

君の名は「忍耐力」 NASA、火星探査車を夏打ち上げ

小川詩織 2020年3月6日 20時00分



[拡大する](#) 火星探査車「パーサビアランス」の想像図=NASA 提供

[米航空宇宙局](#)（NASA）は5日、次の火星探査車の名前を「パーサビアランス」に決めたと発表した。「忍耐力」や「不屈の精神」といった意味で、NASAは「任務には根気が必要。ふさわしい名前だ」とした。パーサビアランスは今夏に打ち上げられ、来年2月に火星に着陸する。クレーター付近の土壌を採取して、別の[探査機](#)などを経由して地球へ持ち帰る計画だ。

探査車の名前は、バージニア州の中学生ら世界から2万8千件の応募があり、「プロミス（約束）」「カレッジ（勇気）」など九つの候補に絞られていた。

米国の火星探査車は、2004年から設計寿命を超えて活躍した「オポチュニティー（機会）」が一昨年の大嵐で通信途絶。「[キュリオシティ](#)（好奇心）」は順調に活動しているものの、「[インサイト](#)（洞察力）」は地熱を測るセンサーを地中に埋め込めないトラブルに見舞われている。

遠く、月の倍もの重力がある火星は、米国以外の[探査機](#)の着陸をことごとく退けてきた。ただでさえ難しい火星で、土壌を採取し、さらに地球まで持ち帰ろうという探査車をNASAが「忍耐力」と名付けたのは、計画がいかに難しいかの裏返しと言える。

パーサビアランスは現在、米フロリダ州の[ケネディ宇宙センター](#)で最終組み立てと点検が行われている。打ち上げは7月の予定だ。（小川詩織）

<https://alma-telescope.jp/news/press/w43a-202003>

2020.03.05 臨終間近の老星が変身する瞬間をアルマ望遠鏡が捉えた

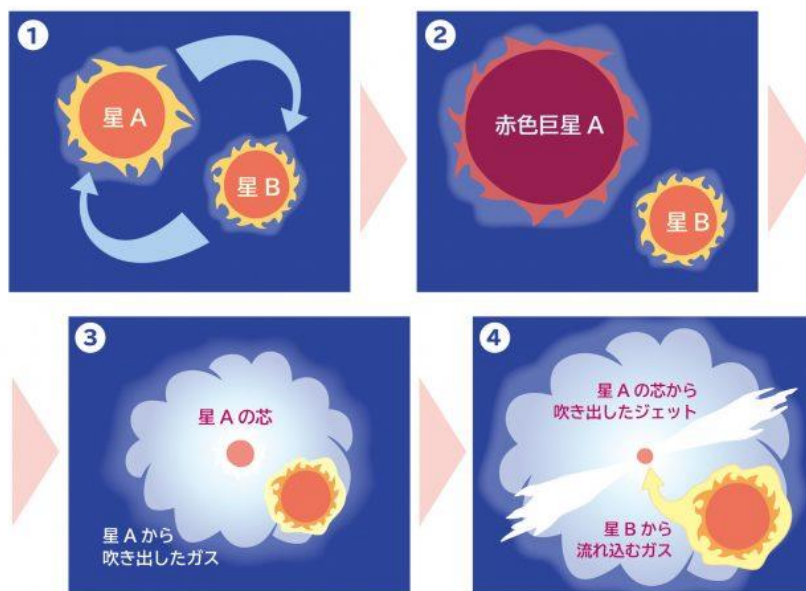
鹿児島大学の今井裕 准教授、スウェーデン・チャルマース工科大学のダニエル・タフォヤ シニア・リサーチ・エンジニアらの国際研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて老齢の星 W43A を観測し、この星から噴き出すジェットとその周囲の物質の分布をこれまでにない解像度で描き出すことに成功しました。データを詳しく分析した結果、ジェットが吹き出し始めたのは今からわずか 60 年ほど前であり、ジェットによって星の周囲のガス雲の形状が変形しているまさにその現場を見ていることが明らかになりました。これは、星が一生を終えた後の姿である「惑星状星雲」が形作られるメカニズムを明らかにする上で重要な知見を与える成果であることに加え、その過程が人間の寿命程度のタイムスケールで追跡できる現象であることを明らかにした、興味深い成果と言えます。

太陽程度の質量を持つ星は、一生の最後に大きく膨らんで赤色巨星となり、その後は自身を形作るガスを噴き出して「惑星状星雲」と呼ばれる天体として一生を終えます。惑星状星雲には球状のものや細長くのびたものなど様々な形状が知られていますが、そのもとになった星は球状であることから、多様な形状の星雲が作り出されるメカニズムは多くの天文学者の関心を引いてきました。

惑星状星雲の形状は、もとになった星が単独星か連星を成すかによって異なると考えられています。単

独星の場合は、年老いた星からガスがほぼ球対称に噴き出すために惑星状星雲も球対称な形状になると考えられますが、ふたつの星が互いを回りあう連星系の場合、老齢の星から噴き出したガスが、もう片方の星の重力によって影響を受け、球対称ではない複雑な形に広がることが想定されます。しかし、惑星状星雲の形状のカギとなる年老いた星周辺の領域は星から既に放出された物質によって隠されてしまうため、直接観測することが困難でした。

今井氏らの研究チームは、これまでに電波望遠鏡を用いて終末期にある星々を数多く観測し、一部の天体からは水分子が放つ特異的な電波が検出されることをすでに明らかにしています。今井氏は、次の様に解説します。「これらの天体を、私たちは『宇宙の噴水』天体と呼んでいます。これらが本当に連星を成しているのか、実の所はまだ確定できていません。しかし、次のことが予想されます。2つの星の片方が先に進化し、赤色巨星を経てガスを噴き出し、自身は芯だけになります。ここに、低質量の伴星からのガスが流れ込みます。そのガスの一部が、終末期の星から双極方向に高速で噴き出すジェットを作るのです。赤色巨星から過去に噴き出したガスとこのジェットがぶつかることで、複雑なガスの構造が作られるとともに、この衝突現場から水分子の電波が出るのです。」

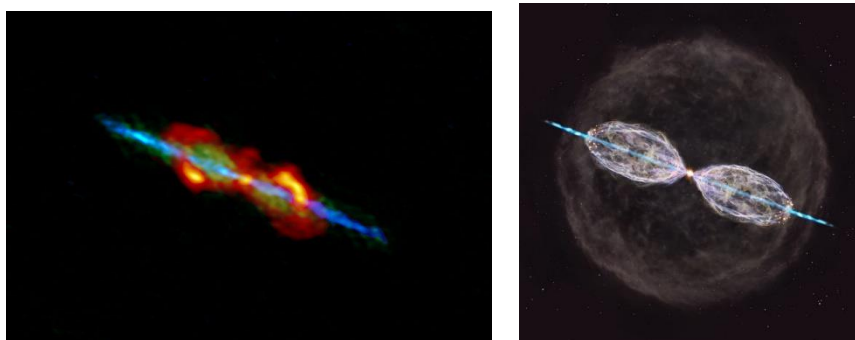


年老いた星を含む連星系の進化のイメージ図。(1) A,B 二つの星からなる連星系です。(2)連星系のうち質量の大きい星 A が先に進化し、赤色巨星になります。(3)星 A の進化がさらに進み、ガスを周囲にガスを噴き出します。中心には、星 A の芯が残されます。(4)星 B も膨らみ始め、星 B のガスが星 A の芯の重力にとらえられて流れ込みます。そのガスの一部は星 A から両極方向にジェットとして放出されます。 Credit: NAOJ

この現象の鍵となるジェットの継続時間は 100 年未満と考えられており、星々の寿命に対して数百万分の 1 以下と大変短いことが特徴です。つまり、実際にジェットを噴き出す段階にある星を観測できる確率が低いのです。「1000 億個以上の星が存在する天の川銀河の中でも、この段階にある連星系はこれまでの観測で 15 例しか発見されていません」と、ホセ=フランシスコ・ゴメス氏（スペイン・アンダルシア天体物理学研究所）が観測の現状を振り返ります。短時間しか継続しないジェットは、地球からは遠くにあつて非常に小さく見えるので、これまでジェットと周囲のガスの衝突のようすを詳しくとらえることはできていませんでした。

そこで研究チームは、高い解像度を持つアルマ望遠鏡を用いて、「宇宙の噴水」天体のひとつである W43A を観測しました。W43A は、地球から見るとわし座の方向に 7,200 光年離れた位置に存在する、年老い

た星を含む連星です。アルマ望遠鏡による観測の結果、年老いた星から噴き出すジェットからの電波放射と、その周囲の塵の広がりをこれまでにないほど鮮明に捉えることに成功しました。



アルマ望遠鏡で観測した年老いた星を含む連星系 W43A の周囲のようす。中心に連星系があり、左右方向に細長い高速ジェットがのびていることがわかります（青色に着色）。ジェットのまわりには、低速なガス流も見えています（緑色）。さらにジェットのまわりには、ジェットではき寄せられた塵が広がっています（オレンジ色に着色）。 Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Tafuya et al.

アルマ望遠鏡による観測結果をもとにした、W43A の周囲の想像図。画面いっぱいに広がる淡いガス雲は、より早い段階で中心の星から球対称に噴き出したガスです。星から噴き出す細長いジェットが周囲の物質をはき寄せて変形させていくことで、複雑な惑星状星雲の形が今まさに作られようとしています。 Credit: NAOJ

このデータを詳しく調べた結果、老齢の星から噴き出したジェットによって周囲の物質が掃き寄せられ始めていることがわかりました。今回観測された塵は、こうして集められた物質であり、ジェットによって今後さらに外側へと運ばれていくと考えられます。また、ジェットの速度がこれまで推定されていたよりもはるかに大きく、天体から放出された時には秒速 175km にも及ぶことがわかりました。ジェットの長さとの速度から逆算すると、ジェットが噴出を始めたのはわずか 60 年前という極めて最近のことであることが明らかになりました。さらに、ジェットの中にほぼ等間隔に並ぶガスの塊も確認できました。今回の観測では連星系中の 2 つの星を分離して見ることはできませんでしたが、この様な「間欠泉」とも呼べる断続的なジェット放出もまた、W43A が連星系をなすと考えられる重要な知見を与えています。

「ジェットが非常に若いことを考えると、この天体では星周物質の分布がジェットによってまさに変形され始めた段階にあると考えられます。数十年というタイムスケールで変化する現象であれば、一人の人間が生きている間にその動きを追跡することができるのです」と、論文の筆頭著者であるダニエル・タフォヤ氏（スウェーデン・チャルマース工科大学）は語っています。

今井氏は、「このジェットにしても、その後数十年以内に形成される惑星状星雲にしても、星間空間と恒星との間の物質の輪廻の一部です。それらを通して我々は、恒星内部で合成された元素が宇宙空間に撒き散らされる過程を見ていることになります。その仕組みを解き明かすことは、私たちの宇宙における物質進化の理解がより深まることにつながります。」と結論付けています。

論文・研究情報

この観測成果は、D. Tafuya et al. “Shaping the envelope of the asymptotic giant branch star W43A with a collimated fast jet”として、アメリカの天体物理学専門誌「アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ」に 2020 年 2 月 13 日付で掲載されました。

この研究を行った研究チームのメンバーは、以下の通りです。

ダニエル・タフォヤ（スウェーデン・チャルマース工科大学オンサラ天文台）、今井裕（鹿児島大学理工学研究科附属天の川銀河研究センター／総合教育機構共通教育センター）、ホセ＝フランシスコ・ゴメス（スペイン高等科学研究院アンダルシア宇宙物理研究所）、中島淳一（中国・中山大学物理天文学部天文学科）、ガボール・オロス（オーストラリア・タスマニア大学／中国・新疆天文台）、ボスコ H.K.・ユン（ポーランド・ニコラス＝コペルニクス天文学センター）

この研究は、以下の支援を受けて行われました。

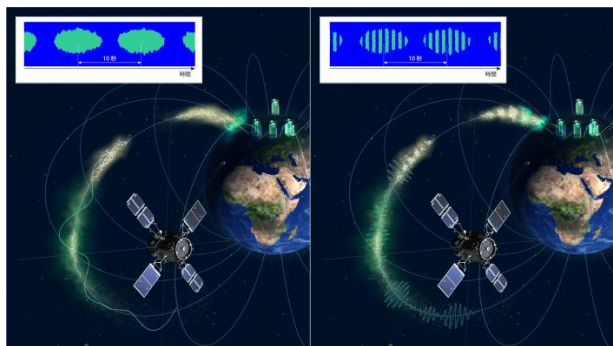
文部科学省科学研究費補助金（No. 16H02167）、日本学術振興会外国人研究者招聘事業（S14128）、MINECO (Spain) Grant AYA2017-84390-C2-R (co-funded by FEDER)、State Agency for Research of the Spanish MCIU through the “Center of Excellence Severo Ochoa” award for the Instituto de Astrofísica de Andalucía (SEV-2017-0709)、Australian Research Council Discovery project DP180101061 of the Australian government、CAS LCWR 2018-XBQNXZ-B-021 and National Key R&D Program 2018YFA0404602 of China.

<http://www.isas.jaxa.jp/topics/002339.html>

2020年3月5日 宇宙の電磁波の「さえずり」がオーロラの「またたき」を制御

ー 北極域での高速オーロラ観測と科学衛星「あらせ」による国際協調観測 ー

国立大学法人 電気通信大学 国立大学法人 名古屋大学 国立大学法人 金沢大学
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立極地研究所 国立大学法人 東北大学
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構



細川敬祐教授（電気通信大学）を中心とする国際共同研究グループは、科学研究費基盤研究S「極限時間分解能観測によるオーロラ最高速変動現象の解明（代表 藤井良一）」によって北極域（北欧、アラスカ）に設置された高速オーロラ撮像装置と、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の科学衛星「あらせ」による協調観測を実施し、宇宙空間で発生するコーラス波動の秒以下で起こる変化（宇宙の電磁波の「さえずり」）に呼応して、地上から観測されたオーロラの秒以下の脈動が変動すること（オーロラの「またたき」）を初めて示しました。

地球周辺の宇宙空間（ジオスペース※1）にある高エネルギー電子は、人工衛星の障害を引き起こすなど人間の宇宙空間での活動に影響を及ぼします。また、最近の研究によって、これらの高エネルギー電子は地球大気の奥深くまで進入し、オゾン層を部分的に破壊する可能性があることも分かってきています。このように、ジオスペースの高エネルギー電子の振る舞いを知ることや予測することは、私たちの生活とも密接に関係しています。このジオスペースの高エネルギー電子の増加には、宇宙空間で発生する自然電波の一種であるコーラス波動※2 が関係していると考えられています。

本研究成果は、様々なヴァリエーションを持つオーロラの形態が宇宙空間の電磁波の変動によって制御されていることを強く示唆しています。この関係を用いれば、地上からのオーロラ観測によって宇宙空間のコーラス波動の変化を推測することができます。観測衛星の数が制限されていることから宇宙空間での電磁波観測点は極めて少なく、観測によってコーラス波動の分布を直接知ることは難しいのが現状です。しかし、本研究成果により、地上からのオーロラ観測によって宇宙空間のコーラス波動の二次元分布を推測することが可能となります。本研究を応用して、地上からのオーロラ観測から高エネルギー電子の増減を予測することで、安全かつ安定した宇宙活動に貢献することが期待できます。

この研究成果は、2020 年 2 月 25 日（英国時間 10 時、日本時間 19 時）に、Nature 系の学術論文誌「Scientific Reports」のオンライン版に掲載されました。

研究概要

1. 背景

極地方の夜空を彩るオーロラは、高さ 100 km 付近に存在している酸素や窒素などの大気が発光する現象です。オーロラが光っている場所には、地球の近くの宇宙空間（ジオスペース）から、地球の磁気（地磁気）に導かれて高いエネルギーを持った電子が注ぎ込まれています。注ぎ込まれた電子が地球の大気にぶつかることで大気にエネルギーを与え、そのエネルギーが光として私たちの目に見える現象がオーロラです。オーロラは、形が明瞭なディスクリートオーロラと形があいまいなディフューズオーロラに大別されます。ディフューズオーロラは、ジオスペースに存在する電波である「コーラス波動」の働き（波動粒子相互作用※3）によって、ジオスペースの電子が地球へと注ぎ込まれることで発生していると考えられています（図 1 左）。コーラス波動は人間の可聴域の周波数帯に存在する自然電磁波であり、電波を音波に変換すると、鳥のさえずりのように聞こえるため「コーラス（合唱）」と呼ばれています。ディフューズオーロラを高速オーロラカメラで撮影すると、そのほとんどが、数秒から数十秒の間隔で明るくなったり暗くなったりしていることが知られています。その明滅の様子が、脈を打つ心臓のように見えるため「脈動オーロラ※4」とも呼ばれています。JAXA によって打ち上げられた科学衛星「あらせ」と地上からの光学観測を組み合わせた最近の研究により、脈動オーロラが脈を打つペース（主脈動）が、コーラス波動が強くなったり弱くなったりするリズムによって決められていることが分かってきました（Kasahara et al., Nature）。さらに、脈動オーロラ的一种である「フラッシュオーロラ」という瞬間的に発光するオーロラがコーラス波動によって作り出されていることも、科学衛星「あらせ」と地上観測の同時観測データによって明らかにされています（Ozaki et al., Nature Communications）。

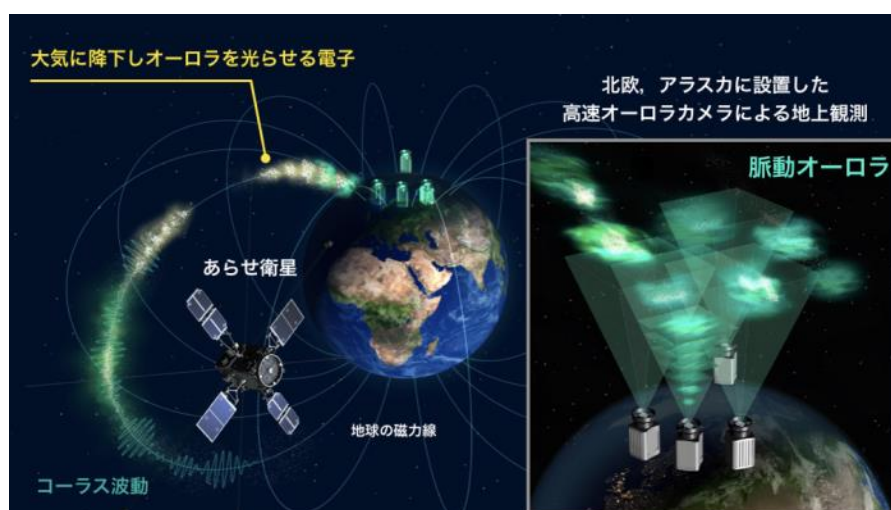


図 1 （左）コーラス波動によってジオスペースの電子が叩き落とされ、磁力線に沿って地球大気へ降

下し、オーロラを光らせる様子。(右) 本研究によって北欧とアラスカに設置された高速オーロラカメラによる観測の模式図。[文字無し, JPG: 2.6MB]

脈動オーロラの興味深い性質の一つとして、明るさの変化に「階層的周期構造」が存在することが挙げられます(図2左)。数秒から数十秒で明滅する主脈動の明るくなっている時間を高速オーロラカメラでズームインしてみると、さらに短い周期の「またたき」が埋め込まれていることが分かります。このまたたきは「内部変調」と呼ばれ、およそ1秒間に3回のペースで起こることが知られています。ゆったりとした主脈動の明滅をズームインしたときに秒以下の細かい周期性が現れる様子は、脈動オーロラが階層構造を持つことを意味しています。本研究グループは、ジオスペースで観測されるコーラス波動が類似する階層的周期構造を持つこと(図2右)に着目したモデル研究を行い(Miyoshi et al., 2015)、秒以下の「またたき」も含めた脈動オーロラの明るさの変化がコーラス波動の強度変化によって完全に制御されていることを予想しました。しかし、これまでは観測の時間分解能の限界が原因で、この予想を証明することができませんでした。特に、コーラス波動の中に、オーロラの「またたき」に呼応するような「さえずり」が存在するのかどうかを、宇宙と地上での同時観測で実証することがなされていませんでした。

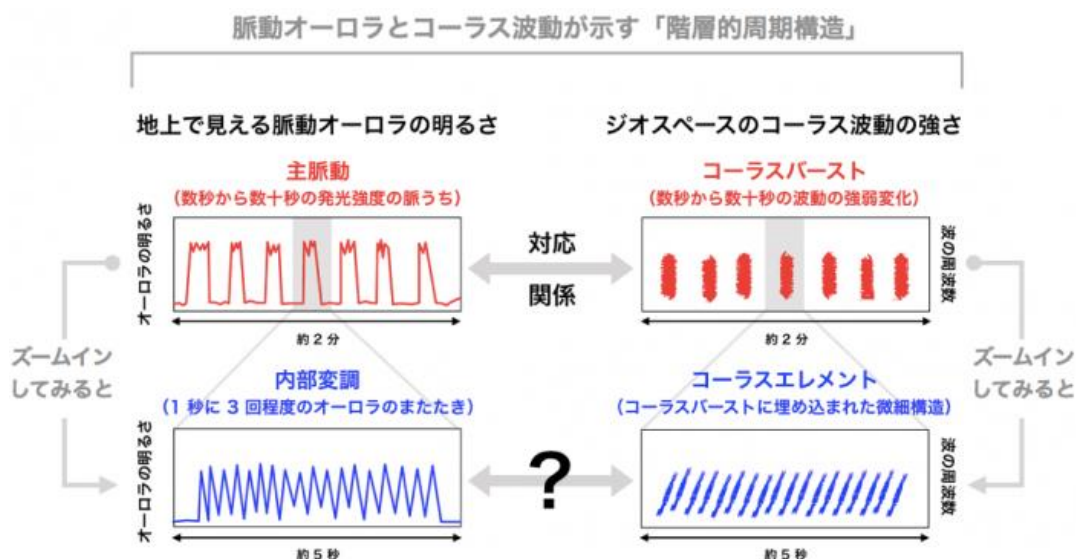


図2 (左) 赤線は数秒から数十秒のペースで明滅する脈動オーロラの「主脈動」を表す。主脈動の明るくなっている時間(山の部分)をズームインすると、青線で描いたような1秒間に3回程度明滅する「またたき(内部変調)」が存在することが知られている。(右) 赤線は、コーラス波動が集団的に発生する様子(コーラスバースト)を示す。このコーラス波動の時間変化が脈動オーロラ的主脈動をコントロールしていることが、近年の科学衛星「あらせ」による観測によって示されている。このコーラスバーストをズームインすると、「コーラスエレメント」と呼ばれるコーラス波動の「さえずり」が見られることが知られている。コーラスエレメントと脈動オーロラの内部変調(またたき)の間に関係があることが予想されていたが、宇宙と地上での同時観測による実証がなされていなかった。

2. 研究手法

科学衛星「あらせ」は、2016年12月20日に鹿児島県にあるJAXA内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられました。科学衛星「あらせ」にはプラズマ波動計測器(Plasma Wave Experiment)が搭載されており、コーラス波動に代表されるジオスペースの自然電波を高い時間分解能で計測しています。本研究では、科学衛星「あらせ」による観測と、北欧・アラスカの6箇所に設置された地上からの高速オーロラカメラによるオーロラ撮像を組み合わせることによって、脈動オーロラの「またたき」とコーラス波

動の「さえずり」の間の対応関係を検証しました（図 1 右）。この高速オーロラカメラは、1 秒間に 100 枚のオーロラ画像を取得することができます。本研究は、カメラの観測視野に対応する領域を科学衛星「あらせ」が飛翔する時間帯に、衛星側での電波の計測を 1 秒間に 64,000 個のデータを取得するバーストモード※5 で行い、秒以下のコーラス波動の「さえずり」を捉えられるようにしました。このような衛星と地上の計測を密にコーディネートした協調観測は、衛星打ち上げ後の 2017 年 3 月から実施され、これまでに多くの良好なデータを取得することができています。

3. 研究結果

2017 年 3 月 29 日の夜、北欧フィンランドの上空に脈動オーロラが現れた時間帯に、科学衛星「あらせ」はジオスペースでコーラス波動の周期的な変化を観測しました（図 3）。図 3 の中段はオーロラとコーラス波動の時間変動を直接比較したものです。白黒のパネルにオーロラの明るさの変化が示されていますが、縦方向に白いストライプが周期的に現れており、オーロラが明るくなったり暗くなったりしていることが分かります。これが、脈動オーロラのメインの周期である「主脈動」です。その下に示されているのは、地磁気でつながったジオスペースの領域において科学衛星「あらせ」が観測したコーラス波動のデータです。脈動オーロラの主脈動と同じタイミングで、コーラス波動の強度が高まっている（赤くなっている）ことが分かります。この完璧な 1 対 1 の対応は、コーラス波動の強さの変化（コーラスバースト）が、脈動オーロラの主脈動のビートを決めていることを示しています。論文では、この対応を動画で表現しています#1。この例の中から、一つの主脈動と一つのコーラスバーストを取り出してズームインしたものを下段に示しています。脈動オーロラとコーラスバーストの「1 発」が拡大されていますが、そのいずれにも、予想していた脈動オーロラの「またたき」やコーラス波動の「さえずり」の兆候が見られません。ここから、この脈動オーロラは、秒以下のまたたきを持たないものだったことが分かります。この結果は、コーラス波動に秒以下の変化がない場合は、脈動オーロラにも秒以下のまたたき（内部変調）が存在しないことを示し、脈動オーロラには内部変調を持つものと持たないものが存在することが、コーラス波動の性質によって決められていることを示しています。

#1: 脈動オーロラの主脈動とコーラスバーストの対応関係を示した動画:

https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1038%2Fs41598-020-59642-8/MediaObjects/41598_2020_59642_MOESM2_ESM.mov

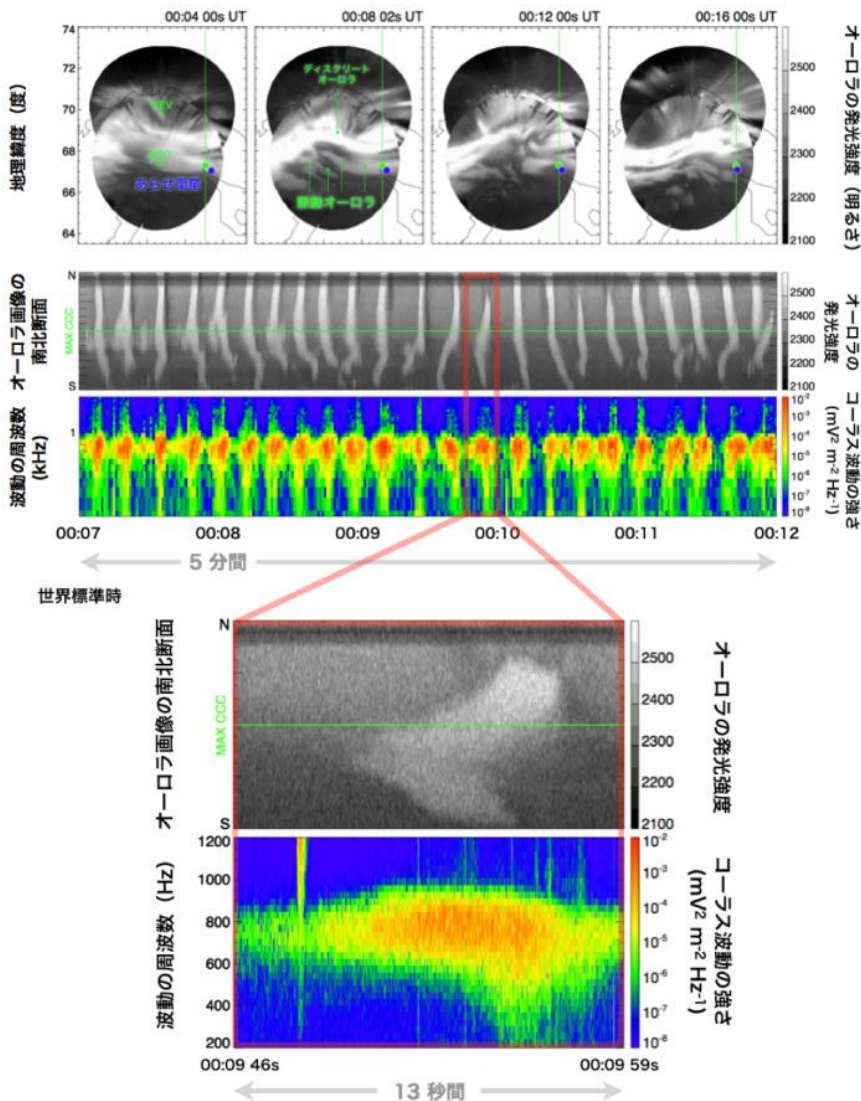


図 3 2017 年 3 月 29 日に北欧フィンランドで観測された脈動オーロラの事例。中段に示した図から、脈動オーロラの主脈動（白黒）とコーラスバーストの時間変化（カラー）が完全に一致していることが分かる。また、下段には、主脈動とコーラスバーストの「一発」をズームインした観測が示されており、コーラス波動に「さえずり」がない場合、脈動オーロラにも秒以下の「またたき」が存在しないことが分かる。

幸運なことに、上記の観測の翌日の 2017 年 3 月 30 日に、今度はアラスカにおいて、科学衛星「あらせ」と高速オーロラカメラによる脈動オーロラの衛星地上同時観測に成功しました（図 4）。この例においても、中段に示されているように、主脈動とコーラス波動の時間変化の間に 1 対 1 の対応関係があることが分かります。この中の 1 発の主脈動とコーラスバーストをズームインしたものを下段に示しています。図 3 に示された北欧の事例とは対照的に、脈動オーロラとコーラス波動のどちらにも、細かい変化が存在していることが分かります。オーロラの方を見ると、秒以下の繰り返し周期で明るさが変わっており、1 例目と異なり、この日の脈動オーロラは、細かい「またたき」を持つものだったことが分かりました。また、コーラス波動の方にも、1 発の波動強度の増大の中に細かいスジ（コーラスエレメント）が埋め込まれていることが見て取れます。これらの秒以下の変動が 1 対 1 に対応していることから、脈動オーロラの内部変調が、コーラスエレメント×6 と呼ばれるコーラス波動が内包する微細な構造によって完全にコントロールされていることが分かりました。論文では、コーラス波動のデータを音

声に変換し、脈動オーロラのまたたきがコーラスエレメントの発生に呼応する様子を音声付きの動画で表現しています#2。このような、衛星と地上の双方で秒以下の変化を分解できる観測を行うことによって、オーロラの内部変調がコーラスエレメントの繰り返し周期によって形づくられていることが、初めて示されました。

#2: 脈動オーロラの内部変調とコーラスエレメントの対応関係を示した動画:

コーラス波動を変換した音声合成されている。目で見えるオーロラの「またたき」が、耳で聞くコーラス波動の「さえずり」に完全に呼応していることが分かる。

https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1038%2Fs41598-020-59642-8/MediaObjects/41598_2020_59642_MOESM3_ESM.mov

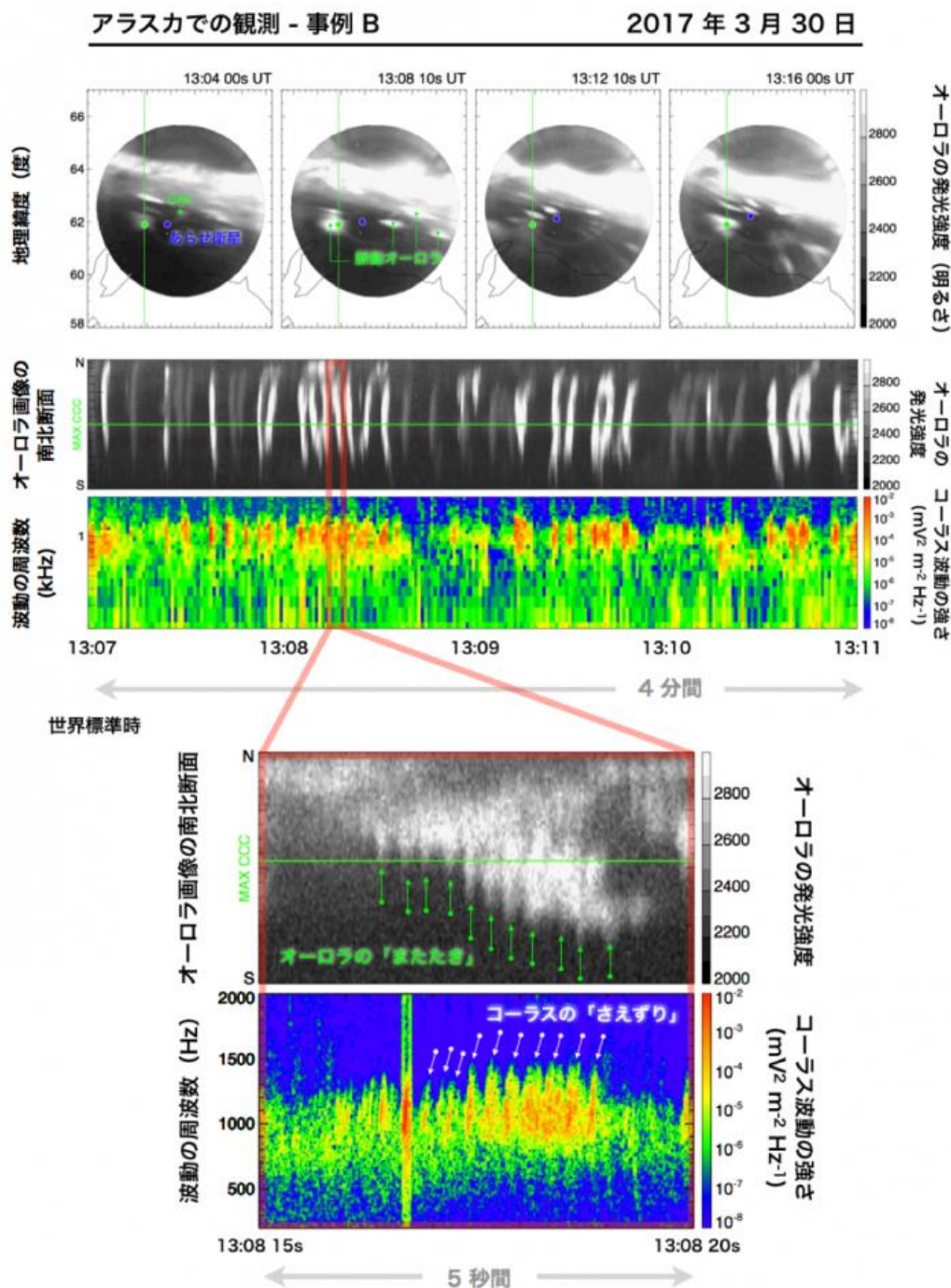


図4 2017年3月30日にアラスカで観測された脈動オーロラの事例。北欧での観測事例と同様に、主脈動とコーラスバーストの時間変化の間には良い対応関係があることが分かる。また、それぞれの「一

発」をズームインすると、脈動オーロラには「またたき（内部変調）」が、コーラス波動には「さえずり（コーラスエレメント）」が存在していることが分かる。

本研究は、北欧で見られた「またたかない」オーロラ、アラスカで見られた「またたく」オーロラを比較することで、脈動オーロラに見られる秒以下の「ビート」の有無が、コーラス波動の「鳴き方（さえずりの有無）」によって決まっていることを明らかにしました（図 5）。コーラス波動に秒以下の「さえずり」がある場合はオーロラにも「またたき」が存在します。逆に、コーラス波動に「さえずり」がない場合には、オーロラはまたたけないことを示しています。

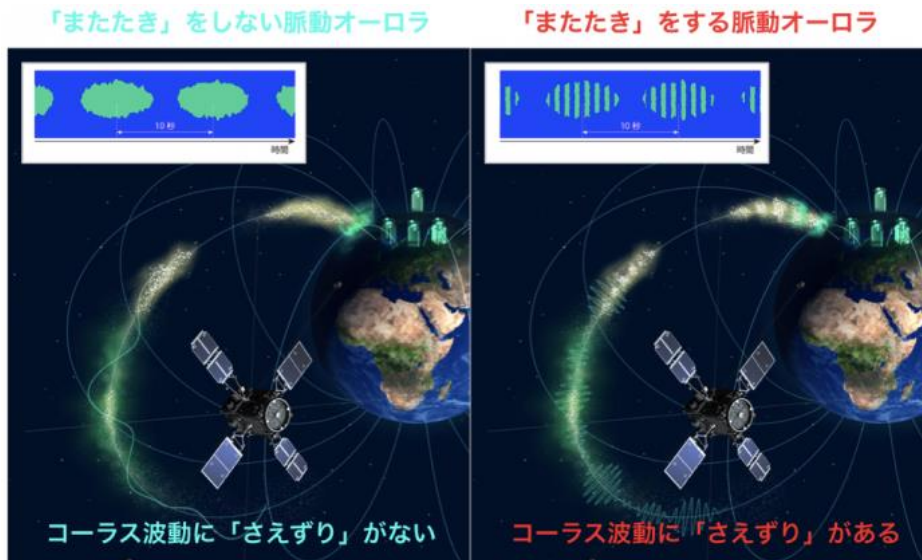


図 5 （左）コーラス波動に「さえずり」がない場合には、大気へ落ちていた電子の量にも秒以下の時間変化がなく、脈動オーロラに「またたき」がない。（右）コーラス波動にエレメントが見られる場合は、大気へ降下する電子の量に秒以下の変動が生じ、それが脈動オーロラの「またたき」を作り出している。本研究では、この 2 つのケースを比較することで、コーラスの鳴き方（「さえずり」の有無）がオーロラのまたたきを制御していることを示した。[文字無し, JPG: 2.8MB]

今後の展望

脈動オーロラの明滅を作り出しているコーラス波動は、人工衛星の障害の原因となる高エネルギーの電子を生み出す役割を担っていると考えられています。衛星を安全に運用するためには、衛星を壊してしまうほど高いエネルギーを持った電子が、いつ、どこで、どのようにして作られているのかを明らかにすることが必要ですが、その鍵を握っている現象の一つがコーラス波動です。つまり、脈動オーロラを調べることは、衛星障害を引き起こす高エネルギー電子がどのようにして生まれるのかを明らかにすることにもつながります。また、最近の研究から、脈動オーロラを光らせる電子は非常に高いエネルギーを持つため地球大気の奥深くまで進入し、オゾン層を部分的に破壊する可能性があることも分かってきています。脈動オーロラの生成メカニズムを理解することは、人工衛星の障害やオゾン層の破壊など、私たちの社会生活とも密接に関わっています。

用語説明

（※1）ジオスペース

数多くの人工衛星が飛翔する地球近傍の宇宙空間のこと。太陽の活動（主として太陽から来るプラズマの風である太陽風）の影響を受けてその環境が乱れ、人工衛星の運用や宇宙通信環境に影響を与えることが知られている。本研究において科学衛星「あらせ」が探査したジオスペースの領域は、地球中心から地球半径の 6～7 倍程度離れた領域となっている。

(※2) コーラス波動

電子が磁力線に沿って、らせん状に運動することによって生じる電磁波。ジオスペースの朝側の領域において高い頻度で発生する。電磁波の強度を音声に変換すると、鳥が「さえずる」ように聞こえるために、"コーラス" 波動と呼ばれている。

(※3) 波動粒子相互作用

電磁波動とプラズマ粒子（電子、イオン）が、電界・磁界の変動を介して相互作用すること。この相互作用によって、コーラス波動がジオスペース電子を高いエネルギーに加速したり、磁力線に沿って大気に降下させたりする。

(※4) 脈動オーロラ

形があいまいなディフューズオーロラ的一种で、明るさが準周期的に変動するオーロラ。その明るさの変化には、数秒から数十秒のビートで明滅する「主脈動」と、1秒間に3回くらいの「内部変調（またたき）」が重なり合う"階層的周期構造"が存在する。

(※5) バーストモード

科学衛星「あらせ」の電磁波動の観測において、波動強度を高速に取得できる観測モードのこと。本研究では、波動強度を1秒間に64,000回サンプリングするバーストモード観測によって得られたデータを解析している。

(※6) コーラスエレメント

秒以下の繰り返し周期でコーラスが再帰的に発生すること。荷電粒子との非線形相互作用によって波動の振幅が成長することで生起すると考えられている。

共同研究グループ

細川 敬祐 電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授

三好 由純 名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授

尾崎 光紀 金沢大学理工研究域電子情報通信学系准教授

大山 伸一郎 名古屋大学宇宙地球環境研究所 講師

小川 泰信 情報システム研究機構 国立極地研究所 准教授

栗田 怜 名古屋大学宇宙地球環境研究所 特任助教

笠原 禎也 金沢大学総合メディア基盤センター 教授

笠羽 康正 東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻 教授

八木谷 聡 金沢大学理工研究域電子情報通信学系 教授

松田 昇也 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 特任助教

土屋 史紀 東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻 助教

熊本 篤志 東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻 准教授

片岡 龍峰 情報システム研究機構 国立極地研究所 准教授

塩川 和夫 名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授

Tero Raita オウル大学ソダンキラ地球物理観測所 研究員

Esa Turunen オウル大学ソダンキラ地球物理観測所 名誉所長

高島 健 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 教授

篠原 育 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 准教授

藤井 良一 情報システム研究機構 機構長（名古屋大学 名誉教授）

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（15H05747, 15H05815, 16H06286, 16H04056, 16H01172,

17H06140) の補助により行われました。科学衛星「あらせ」および関連する地上観測データは、JAXA 宇宙科学研究所と名古屋大学が共同運用している ERG サイエンスセンターから配信されているものです。

論文情報 論文雑誌名: Scientific Reports

タイトル: Multiple time-scale beats in aurora: precise orchestration via magnetospheric chorus waves

著者: K. Hosokawa, Y. Miyoshi, M. Ozaki, S.-I. Oyama, Y. Ogawa, S. Kurita, Y. Kasahara, Y. Kasaba, S. Yagitani, S. Matsuda, F. Tsuchiya, A. Kumamoto, R. Kataoka, K. Shiokawa, T. Raita, E. Turunen, T. Takashima, I. Shinohara and R. Fujii,

URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-59642-8>

関連リンク

[宇宙の電磁波の「さえずり」がオーロラの「またたき」を制御（電気通信大学）](#)

[ERG サイエンスセンター ジオスペース探査衛星「あらせ」\(ERG\) \(宇宙科学研究所\)](#)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35150267.html>

大型の小惑星が来月接近、地球への衝突はなし NASA

2020.03.04 Wed posted at 14:14 JST



大型の小惑星が来月 29 日に地球に接近するが衝突はしないという/NASA/JPL-Caltech

(CNN) 直径が最大でおよそ 4 キロと推定される大型の小惑星が、来月 29 日に地球に接近することが 4 日までにわかった。米航空宇宙局 (NASA) が明らかにした。地球に衝突する恐れはないとしている。

1998 年に初めて見つかったこの小惑星は、地球から約 630 万キロの地点を時速 3 万キロ以上で通過する見通し。NASA によると直径は約 1.8~4 キロで、もし地球に衝突すれば世界的な影響を引き起こす恐れがあるという。地球接近の予定時刻は、米国東部時間で来月 29 日の午前 4 時 56 分。

同小惑星は、地球の軌道近くを通過するとの理由から一時危険な天体に分類されていたが、現在は地球に影響を及ぼし得る事象をまとめた NASA のリストから外れている。その大きさは、向こう 2 カ月の間に地球に接近する小惑星の中で最大とみられる。

これまでで最も大きな小惑星が地球に接近したのは 2017 年 9 月 1 日。直径は推計で約 4~8.9 キロだった。この小惑星は 57 年の 9 月 2 日に再び地球に接近すると予想されている。

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35150342.html>

火星の大地、高解像度パノラマで撮影 NASA探査機

2020.03.05 Thu posted at 19:30 JST 鮮明さに息をのむ、火星のパノラマ写真公開

(CNN) 米航空宇宙局(NASA)の火星探査機「キュリオシティ」は、2012年の火星着陸以来、息をのむような美しい画像を地球に送り届けてきた。しかし1000枚以上の画像をつなぎ合わせて撮影した今回のパノラマ写真は、精密さという点で群を抜いている。

キュリオシティは当該のパノラマ写真を昨年11月24日から12月1日にかけて撮影した。地球で勤務するNASAの担当職員が感謝祭の休日を楽しむ間、コンピューターが事前に受けた命令に従い、黙々と「仕事」をこなしていたことになる。

今回送られてきたパノラマ写真は18億画素と6億5000万画素の2枚。それぞれ4日間の期間中、正午から午後2時の間にキュリオシティに搭載されたカメラで撮影した。時間帯は明るさの条件が一定になるように選択された。

キュリオシティの計画に携わる研究者の1人、アシュウィン・バサバダ氏は、今回のミッションで立体効果のある360度のパノラマ写真に取り組んだのは初めてだったと説明した。

NASAのウェブサイトでは、[特殊なツール](#)を使って18億画素のパノラマ写真をズームすることが可能だ。手前に写り込んだキュリオシティの本体から火星の大地の遠景に至るまで、画像の鮮明さを満喫できる仕掛けになっている。

<https://www.cnn.co.jp/travel/35150429.html>

宇宙ステーション滞在ツアー、米スペースXが2021年にも実現へ

2020.03.06 Fri posted at 17:45 JST



スペースXが有人宇宙船「クルードラゴン」を使ったISSへのツアーを実施する/SpaceX

ニューヨーク(CNN) 米民間宇宙企業スペースXは、新興企業のアクシオム・スペースと提携して、観光客や民間の研究者、米航空宇宙局(NASA)以外の宇宙飛行士などを対象とする国際宇宙ステーション(ISS)滞在ツアーを実施すると発表した。

計画では、スペースXの有人宇宙船「クルードラゴン」に、1回の飛行につき3人の乗客を搭乗させる。宇宙船には訓練を受けた機長が乗務する。

クルードラゴンはISSにドッキングして乗客を降ろし、乗客はISSに8日以上滞在した後、地球に戻る。早ければ2021年下半期にも、最初の乗客を乗せた宇宙船が打ち上げられる見通し。

アクシオムのマイケル・サフレディーニ最高経営責任者(CEO)は、2005~15年までNASAのISS計画担当マネジャーを務めた経歴の持ち主。アクシオムは旅行代金に関する情報は公表していない。これまでに実施されたISS観光ツアーでは乗客が数千万ドルを支払っていた。

スペースXは2月にも、スペース・アドベンチャーという会社と手を組んで、乗客を乗せて地球軌道を周回する宇宙旅行を企画すると発表していた。

スペース・アドベンチャーは2001～09年にかけ、超富裕層の旅行客のためのISSツアーを8回組織したことがある。この時はロシアの宇宙船「ソユーズ」を使っていた。

アクシオムのツアーでは、米国の宇宙船が史上初めてISSへの観光ツアーに使われることになるかもしれない。ただ、計画を実現するためにはクルードラゴンが有人宇宙船として承認され、ISSに宇宙飛行士を送り届けるといふ本来の目的が果たせることを実証する必要がある。

https://news.biglobe.ne.jp/it/0306/mnn_200306_2710547861.html

NASA、有人月探査の実現に向けて超小型衛星を活用 - 2021年に打ち上げ

3月6日（金）17時46分 [マイナビニュース](#)



[写真を拡大](#)

米国航空宇宙局(NASA)は2020年2月15日、将来の有人月探査の実現に向けた技術実証のために、超小型衛星「CAPSTONE」を打ち上げると発表した。

NASAなどは現在、月を回る特殊な軌道に有人ステーション「ゲートウェイ」を建設することを計画しており、CAPSTONEはその軌道に投入したり運用したりするための技術や、新しい航法システムの試験を行うことを目指す。

有人宇宙ステーション「ゲートウェイ」建設の課題

現在、NASAや日本の宇宙航空研究開発機構(JAXA)など世界各国は、月を回る軌道に有人の宇宙ステーション「ゲートウェイ(Gateway)」を建設し、それを足がかりに有人・無人月面探査をしたり、さらには有人火星探査に向けたノウハウを積んだりすることを計画している。

このゲートウェイは、「Near Rectilinear Halo Orbit(NRHO)」と呼ばれる、特殊な軌道に建設されることになっている。NRHOは月を南北に、それも北側は高度3000km、南側は7万kmという極端に細長い楕円で回る軌道で、その細長さからあたかも直線のように見えることから"Near Rectilinear"(ほとんど直線)という名前がついている。

月は地球の衛星であるため、軌道によっては地球と通信できないタイミングが生じたり、またそれぞれの天体の重力の影響で軌道が不安定で、定期的に軌道を修正したりする必要がある。

しかしこのNRHOは、地球の地上局と常に通信可能であり、また月の南極上空に長く滞空できるため、南極で活動する探査機や飛行士とも長時間通信できる。さらに軌道の安定性も優れており、そして月面へのアクセス性(所要時間や必要な推進剤量)にも優れているといった特長をもつ。

ただ、これまでにNRHOへ探査機を投入したり、運用したりした例がないことから、その実現可能性や運用上の課題などを探るため、NASAは超小型衛星「CAPSTONE(キャプストーン)」を送り込むことになった。

CAPSTONEはどんな超小型衛星なのか

CAPSTONE とは Cislunar Autonomous Positioning System Technology Operations and Navigation Experiment の略で、直訳すると「月周辺における自律的な測位システム技術の運用航法実験」という意味になる。

CAPSTONE は 12U サイズのキューブサットで、その大きさは小型の電子レンジほど。打ち上げ時の質量は約 25kg。開発・製造はカリフォルニア州のアドバンスド・スペース(Advanced Space)と、Tyvak Nano-Satellite Systems が手がける。

月へ赴くようなミッションは従来、大きな探査機と大きなロケットを使って行われてきたが、近年の小型衛星の技術革新により、わずか数十 kg の衛星でも可能になりつつある。なお、NASA は 2018 年に、火星に向けて「マーズ・キューブ・ワン」という質量 13.5kg の超小型衛星を飛ばし、通信やカメラによる撮影など、当初予定していたミッションをこなした実績がある。

打ち上げには、米国ロケット・ラボ(Rocket Lab)のエレクトロン(Electron)ロケットを使う。エレクトロンは質量 100kg から数 kg 級の小型・超小型衛星を打ち上げることに特化した、超小型ロケット(micro launcher)で、2018 年 1 月の 2 号機の打ち上げ成功以降、これまでに 10 機連続で成功を続けている。

NASA によると、打ち上げの契約価格は 995 万ドルとされる。なお、衛星の開発と運用には 1370 万ドルが投じられている。いずれも従来の月探査の常識からすると破格の値段である。

CAPSTONE の打ち上げ時期は 2021 年初頭の予定で、バージニア州にあるワロップス飛行施設に建設中の、ロケット・ラボの新しい発射場が使われる。同社にとっては、これが初の月への打ち上げとなる。

打ち上げ後、CAPSTONE は約 3 か月かけて月へ飛行し、そして衛星自身が搭載しているスラスターを噴射し、近月点高度約 1600km、遠月点高度約 7 万 km の NRHO に入る。そしてそこから約 6 か月かけ、軌道上での運用試験や通信試験、また NASA の月探査機「ルナ・リコネサンス・オービター(NRO)」と協調した新しい航法技術の試験などのミッションを行う。とくに NRO と協調した航法技術の試験が成功すれば、CAPSTONE の名前にもあるように、地球からの追跡に頼らず自律的に位置を特定することができるようになるという。

NASA の有人月探査プログラムの責任者を務める Marshall Smith 氏は「CAPSTONE は、私たちがゲートウェイを建設しようとしている特殊な月軌道について学ぶための、迅速でリスク許容性の高い実証実験です。実際に建設しているとしているのとほぼ同じ軌道を使って試験することで、不確実性を減らすことができます」と語る。

また、ロケット・ラボの CEO を務める Peter Beck 氏は「小型衛星と私たちのロケットによって地球低軌道の利用が大きく進んだように、月の研究や探査もまた手軽なものになったことを誇りに思います」とコメントしている。

○参考文献

- ・ NASA Awards Contract to Launch CubeSat to Moon from Virginia | NASA
- ・ Rocket Lab Selected by NASA to Launch Pathfinder Mission to the Moon | Rocket Lab
- ・ NASA Funds CubeSat Pathfinder Mission to Unique Lunar Orbit | NASA

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。