

大気の詳細調査に適した地球型の系外惑星を発見

1. 発表者：

成田 憲保（東京大学大学院総合文化研究科附属先進科学研究機構 教授）
福井 暁彦（東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助教）

2. 発表のポイント：

- ◆NASA が打ち上げたトランジット惑星探索衛星 TESS（注 1）と、地上望遠鏡による多色トランジット観測（注 2）および視線速度観測（注 3）の連携により、太陽系から約 26 光年の距離にある赤色矮星 Gliese 486（注 4）を公転する惑星を発見した
- ◆この惑星 Gliese 486 b は地球とほぼ同じ密度を持つ地球型惑星（岩石惑星）であることがわかった
- ◆Gliese 486 b は太陽系の近くにあり、公転周期が短く、温度が高いという惑星大気の観測に適した特徴があり、次世代望遠鏡による大気の性質の詳細調査が期待される

3. 発表概要：

東京大学大学院総合文化研究科附属先進科学研究機構の成田憲保教授、大学院理学系研究科地球惑星科学専攻の福井暁彦特任助教らの参加する国際研究チームは、2018 年 4 月に NASA が打ち上げたトランジット惑星探索衛星 TESS と、成田教授・福井特任助教らが開発した多色同時撮像カメラ MuSCAT2（注 5）などを用いた多色トランジット観測、惑星の質量を測定することができる視線速度観測の連携により、太陽系から約 26 光年の距離にある赤色矮星 Gliese 486 を公転している惑星 Gliese 486 b を発見しました。

観測の結果、Gliese 486 b は質量が地球の約 2.8 倍、半径が地球の約 1.3 倍で、地球のように岩石を主体とした地球型惑星であるとわかりました。この惑星は公転周期が 1.467 日しかなく、表面温度は摂氏 400 度を超えると推定されるため、生命が存在できるような環境ではないと考えられます。しかし、公転周期が短いことや温度が高いことは、「トランジット分光」や「二次食分光」という方法で惑星の大気の組成や温度分布を調べる上ではとても有利な特徴となります。特に Gliese 486 b は太陽系の近くにあることから、今後惑星大気について詳しく調べることができる地球型の系外惑星として、重要な観測対象になると期待されます。

本研究成果は米国東部標準時 2021 年 3 月 4 日（木）14 時（日本時間 3 月 5 日午前 4 時）に、アメリカ科学振興協会が出版する科学雑誌「*Science*」に掲載されました。

4. 発表内容：

<本研究の内容>

2021 年現在、系外惑星の研究分野では惑星が主星の手前を通過する「トランジット」という現象を使い、ほぼ全天で系外惑星を探す NASA のトランジット惑星探索衛星 TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) による系外惑星探査が行われています。TESS の主要な目的は、惑星の質量・半径や大気などの性質を詳しく調べることができる、太陽系の近傍の恒星を公転する惑星を発見することです。

TESS は 2018 年 7 月から、4 台の超広視野カメラで 24 度×96 度の領域（セクターと呼ばれる）を 27.4 日ずつ観測し、惑星が主星の前を通過する際に起きる主星の周期的な減光（暗く

なること)を探しています。今回惑星が発見された Gliese 486 は、TESS のセクター23 の中で 2020 年 3 月 18 日から 4 月 16 日にかけて観測が行われました。TESS で観測されたデータは NASA で解析が行われ、2020 年 5 月 7 日にトランジット惑星候補 TOI1827.01 として発表されました。

ここでトランジット惑星「候補」と呼んでいるのは、TESS で発見された周期的な減光が、本物の惑星ではなく、恒星同士が食を起こす食連星によって生じる見間違いの可能性があるからです。そのため、TESS で発見されたトランジット惑星候補に対しては、減光しているのが本当にその恒星なのかどうか、そして減光を引き起こしているのが惑星かどうかを確認するための追加の地上観測（発見確認観測）が必要不可欠となります。

発見確認観測の有力な方法の一つに、トランジットを複数の光の波長帯で観測する多色トランジット観測があります。日本の観測チームは、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターの支援のもとで成田教授・福井特任助教らが開発した多色同時撮像カメラ MuSCAT2 を用いて、2020 年 5 月 9 日と 12 日に多色トランジット観測を行いました。この MuSCAT2 の観測によって、実際に減光を起こしているのが Gliese 486 であること、そして Gliese 486 の減光の割合が可視光から赤外線全ての波長で同じであり、惑星によって減光が引き起こされているということが、5 月 7 日の発表後 1 週間以内に確認されました（図 1 参照）。

一方、スペインのカラーアルト天文台の 3.5m 望遠鏡に設置された視線速度測定装置 CARMENES では、2016 年から Gliese 486 に対する視線速度法による惑星探しが行われていました。そのため、TESS による惑星候補の発見時点で豊富な視線速度のデータが取得されていました。さらに 2020 年 5 月から 6 月にかけて、ハワイ島のマウナケア山頂に設置された口径 8.1m のジェミニ北望遠鏡の視線速度測定装置 MAROON-X でも追加の視線速度のデータが取得されました。

以上の TESS と地上望遠鏡の連携した観測の結果、Gliese 486 b は質量が地球の約 2.8 倍、半径が地球の約 1.3 倍で、地球のように岩石を主体とした地球型惑星であるとわかりました。この惑星は公転周期が 1.467 日しかなく、表面温度は摂氏 400 度を超えると推定されるため、生命が存在できるような環境ではないと考えられます（図 2 参照）。

しかし、公転周期が短いことや温度が高いことは、トランジット惑星に対して可能となる「トランジット分光」や「二次食分光」という方法で惑星の大気の組成や温度分布を調べる上ではとても有利な特徴となります。さらに、Gliese 486 b は太陽系から約 26 光年の距離（天文学的にはとても近く）にあることから、今後惑星の大気について詳しく調べることができる地球型の系外惑星とすることができます。特に 2021 年に打ち上げられる予定となっている NASA のジェームス・ウェッブ宇宙望遠鏡では Gliese 486 b が重要な観測ターゲットになると期待されます。

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 さきがけ 研究領域「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用」における研究課題「多色同時撮像観測と高精度解析による第二の地球たちの探査」（研究者：成田 憲保、課題番号：JPMJPR1775）の支援を受けています。

5. 発表雑誌：

雑誌名：*Science*

論文タイトル：“A nearby transiting rocky exoplanet that is suitable for atmospheric investigation”

著者(*が責任著者)：

T. Trifonov*, J. A. Caballero, J. C. Morales, A. Seifahrt, I. Ribas, A. Reiners, J. L. Bean, R. Luque, H. Parviainen, E. Pallé, S. Stock, M. Zechmeister, P. J. Amado, G. Anglada-Escudé, M. Azzaro, T. Barclay, V. J. S. Béjar, P. Bluhm, N. Casasayas-Barris, C. Cifuentes, K. A. Collins, K. I. Collins, M. Cortés-Contreras, J. de Leon, S. Dreizler, C. D. Dressing, E. Esparza-Borges, N. Espinoza, M. Fausnaugh, A. Fukui, A. P. Hatzes, C. Hellier, Th. Henning, C. E. Henze, E. Herrero, S. V. Jeffers, J. M. Jenkins, E. L. N. Jensen, A. Kaminski, D. Kasper, D. Kossakowski, M. Kürster, M. Lafarga, D. W. Latham, A. W. Mann, K. Molaverdikhani, D. Montes, B. T. Montet, F. Murgas, N. Narita, M. Oshagh, V. M. Passegger, D. Pollacco, S. N. Quinn, A. Quirrenbach, G. R. Ricker, C. Rodríguez López, J. Sanz-Forcada, R. P. Schwarz, A. Schweitzer, S. Seager, A. Shporer, M. Stangret, J. Stürmer, T. G. Tan, P. Tenenbaum, J. D. Twicken, R. Vanderspek, J. N. Winn

DOI 番号：<https://science.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.abd7645>

アブストラクト URL：[同上](#)

6. 問い合わせ先：

(研究に関すること)

東京大学大学院総合文化研究科附属先進科学研究機構 教授

科学技術振興機構 さきがけ研究者 (兼任)

成田 憲保 (なりた のりお)

(JST事業に関すること)

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

嶋林 ゆう子 (しまばやし ゆうこ)

7. 用語解説：

注1：トランジット惑星探索衛星 TESS

マサチューセッツ工科大学が中心となって実施している NASA の衛星計画。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索するという計画を実施してきました。最初の2年間の観測で2000個以上のトランジット惑星候補を発見しています。現在は延長計画が認められ、3年目の観測が行われています。

注2：多色トランジット観測

恒星の前を惑星が通過する、いわゆる「食」の現象のことを「トランジット」と言います。これは太陽系外惑星の軌道がたまたま主星の前を通過するような軌道の時に起こります。トランジットをする惑星を「トランジット惑星」と呼びます。そして、トランジットを複数の光の波長帯で観測することを、多色トランジット観測と呼びます。

多色トランジット観測は、トランジット惑星の候補が本物の惑星かどうかを判別する方法として知られています。成田教授は JST さきがけの支援を受け、TESS が発見したトランジット惑星候補に対して多色トランジット観測を行うことによって、太陽系外の地球型惑星の探索を行っています。

注 3：視線速度観測

恒星が観測者から見て遠ざかる速度を視線速度と呼びます。恒星は自ら光を放っていますが、その光は恒星の大気を通過する際に恒星の大気成分に応じた吸収を受けます。そのため、望遠鏡に搭載された分光装置（天体の光をたくさんの色に分けて観測する装置）で恒星の光を分光すると、恒星の大気成分による吸収線が見られます。この吸収線の波長は大気成分によって決まっています。惑星を持たない恒星では波長が変化しません。一方、惑星が恒星の周りを公転していると、恒星も共通重心の周りを周期的に運動するため、光のドップラー効果によって吸収線の波長が周期的に変化します。この吸収線の波長変化を観測することで、恒星の視線速度を測定することができます。

恒星の視線速度観測によって、惑星がどれくらいの質量を持ち、どのような軌道で公転しているかを調べることができます。

注 4：赤色矮星 Gliese 486

表面温度がおおよそ摂氏 3,500 度以下の恒星を赤色矮星と呼びます。

Gliese 486 は、1957 年にドイツの天文学者 Wilhelm Gliese（ヴィルヘルム グリーゼ）が太陽系からおおよそ 65 光年以内にある約 1000 個の恒星をまとめて収録した「グリーゼ近傍恒星カタログ」にリストされた赤色矮星です。Gliese 486 は太陽系から約 26 光年の距離にあり、質量と半径がそれぞれ太陽のおおよそ 3 分の 1 で、表面温度はおおよそ摂氏 3,100 度です。

Gliese 486 はこれまでにトランジット惑星が発見された恒星としては太陽系から 3 番目 (*) に近い恒星となります。

*：近い順に HD 219134 (約 21 光年)、LTT 1445A (約 22 光年)、Gliese 486 (約 26 光年)。

注 5：多色同時撮像カメラ MuSCAT2

自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターの支援のもと、成田教授と福井特任助教らが開発した観測装置 (http://abc-nins.jp/press/20181217/20181217_Narita_main.pdf)。スペインのテネリフェ島のティデ観測所にある口径 1.52m のカルロス・サンチェス望遠鏡に設置されています。青い光 (400nm-550nm)、赤い光 (550nm-700nm)、近赤外線 (700nm-820nm、820nm-920nm) の計 4 色で天体を同時に観測することができます。本研究では、TESS で発見されたトランジット惑星候補が本物の惑星かどうかを判別する多色トランジット観測に用いられました。

8. 添付資料：

MuSCAT2で観測された Gliese 486 b の多色トランジットデータ

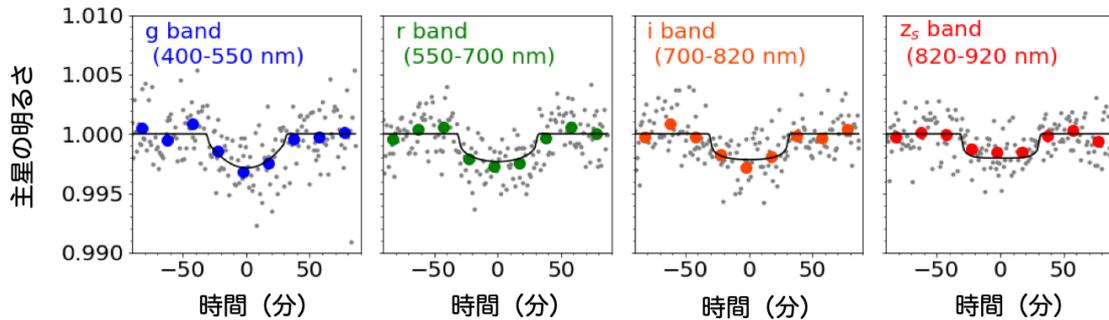


図 1: 2020 年 5 月 12 日に MuSCAT2 で観測した Gliese 486 の明るさの変化。左から順に 400-550nm、550-700nm、720-820nm、820-920nm の波長での観測結果。横軸はトランジットの中心時刻を原点とした時間で、縦軸はトランジットをしていない時の明るさを 1 とした相対的な明るさ。惑星のトランジットによって、Gliese 486 が約 1 時間の間、0.1-0.2%ほど暗くなったことがわかる。一見すると減光の割合が波長によって異なる（特にトランジット中心付近の減光が波長が短いほど深くなっている）ように見えるものの、これは主星の周辺減光というトランジットとは別の効果を反映している。惑星に由来する減光の割合は、全ての波長でほぼ一致している。



図 2 : Gliese 486 b の惑星表面のイメージ。 (Image: RenderArea, <https://renderarea.com/>)