

イプシロン、10月1日打ち上げ 小型衛星9基搭載 JAXA

8/20(金) 14:46 配信  時事通信社 



宇宙航空研究開発機構（JAXA）のロゴマーク

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は20日、大学や民間企業などの小型衛星9基を搭載したイプシロンロケット5号機を、10月1日に鹿児島県・内之浦宇宙空間観測所から打ち上げると発表した。打ち上げ予定時刻は同日午前9時48分から同59分ごろまでの間。JAXAが宇宙利用拡大に向け、大学や研究機関、民間企業などが開発した部品や機器、超小型衛星などに宇宙実証の機会を提供する「革新的衛星技術実証プログラム」の一環で、同プログラムの衛星打ち上げは19年1月のイプシロン4号機に続き2回目。今回は、公募により選定された計9基の衛星が搭載される。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/8d03b908c0153fc9ad4c83d208ab6d0f6bd94778>

月面で活用の無人建設技術を開発 災害復旧、人手不足解消にも

8/18(水) 17:22 配信  毎日新聞 



月面での無人施工のイメージ（鹿児島提供）

月面で活用できる無人建設技術の開発を推進する国土交通省などのプロジェクトが始まった。日本も参画する米国の有人月面探査計画「アルテミス計画」に役立てるため、重機の遠隔操作や無人施工の技術を高度化させる。国交省は災害現場における復旧作業の効率化や建設業界の人手不足の解消につなげたい考えた。【写真特集】ハッブル望遠鏡が記録した宇宙 政府が主導する宇宙開発事業の一環として産学官が連携して実施する。母体となるのは、国交省と文部科学省、内閣府が7月に設置した「無人建設革新技術開発推進協議会」。宇宙航空研究開発機構（JAXA）や有識者も参加する。具体的には、月面での活動を視野に掘削や積み込みを無人で実施する技術▽月面で居住できる拠点施設を建設する技術▽月に存在する材料を用いて、月面で利用する建設材料を製造する技術——を民間企業に公募している。採用された民間企業は委託費を受け取る。今年度は実現可能性の検証（1年間）が上限700万円（8件）、技術研究開発（5年間）は上限2500万円（2件）。国交省などは2025年度までにこれらの技術を地上で実用化させたい考えた。将来的には30年度から月面で拠点施設の建設に入り、35年度には月面に人が常時滞在する構想を描く。国交省によると、重機の遠隔操作はカメラの画像を見ながら行うため、現場で操作するよりも効率が2割ほど低下する。あらかじめ準備したプログラムを基に重機が自動で作業をする無人施工も含めてスピードアップが課題だ。労働人口が減少する中、建設現場の生産性を向上させる狙いもある。担当者は「高い目標がないと技術は発達しない。月面で可能になれば世界中のどこでも無人施工ができるのでは」と期待する。【岩崎邦宏】

【独自】マウス受精卵は宇宙で育つのか…ISSで9月に実験へ

8月21日（土）15時0分 [読売新聞](#)



[写真を拡大](#)

山梨大などの研究チームは9月にも、国際宇宙ステーション（ISS）でマウスの受精卵が正常に育つかどうか確かめる実験を実施する。無重力環境の宇宙で、人間を含めた哺乳類は生まれ育つことができるのかなどを探るのが目的だ。計画では、地上で凍結したマウス受精卵約700個を、今月下旬に米国から打ち上げられる米宇宙企業スペースXの補給船でISSに運ぶ。9月上旬にISS滞在中の宇宙飛行士が、日本実験棟「きぼう」で受精卵を解凍し、無重力環境で4日間培養する。受精卵が正常に細胞分裂し、子宮に着床する前の状態である「胚盤胞」まで育つかを調べる。比較のため、重力を発生させる装置を使った培養も行う。培養後は地上に回収し、遺伝子解析などで詳しく確認する。哺乳類の受精卵の培養には通常、高度な実験技術が必要だが、チームは今回、比較的容易に培養できる装置を開発した。

これまで、魚類や両生類の受精卵が宇宙で正常に育つことは確かめられている。だが、より複雑な体を持つ哺乳類ではわかっていない。地上で無重力を模擬する装置を使った実験では、マウスの受精卵から胎盤ができにくくなった。成長過程で胎児と胎盤が分かれる際、重力が重要な役割を持っている可能性があるという。

チームの[若山照彦](#)・山梨大教授（繁殖生物学）は「人間が将来、月などに移住したとき、食料としての家畜やペットの犬猫を繁殖させるための基礎データを得たい」と話している。

<https://news.mynavi.jp/article/20210820-1951789/>

MMX 探査機は火星微生物の“死骸”を持ち帰られるか？ JAXA が可能性を検討

2021/08/20 17:56 [著者：大塚実](#)

[目次](#) [火星物質が微量でも意味はある？](#) [どうすれば生命の痕跡を見つけられるか](#)

[その一方で入っていると困るものも](#) [MMXの開発状況と意義の3本柱](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は8月19日、2024年度の打ち上げを予定している「火星衛星探査計画」(MMX)に関するオンライン記者説明会を開催した。MMXは、火星衛星・フォボスからのサンプルリターンを目指す計画である。地球への帰還は2029年度を予定しており、火星圏からのサンプル採取は、実現すれば世界初となる。フォボスの起源については、「捕獲小惑星説」と「巨大衝突説」があり、まだ結論は出ていない。もし前者であれば、D型小惑星に多く含まれる有機物など始原物質の採取が期待できるし、後者であれば、太古の火星物質を獲得できる。どちらでも意義は大きく、さらにこの2説の論争に決着を付けることもできるはずだ。

また現在、火星探査は世界的に注目されており、各国が探査機を送り出している。MMXが着陸するのは衛星ではあるが、フォボス表面には火星由来の物質もわずかに存在すると考えられており、その取得まで期待されてい

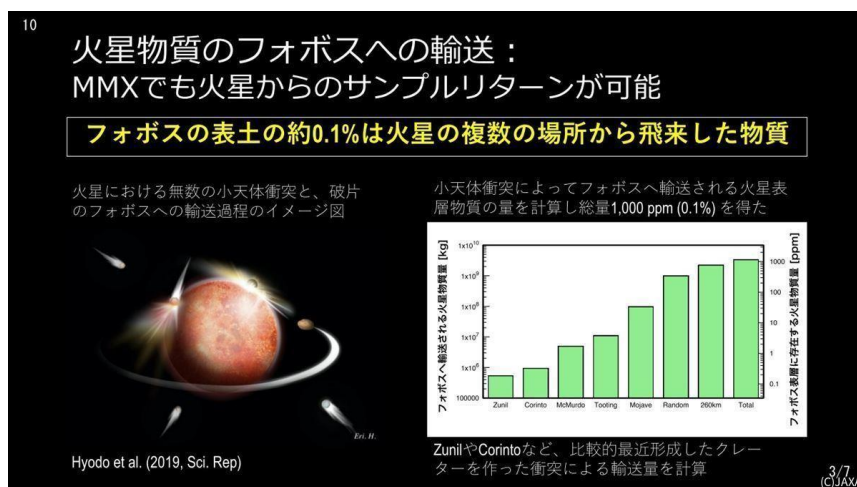
る。今回の説明会では、主に火星に関わるサイエンスについて、説明が行われた。

火星物質が微量でも意味はある？

火星は地球に良く似た惑星だ。水や大気が存在し、かつては、活火山や海もあったと考えられている。地球と同じように生命が誕生していた可能性があり、もしかしたら、地中のどこかで今も生き残っているかもしれない。まだ直接的な証拠は見つかっていないものの、現在、最もホットなトピックの1つだ。

これまで、火星探査ローバーによる現地調査が行われてきたが、ローバーに搭載できる分析装置の重量には限界がある。サンプルリターンであれば、持ち帰るサンプルが少量であっても、地球の最先端の大型分析装置が使えるというメリットがあり、NASA/ESAの火星サンプルリターン計画(MSR)では、早ければ2031年にも地球に帰還する可能性がある。現在、火星のJezeroクレーターでは、NASAのローバー「Perseverance」が活動している。Jezeroクレーターには太古の湖があったと考えられており、もしそうなら、生命の痕跡が残っている可能性が高い。MSRでは、Perseveranceが採取したサンプルを回収し、地球に持ち帰ることを計画している。

MSRが直接火星からサンプルを採取してくるのに、衛星探査であるMMXに何が期待できるのか。サンプル分析ワーキングチームPIであるJAXAの臼井寛裕氏(JAXA宇宙科学研究所 太陽系科学研究系 教授)は、「相補的な役割がある」と述べる。火星には過去、無数の小天体が衝突している。大規模な場合には、衝突でまきあげられた物質が軌道上まで到達し、それがフォボスにも飛来。現在、フォボス表土の約0.1%は、このようにして火星から飛んできた物質であると想定されている。



フォボス表面でサンプルを採取する MMX 探査機のイメージ (C)JAXA

火星からどのくらいの量がフォボスに飛来したのかを試算した (C)JAXA

もし Jezero クレーターに生命環境があれば、痕跡を検出できる可能性は高い。しかしクレーター内という狭い地域に限定されているため、予想が外れていたら、検出できないかもしれない。一方、MMX は少量ではあるものの、火星の様々な場所・年代で形成されたサンプルを分析できる強みがあるという。

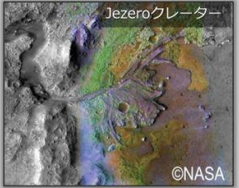
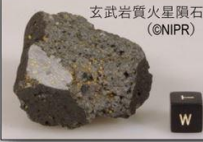
どうすれば生命の痕跡を見つけられるか

MMXのサンプルリターンで検出が期待されるものは何か。プロジェクトチームは国際学術誌「Science」で8月13日に発表した論文において、それを「SHIGAI」(Sterilized and Harshly Irradiated Genes, and Ancient Imprints)と名付けた。これはもちろん、日本語でいう「死骸」で、死んだ微生物のことだ。

SHIGAIには、「火星で生きていて、フォボスへの輸送過程・輸送後に死んだ微生物」と「火星で死んだ微生物やその痕跡がフォボスに輸送されたもの」が含まれる。MMXでは、世界に先駆け、この火星生命の痕跡を採取できる可能性がある。地球上の生命の場合、痕跡(バイオシグネチャー)となるのは、化石化した微生物の形態学的特徴、DNAやタンパク質などが分解された生命特有の有機分子(バイオマーカー)、炭素や窒素の安定同位体比、などがある。もちろん、火星生命が地球と同様とは限らないのだが、まずはこれらが探索のベースとなる。

MMXが持ち帰るフォボス表土に含まれる火星物質 MSR・MMX・隕石試料との比較

有機物を含む様々な時代の堆積岩がフォボス表土に混入

	MSR	MMX	火星隕石
特徴	三角州の発達した昔の湖の跡 - 岩石：堆積物に含まれる、多様な粘土鉱物や炭酸塩鉱物 - 時代：ノアキス紀（～40億年） - 変質：火星表層から直接回収 	様々な環境で形成した複数の地質体 - 岩石：火山岩・堆積岩など火星に分布する岩石の種類を広くカバー - 時代：複数の形成年代 - 変質：フォボスへの輸送で弱い衝撃圧を経験 	火山岩 - 岩石：火山岩（堆積岩は未発見） - 時代：多くが若い年代 - 変質：地球への輸送で強い衝撃圧や、高温での部分溶融を経験 
	©NASA	Hyodo et al. (2019)	©NIPR

4/7
(C)JAXA

MSR、MMX、火星隕石の比較。岩石の種類や時代、変質の大小に違いがある (C)JAXA

MMXが検出する可能性のある生命痕跡 MSR・MMX・隕石試料との比較

火星生命検出にはMSRとMMXによる相補的な探査がカギ

	MSR	MMX	火星隕石
保存性	高い 火星表層から、直接回収	低い フォボスへの輸送やフォボス上で熱・衝撃圧・放射線照射を経験	極めて低い（未検出） 地球への輸送による高い衝撃圧・溶融を経験
検出	着陸地に依存 Jezeroクレーターに生命環境があれば、高い確率で検出する可能性あり	存在度に依存 火星の“どこか”に高い生命存在度を示す環境があれば、フォボス試料から検出する可能性あり	極めて困難 火山岩に由来すること、また地球上での汚染を考慮すると、検出は困難
	©NASA	Hyodo et al. (2019)	©NIPR

6/7
(C)JAXA

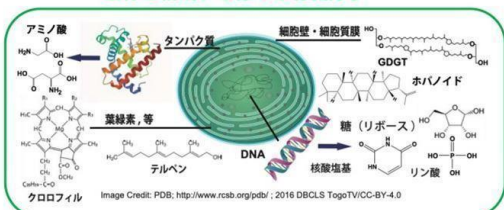
検出できるかどうかは、MSRは場所に依存、MMXは存在度に依存するという (C)JAXA

生命の痕跡＝バイオシグネチャーとは？

地球上の太古代（>30億年前）の微生物の化石（オーストラリア）



生体を構成する様々な有機分子



バイオシグネチャーとなるもの

- ① 形態学的特徴
 - ② 生命に特徴的な有機分子＝バイオマーカー
 - ③ 安定同位体比（e.g., $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ）
- 非生物的に生成された有機物
→ 隕石や彗星にもたらされた有機物
→ 火星における化学進化の可能性を理解する上で重要

3/6

(C)JAXA

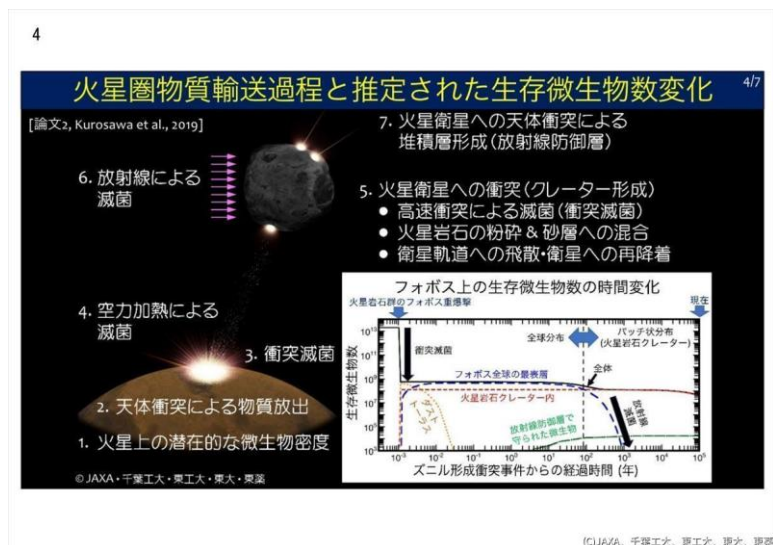
火星でもこれら生命の痕跡(バイオシグネチャー)が見つかる？ (C)JAXA

生命の痕跡を保存していると考えられるのは水質変成鉱物である。この分析では、まず最初に化石のような有機

物の濃集があるかどうかを、光学顕微鏡や放射光による観察で調べる。もし見つければ、さらに電子顕微鏡などで詳細に分析し、化学組成や安定同位体比を調査。有望なものがあれば、さらに分子レベルの分析で重要なバイオマーカーを探す。



水質変成鉱物の分析は、3ステップで進めていくことになる (C)JAXA



フォボスで生存するためには、これらの滅菌をくぐり抜ける必要がある (C)JAXA、千葉工大、東工大、東大、東葉

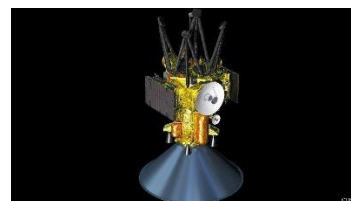
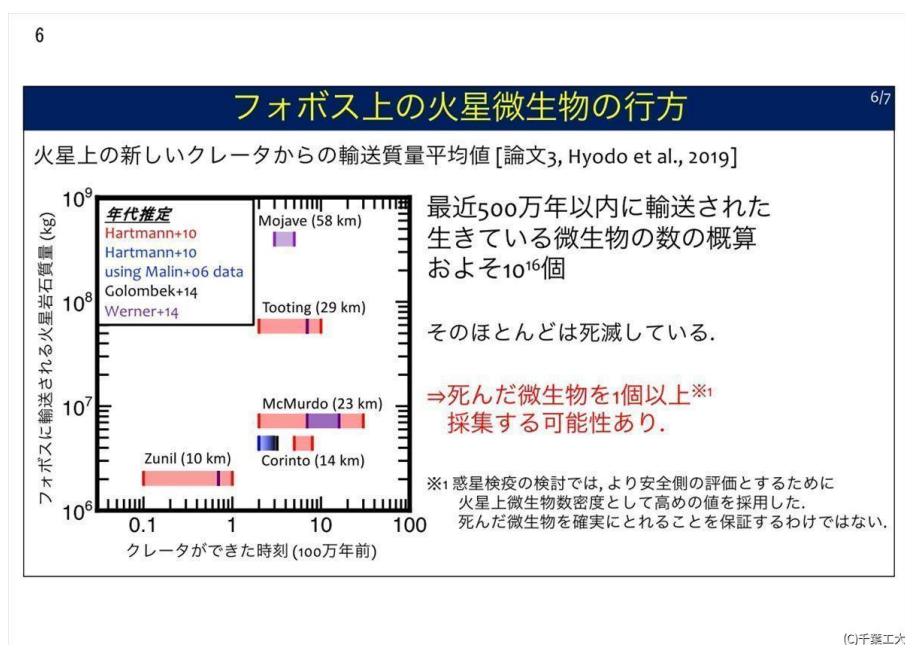
ただそのためには、まず火星粒子を見つける必要がある。火星粒子の濃度は、前述のように約 0.1%。つまり 1,000 粒に 1 粒くらいしかないわけだ。キュレーション・サンプル分析チームの菅原春菜氏(JAXA 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系 特任助教)は、「多量のフォボス粒子の中から極微量の火星粒子を見つけ出すための技術開発が鍵となる」と述べる。

フォボスの粒子とは化学・鉱物組成が異なるため、判別は可能と考えられているものの、モタモタしていたら、すぐに MSR のサンプルが地球に届いてしまう。1 粒 1 粒を詳細に見て選別しては時間がかかりすぎるため、粒子形状情報と化学・鉱物学的情報を組み合わせたスクリーニング分析技術の開発を進めているそうだ。

その一方で入っていると困るものも

このように MMX では火星生命の探索まで期待されるものの、その一方で懸念されるのが惑星検疫上の問題だ。死骸ならともかく、まだ生きている未知の微生物を地球に持ち帰り、それが環境中に漏れ出してしまえば一大事。人間に感染する危険性も無いとはいえない。これを防ぐためには、探査機側にも地上側にも厳重に管理できる仕組みが必要となるが、MMX 探査機はこれを想定した設計にはなっておらず、もしこの対策が追加で必要と

なってしまうと、システムが成立しなくなるだろう。そこで、プロジェクトチームは、MMX が生きている微生物を採取する確率を検討。国際的な要請は「100 万分の 1 以下」なので、これより下であることが分かれば、現在の計画のままサンプルリターンを実施しても問題は無い。まず火星上にどのくらい微生物が生きているかだが、地球上で最も火星環境に近い南極の永久凍土をベースに数値を想定。これがフォボスに到着し、なおかつ生き続けるためには、火星上での小天体の衝突に耐え、飛行中の空力加熱に耐え、宇宙空間の放射線に耐え、さらにフォボスへの衝突にも耐える必要がある。現在まで生き残るためのハードルは極めて高いと言えるが、その確率は 50 万分の 1 と推定。MMX で想定しているのは 10g のサンプル採取なので、この場合の確率は 3,800 万分の 1 と結論づけた。これを受け、2019 年 3 月の COSPAR(国際宇宙空間研究委員会)総会において、MMX は無事「安全」であると認定されている。ただ、生きている微生物が入っているのは困るが、死んだ微生物が入っていて欲しい。この点について、惑星検疫の検討を行った黒澤耕介氏(千葉工業大学 惑星探査研究センター 上席研究員)は、「確実とは言えないものの、1 個以上取れる可能性がある」とした。



MMX のサンプル中に、死んだ微生物が入っている可能性は？ (C)千葉工大

ロケット搭載時のコンフィギュレーション。3 モジュールで構成される (C)JAXA

MMX の開発状況と意義の 3 本柱

MMX の現状については、プロジェクトマネージャである川勝康弘氏(JAXA 宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系教授)から説明があった。

各国に先駆け、2029 年度にサンプルを持ち帰るためには、確実に 2024 年度に打ち上げる必要がある。火星に効率良く行けるタイミングは限られており、たとえ開発が遅れたからといって、打ち上げを 2~3 カ月遅らせるということもできない。惑星探査機には、地球周回衛星に比べ、そういった難しさもある。

MMX は、打ち上げ時重量が約 4 トンと、日本最大の深宇宙探査機となる。2021 年 2 月に基本設計が完了。現在、エンジニアリングモデル(EM)の製作・試験、詳細設計を進めているところだ。

川勝プロマネは、「挑戦的なミッションなので、難しい基本設計だった」と述べる。探査機は、「往路」「探査」「復路」の 3 モジュールで構成。火星到着時に往路モジュールを切り離し、探査+復路モジュールでフォボスの観測・サンプル採取を行い、最後は復路モジュールだけで帰還し、カプセルを地球に届ける。

この複雑な運用の機体を、4 トンという重量内に収めないといけない(このうち半分以上は推進剤が占める)。打ち上げは、日本最大の H3 ロケットを使うが、これでも能力はギリギリのため、重量オーバーは許されない。さらに、新型コロナウイルスの感染拡大により、海外パートナーとのコミュニケーションも大変だったという。

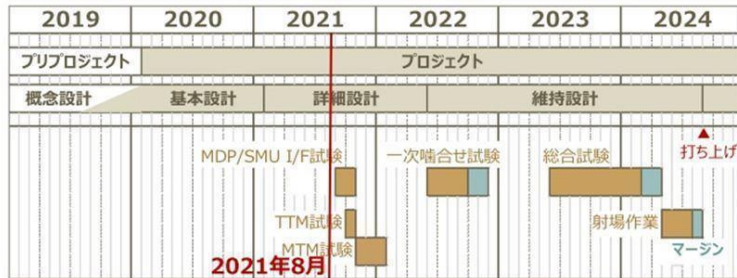
2024年度の打ち上げに向け着実に進むMMX開発

MMXは2021年2月に基本設計を完了、開発モデル（EM）の製作・試験、詳細設計を進めている。技術課題を一つ々々解決しながら、2024年度の確実な打ち上げに向け、着実に開発が進んでいる。

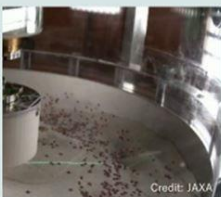
基本設計での挑戦 (2021年2月完了)

- ・複雑なシステム、運用
- ・13のミッション機器
- ・リソース（質量）制約
- ・タイトなスケジュール
- ・新型コロナウイルス感染拡大によるコミュニケーション上の課題

MMX開発スケジュール

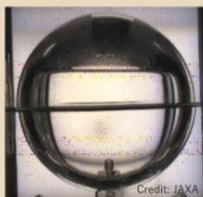


フォボス着陸時の反力・レゴリス飛散



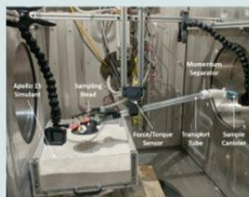
落下塔を用いた微小重力試験

着陸時のスロッシング



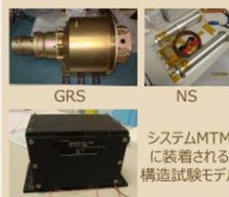
落下塔を用いた微小重力試験

ニューマティック採取機構



サンプル採取試験 (Honeybee Robotics 提供)

MEGANE STM



システムMTMに装着される構造試験モデル

落下塔での試験なども活用しながら、開発は着実に進んでいる (C)JAXA

日本独自の火星圏探査MMX ~その意義・価値 3本の柱~

我が国が誇る小天体サンプルリターン技術を武器に、火星衛星の起源を明らかにすると共に、火星生命探査の一翼を担い、将来の有人火星探査にも寄与する。MMXは**日本独自の火星圏探査**である。

はやぶさ2からの発展 生命と火星衛星の起源に迫るMMX



©Akshiro Ikeshita

MMXは、はやぶさ2に続く、JAXAの小天体探査戦略の中核を担うミッション。火星の衛星フォボスのサンプルを採取し、火星衛星の起源を明らかにするとともに、太陽系の中で水・有機物が、どのようにして惑星に供給され、生命が誕生・居住可能な環境ができたのかを明らかにする。

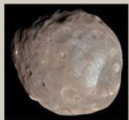
NASAパーサヴィアランスより早く 火星サンプルを持ち帰るMMX



Credit: NASA/JPL

フォボス表面には、隕石衝突により火星表面から吹き飛ばされたサンプルが、かなりの量、降り積もっていると考えられている。MMXは、フォボス自身のサンプルに加えて、火星表層からのサンプルを、NASA・ESA、および中国の計画よりも早く、2029年度に地球に持ち帰る。

フォボスは火星への橋頭堡 有人火星探査の先陣を切るMMX



Credit: NASA/JPL-Caltech University of Arizona

MMXは、有人火星探査では必須となる火星圏への往復を果たす。また、有人火星探査の重要拠点と目されるフォボスの表面地形、地盤情報、表面・周辺環境を世界で初めて詳細に観測して、天然の宇宙ステーションとしての利用可能性を探る。

MMXの新たな3本柱。1機の探査機でここまでの成果が期待できる (C)JAXA

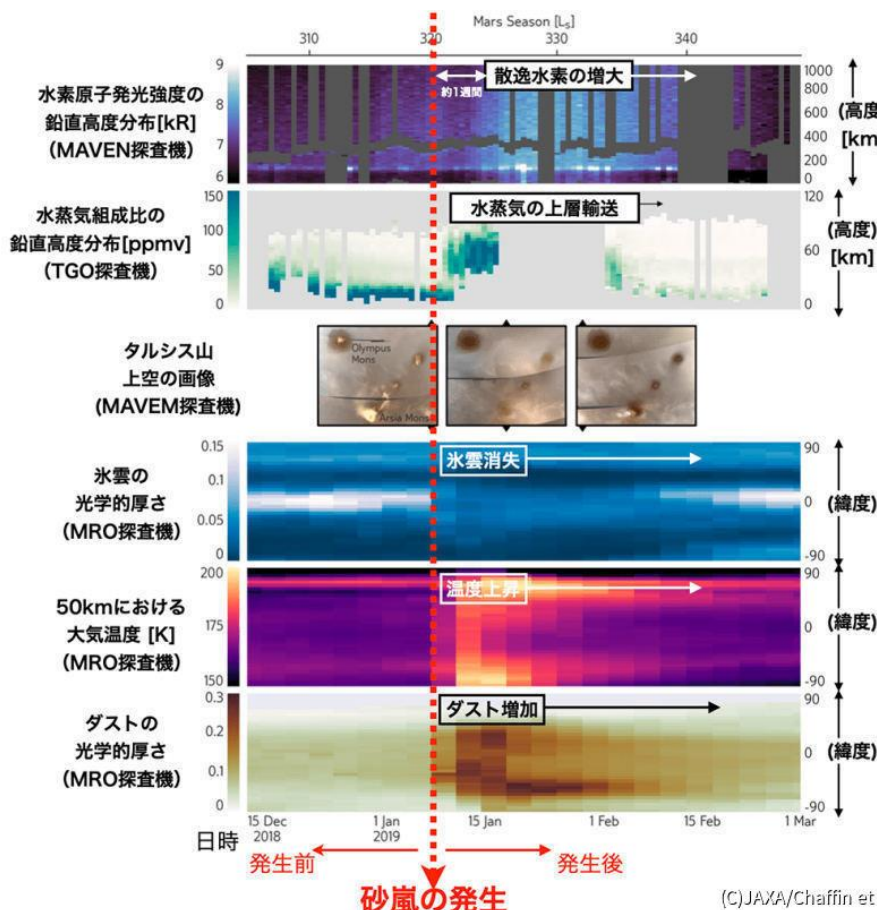
MMXでは、1回の着陸で10g以上のサンプル採取を目指している(着陸回数は2回の予定)。10gのサンプル中に、火星粒子は30粒ほど存在すると想定されているが、なるべく多くの火星粒子を得るためには、サンプルの量は多ければ多いほど望ましい。はやぶさ2は、目標としていた0.1gを大きく超える5.4gのサンプルを地球に持ち帰った。採取方法が異なるため(はやぶさ2は弾丸発射方式、MMXは筒を突き刺すコアリング方式)、MMXに直接的な関係はないものの、川勝プロマネによれば、フォボス表面の密度が大きければ、目標(10g)の「2~3倍ほど採取できる可能性はある」という。これまでMMXの意義については、日本の小天体探査戦略と、有人を含

めた国際宇宙探査の面から語られることが多かったが、川勝プロマネは「新たに3本目の柱として火星生命探査が加わった」と指摘。「火星衛星だけでなく、火星圏探査としても、日本独自のユニークな探査だと海外にアピールできる」と意気込んだ。

<https://news.mynavi.jp/article/20210819-1950466/>

火星表面から水を宇宙に散逸させているのは砂嵐、JAXA が仕組みを確認

2021/08/19 10:37 著者：波留久泉



(C)JAXA/Chaffin et al., 2021, Nature Astronomy改変

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は8月17日、米国航空宇宙局(NASA)と欧州宇宙機関(ESA)の合計3機の火星観測衛星によるデータから、砂嵐によって引き起こされる水散逸のタイミングと大きさを定量化することに成功したと発表した。同成果は、JAXA 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系の青木翔平プロジェクト研究員が参加する国際共同研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学を扱う学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。長年、太陽系内では、ハビタブルゾーンにある地球にのみ液体の水があると考えられてきた。しかし数多くの探査により、火星や木星・土星の衛星、冥王星などの地下や分厚い氷の下に液体の水がある可能性が示唆されるようになってきた。こうした液体の水が存在する可能性のある天体のうち、地球から最も近いのが火星だ。火星は約35億年前、海と呼べるレベルで大量の液体の水があったことが、さまざまな証拠からわかっている。しかし現在は、液体の水を維持するのは不可能なほど希薄な大気と、酸化鉄の赤い砂漠と荒地が支配する乾燥しきった世界となってしまう。大量の水が失われた理由は現時点で明確な答えは出ていないが、これまでの説では、水は水素と酸素に分かれて宇宙に散逸していったと考えられてきた。それは、火星の核が早い段階で冷えてしまい、固有磁場が失われたことで、太陽風によって大気が剥ぎ取られてしまうのを防げなくなり、その結果、水は水素と酸素に分かれ、宇宙へと散逸していったためとされてきた。

そして、地表から宇宙へと水蒸気を運んだのが砂嵐だとされている。地表面付近で発生する砂嵐によって水蒸気が高高度にまで輸送され、あとは太陽風に吹き飛ばされるという考えだが、これまで砂嵐によって水蒸気が宇宙

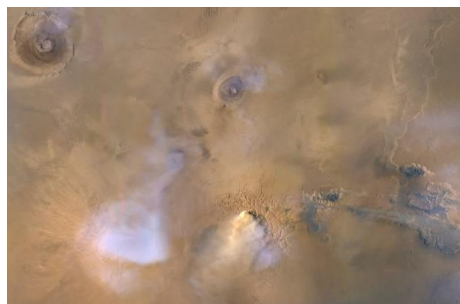
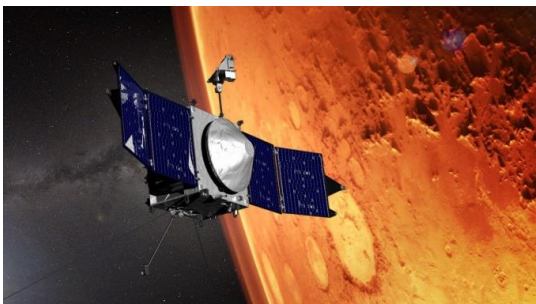
に運ばれていく様子が網羅的に捉えられたことはなく、詳細は不明であったという。

そこで今回の研究では、NASA の観測衛星「Mars Reconnaissance Orbiter」(MRO)と、同・観測衛星「Mars Atmosphere and Volatile EvolutionN」(メイブン)、欧州宇宙機関(ESA)の観測衛星「ExoMars Trace Gas Orbiter」(TGO)の 3 機の計 4 つのセンサーが同時に捉えた、2019 年 1 月から 2 月にかけて発生した小規模な砂嵐の観測データを活用して調査が行われた。砂嵐が発生した際の地表面から宇宙空間までのダスト、温度、氷雲、水蒸気、水素が詳細に分析された結果、小規模の砂嵐が発生して大気が加熱され、氷雲が消失させられ、水蒸気が大気上層に輸送されていく様子が判明したほか、砂嵐によって、水素の散逸が通常の 5~10 倍にまで増大していることも示されたという。また、中層大気における水蒸気量の増加から、散逸水素が増大するまでの期間が約 1 週間であることも確認された。このような小規模の砂嵐は火星でほぼ毎年発生していることから、砂嵐が火星水環境の進化に与える影響は大きいことが明らかとなったと研究チームでは説明している。2019 年 1 月に発生した小規模な砂嵐の前後における大気場の変動(Chaffin et al., 2021, Nature Astronomy 改変)。上から、「水素原子発光強度の鉛直高度分布[kR]」(メイブン)、「水蒸気組成比の鉛直高度分布[ppm]」(TGO)、「タルシス山地域の画像」(メイブン)、「氷雲の光学的厚さ」(MRO)、「高度 50km における大気温度[K]」(MRO)、「ダストの光学的厚さ」(MRO)。2019 年 1 月 7 日前後の砂嵐発生に伴って、ダストの光学的厚さが増加するとともに、大気温度の上昇および氷雲の消失が観測され、また水蒸気の上層へと輸送され、約 1 週間後には散逸水素が通常の 5~10 倍へ増大するという一連の様子が、複数の探査機によって捉えられた (出所:JAXA 宇宙科学研究所 Web サイト)

<https://sorae.info/astrometry/20210819-mars-mro-maven-tgo.html>

小規模な砂嵐でも火星の水は失われやすくなる、3 つの探査機による観測成果

2021-08-19 [松村武宏](#)



【▲ NASA の火星探査機「MAVEN」を描いた想像図 (Credit: NASA/Goddard)】

【▲ NASA の火星探査機「マーズ・リコネサンス・オービター (MRO)」が 2010 年 11 月に撮影した火星の様子。中央下にある黄白色をした雲のようなものは砂嵐にともなって発生するダストタワー（高く立ち昇った砂塵の集まり）で、青みがかった白いものは雲 (Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS)】

現在は寒く乾燥しているものの、数十億年前の気候は今よりも温暖で、地表には海が形成されるほどの水があったとされる「火星」。かつて地表に存在していた水の一部は北極や南極で凍りついていますが、水のほとんどは太陽から届く紫外線によって水素と酸素に分解されることで宇宙空間へ失われたり、地殻に取り込まれたりしていると考えられています。このうち太陽光による水の分解は、火星の砂嵐によって促されたとみられています。砂嵐には火星の冷たい大気を温める効果があり、普段であれば凍結してしまう高度よりも上まで水蒸気が到達できるようになります。大気の高層では水分子が紫外線によって水素原子と酸素原子に分解されやすいので、砂嵐が発生すると大気中の水分子が宇宙空間に失われやすくなる、というわけです。

火星では毎年のように夏の砂嵐が発生していますが、水を失う主な原因になっているのは数年ごとに発生する大規模な砂嵐だと考えられてきました。ところが、コロラド大学ボルダー後の Michael S. Chaffin 氏らの研究グループによると、より小規模な砂嵐でも水の分解が後押しされるようです。

関連：[太古の火星の水はなぜ失われたのか？ 砂嵐が関係していた可能性が浮上](#)

アメリカ航空宇宙局（NASA）の「マーズ・リコネサンス・オービター（MRO）」と「MAVEN（メイブン）」、それに欧州宇宙機関（ESA）／ロスコスモスの「トレース・ガス・オービター（TGO）」といった火星探査機による観測データをもとに、研究グループは2019年1月から2月にかけて発生した小規模な砂嵐がもたらした影響を分析しました。研究グループによると、普段の水蒸気は比較的低い高度で凍結するものの、砂嵐の発生によってより高い高度まで到達できるようになり、砂嵐発生後の中層大気では10倍以上の水を検出。気温の上昇によって水蒸気が凍結しなくなった低層大気では雲が形成されなくなると予想されていましたが、実際に水氷の雲が消えてしまったといいます。また、水分子の分解が促されたと予想される高層大気で検出された水素の量は、砂嵐の発生中は50パーセント増加したとされています。

3つの探査機によって集められた観測データは、砂嵐の発生中は普段と比べて大気から2倍の水が失われることを示しているといいます。Chaffin氏は「小規模な砂嵐が火星の大気にどれほど大きな影響を及ぼしているか、火星の研究者は今まで気付いていませんでした」とコメントしています。

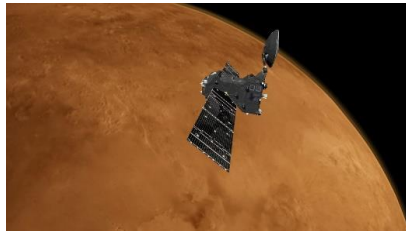
関連：[火星の巨大な塵の塊「ダストタワー」が水を失わせた原因か](#)

Image Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS Source: [NASA](#) / [CU Boulder](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210817-lunae-planum.html>

火星の「クレータートリオ」 欧州・ロシアの火星探査機が撮影

2021-08-17 [松村武宏](#)



【▲ 火星のルナエ高原にある並んだ3つのクレーター（Credit: ESA/Roscosmos/CaSSIS）】

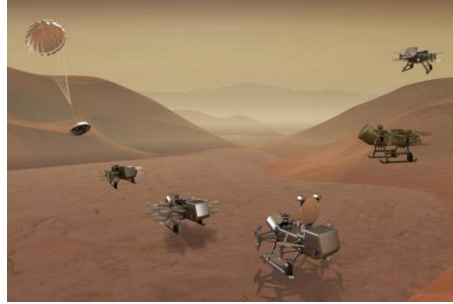
【▲ 火星を周回する「トレース・ガス・オービター（TGO）」を描いた想像図（Credit: ESA/ATG medialab）】

こちらは火星の北半球にあるルナエ高原（Lunae Planum）の一部を周回軌道上から撮影した画像（疑似カラー）です。直径1km～4.5km程度の大小3つのクレーターがまるで一列に並ぶように形成されていて、その周りにも小さなクレーターが点在しているのがわかります。欧州宇宙機関（ESA）によると、タルシス三山とも呼ばれる3つの火山（アスクレウス山、パヴォニス山、アルシア山）の東に位置するルナエ高原は、タルシス三山から流れてきたとみられる溶岩に覆われています。3つのクレーターのうち一番大きなものについては縁の内側に層が見えるといい、この地域に何度も溶岩流が流れてきたことを意味する可能性があるようです。

画像は欧州およびロシア共同の火星探査ミッション「エクソマーズ」の周回探査機「トレース・ガス・オービター（TGO）」に搭載されている光学観測装置「CaSSIS」を使って2021年3月22日に撮影されたもので、ESAから「Crater trio」のタイトルで公開されています。なお、ESAとロスコスモスではエクソマーズミッション2度目の探査機打ち上げを[2022年に計画](#)しており、定点観測を担う地表プラットフォーム「カザチョク」と探査車「ロザリンド・フランクリン」が2023年に火星へ着陸する予定です。関連：[火星の大地にぽっかり空いた大きな穴](#) Image Credit: ESA/Roscosmos/CaSSIS Source: [ESA](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210816-titan-dragonfly.html>

タイタンで生命を探せ！NASAのドラゴンフライミッションに新たな進展



【▲ ドラゴンフライミッションでは 2030 年代半ばに着陸機として回転翼航空機ドラゴンフライ(Dragonfly=トンボ。上掲のイラスト参照)を土星の衛星タイタンに送り込む予定。タイタンの地表における本格的な探査はこれが初めて (Credit: Johns Hopkins/APL)】

【▲ ドラゴンフライミッションの概略図。降下、着陸、地上活動、飛行など (Credit: Johns Hopkins/APL)】
アメリカのコネル大学は 8 月 10 日、コネル天体物理&惑星科学センター所長などを務めるヘイズさんなどが参加するドラゴンフライサイエンスチームが、NASA が主導する土星の衛星タイタンの探査ミッション「ドラゴンフライミッション (Dragonfly=トンボ)」における科学的な目的を公表したと発表しました。

土星の衛星タイタンは、直径が 5149km ほど（地球の 4 割ほど）もあり、太陽系でも 2 番目に大きな衛星です。太陽系の衛星のなかでは、唯一、窒素を主成分とする厚い大気を持ち、その表面に液体が存在することが確認されています。特筆すべきことは、このタイタンには地球のような気象システムが存在することです。タイタンでは、地球における水のように、液体のメタンが循環しています。メタンの雨が降り、メタンの湖や海になり、また、蒸発して、メタンの雨になります。ドラゴンフライミッションでは、2030 年代半ばに、ドラゴンフライと呼ばれる回転翼航空機を送り込んで、このようなタイタンの地表において探査をおこなう予定です。

ちなみに、タイタンは重力が地球の 1/7 ほどしかない上に、大気の濃さは地球の 4 倍ほどもあるために、飛行するには理想的な環境です。ドラゴンフライは、タイタンの丸 1 日（地球の約 16 日に相当）ごとに、飛行して場所を移しながら探査する予定になっています。そして、今回公表されたドラゴンフライサイエンスチームの論文によると、ドラゴンフライミッションの科学的な目的は大きく分けて次の 3 つになります。

まず、バイオシグネチャー（biosignatures=生命存在指標）となる化学物質の探索です。この探索では、過去から現在まで、水だけではなく液体のメタンなどの炭化水素の溶媒（solvent）をベースにする生命についても、考え得るバイオシグネチャーを探索します。次に、上述したタイタンにおけるメタンの循環を詳しく調べます。

そして、最後に、タイタンにおける生命の誕生にいたる化学進化を詳しく調べます。

生命は、単純な有機化合物から複雑な有機化合物へと化学的に進化していくことで誕生したと考えられていますが、タイタンの大気と地表において、現在、どの程度、この化学進化が進んでいるかを詳しく調べます。もしかしたら、ドラゴンフライミッションで何かしらの生命の存在を示す兆候が発見されるかもしれませんね。とても楽しみです！ Image Credit: Johns Hopkins/APL Source: [コーネル大学プレスリリース／論文](#) 文／飯銅重幸

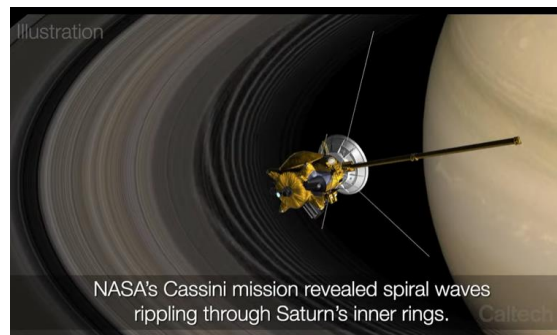
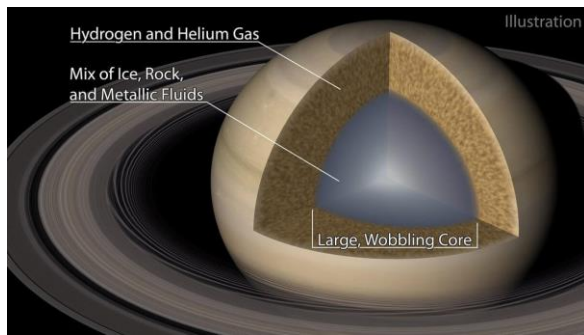
<https://soraie.info/astronomy/20210818-saturnus-core.html>

土星のコアは「岩・氷・水素とヘリウムの巨大な混合物」だった可能性

2021-08-18 松村武宏

カリフォルニア工科大学の Christopher Mankovich 氏と Jim Fuller 氏は、土星の内部に密度の高い岩石質のコア（核）は存在せず、かわりに岩・氷・流体の水素とヘリウムが混ざり合った巨大で拡散したコアが存在する可能性を示した研究成果を発表しました。Mankovich 氏が「泥のようなものです」と表現するコアのサイズは従来の予想よりもずっと大きく、土星の直径の約 60 パーセントに達するとみられています。

■土星の内部構造を知るために土星の環を「地震計」として利用



【▲ 今回の研究成果をもとに描かれた土星内部の模式図。岩・氷・流体の水素とヘリウムでできた巨大で拡散したコアを水素とヘリウムのガスが覆っている（Credit: Caltech/R. Hurt (IPAC))】

▲カリフォルニア工科大学が公開している今回の研究成果を解説した動画（英語）▲ （Credit: Caltech）惑星は若い星を取り囲むガスや塵の円盤（原始惑星系円盤）で形成されると考えられています。現在の惑星形成モデルでは、地球 10 個分程度の質量まで成長した岩石質の原始惑星が周囲のガスを暴走的に引き集めることで、木星や土星のような巨大ガス惑星が誕生したとされています。「コア集積モデル」と呼ばれるこのシナリオにもとづき、水素やヘリウムの大気をまとう巨大ガス惑星の内部には岩石質の固いコアが存在すると予想されていました。両氏は今回、2017 年 9 月にミッションを終えた土星探査機「カッシーニ」による観測データをもとに、土星の環を「地震計」に見立てて土星内部の構造を分析しました。Mankovich 氏によると、土星の表面は内部の振動によって 1～2 時間周期で 1m ほど上下に変動しているといいます。直径が地球の約 10 倍もある土星全体からすればわずかな変化ですが、土星の振動が重力場の変動をもたらすことで、土星の環の一部「C 環」には渦巻き状の波紋が生じます。この波紋を利用して、両氏は土星内部の構造に迫りました。

分析の結果は、土星のコアが従来の予想とは異なり、中心へ向かうにつれて岩と氷の割合が徐々に増えていく不明瞭なものであることを示していました。コア全体の質量は地球の約 55 倍で、その 3 割ほど（約 17 地球質量）が岩と氷、残りは流体の水素とヘリウムが占めているとみられています。

■拡散したコアの相次ぐ発見、理論に課題もたらすか

最近では木星探査機「ジュノー」による重力場の観測によって、木星も希釈された低密度のコアを持つことが判明しています。発表によると、実際に木星や土星が巨大な拡散したコアを持っていた場合、惑星形成過程の早い段階で大量のガスを獲得していた可能性があるといいます。明らかになってきた木星と土星の内部構造は、現在の惑星形成モデルに課題をもたらすことになりそうです。

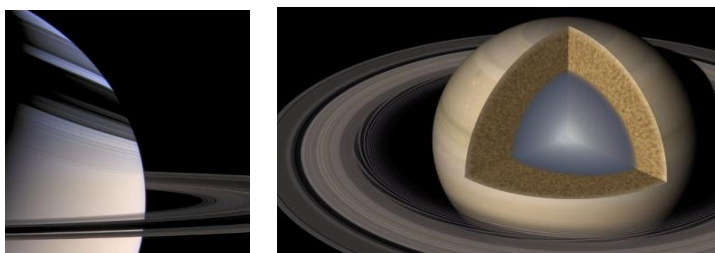
関連：[木星のコアは誕生直後に破壊され、今もその影響が続いている可能性が浮上](#)

Image Credit: Caltech/R. Hurt (IPAC) Source: [Caltech](#) 文／松村武宏

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/082000410/>

土星の中心にスプーン状の巨大なコア、最新研究で解明

「予想していたものとまったく違っていました」と研究者、波打つリングから読み解く 2021.08.20



科学者たちは土星の環に見られる波を観測することで、土星のコアの大きさと形を測定することができた。その

コアは想像よりもはるかに大きく、奇妙だった。(PHOTOGRAPH BY NASA, JPL) [画像のクリックで拡大表示]
土星のコアは地球の約 17 倍の質量をもち、水素、ヘリウム、氷、岩石の混合物で満たされている。(ILLUSTRATION BY ROBERT HURT, CAL TECH) [画像のクリックで拡大表示]

土星の内部にあるコア（核）は、直径の 60% を占める巨大なものであること、また、氷と岩石とガスが混ざり合った奇妙なスープ状の塊であるらしいことが、最新の研究でわかった。土星の環から解き明かしたこの研究成果は、8 月 16 日付けで天文学の専門誌「ネイチャー・アストロノミー」に発表された。

「巨大なコアです。私たちが予想していたものとはまったく違っていました」と、論文の著者の 1 人である米カリフォルニア工科大学のクリス・マンコビック氏は語る。

この意外な研究成果は、土星が形成された仕組みや、磁場が生まれる仕組みについても、科学者たちに再考を迫ることになる。「土星のコアが複雑であることはある程度予想していましたが、それ以上に複雑でした」と、米ジョンズ・ホプキンス大学のサビーン・スタンリー氏は言う。なお、氏は今回の研究には参加していない。

土星の内部を詳細に調べるために科学者たちが目を向けたのは土星の環だった。土星の環はまるで地震計のように、この惑星の内部の挙動を記録しているからだ。土星の環を分析した研究チームは、土星のコアの質量が地球 17 個分であることや、事前の予想とは違い、岩石や鉄からできたコンパクトな塊ではないことを明らかにした。「惑星の最深部について何かを知るのは非常に困難です。土星のような巨大惑星では特にそうです」とスタンリー氏。「新たな情報のすべてが既存の知識を修正してくれます」

科学者たちは今後、これほど大きくてごちゃごちゃしたコアをもつ巨大惑星が成長してきた過程を解明しなければならない。新たな悩みの種だ。

土星の内部への入り口

土星の最大の特徴はその環にある。環は遠くからは円板のように見えるが、実際には無数の氷の塊でできており、家ほどの大きさの塊もあれば、小石ほどの大きさの塊もある。氷の塊は、土星やその衛星との重力相互作用によって押されたり、引っぱられたり、変形させられたりする。

そうしてできる環の「さざ波」は、土星の内部構造の記録でもある。科学者は通常、惑星の内部を探るのに重力場の変動を利用するが、この方法では土星のような巨大ガス惑星の内部をのぞき込むことができない。その代わりとなるのが環なのである。

[次ページ：せっかちな人にはお勧めできない研究分野](#)

1990 年代初頭、惑星科学者のマーク・マーリー氏は、土星内部の物質の動きによって、土星に近いところにある暗くて幅の広い C 環に波紋が生じ、それを観測できるのではないかと考えた。土星の心臓が鼓動し、内臓が動き、全体が脈動する。その振動が環の粒子と相互作用し、C 環に「スパイラル密度波」と呼ばれる波紋を形成するのだ。マーリー氏のアイデアは「100% 正しいことがわかりました」とマンコビック氏は言う。しかし、彼の予想を裏付けるためには、20 年以上の歳月と数十億ドル（数千億円）規模の宇宙探査が必要だった。

2013 年、NASA の土星探査機カッシーニのデータを調べていた科学者たちは、環の中に初めて地震の痕跡を見つけ、それを利用して土星の内部をのぞいてみた。研究チームは、この新しい研究分野を「土星地震学（kronoseismology）」と呼び、観測された波紋のほとんどを土星内部の動きと関連付けた。2019 年には、この手法を用いて、土星が 10 時間 33 分で 1 回転していることも突き止めた。

参考ギャラリー：天の川銀河のブラックホール、波打つ土星の環、ほか 2019 年 6 月の宇宙画像 12 点（画像クリックでギャラリーへ）



天の川銀河の中心にあるブラックホールの美しい磁場や、火星表面で見つかったできたてのクレーター、探査機カッシーニから届いた波打つ土星の環。国際宇宙ステーションのクルーは千島列島上空から火山の噴火を目撃し、大規模な山火事と戦う消防士は、宇宙からも確認できる痕跡を残した。(Composite Image by NASA)

[\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

探査機カッシーニが土星の軌道を周回しながら、土星の詳細やそのリング、衛星の謎に迫った。(画像＝NASA, Jet Propulsion Laboratory, and Space Science Institute) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

現在は米アリゾナ大学に在籍し、今回の論文の査読を担当したマーリー氏は、「長い歳月を経て、土星の環の波が実在することがついに確認されました。私たちが予想したような波が 20 個以上見つかりました」と言い、「せっかちな人にはお勧めできない研究分野です」と笑う。しかし、マーリー氏が予測しなかった不思議な波が少なくとも 1 つあり、マンコビック氏と同じくカリフォルニア工科大学のジム・フラー氏は、この波を利用して土星の内部を探った。「彼らは、土星のコアが徐々に変化してゆく不明瞭なものである場合にのみ、この特殊な波と、それ以外のすべての波を説明できることを、非常に説得力のある形で示しました」とマーリー氏は言う。「この波は惑星深部の状態に非常に敏感なのです」

土星の巨大なコア

マンコビック氏とフラー氏は、土星の環の波紋を利用して、土星の中でコアが大きな部分を占めていることを明らかにした。土星のコアは岩石と鉄の塊だろうと予想されていたが、今回の分析により、水素とヘリウムと氷と岩石が混ざった、輪郭の不明瞭なスプーのようなものであることがわかった。土星を真っ二つに割っても、玉ねぎや飴玉や地球のようなはっきりした層状構造は見られない。コアの境界は曖昧で、中心に近づくほど物質の濃度が高くなっていく。マンコビック氏は、自分たちが導き出した土星の描像があまりにも奇妙だったため、環の波紋を別の方法で説明しようと試みたこともあったという。「この描像を否定するため、できるかぎりのことをしました」と彼は言う。しかし、彼らが導き出した土星のコアのモデルは、科学者たちが土星から収集した大量の重力データときれいに一致していた。また、木星のコアが同様の低密度の混合物である可能性を示した NASA の木星探査機ジュノーの観測結果にもよく似ていた。

[次ページ：残る謎](#) 残る謎

巨大ガス惑星は、物質の小さな塊から始まり、これがどんどん大きくなって、原始惑星の重力が近く的气体をすべて引きつけることで誕生するとされている。しかし、そのようなシナリオでマンコビック氏とフラー氏が観測したようなコアを作れるかどうかは不明だ。土星の中心部は 45 億年の進化の過程で変化した可能性がある。気体の水素が徐々に液体の金属状態へと変化したり、その他の未知のプロセスによって変化したりしたのかもしれないが、「何があったのかはまだわかりません」とマンコビック氏は言う。もう 1 つの意外な点は、マンコビック氏とフラー氏が、土星のコアには対流がないと推定していることである。これが本当なら、土星を赤外線で見ると驚くほど明るく見える理由を説明できるかもしれない。マーリー氏は、「木星の明るさは、形成から 45 億年後として理論的に予想されるとおりの明るさなのですが、土星は明るすぎるのです」と言う。「コアに対流がなければ、土星が冷えるペースが遅くなり、予想よりも明るくなります」

しかし、コアが対流していないと、土星の磁場を理解するのが困難になる。通常、惑星の磁場は、内部で対流が起こることによって生成すると説明されている(ダイナモ理論)。しかし、今回の研究では、コアで対流が起こらないことになる。コアの内部か、コアのすぐ外側で、液体の金属水素の薄い層が回転していることも考えられるが、そうだとすると、土星の磁場の対称性を説明するのは難しい。土星をめぐる疑問を解決するためには、土星探査機カッシーニが収集した膨大な情報を精査し、スーパーコンピューターを使って惑星内部の詳細なシミュレーションを行い、地球上の望遠鏡を駆使して実験を行う必要がある。将来的には、天王星や海王星などの環を精査し、氷の粒子に書き込まれた秘密を解明するのにも、同じ手法が使われるようになるかもしれない。

マーリー氏は言う。「天王星や海王星の環にも謎があるので、同じようなことが起きていないか調べているところです」参考ギャラリー：太陽系の宝石 土星の実像 写真 22 点(2006 年 12 月号)(画像クリックでギャラ

<https://sorae.info/astronomy/20210821-shooting-star.html>

流星の数はなぜ予報どおりに見えないのか？ NASA が3つのマップで出現数を比較

2021-08-21 [吉田 哲郎](#)

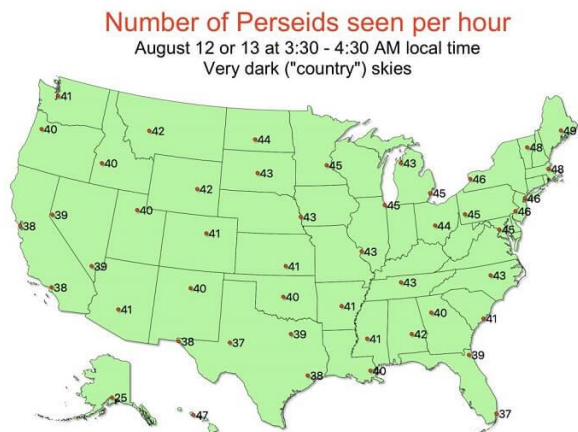


【▲ 昨年（2020 年）のペルセウス座流星群。スロバキアの非常に暗い空で撮影した画像（左）と、チェコの中程度の暗さの空で撮影した画像（右）を合成したもの（Credit: Tomas Slovinsky (Slovakia) & Petr Horalek (Czech Republic; Institute of Physics in Opava)）】

有名な流星群、とくに「三大流星群」と呼ばれる「しぶんぎ座流星群」「ペルセウス座流星群」「ふたご座流星群」の極大日が近づいてくると、ニュースや SNS など、例えば「最大で 1 時間に約 100 個の流星が出現する」と書かれていることがよくあります。そのため、ピーク時には、蚊などの虫に刺されること（冬ならば寒さに耐えること）や夜間の危険性を顧みず、ワクワクしながら出かける人も少なくないことでしょう。しかし、「100 個どころか数個も見えなかった！」とがっかりしてしまう場合が多いのです。問題は、1 時間に 100 個というのは流星を研究している科学者の理論上の数字であり、実際に人々が見ることができかどうかはわからないということです。1980 年代、流星研究者たちは、世界中のさまざまな個人やグループが観測した流星群の割合を比較する方法を模索していました。流星群の観測率は報告されていましたが、空の状態、放射高度、観測者の視力などのちがいにより、流星群の活動を包括的に把握することは困難でした。そこで流星研究者たちは、「天頂出現数」（ZHR : Zenithal Hourly Rate）という概念を考え出しました。ZHR とは、観測された出現数（1 時間あたりの流星の数）を空の状態、地平線上の放射点の高度、観測者の偏りなどで補正したものです。つまり、完璧な空の下、流星群の放射点が真上（天頂）にある状態で、完璧な観測者が見た場合の値ということになります。

しばしば引用される ZHR は、人々が実際に見ることのできる流星の出現数を過大評価しており、時にはそれが大きくなることもあります。幸いなことに、ZHR をもとにして、特定の場所や状況における 1 時間あたりの流星の出現数を算出することができます。NASA は、アメリカ国内の特定の場所での算出を行い、次のような 3 つのマップを作成して比較しました。これらのマップは、ペルセウス座流星群がピークの夜に、空に雲がない場合に予想される 1 時間あたりの出現数を示しています。

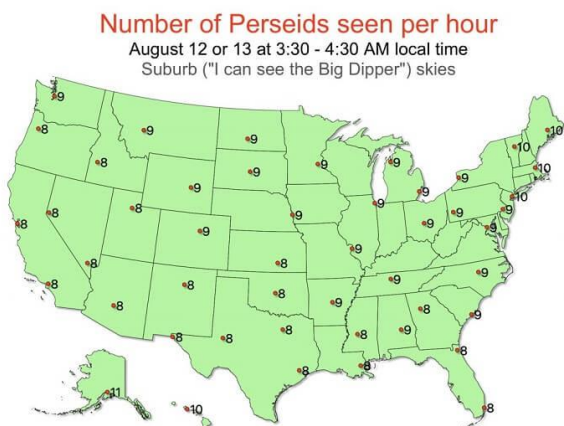
1. 天の川や星がたくさん見える田舎の場合



【▲ 1.田舎で見た場合の1時間あたりの出現数（Credit: NASA）】

つまり、1時間に100個のペルセウス座流星群が見られるのではなく、アメリカでは、ピーク時の夜明け前の1時間に40個前後のペルセウス座流星群が見られると考えてよいでしょう。これは、数分に1個の割合で見られることになり、悪くありません。しかし、ここでは都市部や郊外から離れた田舎にいることを想定しています。

2.北斗七星が見える程度の郊外の場合



【▲ 2.郊外で見た場合の1時間あたりの出現数（Credit: NASA）】

郊外の明るい空は、出現率を大きく下げてしまいます。田舎では2～3分に1個だった流星数が、6～7分に1個になり、3分の1ほどに減りました。1分に1個以上の流星を期待して外に出ても、1時間に10個以下しか見られないのですから、ペルセウス座流星群を気軽に見ている人の多くががっかりするのも無理はありません。

3.星がほとんど見えない都会の場合



【▲ 3.都会で見た場合の1時間あたりの出現数（Credit: NASA）】

都市部では、ゼロに近いと言ってよいでしょう。都会に住んでいる人は、1時間でペルセウス座流星群を1、2個見ることができるかもしれません。唯一の良いニュースは、都会の人がペルセウス座流星群を見たとしたら、

それは本当に明るくて素晴らしい流星にちがいないということです。
流星観測は、空の明るさにかかっています。流星群が見たければ、光から逃れ、暗闇の中に出かけてください。
それだけの価値があります！あらためて冒頭の画像を見てください。

昨年（2020 年）のペルセウス座流星群を撮影したもので、スロバキアの非常に暗い空で撮影した画像（左）と、
チェコの中程度の暗さの空で撮影した画像（右）を合成してあります。左の画像にはペルセウス座流星群がはっきりと写っています。しかし、右の画像では流星の明るさや数が減っているように見えます。

つまり、光害によって、多くの微弱な流星が空から失われているのです。

Image Credit: Tomas Slovinsky (Slovakia) & Petr Horalek (Czech Republic; Institute of Physics in Opava)

Source: [NASA](#)、[APOD](#) 文／吉田哲郎

<https://www.bbc.com/japanese/58239710>

ベゾス氏、NASA を提訴 ライバル企業との契約は「不公正」 2021 年 8 月 17 日



画像提供,REUTERS 画像説明,

ジェフ・ベゾス氏（右）は 7 月、弟のマーク・ベゾス氏（左）と共に、自身が保有する宇宙開発企業「ブルー・オリジン」の初の有人飛行に搭乗し、短時間の宇宙旅行に成功した

米宇宙開発企業「ブルー・オリジン」は 13 日、米航空宇宙局（NASA）が 29 億ドル（約 3170 億円）相当の月面着陸機の開発契約を米宇宙開発企業「スペース X」と結んだことについて、契約には「根本的な問題」があり不公正だとして NASA を提訴した。「ブルー・オリジン」は米オンライン通販大手アマゾンの創業者ジェフ・ベゾス氏が立ち上げた宇宙開発企業で、ライバル企業「スペース X」は米電気自動車メーカー「テスラ」のイーロン・マスク最高経営責任者（CEO）が保有する。当初、NASA は月面着陸機の開発契約を 2 社と結ぶと予想されていたが、資金不足を理由に 1 社に限定されることが 4 月に明らかになった。

今のところ NASA からのコメントはない。NASA は連邦政府の監視機関の後ろ盾を得ている。

「不法かつ不適切」

ブルー・オリジンは 13 日に提出した裁判資料の中で、早くて 2024 年までに宇宙飛行士を月面へと送る着陸システムを構築するには、引き続き 2 社との連携が必要だと考えていると主張した。

また、NASA が入札プロセスにおいて同社の提案を「不法かつ不適切に評価した」と非難した。

「公正さを回復し、競争を生み出し、アメリカが安全に月に戻れるようにするために、今回の入札獲得とその結果から明らかになった問題に対処しなければならないと、当社は確信している」

＜関連記事＞ [ベゾス氏、宇宙旅行に成功 「期待を劇的に上回る」体験](#)

[ヴァージン創業者、宇宙船の試験飛行に成功、高度 85 キロに到達](#)

[米スペース X の民間宇宙船、打ち上げ成功 野口聡一さんら搭乗](#)

コストも影響か

NASA の有人探査分野の責任者キャシー・ルーダーズ氏は、契約を 1 社に限定すると決定した際、予算が理由だと認めていた。これに先立ち米議会は、NASA がこの計画のために要請していた資金 33 億ドルのうち、わずか 8 億 5000 万ドルの拠出を承認していた。NASA は、スペース X 社の有人宇宙船が地球低軌道に乗る [ミッションを成功させている](#) ことも、契約を決めた理由だとしていた。一方でブルー・オリジンは [7 月の有人飛行で、地球の周回軌道には入っていない](#)。このほかに、コスト面も影響していると考えられる。スペース X 社の入札額は、

ある程度の差をつけて最安値だった。

監視機関は問題視せず

ベゾス氏は7月、契約を再検討してもらうため、NASAのコストを最大20億ドルまで負担することを申し出たものの、拒否された。こうした中、米監視機関の会計検査院（GAO）は、NASAが1社としか契約しなかったのは「不適切な行為」ではないとして、ブルー・オリジンと防衛関連企業ダイネティクスからの訴えを退けた。NASAは10月12日までに今回の訴訟に対する回答を提出しなければならない。スペースXは今のところコメントしていない。NASAはアルテミス計画で、人類を再び月に戻すことを目指している。成功すれば1972年のアポロ計画以来となる。ルーダーズ氏は4月に、「この重要な一歩により、人類は持続可能な月探査への道を歩み、火星を含む太陽系のさらに遠隔地でのミッションに目を向け続けることができる」と述べた。

（英語記事 [Bezos sues Nasa over its deal with Elon Musk's SpaceX](#)）

<https://sorae.info/astronomy/20210819-phaethon.html>

活動的な小惑星「ファエトン」はナトリウムの蒸気を噴出している？

2021-08-19 [松村武宏](#)



【▲ ナトリウムの蒸気を噴出する小惑星「ファエトン」を描いた想像図（Credit: NASA/JPL-Caltech/IPAC）】

【▲ ファエトンをフライバイ探査する「DESTINY+」を描いた想像図（Credit: JAXA/カシカガク）】

彗星のように細長い楕円形の軌道を約1.4年周期で公転している小惑星「ファエトン」（3200 Phaethon、フェートンとも。直径約5.8km）は、太陽に近付くと明るさを増したり塵を放出したりすることから、彗星と小惑星の中間的な天体「活動的小惑星」として知られています。毎年12月14日頃には三大流星群のひとつ「ふたご座流星群」が極大を迎えますが、その母天体（流星のもとになる塵を放出した天体）はファエトンだと考えられています。彗星は太陽に近付くと氷が気化してガスや塵を放出しますが、小惑星は岩だらけの天体です。では、ファエトンの塵はどうやって放出されているのでしょうか。アメリカ航空宇宙局ジェット推進研究所（NASA/JPL）・赤外線観測処理解析センター（IPAC）のJoseph Masiero氏らの研究グループは、ファエトンの活動にナトリウムが関わっている可能性を示した研究成果を発表しました。

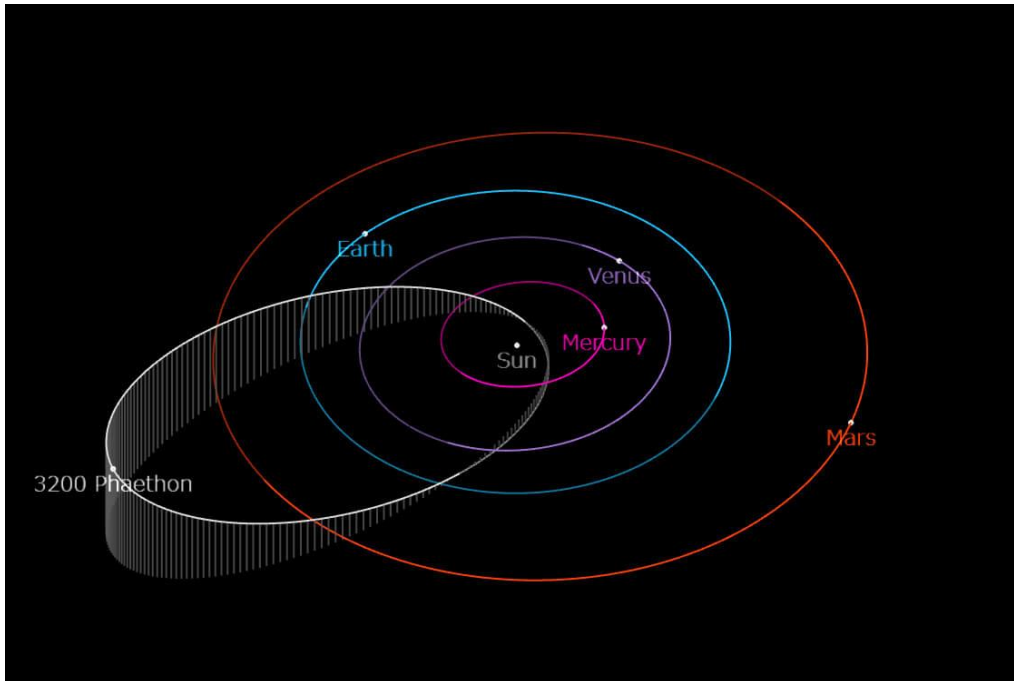
■気化したナトリウムが活動の原動力か

ファエトンの軌道の一部は水星の公転軌道よりも内側にあり（最接近時の距離は0.14天文単位）、研究グループによると、その表面温度は摂氏750度まで加熱されるといいます。このような軌道を描くファエトンの表層からは、水・二酸化炭素・一酸化炭素といった彗星の活動に関わる揮発性物質は、ずっと昔に失われているでしょう。しかし、小惑星の岩石に比較的豊富に含まれているナトリウムが太陽へ接近した時に気化しているとすれば、亀裂からナトリウムの蒸気が噴出する際に、岩の破片を宇宙空間へ放出することが考えられるといえます。

そこで研究グループは、1969年にメキシコへ落下した「アエンデ隕石」の試料を使い、ファエトンの自転周期（約3時間）や表面の最高温度を模して加熱する実験を行いました。その結果、試料からはナトリウムが放出されたっぽうで、他の元素は残されていたといえます。研究に参加したJPLのYang Liu氏は、実験結果について「私たちのモデルに一致しているように見えます。これと同じことがファエトンで起きているかもしれません」と語ります。

【▲ 水星～火星までの惑星とファエトン（3200 Phaethon）の公転軌道および2021年8月19日時点での位置

を示した図。ファエトンは水星よりも太陽に接近することがわかる（JPL の小天体データベースより。Credit: NASA/JPL）】



■ふたご座流星群の観測結果とも一致

この結果は、ふたご座流星群の観測結果とも一致するといいます。流星のもとになる塵が大気圏に突入すると大気との摩擦で摂氏数千度まで加熱され、マグネシウムや酸素は緑色、窒素は赤色、ナトリウムはオレンジ色といったように、塵に含まれている原子や分子が光を発します。つまり、流星の色を分析することで、流星のもとになった塵の組成を知ることができるのです。

研究グループによると、ふたご座流星群のもとになる塵にはナトリウムが少ないことが知られていて、母天体から放出された後に何らかの理由でナトリウムを失ったと考えられてきたといいます。今回の研究結果は、太陽接近時に増光するファエトンの活動性や塵が放出される理由だけでなく、ふたご座流星群にナトリウムが少ない理由も説明できることになります。

なお、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が2024年度の打ち上げを目指して準備を進めている深宇宙探査技術実証機「DESTINY+」のミッションでは、ファエトンを高速でフライバイしつつその表面を撮影したり、周辺の塵の組成を調べたりすることが予定されています。DESTINY+によるファエトンのフライバイ探査では、今回の研究成果にも関わる情報が得られるかもしれません。

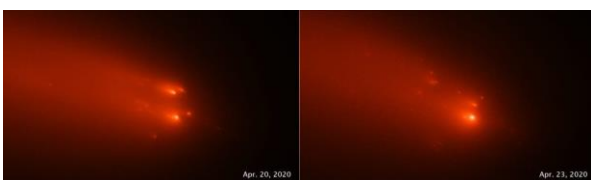
関連：[年に数回見られる「流星群」とは？ 流れ星の実態を知ろう](#)

Image Credit: NASA/JPL-Caltech/IPAC Source: [NASA/JPL](#) / [JAXA](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210820-c2019y4.html>

太陽最接近前に崩壊した「アトラス彗星」ハッブルの観測をもとにした研究成果が

発表される 2021-08-20 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が 2020 年 4 月 20 日（左）と 4 月 23 日（右）に撮影した「アトラス彗星（C/2019 Y4）」。撮影当時の地球からの距離は約 1 億 5000 万 km。分析に備えて細部を強調するため擬似的に着色されている（Credit: SCIENCE: NASA, ESA, Quanzhi Ye (UMD), IMAGE PROCESSING: Alyssa Pagan (STScI) ）】

2019 年 12 月にハワイの小惑星地球衝突最終警報システム「ATLAS」によって発見された「アトラス彗星（C/2019 Y4）」は、2020 年 5 月に太陽へ最接近する前に肉眼でも観測できるほど明るくなる可能性があるとして注目を集めました。太陽最接近の 2 か月ほど前に彗星核が断片化した様子が観測されました。今回、メリーランド大学の Quanzhi Ye 氏らの研究グループは、分裂・崩壊したアトラス彗星に関する研究結果を発表しました。

■5000 年前に分裂した彗星の内部に由来する可能性

アトラス彗星の軌道は、シリウスと同じくらい明るくなったとされる 1844 年の大彗星（C/1844 Y1）とほぼ同じだったことから、2 つの彗星は過去に同じ彗星が分裂してできた断片だったのではないかと早い段階から指摘されていました。両彗星は今から約 5000 年前、母天体（もともとなった天体）の彗星が太陽に接近した際に分裂したと考えられています。文明の黎明期を生きていた当時の人類は、母天体である彗星の見事な姿を目撃していたかもしれません。その上で、Ye 氏は疑問点を指摘します。アトラス彗星の母天体となった彗星は、太陽から 0.25 天文単位（地球から太陽までの距離の約 4 分の 1）まで接近したとみられています。しかし、5000 年後に太陽系の中心部へ戻ってきたアトラス彗星は、太陽まで 1 天文単位以上も離れているうちに分裂してしまいました。母天体の一部として一度は太陽への接近に耐えたはずのアトラス彗星は、なぜ今回は遠いところで分裂してしまったのでしょうか。その手がかりは「ハッブル」宇宙望遠鏡の観測によって得られました。Ye 氏らがアトラス彗星の分裂した彗星核の断片を観測したところ、一部の断片は分裂から数日ほどで崩壊したのに対し、別の断片は数週間程度存在していたといいます。なお、研究グループはアトラス彗星の彗星核が分裂した原因として、彗星核から噴出するガスが自転速度を加速させたために遠心力で分裂した可能性と、氷が素早く大規模に気化したことであたかも打ち上げ花火のように分裂した可能性をあげています。

断片によって「強さ」が異なっていたことから、アトラス彗星は母天体内部の不均一な氷が豊富に存在していた部分に由来すると研究グループは推測しています。母天体内部の氷は外層によって太陽の熱から保護されたため、最接近を耐え抜けたのではないかと推測しています。5000 年前に母天体からアトラス彗星が分裂したタイミングは、母天体が太陽へ最接近した後、太陽から 1.5 天文単位以上離れてからだった可能性が指摘されています。今回の成果について研究グループは、太陽の熱から氷が保護される複雑で不均一な内部構造を、直径数 km までの彗星が持つ可能性を示すものだとしています。Ye 氏は 2020 年当時、分裂したアトラス彗星の観測を行った頃に「本当にエキサイティングです。断片化する彗星はたいがい暗くて見えませんし、このような規模の崩壊は 10 年に 1 度か 2 度しか起きないからです」と語っており、彗星核が断片化する原因に迫るチャンスが得られたことに期待を寄せていました。肉眼でも観測できる明るい彗星にはならなかったものの、アトラス彗星は研究者に新たな知見をもたらす貴重な彗星となったようです。

関連：[崩壊したアトラス彗星の断片を確認。ハッブル宇宙望遠鏡が撮影](#)

Image Credit: SCIENCE: NASA, ESA, Quanzhi Ye (UMD), IMAGE PROCESSING: Alyssa Pagan (STScI)

Source: [STScI](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210816-ngc1385.html>

南天で輝くゆるやかに渦巻いた銀河、ハッブルが撮影した「NGC 1385」



2021-08-16 [松村武宏](#)

【▲ 棒渦巻銀河「NGC 1385」(Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Lee and the PHANGS-HST Team)】

こちらは南天の「ろ座」(炉座)の方向およそ 6800 万光年先にある棒渦巻銀河「NGC 1385」です。画像には中心部分の明るいバルジの周囲でゆるく巻き付く渦巻腕と、その上に覆いかぶさるように広がっている塵が豊富なダストレーン(ダークレーン)の様子が明瞭に捉えられています。

この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」による観測データをもとに作成されました。広視野カメラ 3 は 2009 年 5 月にスペースシャトル「アトランティス」によって実施された最後のサービスミッション「STS-125」で取り付けられた観測装置です。赤外線・可視光線・紫外線の波長で天体を観測できるために用途が広く、天体に関する多様な情報を得ることができます。

STS-125 ではハッブル宇宙望遠鏡の寿命を少なくとも 2014 年まで延長することが目的とされていましたが、ミッションから 12 年が経った 2021 年 8 月現在もハッブル宇宙望遠鏡は観測を続けています。

ちなみに「ろ座」といえば、およそ 1 万の銀河が写る「ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールド」(Hubble Ultra Deep Field)や、26 万以上の銀河をおさめた「ハッブル・レガシー・フィールド」(Hubble Legacy Field)のように、ハッブル宇宙望遠鏡によって無数の銀河が撮影された星座でもあります。

関連 ・ [聴いてみよう！ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した無数の銀河を「音」に変換](#)

・ [26 万の光は全て銀河。133 億年の歴史を示す「京」個の星達](#)

「ろ座」は比較的新しい星座で、フランスの天文学者ニコラ＝ルイ・ド・ラカイユ([Wikipedia](#))によって 18 世紀に定められました。現在用いられている 88 星座のうち 14 の星座を設定したラカイユは、「ポンプ座」「じょうぎ座」「けんびきょう座」「ぼうえんきょう座」といった、科学に関連した器具や装置にちなんだ星座を作ることが好んだようです。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚「In the Heart of the Furnace」(炉の中心に)として、ESA から 2021 年 8 月 16 日付で公開されています。

Image Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Lee and the PHANGS-HST Team Source: [ESA/Hubble](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210817-ngc1277.html>

古い星でできた遺物のような銀河、ハッブルが撮影した“ペルセウス座”のレンズ状銀河

2021-08-17 [松村武宏](#)



【▲ レンズ状銀河「NGC 1277」(中央) (Credit: NASA, ESA, and M.

Beasley (Instituto de Astrofísica de Canarias))】

「ペルセウス座」の方向で輝く幾つもの銀河を捉えたこちらの画像、中央に写っているのはおよそ 2 億 2000 万光年先にあるレンズ状銀河「NGC 1277」です。レンズ状銀河は渦巻銀河と楕円銀河の中間にあたる形態の銀河です。渦巻銀河と同じように扁平な姿をしているものの、渦巻腕や棒状構造のような目立った構造は見当たりません。NGC 1277 は「ペルセウス座銀河団」を構成する 1000 以上の銀河のひとつです。NGC 1277 には天の川銀河の 2 倍の星々があるものの、そのサイズは直径約 10 万光年とされる天の川銀河の 4 分の 1 しかないといえます。欧州宇宙機関(ESA)によると、NGC 1277 は初期宇宙の遺物(relic of the early Universe)のようだといいいます。NGC 1277 を構成しているのは、どれも約 120 億年前に形成されたとみられる古い星々だからです。誕生した頃の NGC 1277 は現在の天の川銀河と比べて 1000 倍ものペースで星を形成していたとみられていますが、同時期に誕生した星々が老いるにつれて、NGC 1277 では星形成が停止してしまいました。

「ハッブル」宇宙望遠鏡による観測の結果、NGC 1277 の周囲に幾つも存在する球状星団(数十万個の恒星が密

集した天体)のほとんども、古い星が集まってできた赤みがかった球状星団(金属量が多い)であることが判明しています。いっぽう、他の巨大な銀河には赤みがかった球状星団と、小さな銀河を取り込んだ際に獲得したとみられる青みがかった球状星団(金属量が少ない)の両方が存在する傾向にあるといいます(※ここでの「金属」とは、水素やヘリウムよりも重い元素のこと)。

NGC 1277 はペルセウス座銀河団の中心付近にあるものの、時速およそ 320 万 km という高速で銀河団の内部を移動しているため、他の銀河と相互作用したり星の材料となるガスを取り込んだりできなかったのではないかとみられています。また、星はガスと塵の冷たい雲(分子雲)のなかで誕生しますが、銀河団の中心付近における銀河団ガスの温度は非常に高いため、星形成は起こりません。さらに大きく成長する機会がなかった NGC 1277 は、本質的に 100 億年前から変化しておらず、初期宇宙の銀河を学べる貴重な存在だと考えられています。

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)」による可視光線と近赤外線観測データから作成されたもので、ハッブルの今週の一枚「A red, metal-rich relic」(赤く、金属が豊富な遺物)として、ESA から 2018 年 3 月 19 日付で公開されています。

関連: [ハッブル宇宙望遠鏡が撮影、ペルセウス座銀河団の一角で輝く渦巻銀河とレンズ状銀河](#)

Image Credit: NASA, ESA, and M. Beasley (Instituto de Astrofísica de Canarias)

Source: [ESA/Hubble](#) / [STScI](#) 文/松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210818-ngc4993.html>

キロノバが観測された“うみへび座”のレンズ状銀河、ハッブル宇宙望遠鏡が撮影

2021-08-18 [松村武宏](#)



【▲ レンズ状銀河「NGC 4993」(Credit: NASA and ESA)】

【▲ 2017 年 8 月 22 日・26 日・28 日に撮影されたキロノバの残光を冒頭の画像に重ねたもの。6 日間かけて徐々に暗くなっていることがわかる (Credit: NASA and ESA. Acknowledgment: A.J. Levan (U. Warwick), N.R. Tanvir (U. Leicester), and A. Fruchter and O. Fox (STScI))】

こちらは「うみへび座」の方向およそ 1 億 3000 万光年先にあるレンズ状銀河「NGC 4993」です。レンズ状銀河は渦巻銀河と楕円銀河の中間にあたる形態の銀河で、渦巻銀河と同じように扁平な姿をしているものの、渦巻腕や棒状構造のような目立った構造はありません。画像の NGC 4993 も、塵が集まったダストレーン(ダークレーン)や同心円状の淡いシェル構造はみられますが、渦巻腕は見当たりません。

そんな NGC 4993 は、ある現象が観測された銀河として知られています。2017 年 8 月 17 日、アメリカの重力波望遠鏡「LIGO」(ライゴ、ワシントン州とルイジアナ州の 2 か所にレーザー干渉計を建設)と欧州の重力波望遠鏡「Virgo」(ヴァーゴ、イタリアに建設)が重力波を検出。その 2 秒後、アメリカと欧州の宇宙望遠鏡が同じ方向から飛来したショートガンマ線バーストを検出しました。重力波とガンマ線の発生源を探索したところ、対応する天体からの光が NGC 4993 で観測されたのです。後に、この重力波は連星中性子星が合体した際に発せられたものであり、あらゆる波長で観測された電磁波は中性子星どうしの合体にともなう爆発現象「キロノバ」に

ともなって放出されたことが判明しました。冒頭の画像を見ると NGC 4993 の中心から左上の位置にオレンジ色の光点が写っていますが、これが捉えられたキロノバの光です。キロノバでは金やウランのように鉄よりも重い元素が生成される「r 過程」と呼ばれる元素合成のプロセスが起きると考えられていましたが、観測結果は理論上の予測とよく一致しており、実際にキロノバによって生成されたとみられるストロンチウム（Sr）の痕跡も見ついています。関連：[キロノバで生成されたストロンチウムを確認、理論の正しさを証明](#)

冒頭の画像はキロノバの観測に参加した「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3（WFC3）」および「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」による可視光線と赤外線観測データから作成されたもので、欧州宇宙機関から 2017 年 10 月 16 日付で公開されています。Image Credit: NASA and ESA Source: [ESA/Hubble](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210820-ngc4388.html>

相互作用の影響が垣間見える“おとめ座”の活動銀河、ハッブルが撮影

2021-08-20 [松村武宏](#)



【▲ 活動銀河「NGC 4388」（Credit: ESA/Hubble & NASA）】

こちらは「おとめ座」の方向およそ 6000 万光年先にある銀河「NGC 4388」です。NGC 4388 の中心部分は狭い領域から強い電磁波を放射する活動銀河核であることが知られており、NGC 4388 自体は活動銀河の一種であるセイファート銀河（セイファート 2 型）に分類されています。

12 星座でおなじみの「おとめ座」は、楕円銀河「M87」をはじめ 2000 以上の銀河が集まっている「おとめ座銀河団」が存在することもあり、様々な銀河が観測できる領域でもあります。同銀河団の一員である NGC 4388 は、若くて高温な青い星々が連なる渦巻腕や、塵が豊富で暗いダストレーン（ダークレーン）といった渦巻銀河の特徴を持っており、ストラスブール天文データセンターのデータベース「SIMBAD」では渦巻銀河と棒渦巻銀河の中間（ハッブル分類：SAB）に分類されています。ところが、渦巻構造よりも外側にある NGC 4388 の外周部分はぼんやりとしていて、明確な構造を持たない楕円銀河のようでもあります。欧州宇宙機関（ESA）によると、渦巻銀河と楕円銀河の特徴を併せ持つ NGC 4388 の形態は、おとめ座銀河団に属する他の銀河との重力相互作用の結果ではないかと考えられています。銀河は別の銀河とすれ違ったり衝突したりして相互作用することがあり、星形成活動が活性化することになれば、元の形態とは異なる姿に変化したり、最終的に 1 つに合体することもあります。冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3（WFC3）」による可視光線・近赤外線の観測データから作成されたもので、ハッブル宇宙望遠鏡の今週一枚として ESA から 2016 年 12 月 5 日付で公開されています。関連：[3 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](#)

Image Credit: ESA/Hubble & NASA Source: [ESA/Hubble](#) 文／松村武宏