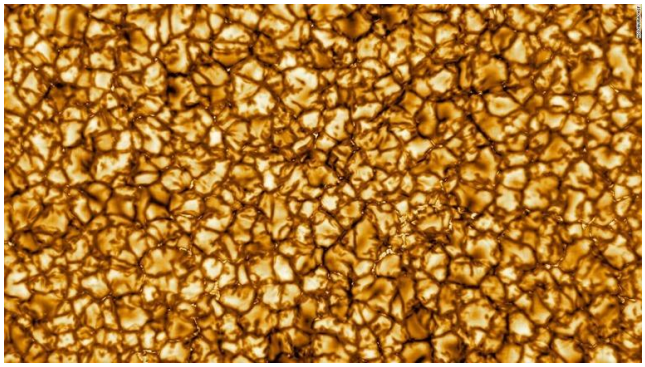
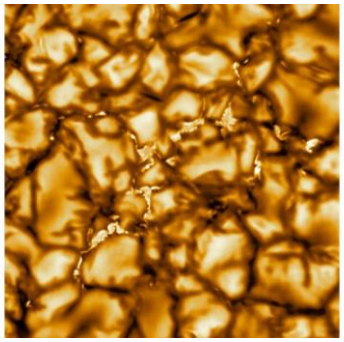
https://www.cnn.co.jp/fringe/35148738.html

太陽の表面の詳細画像、新型望遠鏡で撮影　2020.01.31 Fri posted at 09:30 JST





ダニエル・Ｋ・イノウエ太陽望遠鏡によって撮影された太陽の表面画像/NSO/AURA/NSF
詳細な太陽の表面の画像/NSO/NSF/AURA

（ＣＮＮ）米国立科学財団の太陽望遠鏡で初めて撮影した太陽の表面の詳細な画像と動画がこのほど公開された。解像度の極めて高い画像からは、表面を覆うガスやプラズマが攪拌（かくはん）と対流を激しく繰り返す様子が確認できる。

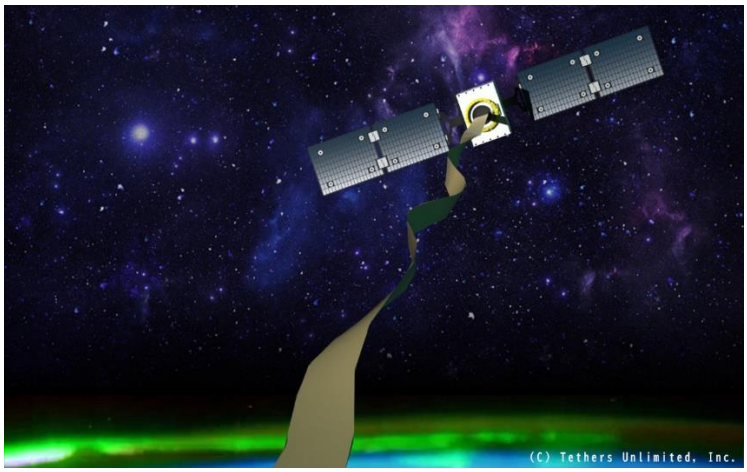
画像はハワイ州にあるダニエル・Ｋ・イノウエ太陽望遠鏡がとらえたもの。光球面をびっしりと覆った無数の粒状斑が鮮明に写っている。それぞれの粒状斑はテキサス州と同じくらいの大きさがあり、高温によって内部から湧き上がってくるものもあれば、温度の低下に伴い下部へ沈みこんでいくものもある。

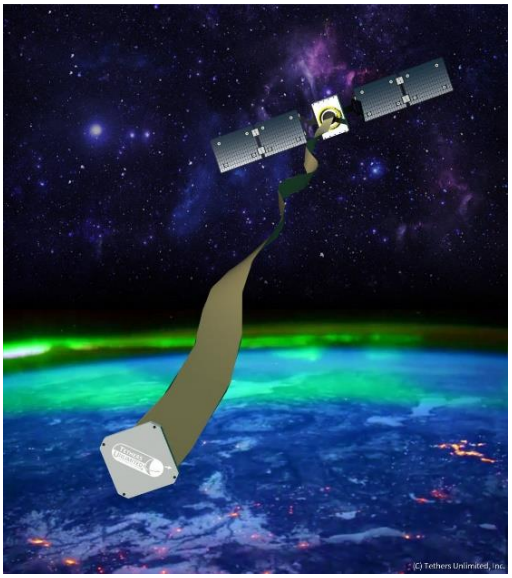
国立科学財団を統括するフランス・コルドバ氏は、当該の画像や動画について、これまで太陽を撮影した中で最も詳細なものだと説明。今後は上記の太陽望遠鏡により、太陽のコロナの中にある磁場を割り出すことも可能になるとの見通しを示した。

コロナで起こる太陽フレアと呼ばれる爆発現象は、エネルギーの放出によって地球の生命にも影響を及ぼすことがある。こうした観測を通じ、宇宙の気象の原動力となるメカニズムについてより深い理解が得られるようになると、コルドバ氏はみている。

太陽の外側のガス層にあたるコロナの温度は、表面温度の約６０００度に対し１００万度にも達するとされる。

https://news.mynavi.jp/article/20200129-963101/





「ターミネーター・テープ」を伸ばして軌道変更を行う小型衛星の想像図 (C) Tethers Unlimited, Inc.

米宇宙企業、テープを使ったスペース・デブリ除去技術の実証に成功

鳥嶋真也　2020/01/29 16:00　TUI の「ターミネーター・テープ」とは？

米国の宇宙企業「テザーズ・アンリミテッド(TUI)」は 2020 年 1 月 16 日、小型衛星からテープ(テザー)を展開し、スペース・デブリ(宇宙ゴミ)を除去する技術の実証試験に成功したと発表した。

同社が開発した装置は、小型・超小型衛星にも取り付けられるほど小型・軽量かつ低コストなのが特長で、今後も実証を重ね、事業化を目指す。

TUI の「ターミネーター・テープ」とは？

テザーズ・アンリミテッド(TUI、Tethers Unlimited, Inc.)は、1994 年に物理学者・エンジニアのロバート・P・ホイト氏と、物理学者で SF 作家としても知られるロバート・L・フォワード氏によって設立された企業である。ホイト氏は、宇宙における「テザー(ロープ)」技術のパイオニアとして知られ、同社ではその技術を使い、さまざまな製品の開発を進めている。

同社がかねてより研究・事業化を進めているテーマのひとつに、「ターミネーター・テープ(Terminator Tape)」と呼ばれる、テザーを使ったスペース・デブリ(宇宙ゴミ)の除去がある。これは衛星から導電性のテープを展開し、それが地球周辺の宇宙環境と相互作用して抗力を生み出すことで、衛星にブレーキをかけ、軌道離脱して大気圏に再突入するまでの時間を短縮させることを目指したものである。

ターミネーター・テープの特長は、小型衛星向けにシステムが限りなく小型・軽量されている点で、大きさはノートほどで、質量は約 900g も満たない。近年、世界中の大学や宇宙ベンチャーが小型衛星の開発や打ち上げを行っているが、その小ささゆえに、運用終了時に軌道を離脱するだけの推進剤の余裕がなかったり、あるいはそもそも推進システムを搭載していないものが多く、そのため運用終了後もデブリとして軌道に残り続けたり、他の衛星に衝突して新たなデブリを生み出したりといった懸念がある。しかしターミネーター・テープなら、推進剤が不要であり、また小型で搭載しやすく、さらに既存のデブリなどに装着しても機能することなどから、同社では「デブリの除去方法として有力である」としている。

今回の試験は、ジョージア工科大学が開発した「プロックス 1(Prox-1)」という小型衛星に搭載して行われた。プロックス 1 は 2019 年 6 月に、スペース X の「ファルコン・ヘヴィ」ロケットで、他の 23 機の小型衛星とともに打ち上げに成功。ロケットから分離されたのち、衛星内に搭載していた超小型衛星を放出、さらにその後は単独で地球を周回していた。

そして同年 9 月に、ターミネーター・テープを展開。長さ約 70m のテープが生み出す抗力の働きによって、軌道速度を徐々に失い、高度を下げていった。

宇宙空間にある物体を監視・追跡している米軍の宇宙監視ネットワークによると、テザーを展開する前と比べ、軌道の降下率は 24 倍以上にも増加したという。

ホイト氏は「通常、こうした衛星は何百年も軌道にとどまり続けるが、この方法により約 10 年で軌道離脱が可能になる。今回の実証の成功により、この技術がデブリ除去とスペース・デブリ問題の解決にとって効果的な手段であることを証明した」と語る。

同社によると、装置をさらに小型化し、数 kg のキューブサット級の超小型衛星に搭載できるようしたものもあり、また逆に、テープを大きくすれば、大きな衛星にも応用できるという。

ターミネーター・テープのモジュール。この板のような蓋の下にテープが収納されており、コマンドやタイマーによって展開、蓋をエンドマスとして伸びる (C) Tethers Unlimited, Inc.

同社はまた、プロックス 1 とともに打ち上げられた「NPSat-1」という衛星にもターミネーター・テープが搭載されており、2020 年末ごろに展開する予定であるとしている。

さらに、米国の宇宙ニュース紙「SpaceNews」の報道によると、米国の非営利団体エアロスペース・コーポレーション(Aerospace Corporation)が、現在軌道上で運用している 2 機のキューブサットにも同テープが搭載されているとし、今後ミッションの終了を待って展開することになっているという。

さらに今年後半には、「ドラッグレーサー(DRAGRACER)」と呼ばれる、別の実証ミッションも行うという。これは 2 機の同型の衛星からなり、片方にはターミネーター・テープを搭載し、もう片方には搭載せずに運用することで、テープの有無による軌道降下率の違いなどを正確に調べることを目的としているという。

ちなみに、導電性テザーの展開やそれによる軌道変更の技術実証自体は、1990 年代に NASA の小型衛星によって行われたことがある。

また、こうした仕組みを使ったデブリ除去の技術は、TUI 以外でも世界中で開発が進んでおり、とくに日本では宇宙航空研究開発機構(JAXA)や、人工流れ星を作り出そうとしている「ALE」が、研究・開発や新規事業の創出に挑んでいる。

JAXA が 2017 年に行った、「こうのとり」6 号機を使った「HTV 搭載導電性テザー実証実験(KITE)」の想像図。不具合が発生し、完全な成功とはいかなかったものの、一部の技術要素については実証できたとし、ビジネスへ活かされようとしている (C) JAXA

出典

・Taking Out the Space Trash: Tethers Unlimited Announces Successful Operation of Space-Debris Removal Device - Tethers Unlimited, Inc.

・TERM TAPE - Tethers Unlimited, Inc.

・2019 Terminator Tape

・Prox-1 Mission

・株式会社 ALE、宇宙デブリの拡散防止に貢献する装置の開発に着手 ― News ―ALE Co., Ltd.

著者プロフィール

鳥嶋真也(とりしま・しんや)

宇宙開発評論家。宇宙作家クラブ会員。国内外の宇宙開発に関する取材、ニュース記事や論考の執筆などを行っている。新聞やテレビ、ラジオでの解説も多数。

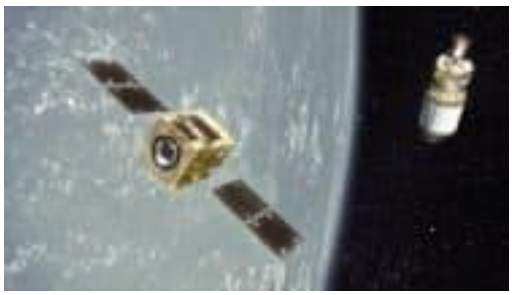
著書に『イーロン・マスク』(共著、洋泉社)があるほか、月刊『軍事研究』誌などでも記事を執筆。

Web サイト http://kosmograd.info/　　Twitter: @Kosmograd_Info

https://www.nikkei.com/article/DGXMZO55103650R30C20A1XY0000/

アストロスケール、JAXA と組み大型宇宙ごみ除去へ　2020/1/31 18:18

宇宙ごみ（デブリ）除去技術のアストロスケールホールディングス（東京・墨田）は宇宙航空研究開発機構（JAXA）と組み、宇宙空間を漂うロケットの一部など大型デブリの除去実験に乗り出す。まず 2022 年度までに同社の衛星をデブリに接近させ、精密画像を撮影する。25 年度にも一回り大きな衛星を打ち上げ、世界初の大型デブリ除去を目指す。



画像の拡大

アストロスケールは JAXA と組んで大型ごみ除去を狙う

JAXA が公募していたデブリ除去の発注先に、同社傘下で研究開発を担うアストロスケール（同）を選定した。1 基目の衛星打ち上げについて両者が 3 月末までに契約を結ぶ見通し。衛星の製造や打ち上げをアストロスケールが担う。JAXA は技術支援し、経費の一部を負担する。同社がサービス提供を JAXA から受注するのは初めてとなる。

除去を目指すのは過去に打ち上げた国の基幹ロケット「H2A」や、今後打ち上げる「H3」の 2 段目。ロケットの 2 段目は 10 メートルほどの長さがあり、衛星を切り離した後もデブリとして宇宙空間に残る。JAXA によると、大型デブリの除去は世界でも例がないという。

実験の第 1 段階として、アストロスケールが 22 年度までに重さ約 100 キログラムの小型衛星を打ち上げる。衛星を目標のデブリに近づけ、解像度の高い画像を撮影する。画像データの取得が成功すれば、実際に大型デブリを除去できる 400～500 キログラムの衛星を同社が開発する。25 年度以降にこの衛星を打ち上げる計画だ。

衛星に付いた磁石で大型デブリを捕獲し、地球に向けて高度を下げる。位置や速度を制御して大気圏に再突入させ、デブリを熱で溶かして除去する。

（山田遼太郎）

https://news.mynavi.jp/article/20200131-964992/

米国の軍事衛星と接近し、衝突する危険性もあった、米国航空宇宙局(NASA)やオランダ、英国が共同開

発した赤外線天文衛星「IRAS」の想像図 (C) NASA/JPL

運用を終えた 2 機の人工衛星がニアミス、あわや衝突の危機

鳥嶋真也　2020/01/31 18:24

あわや衝突の危機　過去には実際に衝突事故も、急がれる対策

2020 年 1 月 30 日の 8 時 40 分ごろ(日本時間)、運用を終えた天文衛星と軍事衛星が、数十 m の距離にまで接近した。

事前の予測では 1～5%の確率で衝突するとされていたが、両衛星は無事に通過した。しかし、衛星やデブリが衝突する危険性は年々上昇しており、今後早めの対策が求められている。

あわや衝突の危機

衝突の危険性があったのは、米国航空宇宙局(NASA)やオランダ、英国が共同開発した赤外線天文衛星「IRAS」と、米国家偵察局(NRO)・米海軍の偵察衛星「GGSE-4」の 2 機だった。

IRAS(Infrared Astronomical Satellite)は 1983 年に打ち上げられ、高度約 900km の極軌道で赤外線による宇宙観測を行っていたが、約 10 か月後に冷却材の枯渇により運用を終了した。そのため、すでに通信や軌道変更などはできず、スペース・デブリ(宇宙ゴミ)として軌道を回っている。IRAS の寸法は約 4m×3m×2m で、質量は約 1t とされる。

一方の GGSE-4 (Gravity Gradient Stabilization Experiment)は、1969 年に打ち上げられた衛星で、高度約 900km、軌道傾斜角約 70 度の軌道で運用されていた。IRAS 同様、すでに運用を終えており、デブリとなっている。この衛星は「ポピー5B (Poppy-5B)」という名前でも知られ、地上の通信、電磁波などを傍受する役目をもっていた。

また、衛星を長細い形にし、地上に近い部分にかかる地球の引力と、遠い部分にかかる引力との差(潮汐力)を利用して、衛星を地表に対して垂直に立てて安定させる、「重力傾度法」と呼ばれる技術の実証も目的としていた。このため、衛星本体は直径 68cm、全長約 86cm のラグビーボールのような形をしているものの、重力傾度法を実現するため、本体から全長 18m ものブーム(棒)が伸びている。

地球低軌道の衛星やデブリなどを追跡している米国の民間企業「レオラボズ(LeoLabs)」によると、両衛星は日本時間 30 日 8 時 39 分 35.707 秒に、米国ペンシルバニア州ピッツバーグの上空約 900km で、交差するように接近した。

このとき、両衛星は約 47m まで接近するとみられていたが、地球の重力などの影響でそれぞれの軌道がやや変化することがあるため、約 1～5%の確率で衝突する可能性があるとされた。両者の相対速度は秒速 14.7km にもなり、もし衝突すれば膨大な数の破片が生まれると予想されていた。

とくに予測を難しくしたのは、GGSE-4 の形状だった。前述のように衛星本体から全長 18m ものブームが伸びていることから、そのブームがどこを向いているかによって、IRAS に接触する確率が大きく変化するからである。

しかし幸いにも、レオラボズ、また米宇宙コマンドの観測によると、最接近後に新しいデブリの発生は確認されておらず、両衛星は衝突することなく無事に通過できたものと見られている。

GGSE-4 の地上試験モデルの画像。これが衛星本体で、宇宙空間ではこの本体から全長約 18m のブームが伸びる (C) NRO

過去には実際に衝突事故も、急がれる対策

こうした衛星やデブリのニアミスは、過去にも何度か起こっており、また 2009 年には、運用中だった通信衛星「イリジウム 33(Iridium 33)」と、運用を終えていたロシアの軍事衛星「コスモス 2251(Kosmos 2251)」が衝突し、多数の破片が飛散するという事故も起きている。これを含め、デブリが衝突した事例はわかっているだけで 3 件、その疑いがあるものも含めると 6 件確認されている。

もし、片方の衛星が運用中であり、なおかつスラスターなどをもっていれば、軌道変更をしてやり過ごすことができるが、運用を終えていたり、スラスターを装備していない衛星なら不可能である。

デブリは現在、地上から観測できる 10cm 以上の物体が約 2 万個、また小さすぎて観測できないものの、理論的に推定されている数字として、1cm 以上のものが 50～70 万個、さらに 1mm 以上のものは 1 億個を超える数が存在するとされる。

さらに近年、小型衛星を数十機から最大数万機も打ち上げ、いわゆる「メガ・コンステレーション」によって通信や地球観測サービスを展開しようという企業が相次いで出現しており、米国の「スペース X」など、すでに打ち上げを始めている企業もある。衛星の数が増えれば、その分デブリが衝突したり、衛星がデブリ化したりする確率も上がるため、デブリをめぐる問題はこれまで以上に深刻となっている。

一方で、日本などはデブリの監視体制を強化する動きをみせているとともに、日本や海外でいくつかのベンチャー企業が、衛星を使ったデブリの除去をビジネス化しようという動きもある。

ただ、あるデブリに対して、どこまで責任をもつのか、そして誰がお金を出すのかといった問題や、事故が起きた際などの責任の問題などが課題としてあり、またそもそも、新たなデブリを生み出さないようにするための国際的なルール作りは進んでおらず、デブリ除去のビジネス化が実現しても"焼け石に水"になる可能性もある。

こうした課題を乗り越え、デブリ問題を解決することができるのかが、宇宙開発に関わるすべての国や企業、人々に問われている。

地球周辺にあるデブリの概念図。地球の大きさとデブリの大きさの比率などは誇張してあるため、実際にはこれほど密集した状態ではないことに注意 (C) NASA

出典

・LeoLabs, Inc.（@LeoLabs_Space）さん / Twitter
・NASA - NSSDCA - Spacecraft - Details
・Potential satellite collision shows need for active debris removal - SpaceNews.com
・U.S. Space Command（@US_SpaceCom）さん / Twitter
・Poppy (multifaceted) - Gunter's Space Page

著者プロフィール

鳥嶋真也(とりしま・しんや)
宇宙開発評論家。宇宙作家クラブ会員。国内外の宇宙開発に関する取材、ニュース記事や論考の執筆などを行っている。新聞やテレビ、ラジオでの解説も多数。
著書に『イーロン・マスク』(共著、洋泉社)があるほか、月刊『軍事研究』誌などでも記事を執筆。
Web サイト http://kosmograd.info/　　Twitter: @Kosmograd_Info

https://www.nikkei.com/article/DGXMZO55102760R30C20A1MY1000/

宇宙の「お隣」に生物？　4 光年先の系外惑星を探れ　　2020/2/1 2:00

太陽系に最も近い恒星、アルファ・ケンタウリの惑星探しが熱を帯びている。生命が存在する可能性のある惑星があると考えられており、つい最近も新たな候補が 1 つ見つかった。光で 4 年ほどかかる距離だが、宇宙の規模からすると「お隣さん」だ。探査機を送る構想もある。今世紀中には、第 2 の地球として注目の的になるかもしれない。

アルファ・ケンタウリは南半球の夜空、南十字星の近くにあるケンタウルス座の中で最も明るい星だ。ケンタウルス座アルファ星ともいう。2019 年のノーベル賞に輝いた「太陽系外惑星（系外惑星）の発見」でも話題になったように、ほとんどの恒星は多かれ少なかれ惑星をもっていると考えられている。スイス・ジュネーブ大学の 2 人の研究者が 1995 年に初観測して以来、その数はこれまでに 4000 個以上に達した。その中でも「アルファ・ケンタウリの惑星には特別な意味がある」と、東京大学の須藤靖教授は強調する。最大の理由は太陽系から約 4 光年（約 38 兆キロメートル）という距離だ。太陽から天の川銀河の中心までは約 3 万光年あり、天文学のスケールで考えれば 4 光年は目と鼻の先だ。須藤教授は「惑星がどれほど多く発見されようとも、実際に探査機を送る可能性を考えると、唯一の対象だといってよい」と解説する。近いだけに、望遠鏡による観測でも他の恒星の惑星よりはるかに詳しい情報が得られる。肉眼では 1 つの星に見えるが、実は 3 つの恒星からなる星系だ。明るくて重い順にアルファ・ケンタウリ A、同 B、同 C と呼ぶ。このうち最も太陽系に近いのが C で「プロキシマ・ケンタウリ」という別名が付いている。このアルファ・ケンタウリ C に 16 年、初の惑星が見つかった。「プロキシマ b」と呼ばれ、主星からほどよい距離を保っている。もし水があれば、液体の状態を保てる程度に暖かい岩石惑星だ。生命が存在する可能性がある惑星として、世界的なニュースになった。

このさらに外側を周回する惑星候補がこの 1 月、米科学誌に報告された。今後の観測で存在が明確になれば「プロキシマ c」と命名される見通しだ。ただし惑星表面は極低温とみられるため、生命が存在する可能性は低そうだ。

プロキシマ b と今回の惑星候補は、欧州各国が南米アンデス山中で共同運用している口径約 4 メートルの望遠鏡を使って観測された。19 年 5 月には、やはり欧州が同地で運用する口径約 8 メートルの望遠鏡を使ってアルファ・ケンタウリ A と同 B の近くの惑星探しが始まった。すばる望遠鏡とほぼ同じ口径の世界最大級の望遠鏡に新開発の装置を取り付ける、本格的な探索だ。

アルファ・ケンタウリ C は太陽と違い頻繁に大爆発が起きる荒々しい星だ。大爆発するたびに、生命に有害な強い放射線を放出する。これに対し同 A と B は太陽の兄弟のような穏やかな星だ。A や B を周回し、液体の水が存在できる程度の表面温度の岩石惑星なら「プロキシマ b よりはるかに環境が温和であると考えられる。生命が存在する可能性は格段に高くなる」（須藤教授）。プロキシマ b をはるかにしのぐ大発見となり、世界中の天文学者が色めき立つだろう。

欧州の天文学者と一緒にこの大がかりな探索を後押しするのは、米シリコンバレーの大資産家、ユーリ・ミルナー氏が立ち上げた「ブレークスルー・イニシアチブ」プロジェクトだ。宇宙物理学者として名高い故スティーブン・ホーキング博士も生前、運営に関わっていた。

同プロジェクトは 16 年から切手サイズの超小型宇宙船の船団をアルファ・ケンタウリに送り込む計画も進め、すでに 1 億ドルを拠出している。この宇宙船は一種の帆を備え、超強力なレーザーを帆に照射して加速する。光速の 20%という人類未踏の高スピードを実現する構想で、地球をたって約 20 年でアルファ・ケンタウリへの到達を目指す。

実現には 20 年以上の開発期間と総額 100 億ドルの経費がかかるとみられている。生命が存在する可能性が高そうな惑星が見つかれば、計画推進に大きな弾みがつく。

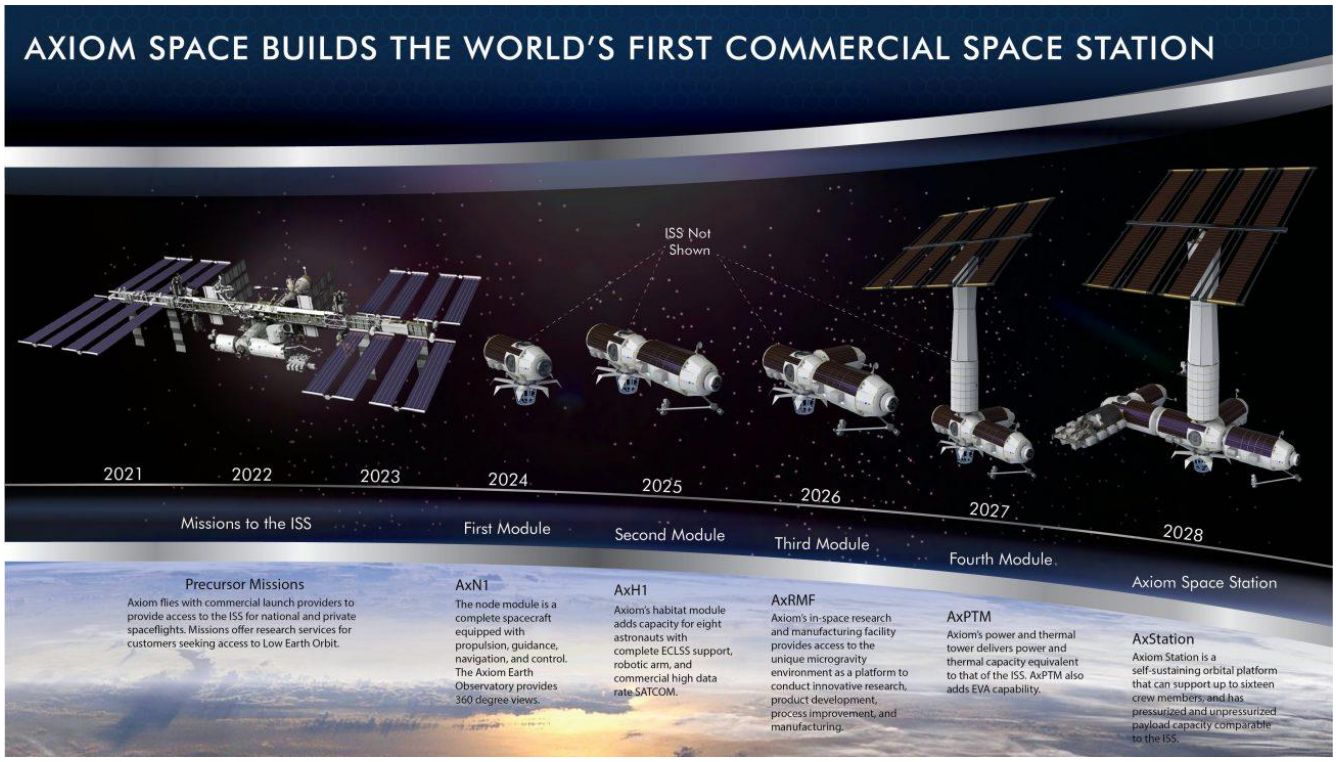
19 年に邦訳が出版された世界的なベストセラー、中国の SF「三体」は、アルファ・ケンタウリの惑星にすむ高度な文明をもつ異星人が地球に侵略をもくろむ物語だ。そんな知的生命体ではないにしても、何か生命の存在が確認されれば、私たちの宇宙観は大きく転換するだろう。アルファ・ケンタウリでの惑星探しがどんな展開を見せるのか楽しみだ。（科学技術部　中島林彦）

https://sorabatake.jp/10141/　　2020/2/3

ISS の商用モジュール構築に Axiom Space が選出【週刊宇宙ビジネスニュース 1/27～2/2】

NASA は 1 月 28 日に、ISS の商用の居住モジュールを構築するプログラムに、米国のベンチャー企業・Axiom Space（アクシアム・スペース）を選出したことを発表しました。

同社は 2024 年以降に自社の宇宙ステーションを追加で構築し、ISS の運用終了後には独立して運用することを目指しています。



2028 年までのロードマップ Credit : Axiom Space

低軌道が民間企業に向けて開放されることによって、宇宙旅行やそれに付随する新規ビジネスの需要増加がさらに予想されます。Axiom Space の活躍は、さまざまな分野のセクターが宇宙ビジネスに参入する転機として、今後も注目する必要がありそうです。

今回 Axiom Space が選出されたのは、次世代宇宙探査技術パートナーシップ（NASA’s Next Space Technologies for Exploration Partnership）の一環。

Axiom Space によると選出の決め手は、経営層が有人宇宙飛行に関する経歴を持っていることや、宇宙工学、運用、微小重力の活用、宇宙ビジネスにおけるファイナンスやマーケティング、法律などの専門知識の高さが評価されたことなのだそうです。

同社の創業者は、元 ISS のプログラムマネージャーの Michael Suffredini（マイケル・サフレディーニ）氏と、ISS の運用を行う Stinger Ghaffarian Technologies を設立した Kam Ghaffarian（カム・ガファリアン）氏。共同創業者の 2 人はどちらも有人宇宙飛行に関するプロジェクトに 35 年以上、携わっていた経験があります。

やはりレガシースペース出身の人財の独立は、民間による宇宙ビジネスの拡大において欠かせないキーワードと言えるでしょう。

また、Axiom Space と同じく宇宙ステーションのモジュールの開発を行うスタートアップ企業・Bigelow Aerospace（ビゲロー・エアロスペース）は、NASA の提供資金額を理由に同コンペティションに参加しない考えを明らかにしましたが、資金次第ではプログラムに参加したいと述べるとともに引き続き研

究開発を続ける姿勢です。

中国とパキスタンの宇宙開発協力について考察した記事が話題に

1 月 30 日、アジア太平洋地域の政治や社会的テーマを取り上げるニュースサイト「THE DIPLOMAT」が公開した、宇宙開発における中国とパキスタンの関係を考察した記事「All Weather Friends: China and Pakistan Space Cooperation（真の友人：中国とパキスタンの宇宙開発協力）」が話題を集めました。記事を執筆したのは、国際関係を専門に扱うジャーナリストの Preethi Amaresh 氏です。

ガガーリン・ユーリが人類初の有人宇宙飛行を果たした 1961 年、パキスタン宇宙高層大気研究委員会（Pakistan Space and Upper Atmosphere Research Commission 以下、SUPARCO）は、パキスタン原子力委員会の配下の小委員会として発足しました。同組織は宇宙科学や宇宙工学の研究開発を行う国の機関として設立されました。

翌年には、観測ロケット・Rehbar-1 を打ち上げ、日本とイスラエルに次いでアジアで 3 カ国目(世界では 10 カ国目)のロケット打ち上げ成功国となり、好調なスタートダッシュで宇宙開発に取り掛かったように見えたものの、軍事の干渉と教育資金の不足によって技術が継承されなかったのか、現在となっては、中国やインドの宇宙開発と比較して遅れをとっている状況です。

近年では、2018 年にパキスタンのリモートセンシング衛星 1 号（PRSS-1）と科学実験衛星（PakTES-1A）が長征 2C ロケットによって打ち上げられました。

宙畑メモ

PRSS-1(Pakistan Remote Sensing Satellite)

PRSS-1 の主なミッションは、高分解能な地球観測です。光学センサーを搭載した衛星の製造・開発のみならず、地上管制局などの設備強化も合わせて行いました。参考記事：「PRSS-1」

宙畑メモ

PakTES-1A(Pakistan Technology Evaluation Satellite)

およそ 300kg で中低解像度の地球観測衛星。ミッション機器は南アフリカの企業が開発。PakTES-1B は現在開発中です。参考記事：「PakTES-1A」

さらに 2019 年に中国と宇宙探査における協定を締結したりするなど、やはりパキスタンの宇宙開発は中国に大きく依存しているようにも見えます。この状況について Amaresh 氏は冒頭で「中国の先進技術の恩恵を受けられるようにパキスタンの宇宙開発計画は立てられている」と書いています。

国際関係の視点から見たアジアの宇宙開発の状況を、ぜひご一読ください。

https://news.livedoor.com/article/detail/17704252/

謎だらけのダークエネルギー、実は存在しなかった？　2020 年 1 月 23 日 6 時 0 分

JBpress

銀河団 Abell 520 中心部のダークマター（青）、銀河、高温ガス（緑）の分布を示した合成イメージ。ダークエネルギーは本当に存在するのだろうか。 Credit:

（小谷太郎：大学教員・サイエンスライター）

2020 年 1 月 5 日（ハワイ時間）、ホノルルで開かれていたアメリカ天文学会で、韓国・延世大学校の Yijung Kang 博士、Young-Wook Lee（李榮旭）教授らのグループが、超新星の明るさの推定を見直す研究結果を発表しました＊1。（李教授の漢字表記は御本人に教えていただきました。） また、論文がアストロフィジカル・ジャーナルに掲載されました＊2。

超新星の明るさは、ダークエネルギーなる奇妙な存在の見積りに用いられます。この発表が正しければ、宇宙の 69%を占めるというダークエネルギーの根拠が揺らぐ可能性があります。宇宙物理学業界ダークエネルギー界隈（かいわい）に驚きが広がりました。

ダークエネルギーとはいったい何者でしょうか。超新星の明るさがどうしてダークエネルギーと関係するのでしょうか。それがあったりなかったりすると、どんな違いがあるのでしょうか。解説しましょう。[JBpress の今日の記事（トップページ）へ]

宇宙って実は膨張中？！

この宇宙は膨張していて、この瞬間もどんどん広がっています。このことは、今から 100 年近く前の 1929 年にエドウィン・ハッブル（1889-1953）が見つけました。ハッブルは、よその銀河が遠ざかっているのを観測して、「宇宙って実は膨張中？」と気づいたのです。

ハッブルの測定は、当時の世界最大の望遠鏡を用いたものですが、今から見るとかなり誤差があり、現在の測定値と 7 倍ほども違っていました。宇宙膨張は、よくいえば大胆、悪くいえば乱暴な研究発表によって報告されたのです。

今では常識ですが、宇宙膨張は、宇宙が過去には小さくて高密度だったことを示しているわけで、つまりビッグバンの証拠です。しかし発表当時、ただちに研究者の大勢（たいせい）が、宇宙膨張とビッグバン宇宙論を支持したわけではありません。

「宇宙が膨張してるってことは、宇宙はむかし小さかったんだ」と、世の中が納得するには、ハッブルの発見から 20 年以上かかりました。宇宙の真理が受け入れられるまでには、時には長い時間がかかります。

アインシュタイン最大のポカ

宇宙の形状や膨張や収縮やこれまでの姿やこれからを議論する学問分野を宇宙論といいます。

少々話がさかのぼりますが、最初の宇宙論研究者はアルベルト・アインシュタイン（1879-1955）です。 アインシュタインは、できたてホヤホヤの一般相対性理論（相対論）が宇宙全体を記述できる物理学理論だと気づいていて、早速宇宙論の計算に取り掛かりました。アインシュタインが相対論を考えつく前は、宇宙全体を取り扱う物理学理論など存在せず、どう計算すればいいのか分かりませんでした。

そしてアインシュタインは自分の計算結果に狼狽（ろうばい）しました。一般相対論の方程式から導かれる、宇宙を表わす解は、どこまでも膨張するものだったり、逆にすぐ潰れてしまったり、どれもこれもろくな解じゃないのです。

この宇宙は未来永劫過去悠久、変わらない姿で存在すると信じていたアインシュタインは、そういうまともな解が見つからないので、苦し紛れに相対論の方程式に定数項を付け加えて発表します。「宇宙項」と呼ばれる定数を加えた方程式は、定常解を持つのです。つまり、未来も過去も変わらない定常宇宙が相対論から導かれるのです。 こうして世界最初の宇宙論の論文が発表されました。1917 年のことです。 けれども、アインシュタインと違って定常宇宙に対する信仰なんか持ってない他の研究者は、

大はしゃぎで相対論の方程式に取り組んで、膨張したり潰れたりする宇宙解を次から次へと見つけては提案したので、アインシュタインは「あいつら物理を分かってない」と不快を隠せませんでした。

やがて宇宙膨張の事実が明らかになり、この宇宙にあてはまる現実的な解が膨張解であることが確かになりました。そうなるともう宇宙項は必要なくなります。アインシュタインは宇宙項を加えたことを「人生最大のポカ」と言ったと伝えられます＊3。（ただし伝えているのは話のうまい愉快なジョージ・ガモフ（1904-1968）なので、このエピソードは真偽を疑う人もいます。）

宇宙はもっと膨張中？！

ハッブルの測定した宇宙膨張の「速さ」、つまり「何億光年離れた天体が何 km/s で遠ざかっているか」という関係は、宇宙物理学において超重要です。これが精確に分かると、宇宙がどれほど昔に誕生したか、現在どれほどの大きさか、物質やダークマターやダークエネルギーがどれほど存在するか、といったことが分かります。

ハッブル以降 100 年近く、この測定精度を高める工夫と努力がずっと続けられています。

宇宙膨張の速さは、

（1）遠くの何らかの天体の距離を何らかの方法で測定する

（2）その天体の遠ざかる速さをドップラー効果で測定する

という原理で測ります。

これに最もよく使われている天体は、「Ia（いちえー）型超新星爆発」です。これは何億光年も離れていても見えるほど明るく、しかもその明るさが計算できる（と思われている）現象です。これを夜空に見つけて、その見かけの明るさを計算と比較すれば、距離が測定できます。

何年も前から、自動望遠鏡が夜空を監視して超新星をサーチするシステムがいくつも働いています。現在、超新星の報告のほとんどはそういう自動観測によります。

そうして Ia 型超新星をたくさん観測して、宇宙膨張の速さを精密に測定したところ、過去よりも現在の方が膨張が速いという驚きの結果が得られました。宇宙膨張は加速しているというのです。

復活の宇宙項

相対論の方程式はさまざまな解を持ちますが、そのほとんどは、この宇宙にあてはまらない非現実的な解です。宇宙論の目標のひとつは、さまざまな解の中からこの宇宙を表わす解を探すことです。

宇宙膨張が加速しているとなると、現実的な解は加速膨張する解（のうちのひとつ）でしょう。

そして加速膨張する解は、方程式に宇宙項を入れた場合に得られるのです。正しい方程式は宇宙項を入れた方程式ということになります。

かつては不要とされ、生みの親のアインシュタインに「ポカ」と言われた（とガモフに言われた）宇宙項が、まさかの復活です。

（定常解を得るために加えられた宇宙項が、今度は加速膨張解を得るために必要なのは、つじつまが合わないように思えるかもしれませんが、宇宙項の値を調整すると、解の膨張を止めたり加速したりできるのです。）

ダークエネルギー登場（♪帝国のマーチ）

宇宙項は、この宇宙空間を満たすエネルギーと解釈されます。加速膨張の発見は、正体不明のエネルギーが宇宙空間を満たしていることを意味するのです。

そんなエネルギーはこれまで観測されたことがなく、誰も存在を知りませんでした。どんな観測装置でも見えないので、「ダークエネルギー」と呼ばれることになりました。

（ただし「ダークエネルギー」は日本だけの発音で、英語に近いカタカナなら「ダークエナジー」、ドイ

ツ語に近いカタカナなら「デュンクレエネルギー」です。）

ダークエネルギーの総量はこの宇宙の存在の 69%を占めると見積られます。（あとのほとんどは、ダークマターという、これまた正体不明の物質です。人類が知っている通常物質は、宇宙の存在の 5%程度と見られています。）

これが判明したのは、20 世紀の終わりごろのことです。突如として、宇宙はわけの分からない大量のエネルギーに満たされました。ハッブルの発見以来のびっくりです。

ノーベル賞選考委員会もびっくりしたようで、2011 年のノーベル物理学賞は、「遠方の超新星の観測による宇宙の加速膨張の発見」に対して与えられました。「超新星宇宙論プロジェクト」というグループのサウル・パールムッター教授と、「高赤方偏移超新星探索チーム」のアダム・G・リース教授とブライアン・シュミット教授が共同受賞しました。

（ハッブルの発見からビッグバン宇宙論が受け入れられるまで 20 年以上かかったこと、結局ハッブルはノーベル賞を受賞しなかったことを考えると、ダークエネルギーはずいぶん厚待遇です。）

発見以来 20 年間、謎のままのダークエネルギー

ダークエネルギーの発見以来 20 年間ほど、研究者はその正体をあれこれ考えてきましたが、どうもしっくりする答えは見つかっていません。

これほど考えても正体が分からないので、「やっぱり宇宙膨張、加速してないんじゃね？」という、潔（いさぎよ）すぎて元も子もないような解決策も、複数の研究者によって検討されています。

例えば、Ia 型超新星爆発の明るさが昔と今で実は違うという解決策です。

Ia 型超新星を用いる距離の測定は、それがもしも暗く見えたら遠く、うんと暗く見えたらうんと遠くにあるという原理で行ないます。これは、どの Ia 型超新星も（ある種の補正をした後では）明るさが同じという仮定に基づいています。

しかしうんと遠くに見える Ia 型超新星は、うんと昔に爆発したものです。何十億年も昔にさかのぼると、例えば銀河内物質の元素組成が違ってきます。超新星爆発を起こす星の元素組成が違うと、明るさが違ってくるとしたらどうでしょうか。宇宙膨張が加速しているという主張の根拠が怪しくなります。

ようやく今回の発表の話に

さて、ようやく今回の発表の話になりました。宇宙論は人々が真実に至るまでの過程が面白いので、ついつい前置きが長くなってしまいます。

今回の発表は、「Ia 型超新星の明るさが時代によってホントにずれてるっぽい！」という観測結果です。

Kang 博士、李教授らのグループは、比較的近くで発生した Ia 型超新星の属する母銀河を精密に観測し、その年齢を求めました。すると、超新星の明るさと年齢の間に相関が見つかったというのです。

今回の結果を考慮すると、宇宙膨張は加速してないとしても、これまでの観測結果を説明することができるといいます。

図 1 をごらんください。水色の丸は、これまで観測された超新星の見かけの明るさです。

もしも宇宙膨張の加速がなく、超新星の明るさが変化しないならば、観測データ（丸）は水平線上に並ぶはずです。が、観測データは水平線から上にずれています。

このずれは、宇宙膨張の加速（黒いカーブ）による、というのが標準的な解釈です。このずれからダークエネルギーが宇宙空間を満たすという結論が導かれるわけです。

けれども今回の発表によると、超新星の明るさが時代によって変化する効果（赤いカーブ）でも、水平線からのずれを説明できるというのです。

もし宇宙膨張の加速が必要ないなら、宇宙項もダークエネルギーも必要ありません。

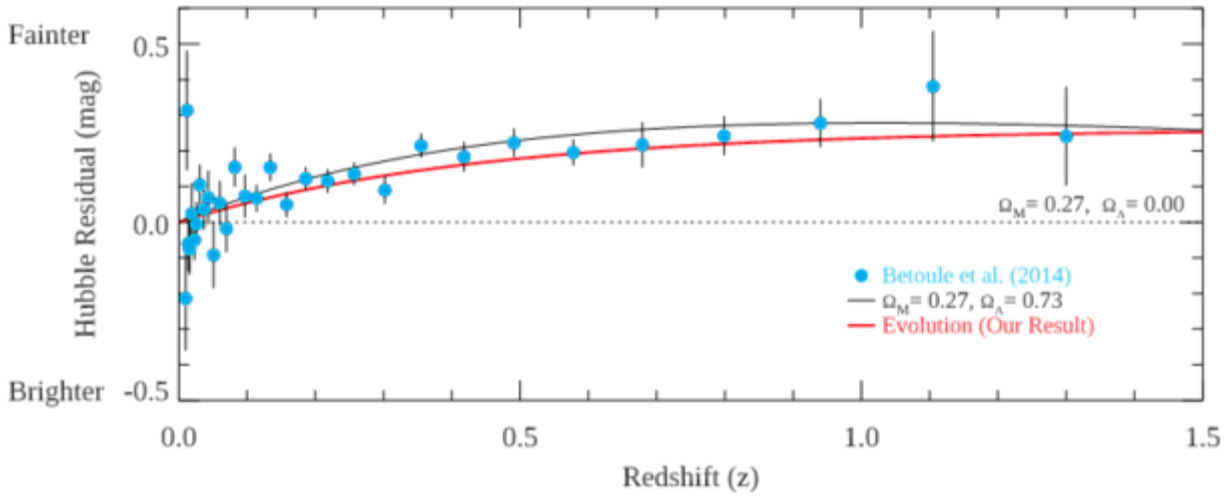


図１：Ia 型超新星の見かけの明るさと距離の関係。横軸は、超新星の距離を赤方偏移パラメータ z で表わした値で、遠いものほど右。縦軸は、超新星の見かけの明るさのハッブルの法則からのずれ。丸印は別のグループによる測定データ。黒いカーブは、宇宙膨張の加速による予想値。赤いカーブは、超新星の明るさの時代による変化による予想値。どちらのカーブでも、測定データを説明できる。

ダークエネルギーの運命や如何（いか）に

さて今回の発表が正しくて、ダークエネルギーは一時の幻となるのでしょうか。私たちはあとで振り返って「どうしてあんなもの信じていたんだろう」と訝（いぶか）しむのでしょうか。（そういうことは宇宙論の歴史において何度もありました。） それともやはり宇宙膨張は加速しているのが本当なのでしょうか。　李教授によると、この結果は「ノーベル賞にもつながったダークエネルギーの発見が、はかない偽りの（fragile and false）仮定に基づく作り物（artifact）かもしれないことを示している」と、かなり強気です。

どんな研究結果も、観測事実に照らして、検証していくのが科学の手法です。この発表は宇宙論業界に論争を巻き起こしたところです。李教授によると、高赤方偏移超新星探索チームのリース教授とも議論中とのことです。またこの発表がきっかけとなって、膨張加速を検証する観測研究が今後次々行なわれるでしょう。

ダークエネルギーの運命や如何に。期待して決着を待ちましょう。（たぶん 20 年くらいかかります。）

＊1：延世大学校プレス・リリース（2020/01/05）

＊2：Yijung Kang, Young-Wook Lee, Young-Lo Kim, Chul Chung, Chang Hee Ree, 2020, “Early-type Host Galaxies of Type Ia Supernovae. II. Evidence for Luminosity Evolution in Supernova Cosmology”, ApJ 889, 8.

＊3：ジョージ・ガモフ『わが世界線』（『宇宙=1、2、3…無限大』（白楊社）に所収）

筆者：小谷 太郎