に届く太陽のエネルギーは、地球の昼間の約半分に過ぎず、さらに夜間の気温はマイナス 90℃まで下がる。おまけに、火星探査車「パーサヴィアランス」に搭載して火星に持ち込むことから、コンパクトに造らなければならないという制約もあった。そのため、機体は全高 49cm で、胴体部分はティッシュボックスほどの大きさしかなく、質量も約 1.8kg ときわめて小さい。また、テイルブームやテイルローターをなくし、二重反転ローターを装備している。一見すると『ドラえもん』の「タケコプター」のようにも見える。ローターにはそれぞれ 2 枚、計 4 枚の羽(ブレード)が取り付けられており、軽い特製のカーボンファイバーで造られているうえに、できる限り大きな揚力を得るため、胴体に対するローターのサイズも大きくなっている。さらに、ローターはそれぞれ毎分約 2400 回転で回る。これは地球のヘリコプターの何倍もの速さである。そして、ローターを回すモーターの駆動にくわえ、極寒の火星の夜を耐えるためヒーターも稼働させることから、電源系は高い効率で動くよう造られている。加えて、機体の一部にはスマートフォン用の部品が使われており、既製品、民生品が火星など深宇宙でも使えるかどうかという試験も兼ねている。

さらに、火星と地球との間は遠く離れていることから、電波が届くのに片道 5〜20 分ほどもかかるため、ラジコンヘリのように地上から操縦することはできない。そこで、センサーとコンピューターを使い、完全に自律して、すなわちインジェニュイティ自身の判断で飛行できるようになっている。

希薄な空気中でのローターの性能から、太陽電池、ヒーター、その他の部品など、すべてのシステムは NASA/JPL の真空チャンバーや実験室で試験が繰り返された。開発が遅れた場合には搭載しないという選択肢もあったが、無事に開発を完了。そして 2020 年 7 月、パーサヴィアランスのお腹の部分に搭載され、ついに火星へ向けて打ち上げられた。

初飛行の成功

インジェニュイティは 2021 年 2 月 18 日、パーサヴィアランスとともに火星のイェゼロ・クレーター(Jezero Crater)に到着。そして、パーサヴィアランスによって「飛行ゾーン」へと運ばれ、4 月 3 日に分離。火星の地表

に降り立った。この飛行ゾーンは、イェゼロ・クレーター内の、パーサヴィアランスの着陸場所の近くに設定された 10m×10m の広さの場所で、平らで障害物がないという理由で選ばれた。
最初の関門は、極寒の火星の夜を超えることだった。これまではパーサヴィアランスからの指令でヒーターを動かすなどして耐えていたが、分離後は自律的に作動させなければならない。インジェニュイティは無事にこれをクリアし、さらにその後、自律的に太陽電池パネルを使って充電することにも成功した。
当初、初飛行は 4 月 8 日に予定されていたが、飛行前の試験の結果、ソフトウェアの修正や追加の確認が必要と判断。そして無事に修正や確認を終え、初飛行に臨んだ。飛行が始まったのは、日本時間 4 月 19 日 16 時 34 分(米東部夏時間同日 3 時 34 分)のことだった。ローターを勢いよく回したインジェニュイティは、希薄な火星の大気を必至に捕らえながら浮上。そして高度約 10ft(約 3m)まで上昇し、30 秒間にわたり、安定したホバリング状態を維持した。その後降下し、火星の地表に無事に着陸した。飛行時間は 39.1 秒間だった。
その間パーサヴィアランスは、64.3m 離れた場所に待機し、カメラで飛行の様子を撮影。また、インジェニュイティと地球の間の通信を中継も担うなど、文字どおり飛行の様子を見守っていた。インジェニュイティやパーサヴィアランスのデータは、火星探査機を中継して地球へ送られた。データが地球に届いたのは同日 19 時 46 分(6 時 46 分)のことで、飛行の成功が確認された瞬間、管制室は大きな喜びに包まれた。

インジェニュイティに搭載されたカメラが捉えた、空を飛ぶ自身の影と地表 (C) NASA/JPL-Caltech
ヘリコプターを活用した将来の火星探査の想像図 (C) NASA
インジェニュイティには、ライト兄弟が地球上で初めて動力飛行に成功した「ライトフライヤー」の実機に使われていたモスリン(生地)の一部が搭載されている (C) NASA/JPL-Caltech
データは現在も送られてきており、今回の試験の詳細については、今後順次発表される予定となっている。
NASA の長官代理を務めるスティーヴ・ジャージック(Steve Jurczyk)氏は「NASA は長きに渡り、数々の不可能を可能に変えてきました。今回、インジェニュイティはその新たな 1 ページを刻みました。今日、私たちは、少なくとも火星の空に限界はないということを証明しました」と語った。
インジェニュイティの飛行試験期間は、30 ソル(31 地球日)が予定されている。初飛行を行った時点ですでに 16 ソルが経過しており、今後 3 ソルかけて今回の飛行試験で得られたすべてのデータと画像を受信。そして早ければ 4 月 22 日にも、2 回目の試験飛行を行いたいとしている。もしこの 2 回目の飛行も成功すれば、より長時間、長距離飛ぶなどの実験を行うことを検討するとしている。
パーサヴィアランスが撮影した、インジェニュイティが離陸、ホバリング、着陸する様子 (C) NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

次へ：火星を飛んだ“ライトフライ… **火星探査に空からの視点を**

インジェニュイティはあくまで技術実証機であり、簡単なカメラを積んでいるだけで、科学観測を行うための機器は積んでいない。しかし、今回飛行に成功したことで、将来的により本格的な火星ヘリコプターを送り込み、“空からの視点”を活かし、これまでにない探査活動を行うことができる可能性が出てきた。
これまでの火星探査は、地表から高度数百 km を飛ぶ衛星か、地表に降りた着陸機や探査車から行われてきた。しかし、衛星は広く見通すことはできるものの細かくは見られず、一方で着陸機や探査車は岩石一つひとつを細かく見られるものの狭い範囲しか探査できないなど、両極端であった。しかし、そこにヘリコプターからの視点が加われば、ちょうどそれらの中間を埋める存在となり、火星探査がこれまで以上に大きく、そして飛躍的に進

む可能性がある。たとえば、探査車に先んじて飛び、科学的に興味深い場所を探したり、障害物を検知して探査車の安全な走行に役立てたりすることができるかもしれない。さらに、探査車や宇宙飛行士では訪れることが難しい、深いクレーターなどの地形の様子を探査したり、観測機器などの物資を積んで運んだりすることにも役立つ可能性もある。NASA の惑星科学部局のディレクターを務めるローリ・グレイズ(Lori Glaze)氏は「1997 年、私たちは初の火星探査車『ソジャーナー』によって、火星探査の方法を完全に一新させました。インジェニュイティも同じように、将来の火星探査に大きな変革をもたらすでしょう。今回の実証試験では、その可能性を探りたいと思っています。成功すれば私たちの視野をさらに広げ、そして火星探査で可能なことを範囲を広げることになるでしょう」と語っている。

ライト兄弟に敬意を込めて

成功に際して、JPL のマイケル・ワトキンズ(Michael Watkins)所長は、「インジェニュイティ・プロジェクトは、6 年あまりの間に、何もない(blue sky)状態から、火星での初飛行を達成するまでに至りました。このプロジェクトがこのような歴史的な初飛行を達成したのは、JPL のチーム、NASA のラングレー研究センター、エイムズ研究センター、そして産業界のパートナーの革新性と執念の証です」と讃えた。また、インジェニュイティのプロジェクト・マネージャーを務める、JPL のミミ・アウン(MiMi Aung)氏は「長い間、火星でライト兄弟のような瞬間を迎えたいと思ってきましたが、ついに実現しました。私たちは成功を祝うとともに、オービルとウィルバーに倣い、仕事に戻り、新たな航空機の研究に取り掛かろうと思います」と語った。

インジェニュイティのチーフ・パイロットを務めるホーヴァード・グリップ(Havard Grip)氏は、国際民間航空機関(ICAO)から NASA と米連邦航空局(FAA)に対して、ICAO 機種コードとして「IGY」が、コールサインとして「INGENUITY」が与えられたことを発表した。また、飛行場所には、イェゼロ・クレーターを意味する「JZRO」という名前が与えられた。これらの内容は、ICAO が発行する『Designators for Aircraft Operating Agencies, Aeronautical Authorities and Services』の次号に正式に記載される予定だという。NASA 科学担当副長官のトーマス・ザブーケン(Thomas Zurbuchen)氏はまた、インジェニュイティが飛行した飛行ゾーン一帯を「ライト兄弟フィールド(Wright Brothers Field)」と名づけたと発表した。「ライト兄弟が地球上で初の動力飛行に成功してから 117 年、インジェニュイティは火星で、この驚くべき偉業を成し遂げました。ライト兄弟とインジェニュイティに通ずる、探査を推進し続ける創意工夫と革新性に敬意を表し、この一帯を『ライト兄弟フィールド』と名づけました」。ちなみに、インジェニュイティには、ライト兄弟が地球上で初めて動力飛行に成功した「ライトフライヤー」の翼に使われていたモスリン(生地)の一部が搭載されている。つまりライトフライヤーは、地球と火星の両方の空を飛んだのだ。航空の歴史に残るこの 2 つの印象的な瞬間は、117 年という時間と、地球と火星の距離を超え、いまや切れることのない永遠のつながりを得たのである。ライトフライヤーの飛行時間はわずか 59 秒間だったが、その後航空機の技術は驚くべきスピードで進歩を遂げ、10 年足らずのうちに商業飛行が始まり、半世紀も経たないうちに音速を超えるに至った。インジェニュイティの飛行時間もまた、わずか 39.1 秒間と短いものだったが、その意義、そして将来の可能性は、ライトフライヤーのように大きなものである。

参考文献　・NASA’s Ingenuity Mars Helicopter Succeeds in Historic First Flight
・Mars Helicopter - NASA Mars
・6 Things to Know About NASA's Ingenuity Mars Helicopter
・Ingenuity Landing Press Kit | Introduction
・https://www.jpl.nasa.gov/news/presskits/ingenuity/download/ingenuitylandingpresskit.pdf

鳥嶋真也　とりしましんや

https://news.mynavi.jp/article/20210422-1876704/

立命館大など、隕石の中に閉じ込められた CO2 に富む液体の水を発見

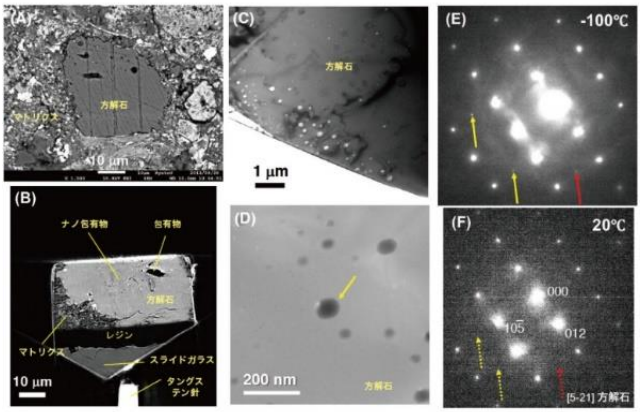
2021/04/22 15:20　著者：波留久泉

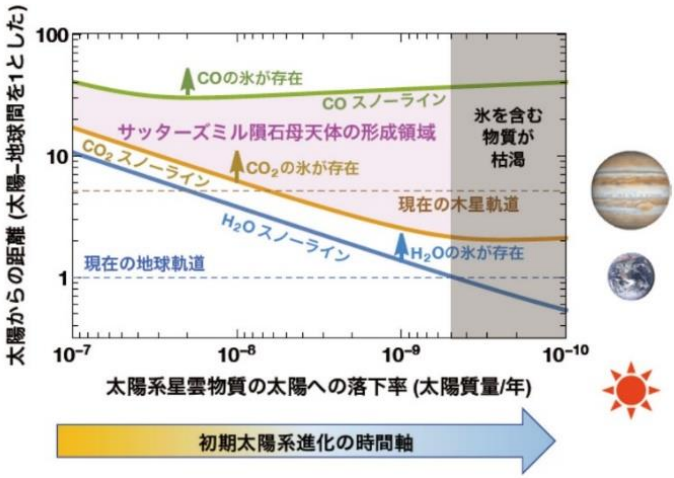
立命館大学、京都大学(京大)、東京工業大学(東工大)、北海道大学(北大)、高輝度光科学研究センター(JASRI)の 5 者は 4 月 22 日、炭素質コンドライト隕石の一種で、2012 年に米国カリフォルニアに落下した「サッターズミル隕石」の鉱物中に閉じ込められた、二酸化炭素(CO2)に富む液体の水を発見したことを発表した。

同成果は、立命館大 総合科学技術研究機構/中国科学院広州地球化学研究所の土`山明 教授、京大 理学研究科の三宅亮 准教授、同・北山晃氏、東工大 理学院の奥住聡 准教授、北大 理学研究員の川野潤 准教授、JASRI 放射光利用研究基板センターの上杉健太朗 副主幹研究員(微細構造計測チームリーダー)、同・竹内晃久 副主幹研究員らによるもの。詳細は、米科学振興協会が発行する「Science Advance」に掲載された。

現在の地球は海洋が約 7 割を占めるなど、水が豊富に存在することが分かっている。しかし、約 46 億年前に微惑星が衝突・合体を繰り返して誕生したばかりの頃の地球は、表面がマグマに覆われているような灼熱の状態にあり、とても水が液体の形で存在できなかったとされる。また、地球の公転軌道の辺りは、太陽からの熱エネルギーが豊富なため、水が氷として存在できない。太陽によって水は蒸発させられ、さらには太陽風によって吹き飛ばされてしまい、地球周辺の空間は乾燥しきっていたと考えられている。現在の地球のように大量の水が星全体を覆った正確な時期は不明だが、今から約 40 億年ほど前に、海の浅瀬や海底の熱水噴出口の周辺などで生命が誕生したと考えられていることから、その時点で水があったことは間違いないと考えられる。その際に水が大量にあったとするなら、地球誕生から約 6 億年の間に大量の水がもたらされたことになる。では、その大量の水がどこからもたらされたのか。大きく 2 つの説があり、1 つは、干上がっているように見えても、元々地球の岩石中に含まれていたとする説。そして火山噴火などによって大気中に放出され、雨となって少しずつ水がたまっていたという考えだ。現在の地球でも、高温でとても水が存在しているとは思えないが、地下のマグマ中にも水は多量に含まれているという。そしてもう 1 つは、彗星や隕石などによって運ばれてきたとするものだ。元々原始惑星系円盤には多量の水が含まれており、太陽から遠ざかるとそれだけ冷えるため、今でも太陽系の外側には氷の形で彗星や隕石などに含まれて無数に存在している。それらが地球に大量に降り注いだことで、地球に水がもたらされた、とする考え方である。今回の研究は、水を含んでいる始原的な隕石である炭素質コンドライト中における液体の水の探索が行われたというもの。一般的に炭素質コンドライト中の水は、鉱物の結晶構造中に「水酸基(OH)」や水分子の形で存在しており、液体の水はこれまで発見されたことがない。そこで、炭素質コンドライト隕石の 1 つであるサッターズミル隕石をサンプルとして、新しい手法を用いてその内部に液体の水が探し求められたのである。今回の水探しで着目されたのが、隕石中の「方解石」だ。方解石は分子構造としては「CaCO3」で表され、カルシウム、炭素、酸素で構成される鉱物である。惑星系の卵は、水素ガスやダストなどが濃く集まった冷たい分子雲から生まれる。ダストには、量は異なるものの過去の超新星爆発で放出されたさまざまな天然元素が含まれており、その中には氷も含まれる。そして分子雲は密度を増して分子雲コアとなり、さらに密度を増してその中心で太陽が産声を上げる頃、その周囲の原始惑星系円盤の中ではさまざまな鉱物と共に氷が集積されることで、微惑星(そのうち惑星になれなかったものが小惑星となる)はできあがっていく。サッターズミル隕石の母天体も、そうしてできあがった小惑星の 1 つであるとされている。そして母天体が太陽に近づくなど、何らかの理由で氷が溶け出した結果、水はさまざまな鉱物と反応することから隕石中の鉱物を溶かし込んで水質変性を起こす。方解石は、このときの鉱物の溶け込んだ水溶液から析出されたものと考えられている。そのため、方解石に取り込まれた当時の水が、方解石粒子中に包有物として残っている可能性があるのだという。

分析の結果、方解石中において数 μm よりも大きな包有物が多数見出されたという。





サッターズミル隕石中の CO2 に富む流体包有物の発見。(A)隕石の走査型電子顕微鏡(画像)。方解石が着目された。(B)サンプルの X 線ナノ CT 画像。集束イオンビームを用いて方解石が切り出され、SPring-8 で X 線ナノ CT 撮影が行われた。数 μm の比較的大きな包有物に加え、ナノメートルサイズの包有物も多数存在することがわかった。(C)方解石中のナノ包有物の透過型電子顕微鏡画像。ナノ包有物が多数存在する領域をイオンビームを用いて薄く切り出し、透過型電子顕微鏡で観察が行われた。(D)CO2 に富む流体包有物を含むナノ包有物(黄色の矢印の先)の透過型電子顕微鏡画像。(E、F)(D)の包有物を含む領域の電子回折図形。明るい斑点は方解石の回折によるもの。-100℃の(E)で見えている余分な斑点(黄色い矢印の先)の位置と、20℃の(F)ではこれらが消えることから、CO2 と H2O の化合物あるいは CO2 の氷の存在が明らかとなった (出所:共同プレスリリース PDF)

平坦な結晶面を持つその包有物の中に、水が存在していることが期待されたが、残念なことに発見されず。サッターズミル隕石(の母天体)が誕生して約 46 億年という長い時間の間に宇宙のどこかへと失われてしまったらしく、中身は空隙となっており、水は存在していないことが確認された。しかし方解石中において、1μm よりもさらに小さなナノメートルサイズの包有物(ナノ包有物)が無数に存在していることが判明。それらの中身の詳細な調査を実施。その結果、常温(20℃)で見える方解石結晶の回折スポットに加えて、低温(-100℃)で新たな回折スポットが出現。その位置から純粋な水(H2O)の氷ではなく、CO2 の氷もしくは CO2 ハイドレートと呼ばれる氷であることが明らかとなった。また、CO2-H2O 系の相図からその流体に含まれる CO2 の量は、15%以上ということも判明したとする。さらに、サッターズミル隕石が受けた水質変成時に、このような多量の CO2 を含む流体が存在できる条件として、母天体の直径はおおよそ 100km よりも大きなものであったことも明らかとなった。

このような多量の CO2 を含む流体の存在は、サッターズミル隕石の母天体が CO2 を含む氷と共に形成されたことを意味しており、CO2 が 15%と多量に含まれていたことから、サッターズミル隕石の母天体は CO2 のスノーラインよりも外側、CO の氷は見つからなかったことから CO のスノーラインよりは内側で作られたと研究チームでは推測している。

太陽系形成時に存在した H2O、CO2、CO の各スノーラインについて、これらの太陽からの距離が時間(太陽系星雲物質の太陽への落下率として表されている)経過と共に、どのように変化したかが示されている図に、考えられるサッターズミル隕石の母天体の形成領域が示されている。木星は現在の軌道(太陽からの距離は約 5 天文単位)よりも内側で形成されたとする説が採用されており、サッターズミル隕石の母天体の形成領域は木星よりも外側であったことがわかる。やがて木星は火星軌道付近まで太陽に近づいたあとに、土星に引っ張られて外側へ向かい、今の位置に落ち着いた。その際に木星の重力の影響を受けて、サッターズミル隕石の母天体は小惑星帯の辺りまで太陽に近づいたと考えられるという (出所:共同プレスリリース PDF)

これまでの太陽系形成理論では、惑星や、小惑星をはじめとする小天体が形成された位置は、現在の軌道と大きく変わらないと考えられてきた。しかし、近年では、系外惑星の発見などもあり、惑星や小天体は形成後にその軌道が変化する(移動する)ことが珍しくないと考えられるようになってきた。

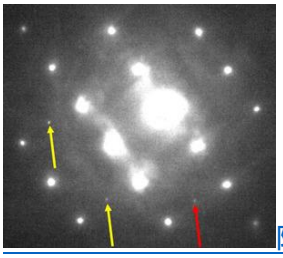
また最近の研究では、隕石や地球外物質の安定同位体組成が、炭素質コンドライトとそれ以外の大きく 2 つのグ

ループに分類されることが明らかとなり、前者は木星の外側の領域で、後者は内側の領域で形成されたとされると考えられるようになってきた。木星が過去の大移動によって多大な影響を受けた小天体の中には、サッターズミル隕石の母天体も含まれており、そのときに現在の小惑星帯に移動したと推測されている。つまり、今回の発見は近年の新しい太陽系形成モデルの物質学的な証拠を示したことになるという。
なお、小惑星探査機「はやぶさ 2」がサンプルを採取した小惑星リュウグウも炭素質コンドライトかそれに類似した物質に対応すると考えられており、間もなく初期分析が始まるこのはやぶさ 2 が持ち帰ったサンプルからも今回と同様の液体が見出され、リュウグウの形成条件を決定することができるかもしれないと研究チームではコメントしている。

https://www.asahi.com/articles/ASP4Q3359P4PULBJ00Q.html

隕石に炭酸水が入ってた　発見の教授「もし飲んだら…」

小川詩織 2021 年 4 月 22 日 9 時 58 分


隕石に含まれる水が凍った部分（矢印）=土山教授提供

隕石（いんせき）に炭酸水が液体で入っていた――。立命館大などのチームが 22 日、米科学誌サイエンス・アドバンシス（https://doi.org/10.1126/sciadv.abg9707）に発表した。これまでに隕石から水が発見された例はないわけではないが、二酸化炭素（CO2）が含まれた水は初めてという。CO2 の含有率は 15%以上だったといい、土山明教授は「もし飲んだら、とても強い炭酸水だ」と語った。

この隕石は、2012 年に米カリフォルニア州のサッターズミルに落下した。探査機「はやぶさ 2」が訪れた小惑星「リュウグウ」と同じく水や有機物が豊富なタイプ。これまでに水分子や水酸基（OH）が見つかった例はあったが、このタイプから液体の水が発見されたのも初めてという。

チームが X 線や電子顕微鏡などを使って分析し、隕石に含まれる鉱物中から液体の水を見つけた。太陽系が誕生した約 46 億年前、豊富にあった氷やドライアイスが取り込まれて炭酸水になったらしい。CO2 は太陽に近づくと蒸発してしまうため、隕石は木星より外側でできたようだという。土山さんは「はやぶさ 2 が持ち帰ったサンプルからも液体の水が見つかるかもしれない」と期待した。（小川詩織）

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0419/ym_210419_4376855895.html

ロシア、ＩＳＳ「著しい老朽化」で撤退へ…２５年以降

4 月 19 日（月）10 時 35 分　読売新聞

【モスクワ＝工藤武人】ロシアのユーリー・ボリソフ副首相は、１８日に放映された国営テレビの番組で、２０２５年以降、ロシアが国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）から撤退し、独自の宇宙ステーションの開発を計画していることを明らかにした。有人宇宙船「ソユーズ」などＩＳＳへの主要な輸送手段を提供しているロシアの動向は、今後のＩＳＳの運用を巡る議論に影響しそうだ。　国営テレビは１２日に開かれた宇宙開発に関する会合の一部を伝えた。ボリソフ氏は撤退する要因として、１９９８年に建設が始まったＩＳＳの「著しい老朽化」を挙げ、撤退を決めた場合、関係国に事前通告する考えを示した。会合にはプーチン大統領も出席した。

ロシアの宇宙機関ロスコスモスは、ＩＳＳから撤退するかどうかの最終判断は２４年になるとの見通しを示し

た。　ＩＳＳは高度約４００キロ・メートルの地球上空を周回する実験施設で、日米露やカナダ、欧州が参加する。２４年までの運用は決まっているが、２５年以降については結論が出ていない。

https://news.biglobe.ne.jp/economy/0421/prt_210421_0223260272.html

”北海道に、宇宙版シリコンバレーをつくる”アジア初の民間にひらかれた宇宙港「北海道スペースポート」、2021 年 4 月本格稼働開始　4 月 21 日（水）20 時 46 分　PR TIMES

写真を拡大

事業の具体的推進に向け、大樹町及び６つの企業等が出資し、SPACE COTAN 株式会社を設立
北海道大樹町（本庁：北海道広尾郡大樹町、町長　酒森正人）は、「北海道に、宇宙版シリコンバレーをつくる」という計画の実現に向けて、アジア初となる民間にひらかれた宇宙港「北海道スペースポート（以下、HOSPO）」を 2021 年 4 月より本格稼働させることをお知らせします。大樹町では、2019 年に「北海道スペースポート構想」を公表、その後具体的計画について内閣府の認定を受けました。この度、本計画を具現化し、事業を推進するため、大樹町および 6 つの道内企業等が出資して、SPACE COTAN 株式会社（本社：北海道広尾郡大樹町　代表取締役社長 小田切義憲、以下 SPACE COTAN ）を 2021 年 4 月 20 日（火）に北海道大樹町に設立しました。SPACE COTAN は HOSPO の運営、ロケットおよび宇宙旅行等を目的とした宇宙船（スペースプレーン）の打上げ支援業務等をはじめ、航空宇宙産業発展に向けた研究・開発ならびに地域創生を含むビジネス機会の提供をサポートします。HOSPO を世界の宇宙ビジネスを代表するインフラとして発展させ、宇宙産業に携わる全ての方々に快適なビジネス環境を提供します。[画像 1: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-470086-1.jpg]北海道**スペースポート概要**
[画像 2: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-332252-12.jpg]
●名称　　：北海道スペースポート（HOKKAIDO SPACEPORT）※略称 HOSPO（ホスポ）
●住所　　：北海道広尾郡大樹町字美成 169 番地他　　●所有者　　：北海道大樹町
●運営予定　：SPACE COTAN 株式会社
●ロゴの由来：宇宙産業を支える安定感のある射場とロケットがモチーフ。また、北海道大樹町のグリーンと宇宙のブルーのグラデーションにより、北海道から宇宙へという意味合いを表現。
●URL　　：https://hokkaidospaceport.com 北海道スペースポートは、2021 年に民間ロケット打上げ、航空宇宙実験を実施予定。
人工衛星用ロケットの射場整備・滑走路の拡充を進め、世界の宇宙産業に貢献。世界が成長産業として注目する宇宙産業の市場規模は、2040 年に 100 兆円まで拡大するという試算が出ています。（出典：Morgan Stanley.「Space: Investment Implications of the Final Frontire（2017 年 10 月）」）また、500kg 以下の小型人工衛星の打上げは、350 機程度（2019 年）から 1,000 機程度（2030 年）に拡大し、この需要を満たすためには現状に加えて年間 60～300 機の小型衛星打上げのためのロケットや射場が必要となります。（出典：pwc「Main trends and challenges in the space sector, June 2019」）しかし、現状アジアに民間の人工衛星用ロケットの打上げができる世界に開かれたロケット射場はありません。
大樹町は SPACE COTAN とともに、HOSPO の運営を通して宇宙産業の成長に貢献するため、人工衛星用ロケットやスペースプレーンを対象とした実験・打上げ射場・滑走路の整備を進めます。また、人工衛星データを活

用したビジネスの先進実験、さらにシェアリングエコノミーの概念に基づくシェア工場設備やシェアオフィス等の展開を含め、宇宙産業に携わる全ての方々に快適な研究・開発、そして地方創生を含むビジネスの機会・環境を提供します。HOSPO では、2021 年度に民間企業インターステラテクノロジズ社のロケット打上げ、また各社・各団体等による航空宇宙実験が予定されています。世界の民間企業が利用できるロケット射場としてはアジア初であり、かつ、水平離着陸および垂直打上げ対応型の専用宇宙港としてもアジア初となります。東側や南側に海が開けている地理的優位性等からアジアやヨーロッパのロケット打上げ事業者からも注目されています。今後整備を進めるスペースポート施設　　※画像はイメージ図です。

Launch Complex-1　[画像 3: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-710220-0.jpg]

Launch Complex-2　[画像 4: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-981719-2.jpg]

Runway（滑走路）[画像 5: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-403325-3.jpg]

日本初、スペースポート整備に「企業版ふるさと納税・個人版ふるさと納税」を活用

既に企業版ふるさと納税で、約 1 億円の寄附金が集まる

HOSPO の新たなロケット射場 Launch Complex-1（LC-1）、Launch Complex-2（LC-2）等の整備に必要な資金の一部に寄附金を充当します。通常の寄附、個人版ふるさと納税に加え、企業版ふるさと納税(*5)の制度を活用します。大樹町では地域再生計画「大樹町発！航空宇宙産業集積による地域創生推進計画」のなかで企業版ふるさと納税の用途として、スペースポートの施設整備を盛り込み、2020 年 3 月に内閣府の認定を得ました。ふるさと納税を利用したスペースポート建設は日本で初めての取組みです。2 カ所のロケット射場等の建設費用として 50 億円（第 1 期 LC-1 建設および滑走路延伸等 10 億円、第 2 期 LC-2 建設 40 億円）の資金に充当します。建設費用の 50%に相当する 25 億円を寄附で集め、残る 50%は地方創生交付金を申請する計画です。現在、HOSPO 整備のための寄附金は合計で 9,250 万円集まっており（2021 年 4 月 20 日時点）、エア・ウォーター北海道（株）、川田工業（株）グループ、（株）十勝毎日新聞社等、主に北海道や十勝の企業より支援を頂いております。《北海道スペースポートプロジェクトのための寄附金募集概要》[表: https://prtimes.jp/data/corp/78016/table/1_1.jpg]

ALL 北海道の宇宙開発プロジェクトとして推進

大樹町の計画は、HOSPO を核として「北海道に、宇宙版シリコンバレーをつくる」ことです。このビジョンの実現に向けて、大樹町が中心となり、北海道庁、北海道経済連合会など多くの道内企業や団体とともに本プロジェクトを推進します。”北海道=宇宙ビジネス”の機運醸成を図り、最終的に宇宙ビジネスの成長を通じて日本に貢献することを目指します。《HOSPO プロジェクトメンバー・支援者コメント》

[画像 6: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-216306-5.jpg]

北海道大樹町　町長　酒森　正人　（さかもり まさと）

大樹町が 35 年以上前から夢みてきた「北海道スペースポート」がいよいよ本格的に動き始めます。人口 5000 人の小さな町の取組みです。でも、この芽はやがて十勝、北海道にとどまらず日本、そして世界に新たな産業を創出する「大きな樹」に育つものと信じています。いっしょに夢を実現しましょう！

[画像 7: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-273007-4.jpg]

SPACE COTAN 株式会社　代表取締役社長兼 CEO　小田切　義憲　（おだぎり よしのり）

「大樹（ここ）から宙（そら）へ」！

大樹町、十勝、北海道の熱い思いを載せ、北海道スペースポートはいよいよ Lift Off します。人工衛星の活用を通じ私達の生活の質が更に向上するよう、ALL 北海道で「宇宙版シリコンバレー」を目指し、そして日本を元気にしていきます。[画像 8: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-594712-6.jpg]

北海道知事　鈴木　直道　(すずき なおみち)

「北海道スペースポート」が、本格稼働に向けた新たな一歩を踏み出します。本道はもとよりアジアにおける宇宙ビジネス創出の拠点を目指して、関連産業の集積とともに、観光など幅広い分野への波及効果を生み出すことができるよう、今後も地域の皆様と共にオール北海道で取り組んでまいります。

[画像 9: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-386110-7.jpg]
北海道経済連合会　会長　真弓　明彦　(まゆみ あきひこ)
当会は北海道経済の活性化と発展に向けて宇宙産業集積を極めて重要と考え、2019 年に「宇宙産業ビジョン」を公表致しました。この度の SPACE COTAN 株式会社の設立は、まさに起爆剤ともなり得る大きな一歩であります。思いを一つに今後も北海道の将来的発展を目指して力を合わせていきましょう。
[画像 10: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-622333-8.jpg]
とかち航空宇宙産業基地誘致期成会　会長　米沢　則寿　（よねざわ のりひさ，帯広市長）
SPACE COTAN 株式会社の設立により、北海道・十勝におけるロケット射場整備の取り組みが大きく前進したことは、喜ばしいことであり、大樹町をはじめとする関係各位のご尽力に、心から敬意を表します。期成会としても、これまで同様、将来の航空宇宙産業基地形成に向け、ともに取り組んでまいります。
[画像 11: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-376643-9.jpg]
北海道宇宙科学技術創成センター(HASTIC)　理事長　上杉　邦憲　(うえすぎ くにのり）
スペースポートは単なるロケットの射場ではありません。海の往来に港が、空の往来に空港が必要なのと同じくスペースポートは宇宙の往来に必要な港「宇宙港」です。HASTIC は大樹町とともに世界に開かれた民間宇宙港「北海道スペースポート」の実現に向け尽力してきました。この度 SPACE COTAN 株式会社の設立により、いよいよその実現への第一歩が踏み出されます。HASTIC はスペースポートの更なる発展に向け、引き続き支援してまいります。[画像 12: https://prtimes.jp/i/78016/1/resize/d78016-1-335691-10.png]
北海道スペースポート研究会　会長　今津　寛　（いまづ ひろし）
宇宙が夢の世界から実利用の世界に様変わりし、宇宙ビジネス市場での日本の立ち遅れが露になった折、北海道スペースポートの整備に向け新たに踏み出したことは誠に意義深い第一歩です。これで大樹町は我が国のみならずアジア・太平洋地域の安全安心にも大きく貢献する貴重な宇宙公共インフラの構築に取り組むことになり、国内の多くの支援を得てその役割を果たすことが出来ます。当会とてしも惜しみない支援の輪を広げてまいります。
北海道スペースポートの推進のため、「SPACE COTAN 株式会社」を 2021 年 4 月に設立
「 北海道に、宇宙版シリコンバレーをつくる」 という大樹町の計画の具体化に向けて、この度大樹町、エア・ウォーター北海道、帯広信用金庫等道内企業等が出資し、新会社 SPACE COTAN 株式会社を設立いたしました。同社は、大樹町からの委任を受け、北海道スペースポートの管理運営、整備資金調達支援、射場の詳細設計、国の認定取得、国内外の顧客開拓、PR 活動等の企画・運営を行います。同社 CEO には、これまでエアアジア・ジャパン（株）の CEO を務め、航空宇宙産業界に精通する小田切義憲が就任致します。
《会社概要》
●名称　　：SPACE COTAN 株式会社（SPACE COTAN Co.,Ltd.）●設立年月日：2021 年 4 月 20 日（火）
●代表　　：小田切 義憲
●役員構成　：代表取締役社長兼 CEO　小田切 義憲（おだぎり よしのり)、取締役兼 COO 大出 大輔（おおで だいすけ)、取締役兼 CTO 干場 康行（ほしば やすゆき)、取締役兼 CMO 中神 美佳（なかがみ みか)、社外取締役　唐渡 有（からと ゆう、エア・ウォーター株式会社 取締役副社長 北海道代表)、社外取締役　増田 正二（ますだ しょうじ、帯広信用金庫 相談役)、社外取締役 川田　章博（かわた あきひろ、川田工業株式会社 代表取締役社長)、監査役　林　浩志（はやし ひろし、株式会社十勝毎日新聞社 代表取締役社長）
●所在地　　：北海道広尾郡大樹町字芽武 183 番地 1
●資本金　：7,600 万円（大樹町、エア・ウォーター北海道、帯広信用金庫、川田工業、十勝毎日新聞、北海道新聞、 インターステラテクノロジズ等）●事業概要 ：大樹町からの委任に基づく HOSPO のプロジェクト推進業務全般（北海道スペースポートの管理運営、整備資金調達支援、射場の設計、国の認定取得、国内外の顧客開拓、PR 活動等)、宇宙産業促進に向けた自主事業等

https://news.biglobe.ne.jp/entertainment/0422/sgk_210422_0405803655.html

山崎直子氏が語る宇宙開発「宇宙に行くこととは、地球を知ること」

4 月 22 日（木）7 時 5 分　NEWS ポストセブン

山崎直子氏が見据える今後の宇宙開発の展望とは？（時事通信フォト）写真を拡大

11 年前に宇宙飛行士として任務を遂行した、元 JAXA 宇宙飛行士の山崎直子氏。現在では宇宙政策や宇宙旅行に関する活動を精力的にこなしている。自身の宇宙滞在から今後の宇宙開発の展望まで語った。

私が ISS での約 2 週間のミッションを行ったのは、2010 年の 4 月のことでした。当時、ISS には長期滞在クルーとして、いままさに 3 度目の飛行をしている野口聡一さんが滞在していました。ISS での公用語は英語ですが、ハッチを開けたときに「いらっしゃい」という声がまず聞こえ、いきなり日本語が耳に届いたことに驚いたものでした　宇宙での仕事は分刻みの忙しいものですが、私たちはその合間に寿司を他のメンバーに振る舞ったり、2 人で和楽器を合奏するイベントをしたりしました。今年 4 月には星出彰彦さんが、その野口さんのいる ISS にコマンダー（船長）として滞在する予定です。あのときの私たちがそうだったように、日本人が 2 人いるからこそ、「日本の文化」や強みを宇宙から表現する機会も増えるでしょう。2 人がどんな発信をしてくれるか、今から楽しみにしています。　さて、私が宇宙でのミッションを経験してから、すでに 11 年の歳月が過ぎました。いま、世界の宇宙開発は大きな過渡期を迎えています。アメリカは月軌道に宇宙ステーションを作る「アルテミス計画」、いわゆるゲートウェイ構想を予定しており、日本もその計画に参画することになっています。

ISS の周回する地球の低軌道を離れ、月、さらには火星までを見据えた持続的な有人宇宙活動が行われていく――そのなかで月面に恒久的な施設が建造され、様々な分野の研究者などが滞在し始めれば、私たちにとって「月」もまた、南極のドームふじ基地のような場所になっていくのではないでしょうか。　また、同時に低軌道の活用が民間企業に広がることで、例えば「宇宙旅行」も身近になってくるはずです。ISS まで行くためには 10 億円単位の資金が必要ですが、上空 100 キロメートル付近の宇宙に到達して戻ってくる「サブオービタル」の旅行の費用は約 2000 万円。すでに申込者が 700 人を超えており、今後はより安価になっていくはずです。多くの人が海外旅行のように宇宙に行ける時代は、すぐそこまできているわけですね。　私自身の経験から言えるのは、「宇宙に行くこと」とは「地球を知ること」。宇宙から青い地球を見上げるように眺めると、私たちにとって地球こそが宇宙の中の憧れであり、かけがえのない場所であるのだと感じます。「宇宙船地球号」という言葉が、文字通り強烈に実感されるのです。多くの人が宇宙から地球を見る経験を重ねていくことで、そうした感覚が広まっていくことを期待しています。

【プロフィール】

山崎直子（やまざき・なおこ）／日本人女性 2 人目の宇宙飛行士。2010 年のミッションでは、野口聡一によって ISS に迎えられた。訓練期間中の出産を経て、家庭との両立に悩みながら宇宙飛行に辿り着いた経験を持つ。現在も日本の宇宙開発についての提言、普及活動を積極的に行っている。

取材・文／稲泉連　※週刊ポスト 2021 年 4 月 30 日号

https://www.asahi.com/articles/ASP4L5Q3LP48IIPE025.html

超小型人工衛星「ひろがり」、実験開始 12 日目で広がる

西川祥一 2021 年 4 月 18 日 20 時 00 分

室蘭工業大学の超小型人工衛星「ひろがり」の模型。地球からの指令で人工衛星のふたを開け、折りたたんだプラスチック板を広げる=2021年1月28日、北海道室蘭市の室蘭工業大学、西川祥一撮影

室蘭工業大学（北海道室蘭市）の超小型人工衛星「ひろがり」が、宇宙空間で太陽光発電パネルに模したプラスチック板を地球からの操作で広げることに成功した。最初は指令が人工衛星にうまく伝わらなかったが、何度もチャレンジして実験開始12日目の4日、実験が完了したという。

「ひろがり」は縦、横各10センチ、高さ20センチ。この超小型の人工衛星の内部に、「ミウラ折り」と呼ばれる技術で折りたたんだ縦、横各12センチ、厚さ2ミリのパネルを格納している。

「ひろがり」は、同大と大阪府立大の学生・大学院生が共同開発した。日本時間2月21日午前、米国バージニア州から民間企業のロケットで打ち上げられ、22日に国際宇宙ステーションに届けられた。3月14日に宇宙空間に放出された。　「ひろがり」のミッションは、地上からの指令で人工衛星のふたを開き、パネルを広げることだ。　3月24日に実験を開始した。しかし、最初の指令ではふたが開かなかった。その後も失敗を繰り返し、30日に6回目の指令でふたが開いた。　4月3日、次にパネルを広げる指令を送ったがうまく伝わらなかった。翌4日夕、2回目の指令でパネルが広がったのを人工衛星からの画像で確認したという。

室蘭工業大航空宇宙機システム研究センター長の内海政春教授は「何とか成功し、ほっとしている。支援していただいた方々や企業に感謝したい。学生にとっては、相次ぐトラブルを乗り越えられたという財産を手にし、成長したと思う」と話した。（西川祥一）

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/042000196/

スペースXが単独で月着陸船を開発、NASAが異例の選定

人類を再び月に送る「アルテミス計画」とは、選定の理由とともに解説　2021.04.21

2018年9月17日、スペースXの創業者でCEOのイーロン・マスク氏は、日本の資産家、前澤友作氏を乗せて民間人初の月周回飛行を行うと、ファルコン9ロケットの前で発表した。今回、スペースXはNASAからアルテミス計画の一環として宇宙飛行士を月に着陸させる契約を獲得した。（Photograph by DAVID MCNEW/AFP via Getty Images）[画像のクリックで拡大表示]

米航空宇宙局（NASA）は4月16日、人類を再び月に送る計画で、月面に宇宙飛行士を着陸させる機体の建造をスペースXに委託したと発表した。「アルテミス計画」と呼ばれる今回の計画では、募集した宇宙飛行士をNASAの有人宇宙船「オリオン」に乗せて大型ロケット「スペース・ローンチ・システム（SLS）」で打ち上げ、月の軌道に届ける。そこから宇宙飛行士はスペースXのロケット「スターシップ」に乗り換え、最終的に月面への着陸を目指す。

契約金額は29億ドル（約3100億円）だ。この未来的なデザインの宇宙船は、現在まだ試作段階であり、米テキサス州の施設で飛行試験が続けられている。今回の計画にはスペースXのほか、ジェフ・ベゾス氏が創業したブルーオリジン社（防衛企業ロッキード・マーチン、ノースロップ・グラマン、およびドレイパー研究所と提携）、米アラバマ州を拠点とする防衛企業ダイネティクスの2社も応募していた。　NASAの野心的な計画、アルテミ

スのミッションと、スペース X が果たす重要な役割について、知っておくべきことは次のとおりだ。

NASA の「アルテミス計画」とは？

2017 年にトランプ政権下で発表され、2019 年に名づけられたアルテミス計画は、1972 年のアポロ 17 号のミッション以来、約半世紀ぶりに米国の宇宙飛行士を月面に送ることを目指している。月面に降り立つ宇宙飛行士には、初の女性および有色人種も含まれる予定だ。　バイデン政権もこの計画の支持を表明している。ただし、トランプ陣営は 2024 年内の月面着陸を強く求めていたものの、NASA がこれに間に合わせるために必要とした予算は連邦議会で承認されていない。十分な予算が得られず、プログラムに必要な SLS ロケット等の開発も遅れていることから、NASA は現在、有人月旅行が可能になる最短のスケジュールの見直しを行っている。その概要は次の通りだ。　早くても 2021 年後半に打ち上げ予定のアルテミス 1 号のミッションは、オリオンと SLS による無人の試験飛行となる。これに続くアルテミス 2 号は、SLS とオリオンを使用し、1968 年のアポロ 8 号のミッションと同様に有人で月の周回軌道まで往復するが、着陸はしない。その後アルテミス 3 号が SLS、オリオン、そしてスペース X のスターシップを使って月面までの旅行を成し遂げる。　月までの約 40 万キロの道のりを、宇宙飛行士は NASA の重量物打ち上げロケット SLS と、深宇宙探査船オリオンに乗って旅する。その後オリオンは有人着陸システム（HLS）にドッキングすることになっており、この HLS として今回 NASA が選んだのがスペース X のスターシップだ。HLS は最長で 100 日間月の軌道で待機し到着した宇宙飛行士を月面に送り届ける。帰路ではクルーはスターシップに乗って月から飛び立ち待機していたオリオンに移動して地球へ向かう。

次ページ：NASA が「珍しく大胆」に選んだスターシップとは？

スペース X の「スターシップ」とは？

スターシップは、現在スペース X が開発を進めている 2 段式重量物打ち上げロケットだ。全長 70m の 1 段目の大型ブースター「スーパーヘビー」と、同じく「スターシップ」と呼ばれる全長 50m の上段で構成される（つまり「スターシップ」は上段のみに加えてロケット全体の名称でもある）。NASA が国際宇宙ステーション（ISS）に宇宙飛行士を輸送するために使われている同社のファルコン 9 ロケットと同じく、それ自体で離発着でき、再利用もできるロケットとして開発されている。　月への旅行の間、スーパーヘビーはスターシップの地球からの離陸と月の軌道への飛行を助け、軌道に到着すると、宇宙飛行士の到着を待ち、スターシップ自体のエンジンを使って宇宙飛行士を月面に送り届ける。　スペース X は 2020 年 12 月からスターシップ・ロケットの高高度飛行試験を開始し、4 台の試作機を打ち上げている。これまで高度 12.5 キロメートルにまで達しているが、いずれの試作機も着陸に失敗して爆発した。NASA は、スペース X が人を乗せて月との往復を始める前に、月への無人着陸を成功させることが発注の条件だと述べている。

ほかに NASA の月面着陸機の受注を目指したのは？

NASA の契約獲得は、スペース X のほか、ブルーオリジン社が組織したチームと、単独で設計を行うダイネティクスの間で争われた。　おそらく NASA の発表の中で最も驚かれたのは、3 組の最終候補の中からスペース X だけが選ばれたことだろう。NASA は通常、2 つの業者を選定する。重要な任務を行う宇宙船を 2 つの選択肢から選べるようにしておき、一方の業者が失敗しても所定の計画を続行できるようにするためだ。例えば ISS に貨物を送る NASA の商業貨物輸送計画では、スペース X とノースロップ・グラマンの両方を使っている。また NASA の商業乗員輸送計画では、スペース X とボーイングの両方と契約している。　スペース X だけを選んだのは、同社が月に着陸可能なスターシップを造れると NASA が確信しているしるしだろう。1 社のみを選定したのは、NASA が議会によって承認された予算内で再び月面着陸を果たそうとしているからでもある。29 億ドルというスペース X の入札価格は競合先の提案よりはるかに低く、また同社はスターシップの開発コストの半分以上を自ら負担するとしている。ただし、これで NASA には予備の選択肢がなくなった。

「供給業者を 1 社に、それもあのようにとてつもなく野心的な宇宙船に絞ったのは、（NASA には）珍しく大胆です。スターシップは、野心的としか言いようがありません」と話すのは、宇宙探査などに関する活動を行う NPO 惑星協会の主任弁護士兼宇宙政策顧問、ケイシー・ドライアー氏だ。スターシップはまず人を乗せて月との往復をした後、最終的には火星に人を送ろうとしている。すなわち、NASA はスターシップに投資することによって

「二次的に人類の火星到着計画にも投資していることになる」のだという。

将来のアルテミス計画については、選択肢が残されている。NASA によれば、スペース X との契約に含まれるのは、アルテミス 3 号とそれ以前に無人で行われる試験的なミッションのみであり、アルテミス 4 号以降については、ほかの企業からも月への有人宇宙飛行船の入札を募る予定だ。

スターシップが月に行けるのはいつから？

NASA は 4 月 16 日に行った記者会見で、スターシップによる米国の宇宙飛行士の月面着陸は、早くとも 2024 年以降になると述べた。NASA は現在アルテミス計画のスケジュールの見直しを行っていると強調し、確定的な時期は示さなかった。「準備が整うまで打ち上げは行いません。打ち上げを行うのは、すべてのシステムの安全が確保されてからです」と NASA の計画管理者、リサ・ワトソン・モルガン氏は説明した。

スペース X が始めようとしている月旅行は、NASA のアルテミス計画だけではない。2018 年に、スペース X は日本の資産家、前澤友作氏とその招待者のアーティストらを乗せて月周回旅行を行う契約を結んでいる。「ディアムーン」と名づけられたこのミッションを 2023 年中に実施したいとしている。

とは言え、月旅行は並はずれて大掛かりなミッションだ。NASA やスペース X、その他の組織は、計画を遅らせざるを得なくなる可能性もある。しかし、いったん宇宙飛行士が帰還してからは、月に長期間滞在して研究を行えるようになることを NASA は期待している。火星に向かう技術の試験を行うために。

「2020 年代は、アポロ時代以来、宇宙分野にとって最も刺激的な 10 年間になると思います」とドライアー氏は言う。「これが、その大きな理由です」

ギャラリー：人類の宇宙飛行の歴史　写真 39 点（写真クリックでギャラリーページへ）

人類が宇宙に飛び出してから 60 年近くが経つ。ユーリ・ガガーリンが地球の大気圏を超えた最初の宇宙飛行から、国際宇宙ステーションの建設と居住に至るまで、さまざまな出来事を振り返る。

［画像のクリックで別ページへ］　文＝Michael Greshko／訳＝山内百合子

https://sorae.info/space/20210421-astrobotic-griffin.html

アストロボティック、月着陸船の打ち上げにファルコン・ヘビーを選定　2023 年打ち上げ

2021-04-21　　出口 隼詩

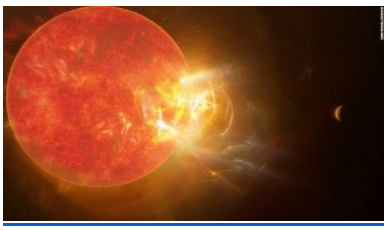
アメリカの宇宙企業アストロボティックは、月着陸船「Griffin」（グリフィン）についてスペース X 社のファルコン・ヘビーロケットを使用して打ち上げると発表しました。グリフィンは、NASA（アメリカ航空宇宙局）が開発を行う月探査ローバー「VIPER」（Volatiles Investigating Polar Exploration Rover）を月面まで運びます。同社は 2020 年に VIPER を月へ輸送する契約を NASA と結んでいます。

【▲ アストロボティックの月着陸機グリフィンを打ち上げる予定のファルコン・ヘビーロケット（Credit: SpaceX）】

今回のアストロボティックの契約は NASA が進める「CLPS」（Commercial Lunar Payload Service：商業月輸送サービス）の一環として進められました。商業月輸送サービスでは、民間企業が月面に着陸機や月面ローバーを輸送。この契約を勝ち取ることで、NASA から補助金が支給される仕組みとなっており、企業はその補助金を使用して開発を行います。グリフィンは 2023 年にフロリダ州にあるケネディー宇宙センター39A 発射台からファルコン・ヘビーロケットでの打ち上げが予定されています。この発射台はアポロ計画やスペース・シャトル計画、さらにスペース X 社のクルードラゴン宇宙船の打ち上げに使用されるなど歴史的な発射を実施した場所です。
NASA の月探査ローバー「VIPER」は、月の南極のクレーターに存在する「永久影」を調査する予定です。この永久影には、水や氷があると考えられており、このミッションで本格的な探査に乗り出します。発見された水や氷は将来行われる有人月探査計画に向けてさらなる研究が行われます。
ちなみに同社にとってグリフィンのミッションは、2 回目の CLPS となります。グリフィンが打ち上げられる前、今年後半には同社が開発をする月着陸船「Peregrine」（ペレグリン）のミッションが実施される予定です。ペレグリンは日本の民間企業が開発している月面ローバー「YAOKI」を月へ運ぶ重要なミッションもあり、こちらも目が離せません。　Image Credit: SpaceX　Source: Astrobotic/Space News　文／出口隼詩

https://news.yahoo.co.jp/articles/d4f6b42dd14ac98945739c89ae5afcfe543fbee8

太陽に最も近い恒星、太陽の１００倍のフレアを放出　4/22(木) 11:33 配信　CNN.co.jp



プロキシマ・ケンタウリからフレアが放出される想像図

（ＣＮＮ）　太陽に最も近い恒星「プロキシマ・ケンタウリ」から昨年、太陽の１００倍強力なフレアが放出されたことが分かった。学術誌「アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ」に２１日発表された研究で明らかになった。 プロキシマ・ケンタウリは太陽から約４光年の距離にある。小型の暗い赤色矮星（わいせい）で、質量は太陽の８分の１しかない。周回軌道上には少なくとも２つの惑星があり、そのうち１つは地球に似た惑星の可能性がある。 極めて強力なフレアは昨年５月１日、世界の天文学者のチームが地上および宇宙の望遠鏡計５基を使って観測した。フレアの持続時間はわずか約７秒だった。 これまでに記録されたプロキシマ・ケンタウリのフレアとしては過去最大となる。恒星の表面付近で始まったフレアは、天の川銀河全体で見ても過去最大級に入る規模となった。 論文の著者でコロラド大学ボルダー校准教授のメレディス・マクレガー氏は声明で、「紫外線波長で見たところ、同星は数秒で通常の明るさの１万４０００倍になった」と明らかにした。 フレアは恒星の磁場に変化が起き、電子が光速に近いスピードに加速することで発生する。こうした高速の電子は、同星の大部分を構成する帯電したプラズマと相互作用。これにより電波やガンマ線を含むさまざまな波長のエネルギーが噴出する。 これほど大量のエネルギーが放出されると、プロキシマ・ケンタウリを周回する惑星も影響を受ける。 論文の共著者でカーネギー科学研究所の研究員、アリシア・ワインバーガー氏は、「プロキシマ・ケンタウリは太陽に年齢が近く、数十億年にわたって恒星系内の惑星に高エネルギーのフレアを浴びせてきた」と説明。「こうした極めて強力なフレアを複数の観測施設で調べることで、系内の惑星がどのように耐え抜き、どのような変化を被った可能性があるのかを理解することができる」としている。

https://news.biglobe.ne.jp/it/0421/zks_210421_3203594889.html

地球に最も近い球状星団 NGC6544 の化学特性を評価　APOGEE プロジェクト

4 月 21 日（水）17 時 58 分　財経新聞

球状星団といえば、宇宙誕生直後に生まれた古い星たちの集団というイメージが強い。また宇宙に無数にある銀河の中にまんべんなく分布しているため、人類は銀河系の構造を知るためのよりどころとしている。球状星団を研究することで、銀河の形成履歴と進化をよりよく理解するのに役立つ可能性があるとも考えられている。

【こちらも】球状星団の研究で判明した宇宙の年齢は 133.5 億歳　バルセロナ大学の研究

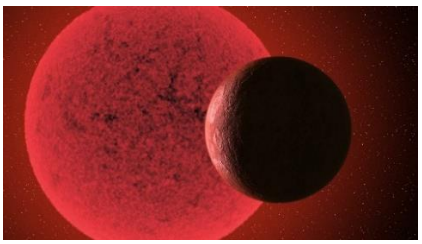
1930 年代ころまでは、太陽系は銀河系のほぼ中心に位置すると考えられてきた。だが地球から観測できる球状星団の数には、眺める方向によって偏りがあることから、太陽系は銀河系の中心にあるのではなく、銀河系の中心から 2 万 6 千光年も離れた場所にあることが明らかになってきたという逸話もある。

今回取り上げる NGC6544 は、いて座の干潟星雲のすぐ近くに 7 等星級の明るさで輝き、口径 10cm 以上の望遠鏡で 100 倍以上の倍率により星粒に分解して見え、地球からの距離は 8150 光年と地球に最も近いとされる球状星団の 1 つに数えられる。　銀河系の広域研究を担う国際プロジェクト APOGEE（Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment）は 4 月中旬、科学論文サイト arXiv（アーカイブ）に、球状星団 NGC6544 に存在する 23 個の恒星の化学特性評価結果に関する論文を公開した。　この 23 個の恒星は、APOGEE の過去の観測により、NGC6544 の中でも鉄と水素の存在比で他の星たちとは異なる、際立った特徴を持つものとしてピックアップされたものだ。だが今回それらを詳細に分析してみると、酸素や炭素、窒素、ナトリウム、アルミニウム、マグネシウム、ケイ素、カリウム、カルシウムの存在量（論文では鉄との存在比で示されている）は広範囲に分布しており、しかも、鉄と水素の存在比との相関もなく、それらのうちの 14 個は第 2 世代の恒星であることが判明した。　今回の調査では、残念ながら重力による潮汐効果の影響を見出せるようなデータは得られず、その目的を成就させるには、より広範囲の恒星をピックアップし、化学特性について調査する必要があることが判明した。　100 億年以上昔に起きたドラマを推理するのだから、そんなに簡単にいかないことは凡人にも察しが付く。だがこの夏は、オリオン座の大星雲と並んで、初心者にも非常に観察がしやすい干潟星雲や、今回話題に上った NGC6544 を眺め、宇宙の神秘に触れてみるのも一興ではないだろうか。

https://sorae.info/astronomy/20210419-gliese740.html

1 年が地球の 2 日半という短さのスーパーアース、36 光年先に見つかる

2021-04-19　松村武宏



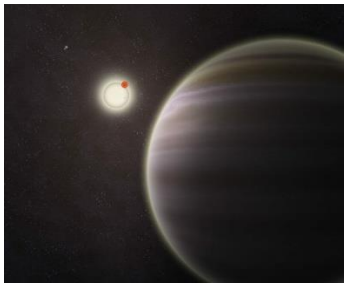
【▲ 赤色矮星「グリーゼ 740」（奥）を公転する系外惑星「グリーゼ 740 b」（手前）を描いた想像図（Credit: Gabriel Pérez Díaz, SMM (IAC)）】

カナリア天体物理学研究所（IAC）の Borja Toledo Padrón 氏らの研究グループは、およそ 36 光年先にある恒星「グリーゼ 740」（GJ 740）を周回する系外惑星「グリーゼ 740 b」を発見したとする研究成果を発表しました。グリーゼ 740 は直径と質量がどちらも太陽の半分ほどの赤色矮星（表面温度は摂氏約 3600 度）で、「へび座」の方向にあります。その周囲を公転する系外惑星グリーゼ 740 b は、最小質量が地球の約 3 倍のスーパーアース（大型の地球型惑星）とみられています。地球型の岩石惑星はその環境も気になるところですが、研究グループによるとグリーゼ 740 b は主星であるグリーゼ 740 から約 0.029 天文単位（地球から太陽までの距離の約 3 パーセント）しか離れておらず、公転周期（つまりグリーゼ 740 b にとっての「1 年」）は約 2.4 日という短さ。主星に近いため、グリーゼ 740 b 表面の平衡温度は摂氏約 550 度と算出されています。

■詳しい性質を知るために期待される将来の追加観測
これまでに見つかった 4300 個以上の系外惑星の多くは、「視線速度法」や「トランジット法」といった間接的な手法を用いて検出されてきました。視線速度法とは、系外惑星の公転にともなって円を描くようにわずかに揺さぶられる主星の動きのうち、地球から見た視線方向の動きを主星の色のわずかな変化をもとに捉えて、系外惑星を検出する手法。もう一つのトランジット法とは、系外惑星が主星（恒星）の手前を横切る「トランジット（transit）」を起こした際に生じる主星の明るさのわずかな変化をもとに、系外惑星を検出する手法です。
今回研究グループが利用したのは地上の望遠鏡に設置された観測装置（ヨーロッパ南天天文台の「HARPS」、イタリア国立天体物理学研究所の「HARPS-N」、カラー・アルト天文台の「CARMENES」）によって取得された視線速度法による観測データでしたが、この方法では系外惑星の公転周期や最小質量を導き出すことはできるものの、直径を知ることができません。
グリーゼ 740 b の直径は地球の約 1.4 倍と推定されていますが、より正確な値を調べるにはトランジット法による追加観測が必要です。研究グループではアメリカ航空宇宙局（NASA）の系外惑星探査衛星「TESS」や欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「ケオプス（CHEOPS）」による観測に期待を寄せています。
また、今回検出されたグリーゼ 740 b とは別に、公転周期が約 9 年で土星ほど（地球の約 100 倍）の質量を持つ、別の系外惑星が存在する可能性があるといいます。研究グループは、太陽系から比較的近いところにあるグリーゼ 740 の系外惑星について、近い将来に登場する予定の「欧州超大型望遠鏡（ELT）」や「30 メートル望遠鏡（TMT）」といった、口径 30〜40m 級の大型望遠鏡による観測対象になる可能性に言及しています。
関連：こと座の「ベガ」を公転する灼熱の系外惑星が存在するかも
Image Credit: Gabriel Pérez Díaz, SMM (IAC)　Source: IAC　文／松村武宏

https://sorae.info/astronomy/20210421-habitable-zone.html

連星のハビタブルゾーンにも生命に適した惑星が存在する可能性 2021-04-21　松村武宏



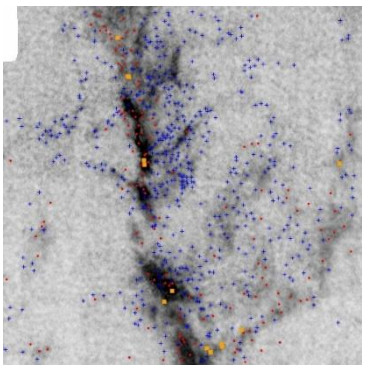
【▲ 周連星惑星における日没の景色を描いた想像図。空に描かれた楕円形は連星の公転軌道を示している（Credit: NRAO/AUI/NSF, S. Dagnello）】
【▲ 周連星惑星「ケプラー64b」を描いた想像図（Credit: Haven Giguere/Yale）】
ニューヨーク大学アブダビ校の Nikolaos Georgakarakos 氏らの研究グループは、2 つ以上の恒星から成る連星のハビタブルゾーン（地球型惑星の表面に液体の水が存在し得る領域）において、生命に適した惑星が存在できる可能性を示した研究成果を発表しました。映画「スターウォーズ」シリーズの舞台の一つである「タトゥイーン」のように、2 つの太陽の下で生命を育む惑星もどこかにあるのかもしれません。
■複数の恒星や巨大惑星の影響を受けつつもハビタブルゾーンに留まれる可能性
太陽は単独の恒星ですが、複数の恒星が共通の重心を周回し合う連星も宇宙では一般的な存在で、その数は恒星全体の半分から 4 分の 3 を占めると推定されています。これまでに 4300 個以上が見つかっている太陽系外惑星のなかにも、連星の周りを公転する「周連星惑星」と呼ばれるものが幾つか見つかっています。
研究グループは今回、連星の周囲に安定したハビタブルゾーンが存在し、地球に似た周連星惑星が存在できるかどうかを調べました。対象となったのは、アメリカ航空宇宙局（NASA）が 2018 年まで運用していた宇宙望遠鏡

「ケプラー」によって周連星惑星が発見された 9 つの連星です。
分析の結果、「ケプラー34」「ケプラー35」「ケプラー38」「ケプラー64」「ケプラー413」の周囲には恒久的なハビタブルゾーンが存在する可能性があり、生命に適した環境を持つ惑星も存在し得ることが示されました。ハビタブルゾーンはこれらの連星の重心から数えて 0.6〜2 天文単位（※）から始まり、0.4〜1.5 天文単位の幅があるといいます。　※…1 天文単位（au）＝約 1 億 5000 万 km、地球から太陽までの平均距離に由来する
いっぽう、残る 4 つの連星については、生命に適した惑星が存在する可能性は低いことが示されました。その理由は、周連星惑星を取り巻く複雑な環境にあります。研究グループによると、周連星惑星の公転軌道は 2 つの恒星がもたらす重力相互作用の影響を受けて、時間の経過とともに軌道の形が楕円形になっていく可能性が従来の研究で示されているといいます。楕円形の軌道を公転する惑星は 1 回公転する間（その惑星にとっての 1 年）に日射量そのものが変動するため、惑星全体の気候が大きな影響を受けることになります。
また、分析対象となった連星でこれまでに発見された周連星惑星は、いずれも海王星以上のサイズを持つ巨大惑星だといいます。巨大な惑星はより小さな天体の軌道を乱して恒星に落下させたり、惑星系から放り出してしまったりすることもあり得ます。つまり、地球に似た周連星惑星がハビタブルゾーンに留まる可能性は、連星や巨大惑星からの複雑な相互作用に左右されることになるわけです。Georgakarakos 氏は特にケプラー38（こと座の方向およそ 3970 光年先）について「海がある地球のような惑星の存在に適しています」とコメントしています。
関連：「タトゥイーン」のような太陽系外惑星は、大きく傾いた軌道に形成されることがある
Image Credit: NRAO/AUI/NSF, S. Dagnello　Source: Science and research news | Frontiers　文／松村武宏

https://sorae.info/astronomy/20210421-star-formation.html

星の形成過程は従来予測と違う？　野辺山の電子望遠鏡などのデータから検証

2021-04-21　松村武宏



【▲ヨーロッパ南天天文台の「超大型望遠鏡（VST）」によって撮影された「オリオン大星雲」（M42）（Credit: ESO/G. Beccari）】
【▲ 野辺山の 45m 電波望遠鏡とアメリカの CARMA によるオリオン大星雲の観測結果。オレンジ色は原始星、赤色は星になると思われる分子雲コア、青色は星になるかどうか不明な分子雲コアの位置を示す（Credit: Takemura et al.）】
国立天文台／総合研究大学院大学の竹村英晃氏らの研究グループは、星の形成に関する新たな過程を示した研究成果を発表しました。研究グループによると、星の赤ちゃんである原始星の形成過程は、従来の予想とは大きく異なることが明らかになったといいます。
宇宙には主に水素分子でできた分子雲という冷たいガスの集まりがあり、そのなかでも特にガスの密度が高い領域は分子雲コアと呼ばれています。分子雲コアは星の卵と言えるもので、ここから原始星が誕生すると考えられています。発表によると、星は様々な質量を持って誕生するものの、星の質量関数（質量ごとの数の分布）は天の川銀河のどこでもほぼ同じだといいます。そのいっぽうで、分子雲コアの質量関数も星の質量関数と同じよう

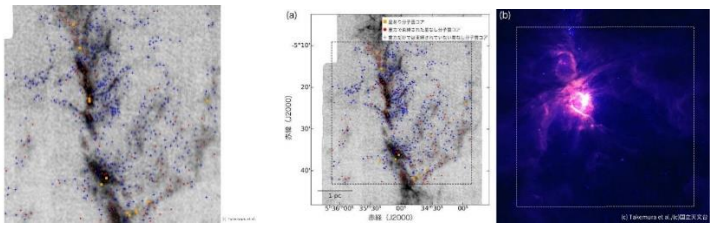
な傾向にあることから、分子雲コアの質量は誕生する星の質量にそのまま結びつくと考えられてきたといいます。研究グループは今回、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡およびアメリカのミリ波干渉計「CARMA」によるオリオン座の散光星雲「オリオン大星雲（M42）」の観測データをもとに、従来の星形成モデルを検証しました。オリオン大星雲は「星のゆりかご」とも表現される星形成領域の代表例であり、電波で観測することで冷たいガスの分布を直接調べることができるといいます。オリオン大星雲の広範囲に渡るほぼ完全な分子雲コアの観測データを研究グループが分析した結果、原始星は分子雲コアからそのまま誕生するのではなく、より多くのガスを集めてから誕生していることが判明したといいます。この結果は、星の形成が分子雲コアの内部で完結しているとした従来の予想とは大きく異なり、新たな星の形成過程を描き出すものとなりました。
研究グループは、従来の研究で示された星の形成に関するモデルは限られた領域かつ限られた分子雲コアの観測から導かれたものであり、天の川銀河の普遍的な星形成過程を理解するには、より広い領域を対象とした観測が必要だったと指摘します。今後はオリオン大星雲以外の星形成領域を対象に観測を行い、今回の研究で示された星形成過程が他の場所でも成立するのかが調べられる予定です。
関連：天の川銀河の中心部で激しい星形成活動が始まる可能性が明らかに
Image Credit: Takemura et al.　Source: 国立天文台　文／松村武宏

https://news.mynavi.jp/article/20210419-1874230/

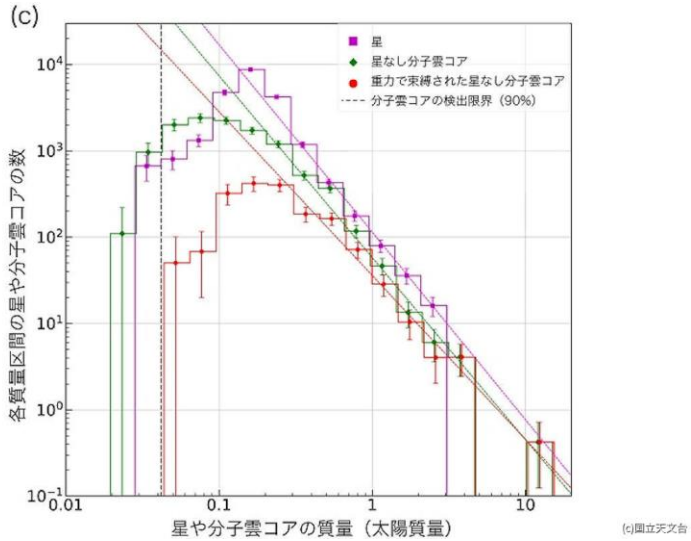
国立天文台などがオリオン大星雲の精密画像から分子雲コアをリスト化

2021/04/19 11:05　著者：波留久泉
国立天文台は 4 月 16 日、野辺山宇宙観測所の 45m 電波望遠鏡と、米 CARMA 干渉計の観測データを合成することで、オリオン大星雲の精密かつ広域な電波画像の作成に成功し、分子雲コアをリスト化することができたことを発表した。同成果は、総合研究大学院大学/国立天文台 科学研究部の竹村英晃大学院生、総合研究大学院大学/東京大学/国立天文台 科学研究部の中村文隆准教授ら国際共同研究チームによるもの。詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal」に掲載された。
星は、極低温の水素ガスやダストなどからなる分子雲から誕生することが分かっている。分子雲はガスの密度に揺らぎがあり、特に密度が高い「分子雲コア(コア)」が点在し、それらは星の卵と考えられている。我々の太陽も、核融合が始まって自ら光り輝き出す前は、こうした分子雲が集まってコアとなり、そして核融合が始まって原始星となり、今日に至ったと考えられている。誕生する星の質量はさまざまだが、太陽と同程度のものもあれば、主系列星の中でも大きな大質量星や、逆に太陽よりも小さくて軽い赤色矮星などもあることが分かっている。どの重さの星がどの程度あるのか、星の重さ別の個体数分布を「(初期)質量関数」というが、この質量関数は、天の川銀河においては場所によらずほぼ同じであることが知られている。そのため、星の質量関数の普遍性を解明するには、コアの質量関数(コアの重さ別の個体数分布)を調べ、これらの 2 つの質量関数を説明する星の誕生モデルを考えることが重要とされてきた。これまでのところ、コアの質量関数も星の質量関数と同じ傾向であり、コアの質量はそのまま星の質量に結びつくと考えられてきており、これにより星の誕生がコアの内部で完結することが示され、星の形成過程の標準モデルとして広く受け入れられてきた。
しかしこれらの描像は、ある程度限られた領域、かつ限られたコアの数から導かれたものであることが課題だったため、普遍的な星の形成過程を知るためには、より広域かつ精細な画像を元にしたコアの質量関数を調べる必要があった。そこで研究チームは今回、「星のゆりかご」とも呼ばれる、天の川銀河内の代表的な星形成領域であるオリオン大星雲に着目。その広い領域を電波で観測することで、この真否を確かめることに挑んだとする。
今回の研究で利用されたのが、野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡と、米国の CARMA(カルマ)干渉計だ。今回の研究では、この 2 つの観測データを合成させることで、これまで以上の精密かつ広域のオリオン大星雲の電波画像が作製された。電波画像からは、コアのような冷たいガスの分布を直接調べることが可能であり、その

結果、オリオン大星雲にあるコアのほぼ完全なリストの作成ができたという。



背景は野辺山 45m 電波望遠鏡と CARMA のデータを合成して得られた、オリオン大星雲の周囲における分子雲の分布。そして、今回の研究で同定されたコアの位置が重ねて表示されている。オレンジ色の四角形は若い星に付随するコアを示す。また、赤色の丸と青色の十字(＋)は、それぞれ重力で束縛された星なしコア(将来星になると思われるコア)と重力だけでは束縛されていない星なしコア(星になるかどうか不明なコア)の位置が示されている。(c) Takemura et al.(出所:国立天文台 Web サイト)
(左)画像 1 の縮小図。(c) Takemura et al.、(右)NASA が 2020 年 1 月まで運用していたスピッツァー宇宙望遠鏡により撮影された、左の図とほぼ同範囲のオリオン大星雲の赤外線画像。画像内の小さな点は星。今回の研究で解析が行われた領域は破線の内側 (c)国立天文台 (出所:国立天文台 野辺山宇宙観測所 Web サイト)
そして、この精密かつ広域なオリオン大星雲のサンプルから得られたリストを用いて、コアの質量関数と星の質量関数の詳細な比較が行われた結果、これまでの描像とは異なり、観測されたコアの質量関数と星の質量関数について従来の星形成のシナリオでは説明することができないことが分かったとする。原始星(星の赤ちゃん)はコア(星の卵)に比べ、これまで考えられていたよりもずっと重いことが明らかになったのである。つまり、コアはそのまま星になるのではなく、そこからさらに多くのガスを集めて質量を増大させてから星として誕生するということが分かったということとなる。
しかし、コアから原始星へとなる段階でどのようにしてガスを集めるのかといった仕組みはまだよくわかっていないとする。ただし今回の研究により、コア・原始星が非常に大食漢であるということは間違いなく、自分の周囲のガスを自分の体重ほども取り込まなければ、我々の太陽のような大人の星には成長できないということがわかってきたという。



今回の研究で取得されたコアの質量分布(緑:星なしコア、赤:重力で束縛された星なしコア)と、先行観測(Da Rio et al.2012,ApJ,748,14D)で得られた星の質量分布(紫)が重ねられた図。横軸は星やコアの質量を、縦軸は各質量区間における星やコアの数がそれぞれ示されている (c)国立天文台 (出所:国立天文台 野辺山宇宙観測所 Web サイト)そのため、研究チームは今後、星が誕生する別の現場に観測対象を広げ、今回のオリオン大星雲の観測で得られた星の誕生過程が、ほかの場所でも成り立つのかを調査する予定としている。

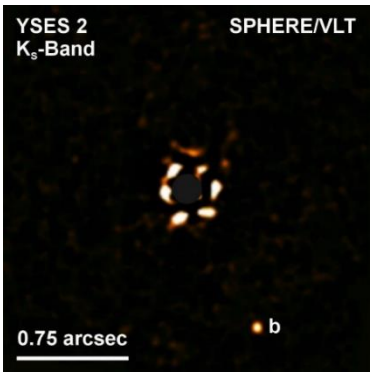
https://sorae.info/astronomy/20210420-yses2b.html

360 光年先の系外惑星を直接撮影。木星よりも 6 倍重いガス惑星が投げかける謎

2021-04-20　松村武宏

ライデン大学の Alexander Bohn 氏らの研究グループは、南天の「はえ座」（蠅座）の方向およそ 360 光年先の恒星を周回する太陽系外惑星「YSES 2b」の直接撮影に成功したとする研究成果を発表しました。系外惑星はこれまでに 4300 個以上が見つかっていて、木星と比べて数倍重いガス惑星もめずらしくはありませんが、研究グループは YSES 2b が投げかける謎に注目しています。YSES 2b は木星の約 6.3 倍の質量がある巨大ガス惑星とみられており、ヨーロッパ南天天文台（ESO）のパラナル天文台にある「超大型望遠鏡（VLT）」の観測装置「SPHERE」を使って撮影されました。主星の「YSES 2」は若い頃の太陽によく似ているとされる恒星で、太陽の約 1.1 倍の質量があり、誕生してから 1400 万年ほどしか経っていないと推定されています。

■提唱されているモデルに合わない YSES 2b 形成の謎



【▲ 超大型望遠鏡の観測装置「SPHERE」によって撮影された系外惑星「YSES 2b」（右下）。主星の「YSES 2」（中央）からの光はコロナグラフ（ステラーコロナグラフ）を使って遮られている（Credit: ESO/SPHERE/VLT/Bohn et al.）】

研究グループによると、YSES 2b は主星の YSES 2 から約 115 天文単位（※）離れたところを公転しています。木星は太陽から約 5.2 天文単位、太陽系の惑星で一番外側を公転する海王星は約 30 天文単位離れていますから、YSES 2 は木星と比べて約 22 倍、海王星と比べて約 4 倍も主星から遠い軌道を周回していることになります。

※…1 天文単位＝約 1 億 5000 万 km、地球から太陽までの平均距離に由来する

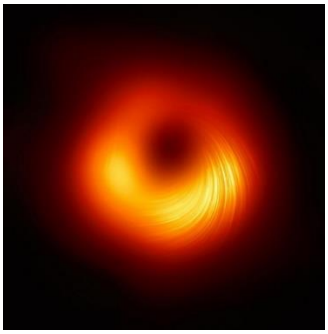
惑星は、若い恒星を取り囲むように集まったガスや塵でできた原始惑星系円盤のなかで形成されると考えられていて、木星のようなガス惑星の形成については 2 つのモデルが提唱されています。1 つはコア集積モデルと呼ばれるもので、塵が集まって成長した原始惑星がコアとなり、円盤のガスを急速に取り込むことで形成されるというもの。もう 1 つは自己重力不安定モデルや円盤重力不安定モデルなどと呼ばれるもので、円盤が自身の重力で分裂して惑星が形成されるというものです。研究グループによると、YSES 2b が現在観測されている軌道で誕生したと仮定すると、その質量や軌道はどちらのモデルにも合わないように思われるといいます。コア集積モデルの場合、YSES 2b の軌道は主星から遠いために材料となる物質が少なかったはずで、木星と比べて約 6 倍という質量は重すぎるといいます。いっぽう、自己重力不安定モデルの場合は反対に、木星の約 6 倍では軽すぎるようです。3 番目の可能性として、今よりも主星に近い軌道でコア集積モデルにより形成された後に、現在の軌道まで移動したことが考えられるといいます。ただし、その場合は未発見の別の系外惑星との相互作用を必要とするはずであり、やはり謎は残ります。研究を率いた Bohn 氏は、YSES 2b をはじめとした木星に似た系外惑星をより多く調べることで、太陽に似た恒星の周囲における惑星の形成過程をさらに深く理解したいとコメントしています。　　関連：63 光年先の太陽系外惑星「がか座ベータ星 c」の直接観測に成功

Image Credit: ESO/SPHERE/VLT/Bohn et al.　Source: Astronomie.nl　文／松村武宏

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/041600188/

ブラックホールの新画像、多波長観測で謎に迫る

「ここ数年でブラックホールは SF 世界の存在から現実世界の存在になりました」2021.04.19



2021 年 3 月に公開された、ブラックホールの磁場をたどることができる偏光画像。イベント・ホライズン・テレスコープ（EHT）の研究チームは、世界各地の電波望遠鏡を利用してブラックホールの画像を初めて作成し、2019 年に公開した。天文学者たちは現在、同じ天体を複数の波長で観測して、その秘密をさらに解き明かそうとしている。（IMAGE BY EHT COLLABORATION）[画像のクリックで拡大表示]

ギャラリー：ブラックホールの謎に迫る宇宙の画像　6 点（写真クリックでギャラリーページへ）

NASA の望遠鏡が撮影した遠方の銀河では、中心のブラックホールのまわりを星々が環のように取り囲んでいる。（PHOTOGRAPH BY NASA/JPL-CALTECH）［画像のクリックで別ページへ］

地球から 5500 万光年の彼方にある巨大銀河 M87 の中心に、太陽の 65 億倍の質量をもつブラックホールがある。ドーナツのようなその画像は 2019 年に発表され、大きな話題となった。電波望遠鏡のネットワーク「イベント・ホライズン・テレスコープ（EHT：事象の地平線望遠鏡）」を利用し、科学者らが初めて撮影に成功したブラックホールの画像だ。（参考記事：「解説：ブラックホールの撮影成功、何がわかった？」）

今回、この国際研究チームがほかのパートナーたちとともに、M87 銀河を複数の波長で同時に観測した成果を発表した。4 月 14 日付けで学術誌「アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ」に論文が掲載された。

論文は、2017 年に行われた多波長観測をまとめたもの。地上と宇宙の 19 の電波望遠鏡のデータが使われ、執筆には 750 人以上の科学者が名を連ねた。論文は、超大質量ブラックホールとそこから噴き上がる巨大ジェットについて詳しく描いている。これにより科学者たちは、ブラックホールの周囲で磁場や粒子や重力や放射線がどのように相互作用しているかを詳細に検討できるようになった。

「ここには物理学のすべてがあります」と、カナダ、マギル大学のダリル・ハガード氏は語る。「軌道が見えてきています。私たちはブラックホールのすぐ近くを見て、このエキゾチックな環境を探っているところです」

オランダ、アムステルダム大学のセラ・マーコフ氏は、この論文について、「EHT をほかの研究者と結びつける論文の 1 つであり、EHT の意図を明確にするものです」と言う。「個人的には、すべてはここから始まると感じています」　EHT チームは現在 12 日間の重要な観測を行っている。技術的な問題や新型コロナウイルスのパンデミック（世界的大流行）により、2018 年以来の観測となる。観測にはグリーンランドの施設を含む 3 基の新しい望遠鏡が新たに加わり、天候が良ければ、幅広い電磁スペクトルで空をスキャンする予定だ。

SF 世界から現実世界へ　極端な物理的性質をもち、入ったら二度と出てこられないブラックホールは、100 年以上前から人々の関心を集めてきた。近年、EHT による画像や、銀河系の中心部にある超大質量ブラックホールのまわりを高速で運動する天体の研究（この研究にはノーベル物理学賞が贈られた）や、ブラックホールどうしの衝突の観測から得られる豊富な情報などにより、ブラックホールの姿はよりはっきりとしてきた。

「ここ数年で、ブラックホールは SF 世界の存在から現実世界の存在になりました」と、フランス、パリ天体物理学研究所のマルタ・ボロンテリ氏は語る。

次ページ：謎を解く鍵

EHT は、グリーンランドから南極まで世界各地の電波望遠鏡を組み合わせることで、地球規模の天文台として機能させている。M87 の超大質量ブラックホールの画像を作成するためには、膨大な量のデータを組み合わせる必要があった。実際、データの量が多すぎてデータをデジタル転送することができず、ハードディスクを郵送しなければならなかったほどである。

2019 年 4 月に最初の画像が公開されたとき、科学者たちは、ブラックホールが 100 年前の理論の予測とほぼ同じ形をしていたことに驚愕した。　M87 の画像は、アインシュタインが 1915 年に発表した一般相対性理論を検証する機会となった。一般相対性理論では、私たちが感じている重力は、物質が時空の構造を湾曲させるときに現れるとされている。M87 の中心部のまわりは極端な重力と磁場と粒子が入り乱れているため、一般相対性理論に挑戦するのに最適な場所の 1 つである。「科学者は皆、既存の理論を破ろうとしています。理論のほころびを見つけられれば、多くのことを学べるからです」とハガード氏は語る。「私たちはモデルを壊すのが大好きです。けれども、一般相対性理論を破ることにはまだ成功していません」（参考記事：「素粒子物理学を覆すミューオンの挙動、未知の物理法則が存在か」）　EHT が公開したブラックホールの画像は、みるみるうちに世間に浸透していった。なかでも特に活発に議論されたのは、どの食べ物に似ているかということだった。「ベーグルとドーナツのどちらに似ていると思いますか？」とボロンテリ氏は言う。　この論争は、2021 年 3 月、オランダ、ラドバウド大学のモニカ・モシチブロツカ氏らがオリジナルの画像を更新したことで決着がついた。ブラックホールはクルーラー（生地をねじって作る、溝のあるドーナツ）に似ていた。新しい画像では、元のリングの上にブラックホールの磁場の構造が重ねられている。モシチブロツカ氏らは、ブラックホールのまわりの極限的な物理的条件をより詳細に解き明かすために、磁力線をたどる荷電粒子を調べた。

謎を解く鍵

論文にもある通り、多波長観測は「おいしそうな」ブラックホールの画像をさらに詳細に見せてくれる。

科学者らは、複数の観測結果を組み合わせることで、M87 の中心部からジェットが噴出する物理現象が明らかになると期待している。ジェットは M87 自体に匹敵するほどの大きさで、長さは数千光年にもなる。

太陽系に飛び込んでくる宇宙線（宇宙からやってくる非常に高エネルギーの粒子）は、このようなジェットに由来しているのではないかと、科学者らは考えている。地球の大気に衝突する高エネルギー粒子の中には、銀河系の中で発生したとは思えないような猛スピードで飛んでくるものもある。

「主な疑問の 1 つは、こうした高エネルギー粒子はどこから来るのかということです」と、マーコフ氏は言う。「ブラックホールのジェットはどのようにして発生するのでしょうか？　中には何があるのでしょうか？　ジェットに由来すると思われる高エネルギー宇宙線は、どのようにして加速されているのでしょうか？　これらの疑問は、EHT だけでは解決できません」

次ページ：もっとも身近な超大質量ブラックホールは？

新たな観測により、電波からガンマ線まで、あらゆる波長の光を放つジェットの理解が深まり、最終的には、本当にジェットが地球上の最大級の粒子加速器でも達成できないような速さで宇宙空間に物質を放出しているのかどうかも明らかになると期待されている。　また、ジェットの構造をより正確に把握することで、M87 のブラックホールの自転速度や向きなど、謎に包まれた特性も明らかにすることができるだろう。これらの測定結果は、超大質量ブラックホールがどのようにして成長したのか、つまり、過去 10 億年の間に、ほかの超大質量ブラックホールとの衝突があったのか、周囲のガスを食べたてきたのかなど、どのように質量を増やしてきたかを知るための手がかりも与えてくれる。「ブラックホールがどのように質量を増やしてきたかは、質量ではなく自転を調べるほうがよくわかるのです」と、ボロンテリ氏は言う。

EHT ともう 1 つのブラックホール

EHT チームは、地球から最も近いところにある超大質量ブラックホールの観測も行っている。銀河系の中心部にある「いて座 A*（いてざエースター）」だ。いて座 A*の質量は太陽の約 400 万倍で、M87 のブラックホールに比べると小さいが、地球からの距離はわずか 2 万 5600 光年と非常に近い。

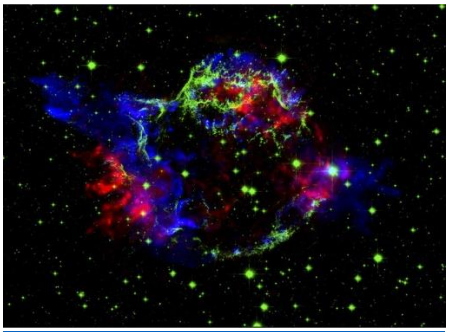
とはいえ、銀河系の超大質量ブラックホールは、M87 のブラックホールに比べて気まぐれだ。このブラックホールは、物質をのみ込む際に頻繁にげっぷをしたり燃え上がったりしており、一晩に何度も激しい爆発を起こすこともある。こうした変動は、画像化に手間取る原因の 1 つとなっている。

「観測の観点からは、多くの課題があります」とハガード氏は言う。「常に変化しているものを、どうすれば安定した画像にできるのかということです」　難しい課題だが、いて座 A*の画像が得られる日はそう遠くない。大量の観測データが得られれば、銀河の中心部に潜み、観測可能な宇宙の中で最も極端な現象を生み出している謎めいた天体の解明に大きく近づくことができるだろう。　　文＝Nadia Drake／訳＝三枝小夜子

https://news.yahoo.co.jp/articles/b5b82f472d63646898e5ec65914f7bc77f052cea

超新星爆発「引き金」解明　ニュートリノが周囲加熱　残骸を X 線観測・日米チーム

4/22(木) 0:39 配信　JIJI.COM 時事通信社



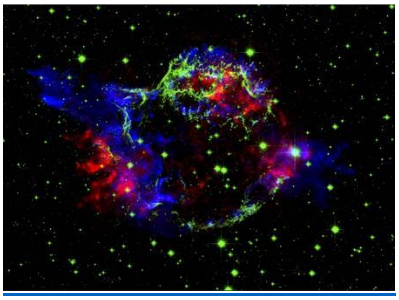
チャンドラＸ線天文衛星などで観測した超新星爆発の残骸「カシオペヤ座Ａ」。元素が分かるようカラー表示してあり、画像左下の赤い部分に鉄が多く含まれる（ＮＡＳＡ、理化学研究所など提供）

理化学研究所や京都大、米航空宇宙局（NASA）などの日米研究チームは、超新星爆発の残骸「カシオペヤ座 A」をチャンドラ X 線天文衛星で観測した成果を 21 日付の英科学誌ネイチャー電子版に発表した。理研の佐藤寿紀基礎科学特別研究員（現立教大助教）は「超新星爆発は素粒子のニュートリノによる加熱が引き金になるという有力な理論の証拠を、初めて観測でつかんだ」と話している。　質量が太陽の 10 倍以上ある恒星では、内部で次第に重い元素の合成が進んで鉄の中核が生じ、最終的に重力でつぶれて原始的な中性子星ができる。有力な理論では、この中性子星に向かって周囲の物質が一気に密集した後、反動で跳ね返って衝撃波が外側へ向かい、超新星爆発を起こす。この際、大量に放出されるニュートリノの一部が周囲の物質を加熱すれば、爆発のきっかけになると考えられるが、観測で裏付けられていなかった。　カシオペヤ座 A は 1680 年ごろに超新星爆発を起こし、さまざまな元素が放出されて周囲に広がっている。佐藤さんらは鉄が外側に飛び出るように分布する部分に注目し、観測データを詳細に解析。その結果、この部分には鉄よりやや軽いクロムやチタンも多く含まれ、ニュートリノによる加熱が起きていないとこうした組成にならないと結論付けた。　宇宙航空研究開発機構（JAXA）は 2016 年に高性能な X 線天文衛星「ひとみ」を打ち上げたが、間もなく壊れたため、後継機を打ち上げる予定。佐藤さんは「超新星爆発の残骸の詳細な観測と理研のスーパーコンピューター『富岳』によるシミュレーションを組み合わせれば、元素の起源の解明が進む」と語っている。

https://news.yahoo.co.jp/articles/25650c6424985632dbc343906a06768df4aaf500

超新星爆発の謎解明　ニュートリノが衝撃波を加速　　4/22(木) 0:24 配信

産経新聞



超新星残骸「カシオペヤ座Ａ」をＸ線で観測した画像。左下の赤い部分が、金属元素が外側に飛び出した構造（ＮＡＳＡ、理化学研究所提供）

太陽の１０倍以上の質量を持つ星が起こす「超新星爆発」の仕組みについて、素粒子ニュートリノが物質を加熱することで引き起こされていた証拠を観測したと、理化学研究所が率いる国際共同研究チームが発表した。英科学誌ネイチャーに２１日、論文が掲載された。　質量の大きな星は進化の最終段階で、自らの重さに負けて重力崩壊することがきっかけとなって大爆発を起こすが、そのメカニズムは十分に解明されていなかった。ノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊氏が成功したニュートリノの観測結果を手がかりに、重力崩壊で大量に放出されるニュートリノのエネルギーが物質を加熱し、衝撃波を加速して爆発に至るとする説が有力視されてきた。理論的な研究は進んでいたが、観測による決定的な証拠は得られていなかった。　チームは、約３５０年前に爆発した超新星の残骸である「カシオペヤ座Ａ」をＸ線で観測し、爆発の中心付近でしか合成されない鉄が外側に飛び出た構造を調べた。この部分に鉄だけではなく、他の金属元素であるチタンやクロムが同時に存在することを発見。これらの観測値が、ニュートリノによる加熱で爆発が起きるときに合成される元素の量を理論計算で予測した値と一致した。　このことからチームは、ニュートリノの加熱によって爆発が起き、上昇流によって金属元素が外に飛び出た構造が生み出されたと結論付けた。　チームの佐藤寿紀・立教大助教は「爆発の仕組みは宇宙物理学上の未解決問題とされていたが、その核心に迫ることができた」と話した。

https://news.yahoo.co.jp/articles/985ccdf1305659bf6900b5c4b5d25db1d29e2873

「宇宙は複数ある」は本当か　UC バークレーの野村教授に聞く

4/22(木) 18:00 配信　日経ビジネス

「宇宙は複数ある」は本当か？　「マルチバース理論」を唱える、米カリフォルニア大学バークレー校の研究者で、米国物理学会のフェローも務める野村泰紀教授に聞いた（写真：PIXTA）

米航空宇宙局（NASA）の火星探査機「パーシビアランス」が火星への着陸に成功した。約 2 年間かけて生命の痕跡の探査に乗り出す壮大なプロジェクトとなる。こうした中、我々の宇宙は無数にあるうちの 1 つであるとする「マルチバース理論」を唱えるのが、米カリフォルニア大学バークレー校（UC バークレー）の研究者で、米国物理学会のフェローも務める野村泰紀教授である。「宇宙が 1 つしかないという考えのほうが説明がつかなくな

ってきている」と言う野村教授にその理由を聞いた。 【写真】野村泰紀氏／米カリフォルニア大学バークレー校教授。専門は素粒子物理学理論、宇宙論、量子重力理論、量子情報理論。著書に『マルチバース宇宙論入門 私たちはなぜ〈この宇宙〉にいるのか』（星海社） ——宇宙は複数あるというマルチバース理論を提唱しています。想像できないくらい広い宇宙の片隅に住んでいる自分からすると、イメージできません。 野村泰紀教授（以下、野村氏）：私たちが今生きているこの宇宙は、あまたある宇宙の 1 つにすぎません。最新の物理学で考えていくと、自然な帰結として導き出されるようになっています。　今から 10 年以上前に国際学会でマルチバース理論について発表したところ、議長から「哲学的な発表をありがとう」と言われたこともあります。彼には科学的な理論に見えなかったのかもしれません。　しかし現在はこうした反応はありません。理論的なエビデンスも出てきているからです。マルチバースはゆるやかに支持されていると思っています。大きく反対はしていない人がほとんど。もちろん極端にアンチな人もいますが。 ——どのようなきっかけで、マルチバースであると考えるようになったのですか？ 野村氏：20 年以上前の 1998 年までさかのぼります。覚えている方もいるかもしれませんが、宇宙が膨張し、さらにそれが加速しているということが発見されました。発見者の 1 人は UC バークレーの研究者で、ノーベル賞も取りました。これが衝撃的だったのです。宇宙には重力があるので物質は引き合って減速するはず。それがそうならずに逆になぜか膨張している。これを理論で突き詰めていくと、やはりマルチバースでないと説明できません。　ここで注目すべきなのが、宇宙に存在する真空と物質の 2 つのエネルギーの密度です。　エネルギーは通常、物質が存在することにより生じるので、原子などの粒子が存在しない真空はエネルギーがゼロであると考えられていました。ところが宇宙では「空間自体」がごく小さなエネルギーを持っていることが確認されたのです。この真空のエネルギーの量は、ゼロからわずかなプラスであり、宇宙がいくら膨張してもその密度は変わりません。一方で、物質のエネルギー密度は空間が膨張することで分母が大きくなるので減少していきます。　最近の観測では、宇宙の全エネルギー密度の 7 割が真空で、残りの 3 割が物質と分かってきています。ビッグバンの後の初期は物質のエネルギー密度の方が何十桁も大きかったのに、現在はほぼ同じになっているのです。　ビッグバンのときから一定である真空のエネルギー密度と、ビッグバン後に膨張によって急速に下がり続けている物質のエネルギー密度が、現在はほぼ同じになっているのです。宇宙誕生から 100 億年以上がたち、人類が宇宙を観測している、ちょうど今そのときにです。普通に考えればこれらの大きさは 100 桁ずれていてもおかしくありません。これが本当に不思議です。　我々は今、そういう特別な時代に存在しているのです。仮に真空のエネルギー密度が大き過ぎると、星や生命体は存在することができません。

次ページは：いろんな条件の宇宙が存在する

いろんな条件の宇宙が存在する

——今、物質のエネルギー密度が下がって、真空のエネルギー密度と奇跡的に同程度になっている、ということは理解しました。でもなぜそこから宇宙が複数あるということが導き出されるのでしょうか。 野村氏：このような奇跡的な状態をつくるにはどうしたらいいでしょうか。神様が、宇宙の始まりであるビッグバンの際に様々な条件を調整したのでしょうか。　ここからが核心なのですが、我々の宇宙以外に、様々な真空と物質のエネルギー密度を持った宇宙が無数に存在するのではないでしょうか。　つまり無数の種類の宇宙があれば、その中には我々の宇宙のように奇跡的に条件のよいものもあるでしょう。生命体はそうした宇宙にしか生じないと思われます。生命体が宇宙を観測したときには必ず奇跡的な条件を目にすることになるのです。神様のような存在は必要ありません。 ●他の宇宙には行くことはできない ——我々人間が存在している宇宙を観測すると、奇跡の条件がそろっているが、そのような条件がそろうには、無数の宇宙が存在するのが必然だと。では他の宇宙はどのような環境なのですか。そこに行くことはできないのでしょうか。 野村氏：異なる性質を持った宇宙が 10 の 1000 乗とか 1 万乗個あると考えられます。それぐらいの種類がないと奇跡的に我々の宇宙ができることがないからです。　他の宇宙は物理法則や次元、真空のエネルギーが異なる空間です。ほとんどの宇宙は何もない空間で、そこに行くことはできないでしょう。我々の宇宙の後には子宇宙ができます。そちらは未来なので行けるかもしれない。ただ行ったら、物理法則などが違うので、そこに入った瞬間に消えうせてしまうでしょう。他の宇宙には光がないかもしれません。 ——野村さんの提唱するマルチバースが完全に解明されたとしたら、社会に

どのようなインパクトがあるのでしょうか。 野村氏：まず、人間は何かを知りたいと思いますよね。「マルチバースである」ということ自体に意義があります。例えば、ビッグバンを知っても我々の暮らしは変わりませんね。でも非常に重要です。もちろんサイエンスなので、マルチバースをテクノロジーとして応用できる可能性はあります。 ——マルチバースの完全解明に向けてどのような課題があるのでしょうか。　理論の細かな部分はまだ変わるかもしれませんが、おおよそのピクチャーは描けています。ただ、状況証拠を基に仮定していて、理論的に証明されていないこともいくつかあります。「宇宙がいくつありそうか」ということも証明されていません。最終的には実験もしたいですが、基本的には理論で証明していきます。　私の提唱しているマルチバースはブラックホールと非常に関係が深いです。この分野の研究の進展がマルチバースのより深い理解へ波及してくるものと思われます。

次ページは：火星の生命探索とマルチバースはつながっている**火星の生命探索とマルチバースはつながっている**

——地球外に宇宙人はいると思いますか。また、NASA の火星探索は野村さんの研究に関係していきますか。 野村氏：宇宙人はいるのではないでしょうか。我々の宇宙に地球と同じような条件のところがあるでしょうし、時間や空間が異なる他の宇宙にも存在しているのではないでしょうか。　今回の火星探査も生命の痕跡を探すのがミッションですね。もし火星に生命の痕跡が見つかれば、それ自体が大きな発見です。マルチバースという大きな世界観を描くために必要な知見をもたらすことが期待できそうです。　というのもマルチバース理論は、「生命体である我々が宇宙を観測したとき、なぜあたかも神様が調整したかのような特別な宇宙が見えるのだろうか？」という問いへの答えを提唱したものであるからです。「生命体とは何か？」「それらはどのような条件下で生じるのか」という奥深い問いと、宇宙の根源的な理論であるマルチバースの理論は間接的ですがつながっています。 ——日本の物理学の研究レベルを、世界最高峰の場にいる野村さんはどのように見ていますか。 野村氏：日本のトップ層は米国と比べても遜色ないのではないでしょうか。ただ米国の大学や研究機関は世界中から人が集まるので、おのずと層が厚くなります。最近、日本の留学生が少ないということも聞きます。これは裏返すと、日本のレベルが上がって国内でできる研究が増えた証しではないでしょうか。　もっとも日本とスタイルの異なる米国に来て、様々な研究者と交わりながら研究を進めるのはいい経験です。コロナ禍の前はキャンパスなどでたまたま会った研究者との雑談から新たなブレークスルーの知見を得たこともあります。例えば、UC バークレーでは、ノーベル賞の受賞者に会い、気軽に話すこともあります。 ——蒸し返してすみません。やはり宇宙は 1 つしかなく、今たまたま真空のエネルギーと物質のエネルギーが合致している時代で、結果として我々が存在していると考えることはできないのでしょうか。 野村氏：もう少し説明しましょう（笑）。　今、我々の宇宙で起こっているのは、全く関係がない真空と物質、それぞれのエネルギー密度の 2 つの量が、1 つしかない宇宙で 120 桁の精度で一致しているということです。　例えば、宇宙誕生から約 138 億年、急速に減り続けている物質のエネルギー密度を、

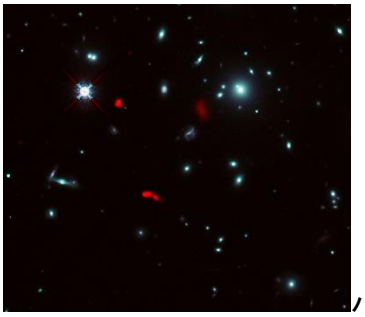
「1.38476623086722374960827155580816353578657982625617354060745706042508749471339486904853486509680459820349230598 3……4」としましょう。　これに対して、宇宙誕生時点から変わらない真空のエネルギー密度が、たまたま上記と 120 桁目だけが異なる

「1.38476623086722374960827155580816353578657982625617354060745706042508749471339486904853486509680459820349230598 3……3」であるというのが今の状況です。　両者の値がほぼ同じであるだけでなく、この値の周辺であることが必要なのです。これを不思議と思わないのであれば、マルチバース理論は必要ないでしょう。でもそう考えるのであれば、不思議な現象を理解するための科学を放棄するということになります。 ——マルチバースの解明はノーベル賞に値するという話も聞きます。 野村氏：ノーベル賞は、実験で確実に確かめられたものという賞の性質上難しいと思います。ただ 2019 年と 20 年のここ 2 年間、ノーベル物理学賞では、宇宙に関する研究が 2 年連続で受賞しています。同じ分野が 2 年連続で受賞するのは珍しいので、宇宙に関する関心が高まっているのは間違いないですね。　　市嶋 洋平

https://www.nao.ac.jp/news/science/2021/20210422-alma.html

129 億年前から銀河は回転していた―アルマ望遠鏡と天然のレンズが捉えた宇宙初期の小さな銀河とその内側

2021 年 4 月 22 日 ｜研究成果



ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した遠方銀河団「RXCJ0600-2007」の画像に、アルマ望遠鏡で観測した 129 億光年彼方の遠方銀河「RXCJ0600-z6」の重力レンズ像を赤色で合成した画像。銀河団による重力レンズ効果で、RXCJ0600-z6 からの光は増幅され像も拡大されたため、3 つ以上に分かれて見えていました。（Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Fujimoto et al., NASA/ESA Hubble Space Telescope） オリジナルサイズ（1.2MB）

アルマ望遠鏡を使った観測で、ビッグバン後 9 億年の宇宙に、天の川銀河のわずか 100 分の 1 の質量という小さな銀河が発見され、さらにこの銀河が回転によって支えられていることが分かりました。この小さな銀河よりも手前にある銀河団の重力によって光が増幅される「重力レンズ効果」を活用した画期的な成果です。

宇宙は 138 億年前にビッグバンによって誕生し、その数億年後に最初の小さな銀河が作られ始めたと考えられています。宇宙初期の銀河進化の全体像をつかむ上では、この時期の銀河の姿を明らかにすることが欠かせません。しかし、宇宙初期に作られた銀河は小さなものが多く、しかも小さな銀河は星もガスも少なく暗いために、従来の観測では調べることが困難でした。こうした暗い銀河を研究するため、重力レンズ効果で拡大された宇宙初期の銀河を多数探し出す大規模な観測が、アルマ望遠鏡を使って実行されました。重力レンズ効果は、天体から出た光が途中にある大質量天体の重力によって曲げられて地球に届く現象で、遠くの天体の光が増幅されたり、天体の姿が引き伸ばされたりするため、暗い天体を探し出すのに有効です。この研究では、アルマ望遠鏡としては非常に長い 95 時間という観測時間を費やし、重力レンズを引き起こしている 33 の銀河団の中心領域をくまなく調べました。そのうちの一つであるうさぎ座の方向にある銀河団の背後に、重力レンズ効果を受けた遠方銀河を発見し、その銀河からの光が 129 億年前に発せられたことが分かりました。これは、宇宙の誕生後 9 億年という早い時期に当たります。またこの銀河の像を、重力レンズ効果を受ける前の姿に復元した結果、総質量が太陽の約 20 億ないし 30 億倍程度であることが分かりました。天の川銀河の約 100 分の 1 の質量に当たるたいへん小さな銀河です。さらに、銀河の内部構造を約 1000 光年という高い分解能で描き出し、この銀河が回転によって支えられていることを明らかにしました。これほど早い時代の宇宙で、このような小さな銀河が回転によって支えられていることが分かったのは、今回が初めてです。この遠方銀河は、2021 年秋に打ち上げを迎える米国のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）を使った観測も予定されています。アルマ望遠鏡の電波観測と JWST の赤外線観測を組み合わせた、より詳細な銀河の構造と運動の様子の解明が期待されます。

この研究成果は、Seiji Fujimoto et al. “ALMA Lensing Cluster Survey: Bright [CII] 158 μm Lines from a Multiply Imaged Sub-L* Galaxy at z = 6.0719”として米国の天体物理学専門誌『アストロフィジカル・ジャーナル』に、また Nicolas Laporte et al. “ALMA Lensing Cluster Survey: a strongly lensed multiply imaged dusty system at z > 6”として『英国王立天文学会誌』に、それぞれ 2021 年 4 月 22 日付で掲載されました。

https://news.yahoo.co.jp/articles/f2302682d46b738c4af96b7b7de73b5b73843b3b

理論物理学者ミチオ・カクが語る「エイリアンに接触するなんて、とんでもない」

4/24(土) 8:30 配信 COURRIER

日系アメリカ人3世の理論物理学者ミチオ・カク。専門は素粒子論 Photo by David Becker/Getty Images

タイムトラベルはできるの？　ブラックホールの向こうにはどんな世界があるの？　地球外生命体は本当に存在するの？――人類が問いかけてきた宇宙の謎を解き明かす「万物の理論」が、ついに証明されるかもしれない。

【画像】ジュネーブにある大型ハドロン衝突型加速器

「科学の伝道師」として親しまれるミチオ・カク博士は、現在の多元宇宙論をもってすれば、宇宙の神秘のみならず、異なる宗教哲学までも一つの理論で説明できるという。 ミチオ・カクはニューヨーク市立大学シティカレッジの理論物理学教授で、ひも理論（弦理論）の提唱者だ。だが、それと同時にテレビに出演したり複数のベストセラー書籍を出版したりして、科学の普及者としても広く知られている。 カクの新著『神の方程式』（未邦訳）は、アインシュタインの一般相対性理論と量子論を組み合わせて、宇宙のあり方の「すべてを説明する包括的な理論（万物の理論）」を確立しようとする取り組みを、明確かつ親しみやすい形で取り上げている。 ――科学は「万物の理論」の完成にどの程度近づいていると考えていますか？ 実はすでに理論はできているけれど、まだ最終形態にいたっていないだけだと思っています。まだ検証されておらず、ノーベル賞受賞者のあいだでも、ひも理論に関して正反対の見解が存在します。私はその「ひもの場の理論（弦の場の理論）」の創始者の一人ですから「一枚かんでいる」ことになりますね。ですから、公平かつ公正であるように努めています。 私たちは、新たな時代を迎えようとしているところです。新しい実験がされ、「標準理論」とのずれを検出しようとしているのですから。それに、（宇宙に存在する物質の85%を構成すると考えられている）暗黒物質という謎もあります。そうした未踏の分野のどれもが、万物の理論にヒントを与え得るのです。 ――ひも理論には、理論物理学と極めて複雑な数学、そして恐ろしく難解な抽象的概念が関係しています。一般の人々にそうした議論の詳細が理解できると思いますか？ 一般の人々は、「この理論によって何がどうなり得るのか」ということに関心があると思います。宇宙というのはある意味、チェスのようなものです。私たちは2000年にわたって、ポーンがどのように動くのかを突き止めようとしてきました。そして今、私たちはクイーンをどのように動かしたらチェックメイトに辿り着けるのかを理解しつつあるのです。科学の定めは、グランドマスターのようになって「宇宙」と呼ばれるこのパズルを解くことです。 世のなかにはまだ、未解決の謎がたくさんあります。 たとえばタイムトラベル、ほかの次元、ワームホールです。さらに、ビッグバンの前には何があったのか？　ブラックホールの向こうには何があるのか？　こうした疑問はどれも、アインシュタインの理論の枠組みのなかでは答えを出すことができません。アインシュタインの理論を超え、その先の量子論を用いなければならないのです。 ――アイザック・ニュートンはあなたの著書をどの程度、理解できると思いますか？ きっとよくわかってくれると思います。1666年に大疫病が発生してケンブリッジ大学が休校になると、23歳のある少年は家に帰されることになりました。彼は、その敷地内でリンゴの実が枝から落ちる様子を目撃しました。そして、一つのリンゴの実の動きを支配する法則と、月の動きを支配する法則が同じであることに気付きました。 つまり、エピデミック（感染症の地域的な流行）はアイザック・ニュートンに、落下するリンゴと沈む月の数学をじっくりと追求する機会を与えたわけです。ですが、当時は（万有引力を説明できるような）数学が存在しませんでした。そのため、この問題を解くことができなかったニュートンは、独自の数学を生み出した。それがまさに現在、私たちのやっていることです。私たちも、疫病に見舞われています机に向かうしかできない状況に置かれています。そしてまた、新しい数学を生み出しているのです。

次ページは：「大衆向け」科学者の必要性　**「大衆向け」科学者の必要性**

――一部の物理学者は、すべてを説明する包括的な理論の探求は、誤解を招きかねないと考えています。あなたの研究はそういった人々のあいだでどのように受け止められていますか？ はっきり言いますが、物理学界は割れています。ここ何十年も見たことがないほどの割れ方をしています。ソルベー会議を思い起こさせますね。ニールス・ボーアとアルバート・アインシュタインが量子論をめぐって真っ向から対立し、科学史上でも最も偉大な議論の一つを繰り広げた、あのソルベー会議です。 というのも、ひも理論も非常に大きな関心を集めている一方で、同時に反発を招いているからです。「それなら、その証拠はどこにあるのか」と人々は追求してきます。率直に言うと、証拠はありません。ですが同じようにニュートンにも、1666 年当時は逆 2 乗の法則の証拠はありませんでした。数学や概念は、時に具体的な実験データに先んじます。 そこで、大型ハドロン衝突型加速器（LHC）が役に立つわけです。 ――LHC は先ごろ、ボトムクォーク（素粒子標準模型における第三世代のクォーク）の行動に関する観測で大きく報道されました。これは万物の理論に影響しますか？ 標準理論は、“ほぼ”すべてを説明する理論です。ですが、これまでに提唱されてきたなかでも最も不格好な理論の一つでもあります。手作業で加えなければならない実験の数字が、次から次へと出てくるのです。 けれど、ひも理論を用いれば標準理論はぱっと姿を現します。ほんのいくつかの仮定を設けるだけで、標準理論のすべてを表すことができる。ですからここで言いたいのは、私たちには実験による証明が必要であり、LHC が標準理論のずれを示唆してくれるかもしれないということです。そうなれば、ポスト LHC 物理学の出番です。 ――一般の人々に複雑な科学をわかりやすく広めることは、どれほど重要なのでしょうか？ 私たち物理学者は、1990 年代に超大型加速器の建設を提案した際、大きな衝撃を受けました。LHC よりずっと大型の加速器でした。テキサス州ダラスの郊外に建設される計画だったのですが、中止になったのです。何がいけなかったのでしょう？　 連邦議会の公聴会が終わりに近づいていたある日、ある議員がこう尋ねました。「このマシンがあれば神は見つかりますか？　見つかるというなら私は賛成票を投じましょう」と。この質問に答えなければならなかったかわいそうな科学者は、何と言えばいいのかわかりませんでした。 本当は「これは創世のマシンであり、史上で最も偉大な創造物と同じ状況を生み出します。つまり宇宙と同じ状況です」と答えるべきでした。ところが、残念ながら私たちは「ヒッグス粒子が見つかる」と答えてしまった。そこで世間の人々は「原子より細かい粒子（亜原子粒子）をもう一つ見つけるために 100 億ドルも費やすのか」と思ったわけです。 こうして、あの加速器の建設は中止されました。 ――科学者仲間は、あなたの大衆向けのアプローチに顔をしかめていますか？ 正直な話をしましょう。（天文学者で SF 作家の）カール・セーガンは、公の場に出るようになって反感を買いました。全米科学アカデミーへの入会を決める投票では、入会を許可されませんでした。 けれどあの超大型加速器が中止されたのは、私たちが象牙の塔にこもってしまい、費用を負担する納税者との繋がりを持っていなかったからです。 その後、スティーブン・ホーキングが登場しました。彼は多大な関心を呼びましたが、それと同時に最先端科学を研究する本物の物理学者であり、「単なる科学の普及者」ではありませんでした。 単なる科学の普及者――それが、セーガンに対する批判でした。ですから、大型加速器の件は自分たちのおごりを思い知らされた経験だったと思います。1960 年代であれば、連邦議会にある一言を言えば解決しました。 「ロシア」と。そうすれば、議会からふた言の返事があったものです。「いくら、必要なのか」と。そんな時代は過ぎ去りました。

次ページは：エイリアンには慎重になるべき　**エイリアンには慎重になるべき**

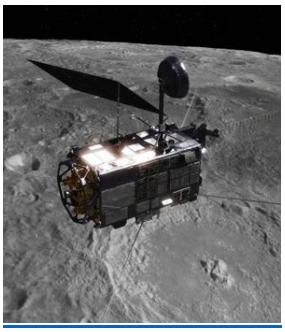
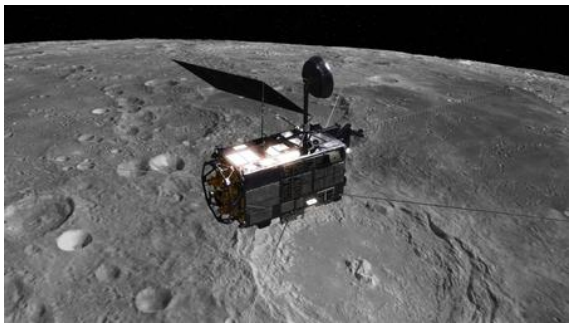
――今後 1 世紀以内に、人類は地球外文明と接触すると考えられています。懸念していることはありますか？ もうすぐウェッブ宇宙望遠鏡が軌道を飛行するようになり、何千もの惑星を見られるようになります。そのため、地球外文明と接触する可能性は極めて高いと考えています。彼らに接触を試みるべきだという科学者仲間もいます。けれど私は、とんでもない考えだと思っています。何百年も前にアステカ王のモンテスマ 2 世がメキシコで征服者のコルテスに出会ったあとどうなったのか、は誰でも知っています（コルテスに捕らえられて人質となる）。ちなみに、個人的には地球外生命体は友好的だろうと思っています。だからといって、そうであるほうに賭けるわけにはいきません。ですから、人類は地球外文明と接触すると思いますが、その際は非常に慎重になるべきで

す。 ――新著では、数々の優れた科学者の貢献を取り上げています。あなたにとって、誰よりも突出している科学者は誰ですか？ ニュートンですね。なぜなら、魔術や妖術が信じられていた時代に宇宙を表す数学を考え出し、ほぼすべてを説明する理論を考案したわけですから。すごいことです。 アインシュタインはニュートンに便乗したのであり、ニュートンの微分積分の計算法を使って、曲がった時空の力学と一般相対性理論を完成させた。彼らは超新星のような存在です。目がくらむほど明るく輝き、物理学の世界全体を照らし、人類の運命を変えました。ニュートンの運動の法則は、産業革命の基盤となるものを作り出しました。ニュートンのような科学者は、数百年に一人しか現れません。 ――ご自分のことを、神の存在の有無は証明できないとする「不可知論者」と呼んでいますね。研究を通じて、設計者としての神という概念に近づいていますか。それとも遠ざかっていますか。 スティーブン・ホーキングは神を信じない理由を「ビッグバンは一瞬にして起こり、神が宇宙を創造する時間はなかったことから、神は存在し得なかった」としています。 ですが、私の見解は違います。私の両親は仏教徒なのですが、仏教には涅槃（ねはん）というものがあります。それは時間の区切りがない境地で、始まりも終わりもありません。一方で両親は、私を長老派教会に入れたため、私は毎週、日曜学校に通い、創世記や宇宙が 7 日間で創造されたことを学びました。 現在の多元宇宙論の概念をもってすれば、この 2 つの正反対の枠組みを融合することができます。ひも理論によれば、ビッグバンはたびたび発生しています。こうして話しているあいだにも、宇宙のどこかで創世がされているのです。そして、宇宙は膨張の末にどうなるのでしょうか？　涅槃にいたります。11 次元の超空間は涅槃なのです。 ですから、仏教とユダヤ・キリスト教哲学を一つの理論に内包することができるのです。　　Andrew Anthony

https://news.yahoo.co.jp/articles/15dbf1a550c13767d4df28e6badc78d00b235127

“8 億年前の地球大異変” 月探査から浮かび上がった驚きの真実とは

4/24(土) 6:16 配信　現代ビジネス

写真：現代ビジネス

月周回衛星かぐや　10 種類以上の観測装置を搭載したマイクロバスほどもある大型の探査機(NHK 提供)
今回の研究を率いた大阪大学の寺田健太郎教授(NHK 提供)

地球の大異変といえば、後期重爆撃と呼ばれる隕石大量落下イベント(～38 億年前)や、ビッグファイブと呼ばれる 5 回の大量絶滅イベント(4 億 4 千万年前～)が良く知られている。しかし、そのどちらでもない時期(8 億年前)に、想像を絶する大異変が起きていた可能性が浮かび上がってきた。地球に大量の隕石が落下、その量は恐竜を絶滅させた隕石の最大 60 倍に及ぶという。 【写真】はやぶさ 2 成功が証明した日本のものづくりの凄さ　教えてくれたのは、私たちにとって最も身近な天体、月。きっかけは、日本の月周回衛星かぐやのデータだった。研究を率いた大阪大学の寺田健太郎教授も、「30 年近く研究をやっているが、これほどわくわくしたことはなかった」という。データや論文に向き合う日々。突然訪れるひらめき。そして見えてきた壮大なシナリオ。ロマンあふれる研究の舞台裏に迫った。 ---------- 研究論文は 2020 年 7 月 22 日、イギリスの科学誌 Nature Communications(オンライン)に発表。以下は、その発見をテーマにした、コズミックフロント「8 億年前の地球

大異変 月が教えてくれたこと」(2021 年 4 月 8 日放送)の抜粋である。 ----------

始まりは悲願の月探査計画「かぐや」

2007 年に打ち上げられた月周回衛星かぐやは、アポロ以降最大の月探査ミッション。これまでアメリカ航空宇宙局(NASA)の探査データを使うしかなかった日本の惑星科学者にとっても、悲願の計画だった。様々な観測装置で月面全体を調べ上げ、地形や岩石に関する膨大なデータを入手。垂直な壁を持つ縦孔の存在、純粋な斜長石からできた岩石など、新発見が次々ともたらされ、現在の月開発ブームにつながっている。　しかし、今回の発見で活躍したのは、カタログ作りのような地道な作業によって蓄積されていた、「あるデータ」だった。

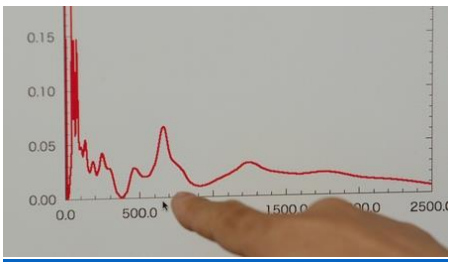
画像から読み解くクレーターの年代

「あるデータ」をかぐやの観測データから生み出した 1 人が、東京大学の諸田智克准教授。専門はクレーター年代学と呼ばれるもので、画像の分析から年代を推定する手法だという。様々な天体で起きたイベントの年代を簡易的に知るのが目的だ。　例えば、大気や水で浸食されることがない月のクレーターは、隕石落下によって一度作られると、ほぼ永遠に失われることがないため、クレーターを画像から選び出して数密度を求め、絶対年代がわかっている別の場所と比較すれば、年代が推定できるというわけだ。　諸田は、直径 100m 以下のクレーターまで判別できるかぐやの高精細な画像を使って、月の溶岩の年代を推定することで、月の火山活動の歴史をひもといてきた。30 億年以上前に終わったとされてきた月の裏側の火山活動が 25 億年前まで続いていたこと、月の表側で 15 億年前まで火山活動が続いていたこと、かぐやによって月の歴史年表に詳細な数字が書き込まれていった。クレーター年代学は、惑星科学には欠かせない標準的な手法となっている。

次ページは：カギを握るクレーター年代のリスト　**カギを握るクレーター年代のリスト**

一方、今回の研究をリードした大阪大学の寺田健太郎教授の専門は、石にごく微量だけ含まれるウランなどの放射性元素を使った年代決定だ。アポロが地球に持ち帰った月の石も、放射性元素の分析から絶対年代がわかっている。そして、この数字が月のクレーター年代の基準となっている(アポロ着陸地点の溶岩が 30 億年前とわかっているので、クレーター数密度がその半分の溶岩が 15 億年前とわかる)。　寺田もまた、隕石や月のサンプルの分析というアプローチで、月のクレーターに注目していた。アポロが回収した月の砂から見つかるガラス玉の一部は、クレーターを作った衝撃で出来たとされているからだ。　そしてあるとき、「月のクレーターの年代を、月の溶岩と同じように、クレーターの画像を解析する手法で推定できないか」とひらめいたという。それは、まさに諸田の専門分野だった。寺田は、当時、名古屋大学にいた諸田に相談。すると「溶岩の年代を調べるのと同じ手法でクレーターの年代を推定することは可能であり、すでに大学院生が調べ上げたデータもある」との返事だった。　クレーターの年代そのものをクレーター年代学で調べるというアイデア自体は古くからあったという。諸田は、大学院生の力を借り、かぐやの高精細画像からクレーターをひとつひとつ数え上げて、クレーターの年代推定を進めており、寺田から相談を受けた時には、画像データを活用してすでに 59 個の月のクレーターの年代リストが出来ていた。　当時の諸田たちは、大きな発見を目指すというよりも、むしろアポロ以降最大の月探査を遂行したチームとして、月のクレーターの年代を片っ端から決めていくこと、つまり有用なカタログを作ることを主目的としていたという。

浮かび上がってきた謎のピーク



59 個のクレーターの年代分布　ピークが 6.6 億年前に見られる(NHK 提供)　NHK 提供

2016 年、寺田からの共同研究の申し出を受け、諸田は 59 個のクレーターの年代データを提供した。そして寺

田が解析を始めると、予想外の結果が目に飛び込んできた。研究の前提となる「隕石落下頻度が一定」という仮定が正しければ、なだらかになるはずのクレーターの年代分布が、6.6 億年前にピークを持っていたのだ。　このピークは何を意味しているのか。検討の手がかりとしたのが、6.6 億年前に作られたと推定されたクレーターのひとつ、コペルニクスクレーター。実は、アポロ 12 号が月面探査を行った際に、放出物を地球に持ち帰ったクレーターでもある。アポロが持ち帰ったサンプルに含まれる放射性元素の分析から得られたコペルニクスの絶対年代は 8 億年だった。諸田の推定値 6.6 億年とは 1.4 億年のずれがある。　このずれの原因がクレーター年代学の前提にあると考えた 2 人は、「隕石落下頻度が一定」という従来の仮定を微調整し、「隕石落下頻度が 8 億年前に短期間だけ急増し、それ以外は一定」という、スパイクモデルを作りあげた。再計算したところ、コペルニクスクレーターとほぼ同時期に作られたものが、59 個中、17 個にのぼるという結果となった。　ここから、寺田たちの壮大な「ストーリー」ができあがっていく。　クレーターの王様・コペルニクスは直径 93km。これほどのクレーターを作るには、直径 10km ほどの天体が衝突したはずだ。これは 6600 万年前に地球に衝突し、恐竜を絶滅させた小惑星に匹敵するサイズである。しかも、8 億年前に、コペルニクスだけではなく合計 17 個ものクレーターがほぼ同時に作られたとすると、月に衝突する、こうした天体の大元はどこからきたのか。　検討からたどり着いたのが、地球から 2 億 km 離れた小惑星帯だった。小惑星帯とは、火星軌道と木星軌道の間の小天体が多数分布する領域。色や軌道の特徴から、いくつもの族に分類されており、それぞれが過去の衝突でできた破片の集まりだと解釈されている。　寺田たちは小天体の破片の起源に関する論文を調べあげ、8 億年前の衝突で作られたと考えられているオイラリア族を探り当てた。実は、オイラリア族は、探査機はやぶさ 2 の目的地・小惑星リュウグウの起源の有力候補と考えられている。　リュウグウと似た色の特徴を持つことからオイラリア族に注目したビル・ボッキー博士(アメリカ・サウスウエスト研究所)が、「8 億年前」という最新の結果を得ていたのだ。さらに博士は、「衝突は特別な場所で起きたため、一部の破片の軌道はすぐに不安定化するだろう」と示唆していた。　つまり 8 億年前にはるか彼方の小惑星帯で起きた天体衝突によって無数の破片が生まれ、その一部が地球軌道と交差するような歪んだ軌道に入り、次々と月に衝突していったというシナリオが成り立つのだ。もちろん、宇宙スケールではすぐ近くの地球も無事ではすまない。月に落下した総量から推定すると、恐竜を絶滅させた小惑星の 30-60 倍もの隕石が、地球に落下したはずだという。

次ページは：地球に痕跡は残されているのか　**地球に痕跡は残されているのか**

残念ながら、8 億年前の地球に大量の隕石が落下した証拠は、今のところ見つかっていない。月面とは違って地質活動が活発な地球上では、クレーターは比較的短期間で消えてしまうからだ。「宇宙由来の微量元素を調べれば検証は可能だ」と語るのは九州大学の尾上哲治教授。地質学者の尾上は、8 億年前の痕跡探しを始めようと考えている。　寺田らの発見は、普段下ばかり見ている地質学者の視線を、宇宙へと向けさせたのだ。発見の鍵となったのは、双眼鏡でのぞけば、肉眼でも認識できる月のコペルニクスクレーター。古来、身近な存在だった月は、地球の歴史を今に伝えるタイムカプセルでもあったのだ。 ---------- 【番組情報】『コズミック フロント』(NHK BS プレミアム・BS4K で 木曜よる 10 時放送)　解き明かされる秘密 それはロマンあふれる物語 誕生から 138 億年。壮大な宇宙、そして地球を見つめる科学者たちがたどり着いた真実とは…癒やしの星空や地球の絶景、本格的な CG で壮大な物語へとご案内します。 公式 HP はコチラ(https://www.nhk.jp/p/cosmic/) 公式 Twitter はコチラ(https://twitter.com/nhk_space) ----------　コズミックフロント（NHK）

https://news.yahoo.co.jp/articles/0f80dc83ba6634cc3a70398346da162f44e269c9

ISS で培われる「無重力の科学」

4/23(金) 17:09 配信　JIJI.COM　AFP BB News

国際宇宙ステーション（ISS)。米航空宇宙局提供（撮影日不明、2018 年 11 月 4 日入手）。【翻訳編集】 AFPBB News

【AFP＝時事】地球の軌道を周回して 20 年──国際宇宙ステーション（ISS）は最先端の宇宙実験施設となった。滞在する宇宙飛行士らは、ブラックホールから病気やガーデニングに至るまでのさまざまな研究を微小重力環境で行っている。 【図解】星出さん乗せたクルードラゴン 2 号機、ISS へ

地球の上空約 400 キロを周回する ISS はサッカー場ほどの大きさで、ハチの巣のように区画が分割されている。各区画では、乗組員が地上の研究者らからの指導に基づき実験を行うことができる。

ISS では、有人ミッションが開始された 2000 年以降で、3000 件以上の科学実験が実施されている。

■「ミニ脳」

米国のシェーン・キンブロー（Shane Kimbrough）、メーガン・マッカーサー（Megan McArthur）両飛行士、日本の星出彰彦（Akihiko Hoshide）飛行士、欧州宇宙機関（ESA）のトマ・ペスケ（Thomas Pesquet）飛行士の 4 人が搭乗した米宇宙開発企業スペース X（SpaceX）の宇宙船「クルードラゴン（Crew Dragon）」運用 2 号機は 23 日、ISS に向けて打ち上げられる予定だ。

4 人は 6 か月間にわたるミッションで、ISS の維持管理作業と並行して、約 100 件の実験を行う予定になっている。 実験の中には、超音波を用いて物体や液体を触ることなく移動したり操作したりする音響技術などが含まれている。 計画されている研究の中で、フランスのペスケ飛行士が最も楽しみにしているのは、無重力が脳のオルガノイドに及ぼす影響の調査だという。脳オルガノイドは、幹細胞技術を使って作製される「ミニ脳」だ。

科学者らは、ゆくゆくはこの研究が脳疾患治療に役立ち、また遠距離探査ミッションを視野に入れる宇宙機関を助けることにもなると期待を寄せる。遠距離ミッションでは、乗組員が過酷な宇宙環境に長期間さらされる。

ISS ではまた、「生体組織チップ」として知られる小型の人体臓器モデルの研究が進められている。組織チップはさまざまな種類の細胞で構成され、免疫系の老化、腎臓機能、筋肉減少などの研究に利用される。

ISS 米国立研究所（ISS US National Laboratory）のシニア・プログラム・ディレクターを務めるリズ・ウォーレン（Liz Warren）氏は「理由が完全に解明されているわけではないが、細胞間コミュニケーションは、微小重力下と地球上の細胞培養瓶の中とでは機能の仕方が異なる」と指摘。細胞の集まり方も異なるという。

「こういった特徴によって細胞は、人体内にあるときにより近い挙動を示すことができる。従って、微小重力は組織工学にとって、またとない機会を提供すると考えられる」と、ウォーレン氏は話した。

■研究を進めるための唯一無二の施設

運用費用について懸念する声が一部から上がる中、米航空宇宙局（NASA）自体は、より遠方の宇宙へと関心が移るのに伴い ISS からの撤退を模索している。 だが、宇宙空間での微小重力科学実験を計画するフランスの研究施設 Cadmos のセバスティアン・バルデ（Sebastien Barde）氏によれば、2028 年に運用を終了する予定の ISS は、一部の科学者にとっては研究を進めるための唯一無二の施設となっているという。これらの研究には、医薬であれ材料科学であれ、重力のない環境が不可欠だ。 バルデ氏は、知る必要があることはすべて学んだという考えを一蹴し、「それはまるで、『十分な数の』星を見たという理由で、望遠鏡を大きくする必要が本当にあるのか疑問に思うようなものだ」と語った。【翻訳編集】 AFPBB News