

原爆 22 個分の威力：地球に衝突する可能性のある小惑星「ベンヌ」

Stars Insider によるストーリー・3 時間



原爆 22 個分の威力：地球に衝突する可能性のある小惑星「ベンヌ」©NL Beeld

原子爆弾 22 個分の威力を持つ小惑星が地球に衝突する可能性がある正確な日を、研究者たちが決定した。ベンヌと名付けられたこの天体は、6 年ごとに地球に接近する。しかし、科学者たちは、2182 年 9 月 24 日が、地球と小惑星が衝突する現実的な危険がある日ではないかと考えている。

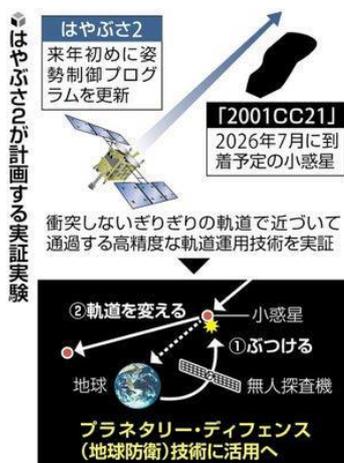
黙示録的な出来事が起こる可能性のある日が遠いにもかかわらず、NASA は現在、小惑星ベンヌをそらすための激しい取り組みを行っており、ミッションの最終段階にある。7 年前、アメリカの宇宙機関は、壊滅的な衝突を防ぐのに役立つことを期待して、サンプルを収集する目的で、小惑星に向けて探査機を打ち上げた。

小惑星はこれまで何度も地球に衝突している。以下のギャラリーで、最も重要な衝突のいくつかをご覧ください。

<https://www.msn.com/ja-jp/news/techandspace/%E3%8>

はやぶさ 2、次の任務は「地球防衛」... JAXA が小惑星にぶつける技術を実験

読売新聞 によるストーリー・18 時間



(写真：読売新聞) © 読売新聞

宇宙航空研究開発機構（JAXA（ジャクサ））が、小惑星探査機「はやぶさ 2」を使い、地球に衝突しそうな小天体に探査機をぶつけて軌道を変える「プラネタリー・ディフェンス（地球防衛）」技術の獲得に向け、準備を本格化させる。高精度な飛行ができるよう、来年初めに姿勢制御装置のプログラムを更新。2026 年に到着する小惑星で、衝突ぎりぎりまで接近する軌道運用技術の実証実験を行う。

はやぶさ 2 は 20 年 12 月、小惑星リュウグウの試料を地球に持ち帰った。その後も、残った燃料を節約しながら飛行を継続。26 年 7 月に小惑星「2001 CC21」を経由後、31 年に地球と火星の軌道の間にある最終目的地の小惑星「1998 KY26」に到着する計画だ。

JAXAによると、実証実験は、経由地の小惑星「2001CC21」で行う。はやぶさ2が推計で直径約700メートルの小惑星に10キロ・メートル以内を目指して近づき、衝突しないぎりぎりの軌道を描いて高速で通り過ぎる。小惑星から見たはやぶさ2の相対速度は秒速5キロ・メートル。通過するとやり直しができない難しいミッションだが、正確な軌道で近づく技術を実証することで、狙った場所に探査機をぶつけて、地球に衝突しそうな小天体の軌道を変える地球防衛技術の獲得につなげる。

14年12月に地球を出発したはやぶさ2は設計寿命を超え、機器の劣化が進む。そこでJAXAは、姿勢制御装置の一部が壊れても精密な飛行ができるよう、来年初めにも同装置のプログラムを遠隔で更新する。

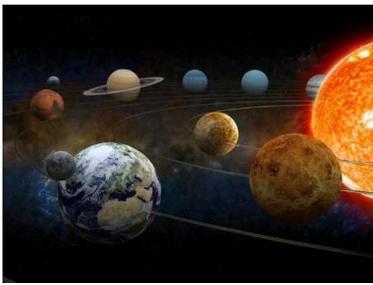
地球防衛技術を巡っては、米航空宇宙局（NASA）が昨年9月、無人探査機DART（ダート）を小惑星ディモルフォスにぶつけ、軌道を変える実験に成功した。NASAによると、地球に近づく小惑星などの天体は3万3000個以上あり、軌道などから特に危険な天体は2000個以上ある。地球防衛には、天体の形状などを詳細に観測し、探査機をぶつける必要がある。小惑星リュウグウの探査を完遂したはやぶさ2の「延長戦」に挑むJAXAの三枘（みます）裕也・はやぶさ2拡張ミッション運用リーダーは、「どれだけぎりぎりの軌道制御ができるかが注目点だ。はやぶさ2の運用を最大限継続したい」と話す。

◇ JAXAは、小惑星「2001CC21」の名称を募集中で、JAXAの専用サイトで来年5月9日まで受け付ける。同8月末までに決定し、世界の天文学者らでつくる国際天文学連合に提案する。

[さまよえる星が膨張する太陽から地球を救ってくれるかもしれない \(msn.com\)](#)

さまよえる星が膨張する太陽から地球を救ってくれるかもしれない

Marianne Guenot によるストーリー ・ 13 時間



太陽の周りを回る地球の軌道（想像図）。© BUSINESS INSIDER JAPAN 提供

科学者は、太陽が今後10億年以内に膨張し、地球は生命体が対処することができないほど高温になると考えている。しかし、太陽系付近を通りかかる星が、思いがけぬ救世主となる可能性もある。

その星が地球を生存可能地帯へと引っ張ってくれる望みがわずかにあることを、ある研究が示している。

約10億年で、太陽は[地球上のすべての海水を沸騰させる](#)ほどになり、我々の知る生命は、すべて死滅する。

地球上の生命の運命は、科学者の考えでは、事実上決まっている。だが、通りがかりの星が救世主となる可能性がわずかにあることが判明したと、フランスのボルドー大学と、アリゾナ州ツーソンにあるプラネタリー・サイエンス・インスティテューション（Planetary Science Institute）の科学者による新たな研究は示している。

科学者は、もし地球から100天文単位（約150億キロメートル）以内を星が通過したらどうなるか、1万2000回シミュレーションした。その結果、我々の太陽系は驚くほど安定していることが分かった。92%のケースで、星が太陽系を通過しても、ほぼ無傷のままだった。「もっと何か起こると思った」と研究著者でボルドー大学のショーン・レイモンド（Sean Raymond）は[ニュー・サイエンティスト（New Scientist）](#)に語った。

「惑星の軌道に干渉するのは、そんなに簡単なことではない。惑星に干渉するにはかなり入り込まなければならない」それでも、通りがかりの星が、危険な状況から地球を引き上げてくれるチャンスはある。たとえわずかであっても。シミュレーションの0.28%では、星が軌道から引き離し、穏やかな領域へ移したとレイモンドは[ブログの投稿](#)に書いた。その影響はさまざまな形で現れた。太陽系に残ったままだが、冥王星の外側まで引っばられ

たケースもあった。そこは現在の軌道に比べ、10%ほど冷涼だった。

星間空間、最後にはオールトの雲（Oort cloud）まで飛ばされるケースもあった。そこは約 20 億光年先で、宇宙空間に浮遊する自由惑星となった。奇妙に思えるかもしれないがこれは最悪のシナリオではないかもしれないとレイモンドは[ブログの投稿](#)に書いた。「凍った世界を温めるよりも、焼かれた惑星を火を通す前に戻す方がはるかに難しい」「ある程度の大気があれば、自由惑星は表面に液体水を保持するのに十分な熱を閉じ込めることができる」とレイモンドは述べた。弾き飛ばすのではなく、地球を捕らえるというシナリオもいくつかあるという。だが、焼け付くようなゾーンから連れ去られるシナリオでは助かるとは限らなかった。多くの場合は、[月または金星に衝突](#)して終わったのだ。今後 10 億年で、星が太陽系をかすめる可能性はわずか 1%しかなく、地球が生存可能な軌道へと飛ばされる可能性は 350 分の 1 だとシミュレーションは示している。

つまり、「地球の生命が通り過ぎる星によって救われる可能性は 3 万 5000 分の 1」になるとレイモンドはブログの投稿に書いた。「それは、2 組あるトランプの中から無作為に、それぞれスペードのエースを引くのと同時にサイコロ 2 個を振った合計が 10 になる確率とだいたい同じだ。高いとは言えない」と彼は述べている。

この研究結果は、2023 年 11 月 27 日にイギリスの査読付き学術雑誌『[王立天文学会月報 \(Monthly Notices of the Royal Astronomical Society\)](#)』で発表された。

<https://www.cnn.co.jp/usa/35213087.html>

米政府、国際宇宙飛行士を月面着陸させる計画発表

2023.12.21 Thu posted at 15:30 JST



米国のカマラ・ハリス副大統領＝20日、米航空宇宙局（NASA）本部/AI Drago/Bloomberg/Getty Images（CNN）米国のカマラ・ハリス副大統領は20日、人類を再び月に送り込むことを目指す米航空宇宙局（NASA）の「アルテミス計画」の一環として、米国人以外の宇宙飛行士1人を月面に着陸させると発表した。

米政府は先に、月周回飛行には米国人以外の宇宙飛行士も送り込むと表明していたが、20日の発表ではさらに一歩進んで、このうち1人を月面に着陸させる計画を明らかにした。

ハリス副大統領は20日、米ホワイトハウスの国家宇宙会議の会合で、「米国人宇宙飛行士と並んで、国際宇宙飛行士をこの10年の終わりまでに月面に着陸させる」と述べた。会合にはアントニー・ブリンケン国務長官やジェイク・サリバン米大統領補佐官（国家安全保障担当）も出席した。

アルテミス計画では毎回4人の宇宙飛行士が宇宙船「オリオン」に搭乗する。だが全員が月面に降り立つわけではない。着陸するのは2人だけで、残る2人はオリオンまたは小型宇宙ステーションの「ゲートウェイ」で月の軌道のみを周回する。NASA当局者によると、欧州宇宙機関（ESA）の宇宙飛行士はゲートウェイに搭乗する機会を3回、カナダ宇宙庁の宇宙飛行士はゲートウェイに搭乗する機会を1回とアルテミス2に搭乗する機会を1回、日本人宇宙飛行士はゲートウェイに搭乗する機会を1回、それぞれ与えられる。

アルテミス2は来年11月に打ち上げ予定。人類が月の軌道に入るのは、かつてのアポロ計画が終了して以来初めてとなる。同宇宙船にはカナダ宇宙庁のジェレミー・ハンセン宇宙飛行士が搭乗する。

月面着陸を目指すアルテミス3の打ち上げは、早くても2025年末になる見通し。

<https://forbesjapan.com/articles/detail/68078>

2023.12.18

未来の人類は「火星ではなく宇宙ステーションに住むべき」ベズスが主張



Robert Hart | Forbes Staff



ジェフ・ベゾス (Shutterstock.com)

アマゾン創業者のジェフ・ベゾスは12月14日、人類が太陽系を植民地化する場合は、他の惑星ではなく巨大な円筒形の宇宙ステーションに住むべきだと語り、商業宇宙分野で彼のブルーオリジンを圧倒的にリードするスペースXのイーロン・マスクとは異なるビジョンを提示した。マスクは火星に目を向けており、スペースXが火星の植民地化を主導して、2050年までに100万人を送り込みたいと語っていた。

コンピューター科学者でポッドキャスト番組司会者のレックス・フリードマンによるインタビューの中で、ベゾスは「太陽系に1兆人の人々が住んでいるのを見たい」と語った。

それだけの人数がいれば「1000人のモーツァルトと1000人のアインシュタイン」がいつでも存在し、太陽系が「生命と知性とエネルギーに満ち溢れたものになるだろう」と彼は語った。太陽系の資源はそのような文明を「容易に支える」ことが可能だが、それは人々が「巨大な宇宙ステーション」に住むことでのみ可能になる、とベゾスは述べた。「惑星の表面はあまりにも小さすぎる」と彼は説明し、宇宙ステーションであれば、地球や他の惑星で暮らすよりもはるかに多くのエネルギーと物理的資源を活用できるだろうと付け加えた。

このような宇宙ステーションは、それを提案した物理学者ジェラルド・K・オニールにちなんで、しばしばオニール・シリンダーやオニール・コロニーと呼ばれるが、そこでの暮らしは惑星で生活するよりも多くの利点があるとベゾスは述べ、「好きな場所に設置」できるし、宇宙ステーションを回転させて人工重力を生み出すことも可能だと語った。おそらくほとんどの人は地球の近くに住みたいと思うだろうが、現在のイエローストーン国立公園と同じように、休暇を利用して地球に向かう日が来るかもしれないとベゾスは予測した。ベゾスは、2年前にアマゾンのCEOを退いた主な理由が、宇宙開発・航空ベンチャーのブルーオリジンに時間を費やすためだったと語った。ベゾスは、予定より数カ月遅れで間もなくロケットを打ち上げるブルーオリジンが「開発スピードを上げる必要がある」と述べ、「そうするつもりだ」と付け加えた。ブルーオリジンは、2021年に最初の有人ミッションを実施し、ベゾスを宇宙空間のはじまりとされる高度100キロメートルの「カーマンライン」の上まで運んだが、同社の「ニューシェパード」ロケットは2022年にエンジントラブルで打ち上げに失敗した後、飛行を一時停止していた。 (forbes.com 原文) 編集=上田裕資

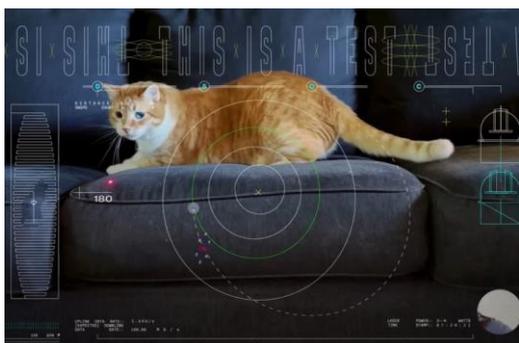
<https://forbesjapan.com/articles/detail/68163>

2023.12.21

深宇宙から届いた「ネコ動画」 NASAがレーザー通信実験で送信



Amanda Kooser | Contributor



テイターズはNASAがレーザーを使って宇宙で送受信したショートビデオのスター猫だ(NASA/JPL-CALTECH)ネコはすでにインターネットを支配している。そして今度は宇宙を征服しようとしている。

NASAは最先端の通信実験で、小惑星探査機Psyche(サイキ)からレーザーを使用して3100万km離れた地球

に動画を送った。その動画の主演は？ もちろんネコだ。テイターズ (Taters) という名前の茶トラの子猫が、赤いレーザーポインターを追いかける様子は、このデモンストレーションの中心がレーザー技術であることと一致している。テイターズは、優れた動画ネコの条件をすべて満たしている。ふわふわして、愛らしく、いたずら好きだ。しかしテイターズは宇宙通信の大きな一歩の象徴でもある。テイターズが映っている超高解像度の動画は、12月11日に旅立ち、地球と月の間の80倍もの距離を移動した。これは将来、この技術を使うと、人間の宇宙飛行士が遠い火星でミッションに従事している時にも、連絡がとれる可能性があることを示している。

深宇宙光通信 (DSOC) の実験は、サイキミッションの一環だ。探査機サイキは10月に打ち上げられ、16 Psyche (プシケまたはサイキ) と呼ばれる金属に富む小惑星を調査するために、火星と木星の間にある小惑星帯に向かっている。その長い旅路は、この新しい通信システムをテストする絶好の機会だ。そのネコ動画は15秒間続く。重ね合わせられたグラフィックスには、サイキの軌道経路、テイターズの情報、レーザーに関する技術データ、そして「これはテストです」という文字が表示されている。動画を送信した装置はフライトレーザー・トランシーバーと呼ばれるものだ。動画は101秒かけて地球に届き、カリフォルニア州のハール望遠鏡で受信された後、ダウンロードされてNASAのジェット推進研究所 (JPL) に送られ、リアルタイムで再生された。



宇宙から送られてきたネコ動画を受信した後の記念撮影でポーズをとる JPL DSOC チームのメンバーたち (NASA/JPL-CALTECH)

NASA が最初に DSOC を [テスト](#)したのは11月で、1600万 km 近い宇宙を横断してテストデータを送った。今回、より複雑なネコ動画の実験も成功した。テイターズの映像は、実際に地球で使われているほとんどのブロードバンド接続よりも速いスピードで宇宙を渡った。

[次ページ >4匹の宇宙ネコのうち、3匹が茶トラ](#)

NASA はアルテミス計画 (Artemis program) で月に再び人類を送るべく、日夜努力しているが、それはより野心的な深宇宙探査への足がかりにすぎない。NASA は火星に人類を着陸させたいと思っている。[火星が地球に最も近づく時の距離](#)は約5460万 km だ。DSOC レーザーシステムは「現在深宇宙ミッションで使用されている最先端の無線周波数システムより、10~100倍の速度で深宇宙からのデータを送信するように設計されている」と NASA JPL は[説明](#)している。これは、宇宙飛行士がどこを放浪していようとも、新たなネコ動画を見られることを意味している。テイターズは、ある JPL 職員の飼い猫だ。「サイキに動画を生成する機能はないので、ふだん私たちはランダムに生成されたテストデータの packets を送っています」と JPL のプロジェクトマネージャー、ビル・クリップスタインは言う。「しかし、この重要な意味を持つイベントをより記憶に残るものにするために、JPL のデザイナーたちと協力して楽しい動画を作ることにしました。これはサイキミッションの一環であるデモの本質をとらえたものでもあります」これでテイターズは、現実と架空の両方を合わせた宇宙ネコの短いリストに名を連ねることとなった。ネコの[フェリセット](#)は1960年代に宇宙を旅して無事帰還した。『新スタートレック (Star Trek: The Next Generation)』に登場するアンドロイドのデータは、スポットという茶トラのネコを飼っていた。映画『エイリアン』の主人公エレン・リプリーはジョーンズという名前のネコと暮らしていた。これらの宇宙ネコ4匹のうち3匹が茶トラであることは注目値する。NASA のレーザー通信テストは重要な任務だが、テイターズのおどけた仕草がそれを楽しいものになっている。DSOC チームのライアン・ログリンが言うように「みんなテイターズが大好きなんだ」。(forbes.com [原文](#)) 翻訳=高橋信夫

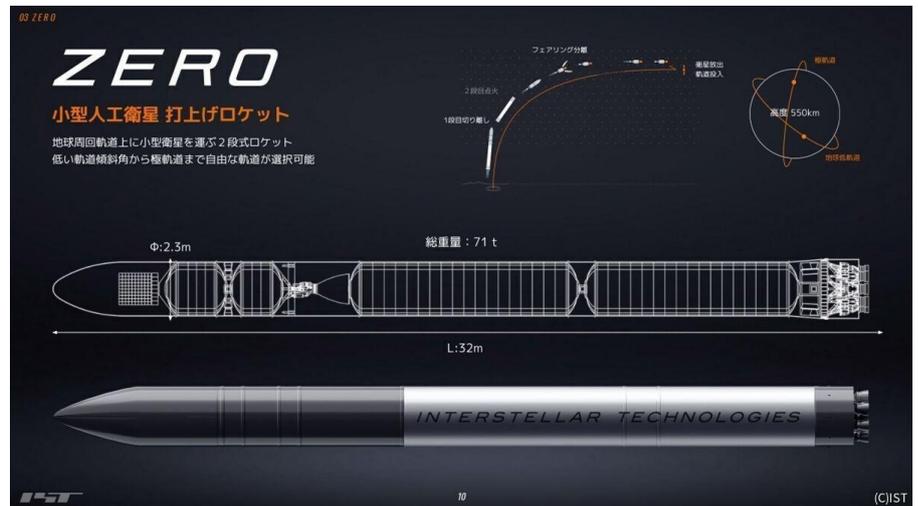
牛糞がロケットの燃料に？ IST が初のエンジン燃焼試験をプレスに公開

掲載日 2023/12/21 15:06 更新日 2023/12/22 01:46 著者：大塚実

目次 [バイオメタンは燃料として使えるか？](#) [牛の糞尿からどうやって燃料を作る？](#)

[どこで作ってどこから打ち上げる？](#) [ZERO はなぜ途中で大型化したのか？](#)

インターステラテクノロジズ(IST)は12月7日、北海道大樹町にて、現在開発中の小型衛星用ロケット「ZERO」のエンジン燃焼試験を行った。ZEROは燃料に液化メタンを使うが、今回の燃焼試験は、初めて生物由来のバイオメタンを採用したもの。同社によれば、バイオメタンを使った燃焼試験は、民間ロケット会社としては世界初だという。



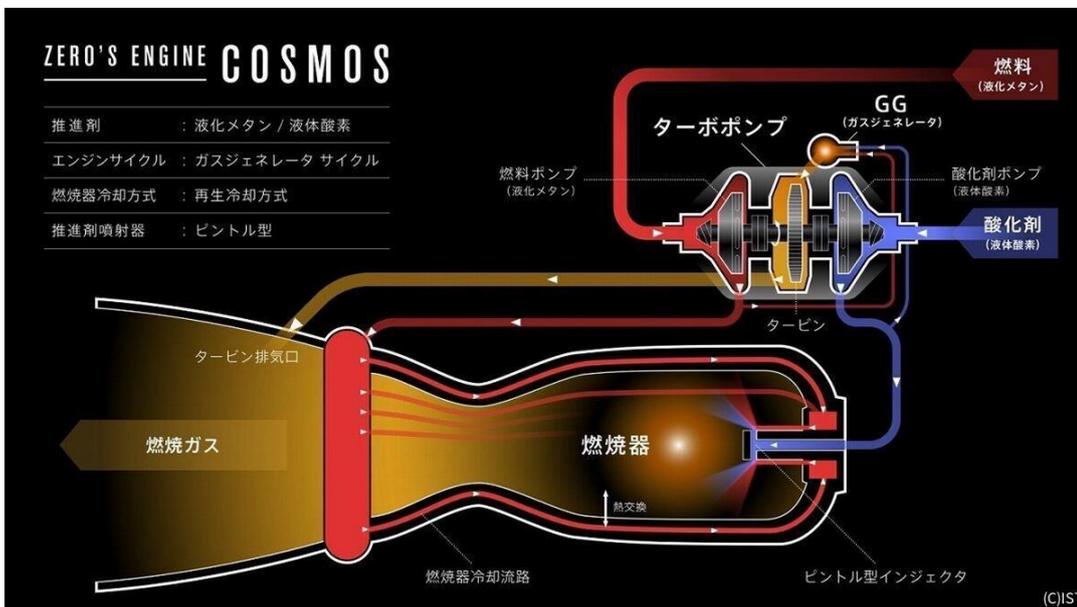
北海道大樹町の同社施設で行われたエンジン燃焼試験 (C)IST

小型衛星用ロケット「ZERO」の概要 (C)IST

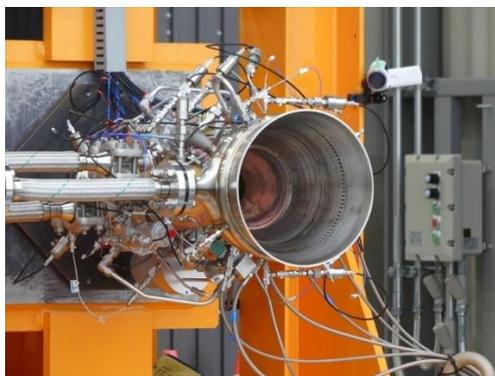
筆者は今回、この燃焼試験のほか、バイオメタンを生成する酪農家、燃料として精製する製造プラント、そして射場となる宇宙港「北海道スペースポート」(HOSPO)など、ZEROを取り巻く一連の枠組みを取材することができた。十勝エリアで今どのような取り組みが行われているのか、最新状況を丸ごとレポートしよう。

バイオメタンは燃料として使えるか？まずは、この燃焼試験についてお伝えしたい。

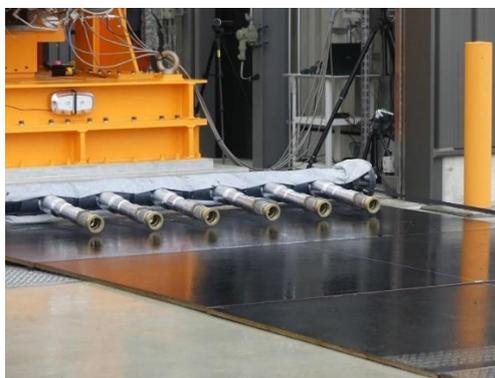
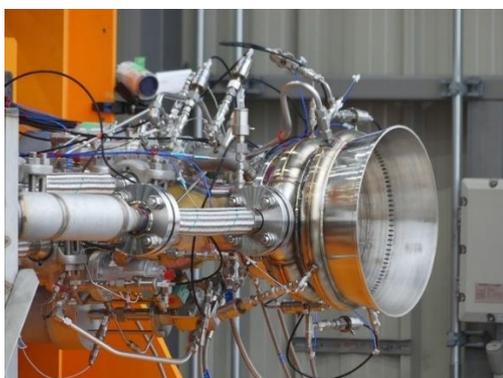
ISTは、観測ロケット「MOMO」の3号機で、初めて宇宙空間に到達。その次のステップとして開発が進められているのが、今回の「ZERO」である。ZEROは全長32m、直径2.3m、重量71トンの2段式ロケットで、同型のエンジンを第1段に9基、第2段に1基搭載する。打ち上げコストは、8億円以下になる見込みだ(量産時)。このエンジンであるが、今回初めて、「COSMOS」(コスモス)という名称が明らかにされた。これは、同社が本社を置く大樹町の花がコスモスであるほか、エンジンの特徴であるピントル型インジェクタの噴射形状が花びらに似ていることから、名付けられたという。ちなみにMOMOのエンジンは、内部では「タンポポ」と呼ばれていたとのこと。COSMOSは、燃料に液化メタン、酸化剤に液体酸素を使う。MOMOの推力が14kN(1.4トン)であったのに対し、COSMOSは130kN(13トン)と、ほとんど10倍近い大型化が必要。それに伴い、同社としては初めて、ガスジェネレータサイクルと再生冷却方式を導入する。高速回転するターボポンプも必要になり、技術的な難易度は一気に上がっている。



COSMOS の概要。ガスジェネレータで生じた燃焼ガスで、ターボポンプのタービンを回す方式だ (C)IST
 今回の燃焼試験シリーズは、まだターボポンプは組み合わせず、燃焼器単体で行うもの。燃料と酸化剤は、高圧のガスを使って燃焼器に送り出している。また、エンジンの推力は 60kN(6 トン)と、サブスケールモデルを使った試験となる。



燃焼試験は、射場にある設備で行われた。エンジンは左側に見える
 これがエンジン。インジェクタが見えるアングルでの撮影は NG だった



エンジンを別アングルから。燃焼時間は 10 秒で、再生冷却も行う
 地面の損傷を防ぐため、燃焼時にはここから水が噴き出す仕組みだ
 最大の注目点は、初めてバイオメタンを使用したことである。ロケットの燃料として本当に使えるのか、性能を確認することが目的で、11 月末から 2024 年 1 月末まで、燃焼試験を繰り返す予定だ。今回の燃焼試験は、シリーズの 4 回目。複数回実施するのは、燃料と酸化剤の割合(O/F 比)を変え、性能マップを取得するためだ。



同社の稲川貴大社長は、指令所から燃焼試験の様子を見守った

エンジンの性能としては、比推力、冷却温度、推力、燃焼圧力などに注目しているそうだが、これまでのところ、燃料として十分な性能を有していることが確認されているという。特に問題が無ければ、今後、ターボポンプと組み合わせた燃焼試験や、実機サイズに大型化した燃焼試験を行っていくことになる。

ZERO 用エンジン「COSMOS」燃焼器単体試験の動画(リモートカメラで撮影)

牛の糞尿からどうやって燃料を作る？

今回の燃焼試験で燃料となったバイオメタンは、実際に、大樹町内で採取されたものが使われたという。まさに、ロケット燃料の地産地消だ。では、このバイオメタンはどうやって作られるのか。次はロケットエンジンで使われるまでの流れを紹介したい。今回、訪れたのは大樹町内の酪農家である水下ファーム。全部で約 900 頭の乳牛を飼育しており、その半数の 450 頭がいる牛舎から出る糞尿が、バイオメタンの生成に使われているという。床の糞尿は、大きなスクレッパーを動かして自動的に収集。ちなみに搾乳作業も、今は全てロボットで自動化されているそうだ。



この可愛い牛さんの糞尿がロケットエンジンの燃料に！

スクレッパーが 1 日 8 回動作。牛はこれを跨いで避けるとか

奥のオレンジ色の断熱材が見えるところが発酵槽

牛舎で集められた糞尿は、隣の建屋にある発酵槽に送られ、60～70℃に加温。すると、メタン 6 割、二酸化炭素 4 割のバイオガスが発生する。分離膜である程度二酸化炭素を除去し、残ったガスをローリーに詰め、帯広市内にあるエア・ウォーターのプラントに輸送。そこで、液化バイオメタン(LBM)として製品化される。



発生したバイオガスは、ここからローリーに搭載される

帯広市内にあるエア・ウォーターの LBM 製造プラント

これがバイオガスのローリー。ここでプラント内に移す

このプラントは、2022年10月より稼働を開始。まだ実証段階ではあるが、LBM 製造プラントの稼働は国内初だという。大樹町から到着したバイオガスは、分離膜で二酸化炭素や水分を除去。さらに約-160℃で液化すると同時に、沸点の違いを利用し、メタンの純度を高めている(液化したメタンは下に溜まるが、窒素などは気体として残る)。



中央の高いタワーでLBMが精製される。その右は冷却用の液体窒素だ
そして再びローリーへ。法令上LNGと書かれているがLBMが入っている

このプラントでは、LBMを1日1トン製造する能力があるという。稼働率は30~40%程度で、まだまだ余裕がある状況だ。ちなみに乳牛1頭からは、年間約30トンの糞尿が出て、そこから約320kgのLBMが製造できるとのこと。酪農家にとって、糞尿の処理は大きな課題だったという。従来は主に堆肥に使っていたが、規模の拡大には限界があった。しかしLBMであれば、工場での燃料や、一般家庭の都市ガスなどに使える。主成分がメタンで同じため、既存の液化天然ガス(LNG)の設備でそのまま使え、普及しやすいのが大きなメリットと言える。そして、メタンは次世代のロケット燃料として、世界で注目されている。SpaceXの「Starship」で使われているほか、先日、中国企業が世界で初めて軌道投入に成功したことは、大きな話題となった。ISTの稲川貴大社長も、「コスパの良いロケットを作るのに最適」と、メリットを指摘する。

従来、ロケット燃料としては、液体水素やケロシンが主流だった。しかし、液体水素は高い性能の反面、扱いが難しく、設備や部品も含め、全てが高コストになる。ケロシンは扱いやすいが、性能はそこそこで、化石燃料という、環境面での問題も抱える。液化メタンは、水素ほどではないものの性能が高く、コストも安い。

HIGH CUSTOMER SATISFACTION

「液化メタン」による高い顧客満足度

「液化メタン」「液体酸素」を推進剤とするエンジンシステム

燃料である液化メタンと酸化剤の液体酸素を燃焼室に送り込みインジェクタで霧状にして燃焼させます。東京大学との共同研究およびJAXAとの共創活動で独自に性能向上を実現した「ピントル型インジェクタ」を採用。少ない部品点数による低コスト化、高い燃焼効率によるロケットの小型化・軽量化を実現します。



ピントル型インジェクタ

ロケット燃料における液化メタンの有用性

コスト：◎ 300 円 /kg	
水素：3,000円	固体燃料：2,000円 ケロシン：1,000円
環境性：海洋 ◎ 大気 ○	
ケロシン：海洋 ×	固体燃料：大気 × 水素：大気△
再利用性：良好 ◎	
ケロシン：スス発生	固体燃料：再利用不可
推進性能：高い ○	
水素ほどではないが十分に高い	
宇宙での貯蔵性：良好 ◎	
ケロシン：温度管理必要	固体燃料：探検あり

液化メタンのメリット。エンジンの再利用にも適している (C)IST

そして、同社は液化メタンとして、LNGではなく、LBMを使うことを決めた。これは、世界のロケット企業の

中でも、非常にユニークだ。気になるのはコスト面だが、稲川社長は、「デメリットは何もない」と言い切る。たしかに、LBM は価格だけを単純に比較すれば、LNG よりかなり割高だ。しかし、LNG は 9 割ほどがメタンで、そのほかエタンやプロパンも含まれ、産地や時期によってもその組成は変わる。安定した品質のロケット燃料として使うためには、メタンの濃度を高める処理が必要で、その分の追加コストがかかってしまう。

一方、LBM はもともとメタンの純度が高い。エア・ウォーターによれば、メタンの濃度は「99%以上」とのこと。そのまま燃料として使用可能だ。さらに地産地消が可能なため、輸送コスト面でも有利。稲川社長は、「コストを考えても、牛由来の方がメリットがある」と見る。何より LNG には、化石由来であるという、大きな問題がある。一方 LBM は生物由来のため、カーボンニュートラル。燃料として使うことで二酸化炭素を排出するものの、メタンは二酸化炭素の 25 倍という高い温室効果を持つ。本来、大気中に放出されていたメタンを回収して活用することは、環境にも優しいのだ。

どこで作ってどこから打ち上げる？

大樹町では、宇宙港「北海道スペースポート」(HOSPO)の整備も進められている。MOMO はこの中の「Launch Complex-0」(LC-0)で打ち上げられてきたが、大型化する ZERO では、新たに隣接して整備される「Launch Complex-1」(LC-1)を射点として利用する計画だ。完成は 2024 年度を予定している。

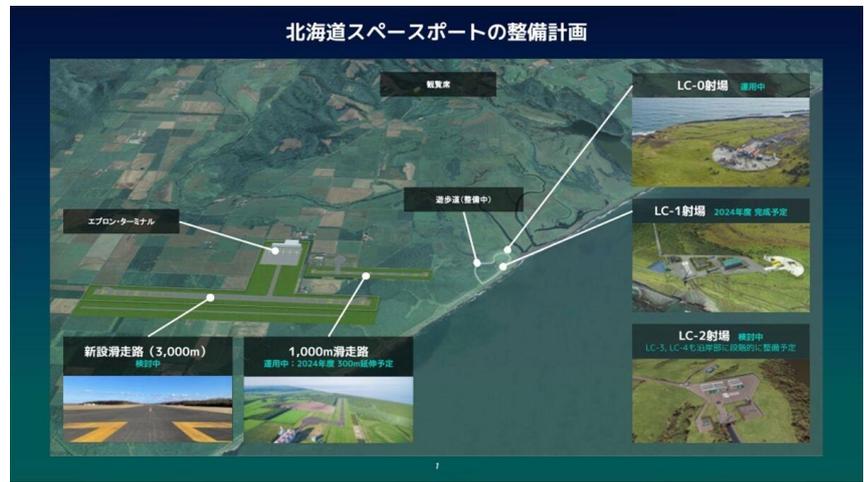


MOMO の打ち上げで使われている「Launch Complex-0」

射点はこのあたりに作られる予定。海側への脇道を煙道に活用するとか

今回、LC-1 の建設予定地を取材できたのだが、工事はこれから本格化するという状況で、射点の場所も未舗装の道路のまま。それだけだとイメージしにくいかと思い、筆者は今回、VR ゴーグル「Quest 3」用のアプリを自作し、AR(拡張現実)で ZERO を打ち上げてみた。ZERO が想像以上に大きいことを実感できたのは面白かった。LC-1 は共用の設備で、年間 5 回程度の打ち上げに対応することが可能だ。IST は、その最初の利用者となる。さらに、打ち上げ需要の増加に対応するため、「Launch Complex-2」(LC-2)も計画中。LC-2 は複数の射点を持ち、より高頻度な打ち上げが可能になる予定だという。

北海道スペースポートには、すでに 1,000m 滑走路があるのだが、この延伸も進められていた。西側に 250m、東側に 50m 拡張し、全長が 1,300m になる計画で、SPACE WALKER がスペースプレーンの試験に使用する予定だ。さらに将来的には、隣接して 3,000m 滑走路も整備する計画があり、用地はすでに確保済みとのこと。



この先の舗装の色が違う部分が拡張した滑走路 北海道スペースポートの将来イメージ
 また、ISTはZEROの開発や製造に対応するために、大樹町内に新工場を建設した。今回、この工場の様子も見ることができたので、写真で紹介したい。



左が新本社、右が新工場。この工場では、組み立てや溶接を行う
 ちなみに新本社の入口には、MOMOのフェアリングが生えていた
 工場内はかなり広い。内部は2つの区画に仕切られていた



これはZEROのフェアリング。外圧試験で使った後だという
 以前の燃焼試験で使われたもの。内部は銅製で、再生冷却の溝が見える
 こんな大きな装置もあった。これはタンク溶接治具の一部ということだ



工場内には、製造済みのMOMO8号機/9号機が保管されていた
 未塗装なので、フェアリングがGFRP製であることがよく分かる

敷地の裏手には、構造試験棟があった。青いシートは雨避けだ



内側が見えないが、第2段タンクの耐圧試験準備が行われていた

ちなみに、ZEROの各部はこの工場で製造されるが、最終的な組み立ては射場にて行われる。ロケットが射点に立つ姿を早く見たいところだ。

ZEROはなぜ途中で大型化したのか？

ところで、ZEROの現在の仕様は前述のように全長32m、直径2.3m、重量71トンなのだが、発表された当時は、全長25m、直径1.7m、重量33トンと、一回り小さかった。今回の燃焼試験はサブスケールだったが、実際には、もともと実機サイズだったのに、機体の大型化によってサブスケールになったというのが実情に近い。

なぜ途中で仕様が大幅に変わったのか。これには、政府のSBIR(Small Business Innovation Research)が大きく関係している。SBIRは、スタートアップの研究開発を支援し、イノベーション創出を促進することを狙った制度だ。その宇宙分野では、「民間ロケットの開発・実証」というテーマで公募があり、2027年度までに、実機製造や飛行実証を行うことをゴールとしている。同社はそれに応募し、この9月に採択が決まった。SBIRでは、3段階のステージを設定。最初のステージでは、ISTを含む4社が採択されたが、2024年10月に審査があり、ここで3社に絞られる。そして次は2026年4月にも審査が行われ、ここで最後のステージに進む2社が決められる。補助金の最大交付額は、ステージが進むにつれ、20億円→50億円→100億円と規模が大きくなる。



SBIRは3ステージ制。先に進むには他社との競争に勝つ必要がある (C)IST

稲川社長は、このSBIRについて、「政府ニーズが見えてきたことが大きい」と指摘する。SBIRの公募要領には、政府衛星の打ち上げについて、「基幹ロケットを優先的に使用していくが、衛星サイズの小さなもの等につ

いては民間ロケットの活用も期待される」という記載があった。

ZEROの打ち上げ能力は、もともと最大150kgだった。しかし、各省庁と情報交換を行う中で、もう少し大きいサイズでニーズがありそうだということが分かってきたという。そういったマーケット側のニーズを踏まえ、設計変更を行い、機体を大型化。地球低軌道(LEO)に最大800kg、太陽同期軌道(SSO)に最大250kgへと、能力を強化した。「SSOで250kgあれば、小型衛星のニーズは大体カバーできるだろう」と、稲川社長は述べる。そして、政府のニーズが確実にあって、それを獲得できるとなれば、投資も集まりやすくなる。SBIRに採択され、最後のステージまで残るということは、そういった意味でも重要なのだ。



ZEROは2段式で、SSOに250kgの打ち上げ能力を持つ (C)IST

ステージの審査を突破するためには、スケジュール通りに開発を進めることが必要になってくるが、その上で、最も気になるのはターボポンプだ。ターボポンプは超高速で回転する部品があり、共振の問題が起きやすく、基幹ロケットである「H3」でも、打ち上げ延期の原因となった。それだけ開発が難しい装置なのだ。

ZERO用のターボポンプは、室蘭工業大学、荏原製作所と共同開発。現在、サブスケールモデルを使い、窒素ガスでタービンを回す冷走試験が行われており、IHIエアロスペースの相生試験場にて、最初のシリーズが完了したところだ。良い性能だったとのことで、今後、ガスジェネレータで生成した高温ガスで行う熱走試験に進むことになる。



ターボポンプの試験が、IHIエアロスペースの設備で行われた (C)IST

ロケットの開発は難しい。同社は MOMO で、初めて打ち上げに成功するまで、2 回の失敗があった。初成功で喜んだあとも、2 機連続で失敗を経験し、苦しみを味わった。運用がようやく安定してきたのは、機体を大幅にバージョンアップしたその次の号機からで、初号機の打ち上げからは、4 年もの時間が過ぎていた。

今ところ ZERO の開発は順調に見えるが、稲川社長は「課題はこれから絶対に出てくる」と気を引き締める。「それを乗り越えられる体制の方が重要」と指摘した上で、「優秀なメンバーを揃え、試験設備を用意し、高頻度に試験できる体制は整えた。課題が出てきても、あとは突破するだけ」と、自信を見せた。



IST の稲川社長。燃焼試験後には安堵の表情を見せた

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231221-2845888/>

地下に広がる巨大空間 - 人類の根源に迫る実験施設「ハイパーカミオカンデ」

掲載日 2023/12/21 06:45 著者：鳥嶋真也

目次 [1 岐阜県飛騨市・神岡鉱山の地下 600m に開いた、世界最大規模の人工地下空洞](#)

[ハイパーカミオカンデとは？ 建設中のハイパーカミオカンデの中へ](#)

[2 ハイパーカミオカンデが挑む“人類にとって根源的な問い”とは](#) [ハイパーカミオカンデが挑む謎](#)

美しくも陰しい山々に囲まれた岐阜県飛騨市神岡町。この地に、16 万光年彼方の超新星 1987A から、謎だらけの素粒子「ニュートリノ」が降り注いだのは 1987 年 2 月のことだった。その様子は、山中に造られた実験装置「カミオカンデ」で捉えられ、「ニュートリノ天文学」の幕開けとなり、その成果は 2002 年のノーベル物理学賞に選ばれた。さらに 2015 年には、より発展した「スーパーカミオカンデ」により、ニュートリノに質量があることが突き止められ、2015 年のノーベル物理学賞に選ばれている。

そしていま、ニュートリノにまつわるさらなる謎と、そして素粒子物理学が直面している最大の謎に挑むため、新たな実験装置「ハイパーカミオカンデ」の建設が進んでいる。



ハイパーカミオカンデの本体空洞のドーム部

ハイパーカミオカンデ検出器のイメージ図 (C) Kamioka Observatory, ICRR, The Univ. of Tokyo

ハイパーカミオカンデとは？

ハイパーカミオカンデは、東京大学(東大)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)を中心に、国際共同で進められている計画で、ニュートリノの観測や陽子崩壊の発見などを通して、素粒子の統一理論や宇宙の進化史の解明を目指す、壮大な実験施設である。ニュートリノとは、物質を構成する最小の要素「素粒子」のひとつで、宇宙が誕生したときや、星が最期を迎えて超新星爆発を起こすときなど、さまざまな場所や現象から発生する。この宇宙はニュートリノで満ちており、1 立法 cm あたり約 300 個も存在し、たとえば太陽で生まれたニュートリノは、私たちの体を 1 秒間に数百兆個も通り抜けている。ただ、その姿は見え、またきわめて軽くて小さいため、私

たちがその存在を感知することはできない。そんな未知のニュートリノを検出し、そして詳しく調べるために、1983年に造られた「カミオカンデ」が大活躍した。超新星爆発からのニュートリノを世界で初めて観測したほか、太陽ニュートリノの観測も行い、ニュートリノ天文学という新しい研究分野を切り拓いた。その成果により、2002年には小柴昌俊氏がノーベル物理学賞を受賞した。1996年には、後継施設の「スーパーカミオカンデ」が造られ、ニュートリノが質量をもつことを示す「ニュートリノ振動」を発見し、2015年に梶田隆章氏がノーベル物理学賞を受賞している。ハイパーカミオカンデはこれらに続く3世代目となる実験装置で、スーパーカミオカンデを大きく超える実験装置によって、「宇宙初期を司る究極の自然法則はどのようなものか」、そして「人はどこから来てどこに行くのか」といった、人類にとって根源的な問いに挑戦することを目指している。

ハイパーカミオカンデは、岐阜県飛騨市神岡町の山中、地下約600mに造られる。カミオカンデ、スーパーカミオカンデも近い場所に造られているが、これは宇宙線の影響を避けるため、宇宙線は山に遮られる一方、ニュートリノはすりと通り抜けてくるため、観測に適している。

ハイパーカミオカンデの本体となるのが、直径68m、高さ71mの巨大な水槽である。その中には、不純物などを極力取り除いた超純水がなみなみと蓄えられる。その総質量は26万t、そのうち有効質量(実際に観測に用いる中心部分の質量)は19万tにもなる。ちなみに、スーパーカミオカンデの水槽は直径39m、高さ41m、超純水の総質量5万t、有効質量は2万2500tで、有効質量での比較では、ハイパーカミオカンデは約10倍も大きい。水槽内壁には、従来の2倍の感度を持つ高性能光センサーを約4万本備え、ニュートリノと水が反応した際に生じる微弱な光を高い精度で計測することができる。ハイパーカミオカンデの建設は2020年2月から始まった。なお、初代のカミオカンデとスーパーカミオカンデでは、水槽のある本体空洞は新たに掘られたものの、トンネルの一部や移動用のトロッキは神岡鉱山で使われていたものを流用していた。一方ハイパーカミオカンデでは、本体空洞はもちろん、すべてのトンネルも一から掘られている。まず、地上との出入り口となるアクセストンネルが掘られ、続いて実験装置につながるアプローチトンネルが掘られた。そして2022年11月から、水槽を設置するための空洞の掘削が始まった。この空洞は水槽を入れるため一回りほど大きく、直径69m、高さ73mの円筒部と、高さ21mのドーム部からなり、地下の人工空洞としては世界最大規模となるという。そして2023年10月3日、空洞のうち上部のドーム部の掘削が完了し、これを受けて同29日、報道関係者に公開された。工事はこのあと、空洞の円筒部分を掘削するため、ドーム部から下方向へ掘り進められる。完了は2024年の予定で、続いて水槽の設置、光センサーなどの機器の取り付けを経て、2027年から運転開始の予定となっている。

建設中のハイパーカミオカンデの中へ



ハイパーカミオカンデへの入り口。一見するとただのトンネルのようにも見えるが、その奥には「宇宙初期を司る究極の自然法則はどのようなものか」、そして「人はどこから来てどこに行くのか」といった、人類にとって根源的な問いに挑戦する施設がある

トンネルをバスに揺られて数分、空洞の入り口に到着する。地上から内部、また内部の各部屋同士は、このようなトンネルで結ばれている (撮影:渡部韻)

ハイパーカミオカンデのドーム部。最大直径69m、高さ21mの巨大な空間である。その荘厳さはまるで、RPGでラスボスが鎮座している間のようなものである



トラックとの対比で、内部の大きさがおわかりいただけるだろうか (撮影:渡部韻)

壁面には星図のような文様がびっしりと書き込まれている。これはひびの形や確認できた日付などを表している。記録したうえで、ひびが広がらないかどうか確認を続け、必要となれば補修をするという。水槽は、この壁に沿ってステンレスの板を張り巡らせることで形作られる (撮影:渡部韻)

壁面に設置される高性能光センサーのイメージ。これはスーパーカミオカンデを模したもので、近くにある「ひだ宇宙科学館『カミオカラボ』」で展示されている



水槽に入れる超純水、つまり極力純粋な H₂O に近い水を作るための「純水室」。水は神岡鉱山を流れる豊富な地下水を利用するが、観測に使うためには不純物などを徹底的に取り除く必要があり、そのためのさまざまな浄化装置やポンプがここに置かれる。なお、右隣には将来的にもうひとつ純水室を造れるような空間が用意されている (撮影:渡部韻)

陽子崩壊のイメージ図 (C) Kamioka Observatory, ICRR, The Univ. of Tokyo

[次へ：ハイパーカミオカンデが挑む…](#)

ハイパーカミオカンデが挑む謎

CP 対称性の破れの測定

この宇宙が誕生したときには、物質と反物質(ある粒子に対して、質量や寿命などの性質が同じで、電荷のプラス・マイナスのみが反対の粒子(反粒子)で構成されている物質)が同じ数だけ生成されたはずであると考えられている。しかし、物質と反物質が出会うと消滅するにもかかわらず、現在の宇宙には反物質はほとんど存在せず、“通常”の物質が多く存在しているというパラドックスが起きており、自然界の成り立ちを知る上で未解明の大きな謎のひとつとなっている。これが起こるには、物質と反物質の性質になんらかの違いがある必要があり、これを「CP 対称性の破れ」と呼ぶ。ニュートリノについても CP 対称性の破れが存在する可能性が指摘されており、研究が続けられている。ハイパーカミオカンデでは、茨城県東海村にある加速器「J-PARC」と協力し、ニュートリノ振動を観測し、ニュートリノと反ニュートリノについて、ある現象の起きる確率に差があるかどうか、つまりニュートリノにおいて CP 対称性が破れているかどうかを検証することを目指している。

ニュートリノ質量の順番の決定

ニュートリノ振動の発見により、ニュートリノには質量があることがわかったが、その質量はニュートリノ 1、2、3 の 3 つに分類されている。ただ、その質量の値や、どれがどれだけ重いのかといった順番はわかっていない。ニュートリノ 3 がいちばん重い場合は「正常階層」と呼び、逆にいちばん軽い場合は「逆階層」と呼ぶ。この 2 つのうち、どちらが正しいのかが大きな謎となっている。私たちの世界には 4 つの力(強い力、弱い力、電

磁気力、重力)が存在するが、宇宙誕生時の高温状態ではその4つの力は統一されていたと考えられている。こういった力の「統一」を説明する理論では、ニュートリノの質量階層は正常階層だと予想される。一方、宇宙と素粒子の起源を説明し、逆階層を予想する理論もある。つまり、ニュートリノの質量階層構造を決定することができれば、宇宙初期の様子を理解することができると期待されている。また、質量階層構造の決定は、ニュートリノの性質の解明、とくにニュートリノと反ニュートリノの性質の違いの有無の解明においても、ひとつの不定性がなくなることから、実験精度の向上に大きく役立つ。また、この宇宙に存在する鉄よりも重い物質は、すべて重い星が寿命を終えたときに起こした超新星爆発によって作られたと考えられているが、その生成過程においても、ニュートリノの質量階層構造が大きな影響を与えていると考えられている。

ニュートリノ天文学(宇宙ニュートリノの観測)

大質量の星が爆発する超新星爆発は、地球や人間の原材料になる重い元素を宇宙空間に放出する役割があることが知られているが、星が自身の巨大な重力に逆らって爆発できる仕組みはいまだにわかっていない。

そこでハイパーカミオカンデでは、超新星爆発の内部から飛来する大量のニュートリノを観測することで、時々刻々で変化する天体内部の様子を調べる。また、重力波望遠鏡「KAGRA」による重力波観測とも連携することで、爆発の仕組みまで解明できると期待されている。さらに、宇宙全体の超新星爆発からのニュートリノを測定することで、星やブラックホール誕生の歴史の解明にも挑む。

陽子崩壊探索

ニュートリノの観測で大きな成果を挙げた初代のカミオカンデだが、じつはもともとはニュートリノの観測を目的としていたわけではなく、「陽子崩壊」という現象を捉えることを目指していた。

原子の中心にある原子核は、中性子と陽子という素粒子で構成されている。この陽子が安定かどうか、すなわち寿命があるのかどうかは、現在の素粒子物理学が直面する最大の謎となっている。

現在、多くの科学者が、物質に働く4種類の力のうち、「電磁気力」、「弱い力」、「強い力」の3つの力を統一的に説明するため「大統一理論」という理論を研究している。この理論は未完成だが、ほとんどの大統一理論では、陽子はいつか壊れる——「陽子崩壊」が起こると予想されている。この陽子崩壊が確認できれば、大統一理論の正しさを検証する鍵となる。しかし、予測される陽子の寿命は、10の30乗年以上という途方もないものであり、宇宙の年齢である138億年すらも大きく超えるため、ひとつの陽子が壊れるまで観測し続けることは不可能である。ただ、粒子の寿命というのは、最初にあった個数から壊れて1/2.72に減った時間を意味する。そのため、巨大な検出器の中に、たくさんの陽子を用意して観測することで、たとえ観測時間が短くとも、陽子の寿命を計ることができる。現在スーパーカミオカンデでは、検出器内の純水中に含まれる 7.5×10^{33} 個の陽子を12年以上観測し続けているが、まだ陽子崩壊は観測されていない。そのため、陽子の寿命は少なくとも10の34乗年以上と見積もられている。ハイパーカミオカンデは前述のように、スーパーカミオカンデの約10倍の体積をもつ。そのため、現在までのスーパーカミオカンデの結果をたった2年で追い越すことができ、さらに10年間の観測では10の35乗年まで見るができる。

もし陽子崩壊が観測できれば、大統一理論の証拠となり、素粒子物理学のパラダイムシフトとなる。そして、「宇宙の物質は永遠ではない」という、宇宙の運命に対する問いの答えにもなる。

参考文献 ・ [ハイパーカミオカンデ概要 | ハイパーカミオカンデ](#)

・ [研究内容 | ハイパーカミオカンデ](#)

・ [ニュートリノ振動 | スーパーカミオカンデ 公式ホームページ](#)

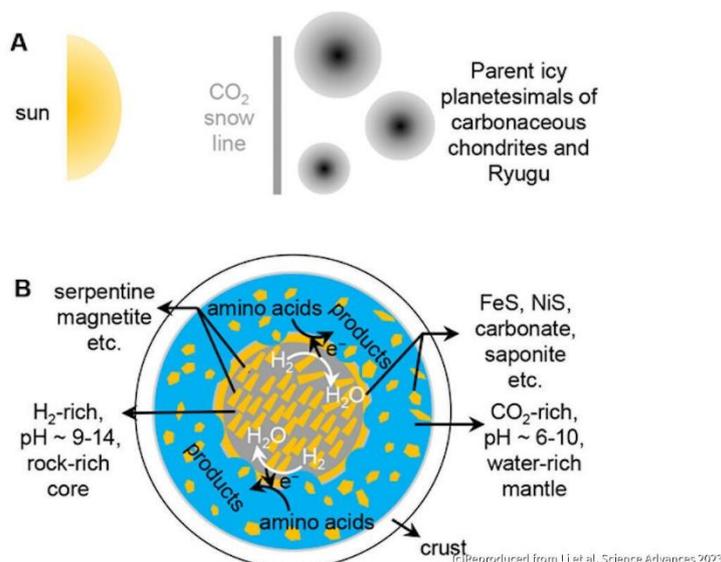
鳥嶋真也とりしましんや

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231219-2844666/>

東工大、タンパク質構成アミノ酸が宇宙において偏在する理由の一端を解明

掲載日 2023/12/19 17:55 著者：波留久泉

東京工業大学(東工大)は 12 月 18 日、生命の誕生に必要なタンパク質を構成するアミノ酸が、限られた「炭素質コンドライト」(以下、CC)の隕石グループにおいてのみ豊富に存在する理由の解明につながる、電気化学的条件に応じてタンパク質構成アミノ酸を分解する新たな水質化学反応を発見したことを発表した。



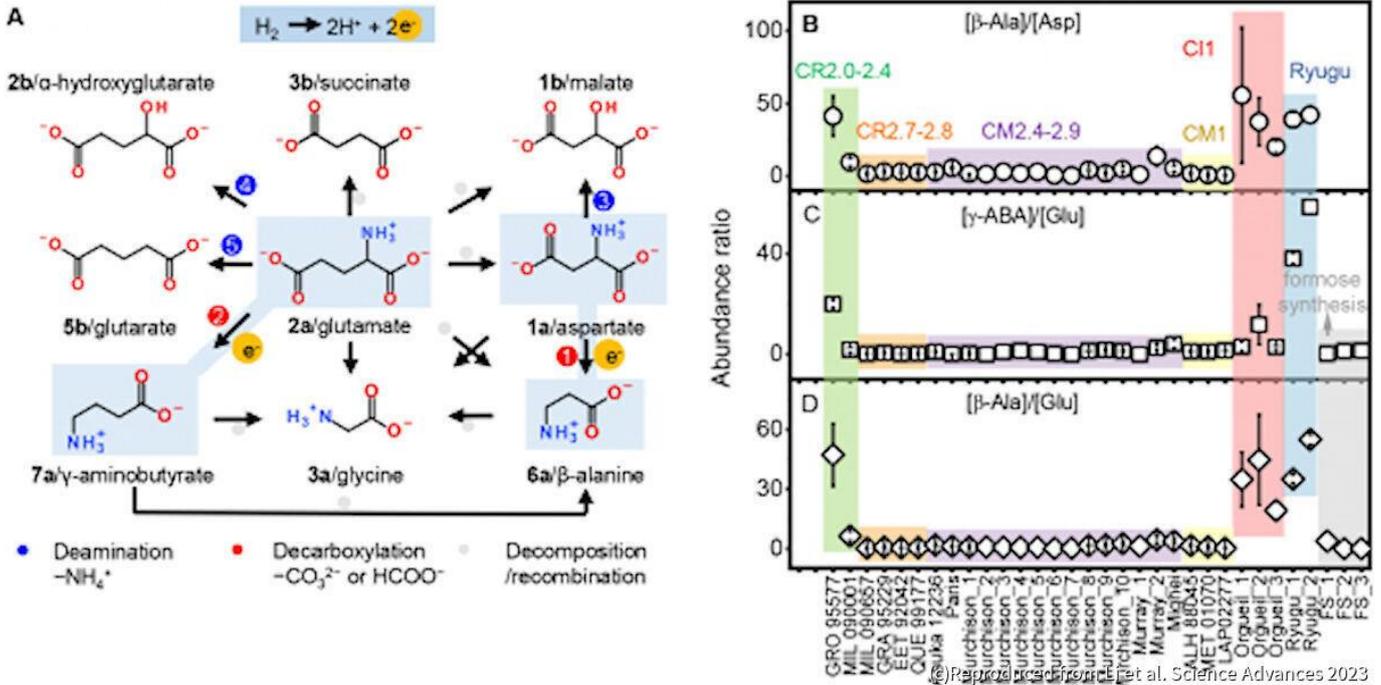
CC および小惑星リュウグウの母天体における宇宙電気化学的アミノ酸分解モデルの模式図。(c)Reproduced from Li et al. Science Advances 2023(出所:東工大 ELSI Web サイト)

同成果は、東工大 地球生命研究所(ELSI)の Yamei Li 特任准教授、同・黒川宏之特任准教授(現・東京大学准教授)、同・関根康人教授を中心とした共同研究チームによるもの。詳細は、[米国科学振興協会が刊行する「Science」系のオープンアクセスジャーナル「Science Advances」に掲載された。](#)

CC 隕石は、太陽系の最初の数百万年の歴史を記録している“タイムカプセル”だといわれ、CC 隕石や小惑星リュウグウの試料には、生命の誕生に必要なタンパク質を構成するアミノ酸が普遍的に存在している。さらに、そのほかのアミノ酸や核酸塩基、糖に関連した化合物、カルボン酸など、多くの生命の構成要素が発見済みだ。CC は有機物に富み、(鉱物中の OH 基の形で)水も豊富に含む。このことから CC は、生命誕生のための 2 つの重要な前提条件である「水と有機物」を初期地球にもたらした重要な供給源であると考えられている。しかし、アミノ酸は限られた CC グループにおいてのみ豊富に存在することについて、その理由は謎のままだった。

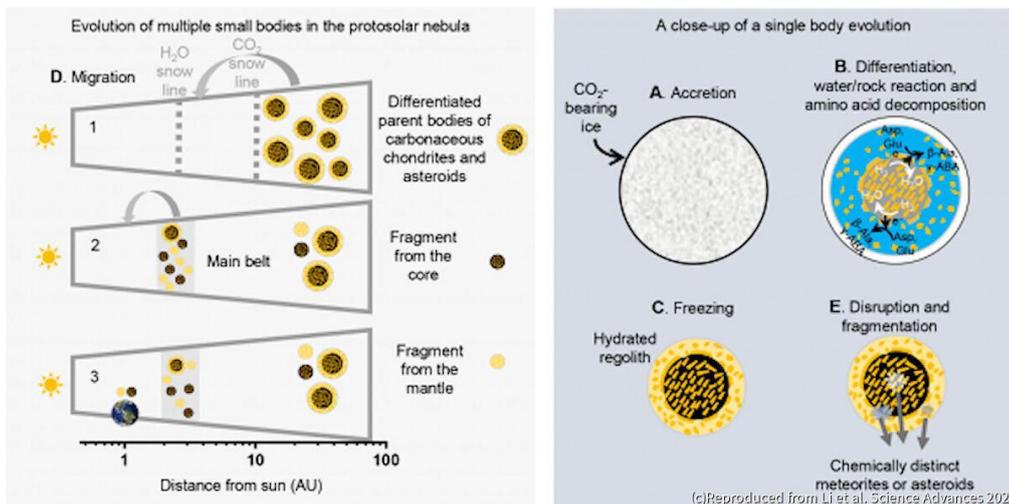
なお、CC に含まれる有機物はすべてが生命に関連しているかという、そうではない。タンパク質構成アミノ酸はすべて α -アミノ酸だが、CC のアミノ酸の中には、 γ -アミノ酪酸や β -アラニンのように、アミノ基が α 位以外の炭素に結合しているものもあっており、これらタンパク質構成アミノ酸以外のアミノ酸は、CC において頻りに同定されているにも関わらず、現在の生命には利用されておらず、生命の誕生にも寄与していないとされる。研究チームによると、最近さまざまな CC 試料のアミノ酸分布に顕著な不均一性があることが明らかになりつつある。特に、強い水質変成を経験した CC の「岩石学的タイプ 1」は、タンパク質構成アミノ酸の含有量が少なく、 γ -アミノ酪酸と β -アラニンが主要なアミノ酸だ。このことは、強い水質変成を経験しているリュウグウ試料においても観測されていて、水質変成によって引き起こされた化学過程が観測されるアミノ酸分布を作り出したことを示唆しているという。しかしこれまでのところ、これらの分析結果を説明する水質化学過程は解明されていなかったため、研究チームは今回、電気化学的条件に応じてタンパク質構成アミノ酸を分解する反応経路の解明を試みたとする。そして今回の研究により、タンパク質構成アミノ酸を分解する反応経路の解明に成功したとのこと。そこで研究チームは、水に富んだマントルで生じるアミノ酸の還元分解反応と岩石コアで生じる水素酸化反応を電気化学的に結合させる経路を提案したとする。そして提案された反応をシミュレートした結果、硫化鉄と硫化ニッケルを触媒として、グルタミン酸とアスパラギン酸という 2 種類のタンパク質構成アミノ酸が、非タンパク質構成アミノ酸(それぞれ γ -アミノ酪酸と β -アラニン)へと分解されることが突き止められた。なおこの結果は、強い水質変成を経験した CC とリュウグウ試料には非タンパク質構成アミノ酸が著しく豊

富に存在するのに対し、水質変成をあまり経験していない CC にはタンパク質構成アミノ酸がより多く含まれているという分析結果をよく説明するものとしている。



(A)2 種類のタンパク質構成アミノ酸(アスパラギン酸とグルタミン酸)が、電気化学的にそれぞれ非タンパク質構成アミノ酸(β-アラニンと γ-アミノ酪酸)に分解される。(B~D)このような分解反応によって、CR2.0-2.4、C11、リュウグウ試料を含む、強い水質変成を経験した CC において、これら 2 種類の非タンパク質構成アミノ酸が相対的に濃縮していることが説明できるとした。(c)Reproduced from Li et al. Science Advances 2023(出所:東工大 ELSI Web サイト)

さらに研究チームは、異なる CC グループ(CM、CI、CR)間の化学的不均一性を説明するための新しい進化モデルも提案。母天体である氷微惑星が水・岩石分化していたと仮定すると、コアとマンツルの水・岩石比が大きく異なるため、天体内部に大きな化学・酸化還元勾配が存在したことが考えられるという。アミノ酸はコアではよく保存される一方、マンツルでは分解される。このような天体が太陽系の内側領域に移動すると合わせて、天体の衝突と破壊が起こり、まったく異なるアミノ酸分布を持つ小惑星が誕生したことが考えられるとのことだ。そしてこのような岩石コアと水に富んだマンツルの分化は、CM、CI、CR グループとリュウグウの間で観測されたアミノ酸の不均一性を少なくとも部分的に説明できるとする。



リュウグウのような小惑星と CI、CM、CR などの CC の形成と進化のシナリオ。(c)Reproduced from Li et al. Science Advances 2023(出所:東工大 ELSI Web サイト)

さらに、反応経路は触媒となる鉱物と酸化還元条件に大きく依存する。研究チームはこの研究について、宇宙化学進化の歴史を解明するために鉱物と有機物の組み合わせを利用する根拠を提供するものであり、米国航空宇宙局(NASA)の「OSIRIS-REx」ミッションによるサンプルリターンが実現した小惑星ベンヌを含む、ほかの水・岩石相互作用環境における化学進化の理解に応用できる可能性があるとしている。

<https://uchubiz.com/article/new35305/>

地下に海があるかもしれない 17 の系外惑星を発見-生命の痕跡に期待

2023.12.21 07:00 [塚本直樹](#)

[米航空宇宙局 \(NASA\)](#) の新たな分析により、氷の下に地下海を持つ可能性がある太陽系外惑星が 17 個発見されたと、[The Astrophysical Journal](#) に報告されている。

生命の存在には水が必要だと考えられており、天文学者は液体の海がある惑星や氷の下に海がある惑星を探してきた。今回発見された 17 の惑星も、木星の氷衛星のように、生命の科学的な痕跡を探すのに有望な場所である可能性がある。研究によれば、発見された惑星の正確な組成はまだ不明だが、表面温度は地球よりもかなり低い。大きさは地球とほぼ同じだが、密度はより小さくなっている。

NASA ゴダード宇宙飛行センター (Goddard Space Flight Center : GSFC) の Lynnae Quick 氏は「これらの 17 の惑星は放射性元素の崩壊と主星からの潮汐力により、内部に海を維持するのに十分な内部加熱を得ている可能性がある」と語っている。今回の研究は木星の 2 つの氷衛星、[エウロパ](#)とエンケラドスの間欠泉活動からの知見を利用している。研究で名前が挙げられた太陽系外惑星のうちの 2 つ、「Proxima Centauri b」「LHS 1140 b」は、比較的地表近くに海がある可能性が特に高い候補だという。



(出典 : ESO/M. KORNMESSER)

関連リンク [The Astrophysical Journal](#)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35213042.html>

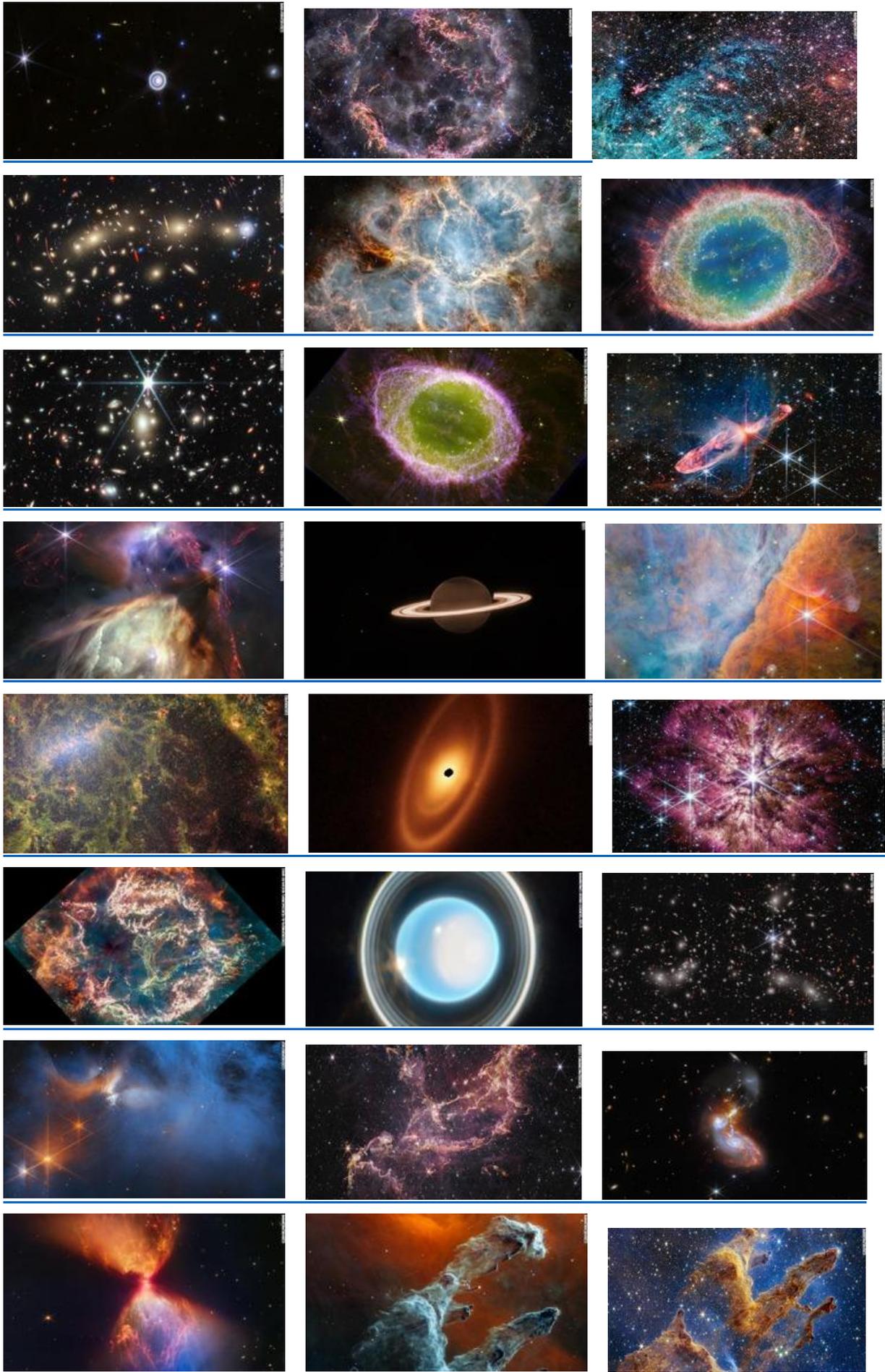
ウェブ望遠鏡が捉えた天王星の新画像、輪や衛星くっきり

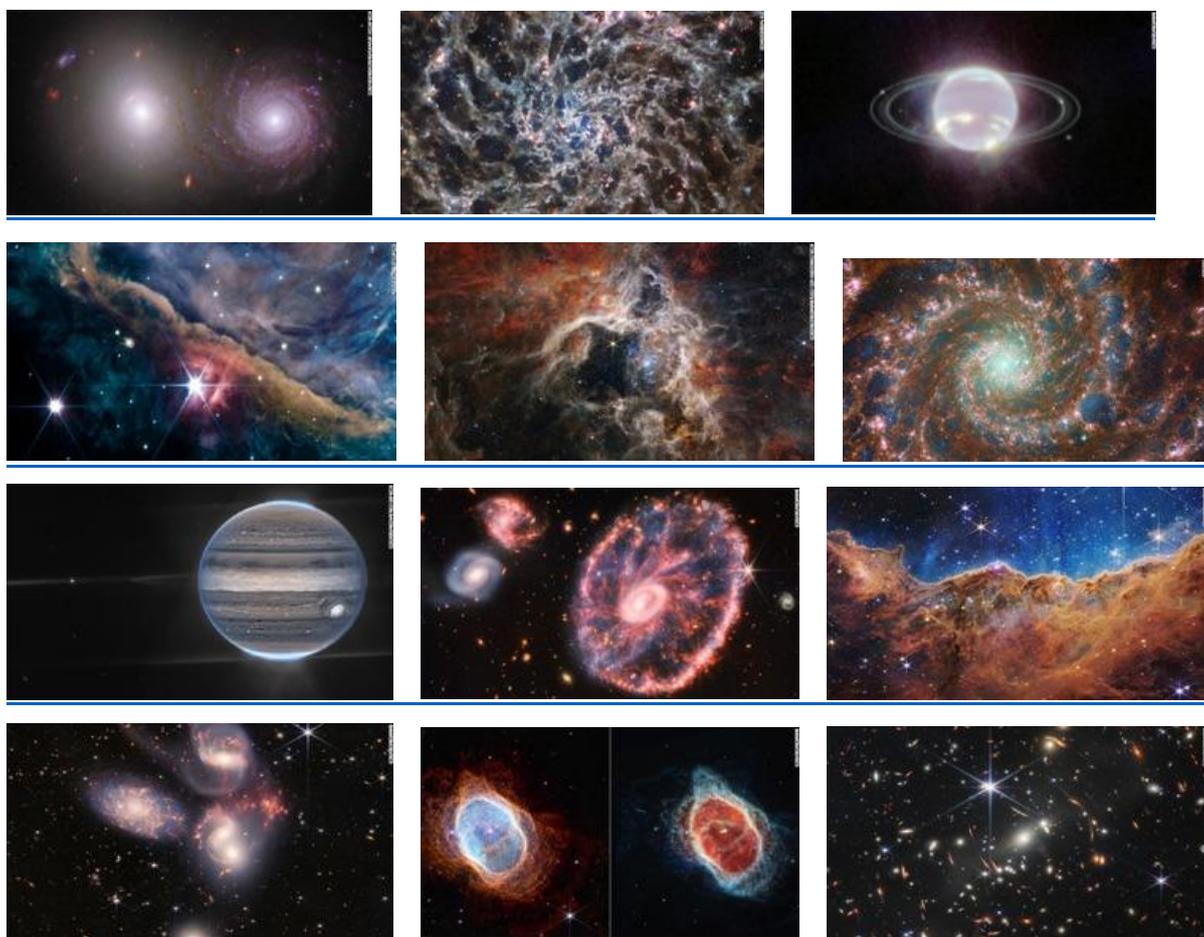
2023.12.21 Thu posted at 14:45 JST



写真特集：ジェームズ・ウェッブ望遠鏡が捉えた宇宙

光り輝く天王星の画像。多数の輪や衛星も見える/NASA/ESA/CSA/ STScI





(CNN) 米航空宇宙局(NASA)のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が捉えた天王星の新たな画像が公開された。通常は見えにくい天王星の輪、衛星、気象、大気といった特徴がくっきり写っている。

ウェッブ望遠鏡は遠方の天体を子細に捉えた驚異的な画像で知られるが、太陽系についても新たな知見を明らかにすることが可能だ。人類が初めて天王星を鮮明に観測したのは1986年、ボイジャー2号によるフライバイ(接近通過)の時のこと。太陽系を可視光で捉えたボイジャー2号のカメラでは、天王星は鮮やかな青い世界のように見えた。しかし、肉眼では見えない赤外線を扱うウェッブ望遠鏡は、他の望遠鏡の画像では欠けていることが多い側面もすべて捉えており、天王星のダイナミックな性質が明らかになった。2022年に発表された報告書によると、天文学者は天王星に特化した探査ミッションの派遣を優先課題に位置付けている。そのためには、ミッション立案者は探査機を派遣する前に天王星について可能な限り情報を得ておく必要がある。ウェッブ望遠鏡による詳細な画像もその一例だ。NASAによって18日に公開された画像には、4月に公開された以前の画像に比べさらに詳しい情報が含まれている。今回の画像では、通常はうっすらとしか見えない天王星の輪が明るく輝いている。天王星に最も近い位置にある暗くぼんやりした輪は「ゼータリング」だ。このほか、天王星で確認されている27個の衛星のうち9個も青い点として視認でき、輪の内側に存在する小型衛星も写っている。天王星の衛星はシェイクスピアなどの作品の登場人物から命名されており、その中にはロザリンドやパック、ベリンダ、デズデモナー、クレシダ、ビアンカ、ポーシャ、ペルディーータといった名前が含まれる。

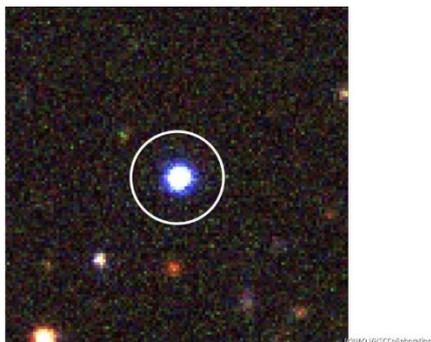
<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231218-2843826/>

信大など、クェーサーになりつつある天体「ブルドッグ」を宇宙初期で発見

掲載日 2023/12/18 15:08 更新日 2023/12/19 10:50 著者: [波留久泉](#)

信州大学(信大)、早稲田大学(早大)、愛媛大学(愛媛大)、国立天文台(NAOJ)の4者は12月15日、すばる望遠鏡の大規模サーベイ「HSC-SSP」から、塵に覆われた銀河「DOG(Dust-obscured galaxy、ドッグ)」を大量に発見

し、そのうちの 8 天体は、まさに DOG を覆う大量の塵を吹き飛ばしてキューサーになりつつある天体であることを解明するとともに、「BluDOG(Blue-excess DOG、ブルドッグ)」と命名したことを共同で発表した。



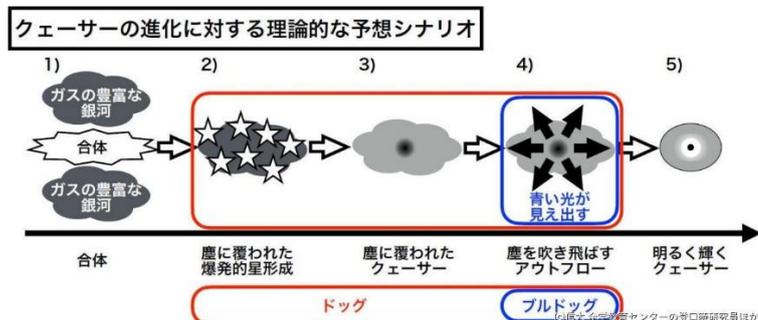
HSC で撮影されたブルドッグ。3 種類のフィルター(g, r, i)で撮影された画像をそれぞれ青、緑、赤の擬似カラーで表された合成画像。ブルドッグで青い光の超過があることがわかる。(c)NAOJ/HSCCollaboration(出所:信大 Web サイト)

同成果は、信大 全学教育センターの登口暁研究員、早大 理工学術院の井上昭雄教授、愛媛大 宇宙進化研究センターの長尾透教授、NAOJ ハワイ観測所の鳥羽儀樹特任助教(NAOJ フェロー)、信大 全学教育センターの三澤透教授らの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](#)。銀河中心の超大質量ブラックホール(SMBH)が非常に活動的で、中でも銀河の中心核の明るさが、その銀河全体の星の明るさの総量をも上回るほどまぶしい天体は「キューサー」と呼ばれている。同天体がどのように誕生したのかは未解明だが、仮説の 1 つに「ガスを多く持つ銀河同士の合体が引き金となる」というものがある。このシナリオでは、大きく分けて以下の 5 段階があると考えられている。

ガスを多く含む銀河の合体がキューサーを産むという仮説の 5 段階

- ガスを多く持つ銀河同士が合体
- 塵に覆われた爆発的星形成が発生
- 塵に覆われたキューサーが誕生
- 塵を吹き飛ばすアウトフロー(外向きの物質の流れ)が発生
- 明るく輝くキューサーが姿を現す

これらは理論的な予想であるため、観測による検証が必要となる。しかし、塵に覆われている段階は可視光では極めて暗いため、キューサーの前段階に相当する 2 段階目～4 段階目の発見は困難だった。



キューサーの進化に対する理論的な予想シナリオ。(c)信大 全学教育センターの登口暁研究員ほか(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

そうした中、近年になって前段階の天体を効率よく探すため、“可視光で暗く中間赤外線で見える天体”を探すという手法が提案された。実際、ある程度の面積(数十平方度)を可視光で長時間撮像することで、2 段階目と 3 段階目に相当するドッグはすでに発見されていた。しかし探査面積が十分でないため、4 段階目にあたるアウトフロースタグの天体は未発見であり、この問題解決にはさらに広い面積を観測できる装置が必要だったとする。

そこですばる望遠鏡では、超広視野主焦点カメラ「Hyper Suprime-Cam」(HSC)を用いて、合計 1400 平方度(全

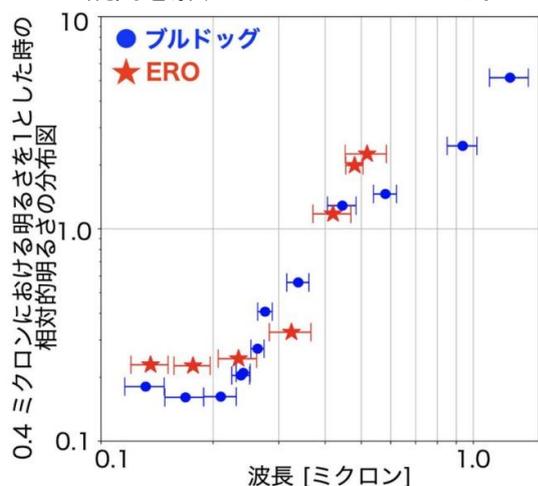
天の30分の1の面積)以上を観測するプログラムのHSC-SSPを2014年からスタート。2016年には、観測済みの面積のうち100平方度以上の部分が今回の研究に使用できる状態となったという。

今回の研究ではまず、HSC-SSPによる可視光データと、米国航空宇宙局(NASA)のWISE衛星の中間赤外線データを用いて、可視光で暗く中間赤外線で明るい天体が探索された。その結果、100億~110億光年前の遠方宇宙でドッグが571天体発見され、これによりアウトフロー段階の天体の探査を行えるようになったとのことだ。

その探査の実施にあたって、研究チームは進化後のクェーサーの特徴の1つである可視光線で青い天体に着目したという。これまでドッグについては、塵に深く覆われていることから、大半が単に赤い天体だと信じられてきた。しかし仮にクェーサーに進化している途中ならば青く光り始めている可能性があるかと推測し、青い光の超過を持つドッグを探したといい、結果として、青く光る8天体が突き止められ、それらはブルドッグと命名された。そして今回、ブルドッグの青い光がクェーサー由来であることを確かめるため、分光観測が行われることになった。クェーサー由来ならクェーサーによく似たスペクトルが観測されるはずだが、星形成銀河でも大質量星が青い光を放つため、ブルドッグの青い光を説明できる可能性が残っていたとする。

そこで次に、すばる望遠鏡の「FOCAS」やヨーロッパ南天天文台の巨大望遠鏡VLTの「FORS2」などの視光分光装置によるブルドッグの観測が行われた。その結果、クェーサーによく似たスペクトルだったという。またスペクトル成分の解析から、中心付近に外向きにガスが流出していると考えられる結果も得られたとし、この特徴はまさに、ガスや塵を吹き飛ばしながらクェーサーへと進化している段階にあると考えられるとした。

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)により、120億~130億年前の初期の宇宙で、「ERO(Extremely red object:極めて赤い天体)」と呼ばれる種族が発見されている。それらはSMBHの特徴を示し、クェーサーの誕生と深い関係がある新しい天体種族ではないかと考えられた。そうした中で研究チームでは、そのスペクトルがブルドッグとよく似ていることを発見し、詳しく比較したとのこと。その結果、EROはクェーサー直前のアウトフロー段階にあるブルドッグと同様の天体であると結論付けられた。つまりEROは、“宇宙の夜明けの時代”のブルドッグだったのである。一方、EROとブルドッグでは、SMBHの質量も光度もブルドッグの方が大きいなど、異なる点も見つかった。またブルドッグはドッグの中でも希な天体だが、EROはそのほとんどが青い光の超過が示された。このことからアウトフローの起こりやすさや規模が違う可能性も考えられたが、詳細は現時点では不明だという。論文筆頭著者の登口研究員は、今後サンプルの統計数を増やしたり、詳細な分光観測を行うことで、これらの疑問を解決していくとしている。



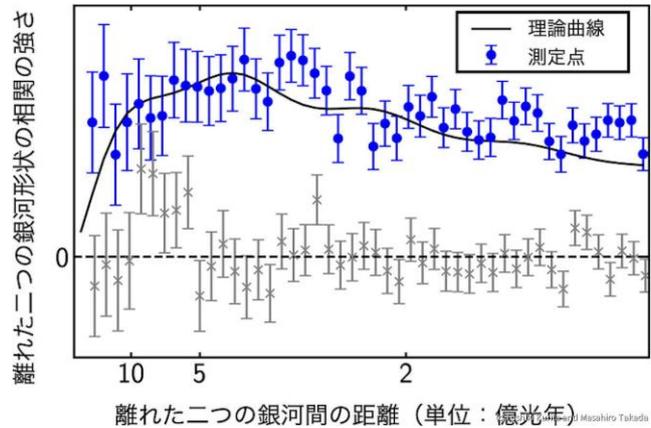
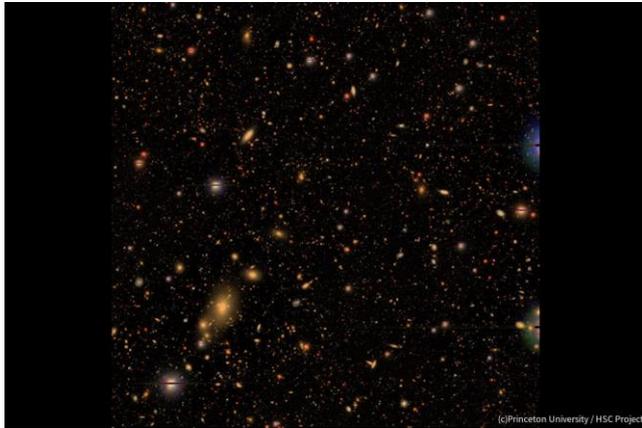
ブルドッグとEROの平均スペクトル分布図。0.4μmの明るさが1になるようにしている(出所:信大Webサイト) 2023年12月19日10時50分訂正:「HSCで撮影されたブルドッグ」として掲載していた画像ですが記事初出時、誤ったものを掲載していたことを確認したため、当該画像を正しいものに差し替えさせていただきました。ご迷惑をお掛けした読者の皆様、ならびに関係各位に深くお詫び申し上げます。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231223-2847695/>

Kavli IPMU が 1 億光年離れた銀河同士に相関を確認 - 原始揺らぎの影響か？

掲載日 2023/12/23 07:03 著者：波留久泉

東京大学(東大) 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)は 12 月 21 日、現時点での世界最大規模の銀河サーベイである「スローン・デジタル・スカイ・サーベイ」(SDSS)から得られた約 100 万個の銀河の空間分布(分光データ)および個々の銀河形状(撮像データ)を同時に解析することで、宇宙全体の構造形成の種となった「原始ゆらぎ」に関する重要な統計的性質を制限することに成功したことを発表した。



宇宙の大規模構造の観測例。このような銀河の空間分布や形状の向きが、完全に(一様かつ等方な)ランダム分布ではなく、インフレーションを含む標準宇宙理論から予言される統計的な相関を示すことが明らかにされてきている。(c)Princeton University / HSC Project(出所:Kavli IPMU Web サイト)

離れた 2 つの銀河の相関図。青色の点は、実際のデータから測定された「銀河形状パワースペクトル」値。縦軸は離れた 2 つの銀河形状の相関の強さ、つまり形の向きの揃い具合に対応。横軸は離れた 2 つの銀河間の距離で、左に行けば行くほど距離がより離れた銀河同士の相関を表す。灰色の点は、非物理的な見かけの相関(観測や測定、解析などが不完全である場合に生じる可能性があるもの)。この値が期待通り誤差内でゼロであることは、青色の測定点が確かに宇宙物理由来のシグナルであることを確認づけているという。黒色の曲線は、最も標準的なインフレーションモデルによる理論曲線で、実際のデータ点とよく合致することがわかる。つまり、宇宙初期の原始ゆらぎがガウス分布に非常に近い分布に従っていた場合と整合するとした。(c)Toshiki Kurita and Masahiro Takada(出所:Kavli IPMU Web サイト)

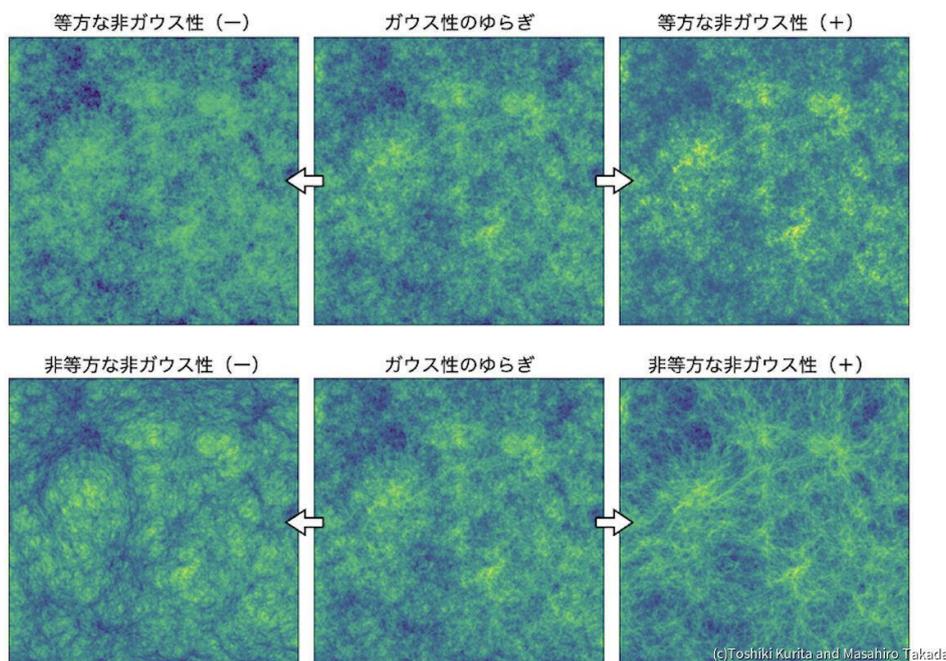
同成果は、Kavli IPMU の栗田智貴大学院生/特任研究員(現・マックス・プランク天体物理学研究所 博士研究員)、同・高田昌広教授らの研究チームによるもの。詳細は、[米国物理学会が刊行する素粒子物理学や場の理論・重力などを扱う学術誌「Physical Review D」に掲載された。](#)

現在、宇宙マイクロ波背景放射や宇宙の大規模構造の精密観測・解析によって、宇宙の主要なエネルギー成分として「冷たいダークマター」(CDM)とダークエネルギー(Λ)の 2 つを持つ「 Λ CDM モデル」が、標準宇宙理論として確立されている。同モデルにおける構造形成シナリオでは、初期宇宙の急加速膨張(インフレーション)期に、「原始ゆらぎ」と呼ばれる星や銀河、銀河団などの宇宙のあらゆる構造の種が生成されたと考えられている。

原始ゆらぎの性質は、初期宇宙の物理の詳細によって決定される。たとえば、最も標準的なインフレーションモデルである「単一場インフレーション」によって生成される原始ゆらぎは、正規分布(ガウス分布)に非常に近い統計性を持つことが予言されている。つまり、原始ゆらぎの「ガウス分布からのずれ」(原始非ガウス性)の探索は、現在の標準宇宙理論に対する重要なテストになるのである。そして、もし実際の宇宙の観測データから有意な水準で原始非ガウス性が検出されれば、初期宇宙における原始ゆらぎの生成プロセスについての理解が飛躍的に進展するとして期待されている。原始ゆらぎは生成直後は非常に小さいが、重力不安定によって増幅され、非一様性を成長させていく。より小さな領域のゆらぎが重力で成長し、ダークマターが密集した塊(ハロー)の領域を作り、ハローが何度も衝突・合体を繰り返すことで、ハローの中で星・銀河などの天体が形成されてきたとき

れ、宇宙中でそのような銀河形成が起きることで、最終的に現在観測されているような宇宙の大規模構造が作られたとする。一方、上述したような構造形成過程では、銀河は周囲の重力場との相互作用の上で形成されていくため、それぞれの銀河の持つ特徴にも重力を介した統計的な相関が現れる。特に、個々の銀河の形状(形や向き)が周囲の潮汐力場と相関を持つ(揃う)ことから、宇宙広域に分布する銀河の形状パターンにも、背後にある原始ゆらぎの性質が反映されることが明らかになってきたという。

従来の大規模構造の解析では、銀河の「点」としての空間分布のみが着目されてきた。しかし、同時にそれらの「形状」という新しい観測量に着目することは、単に付加情報を与えるだけでなく、従来では探査できなかった初期宇宙の物理への独立な指標にもなることから、近年注目され始めているとのことだ。



宇宙の原始ゆらぎの統計性を視覚化した例。中央列(上段・下段共通)は、基準となるガウス分布のゆらぎ。色のグラデーション(青色～黄色)は、その場所でのゆらぎの値(低～高密度領域)に対応。左右の列は、ガウス分布から少しずれたゆらぎ、すなわち「非ガウス性」を持つゆらぎが示されている。括弧の中の符号は、ガウス性からのずれの符号を表し、左列が負(-)のずれ、右列が正(+)のずれに対応。(c)Toshiki Kurita and Masahiro Takada(出所:Kavli IPMU Web サイト)

そこで研究チームは今回、銀河の空間分布(分光データ)および個々の銀河形状(撮像データ)を組み合わせることで、銀河の形状パターンに含まれる主要な統計的情報を抽出する「銀河形状パワースペクトル」を測定する手法を開発。そして、同手法を SDSS による約 100 万個の銀河に適用することで、銀河形状パワースペクトルの測定を実施したとする。そして測定の結果、1 億光年以上離れた 2 つの銀河の形状に相関が確認され、これらの銀河の向きが統計的に有意に揃っていることが検出された。このことは、形成過程が見かけ上独立であり、因果関係がないように見える遠い銀河同士の間にも相関が存在することを示すといいい、これはインフレーション理論が予言する相関を示すものであり、銀河の形状を通してその予測が確認されたことを意味するとした。

さらに、この相関について詳細な調査を行った結果、最も標準的なインフレーションが予言する相関と矛盾しない、つまり原始ゆらぎの非ガウス性を示さないことが確認できたとする。今回の研究により、銀河形状で測定可能な原始非ガウス性について、初めて観測的な検証が実現したのである。

今回の手法と研究成果は、銀河の空間的な分布だけでなく、銀河の形状を用いた新しい測定手法、またそれを用いて宇宙理論やインフレーションの予言を検証する手法を与える。研究チームは、Kavli IPMU が主導するすばる望遠鏡の超広視野多天体分光器(PFS)をはじめとした将来の大規模かつ高精度の宇宙観測データを用いて、今回の研究で開発された手法により、インフレーションの物理に迫れると期待されるとしている。