

2023年5月18日

東京大学

自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター

科学技術振興機構（JST）

火山活動の可能性がある地球サイズの惑星を発見

——潮汐力により加熱された系外惑星 LP 791-18d——

発表のポイント

- ◆ 宇宙望遠鏡と地上望遠鏡による世界的な連携観測によって、新たな太陽系外惑星（系外惑星）LP 791-18d が発見された。
- ◆ LP 791-18d では木星の衛星イオのような活発な火山活動が想定される。
- ◆ LP 791-18d はハビタブルゾーン（生命居住可能領域）の内側境界付近にあり、大気を保持する可能性があるため、生命誕生の起源を探る研究にとって興味深い惑星として注目される。



発見された惑星のイメージ図

（クレジット：NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Smith (KRBwyle)）

発表概要

東京大学大学院総合文化研究科の成田憲保教授（自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター客員教授）、福井暁彦特任助教、森万由子特任研究員らが参加する国際研究チームは、宇宙望遠鏡と地上望遠鏡による観測を組み合わせた研究により、およそ 90 光年先にある赤色矮星（注 1）LP 791-18 の周りに地球サイズの系外惑星 LP 791-18d を新たに発見しました（図 1）。この惑星 d は、外側の隣接する軌道を公転する大きくて重い惑星 c からの引力を受けて軌道が楕円形になっており、木星の衛星イオのように火山に覆われている可能性があります。この惑星は今後の惑星大気の観測が期待され、地殻活動が惑星大気にどのような影響を及ぼすかについて重要な発見をもたらす可能性があります。

今回の発見は、アメリカ航空宇宙局（NASA）のトランジット惑星探索衛星 TESS（Transiting Exoplanet Survey Satellite：注 2）、NASA のスピッツァー宇宙望遠鏡（注 3）、東京大学とアストロバイオロジーセンターの研究者が開発した多色同時撮像カメラ MuSCAT、MuSCAT2（図 2、

3) を含めた多数の地上望遠鏡が連携した観測によって実現しました。

本研究成果は、2023年5月17日（英国夏時間）に英国科学誌「Nature」に掲載されます。

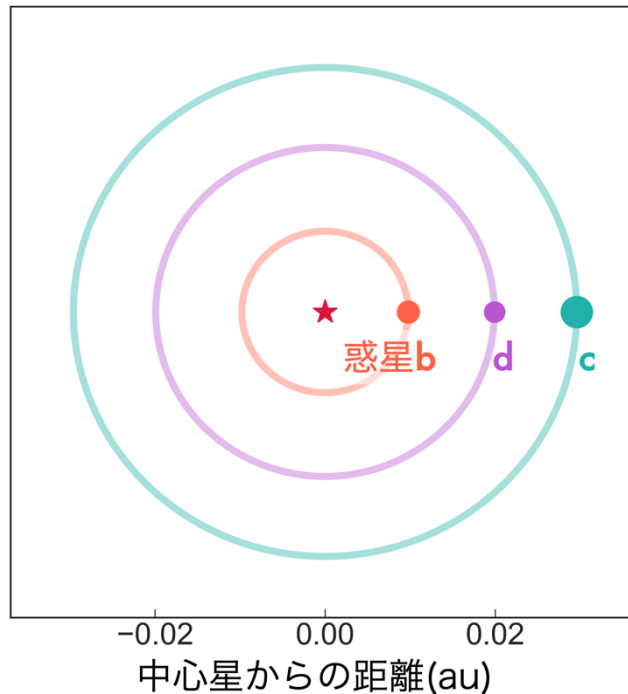


図1：LP 791-18 惑星系の3つの惑星軌道のイメージ

今回新しく発見された惑星 d は、既に発見されていた内側の軌道を公転する惑星 b と、外側の軌道を公転する惑星 c の間の軌道を公転しています。図中の惑星のシンボルの大きさと軌道の円の大きさは、観測された惑星の大きさと公転距離の比を反映しています。



図2：国立天文台ハワイ観測所岡山分室 188 cm 望遠鏡に取り付けられた多色同時撮像カメラ MuSCAT

今回の観測に用いられた多色同時撮像カメラ MuSCAT です。可視光の3色での同時撮像観測が行えます。国立天文台ハワイ観測所岡山分室（岡山県）にある188 cm望遠鏡に搭載されています。クレジット：MuSCAT チーム



図 3 : テイデ観測所 1.52 m カルロス・サンチェス望遠鏡のドーム

今回の観測に用いられた MuSCAT2 が搭載されたテイデ観測所(テネリフェ、スペイン)のドームです。クレジット: MuSCAT チーム

発表内容

〈研究の背景〉

赤色矮星 LP 791-18 は、太陽系からおよそ 90 光年離れたコップ座の方向にあります。この恒星の周りにはこれまで、トランジット惑星探索衛星 TESS による観測から惑星 b と c が見つかっていました。惑星 b は地球の約 1.2 倍の半径で公転周期は約 0.94 日、惑星 c は地球の約 2.5 倍の半径で公転周期は約 4.99 日の惑星です。

〈研究の内容〉

新たな惑星 LP 791-18d のトランジットは、127 時間におよぶスピッツァー宇宙望遠鏡の連続観測によって発見されました。この惑星 d は、惑星 b と c の間の軌道に位置しており(図 1)、恒星の周りを公転周期 2.75 日で公転しています。半径はおよそ 1.03 地球半径と推定され、半径は地球ととてもよく似ています。

この惑星がどのような惑星なのかを調べるため、日本の MuSCAT チーム(注 4)を含め、TESS の公式追観測プログラムである TFOP (TESS Follow-up Observing Program) に参加している多数のチームが地上望遠鏡を用いて惑星 c と d のトランジット観測を行いました。

LP 791-18 の周りを公転するたびに、惑星 d と c は接近するタイミングが訪れます。この時お互いの引力が影響を及ぼし合うため、トランジット時刻が一定の公転周期からずれます。このトランジット時刻のずれを調べることで、引力を及ぼしている惑星の質量を推定することができます。MuSCAT チームをはじめ、多数の地上望遠鏡による観測を繰り返すことで毎回のトランジット時刻を測定し、惑星 d の質量が地球と同程度、惑星 c の質量が地球の 9 倍程度であることを明らかにしました。

惑星 c から及ぼされる引力は、惑星 d の公転軌道をわずかに楕円形に変形させています。この楕円形の軌道を公転する中で、惑星 d には恒星からの潮汐力（注 5）が働き、わずかに変形します。この変形が惑星内部の摩擦を生み、惑星を加熱し、惑星表面で活発な火山活動を起こしている可能性があります。これは、太陽系で最も活発な火山活動を示す木星の衛星イオの加熱メカニズムと同じです。

〈今後の展望〉

LP 791-18d はハビタブルゾーンの内側境界付近に位置している惑星で、恒星からの潮汐力により自転周期と公転周期が一致しており、恒星に常に同じ面を向けていると考えられます。恒星からの光を受けている惑星の「昼側」の面は液体の水が存在するには高温すぎる可能性が高いですが、火山活動が起こっていれば惑星に大気が存在し、「夜側」の面では大気中で水蒸気が凝集し液体の水が存在している可能性があります。

惑星 c については、昨年から観測を始めた最新の宇宙望遠鏡であるジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（注 6）による惑星大気の観測が予定されています。加えて、今回発見された惑星 d も重要な惑星大気観測のターゲットになり得ると研究チームは考えています。

惑星の活発な火山活動は、本来惑星の地殻内部に閉じ込められてしまう物質を大気中に送り込む役割を果たしているかもしれません。そういった物質の中には、生命にとって重要である炭素なども含まれます。この惑星の大気組成の検出が実現できれば、惑星の地殻活動が惑星大気に及ぼす影響を深く調べるのが可能になるでしょう。これは生命の起源の研究につながる可能性があり、「アストロバイオロジー（宇宙生物学）」の観点からも重要です。

発表者

東京大学 大学院総合文化研究科

広域科学専攻

成田 憲保（教授）〈同研究科 附属先進科学研究機構〉

森 万由子（特任研究員）〈研究当時：東京大学 大学院理学系研究科 博士課程〉

附属先進科学研究機構

福井 暁彦（特任助教）

立命館大学 理工学部

川内 紀代恵（助教）〈研究当時：東京大学 大学院総合文化研究科（特任研究員）〉

総合研究大学院大学 物理科学研究科

西海 拓（研究当時：博士課程）

〈研究当時：東京大学 大学院総合文化研究科（特別研究学生）〉

論文情報

〈雑誌〉 Nature

〈題名〉 A temperate Earth-sized planet with tidal heating transiting an M6 star

〈著者〉 Merrin S. Peterson, Björn Benneke, Karen Collins et al.

〈DOI〉 10.1038/s41586-023-05934-8

〈URL〉 <https://www.nature.com/articles/s41586-023-05934-8>

研究助成

本研究は、科学研究費助成事業（科研費：課題番号 JP17H04574、JP18H05439）、特別研究員奨励費（課題番号 JP20J21872）、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業さきがけ（課題番号 JPMJPR1775）、CREST（課題番号 JPMJCR1761）、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンタープロジェクト（課題番号 AB031010）の支援を受けて実施されました。

用語解説

(注1) 赤色矮星

表面温度がおよそ摂氏 3,500 度以下の恒星を赤色矮星と呼びます。宇宙に存在している恒星の約 8 割は赤色矮星で、太陽系の近傍にある恒星の多くも赤色矮星です。太陽よりも小さく、表面温度も低いことから、惑星表面に液体の水を保持しうる領域であるハビタブルゾーンが太陽の場合よりも短周期となります。

(注2) トランジット惑星探索衛星 TESS

系外惑星がその恒星の手前を横切る時、恒星の明るさがわずかに暗くなります。この現象をトランジットと呼び、トランジットを観測することで系外惑星を発見し、その惑星の周期や大きさなどを調べることができます。TESS はトランジットによって系外惑星を探す NASA の衛星計画です。TESS は 2018 年 4 月 18 日に打ち上げられ、2 年間でほぼ全天のトランジット惑星を探査するという計画を実施してきました。現在は第 2 期延長計画が実施されており、少なくとも 2025 年まで観測が続けられる予定です。これまでの 5 年間で、6,000 個を超えるトランジット惑星候補を発見しています。

(注3) スピッツァー宇宙望遠鏡

NASA が 2003 年に打ち上げた宇宙望遠鏡で、2020 年に退役しました。高精度な赤外線観測が可能で、系外惑星の観測においても大きく活躍しました。

(注4) MuSCAT チーム

成田教授と福井特任助教らが岡山県の 188 cm 望遠鏡、スペイン・テネリフェ島の 1.52 m 望遠鏡、アメリカ合衆国・マウイ島の 2 m 望遠鏡用に開発した、3 つもしくは 4 つの波長帯で同時にトランジットを観測できる多色同時撮像カメラ MuSCAT シリーズ(装置名称はそれぞれ MuSCAT、MuSCAT2、MuSCAT3) を用いた研究チーム。MuSCAT は Multicolor Simultaneous Camera for studying Atmospheres of Transiting exoplanets の略で、岡山県の名産にちなんでいます。

(注5) 潮汐力

大きさを持った天体 A が別の天体 B からの重力を受けるとき、天体 A に生じる形状を変化させるような力のこと。地球では月の影響によって海の満ち引き(形状の変化)が生じています。木星の衛星イオでは、潮汐力によって生じる衛星内部の摩擦によって内部が加熱され、活発な火山活動が起こっています。

(注6) ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡

NASA が中心となって打ち上げた 6.5 m の口径を持つ宇宙望遠鏡。2021 年 12 月 25 日に打ち上げられ、2022 年から科学観測が開始されました。可視・近赤外・中間赤外領域において、これまで達成し得なかった精度での撮像・分光・測光観測が可能となりました。

問合せ先

〈研究に関する問合せ〉

東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻・附属先進科学研究機構

教授 成田 憲保（なりた のりお）

E-mail : narita[at]g.ecc.u-tokyo.ac.jp

〈報道に関する問合せ〉

東京大学 大学院総合文化研究科 広報室

Tel : 03-5454-6306 E-mail : pro-www.c[at]gs.mail.u-tokyo.ac.jp

科学技術振興機構 広報課

Tel : 03-5214-8404 E-mail : jstkohe[at]jst.go.jp

〈JST 事業に関する問合せ〉

科学技術振興機構 戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ

安藤 裕輔（あんどう ゆうすけ）

Tel : 03-3512-3531 E-mail : crest[at]jst.go.jp