https://www.cnn.co.jp/usa/35174573.html

国際宇宙ステーション、一時制御不能に　ロシア実験棟が想定外のエンジン噴射

2021.07.30 Fri posted at 10:30 JST

国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）に近づくナウカモジュール/NASA/AP

ワシントンＤＣ（ＣＮＮ） 米航空宇宙局（ＮＡＳＡ）は２９日、国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）にドッキングしたロシアの新しい実験棟「ナウカ」が想定外のエンジン噴射を行ってＩＳＳとの間で「綱引き」状態となり、一時的にＩＳＳの姿勢が制御できなくなったと発表した。ナウカはロシア国営宇宙企業ロスコスモスが先週打ち上げた実験棟。米国時間の２９日午前、ＩＳＳにドッキングした後に誤ってエンジンを噴射した。

この影響で１時間ほどＩＳＳの姿勢が制御できなくなり、ＩＳＳに滞在している宇宙飛行士７人と地上の管制塔との通信が１１分間にわたって途絶。ＮＡＳＡは「宇宙船非常事態」を宣言した。現在はＮＡＳＡとロスコスモスが共同で捜査を行っている。ＮＡＳＡのＩＳＳ計画責任者ジョエル・モンタルバーノ氏は、宇宙飛行士が危険にさらされる事態にはならなかったと強調し、ＩＳＳのダメージも確認されていないとした。しかしテキサス州ヒューストンにあるＮＡＳＡ管制塔がＩＳＳの乗員に対し、窓の外を見て残骸やＩＳＳの損壊がないか確かめるよう促す場面もあった。この影響で、３０日に予定していた無人飛行実験機「ボーイング・スターライナー」の打ち上げは延期になった。ＩＳＳ乗員はこの間に、「新たに到着したロスコスモスのナウカモジュールの点検を続け、スターライナーの到着準備ができていることを確認する」とＮＡＳＡは説明している。

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0731/ym_210731_6200446225.html

ＩＳＳトラブル、露プログラムの障害が原因…実験棟接続後に予定外の噴射

7 月 31 日（土）23 時 16 分　読売新聞

国際宇宙ステーションにドッキングするロシアの実験棟「ナウカ」（７月２９日、ロスコスモス提供、ロイター）　写真を拡大

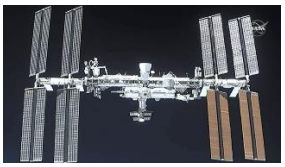
【モスクワ＝田村雄、ワシントン＝船越翔】ロシアの宇宙機関ロスコスモスは７月３０日、国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）にロシアの実験棟「ナウカ」がドッキングした際に起きたトラブルの原因は、ナウカを遠隔操作するプログラムの障害だったと発表した。　米航空宇宙局（ＮＡＳＡ）によると、ナウカはＩＳＳへの接続に成功した後、予定外のエンジン噴射をしたため、ＩＳＳは約１時間にわたって正常な姿勢を保てなくなった。地上との通信も計１１分間途絶えた。　ナウカはロシア初の本格的な実験棟で、計画より約１４年遅れて打ち上げられた。ロシア通信によると、ナウカの開発者は、少なくとも２０２７年までは使用可能だと説明している。

ロシアは２５年以降、老朽化が進むＩＳＳから撤退する姿勢を示しているが、ナウカの接続成功でこれを改める可能性がある。

https://nordot.app/794317595491221504?c=110564226228225532

新宇宙ステーション必要　ロシア、ISS 老朽化で

2021/8/1 06:36 (JST)8/1 07:21 (JST)updated　©一般社団法人共同通信社



米宇宙船クルードラゴン 2 号機から見た国際宇宙ステーション（NASA テレビから）

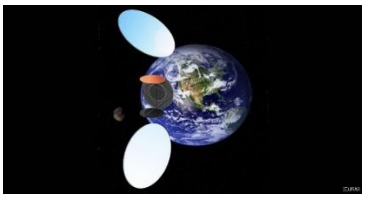
【モスクワ共同】ロシア国営宇宙開発企業ロスコスモスの諮問機関は 7 月 31 日、老朽化が進む国際宇宙ステーション（ISS）のロシア側の区画の状況を検討した結果、継続使用は「追加リスクが生じる」と指摘し、これに代わる新たなステーションをつくる必要があるとの提案をまとめた。ロスコスモスが同日、声明を発表した。

新設のステーションは、月探査や火星への飛行、宇宙科学技術の改革を実現させるとして意義を強調。ただ、ロシア独自のものになるか、ISS の一部となるのかは決まっていない。ISS のロシア区画の使用は 2028 年までに終了する。

https://news.mynavi.jp/article/kinmirai-technology-kenbunroku-21/

日本が進める新エネルギーシステム、宇宙太陽光発電システムのいま

2021/07/29 12:26　著者：齊田興哉



目次　宇宙太陽光発電システム(SSPS)とは？　宇宙太陽光発電システム SSPS はどこまで進んでるの？

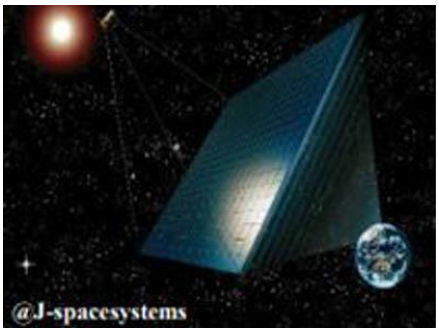
宇宙太陽光発電システムをご存知だろうか。SSPS(Space Solar Power System)という。昔からこの構想は提唱されてきたが、まだ実現はされていない。技術面、予算面といった困難な課題はあるが、日本では国として取り組みを開始している。日本の宇宙事業の計画である宇宙基本計画工程表にも SSPS がしっかりと明記されている。また、第 5 次エネルギー基本計画にも記載があるのだ。

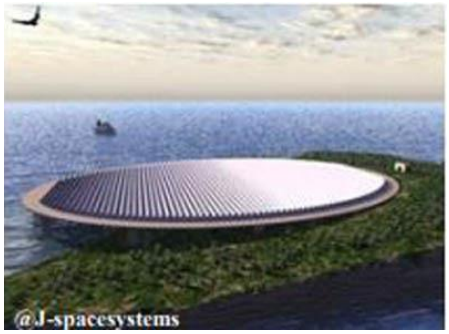
SSPS は、経済産業省、文部科学省、宇宙航空研究開発機構(JAXA)を中心に検討が進められている。また、京都大学の篠原真毅教授など世界を代表する研究者も尽力している。課題が多いと申し上げたが、実現までにはまだ時間がかかり、莫大な予算がかかる計画であることは間違いない。しかし、将来の新エネルギーとして夢の実現に向けて日本は尽力しているのだ。そんな SSPS について紹介したいと思う。

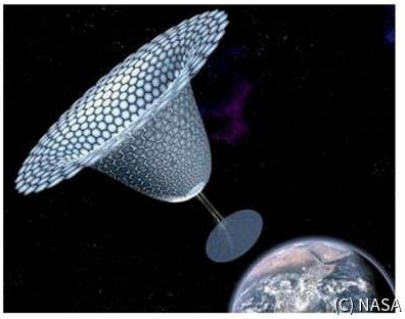
宇宙太陽光発電システム(SSPS)とは？

SSPS とは、宇宙空間に太陽電池を設置し、マイクロ波を用いて無線で地上に電力を送り利用する発電所構想のこと。太陽電池を宇宙空間に打ち上げ、高度 3 万 6000km の静止軌道へと投入する。太陽光からのエネルギーを受けて発電した太陽電池のエネルギーをマイクロ波に変換。送電アンテナで、マイクロ波をビーム形成、方向制御し、地球へと伝送するのだ。地球では受電アンテナ(レクテナ)でマイクロ波を受電し、直流を交流へと変換し、商用電力網へと伝送するという構想だ。では、SSPS とはどれくらいの規模になるのだろうか。SSPS のコンセプトや発電電力の規模などにも依存するが、例えば宇宙空間の太陽電池で 100 万 kW 級の原子力発電所と同等の発電施設と仮定しよう。すると宇宙空間には約 2km 四方の太陽電池パネルを展開しなければならない。そして地球上では、宇宙から伝送されるマイクロ波を受電する必要があり、この受電アンテナは直径 4km という規模のものになるという。そして受電施設からは、パイロット信号を宇宙空間の太陽電池側に向けて送信しており、

太陽電池側がこのパイロット信号を追尾に使用したり、この信号を受信していない場合はマイクロ波を地球指向方向へは伝送しないなどの安全設計もなされているという。

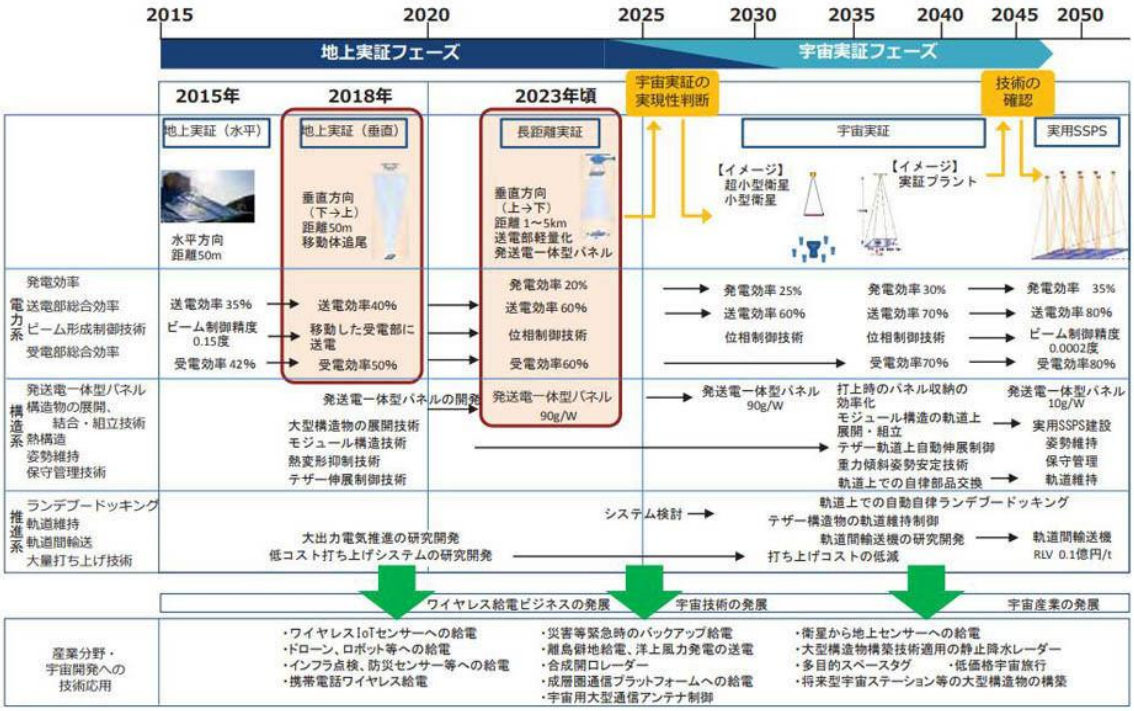






宇宙太陽光発電システム(SSPS)。左が太陽電池、送電アンテナを含めた宇宙上でのシステム。右が受電アンテナを含めた地上のシステム(出典:経済産業省、宇宙システム開発利用推進機構(JSS))
SPS-ALPHA コンセプト(出典:NASA)

8．研究開発ロードマップ



宇宙太陽光発電システム SSPS の研究開発ロードマップ(出典:経産省、内閣府)

では、SSPS のメリットはなんだろうか。

化石燃料を使わないためゼロカーボンであることや将来にわたり枯渇しないエネルギー源であること、天候や昼夜を問わず発電できるため安定的な電力を得ることができることが挙げられる。

そして課題としては、技術的課題、コスト面の課題が多く挙げられるだろう。

それに加えて、マイクロ波の人の健康、大気、電離層、航空機、電子機器などへの影響、スペースデブリ、太陽フレアによる損傷や破壊への対処、運用終了後の安全な廃棄、再利用といった課題もある。

そして、静止軌道帯の軌道の確保や国際的な周波数調整といった課題もある。また、これだけの大型構造物を輸送する輸送技術、大型構造物の小型・軽量化技術、宇宙空間での建設技術、そしてこれらのコスト面だ。

これまでに SSPS は、さまざまな構想が提案されてきた。詳細は、別の機会にするが、例えば、下図の SPS-ALPHA。綺麗で幻想的なグラスに見えるが、見ているだけで想像力が膨らむ興味深いものが多い。

宇宙太陽光発電システム SSPS はどこまで進んでるの？

現在、日本では経済産業省が宇宙システム開発利用推進機構(JSS)を受託企業として事業が進行している。2020 年までの成果としては、大型宇宙構造物の構築技術に関する軌道上実証システムの基本設計を完了。そして、2021 年以降は、実用化に向け、発送電一体型パネルの開発やマイクロ波無線送受電技術に関わる送電部の高効率化などを行い、将来の長距離大電力無線送受電技術への進展を図るとともに、これらの技術の他産業へのスピンオフを目指しているという。また、SSPS の研究開発ロードマップも公表されている。2030 年代は宇宙実証フェーズ、2045 年以降を実用化フェーズと位置付けているようだ。いかがだっただろうか。SSPS について紹介した。概要にとどめ、わかりやすく記載したつもりだ。このような夢の計画が日本で進行していている。2050 年あたりには、新エネルギーである SSPS が実用化されていることを期待したい。

齊田興哉さいだともや

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0801/mai_210801_0980579422.html

ドングリや酵母…被災地の特産物が地球帰還　東北復興宇宙ミッション

8 月 1 日（日）10 時 30 分　毎日新聞

国際宇宙ステーションから帰還したドングリをポットに埋めるタブ・イリナ駐日ケニア大使（左）＝ワンアース提供　写真を拡大

宇宙を通じた復興支援をする茨城県の一般財団法人「ワンアース」（長谷川洋一代表理事）の企画「東北復興宇宙ミッション 2021」の一環で打ち上げられた福島や宮城、岩手の特産物が地球に帰還した。7 月 10 日まで 37 日間、宇宙を旅した福島のドングリや日本酒酵母、ヒマワリの種はゆかりのある人たちに手渡され「宇宙のロマン」をかきたてている。【西川拓、三浦研吾、高橋隆輔】

ドングリの実

ドングリの実はノーベル平和賞受賞者でケニアの元副環境相、故ワンガリ・マータイさんが福島市で植えたものだ。長谷川代表理事らが 7 月 30 日、東京都目黒区のケニア大使館を訪れ、タブ・イリナ大使にこの実を披露し、市内の 2 小学校がマータイさんの「MOTTAINAI（もったいない）運動」を継承していると紹介した。

マータイさんは 2006 年 2 月 14 日に福島市で講演し、地元の市立飯坂小の児童と一緒にドングリの実を植えた。同小と市立月輪小の児童が成長した苗を市内の公園に植樹。両校は今年、2 月 14 日を「もったいないの日」と定め、環境保護活動に取り組んでいる。　長谷川さんによると、イリナ大使は「マータイさんは『子どもは未来』と言っていた。両国の子どもの交流を進めたい」と話した。

日本酒酵母

日本酒の酵母「うつくしま夢酵母」が宇宙から戻り、県ハイテクプラザ会津若松技術支援センターに届けられた。同センターは酵母を培養し、発酵能力があるかを検査した上で、酵母がほしいという酒蔵に配る。

現在、県内の 25 蔵が配布を希望しており、早ければ 11 月中旬にも宇宙を旅した酵母で作られた「東北復興宇宙酒」が飲める。センターの鈴木賢二副所長（59）は「宇宙が身近に感じられ面白い。ロマンを感じる酒になってほしい」と話している。

ヒマワリの種

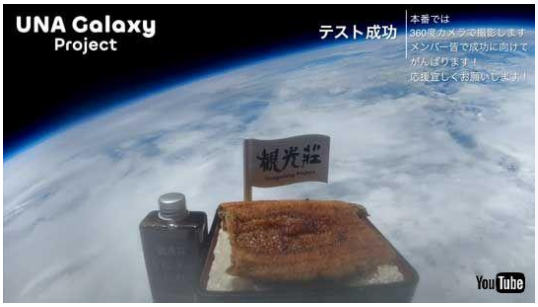
大熊町に帰還したのはヒマワリの種。東京電力福島第 1 原発事故での避難先・喜多方市で栽培したものから毎年つなぎ続けた種だけに、関係者の喜びもひとしおだ。避難指示が解除されている同町大川原地区にさっそくまかれ、9 月末には大輪の花を咲かせる。　種を引き渡した長谷川代表理事は「宇宙から見えるような黄色いひまわり畑になって」と期待。栽培を続けている町ひまわりプロジェクトの根本友子代表は「一年も途切れずつないできた種が、宇宙まで行ったと思うと感慨深い」と感激していた。

https://nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/2107/30/news170.html

うな重、宇宙へ　老舗うなぎ屋と高校生による「うなぎを宇宙に飛ばすプロジェクト」が始動

NASA も注目するプロジェクトです。　[宮原れい，ねとらぼ]

うなぎを宇宙へ打ち上げるプロジェクトが CAMPFIRE にて支援を募集しています。目標金額は 300 万円。すでにテストフライト映像も公開され、上空約 34 キロまで上昇する「うな重（とタレ）」を見ることができます。



うな重宇宙へ　　CAMPFIRE の支援ページ

1954 年創業の老舗うなぎ屋「やなのうなぎ観光荘」（長野県）が、長野県松本工業高校の学生たちと、本気で宇宙を目指すプロジェクト。具体的には、うな重とうなぎのタレ、そして高校生が開発した 360 度カメラ搭載の気球を打ち上げ、宇宙空間でうなぎの観測・動画撮影を行います。

「宇宙を見てみたいという高校生の夢」×「宇宙日本食を目指す観光荘の夢」で生まれた企画です

学校での研究の様子

企画のきっかけは、以前より「うなぎの蒲焼の宇宙日本食認定」を目指して活動しているやなのうなぎ観光荘が、「宇宙を見てみたい」夢を持つ高校生たちと偶然巡り合ったことから。2021 年から会議を繰り返し行い、今回のプランが決定しました。　ちなみにプロジェクトを通して、日本人サラリーマンで初めて宇宙旅行に申し込んで当選した稲波紀明さんや、宇宙飛行士の山崎直子さんとの出会いも。さらに NASA アジア代表のガービー・マッキントッシュ氏からも「NASA もうなぎを打ち上げる本プロジェクトに注目しています。応援しています」と応援メッセージが寄せられています。

プロジェクトでは宇宙に携わる方々との出会いも　　リターン例

　支援は 1000 円から可能で、リターンは「VR で楽しめる宇宙空間の撮影動画」「観光荘の自慢のうなぎ」「宇宙から帰ってきた宇宙うなぎタレ」など。宇宙日本食認定に向けてチャレンジ中の「宇宙うなぎ蒲焼」も用意されています。　　味が気になる「宇宙うなぎ蒲焼」も

https://www.asahi.com/articles/ASP7X6TRXP79TZNB005.html

宇宙船内で着物を　燃えにくい生地使い、高校生が試作品

中川壮 2021 年 7 月 29 日 9 時 00 分

着物の船内服の改良に取り組む萩商工の生徒ら。中央の生徒が着ているのが昨年度の 3 年生が製作した試作品。周りの生徒が持っているのは昨年度のポスターやコンテストの賞状=2021 年 7 月 8 日、山口県萩市平安古町

　宇宙船内で飛行士が着る「船内服」づくりに、山口県立萩商工高校の生徒たちが取り組んでいる。モチーフは着物。世界各国の飛行士が働く国際宇宙ステーションで、日本人飛行士に着てもらうことをめざす。

　着物の船内服は、3 年生の授業「課題研究」のテーマの一つで、昨年度から取り組んでいる。国際協力の大切さや異文化を尊重する意義を、宇宙から世界へ伝える狙いがある。

　昨年度は女性用の試作品を完成させた。火災に備えて着物の裏地には燃えにくい繊維でできた生地を縫い付けた。動きやすいようにズボン型のはかまと上着に分け、機器に引っかからないよう袖と裾は絞った形にした。着崩れしないように前合わせは面ファスナーを用いて、重ね襟は縫い付けた。はかまのウエスト部分は幅広にして帯を表現した。　製作のきっかけは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）などが主催する、高校から大学院までの学生が対象の「衛星設計コンテスト」。電気・建築科の小田知志教諭（45）が昨年 5 月ごろ、児玉伊智郎・前教頭からコンテストの応募を持ちかけられた。宇宙で活用できそうなアイデアを自由な発想で競う「ジュニアの部」に的を絞り、2 人でテーマを考えた。外国人にも好評で、生徒が運営に携わる「着物ウィーク in 萩」がヒントになった。　昨年 7 月、工業系学科と商業系学科の 3 年生男女計 10 人で取り組みを開始。裏地に使う難燃繊維は 3 種類を比較実験して決めた。燃やして火が消えるまでの秒数を測定。宇宙船では洗濯できないため、臭いの対策をする必要がある。臭いの元となるアンモニアを生地にしみこませ、8 時間後の濃度を調べた。工具を入れる着脱可能のポケットを付けるなどの工夫もしてデザイン画を制作。ミシンや手作業で 1 カ月かけて縫い、試作品を作り上げた。　コンテストでは「日本ロケット協会宙女（そらじょ）賞」「ジュニア実験賞」の 2 賞に輝いた。「大きく想像が膨らむ提案」「宇宙開発での男女共同参画促進につながる活動」などと評価された。

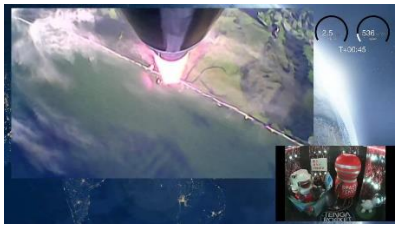
　その後、宇宙飛行士の山崎直子さんに試作品を送った。山崎さんは、重力が微小な船内では足や腰回りが細くなる傾向があるため、ウエスト部に伸縮性をもたせることや、素材は静電気が発生しにくいと良いなど、経験者ならではの助言をくれた。　取り組みは今年度の 3 年生男女計 12 人が引き継いだ。より高度な実験をしたり、被服の専門家に話を聞いたりして素材やデザインを見直し、実用化に向けて改良する計画だ。メンバーの総合ビジネス科 3 年福田柚理（ゆり）さん（17）は「昨年よりも良いものを作ることをめざす。宇宙の魅力を伝えられ

たら」。今年度は男女共用を試作する。　小田教諭は「日本人飛行士に着てもらうのが最終目標。宇宙について考えることで、地上の生活を暮らしやすくする取り組みを考えることにつながれば」と話している。（中川壮）

https://sorae.info/space/20210801-ist-tenga.html

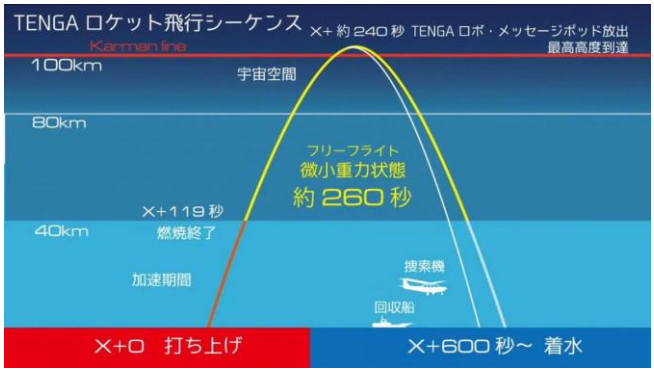
IST「TENGA ロケット」打ち上げ成功！ MOMO 初となる 2 回連続の宇宙空間到達

2021-08-01　松村武宏



【▲ エンジンが点火され離床する「TENGA ロケット」（MOMO6 号機）。IST による打ち上げのライブ配信より（Credit: インターステラテクノロジズ）】
【▲ 宇宙空間で放出され海上へ落下した後に回収された、TENGA 公式キャラクターの TENGA ロボおよびスペースエッグドッグの実物。TENGA ロケット打ち上げ後の記者会見ライブ配信より（Credit: インターステラテクノロジズ）】
【▲「TENGA ロケット」搭載のカメラから配信された機外（左上）と機内（右下）の様子。IST による打ち上げのライブ配信より（Credit: インターステラテクノロジズ）】
インターステラテクノロジズ（IST）は 2021 年 7 月 31 日、株式会社 TENGA との協同プロジェクトとして進めてきた観測ロケット「TENGA ロケット」（MOMO6 号機）の打ち上げを実施しました。IST によると TENGA ロケットの最高到達高度は約 92km（暫定値）で、同年 7 月 3 日に打ち上げられた「ねじのロケット」（MOMO7 号機）に続き、2 回連続で打ち上げに成功しています。
■最高高度は約 92km、放出された TENGA ロボの洋上回収にも成功
北海道スペースポート（北海道大樹町）の打ち上げ施設「LC-0」（Launch Complex-0）から 7 月 31 日 17 時ちょうどに打ち上げられた TENGA ロケットは、打ち上げから 2 分後に計画通りエンジンの燃焼を終了し、17 時 3 分には高度約 92km へ到達。機体は 17 時 10 分に射点の南東沖合 29.54km の海上へ着水しました。
TENGA ロケットにはペイロード（搭載物）として、多くの人々から集めたメッセージ「愛と自由の寄せ書き」を収めたメッセージ POD、TENGA 公式キャラクターの TENGA ロボとスペースエッグドッグ、データ計測用の TENGA（飛行中の温度と圧力を計測）が搭載されていました。このうちメッセージ POD と公式キャラクターは最高高度付近で機体から宇宙空間へと放出されており、TENGA ロボとスペースエッグドッグは海上へ落下した後に船舶を使って回収することにも成功しました。宇宙空間でのペイロード放出と洋上回収に成功したのは、日本国内の民間企業としては今回が初めてです。
また、今回の打ち上げでは前回の「ねじのロケット」に続き、飛行中の映像を届けるためのカメラが TENGA ロケットの機体に取り付けられていました。IST と TENGA による打ち上げのライブ中継では、上昇する機体の下に広がる北海道の大地や、最高高度付近からの地球の眺め、そしてペイロード放出の瞬間といった映像がリアルタイムで配信されました。IST のロケットは 2019 年 5 月 4 日に打ち上げられた「MOMO3 号機」（最高高度約 113km）が初めて宇宙空間に到達したものの、2020 年はエンジンの不具合により飛行の中断やエンジン点火の自動停止に至っていました。これを受けて IST は 2020 年から今年にかけて約 1 年に渡り、MOMO の信頼性向上と能力増強を目的とした全面改良を実施。改良型の「MOMO v1」にとって初の飛行となった 7 月 3 日打ち上げの「ねじのロケット」は、高度約 100km の宇宙空間へ到達しています。
関連：IST「ねじのロケット」打ち上げ実施、2019 年以来 2 度目の宇宙空間到達に成功！

今回打ち上げられた「TENGA ロケット」は MOMO v1 として 2 度目の飛行にあたり、これまで 7 回打ち上げられた MOMO シリーズとして初めて 2 回連続で宇宙空間へ到達することに成功したことになります。
IST は 2020 年 12 月に MOMO 複数機の製造が可能な新工場を完成させており、MOMO v1 へのバージョンアップにともなう機体の設計変更や地上支援設備の刷新とあわせて、機体の量産化と高頻度の打ち上げに向けた下地が整っています。打ち上げ後の記者会見において IST 代表取締役の稲川貴大氏は、国内民間初となる宇宙空間到達・宇宙空間でのペイロード放出・機体からのライブ映像配信といった実績を持つ MOMO シリーズについて、今後は本格的な商業利用へ移ると言及。科学利用にとどまらず、企業の PR やブランディングも含めた観測ロケットの新たな市場を開拓できるとしています。また、IST は高度 500km の地球低軌道に超小型衛星の投入が可能なロケット「ZERO」の開発を MOMO の運用と平行して進めており、2023 年度に北海道スペースポートから打ち上げることを目指しています。今夏の MOMO v1 連続打ち上げ成功は、IST が目指すロケットの量産化・商業化に向けて大きな弾みをもたらすことになりそうです。



「TENGA ロケット」の機上カメラが捉えたペイロード放出の瞬間。IST による打ち上げのライブ配信より（Credit: インターステラテクノロジズ）
TENGA ロケットの飛行シーケンスを示した図。IST による打ち上げのライブ配信より（Credit: インターステラテクノロジズ）
なお、MOMO の目標到達高度はここから上が宇宙空間と国際的に定義されている高度 100km（カーマン・ライン）で、前回のねじのロケットはほぼ目標通りの高度約 100km に到達しました。いっぽう、アメリカ連邦航空局（FAA）では高度 80km 以上を宇宙空間と定義しており、たとえば有人宇宙船「スペースシップツー」を運用するヴァージン・ギャラクティックはこの定義に則っています。
今回の TENGA ロケットの最高高度は約 92km だったため、MOMO シリーズの目標高度である 100km には到達しませんでしたが、IST では高度 80km 以上とする FAA の基準をもとに宇宙到達と発表しています。
関連：打ち上げ予定は 2021 年夏、IST と TENGA の真面目な共同プロジェクト「TENGA ロケット」
Image Credit: インターステラテクノロジズ　Source: インターステラテクノロジズ　文／松村武宏

https://sorae.info/space/20210730-gounji.html

2023 年建立予定の「宇宙寺院」故人に由来するデータの宇宙供養を実施へ

2021-07-30　松村武宏
2023 年の宇宙寺院打ち上げを目指す浄天院劫蘊寺（じょうてんいんごううんじ）とテラスペース株式会社は 7 月 21 日、故人に由来するデジタルデータを供養する「宇宙供養」を宇宙寺院において実施すると発表しました。宇宙供養の申し込みは 2021 年度から受付が始まる予定です。
宇宙寺院はテラスペースが開発する CubeSat 規格の超小型衛星（6U サイズ：10×20×30cm）で、高度 400～500km の地球低軌道（LEO）に建立（投入）することが予定されています。劫蘊寺は「鎮護宇宙」を趣旨とする京都・醍醐寺の法流を汲む寺院で、宇宙寺院の内部には御本尊の大日如来や曼荼羅が収められます。宇宙寺院の位置や

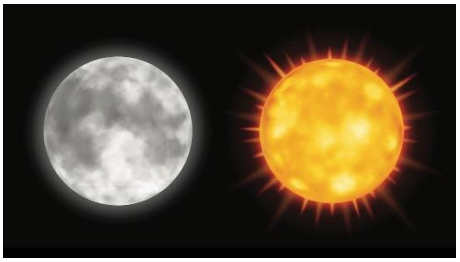
通過時刻はスマートフォンアプリを使って確認できるようになる予定です。

【▲ 浄天院劫蘊寺ウェブサイトより（Credit: 浄天院劫蘊寺）】
宇宙寺院内部の配置プラン（Credit: 浄天院劫蘊寺）
発表によると、宇宙供養ができる故人由来のデータの一例として、遺影の画像、遺伝子情報、戒名などがあげられています。これらのデータはまず地上の寺院が遺族から預かり、僧侶が供養した後に宇宙寺院のメモリに格納されます。前述のように宇宙供養の申し込みは打ち上げに先立って今年度から始まりますが、打ち上げ後は地上から軌道上の宇宙寺院にデータを送信することが可能です。
また、地球低軌道上の宇宙寺院は 5 年〜10 年で人工衛星としての寿命を終えて大気圏に再突入しますが、その前に次世代の宇宙寺院へデータを移動できるほか、データを果てしない宇宙へと旅立たせたり、地上へ帰らせたりすることも可能とされています。正式な僧侶によって法要が営まれ供養された「供養データ」であることを保証するため、宇宙供養ではブロックチェーン技術の NFT（非代替性トークン）が用いられます。
なお、劫蘊寺では一般の寺院からの提携申し込みを 7 月 21 日から受け付けています。提携した寺院は劫蘊寺を宇宙別院として活用でき、デジタルデータを使った宇宙供養も行えるとのことです。
関連：2023 年に「宇宙寺院」建立へ、醍醐寺とテラスペースが提携を発表
Image Credit: 浄天院劫蘊寺　Source: 浄天院劫蘊寺 / テラスペース　文／松村武宏

https://sorae.info/astronomy/20210730-supermoon-sun.html

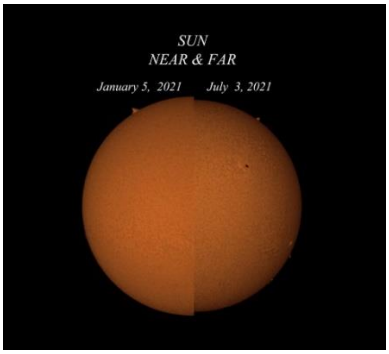
「スーパームーン」はあるのに「スーパーサン」がないのはなぜ？　鍵は円と楕円のちがい

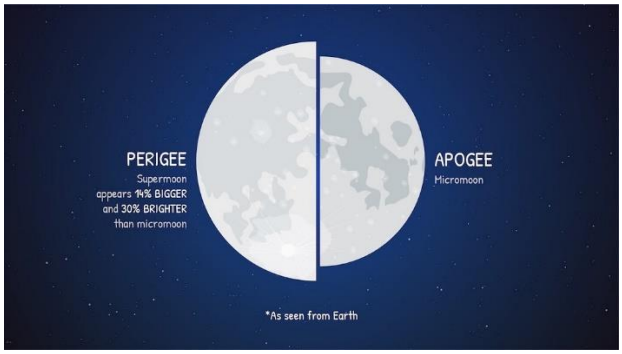
2021-07-30　吉田 哲郎



季節は地球の自転軸の傾きによって決まります。7 月は北半球では夏ですが、南半球では冬を迎えています。地球と太陽との間の距離で季節が決まるわけではありません。
しかし、2021 年 7 月 5 日は、地球から見た太陽の大きさが（2021 年で）最も小さくなっていました。逆に 1 月 2 日は、最も大きくなっていました。つまり、7 月 5 日は地球と太陽との距離が最も遠く（遠日点）、1 月 2 日は最も近かった（近日点）ことの現れなのです。
【▲ 最も大きな（近日点の）太陽と最も小さな（遠日点の）太陽の比較。（Credit: Richard Jaworsk）】
【▲ 最も大きな月（スーパームーン）と最も小さな月（マイクロムーン）の比較。（Credit: NASA JPL-Caltech）】
こちらの画像は、同じ望遠鏡とカメラで撮影された近日点頃（1 月 5 日）と遠日点頃（7 月 3 日）の太陽の写真

を比較したものです。とはいっても、近日点と遠日点での太陽の見かけの直径のちがいは 3%強しかありません。だから、その変化はなかなか意識されません（注意：観察しようとして絶対に太陽を直接見てはいけません！　目を痛め失明する恐れもあります！）。





最も大きな月を「スーパームーン」と呼ぶことがあります。「スーパームーン」は明確な定義ができないため正式な天文学用語ではありませんが、毎年のように話題になります。こちらの画像は、ある年の最も大きな月（スーパームーン）と最も小さな月（マイクロムーン）を比較したものです。この画像を見ると、最も大きな月は最も小さな月よりも 14%大きく、30%明るく見えていることがわかります。太陽の大きさの 3%の差と比べると 14%の差はかなり大きいように見えます。このちがいは地球と月のそれぞれの公転軌道のちがいによるものです。太陽の周りの地球の軌道はほぼ円ですが、地球の周りの月の軌道は、それに比べて楕円になっているからです。天体の軌道が円からどのくらい離れているかを示す値を「軌道離心率」（離心率）と呼びます。その値が「0」ならば円、「1」に近づくほど細長い楕円になります（「1」は楕円ではなく放物線になります）。地球の現在の軌道離心率は 0.0167 であり、月は 0.0549 なので、月の方が地球よりも少しだけ細長い楕円軌道で公転していることがわかります。つまり遠地点と近地点との差が大きくなります。そのため見た目の大きさに差が出てくるのです。夜空に月を二つ並べて比較することはできませんが、最も大きな月と最も小さな月との間には数値上それなりの差があるので「スーパームーン」に注目が集まるのでしょう。しかし、最も大きな太陽と最も小さな太陽との間の差はわずかしかありません。だから、「スーパーサン」という言葉はありませんが、もしあったとしても、あまり注目はされないでしょう。また、太陽系の惑星、準惑星、彗星などの軌道離心率を調べ、比較してみるのもおもしろいです。Image Credit: Richard Jaworsk , NASA JPL-Caltech , Shutterstock
Source: APOD , NASA (1) (2) , 天文学辞典（日本天文学会）　文／吉田哲郎

https://www.afpbb.com/articles/-/3358680

宇宙人が築いた技術の証拠探す新プロジェクト発足

2021 年 7 月 27 日 18:12　発信地：ワシントン D.C./米国 [米国 北米]

米海軍のパイロットが撮影した未確認飛行物体（UFO）。国防総省提供の映像より（2020 年 4 月 28 日入手）。(c)AFP PHOTO /US DEPARTMENT OF DEFENSE/HANDOUT

【7 月 27 日 AFP】米ハーバード大学（Harvard University）の著名天文学者が率いる科学者の国際チームが 26 日、地球外文明が築いた技術の証拠を探す新しいプロジェクトを発表した。

「ガリレオ・プロジェクト（Galileo Project）」は、UFO（未確認飛行物体）を調査するための中型望遠鏡、カメラ、コンピューターによる世界的なネットワークの構築を目的としている。

プロジェクトには、米国のハーバード大学、プリンストン大学（Princeton University）、カリフォルニア工科大学（California Institute of Technology）、英ケンブリッジ大学（Cambridge University）、スウェーデンのストックホルム大学（Stockholm University）の研究者が参加。これまでに民間から 175 万ドル（約 1 億 9000 万円）の寄付が集まった。　プロジェクトを率いるハーバード大のアビ・ローブ（Avi Loeb）教授（59）は記者会見で、天の川銀河（銀河系、Milky Way）に地球型惑星が広がっていることを示唆する最近の研究結果を踏まえ、「技術文明がわれわれよりも先に存在していた可能性を無視することはもはやできない」と語った。

米国防総省は先月、未確認空中現象の性質は不明だとする報告書を発表している。

ローブ氏は、「空に見えるものは、科学者としての訓練を受けていない政治家や軍人が解釈すべきものではなく、科学界が解明すべきだ」と述べ、プロジェクトの資金を 10 倍に増やしたいと語った。　同プロジェクトは UFO の研究以外にも、星間空間から太陽系に飛来する物体の調査や、地球を探査しているかもしれない異星人の衛星の探索なども行っていきたいとしている。　ローブ氏はこうした研究を、天文学の新分野に位置付け「宇宙考古学」と呼んでおり、主に異星人が発する電波を調べる「地球外知的生命探査（SETI）」という既存研究分野を補完するものだと主張している。　イスラエル系米国人のローブ氏は、これまでに何百もの先駆的な論文を発表し、宇宙物理学者の故スティーブン・ホーキング（Stephen Hawking）博士と共同研究を行ったこともある。

だが、2017 年に太陽系を通過した天体「オウムアムア（Oumuamua）」について、太陽風を推進力とした異星人の探査機だと主張。著書「Extraterrestrial: The First Sign of Intelligent Life Beyond Earth（地球外生命：地球外の知的生命の初兆候）」や論文でこの説を展開した結果、天文学界の多くの人と対立することになった。(c)AFP

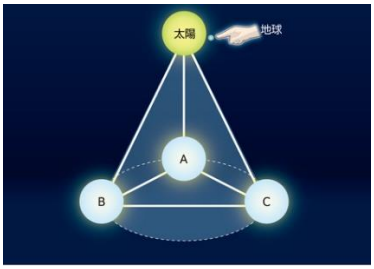
https://news.yahoo.co.jp/articles/c3da26319c81d9868db1ba225c671af116eb64e8

もしも宇宙人に遭遇したとき、恥をかかない自己紹介のしかた

7/31(土) 7:02 配信　現代ビジネス

photo by gettyimages

photo by gettyimages



三角錐になっている 4 つの恒星

---------- 今年の 6 月 25 日、アメリカ国家情報長官室は、2004 年 11 月から今年 3 月までに寄せられた「明らかに異常な動き」をしている飛行物体についての 144 件の報告の大半を「正体について確かな結論を出せない」と発表した。未確認飛行物体(UFO)である可能性を明確に否定しなかったことで、世界が騒然となった。 かと思えば 7 月には、イギリスの富豪リチャード・ブランソンや Amazon 創業者ジェフ・ベゾスら民間人が次々と有人宇宙飛行に成功し、地球人のほうも宇宙との距離を縮めている。もしかしたら、「その日」は、意外に近いのかもしれない――。 これは、そう遠くない未来に、太陽系から遠く離れたところに建設された、天の川銀河の宇宙人が集う「惑星際宇宙ステーション」を、地球人代表の一人として訪れたあなたが遭遇した、貴重な体験の記録である。 ---------- マクスウェルの悪魔復活！　ミクロの世界では時間が戻った！

とある宇宙カフェにて

地球人代表は各国政府の高官や、ノーベル賞クラスの科学者らそうそうたるメンバーで構成されていて、彼ら

はステーションに着くなり忙しそうにあちこちへ消えていきました。　しかし、一般市民代表のあなたにはとくに課題はありません。しいていえば、あなたに期待されている役割は「できるだけほかの宇宙人と交流すること」です。そこで、勇気をふりしぼって、宇宙人が集まって交流するカフェをのぞいてみることにしました。　カフェの店内は、地球上のそれと同じ雰囲気でしたが、実際に宇宙人を見るのは初めてのあなたの緊張は、いまやMAX に達しています。その時です！　あなたは、息の荒い、いかにも柄の悪そうな宇宙人と肩がぶつかってしまいました。その宇宙人はあなたを睨みつけ、なにごとかをまくしたてながらすごい剣幕でからんできます。　「ああ、最初の宇宙人とのコンタクトがこれか……なんてこった！」　そこへ、地球人の目で見ても紳士的に映る、身なりのよい人が近づいてきて、あなたをすばやく離れたテーブルにまで導いてくれました。　「もう大丈夫ですよ」　少し落ち着いたあなたは、メンバー惑星の言語が登録された自動翻訳機を起動させて「恩人」がそう言っているのを聞きました。お礼を返すあなたに、彼は飲み物をご馳走してくれましたが、それはなんと、地球にあるのと同じコーヒーでした。　「最近、新しいメンバー向けに仕入れた飲み物だそうですが、たぶん、あなたもその惑星の人だろうと思いまして」　驚くあなたを見て、彼はうれしそうにしています。あなたはお互いの気持ちが打ち解けていくのを感じました。　宇宙で初めての友だちができた感慨にひたっていると、「恩人」は微笑みながら、ゆっくりとこう尋ねてきました。　「ところで、あなたはどこから来たのですか 」　さあ、この質問に対して、みなさんならどう答えますか？

次ページは：「私はどこから来たのか」をどう説明するか

「私はどこから来たのか」をどう説明するか

「地球という惑星から来ました」　もしこんな答え方をしたら、相手に対してきわめて不親切であるどころか、社交の場においてはマナー違反とさえいえることは、ぜひ知っておいてほしいところです。　なぜなら「地球」という惑星名には、相手が同じ太陽系の住人でもないかぎりなんの意味もないからです。宇宙人が自分の住んでいる惑星の位置を伝える場合を考えると、その惑星が公転している「恒星」、つまりその宇宙人にとっての「太陽」の位置情報を基本とすることになるはずです。　「地球という惑星から来ました」という答えは、海外で初対面の相手にどこから来たのかを聞かれて、いきなり「〇〇県から来ました！」と答えるようなものなのです。恥ずかしいですよね。　この惑星際宇宙ステーションに集まる宇宙人は、私たちと同じ天の川銀銀河の住人で、互いの「太陽」が見える程度の範囲に住んでいますが、それでも約 2000 光年の範囲です。星座を構成する 1 等星から 6 等星までは、ほぼこの中にあります。天の川銀銀河の直径は約 10 万光年もあり、その中には約 1000 億個の恒星があります。　こうした状況で、あなたは自分の「太陽」について何を伝えれば、その位置がわかってもらえるでしょうか？　地球ではそんなこと、考えたこともありませんよね。

使えそうで、使えない!?　星座の問題点とは

私の提案は、「星座」を使うことです。星座は恒星が存在する方向や、恒星どうしの位置関係をかたまりごとに示すことができ、なおかつ、さまざまな事物になぞらえることでイメージがしやすいので地球では一定の需要がありますが、宇宙人との会話で使うにも、そこそこ有効ではないかと思っています。　しかし、問題は、夜空に見える恒星の配置は、惑星によってまったく違うということです。地球の星座はあくまで、地球から見た星々を線で結んだものです。本来なら地球からの距離が違う星々の立体的な位置関係を、のっぺりと平面にしてしまったものです。　たとえば、図のように三角錐の位置関係になっている 4 つの星があるとします。正三角錐ではなく、側面は二等辺三角形になっています。　仮に、この三角錐の頂点に私たちの太陽があり、したがってほぼ同じ位置に地球があるとします。すると地球の私たちからは、三角錐の底面をつくる 3 つの星、A 星、B 星、C 星は、正三角形の星座に見えます。　ところが、A 星から見ると、B 星と C 星と私たちの太陽は、縦長の二等辺三角形の星座に見えるえるわけです 。これでは、A 星を太陽にもつ惑星の住人が地球に来て夜空を見上げても、自分がどこから来たのかまったくわかりません。　つまり、ただ 2 次元の平面に落としこんで描いた星座ではなく、図のように 3 次元の空間にある点どうしを結んだ「立体星座」が必要ということです。もし、天の川銀河に共通の、立体星座の公式カタログをつくっておけば、それを参照することでお互いの「太陽」の位置を飛躍的にスムーズに特定できるようになります。　私も試しに立体星座を作ってみました。次ページでご紹介す

るのは、その一部です。

次ページは：立体星座をつくってみた　**立体星座をつくってみた**

α：マルカブ、β：シェアト、γ：アルゲニブ、ε：エニフ、ζ：ホマン、η：マタル、アンドロメダ座α星：アルフェラッツ。お尻のほうにアンドロメダ銀河のイメージを描き込んだ　拡大画像はこちら

私の太陽は何座ですか

ケンタウルス座の「リギル・ケンタウルス」 太陽はどちらかの足の踵に見えるのかもしれない

これは、デジタル画像を簡単に作成できる「Tinkercad(https://www.tinkercad.com/)」というアプリを利用したもの。一見、きれいに配列しているように見える星々が、横から見るとかなり凸凹しているのがわかります。　素人の私にもこれだけつくれるのですから、宇宙ステーションにはぜひ、天の川銀河の立体星座カタログを常備していてほしいものです。地球外でできた初の友人から立体星座カタログの存在を教えてもらったあなたは、「太陽」を検索し、なんとか位置を示して彼の質問に答えることができました。　ふと、あなたのなかで、強い好奇心が湧き上がってきました。私たちの太陽は、たとえばこの人の惑星からは、どのような星座として見えているのだろう？　地球を離れるまでは、思いもつかなかった疑問でした。あなたは、友人に質問しました。　「あなたの惑星では、私の太陽は何座ですか 」　「え？」　思わぬ 質問に、彼もちょっと意表をつかれたようです。少し微笑を浮かべながら、彼はしばし、考えこんでいます。　もちろん太陽の見え方は、その惑星がどの位置から見ているかによって異なります。仮に地球からごく近く、10 光年ほどの範囲内なら、近くの恒星と一緒の星座に加えられるでしょう。あるいは地球におけるケンタウルス座と似たような星座の一部となっているかもしれません。　その中でいちばん明るい 1 等星ケンタウルス座α星には「リギル・ケンタウルス」という別名があり、「リギル」はアラビア で「足」を意味します。星座図によればケンタウルスは向こうを向いて立っているので、左足の爪先に対応します。右足の爪先はケンタウルス座β星です。もしも太陽がこの星座の一部として名乗りをあげるとしたら、どちらかの足の踵(かかと)といったところでしょうか。

お尻の近くに見えるからって、その名前!?

いま、彼は答えにたどりついたようで、大きく目を見開きました。そして次にはなぜか、げらげらと笑いだしました。いったいどうしたのでしょうか。自動翻訳機に耳を傾けましょう。　「私たちの惑星では、あなた方の太陽は『しし座』にあります。そう、私たちの星にも、あなたちがライオンとか獅子とかと呼んでいる動物とよく似た動物がいるのですよ。そして、あなたたちの地球から見ている『しし座』と同じ星座を、私たちも『しし座』と呼んでいるのです」(そんな都合の偶然、ありえない！　というツッコミはなしにしてくださいね！　)　よりくわしくいえば、しし座の中の、地球では「デネボラ」という名の 2 等星のすぐ近くに、われらが太陽は見えているのだとか。この位置に太陽が見えるということは、彼の惑星はペガスス座に比較的近いところにあるのだな、ということがわかるのも、立体星座カタログの「ご利益」です。　それはいいとして、彼はどうしてそんなに笑っていたのでしょうか。聞けば、地球でいうところのデネボラは、ライオンのお尻に位置しているそうです。「そう、お尻のすぐ近くにちょこんとくっついているので、我々は"ライオンのうんち"と呼んでいるんですよ。あなたはライオンのうんちから来たのですね！」　そう言って快活に笑う彼につられて、あなたも大笑いしています。ついさっきまで、びくびくしていたのが嘘のようです。　種明かしをしますと、じつは私は、太陽をど

の星座に加えれば面白い絵になるかをずっと考えていて、しし座に加えるこのアイデアは、児童向けに書いた『知らなきゃよかった宇宙の話』(主婦の友社)という本で提案したものです。　子どもにもわかりやすいと思ったのですが、もっとよい例があったかもなあと、いまでも星座を眺めては悩んでいるのです。よい考えを思いつかれた方は、ぜひご一報ください。ただし、その場合はどの方向から見た太陽かも教えてくださいね。

しし座とデネボラ。太陽は「ライオンのうんち」？

---------- 宇宙人と出会う前に読む本 全宇宙で共通の教養を身につけよう 惑星際宇宙ステーションに地球チームの一員として乗り込んだあなたが、そこで遭遇する宇宙人が繰り出すさまざまな突拍子もない質問に答えていくうちに、宇宙で本当に必要な科学知識とは何か、宇宙的思考法とはどういうものかが、自然とわかってくる体験型科学読み物です。「ちゃんとした宇宙人になるためのガイドブック」、その日が来ても、来なくても、読めば世界の見え方が一変するはずです！　宇宙教養がどれだけ身についたかがわかる、「宇宙偏差値」チェック表付き！　---------　高水 裕一（筑波大学計算科学研究センター研究員）

https://news.yahoo.co.jp/articles/074abf568625c7bca65e537e1504d51eb8473da8

1915 年にアインシュタインが予測した「重力波」が 2015 年に検出されるまでの 100 年

7/30(金) 18:02 配信　本がすき。

「重力波はどのようにして検出されたのか？」という人間の物語

『重力波は歌う　アインシュタイン最後の宿題に挑んだ科学者たち』早川書房 ジャンナ・レヴィン／著　田沢恭子、松井信彦／翻訳 本書は、「重力波とは何か？」という理論的な話ではなく、むしろ「重力波はどのようにして検出されたのか？」という人間の物語です。しかしやはりまずは、重力波とは何なのかという話から始めましょう。 重力波の存在を予測したのは、あのアインシュタインです。重力波の検出は、「アインシュタイン最後の宿題」と呼ばれ、アインシュタインが相対性理論を発表した 1915 年からちょうど 100 年後の 2015 年に検出されました。 アインシュタインは相対性理論によって、時空（時間と空間）や重力の概念を変えました。それまで重力というのは、「物質を落下させる力」程度にしか捉えられていませんでしたが、アインシュタインは重力を「時空の歪み」であると捉え直しました。 どういうことでしょうか？例えば天体について考えましょう。質量が重い天体ほど重力が大きい、ということは知っていると思いますが、それは一体どういうことでしょうか？ ここで、大きなシーツの四隅を 4 人で持ってピンと張った状態を思い浮かべて下さい。そのシーツの上に、ボウリングの球を載せます。すると、重いボウリングの球はシーツの上で沈み込むでしょう。この時のシーツの沈み込

み（＝時空の歪み）を「重力」だとアインシュタインは考えたのです。 何故「時空の歪み」が「重力」になるのか。例えば、ボウリングの球を載せた状態のシーツの端の方に、テニスボールを載せるとしましょう。するとテニスボールはシーツの沈み込みに沿って動いていき、やがてテニスボールはボウリングの球のところまで行き、ボウリング球の周りをしばらくグルグル回るでしょう。これが、大雑把な地球と月のモデルです。こんな風にして、「重力」が発生するということを、「時空の歪み」と捉えることが出来るのです。 そのことを踏まえた上で、また別のことを考えてみましょう。同じようにしてピンと張ったシーツの上に、上から勢いをつけてボウリングの球を落とすとしましょう。この時、ボウリングの球はシーツの上で何度かバウンドし、さらにシーツも上下に揺さぶられるでしょう。この「シーツの上下の揺さぶられ」を「重力波」と呼ぶわけです。つまり、「重力が発生することで時空が歪み、その歪みが波となって伝わったもの」が「重力波」というわけです。 この重力波、提唱したアインシュタイン自身が「恐らく検出は不可能だろう」と言ったとされます。何故か。それは、重力波があまりにも小さいからです。 重力波は当然、大きな重力が発生すればより大きくなるので、まずは宇宙空間で非常に大きな重力を発生する現象を探しましょう。例えば、二つのブラックホールが衝突する、という場合を考えてみます。この時に放出されるエネルギーは「太陽 10 億個分の一兆倍を上回る」そうです。全然イメージ出来ませんけど、とにかく凄そうですよね。しかし、そんなメチャクチャ大きな重力が発生しても、地球で観測される重力波は、「地球と太陽との間の距離が、水素原子 1 個分伸び縮みした」ぐらいの変動しか引き起こしません。これも全然イメージできないでしょうけど、なんかめっちゃ小さいんだな、ぐらいのことはわかりますよね。 これほど小さな重力波を検出するために、LIGO という実験装置を作り上げた人たちがいました。これは、2 億ドル以上のお金を掛け、1000 人以上の科学者が関わる超大規模なプロジェクトです。そんなプロジェクトに深く関わった人物たちを描き出すのが本書なのです。 メインとなるのは、ライナー・ワイス、キップ・ソーン、ロン・ドレーヴァーの三人です。ワイスは「重力波」を検出するための「俳句のようなシンプルな干渉計」を思いつき、ソーンは「重力波」を理論的な側面から攻め、ドレーヴァーはお金の掛からない独創的で天才的な実験を次々に生み出していました。彼らは、「重力波」どころか、ブラックホールすらまだ実在が懐疑的とされていた時代に、いかにして「重力波」を検出するかをそれぞれ独自にアプローチしていきます。しかし、重力波のあまりの小ささに、彼らは手を組むしかないと判断するのですけど、そう簡単にはうまく行きませんでした。チームワークは最悪、人間関係のトラブル続出、プロジェクトに関わり続けられなくなった人間も出てくるほどゴタゴタしてしまいました。 その理由は、2 億ドル以上という膨大なお金も関係してきます。科学の研究資金の確保は、政治とも関わってくるからです。「研究者」と「政治」は相当に馴染まないものですが、重力波検出を成し遂げるためには「政治」を無視することは出来ません。そんな風にして、多くの人間が関わり、また去っていき、そういう混沌とした状況の中で、次第に研究環境が整い、やがて重力波の検出という世紀の大発見をもたらすことになるのです。その過程がドラマティックに描かれる一冊です。 よくこういう研究の成果が発表されると、「それだけ膨大なお金を掛けて重力波を検出して、どんな役に立つんだ？」と聞く人間が出てくるものですが、僕はそういう問いに意味はないと考えています。何故なら、「科学的な発見」が「実用化」されるまでには時間が掛かるものだからです。 相対性理論も、あるいは相対性理論と並んで 20 世紀の二大物理学である量子論も、生み出された当初は実用化される可能性などまったく考えられなかったでしょう。相対性理論は天体の動きに当てはまる理論だし、量子論は原子などに当てはまる理論であり、日常的な話と関係しなさそうです。しかし今では、相対性理論は人工衛星からの情報（GPS など）を補正するためには必要不可欠だし、量子論は電子回路を作成するのに必須です。重力波が今後どのように発展していくのか誰にも予測できないし、もしかしたら未来では重力波の発見が僕らの生活を激変させる何かに使われているかもしれません。もちろん、貧困や差別など、世界で発生している喫緊の問題にお金を回すべきだ、という意見はあるでしょうが、それは政治の領域の問題だと僕は思っています。研究資金が出され、研究が行われることになったのであれば、そこから生まれた成果は、それがすぐに大きな貢献をもたらさなかったとしても、好意的に受け止めるべきではないか、と僕は感じてしまいます。 重力波の検出は、2017 年のノーベル賞を受賞しましたが、その受賞は異例だったといいます。3 人の受賞者の内 2 人

は、本書にも登場する、重力波の発見に科学的な見地から貢献した人物でしたが、残る 1 人は、LIGO の所長であり、いわば「管理職」のような立場の人なのだそうです。彼は重力波については門外漢でしたが、「彼が LIGO の建設や組織運営に携わらなければ、重力波はまだ見つかっていないだろう」という理由で受賞となったようです。理論を組み上げる理論物理学者（アインシュタインのような人）ならともかく、実験物理学は益々大規模になっていくでしょうし、そういう中で、組織運営をする者が正当に評価されるというのは、とても良い流れであると感じます。

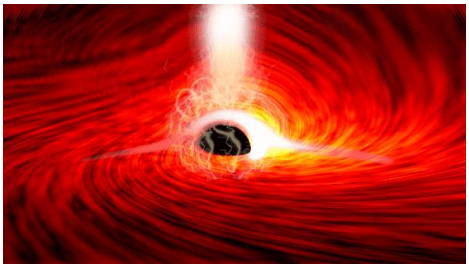
『重力波は歌う　アインシュタイン最後の宿題に挑んだ科学者たち』早川書房 ジャンナ・レヴィン／著　田沢恭子、松井信彦／翻訳

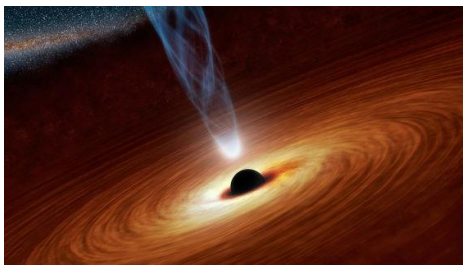
長江貴士 元書店員 1983 年静岡県生まれ。大学中退後、10 年近く神奈川の書店でフリーターとして過ごし、2015 年さわや書店入社。2016 年、文庫本（清水潔『殺人犯はそこにいる』）の表紙をオリジナルのカバーで覆って販売した「文庫 X」を企画。2017 年、初の著書『書店員 X「常識」に殺されない生き方』を出版。2019 年、さわや書店を退社。現在、出版取次勤務。 「本がすき。」のサイトで、「非属の才能」の全文無料公開に関わらせていただきました。

https://news.livedoor.com/article/detail/20613234/

「ブラックホールの向こう」からの光が初めて観測される

2021 年 7 月 29 日 19 時 0 分　GIGAZINE（ギガジン）





ブラックホールは、強力な重力により光でさえ飲み込んでしまう天体なので、当然ブラックホールの後ろも観測できないはずです。ところが、この直感に反して「ブラックホールの向こうから放射された光線」が観測されたとの論文が、2021 年 7 月 28 日に発表されました。論文によるとこの現象は、アインシュタインによって予言されながらもこれまで確認されたことがなかったものとのことです。

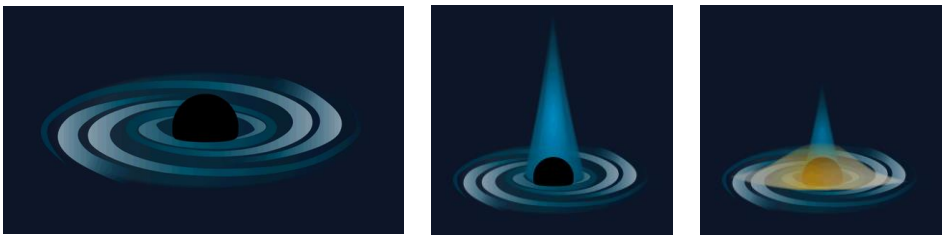
Light bending and X-ray echoes from behind a supermassive black hole | Nature
https://www.nature.com/articles/s41586-021-03667-0

First detection of light from behind a black hole | Stanford News
https://news.stanford.edu/2021/07/28/first-detection-light-behind-black-hole/

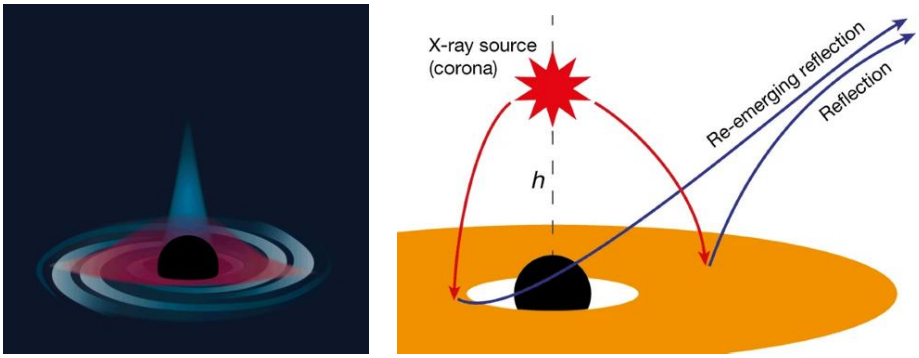
X-rays can echo and bend around the back of supermassive black holes | New Scientist
https://www.newscientist.com/article/2285207-x-rays-can-echo-and-bend-around-the-back-of-supermassive-black-holes/

今回、「ブラックホールの背後からの光線」を捉えたのは、スタンフォード大学の宇宙物理学者であるダン・ウィルキンス氏らの研究チームです。ウィルキンス氏らは当初、一部のブラックホールに見られる「コロナ」という現象を調べるため、地球から 8 億光年離れた位置にある「I Zwicky1」という銀河のブラックホールを観測してい

ました。ウィルキンス氏はブラックホールのコロナについて、「ブラックホールにガスが吸い込まれる際に、数百万度の超高温になることで発生するというのが有力な説です。これほどの高温になると、電子が原子から飛び出して、プラズマと磁場が発生します。この磁場がブラックホールに接近し、その周囲にある物を加熱させると、X 線が放射されます」と説明しています。研究チームがブラックホールのコロナから発せられる X 線を観測していたところ、ブラックホールの事象の地平線から約 6000 万キロメートルのところで、強力な X 線バーストが繰り返し発生している様子が記録されました。そこで、研究チームが 2 回の X 線バーストを分析した結果、2 回目の X 線バーストは最初の X 線バーストが弱められたものが遅れて観測されたものだということが判明。このことからウィルキンス氏らは、「2 回目の X 線バーストは最初の X 線バーストがブラックホールの裏側から反射したものだ」と結論づけました。以下は、今回観測された現象をイラストで表したものです。ブラックホールの周囲では高温のガスが降着円盤を形成しています。



そして、ブラックホールから 6000 万 km の高さで形成されたコロナから、X 線のフレアが放出されます。
その X 線は円盤の手前側で反射されますが……
円盤の向こう側で反射されたものも、ブラックホールの重力によってゆがめられた「反響」として観測されます。
なお、このリンクをクリックすると、一連のイラストを GIF アニメーションで見ることができます。



コロナから発生した X 線の流れを横から見るとこんな感じ。
ウィルキンス氏は、この現象について「ブラックホールに入った光は出てこられないので、普通に考えると、ブラックホールの後ろにあるものも見えないはずです。しかし、今回ブラックホールの後ろからの放射が観測されたのは、ブラックホールが空間をゆがめて光をねじ曲げるのと同様に、自分の周囲の磁場もゆがませているからです」と説明しました。また、論文の共著者であるルーク・ブロッサム氏とロジャー・ブランドフォード氏は、「50 年前、ブラックホール付近の磁場がどのように振る舞うかを推測していた天文学者たちは、それを直接観測する技術の発展によりアインシュタインの一般相対性理論が実際に確認できる日が来るとは、思いもしなかったでしょう」とコメントしました。研究チームは今後、欧州宇宙機関の X 線観測プロジェクト「Athena(Advanced Telescope for High-ENergy Astrophysics)」を通じてブラックホールの研究を続け、銀河の誕生と形成についての理解を深めていく方針とのことです。GIGAZINE

https://news.mynavi.jp/article/20210725-1930496/

2 つのダークマター探索実験が研究協力、日本からは Kavli IPMU などが参加

2021/07/25 23:09　著者：波留久泉

伊・グランサッソ国立研究所と米・サンフォード地下研究所は 7 月 20 日、ダークマターの直接探索を目指す「XENON/DARWIN コラボレーション」と「LUX-ZEPLIN コラボレーション」の研究者たちが、次世代のダークマター直接探索実験に向けて共同で検出装置の設計、建設、運用を行うことを目的とする研究協力協定を同月 6 日に結んだことを発表。それを受けて東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)は 7 月 21 日、この研究協力協定において署名した 16 か国 104 名の研究者の中に、Kavli IPMU のカイ・マルテンス主任研究者と、山下雅樹特任准教授が参加していることを発表した。

宇宙に存在する物質の 85%ほどは、現在観測ができない、謎の存在ダークマターと言われている。ダークマターは現在検出されているどの素粒子でもなく、よくわからない存在であり、現代科学においてダークマターの直接観測に成功することは、大きな挑戦の 1 つとされている。

現在、液体キセノンをターゲットに用いたダークマター直接探索実験として、「LUX-ZEPLIN」と「XENONnT」の 2 つが 2021 年中の計画始動に向けて準備を進めている。LUX-ZEPLIN は、米・サンフォード地下研究所が実施する実験で、7.0 トンの液体キセノンを用いてダークマターの直接検出を目指す。一方、XENONnT は伊・グランサッソ国立研究所が実施する実験で、こちらは 5.9 トンの液体キセノンを用いてダークマターの直接検出を目指すというものだ。「ダークマターは通常の物質とは重力でしか相互作用しない」とされるが、正確には通常物質と衝突する可能性は完全なゼロではない。液体キセノンをトン単位で用意して、長く待ち続ければ、確率的にいつかはどれか 1 つぐらいはキセノンの原子核にダークマターが弾性散乱する可能性があると言われている。

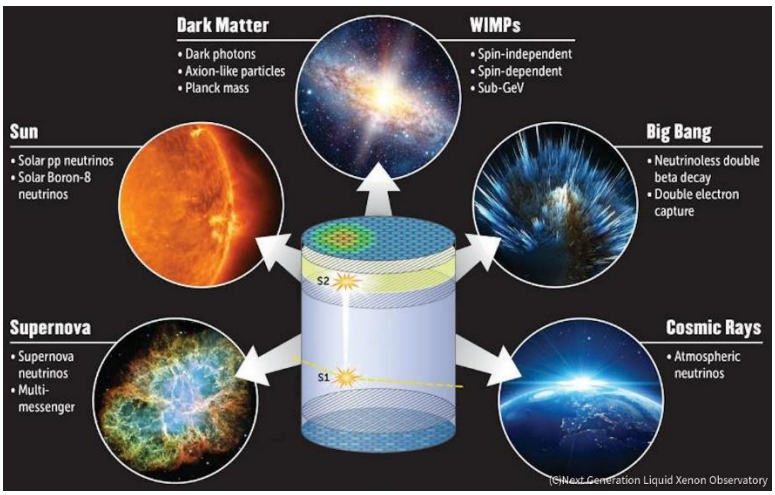
弾性散乱する際にエネルギーの一部を落とし、液体キセノンがシンチレーション光を放つが、キセノンはその発光量が多く、光電子倍増管が捉えやすい。それが、ダークマター探索でキセノンが選ばれる理由の 1 つで、日本の XMASS 実験などでも使われてきた。また、キセノンは 10 トンクラスの大型化が容易である点、液体・気体・固体の各相を利用できるため、内部のバックグラウンド(ノイズ)のもとであるウランやトリウムなどを極端に少なくできる点なども特徴で、ダークマターからの信号は非常に希で、なおかつ非常に小さいエネルギーであると考えられるため、放射線バックグラウンドを落として、エネルギーしきい値をどれだけ下げられるかが検出のポイントとなるほか、キセノンは原子番号が 54 と大きいことから、“自己遮蔽”が有効で、外部からのガンマ線バックグラウンドを減らせる点も選ばれる理由となっている。なお、XENONnT の前身である XENON1T 実験は、2020 年 6 月 17 日に電子散乱事象の超過を観測したと発表し話題となったが、ほかの理由も考えられるため、これがダークマターを検出した確たる証拠というわけではない。本当にダークマターであるかどうかを確定させるためには、さらなるデータが必要で、XENON1 験の発展型である XENONnT と、LUX-ZEPLIN が重要となってくるという。今回の研究協力協定の一方である DARWIN コラボレーションは、XENON1T および XENONnT を運用する XENON コラボレーションの発展的組織で、より巨大な次世代検出装置を建設するため必要な研究開発に焦点を当てて活動を行うサブグループが追加されている。マルテンス主任研究者と山下特任准教授は、XENON コラボレーションに加えて、この DARWIN コラボレーションのメンバーでもある。

DARWIN コラボレーションでは、これまでにない低バックグラウンドを実現した大量の液体キセノン次世代検出装置を開発するという。それによりダークマターの直接検出をより高感度で行うことに加え、多岐にわたる研究課題に取り組むことを目標としている。2 つ目の目標も非常に重要な、宇宙における物質と反物質の不均衡として知られる「宇宙の物質優勢の謎」に迫る手がかりとなる、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索とされる。そのほか、太陽で生成される可能性のある未発見粒子アクシオン(ダークマターの候補の 1 つ)の探索や、素粒子の稀崩壊現象の探索、太陽ニュートリや大気ニュートリノ、超新星ニュートリの観測も行われる。

今回の研究協力協定により、DARWIN コラボレーションと LUX-ZEPLIN コラボレーションは協力して、新しい共同検出装置を建設することを目指す(建設地については未決定)。次世代の液体キセノン検出装置はダークマターの検出感度を現行の検出装置の少なくとも 10 倍以上向上させる予定だという。開発にあたっては、XENONnT や LUX-ZEPLIN のために開発された技術や、DARWIN コラボレーションに後押しされた技術が組み合わされる予定としている。なお、研究協力協定に署名したマルテンス主任研究者と山下特任准教授は、それぞれ次のよう

に述べている。マルテンス主任研究者は、「ダークマターの正体に迫ることは、Kavli IPMU 設立以来の主要目的の 1 つであり、日本の XMASS 実験もそのダークマター直接探索実験の 1 つです。2017 年には、私は世界有数のダークマター直接探索実験プロジェクトである XENON との共同研究に参加し、昨年からはその次世代の後継実験となる DARWIN のプロジェクトにも参加しています。山下さんは、XENON-10 の頃からのベテラン研究者であり、早稲田大学の道家先生の研究室に所属して XMASS の研究で学位を取られて後、この分野のリーダーとして活躍しています。そして今回、この研究協力協定の締結によって、現在進められているダークマター直接探索実験の将来展望の道筋がつけられたのです。XENON と LUX-ZEPLIN という世界をリードする 2 つの国際共同実験が、それぞれの持つ知識と技術を組み合わせ、現在進行中の実験が一段落した後に、共にダークマターの直接探索に挑戦するのです。日本グループは、XMASS と XENON で培った信頼度の高い確立された技術を武器に、貢献していきます」と述べている。

山下特任准教授は、「私は、学生の頃から 20 年以上、この液体キセノンを用いたダークマター直接探索実験の研究をして来ました。今、世界の研究者が一丸となって、世界で 1 つの究極な観測装置を作ろうとしています。ダークマターは宇宙の歴史の中で星や銀河、また我々が存在するのに重要な役割を担ってきました。しかし、その正体は不明です。この大きな課題に XENONnT や今回の次世代検出器で発見できるのを大変楽しみにしています。Kavli IPMU では理論と実験の両面からダークマターの研究をしており、大きな貢献をできるよう研究を進めていきたいと考えています」と述べている。なお、今回の研究協力協定において署名した日本人研究者は、マルテンス主任研究者と山下特任准教授のほかには、名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所/宇宙地球環境研究所の伊藤好孝教授、神戸大学 粒子物理学講座 粒子物理学教育研究分野の身内賢太朗准教授の 2 名がいるという。



XENON と LUX-ZEPLIN の両実験で用いられる次世代の液体キセノン検出装置が取り組もうとしている研究課題の概要を示したもの。ダークマター直接探索のほかにも、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索、太陽アクシオン探索、太陽ニュートリノや大気ニュートリノ、超新星ニュートリノの観測なども行われる (C)Next Generation Liquid Xenon Observatory (出所:Kavli IPMU Web サイト)

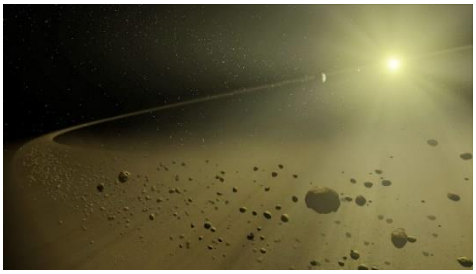
https://sorae.info/astronomy/20210729-tno-asteroid.html

太陽系外縁部から移動してきた？「非常に赤い小惑星」が小惑星帯に存在することを発見

2021-07-29 松村武宏

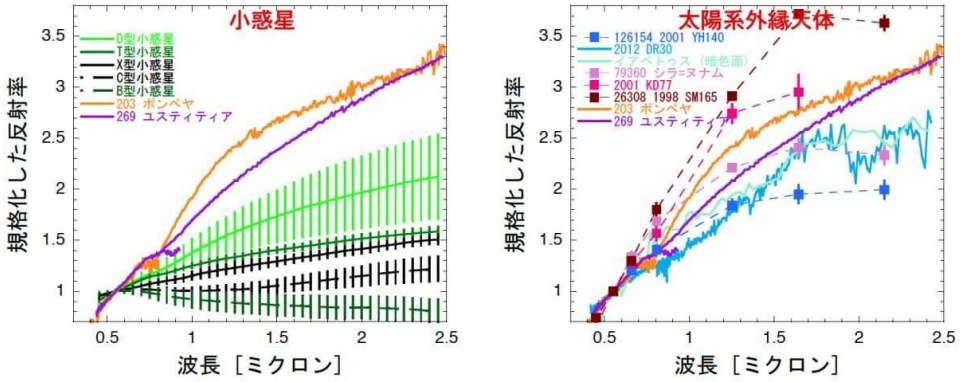
【▲ 岩石や塵を含む小惑星帯を描いた想像図（Credit: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle）】

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所（JAXA/ISAS）の長谷川直氏ら国際研究グループは、火星と木星の間に位置する小惑星帯に、スペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）が非常に赤い特徴を持つ小惑星が 2 つ存在することが明らかになったとする研究成果を発表しました。研究グループは、この 2 つの小惑星から初期の太陽系外縁部の情報が手に入る可能性があるとして注目しています。



■探査すれば初期の太陽系外縁部の情報が小惑星帯で得られる可能性

初期の太陽系にはガスや塵でできた原始惑星系円盤が存在しており、そのなかで塵が集まって微惑星が形成され、微惑星どうしが衝突・合体して原始惑星へ成長したとみられています。研究グループによると、小惑星帯に存在する直径 100km 以上の小惑星は太陽系初期に形成された微惑星の生き残りではないかと考えられていて、研究グループではその組成や分布を解明するべく近赤外線の波長を中心とした分光観測（天体のスペクトルを捉える観測手法）を行っています。研究グループが分光観測を進めたところ、小惑星「ポンペヤ」（203 Pompeja、直径 110km）のスペクトルは波長が長くなるほど強度が上がる、言い換えれば「赤い」スペクトルを持つことが明らかになりました。更に分析を進めたところ、別の小惑星「ユスティティア」（269 Justitia、直径 55km）もポンペヤと同様に赤いスペクトルを持つことがわかったといいます。



【▲ ポンペヤおよびユスティティアのスペクトルを小惑星（左）や太陽系外縁天体など（右）と比較した図。比較対象のアルベド（絶対反射率）はいずれも 0.1 以下（Credit: ISAS, Hasegawa et al. 2021 より改変）】

小惑星は分光観測によって判明した組成をもとに数種類に分類されています。小惑星帯の外縁部や木星のトロヤ群（※）には赤いスペクトルを示す「D 型小惑星」が存在していますが、ポンペヤとユスティティアのスペクトルは D 型小惑星よりもさらに赤く、むしろ海王星の外側に位置する太陽系外縁天体や、木星よりも外側を公転するケンタウルス族の小惑星などと同様とされています。

※…太陽を周回する小惑星のグループのひとつ。太陽と木星の重力が均衡するラグランジュ点のうち、木星の公転軌道上にある「L4 点（公転する木星の前方）」付近と「L5 点（同・後方）」付近に分かれて分布している

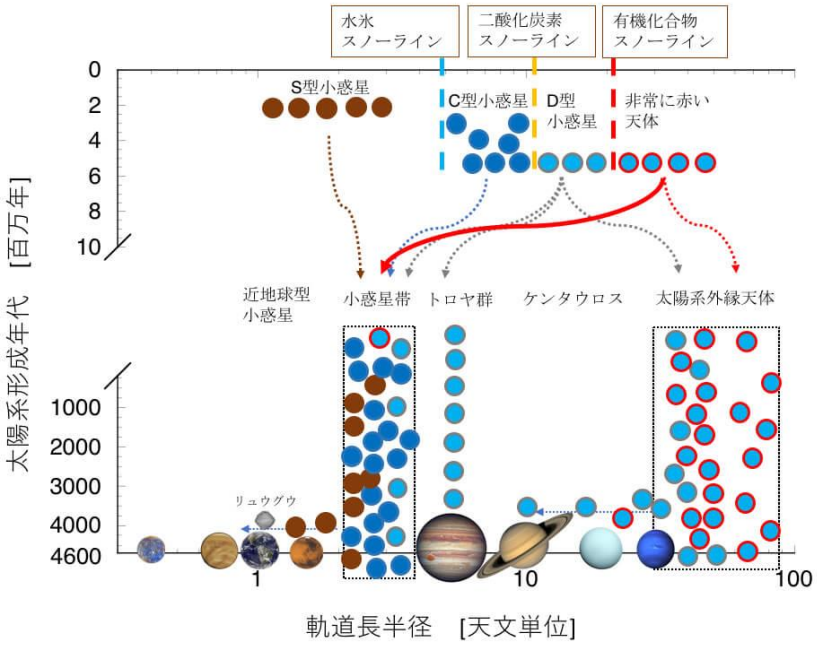
研究グループでは、非常に赤いスペクトルを持つポンペヤとユスティティアが小惑星帯に存在する理由として、太陽系の初期に有機化合物のスノーライン（後述）よりも外側にあたる太陽系の外縁部で形成された後に、現在の軌道まで移動したためではないかと考えています。太陽系外縁天体やケンタウルス族小惑星の表面はメタンやメタノールから生成された複雑な有機物に覆われている可能性が過去の研究で指摘されており、同様のスペクトルを示すポンペヤやユスティティアも同じように有機物で覆われている可能性があるといいます。

また、太陽系の外縁部で形成されたことが考えられるポンペヤとユスティティアを探査することで、遠く離れた太陽系外縁天体まで探査機を送り込まなくても太陽系初期における外縁部の情報が得られる可能性があることから、研究グループは将来の探査対象候補として検討する価値があると指摘しています。

■小惑星の組成を左右した揮発性物質のスノーライン

水、二酸化炭素、有機化合物（メタンやメタノールなど）といった揮発性の物質は、太陽から遠い場所では固体

として存在していますが、太陽に近い場所では揮発して気体になります。固体と気体のどちらになるかは太陽からの距離に左右され、その境界は「スノーライン」（snow line、雪線）と呼ばれています。スノーラインは物質によって位置が異なり、水の氷のスノーラインは二酸化炭素のスノーラインよりも太陽に近く、二酸化炭素のスノーラインは有機化合物のスノーラインよりも太陽に近くなります。小惑星（もしくはその元になった母天体）の形成時にどの揮発性物質が固体として含まれるかは、太陽からの距離に応じて異なることになります。たとえば、JAXA の小惑星探査機「はやぶさ」が探査した小惑星「イトカワ」（25143 Itokawa）は石質の「S 型小惑星」（石質隕石の普通コンドライトに対応）に分類されていますが、S 型小惑星は水氷のスノーラインよりも内側で形成されたとみられています。これに対し、昨年 12 月にサンプルを地球へ持ち帰った「はやぶさ 2」が探査した小惑星「リュウグウ」（162173 Ryugu）が分類されている炭素質の「C 型小惑星」（石質隕石の炭素質コンドライトに対応）は、水氷のスノーラインよりも外側で形成されたとみられています。形成された場所が水氷のスノーラインよりも内側か外側かで、S 型か C 型かが分かれたことになります。
また、二酸化炭素のスノーラインよりも外側の領域では、前述の D 型小惑星が形成されたと考えられています。D 型小惑星のスペクトルは彗星のスペクトルに似ていることが知られており、彗星と同様に水や二酸化炭素を含むとみられています。いっぽう、太陽系外縁天体やケンタウルス族小惑星のように非常に赤いスペクトルを持つ天体は、有機化合物のスノーラインよりも外側の、太陽から遠く離れた領域で形成されたと考えられています。



【▲ 太陽系の進化を示した図（Neveu & Vernazza2019 および DeMeo & Carry2014 を参考に作成されたもの。Credit: ISAS, 天体画像：NASA、リュウグウ画像：JAXA）】
近年の太陽系形成モデルでは、木星や土星といった巨大惑星が形成後に移動したと考えられており、移動の影響を受けた他の天体の軌道も変化したとみられています。形成当時はスノーラインに応じて組成が分かれていた小惑星も、移動する巨大惑星の影響を受けてそれぞれの軌道が変化したことで、現在の小惑星帯には異なる組成の小惑星が存在するようになったと考えられています。研究グループによると、スノーラインと最新の太陽系形成モデルを組み合わせて小惑星帯～木星トロヤ群に存在する小惑星の数を推定すると、D 型小惑星よりも遠くで形成された非常に赤いスペクトルの天体のほうが、この範囲における数は少ないことが考えられるといいます。実際に、小惑星帯に存在する非常に赤いスペクトルの天体の数は D 型小惑星と比べてはるかに少なく、最新の太陽系形成モデルの確からしさが支持されるとしています。
関連：隕石内部に取り込まれていた太陽系初期の炭酸水、理論を裏付ける発見
Image Credit: JAXA 宇宙科学研究所　Source: JAXA 宇宙科学研究所　文／松村武宏

https://www.cnn.co.jp/fringe/35174431.html

観測史上最大級の彗星を発見、２０３１年に太陽最接近へ

2021.07.28 Wed posted at 09:26 JST

太陽系の外にある「バーナディネリ・バーンスタイン彗星」のイメージ画/J. da Silva/NOIRLab/NSF/AURA

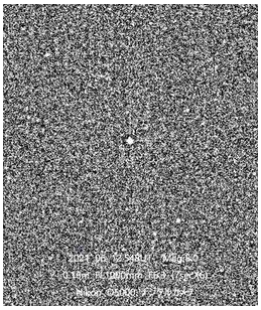
（ＣＮＮ） 観測史上最大級とされる直径１００～２００キロの彗星（すいせい）が発見された。２０３１年には太陽へ最接近すると予想される。観測チームが先月発表したところによると、発見者である米ペンシルベニア大学の大学院生と教授の名前を取って「バーナディネリ・バーンスタイン彗星」と名付けられた。質量は通常の彗星の約１０００倍。太陽系の最外縁部が起源とみられる。地球と太陽の距離を１とする天文単位（ＡＵ、約１億５０００万キロ）を使うと、太陽から４万ＡＵ離れた場所を出発し、何百万年もかけて太陽に向かっている。接近中の彗星がこれほど遠くで見つかったのは初めて。南米チリの天文台にある口径４メートルの望遠鏡に取り付けられた「暗黒エネルギーカメラ」が過去６年間に収集したデータから特定された。彗星は太陽に近づくと本体の氷が解け、ガスやちりが放出されて尾ができる。バーナディネリ・バーンスタイン彗星を１４～１８年にとらえた画像では尾が見えなかったが、ここ３年間は尾が現れるようになった。現在は太陽から天王星までと同じくらいの３０億キロほど離れた位置にあり、３１年には土星までの距離に近い位置まで接近する。

バーンスタイン教授によると、この彗星が前回、太陽系に近付いたのは３００万年以上前のことだという。

https://www.asahi.com/articles/ASP7Z5RT1P7WULBJ002.html

半世紀で３例目、超レアな新星発見　北海道のアマ天文家

東山正宜 2021 年 7 月 30 日 19 時 09 分



新星を発見した上田清二さん=本人提供

北海道釧路市のアマチュア天文家、上田清二さん（68）が、星が急激に明るくなる「新星」と呼ばれる現象のうち、明るくなったあと、通常の数十倍から数百倍の速さで暗くなる星を発見した。新星の明るさはもとの星が重いほど変化が速いが、ここまで速く暗くなるのは極めて珍しいという。専門家は「ここ半世紀で３本の指に入る減光速度だ」と評価している。　新星は、燃え尽きた星に近くの星からガスが流れ込み、ある程度たまると核融合が起こって爆発する現象。星ごと吹っ飛ぶと超新星、表面のガスだけが爆発すると新星と呼ばれる。星が重いほど少量のガスでも核融合が始まるため、すぐに燃え尽きるほか、ガスが四散するのも速いため急速に暗くなる。今回の新星もこのパターンらしい。　上田さんは 6 月 12 日、自宅の天文ドームでいつものように撮影を開始。もやが晴れ始めた午後 9 時ごろ、ヘルクレス座に 8 等の明るい新星があるのを発見した。望遠鏡で正確な位

置を調べて報告すると、イタリアなど世界中のチームが観測を引き継ぎ、詳しい明るさの変化がわかった。

国立天文台によると、V1674と名付けられたこの新星は、通常なら2等級暗くなるのに数十日から数百日かかるのを2日で減光した。1975年と91年にも似た新星があり、この半世紀で3例目という。

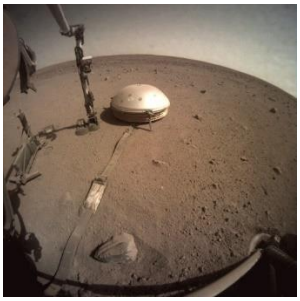
上田さんが新星を発見したのは2回目。「大陸の東に位置する日本は、新星や超新星を早く発見しやすい地の利がある。見つけたときの身震いする感覚。ライフワークです」と話す。

国立天文台の前原裕之助教（恒星物理学）は「新星の明るさが最大になる前に発見され、報告も早かったため、明るさの変化が詳しく観測できた。今回の発見は、この分野に大きな貢献になった」とたたえた。（東山正宜）

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/072900379/

火星の核は予想以上に大きかった、続々明らかになる内部構造

人類が初めて送り込んだ地震計が火星の実像をあらわに　　2021.07.29



Matt Chwastyk, NG Staff, Source: NASA

NASAの火星探査機インサイトは、2019年初頭から地震計を使って、火星の内部構造を理解するために必要なデータを集めている。その結果、火星の核の大きさだけでなく、地殻やマントルについても詳しいことがわかってきた。（PHOTOGRAPH BY NASA/CALTECH）[画像のクリックで拡大表示]

火星内部には予想以上に大きな核が潜んでいることが、NASAの火星探査機「インサイト」の測定データによって明らかになった。　2018年に火星に着陸したインサイトは、高感度の地震計を搭載している。人類が初めて他の惑星に送り込んだ地震計だ。今回、そのデータを解析し、火星の内部構造に迫った3つの研究成果が、7月22日付けの学術誌「サイエンス」に発表された。（参考記事：「火星着陸へ、NASAの探査機インサイトを解説」）

内部構造から見える火星の成り立ち

地中を伝わる地震波は、これまでも地球の内部構造を知るために利用されてきた。異なる構造の境目で、地震波の速度や方向が変化するからだ。火星でも同じようにして地震波を調べたところ、内部はやはりいくつかの層に分かれ、中心に直径約3700キロメートルの核が存在していることがわかった。

地震データを直接測定して核の大きさを求めた天体は、地球と月に次いで、今回の火星が3番目となる。地球の核は1900年代初期に、月は2011年に測定された。インサイトは核だけでなくマントルと地殻の測定も行っており、これらの結果をすべて合わせれば、火星の歴史についてさらに詳しい理解が得られると期待されている。（参考記事：「火星の地震を初観測、なぜ起こる？何がわかる？」）

過去45億年の間に火星はいかにして形成され、変化していったのか。かつては液体の水をたたえ、磁場を持ち、生命がいたかもしれないこの星は、どのようにして今日のような砂漠の広がる過酷な環境に変わってしまったのだろうか。

たった1台の地震計で挑む

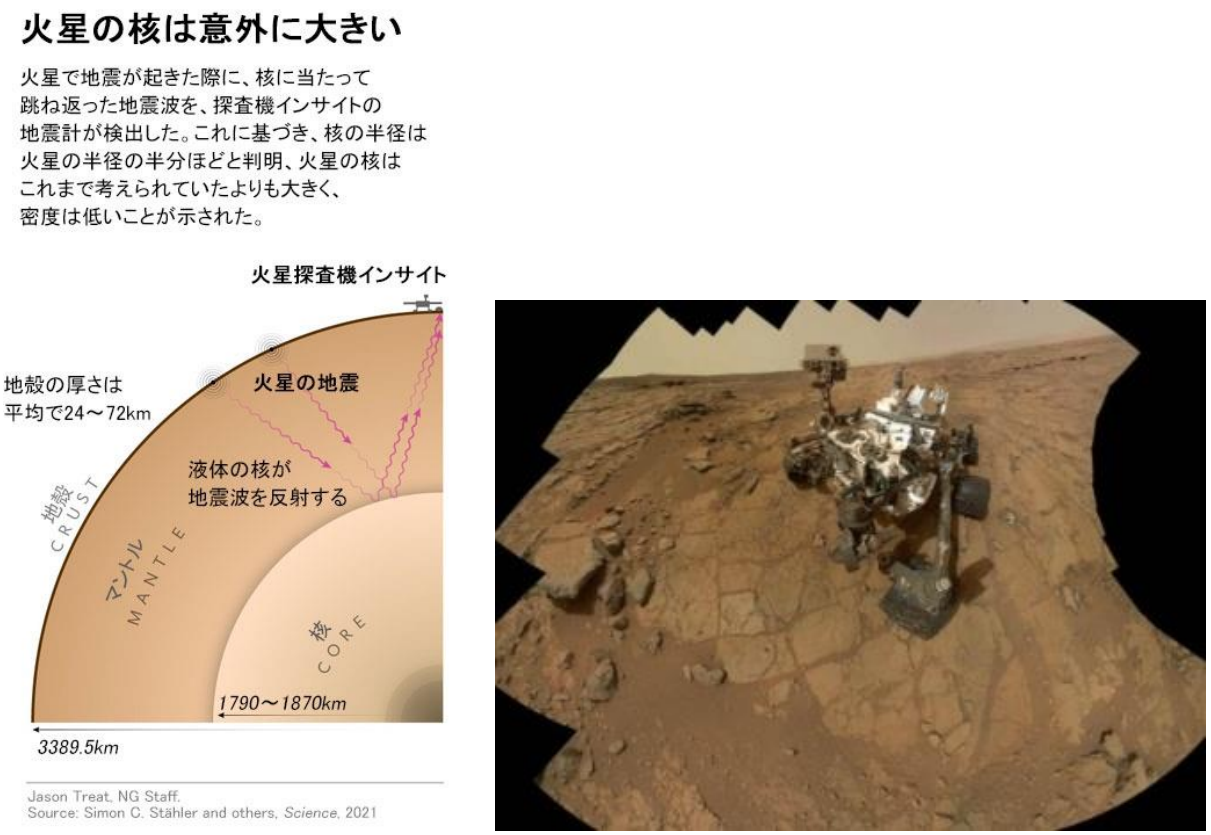
インサイトのデータを解きほぐして火星内部の構造を明らかにするのは、なかなか困難な仕事だ。地球上では数万台もの地震計のネットワークを使って地震波を観測するが、火星には、インサイトの地震計がたった1台、1カ所にしか置かれていない。　おまけに、地球と違って火星には大きな地震がほとんど起こらない。火星で最

大級の地震でも、震源地から数キロ以内に立っていなければ人間の体では感じることもない。その点インサイトは極めて敏感なため、地震の少ない火星では遠くで発生したごくわずかな揺れでも感知することが可能だ。とはいえ、風の音や舞い散る砂塵、気温の変化によってインサイトに生じるきしみや破裂音など、雑音を完全に遮断するのは難しい。　地球上の地震波と同様、火星の地震波にもＰ波とＳ波がある。Ｐ波は固体、液体、気体を通過できるが、Ｓ波は固体しか通過しない。こうした性質を利用することで、惑星の内部構造を推測できる。

　火星内部においては、Ｐ波は固体のマントルの先にある液体の核まで通過するが、Ｓ波は核まで入り込むことができない。一部のＳ波は核とマントルの境界面で跳ね返り、地表まで戻ってくる。　スイス、チューリッヒ工科大学の惑星地震学者シモン・シュテーラー氏を含むインサイトの研究者たちは、まさにこの跳ね返りを探していた。2019 年 7 月に発生した地震データからヒントを得た研究チームは、地震波が 3 段階に分かれて届いた地震がないかを調べた。Ｐ波、Ｓ波、そして数百秒後に跳ね返ってきた微弱なＳ波が届くような地震だ。

次ページ：該当する地震は 6 回発生していた

すると、該当する地震は火星で 6 回発生していた。これを 5000 種類の火星マントルのモデルと照らし合わせてみると、地震波は地下およそ 1600 キロで何かにぶつかって跳ね返ってきていることがわかった。ここが、固体のマントルと液体の核との境界面ということになる。（参考記事：「研究者も困惑　火星の大地に響きわたる謎の「脈動」」）　この境界面の深さを基に、インサイトのチームは、火星の核の直径がこれまで考えられていたよりもわずかに大きい 3580～3740 キロであると推定した。つまり、核の平均的な密度は考えられていたよりもわずかに低いということになる。この推定を過去の研究成果と合わせて考えると、液体の核は鉄とニッケルから成り、総重量の 10～15%の硫黄を含み、その他少量の酸素、水素、炭素といった軽元素を含んでいると考えられる。



火星探査車キュリオシティの自撮り写真。（PHOTOGRAPH BY NASA, AP）［画像のクリックで別ページへ］

　また、火星のマントルは地球ほどの深さと圧力がないため、下部マントルは形成されていないことも示された。地球の場合、地下約 660 キロより深いところに高温高圧の岩石でできた下部マントルが存在し、核の熱を閉じ込めている。火星の核が冷えやすかった原因は、この下部マントルがなかったためとも言えそうだ。

　この冷えやすさが、太古の火星の核における熱移動を助け、惑星全体を包む磁場を作り出していたのかもしれない。　現在の火星にはそのような磁場は存在しないが、南半球の地殻は強力な磁気を帯びている。これは 45 億

～37 億年前に、火星に地球のような磁場があったことを示している。火星が磁場を失ったのは、大気の大部分が失われたことと関連付けられており、なぜ磁場がなくなったのかがわかれば、火星が今のような乾燥した不毛の星になった時期や原因も明らかになる可能性がある。

あと 2 つの論文が明らかにしたこと

インサイトのデータは、火星の核だけでなく、マントルや地殻についても理解する手がかりを与えてくれた。「サイエンス」誌に発表された第 2 の論文によると、チューリッヒ工科大学の地球物理学者アミール・カーン氏率いるチームは、火星の地震データを使って約 400～600 キロの地下で温度が大きく変化していることを発見した。そこよりも上にある地殻とマントルは、熱を伝導するリソスフェア（岩石圏）を構成している。一方、それより下のマントルは粘性の液体のようにふるまい、ゆっくりと熱を対流させている。

さらに、火星地殻の下部に熱を発する元素が豊富に含まれていることも示された。その量は、その下にあるマントルの 13～21 倍とされている。これらの結果から、火星に地殻変動がないにもかかわらず火山が存在する理由が明らかになるかもしれない。　3 つ目の論文は地殻の構造に迫ったもので、その結果によると地殻は 2 通りの解釈ができるという。一つは 2 層から成る厚さ 20 キロの地殻、もう一つは 3 層から成る厚さ 39 キロの地殻だ。どちらが正しいかがはっきりすれば、これもまた火星の起源やこれまでの変化を知る手がかりとなるだろう。

（参考記事：「史上初、火星へリコプターが離陸に成功、そのすごさを解説」）

参考記事：祝 20 周年！探査機が撮った火星の絶景写真 36 点（画像クリックで記事へ）

文＝MICHAEL GRESHKO／訳＝ ルーバー荒井ハンナ

https://news.mynavi.jp/article/20210727-1931983/

火星は約 37 億年前に冷却と乾燥化が進んで火山活動も停止した、東大が解明

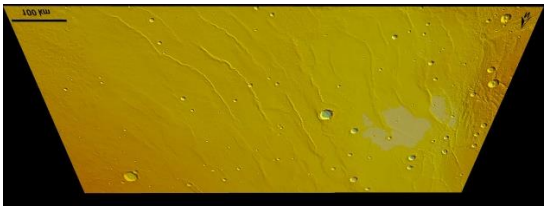
2021/07/27 18:28　著者：波留久泉

東京大学(東大)は 7 月 25 日、クレーター年代学を発展させた最新の年代決定手法である「Buffered Crater Counting」を用いて、火星表層で見られるしわ状の地質構造である「リンクルリッジ」の形成年代を推定し、その多くは 25 億年から 38 億年前に形成され、特に 35 億 5000 万年から 35 億 9000 万年前に最も集中していることがわかったと発表した。またその結果から、火星内部は約 37 億年前に冷却が進み、大規模な火山活動が停止したことが示唆されたことも合わせて発表された。同成果は、JAXA のルジ・トリシット開発研究員(研究当時:日本学術振興会 外国人特別研究員)と東大大学院 理学系研究科の河合研志准教授らの研究チームによるもの。詳細は、太陽系に関する多方面の研究を扱った学術誌「Icarus」に掲載された。

地球型惑星(岩石惑星)の進化についての研究では、熱史の理解が重要と考えられている。特に火星は、衝突を免れて生き残った原始惑星とする説もあり、地球と比べて小型であったことから冷えるのも早かったとされる。火星では、その熱の大半が形成から間も無くして表面からの熱放射によって失われたという。かつては厚い大気があり、また大洋を有した地球に似た惑星だったが、熱が失われたことなどが大きく作用し、現在では乾燥寒冷な表層環境へと変貌してしまったと考えられている。とはいえ、単純に熱が逃げていったわけではなく、実際には火山活動などによる熱損失が複雑に生じていたと考えられており、全球での熱損失の過程や速度は現在も未解明な点が多い。火星は地球と異なり、プレート運動や風化浸食作用による表層物質の更新の影響が少ない。そこで表層に保存されている地質構造や地形を観測し、形成過程や形成年代を明らかにすることで、過去の火星における熱消失過程やその年代を理解できると期待されている。全球的に分布している地殻変動(特に火山活動に関連した応力の履歴)により形成された地形は、過去の火星での熱進化を理解する上で最も重要な対象の 1 つだ。中でも、地表に出現していない逆断層「衝上断層(ブラインドスラスト)」により表層に形成されるしわ状の表面地形である「リンクルリッジ」は、過去の応力場を推定するための最も優れた指標の 1 つと考えられている。

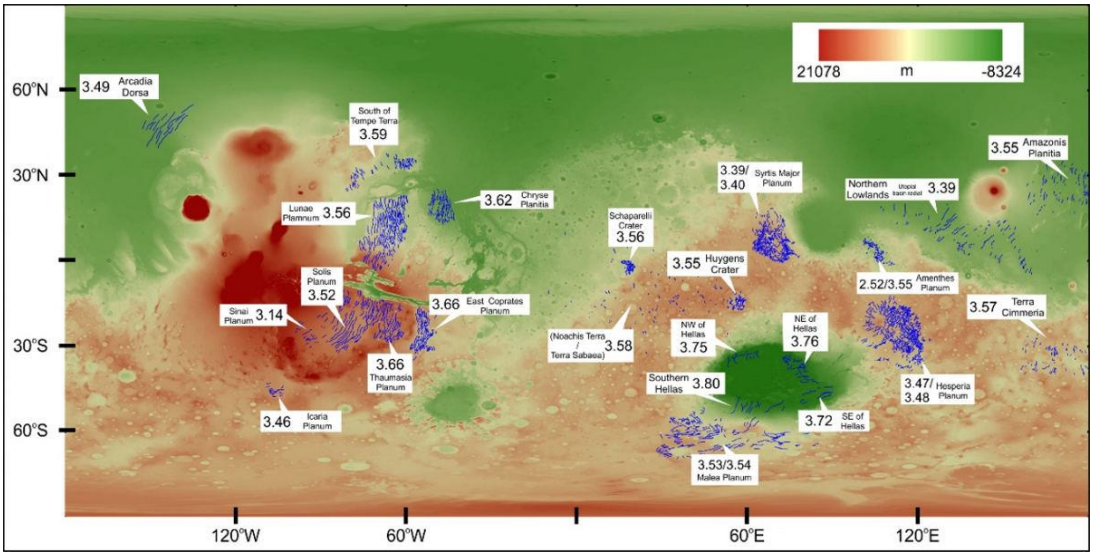
しかし層序関係に基づく相対年代や、局所的な絶対年代の推定が行われた先行研究では、用いられた画像が低解

像度であるため、推定された形成年代に大きな誤差が生じてしまっていたという。リンクルリッジの形成年代を高精度に決定することは、当時の火星での火山活動に関連した応力履歴の理解に繋がり、熱史の解明にとって重要な鍵となるとされる。そこで研究チームは今回、これまで全球撮影を実施した観測衛星の中でも最高解像度を誇るカメラ「Context Camera」を搭載する「Mars Reconnaissance Orbiter」(MRO)による画像を用いることにしたという。MRO を火星の 99%以上を撮影済みで、これまで数々の発見を行ってきたにわたる NASA の衛星だ。その高精細画像を用いて、リンクルリッジの分析を行うことにしたという。



Thermal Emission Imaging System(THEMIS)モザイク画像(Christensen et al., 2004)に Mars Orbital Laser Altimeter(MOLA) - High-Resolution Stereo Camera(HRSC)blended DEM(Smith et al., 2001; Fergason et al., 2017)を投影した火星表面の 3 次元形状モデル。北東-南西方向に線状に伸びている地形がリンクルリッジだ (出所:東大 Web サイト)

まず、伸長方向と形態(長さ、高さ、幅、間隔)に基づいた特定がなされ、リンクルリッジは 27 か所の地域に分布することが明らかにされた。これらの地域は、火星における主要な火山地域を取り囲むように存在している点が特徴だ。次に、特定されたリンクルリッジの年代決定が、最新のクレーター年代決定法である「Buffered Crater Counting」(BCC)を用いて実施された。BCC はリンクルリッジのような線状の地質構造であっても、正確かつ高精度に形成年代を推定することができる強力な年代決定法だ。すると、すべてのリンクルリッジが 25 億年から 38 億年前に集中していることが判明。特に、最も多くのリンクルリッジが形成されているのが、35 億 5000 万から 35 億 9000 万年前であることが明らかとなったのである。



今回の研究によって記載された火星全球でのリンクルリッジの分布と形成年代。青線は特定されたリンクルリッジ。数字は BCC に基づき決定された年代(単位:Ga)。背景色は MOLA-HRSC blended DEM (Smith et al., 2001; Fergason et al., 2017)に基づく火星全球の標高が示されている (出所:東大 Web サイト)

周囲の火山によって形成されたと考えられる溶岩平原の形成年代を考慮すると、溶岩平原を形成した火山活動は約 37 億年前に鎮静化し、その後リンクルリッジが形成されたと考えられるという。その後、35 億年前頃には一部の火山は一時的に活動を再開したと考えられるが、35 億年前以降のリンクルリッジの分布を見ると、局所的なものであったと考えられるとしている。このことから、火星においては火山活動による内部からの熱損失は一定ではなく、37 億年前頃に最も急速に進んだことが示唆されたとした。

また、38 億年前以前に形成されたリンクルリッジが表面に見られないことから、38 億年前以前は激しい浸食作用が起きる湿潤な気候であったとする(38 年前以前に海洋などがあったと考えられる)。しかし、38 億年前頃に大規模な気候変動が起きたために水が蒸発、もしくは氷となって地下に姿を消したため(液体の水が地下にあるとする説もある)、浸食されることがなくなったリンクルリッジが現在まで保存されていると考えられるとしている。今回の研究で解明されたリンクルリッジの形成年代は、地球表層に残されている地殻変動による表層地形年代よりもずっと古く、地球生命の誕生と考えられている年代と比較的近いことが示されている。すなわち地球で生命が誕生した頃、火星はすでに熱的に“死にかけた”状態へと進化しており、すでに現在のような乾燥寒冷な表層の環境になっていた可能性があるとする。研究チームは今後、今回の研究手法を地溝や正断層など、火星で見られるほかの表層地形に適用して正確な年代決定を行うことを目指すという。今回の研究は火星内部のダイナミクスの理解への第一歩であり、火星における熱史の解明につながるだろうとしている。

https://news.mynavi.jp/article/20210727-1931863/

金星探査機「あかつき」の観測から金星の夜間の大気循環を解明 - 東大など

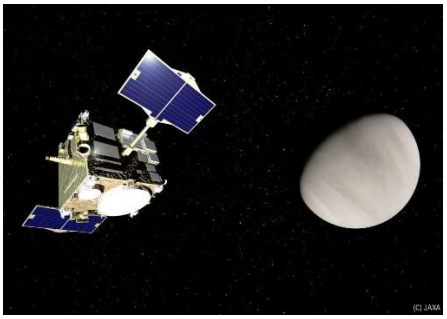
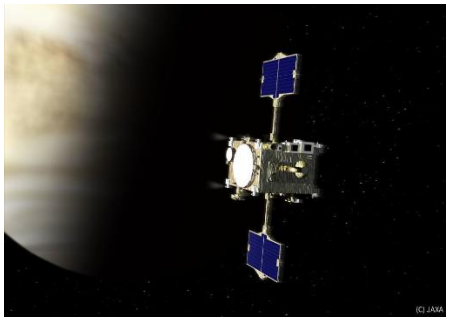
2021/07/27 16:06　2021/07/28 19:06　著者：鳥嶋真也

目次　1 金星の赤道から両極へと向かう大気の流れにまつわる謎

金星の赤道から両極へと向かう大気の流れにまつわる謎
2「あかつき」が見た金星の夜間の大気循環、さらに系外惑星の研究にも
金星の夜間の大気循環を解明　金星が系外惑星の研究の参照天体に

東京大学(東大)や立教大学、宇宙航空研究開発機構(JAXA)などの研究グループは 2021 年 7 月 21 日、金星探査機「あかつき」が取得した赤外線画像の解析から、金星の夜間の大気循環のメカニズムについて解明することに成功したと発表した。金星が夜の間、雲頂にどのような流れのパターンが生じるのかは、40 年来の謎だった。今回の研究で、夜間には昼間とは逆方向の南北風が生じることが判明。スーパーローテーションと呼ばれる高速大気循環のメカニズムや平均的な南北循環の理解が得られたとしている。

論文は同日付け発行の論文誌『Nature』に掲載された。

金星探査機「あかつき」の想像図 (C)JAXA　「あかつき」と金星の想像図 (C) JAXA

【キャプション】金星探査機「あかつき」の紫外イメージャ(UVI)が撮影した金星昼面合成擬似カラー画像(2018 年 3 月 30 日に撮影されたもの)。金星には硫酸の雲が浮かび、表面を隙間なく覆っているうえ、その雲頂にあたる高度 65km 付近では、100m/s ものスピードで金星全体を西向きに回る風が吹く、「超回転(スーパーローテーション)」と呼ばれる現象が起きている (C) PLANET-C Project Team

金星の赤道から両極へと向かう大気の流れにまつわる謎

金星は地球の内側にある惑星で、直径は地球の約 95%、質量は地球の約 82%と、大きさ・質量ともによく似ており、「地球の双子星」とも呼ばれる。一方で、金星は二酸化炭素を主成分とする濃い大気をもち、その温室効果によって地表の温度は 460℃にも達する。高高度には硫酸の雲が浮かび、金星の表面を隙間なく覆っているうえ、その雲頂にあたる高度 65km 付近では、100m/s ものスピードで金星全体を西向きに回る風が吹く、「超回転(スー

パーローテーション)」と呼ばれる現象も起きている。こうした金星の大気のメカニズムを調べることは、なぜ金星と地球の大気は大きく異なる大気の道をたどったのか、いわば「惑星の運命を分ける条件」を知ることにつながる。また、惑星全体が雲に覆われていたり、スーパーローテーションが起こっていたりといった現象は、金星だけでなく、太陽系の外にある惑星でも見つかっており、そうした未知の惑星について理解していくうえで金星が指標になりうることもあり、惑星科学者にとって、そして金星探査機「あかつき」にとって、金星大気のメカニズムの解明は大きな目標となっている。金星大気の運動はこれまで、昼間に太陽の紫外線によって照らされた雲の連続画像から主に推定されてきた。紫外線では雲に混入した化学物質の濃淡の模様が見えるため、これを追跡することで、大気の動きがわかる。そして、これまでの観測から、金星の大気の運動には、スーパーローテーションに加えて、赤道から両極へと向かう 10m/s 前後の流れもあることが知られていた。この極向きの流れは、約 40 年前の発見当初、地球にも存在する「ハドレー循環」を捉えたものだと解釈されてきた。

ハドレー循環とは、惑星の赤道付近に多くの太陽光エネルギーが供給されることで、赤道付近で大気が暖かく、高緯度で冷たくなり、その温度差を解消するように、大気は赤道域で上昇し、大気上層で高緯度に向かって流れ、そして高緯度で下降し、大気の低層で再び赤道域に戻ってくるような循環のことである。地球では赤道域から緯度 30°付近までの範囲に存在し、一方金星では、太陽光によってよく加熱される雲頂付近と地表付近に存在すると予想されており、地球と違って赤道域から高緯度まで到達する可能性があるとされていた。また、スーパーローテーションと重なって同時に生じており、一般に東西風に比べてはるかに遅い循環でもあるとされる。

しかし、近年の研究から、「熱潮汐波」という、また別の現象の一部を捉えたものなのではないか、という説が出てきた。熱潮汐波とは、惑星の大気が太陽直下点付近で太陽光により加熱され、その加熱場所が惑星の自転や大気の循環のために大気から見て相対的に移動していくことにより、惑星規模の流体波動が発生するという現象で、地球や火星などでも広く観察されている。この熱潮汐波は東西方向だけでなく高度方向にも伝播し、離れた高度間で運動量を運ぶことによって平均東西風の加速や減速をもたらしている。

ハドレー循環は昼夜すべての南北風を平均した流れであり、熱潮汐波は昼夜の風の違いをもたらす。ハドレー循環と熱潮汐波は、金星全体をおおう雲が太陽光を受け止めることによって生じる、主たる 2 つの大気現象であると考えられ、ハドレー循環はエネルギーと物質の循環を、熱潮汐波はスーパーローテーションの維持に影響を与えている可能性があると考えられている。これらのメカニズムや、極向きの流れのうち、どれほどがハドレー循環を反映しており、どれほどが熱潮汐波にともなう昼間に特有の風であるのかは、40 年来の謎だった。

それを解明することは、金星大気の理解にとって不可欠である。しかし、そのためには金星の大気を昼夜の区別なく観測し、全体構造をとらえる必要がある。金星の夜間の雲の動きを見るには、雲が発する赤外線を撮影することで場所による雲頂温度の違いを追跡する手法がある。だが、これまで赤外線を用いて継続的に金星全体が撮影されたことはなく、また赤外線でははっきりしたパターンを見ることができなかった。

次へ：「あかつき」が見た金星の夜…

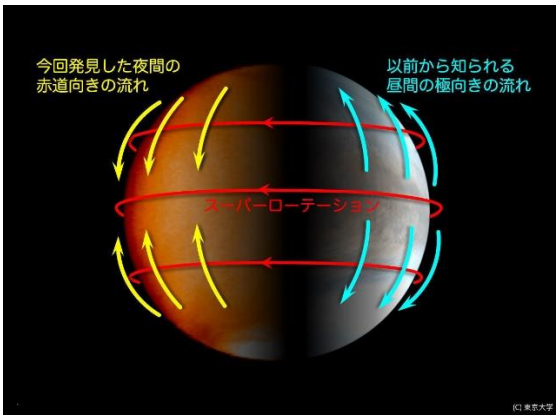
金星の夜間の大気循環を解明

そこで、東京大学大学院理学系研究科の修士課程学生(当時)であった福谷貴一氏と、東京大学大学院新領域創成科学研究科教授の今村剛氏らを中心とする、東京大学と立教大学、JAXA などの研究グループは、日本の金星探査機「あかつき」の観測データから、この謎の解明に挑んだ。

「あかつき」は「金星気象衛星」の異名を取り、5 台のさまざまなカメラと電波観測を駆使し、金星の大気を上から下まで 3 次元的に観測し、金星の大気や気候の仕組みに迫ることを目的としている。2010 年 5 月に打ち上げられ、同年 12 月に金星周回軌道への投入に失敗するも、2015 年 12 月に再挑戦して成功。以来、観測を続けている。研究チームは今回、観測機器のひとつである「LIR」という赤外線カメラ(サーモグラフィ)を使って、2 年間にわたって、約 1 時間ごとの金星の雲画像を取得した。

また、そのままでは温度のむらとノイズの区別がつきにくいため、大気のスーパーローテーションによる雲の移動を考慮して複数の画像を互いにずらしながら重ね合わせて平均するという手法を開発し、ノイズを低減。この工夫により、雲頂の 0.3℃程度の細かな温度変動を浮かび上がらせ、大気の運動を可視化することに成功した。

そして分析の結果、夜間の雲頂には、昼間とは逆に両極から赤道に向かう、昼間と同程度の速さの流れが生じており、昼夜を通して平均すると南北の循環はほぼないこと、また夜間の赤道向きの流れは主に日没から真夜中にかけて生じていることがわかったという。



今回明らかになった金星の雲層付近の循環のイメージ。惑星全体の超回転(赤)に重なるように、昼側では極向きの流れ(水色、右)、夜側では赤道向きの流れ(黄色、左)が卓越している。今回赤外線観測で発見された夜側の赤道向きの流れが、昼側の極向きの流れを相殺している。このような昼夜の流れの違いは熱潮汐波による。昼側の画像は金星探査機あかつきに搭載された紫外カメラ UVI、夜側の画像は赤外カメラ LIR が撮影したもの (C) 東京大学(金星画像は JAXA 提供)

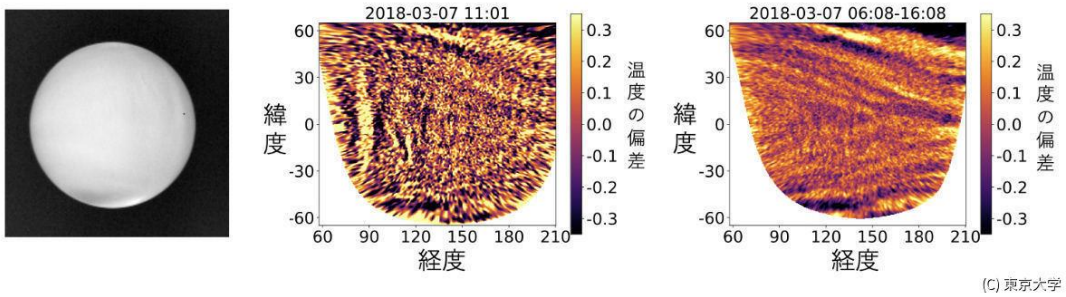
さらに、時刻による風速の違いから、熱潮汐波の速度構造が初めて判明。熱潮汐波は東西方向に一周する間に 2 波長を含むような周期成分(半日潮)を多く含み、それが高度方向に力を伝える(東西方向の運動量を高度方向に運ぶ)ことによって、スーパーローテーションの維持に働いていることが示唆されるという。

こうしたことから、雲頂の高度で平均南北循環がほぼゼロであることは、ハドレー循環の極向きの流れが雲頂より高いところにあり、赤道向きに戻ってくる流れが雲頂より低いところにあるために、その中間の高度にあたる雲頂では南北の流れが弱いと解釈できるという。また、硫酸の雲はこれまで主に赤道域で作られて極向きに運ばれていると考えられてきたが、実際には、大部分は雲層内にある赤道向きに戻ってくる流れによって高緯度から運ばれていることを示唆しており、またこのような循環パターンは、大気全体のエネルギーの循環やスーパーローテーションを維持する流体力学にも大きく影響するとしている。研究チームは、今回の研究でハドレー循環や熱潮汐波の構造がわかったことで、数値シミュレーションによる金星大気物理の研究は今後、これらの結果の再現を目指すことが目標となるとしている。なお、2020 年に北海道大学や JAXA などの国際研究グループが、熱潮汐波とスーパーローテーションに関する米科学雑誌『Science』に発表しているが、この発表の趣旨は「熱潮汐波が南北方向に運動量を運んでスーパーローテーションを維持している」というものであり、今回の発表は「熱潮汐波が高度方向に運動量を運んでスーパーローテーションを維持している」というもので、違いがある。

研究チームの今村氏は、19 日に行われた記者会見で、「今回報告したような、高度方向への運動量の輸送が起こっているのではということは、じつは古典的な考え方で、何十年も前から仮説としてありました。それを今回、観測データから確からしく強化することができました。それに対して、2020 年に報告した南北方向への輸送メカニズムというのは、それまでスタンダードな考え方ではなく、『あかつき』の観測データから初めて起こりうることが示された、新しい考え方なのです」と語った。

「全体的に見て、どちらがスーパーローテーションの維持に重要なのかと考えてみると、だいたいどちらも同じ大きさなので、おそらく両方重要で、どちらもその維持に貢献しているのだと思います」(今村氏)。

また、「ただ、この 2 つだけで終わりというわけではないと思います。これまで明らかにすることができたのは、雲が存在する高度 50～70km あたりの流体力学だけです。地表に近いところで何が起こっているのかはまだわかっていません。そこではまた違ったスーパーローテーションのメカニズムが働いている可能性があります。今後、さらなる観測と理論的な研究で解き明かしていきたいと考えています」とも語った。



(左)LIR による金星の赤外線画像。(中央)赤外画像を金星の地理座標に展開して細かいパターンを強調したもの。(右)画像の平均化処理によりノイズを低減したもの (Fukuya et al., 2021 を改変) (C) 東京大学

金星が系外惑星の研究の参照天体に

また、金星の風や雲頂温度の分布を昼夜関係なく観測できるようになったことは、さまざまな大気現象の時間変化を追跡することを可能にし、金星気象学に新たな手法をもたらしたとし、さらに多くの謎の解明も期待できるという。くわえて、今回明らかになったような雲層の日射加熱への大気力学の応答は、太陽系の内外にある惑星や天体の大気においてもスーパーローテーションを引き起こすなど重要な役割を果たすと予想されており、太陽系の気象学と系外惑星の科学の連携による解明が望まれるとしている。

スーパーローテーションは、程度や形は金星とは異なるものの、木星や土星といった惑星や、土星の衛星「タイタン」でも起こっており、そのメカニズムは金星同様にわかっていない。さらに近年では、太陽系の外にも高高度が雲に覆われた惑星や大気がスーパーローテーションしていると考えられる惑星がいくつも発見されていることからも、金星がそのような天体の研究の参照天体として、今後より注目されていくことになるかもしれない。

なお、「あかつき」の現状と今後について、JAXA 宇宙科学研究所の中村正人氏は「探査機の寿命を決めるのは燃料であることが多いのですが、すでに『あかつき』の燃料計はエンプティの警告ランプが点いています。ここから先、どれくらいもつかはわかりませんが、短くて 3 年、長くて 9 年と見積もっています」と語った。ただ、「あかつき」はすでに打ち上げられてから 10 年以上経っていることから、「搭載機器の冗長系などが壊れる可能性があり、そうなると、運用をどうするかは難しい状況になるでしょう」とも語った。また「今回の研究は、2 年間にわたる長く連続的なデータが取得できたからこそ実現できました。宇宙科学の他の分野では観測データからすぐに論文が書けるものもありますが、『あかつき』のような気象観測は、しばらくしてから成果が出てくるものなのです。これからもいろいろな成果が出てくると思いますので、楽しみにしていてください」と結んだ。

参考文献　・The nightside cloud-top circulation of the atmosphere of Venus | Nature

・JAXA | 金星探査機「あかつき」の観測成果論文の Nature 誌掲載について

・金星探査機「あかつき」　・探査機を知る ｜ ミッション ｜ 金星探査機「あかつき」

鳥嶋真也とりしましんや

https://sorae.info/astronomy/20210728-ganymede.html

木星の衛星ガニメデの希薄な大気に水蒸気が存在する証拠を発見、ハッブルによる観測成果

2021-07-28　松村武宏

スウェーデン王立工科大学（KTH）の Lorenz Roth 氏らの研究グループは、「ハッブル」宇宙望遠鏡による木星の衛星ガニメデの観測データを分析した結果、ガニメデの希薄な大気に水蒸気が存在する証拠が初めて明らかになったとする研究成果を発表しました。

【▲ 木星（奥）と衛星ガニメデ（手前）を描いた想像図（Credit: ESA/Hubble, M. Garlick）】

【▲ 木星探査機ジュノーが撮影したガニメデ（Credit: Courtesy of NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Kevin M. Gill）】

直径 5268km のガニメデは既知の天体としては太陽系で 9 番目に大きく、惑星である水星（直径 4880km）よりも大きな衛星です。ガニメデは独自の磁場を持つことが明らかになっており、その内部は氷、岩石、鉄が分化した層状の構造を成していると考えられています。先日はアメリカ航空宇宙局（NASA）の木星探査機「ジュノー（Juno）」がガニメデのフライバイを実施し、20 年ぶりの近距離から観測を行いました。

関連：木星とガニメデに大接近！探査機ジュノーの撮影データを利用した衝撃的な再現映像（動画あり）

過去の観測において、ガニメデには希薄な大気が存在することがわかっています。1998 年にハッブル宇宙望遠鏡の「宇宙望遠鏡撮像分光器（STIS）」を使って紫外線の波長でガニメデを観測した際に捉えられたオーロラの様子から、ガニメデの大気は酸素分子（O2）と酸素原子（O）で構成されていると考えられてきました。

Roth 氏らは今回、ガニメデ大気中の酸素原子の量を測定するために、2018 年にハッブル宇宙望遠鏡の「宇宙起源分光器（COS）」を使って取得されたガニメデの観測データと、1998 年および 2010 年に STIS で取得された観測データを組み合わせて分析を行いました。その結果、過去の分析結果とは異なりガニメデの大気中には酸素原子がほとんど存在せず、水分子（H2O）が存在する可能性が示されたといいます。ガニメデの大気を構成する酸素は、宇宙空間から飛来する荷電粒子がガニメデ表面の氷に衝突する際に弾き出されている（スパッタリング）とみられています（このとき酸素よりも軽い水素原子や水素分子も弾き出されるものの、すぐに失われてしまうといいます）。いっぽう、今回その証拠が見出された水分子は、ガニメデ表面の氷が昇華することで大気中に供給されていると考えられています。発表によると、ガニメデ表面の氷は 110 ケルビン（摂氏マイナス 163 度）よりも高温の場所では昇華して水蒸気になり、これよりも低温の場所では氷に戻るといいます。ガニメデの表面温度は 80 ケルビン（摂氏マイナス 193 度）から推定 150 ケルビン（摂氏マイナス 123 度）の範囲で変化しているといい、研究グループによると、ガニメデの赤道付近で正午を迎えた地域の大気では昇華した水分子の量が酸素分子を上回るいっぽう、他の地域の大気は酸素分子が大半を占めているようです。なお、ガニメデでは表面から 150km ほど下に内部海が存在すると予想されていますが、NASA によると大気中の水分子は内部海から蒸発したものではないとされています。研究を率いた Roth 氏は、2022 年に探査機を打ち上げ予定の木星氷衛星探査計画「JUICE」の観測計画を改善する上で、今回の成果が有益な情報を提供できると言及しています。欧州宇宙機関（ESA）が主導し、宇宙航空研究開発機構（JAXA）や NASA などが参加する JUICE は木星の衛星エウロパ、ガニメデ、カリストを探査対象としており、最終的にはガニメデを周回する軌道に入って表面や地下の観測を行うことが計画されています。関連：木星の衛星ガニメデに太陽系最大規模の巨大な衝突クレーターを発見か

Image Credit: ESA/Hubble, M. Garlick　Source: NASA / ESA/Hubble / SwRI　文／松村武宏

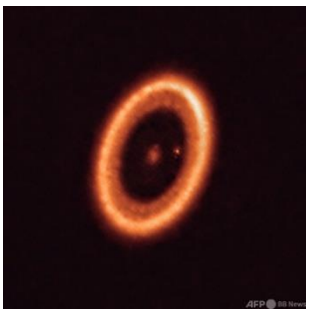
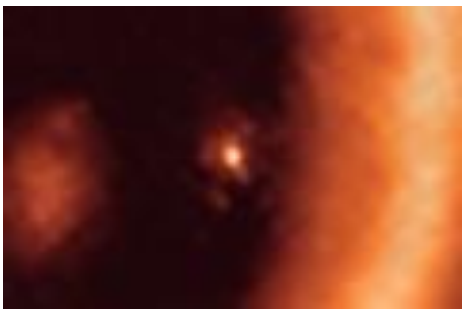
https://www.afpbb.com/articles/-/3358589

系外惑星の周囲に「衛星形成」円盤 約 400 光年先の恒星系で初確認

2021 年 7 月 27 日 16:04　発信地：パリ/フランス [フランス ヨーロッパ]

欧州南天天文台（ESO）の巨大電波望遠鏡アルマが捉えた、約 400 光年先に位置する PDS 70 と形成途中の恒星系。主星の右側の点が周惑星円盤に取り囲まれた惑星 PDS 70c（2021 年 7 月 23 日公開）。(c)AFP

PHOTO/EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY

【7 月 27 日 AFP】太陽系外惑星を取り巻く円環状のガスや塵（ちり）を初めて明確に観測できたとする研究結果が先週、発表された。観測は、惑星や衛星が形成される仕組みを解明する助けになる可能性があるという。

この「周惑星円盤」は、太陽系から約 400 光年の距離にある恒星「PDS 70」を公転する系外惑星「PDS 70c」を取り囲んでいる。PDS 70c はこの恒星系にある、木星ほどの大きさと質量を持つ二つの巨大ガス惑星の一つだ。 系外惑星 PDS 70c は、2019 年に欧州南天天文台（ESO）の天文学者らが南米チリにある超大型望遠鏡 VLT（Very Large Telescope）を用いた観測で初めて確認した。 英学術誌「アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ（Astrophysical Journal Letters）」に掲載された論文によると、今回の研究では、2019 年の VLT による観測データと、同じくチリにある巨大電波望遠鏡「アルマ（ALMA）」で得られた高分解能の画像を組み合わせた結果、PDS 70c の円盤には惑星の周囲に複数の衛星を形成できるだけの物質が保持されているとの結論に至った。

2006 年に行われた観測では、若い恒星系の主星である PDS 70 が非常に大きなリング状の物質に取り囲まれているのが明らかになっていたが、観測機器能力の限界により、主星とリングの間の惑星については、その存在が推測されるにとどまっていた。 PDS 70 は、誕生してからまだ 540 万年しかたっておらず、同 46 億年の太陽と比べると、まだ生まれたばかりのひよこ同然だ。 論文の共同執筆者で、2018 年にもう一つの惑星「PDS 70b」を発見した独マックス・プランク研究所（Max Planck Institute）のミリアム・ケップラー（Miriam Keppler）氏は、「系外惑星はこれまで 4000 個以上見つかっているが、そのすべては成熟した恒星系で検出されている」と説明。「これまでに見つかった系外惑星の中で、いまだ形成過程にあるのは PDS 70b と PDS 70c のみ」と続けた。 PDS 70b と PDS 70c が形成する惑星系については「木星と土星を連想させる」としている。

PDS 70c の周囲には、地球の衛星である月を 3 回形成するのに十分な物質があるという。PDS 70c よりはるかに古い惑星の木星には、4 個の大きな衛星と数十に及ぶより小型の衛星がある。(c)AFP/Pierre CELERIER

https://news.biglobe.ne.jp/it/0728/giz_210728_4827611327.html

太古の極超新星爆発の残骸から生まれた、重元素まみれの星

7 月 28 日（水）20 時 0 分 GIZMODO

中央にある星が重元素まみれの SMSS J200322.54-114203.3 Image: Da Costa/SkyMapper via Gizmodo US

超新星爆発の残骸の一例（ N 63A）。このような爆発が繰り返し起こることで宇宙に重元素が拡散されていく Image: NASA/ESA/HEIC and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) via Gizmodo US

宇宙の錬金術。

銀河系内で発見されたとある星が非常にユニークな元素で構成されているのは、超新星爆発よりも 10 倍ほどの威力を持つ極超新星爆発によるものではなかったか――。こんな見解がこのほど学術誌『Nature』上で発表されました。金（元素番号 79）のような重い元素が宇宙で生成されるプロセスは、じつは今まで考えられていたよりも多様であるかもしれないことが徐々に紐解かれつつあります。

稀すぎる星ユニークな元素構成を持つ星の名は「SMSS J200322.54-114203.3」。太陽からおよそ 7,500 光年先の天の川銀河のはずれのハロー内に位置していて、重元素まみれです。窒素（元素番号 7）のほかに亜鉛（元素番号 30）・ユーロピウム（元素番号 63）・ウラン（元素番号 92）などの重元素の割合が非常に高い反面、鉄（元素番号 25）が占める割合が極端に低いのが特徴です。

「SMSS J200322.54-114203.3 は、鉄：水素の割合が太陽の 3000 倍も低いことから金属欠乏星と呼ばれる稀な存在であることがわかっていました」と Nature 誌に掲載された論文の筆頭著者であるオーストラリア国立大学の天文学者、ヨング（David Yong）氏は説明しています。

「しかし、それだけではなかったんです。想定されるよりもずっと多くの重元素が含まれていることはさらに稀で、まさに"干し草の山の中に落ちた 1 本の針を見つけた"ぐらいの大発見でした。」

ヨングさんたちはこの稀に稀を重ねたような特異な星をスカイマッパー南天サーベイ（SkyMapper Southern Sky Survey）に登録されているおよそ 6 億個の天体の中から探し出したそうです。まずは 2 万 6000 個、その次は 150 個、という具合に候補を徐々に絞っていった上で、最終的には SMSS J200322.54-114203.3 だけが高窒素・高亜鉛の元素構成を持っていたため研究対象として選んだそうです。

超新星爆発をしのぐ大爆発しかし、なぜ重元素まみれの星をわざわざ苦労して探す必要が？

ヨングさんによると、今回の研究でもっとも重要な問題は「初期の宇宙において重い元素はどのように作り出されていたのか？」でした。中性子星（neutron star：超新星爆発を起こした恒星のなれはてで、非常に高密度）の合体は重元素生成に不可欠なエネルギー源のひとつとしてこれまでも知られていましたが、今回の私たちの研究結果からは磁気回転不安定性極超新星（magneto-rotational hypernova：磁場を持ち、高速回転している恒星が起こす非常に大きな超新星爆発）も重元素を作り出すエネルギー源のひとつとして浮上してきたのです。

ここでちょっと**重元素の生成について。**

ビッグバンによって誕生した宇宙には、当初水素とヘリウム元素しかありませんでした。ですから、初期の宇宙に誕生した恒星はほぼ完全に水素とヘリウムのみで構成されていました。それより重い鉄までの元素は恒星内部の核融合によって作り出されました。そして、それらの初期の星たちが死期を迎え、自重に耐えきれずに崩壊して中性子星やブラックホールになるにつれて重い元素が宇宙に拡散され、やがて新しい世代の星へと引き継がれていったのです。鉄よりもさらに重い元素が生成されるには、まず比較的軽い元素が大量の中性子を獲得することから始まります。時が経つにつれて中性子のいくらかは陽子に崩壊するので、この陽子を獲得した元素がより重い元素の同位体へと変化していきます。しかし、このプロセスには大量のエネルギーが必要です。エネルギー供給源としてこれまでもっとも注目されてきたのは、中性子星合体と超新星爆発のふたつでした。

恒星が死ぬまでのプロセスはこれまでの研究で十分に立証されているため、星が死に至る速度やそれに関わるエネルギー量から生成されるべき重元素の量を計算することも可能です。ところが、SMSS J200322.54-114203.3 の場合、重元素の量がどうも計算と合わない…というか、明らかに多すぎるようでした。

「この余剰の重元素の出所が必ずあるはずです」と研究者のひとりで米ハートフォードシャー大学に所属している天文学者の小林千晶准教授は説明しています。そして、その余剰の重元素の存在を説明できる唯一の答えが、極超新星爆発でした。

効率のよい重元素の作り方

研究の末、チームがたどり着いた仮説はこうです。130 億年前、まだ宇宙がとても若かった頃に、大質量の恒星が急速に崩壊して大爆発を起こしました。この星は強力な磁場を持っていただけでなく高速回転していたので、

通常の超新星爆発よりも 10 倍の爆発力を発揮してありとあらゆる重元素を生成しました。そして、この大爆発の澱の中からやがて誕生したのが SMSS J200322.54-114203.3 だった…というシナリオです。
「SMSS J200322.54-114203.3 に含まれている鉄の量が極端に少ないことから、この星が銀河系が誕生して間もない頃に誕生したことが推測できます」とヨングさん。「このように銀河が誕生してからあまり時間が経っていないことからも、重元素を一度に生成したイベントがあったと考えるほうが中性子星合体により徐々に重い元素が作り上げられていくシナリオよりも可能性が高いのではと考えられます」。太古の宇宙には磁場を持った巨大な恒星が高速でスピンしていて、やがて今まで考えられなかったようなスケールの大きさで爆発し、同時にたくさんの重元素を宇宙にばらまいた――。小林さんが計算した銀河系の化学進化をみるかぎりでは、このような磁気回転不安定性極超新星が宇宙の進化に大きな役割を果たしたと考えるのが理にかなっているようです。
SMSS J200322.54-114203.3 のような星をもっと見つけることができれば、さらに磁気回転不安定性極超新星についても確信を得られるはず。130 億年前の宇宙に行って、実際に何が起こっていたかを確かめることは残念ながらできませんけど、仮説が否定されないかぎりは磁気回転不安定性極超新星説が真実である可能性はゼロではありません。Reference: Nature, EurekAlert!, 天文学辞典

https://sorae.info/astronomy/20210725-star-forming-regions.html

まるで花火！近隣銀河の星形成領域の鮮明で美しい地図帳

2021-07-26　飯銅 重幸

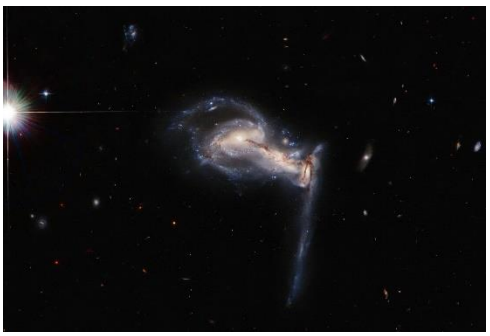
【▲ ヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡(VLT)の超広視野面分光装置(MUSE)のデータを基に作成された画像（Credit: ESO）】
【▲ ヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡の超広視野面分光装置のデータに基づいて作成された画像（Credit: ESO）】
【▲ 上の画像にさらにアルマ望遠鏡のデータを加味して作成された画像（Credit: ESO）】
ヨーロッパ南天天文台（ESO）は 7 月 16 日、PHANGS（Physics at High Angular Resolution in Nearby GalaxieS）プロジェクトの研究チームが、ヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡(VLT)のデータを基に、アルマ望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡などのデータを組み合わせて、私達の天の川銀河の近隣にあるたくさんの銀河の星形成領域について、かつてなく鮮明な、いわば「星の新生児室の地図帳（atlas of stellar nurseries）」を作成し公開したと発表しました。星の形成についてはまだよく解っていないことがたくさんあります。例えば、何がきっかけで星の形成が始まるのか、星は銀河の特定の領域で形成されるのか、もしそうならそれはどうしてか、新しく形成された星はその進化の過程でその後の星の形成にどのような影響を与えるのか、など謎はつきません。
このような星の形成に関わる謎を解明していくためには星が形成される現場を詳しく観測する必要があります。まず、研究チームはヨーロッパ南天天文台が誇る超大型望遠鏡の超広視野面分光装置(MUSE)を使って、天の川銀河の近隣にあるたくさんの銀河を観測しました。この観測では新しく形成された星やその星によって加熱された星間ガスが観測されました。星が形成されている現場ですね。続いて、研究チームはアルマ望遠鏡によって観

測された冷たい星間ガスの分布に関するデータをこの超大型望遠鏡によって得られたデータに加味しました。冷たい星間ガスは星が形成されるための材料になると考えられています。そして、さらに、研究チームは、これらのデータにハッブル宇宙望遠鏡の観測データを加味し、可視光、近赤外線、電波などさまざまな波長域での観測結果を組み合わせました。こうして、研究チームは天の川銀河の近隣にあるたくさんの銀河の星の形成領域、いわば星の新生児室のかつてなく鮮明な地図帳を作成することに成功しました。
超大型望遠鏡による観測を率いたエリック・エムセレムさんは「私達は、星を生み出す星間ガスを、直接、観測し、若い星自体を見、それらの若い星の進化を目撃することができます」とコメントしています。
研究チームでは今回の研究成果はこれからの星の形成に関わる観測のための礎になるだろうとしています。
Image Credit: ESO　Source: ヨーロッパ南天天文台　文／飯銅重幸

https://sorae.info/astronomy/20210726-arp195.html

二つの銀河が互いに引き合う壮大な光景　“やまねこ座”の相互作用銀河

2021-07-26　　松村武宏

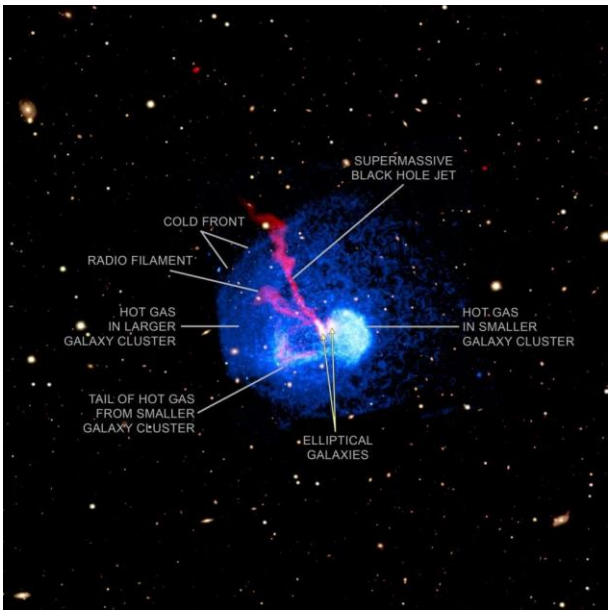


【▲ 相互作用銀河「Arp 195」（Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Dalcanton）】
こちらは「やまねこ座」の方向およそ 7 億 6000 万光年先にある相互作用銀河「Arp 195」です。相互作用銀河とは、互いに重力の影響を及ぼし合っている複数の銀河のこと。そのなかには銀河の重力がもたらす潮汐力によって長い尾を伸ばしたような姿をしているものや、笑顔や鳥のようにも見える不思議な姿をしたものもあります。
関連：重なり合った銀河が描くスマイル。しし座の相互作用銀河「Mrk 739」
Arp 195 の場合、向かって左側には元の姿を比較的保っているように見える銀河があり、下に長く腕を伸ばした右側の銀河を吸い込もうとしているような、複雑な姿をしています。欧州宇宙機関（ESA）によると、Arp 195 では 2 つではなく 3 つの銀河が相互作用しているといいます。これらの銀河にも数多くの惑星が存在すると思われますが、その地上から見上げた夜空には一体どのような光景が広がっているのでしょうか。
ダイナミックな Arp 195 の姿を示したこの画像には、「ハッブル」宇宙望遠鏡の観測データが用いられています。およそ 1 か月間に渡る科学観測の中断から 7 月 18 日に復帰したばかりのハッブル宇宙望遠鏡は、打ち上げから 31 年以上に渡って 150 万回以上もの観測を行い、さまざまな科学的発見に貢献してきました。
関連：科学観測を再開した「ハッブル」宇宙望遠鏡が撮影した最新画像が公開される
ESA によると、ハッブル宇宙望遠鏡を使った観測の時間は大変貴重であり、観測と観測の合間を活用して、時折スナップショットが取得されるといいます。この Arp 195 の画像に使われているのも、そのような機会に取得された観測データです。こうしたスナップショットは壮観な光景を提供するだけでなく、研究者が有望な観測対象を特定する上でも役立つのだといいます。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」および地上の望遠鏡による掃天観測プロジェクト「スローンデジタルスカイサーベイ（SDSS）」による観測データをもとに作成されたもので、ハッブルの今週の一枚「Squabbling Galactic Siblings」（銀河のきょうだいげんか）として、ESA から 2021 年 7 月 26 日付で公開されています。
Image Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Dalcanton　　Source: ESA/Hubble　文／松村武宏

https://sorae.info/astronomy/20210727-chandra-galaxy-cluster.html

銀河団同士の衝突現場は何が起こっている？　X 線観測衛星が捉える

2021-07-27　飯銅 重幸



【▲重力的な集まりとしては宇宙最大の構造、銀河団同士が衝突している現場「Abell 1775」の画像。チャンドラ X 線観測衛星の X 線観測データ、ハワイの Pan-STARRS 望遠鏡の可視光観測データ、オランダの LOFAR(the LOw Frequency ARray)の電波観測データを合成して作成されています（Credit: X-ray: NASA/CXC/Leiden Univ./A. Botteon et al.; Radio: LOFAR/ASTRON; Optical/IR:PanSTARRS）】

NASA は 7 月 15 日、オランダのライデン大学のアンドレア・ボッテオンさん率いる研究チームが、NASA のチャンドラ X 線観測衛星などの観測データを使って、銀河団同士の衝突によって何が起こるのかを詳しく調べたと発表しました。「Abell 1775」は地球から約 9 億 6000 万光年離れたところにある銀河団です。

銀河団は、重力的に集まっているものとしてはこの宇宙で最大のもので、数百から数千の銀河が含まれています。ダークマターを除く通常の物質としては、主に超高温のガスと恒星からできていて、その超高温のガスの中にポツリポツリと銀河が浮かんでいます。銀河団同士の衝突は、その莫大な質量とスピードのために、この宇宙でも最も激しい高エネルギー現象の 1 つになります。Abell 1775 はまさにこの銀河団同士の衝突の現場です。小さな銀河団と大きな銀河団が衝突、合体しつつあります。このような Abell 1775 の中でも特に注目していただきたいのは上掲の画像の中央にみえている高温のガスの塊です。（画像中で『HOT GAS IN SMALLER GALAXY CLUSTER：小さい方の銀河団の高温のガス』と示されています）

研究チームによれば、小さな銀河団と大きな銀河団が衝突すると、小さな銀河団は大きな銀河団の中を摩擦によって、その高温のガスを剥ぎ取られつつ尾を引くようにしながら進んでいきます。しかし、大きな銀河団の中心を小さな銀河団の中心が通り過ぎると、この摩擦が弱まり、後ろに残されていた高温のガスが旋回しつつ、小さな銀河団を追い抜きます。画像中の高温のガスの塊はこのようにしてつくられたと考えられます。

ちなみに 2 つみえている楕円銀河（ELLIPTICAL GALAXYS）の左側の楕円銀河は大きな銀河団の中心にある楕円銀河、右側の楕円銀河は小さな銀河団の中心にある楕円銀河です。そして、左側の楕円銀河から伸びている赤く着色された筋のようなものはこの銀河の中心にある超大質量ブックホールが噴き出すジェットになります。

Abell 1775 において、銀河団同士の衝突、合体がおこっていることは、これまでもチャンドラ X 線観測衛星などのデータを使った研究によって示唆されてはいましたが、確認されるには至っていませんでした。

2 つの銀河団はやがて衝突、合体を完了し、1 つのより大きな銀河団になると考えられています。

Image Credit: X-ray: NASA/CXC/Leiden Univ./A. Botteon et al.; Radio: LOFAR/ASTRON; Optical/IR:PanSTARRS
Source: NASA　文／飯銅重幸

https://sorae.info/astronomy/20210729-neutron-star.html

中性子星の「山」の高さはどれくらい？　最新の研究により推定

2021-07-29　飯銅 重幸

【▲ 中性子星の想像図（Credit: ESO / L. Calçada)】

イギリスの王立天文学会は、全国天文学会議 2021（National Astronomy Meeting 2021）において、サウサンプトン大学の博士課程の学生であるファビアン・ギティンスさん率いる研究チームが、新しいコンピューターモデルに基づいて、中性子星の地表面に存在する、いわゆる「山」の高さを新しく推定する研究成果を報告したと発表しました。太陽質量の 8 倍以上の質量を持つ恒星はその最後に大爆発を起こします。いわゆる超新星爆発です。そして、その後には、ブラックホールや中性子を主成分にする中性子星が残されます。
このようなでき方からも解るように中性子星は非常に高密度な天体です。直径 20km ほどの大きさに太陽ほどの質量が詰め込まれています。そのため、その地表面(原子核と電子からなる固体の地表面があると考えられています)における重力は、非常に強く、凹凸があればほとんどならされてしまいます。つまり中性子星はほぼ完全な球形をしています。とはいえ、中性子星の地表面に凹凸が全くないというわけではありません。では、中性子星の地表面にある、いわゆる山の高さはどれくらいになりうるのでしょうか?これまでの研究では中性子星の山の高さは数センチメートルほどになりうると考えられてきました。しかし、研究チームがより現実の中性子星に近いコンピューターモデルをつくり計算したところ、中性子星の山の高さはせいぜい数分の 1 ミリメートルほどにしかなりえないことが解りました。これはこれまでの推定の 1/100 ほどの高さということになります。実は、高速回転している中性子星に山のようなものがあると、重力波が発生します。そして、この重力波を観測すれば、謎の多い中性子星についてさまざまな情報を得ることができるわけですが、残念ながら、現在、まだこのような重力波の観測には成功していません。ちなみに、重力波とは、重い天体などが加速度運動したときに発生する時空の微小な揺れで、「時空のさざ波」とも呼ばれています。ファビアンさんによれば、今回の研究成果から、高速回転する中性子星からの重力波の観測は、これまで考えられていたよりも、より難しいものと考えられるといいます。日本が誇る重力波望遠鏡「KAGRA」などのこれからの進歩に期待が高まります。
Image Credit: ESO / L. Calçada　Source: 王立天文学会　文／飯銅重幸

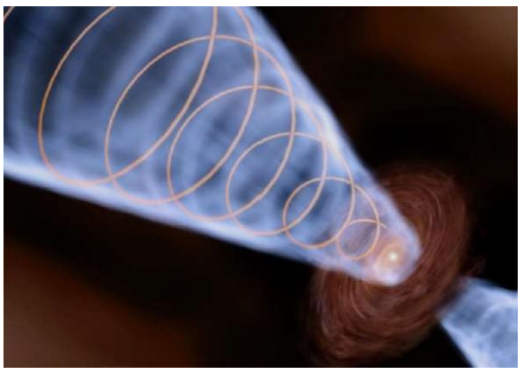
https://news.mynavi.jp/article/20210728-1932925/

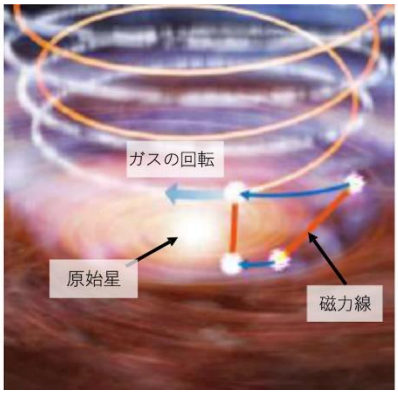
九大、アルマ望遠鏡による観測で原始星からのジェットの駆動機構を解明

2021/07/28 18:40　　著者：波留久泉

九州大学(九大)は 7 月 26 日、アルマ望遠鏡を用いて星の誕生時におけるジェット(ガスの噴出現象)の回転を詳細に観測し、理論モデルと組み合わせた結果、ジェットの駆動機構とその役割を特定することに成功したと発表した。同成果は、九大大学院 理学研究院の町田正博准教授、国立天文台の松下祐子研究員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。

恒星が誕生する際、ジェットと呼ばれるガスの噴出現象が発生することが知られている。しかし、なぜジェットが発生するのかについては明確にはわかっていない。共同研究チームは今回、原始星「FIR 6B」の周囲をアルマ望遠鏡で観測し、高速で回転しながら噴出するジェットを検出。このジェットは、回転の速度と角運動量がこれまで回転が検出されたジェットの中でも巨大で、観測史上最大級の回転を持つことが判明したという。
しかも、その回転速度と角運動量の大きさは、従来の理論予想をはるかに超えており、唯一説明できるモデルが「磁気駆動」のみだという。これにより、ジェットは磁場の効果によって出現するということが明らかとなったと研究チームでは説明する。





高速回転するジェットのイメージ。右下の円盤の中心に存在する明るい点が原始星 FIR 6B。円盤の上下方向に吹き出しているのが、超高速回転ジェットだ。ジェット中のオレンジ色のらせんは磁力線で、ジェットは磁場と回転の力によって原始星近傍の円盤から駆動する (出所:九大プレスリリース PDF)
原始星近傍の拡大イメージ (出所:九大プレスリリース PDF)
このジェットの回転は、原始星から半径 3 天文単位にある円盤の回転を、磁場の力ではるか遠方の 100 天文単位にある物質に伝え強制的に回転させることで初めて実現できるとする。また、ジェットによって円盤のガスは回転(角運動量)を失って中心に落下し、原始星が大人の星に成長させる役割を果たすことも、今回の研究で明らかになったという。このような超高速回転ジェットは、星が幼年期から大人の段階に移り変わる短い時間にだけ出現するが、今回の研究により、星の成長とジェットの関係を明らかにすることができたとしている。