

# 研究終了報告書

## 「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」

研究期間：2017年10月～2021年3月

研究者：成田 憲保

### 1. 研究のねらい

私は第二の地球と呼べるような惑星を発見することを目指して、2018年4月に打ち上げられたNASAのトランジット惑星探索衛星 TESS のサイエンスチームに2011年から参加してきました。そしてTESSの打ち上げ後にそのような惑星をいち早く発見することを目指し、2013年度から本さがけ研究採択までに、2台の多色同時撮像カメラ MuSCAT と MuSCAT2 を開発してきました。これらの多色同時撮像カメラは、TESS で発見されたトランジット惑星(惑星が主星の前を通過する、いわゆる「食」を起こすような惑星)の候補が起こす減光現象を観測することで、その候補が本物のトランジット惑星なのか、偽物の食連星(恒星同士で食を起こす天体)なのかを判別することができる観測装置です。

この判別のための観測(発見確認観測と呼ばれます)では、トランジット惑星候補を持つ恒星の明るさの変化を、複数の色(波長)で高精度な時系列データとして取得します。しかしこの時系列データには、観測条件(例えば、大気の状態)や観測装置(例えば、装置の姿勢変化や検出器上の天体位置の変化)、あるいは天体そのもの(例えば、恒星の変光)に由来する時間依存する系統の変動が、いわゆる系統誤差として混入してしまいます。この系統の変動をきちんと取り除くことができなければ、時系列データの回帰分析によって得られる特徴量の計測誤差が、得られているシグナル対ノイズ比から期待される精度より大幅に悪くなってしまう(場合によっては惑星による減光のシグナルが見えなくなってしまう)という問題が生じます。

そのため、新しいトランジット惑星の発見やその物理的情報を高精度に得るためには、複雑な時系列データの系統の変動を高精度にモデル化する解析が重要となります。そのひとつの方法として、ガウス過程と呼ばれる統計手法があります。ガウス過程を取り入れた時系列データ解析では、時系列データの系統の変動を表現力が高いカーネル関数によってモデル化して、惑星のトランジットに関する特徴量を高精度に導出することが可能です。

以上のような背景のもと、本研究では自身が開発してきた多色同時撮像カメラを用いて、TESS が発見したトランジット惑星候補の集中的な発見確認観測を行い、ガウス過程やマルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法などの統計手法を取り入れた時系列データの解析を通して、新しい地球型惑星(特に主星からの距離がちょうど良い「生命居住可能惑星」)の発見とその惑星の物理的情報を得ることを目標としてきました。

### 2. 研究成果

#### (1) 概要

TESS は2018年4月に打ち上げられ、同年7月から1年間をかけて南天の空のトランジット惑星候補のサーベイを行い、2019年7月から1年間をかけて北天の空でのサーベイを実施しました。さらにTESSは当初2年間の計画から延長が認められ、2020年7月からは再度南天に戻ってサーベイが行われています。

本研究で用いる MuSCAT と MuSCAT2 は北半球の望遠鏡に設置されているため、TESS で発見された惑星候補の発見確認観測ができるのは主に 2019 年度からでした。そのため、2017 年 10 月から 2018 年度までは観測装置の整備、リモート観測環境の整備、解析環境の整備を中心に研究の準備を行うとともに、MuSCAT2 の試験観測で得られた時系列データを用いて、ガウス過程を取り入れた解析による高い測光精度の実証を行いました(Narita et al. 2019)。この結果、ガウス過程を取り入れた解析によって期待通り系統の変動を取り除くことができ、MuSCAT2 によって地上最高レベルの測光精度(0.1%未満の明るさの変化を測定できる精度)を 4 色で同時に達成できることが実証できました(図 1 参照)。

そして、MuSCAT と MuSCAT2 で観測できるトランジット惑星候補が発表されるようになった 2019 年から、MuSCAT シリーズを使った集中的な発見確認観測を行いました。本研究で実施したトランジット惑星候補の観測数は、2020 年 10 月までで 180 個以上にのぼります。そして、この MuSCAT シリーズによる観測結果は、TESS の公式フォローアップ観測プログラム(TFOP)と共有することで国際共同研究を推進しており、既に多くの共著論文で使われています。この観測数の多さに加えて、多色同時観測であることと、高精度であるというメリットにより、本研究は世界中で行われている TESS のトランジット惑星候補の発見確認観測において、顕著な存在となっています。

2020 年 10 月までに発表済みの成果として、実際に MuSCAT シリーズの観測をもとに複数の地球型惑星を発見することができており、その惑星の公転周期・質量・半径などの物理的情報を得ることができています。これらの地球型惑星は、将来の惑星大気の観測に適したターゲットになると期待されています。

また当初予期していなかった追加の成果として、赤色矮星を公転する周期 1 日程度の短周期の巨大惑星(これまで発見されていなかった周期と半径のパラメータ領域にある)を複数発見したり、白色矮星(太陽のような恒星が寿命を終えた後に残る天体)を公転する巨大惑星(これまでそのような惑星が実際に発見されたことはなかった)を発見するなど、従来の常識から外れた惑星の発見も行うことができました。

## (2) 詳細

### ● テーマ A 「研究環境の整備」

本研究の多数の観測を行う MuSCAT2 は、スペイン・テネリフェ島のテイデ観測所にある 1.52m 望遠鏡で 2017 年 8 月にファーストライト(初めて観測装置に天体の光を通すこと)を迎えました。そして、2018 年以降 MuSCAT2 には年間 250-300 夜という多くの観測時間が割り当てられました。そこで 2017 年 10 月に本さがけ研究に採択されてから 2018 年度にかけては、主に MuSCAT2 の整備と、リモート観測環境および解析環境の構築に取り組みました。

リモート観測環境が整っていなかった 2017~2018 年度にかけては、MuSCAT2 の観測は直接現地を訪れて行う必要がありました。そこで、2017~2018 年度には MuSCAT2 の整備と試験観測のために複数回テネリフェ島に出張し、データを取得しました。それと並行して、解析用サーバを購入して解析環境の構築を行うとともに、日本から MuSCAT2 のリモート観測ができるよう準備を整えました。その結果、2018 年度後半までには観測装置、リモート観測環境、解析環境の準備が整い、2019 年度からは安定的に観測・解析ができるようになりました。

- テーマ B 「多色同時撮像カメラによる観測とガウス過程を取り入れた測光精度の実証」  
次に、MuSCAT2 で取得した試験観測データを用いて、ガウス過程を取り入れた時系列データ解析の有効性と、そのような解析の結果として MuSCAT2 で到達できる精度を示しました (Narita et al. 2019: 図 1 参照)。この結果、ガウス過程を取り入れた解析によって期待通り系統の変動を取り除くことができ、MuSCAT2 では地上最高レベルの測光精度(0.1%未満の明るさの変化を測定できる精度)を 4 色で同時に達成できることが実証できました。この論文の内容については、所属機関および JST でプレスリリースを行いました。

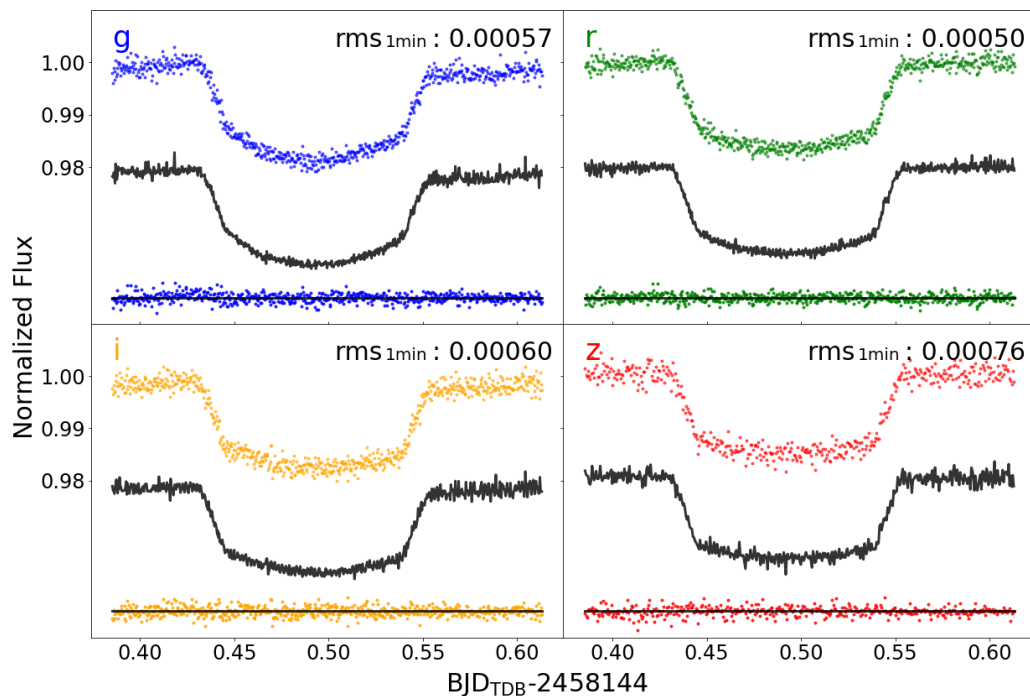


図 1: 既知のトランジット惑星である WASP-12b のトランジットを MuSCAT2 で観測したデータ。各パネルは左上(青)、右上(緑)、左下(橙)、右下(赤)の順に 400-550nm(天文学の呼び方で g バンド)、550-700nm(r バンド)、700-820nm(i バンド)、820-920nm(z バンド)で観測した主星 WASP-12 の明るさの変化。横軸は天文学で使われるユリウス日(具体的には 2018 年 1 月 25 日の夜)での時刻。横軸の目盛りの 0.43 から 0.55 にかけて明るさが減っている(減光している)のが惑星のトランジットです。各バンドの黒線は、ガウス過程を取り入れて推定した惑星のトランジットと系統の変動を合わせたモデル。見やすさのためモデルはデータから 0.02 だけ下にずらして表示しています。その下にプロットされているのはデータとモデルの残差。各パネルの右上部に、1 分あたりの残差の二乗平均平方根(達成された測光精度に相当する)を記載しています。(Narita et al. 2019 の図 12 から引用)

- テーマ C 「TESS で発見された惑星候補の発見確認観測」  
以上のような準備のもとで、北半球にある MuSCAT と MuSCAT2 でも観測ができる TESS のトランジット惑星候補が発表されるようになった 2019 年から、MuSCAT シリーズを使った TESS の惑星候補の集中的な発見確認観測を行いました。  
2019 年度末に発生した新型コロナウイルスによるコロナ禍によって、2019 年度末から 2020

年度にかけて MuSCAT シリーズによる観測が実施できない期間が数ヶ月ありましたが、2020年10月までに本研究で発見確認観測を実施した TESS のトランジット惑星候補の数は 180 個以上と世界的に見ても顕著な数となりました。この MuSCAT シリーズによる観測結果は、TESS の公式フォローアップ観測プログラム(TFOP)と共有することで国際共同研究を推進しており、既に多くの共著論文で使われています。

この中で 2020 年 10 月までに発表済みの代表的な成果として、MuSCAT シリーズの観測で本物の惑星であることを確認した 2 つの地球型惑星の発見を以下の図 2 に挙げます(論文の概要は主な研究成果リストの原著論文 2 と 3 を参照)。

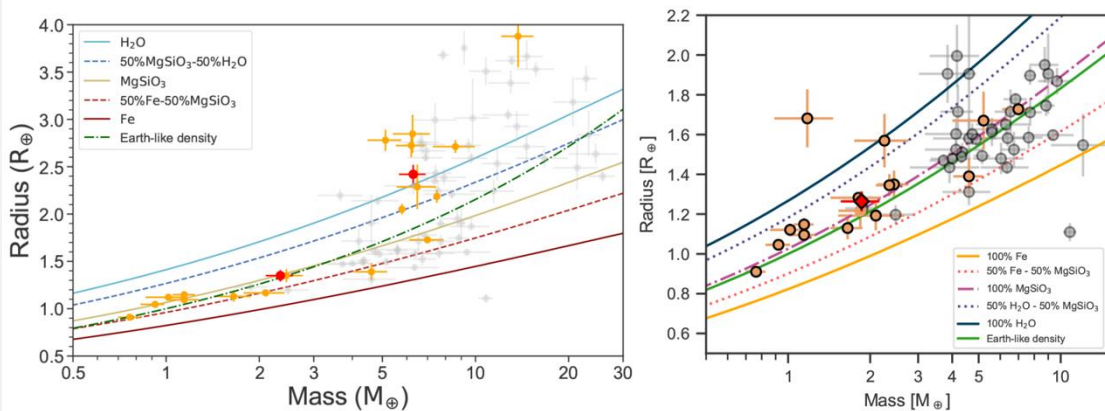


図 2: 左パネルの赤いデータは、MuSCAT2 で発見確認を行った 2 つの惑星 LTT 3780b と LTT 3780c( TOI732.01 と TOI732.02)の質量(横軸:地球質量単位)と半径(縦軸:地球半径単位)の関係(Nowak et al. 2020 の図 9 から引用)。橙色や灰色のデータは他の既知のトランジット惑星のデータ。実線や破線で示されているのは、惑星の組成を仮定した場合に理論的に予想される質量と半径の関係。緑色の破線が地球の組成を仮定した場合で、LTT 3780b が地球型惑星であることが示されています。同様に右のパネルの赤いデータは、MuSCAT と MuSCAT2 で発見確認を行った GJ 3473b( TOI488.01)の質量と半径の関係(Kemmer et al. 2020 の図 10 から引用)。こちらでは緑色の実線が地球の組成を仮定しており、この惑星も地球型惑星であることが示されています。これらの惑星は、将来の宇宙望遠鏡での惑星大気観測に適したターゲットであることがわかりました。

以上のように、本研究の目標に掲げた通り、MuSCAT シリーズの観測によってほぼ地球サイズの複数の地球型惑星を発見することができ、それらの惑星の公転周期・質量・半径などの物理的情報を得ることができました。これにより、当初掲げた目標を達成することができたと考えています。

#### ● 追加の成果 1 「想定外の惑星の発見」

本研究では地球のような惑星の発見を主な目的としていましたが、TESS が発見した中にはさまざまな惑星候補があり、MuSCAT シリーズで発見確認をした惑星の中にはこれまで発見されていなかった想定外の惑星も含まれていました。

ひとつは、MuSCAT2 で発見確認を行った赤色矮星を公転する短周期(周期 1 日程度)の巨大惑星 TOI263.01 と TOI519.01 です(Parviainen et al. 2020, 2021)。TOI263.01 と TOI519.01 は



これまで赤色矮星の周りでは惑星が発見されていなかった周期と半径のパラメータ領域にありました。

もうひとつは、太陽のような恒星が寿命を終えた後に残る白色矮星という天体を周期 1.4 日で公転する巨大惑星 WD1856b の発見です(Vanderburg et al. 2020)。白色矮星のそばで破壊されていない巨大惑星が発見されたのは初めてのことです。この成果は Nature に掲載され、所属機関と JST でプレスリリースを行いました。

このようなこれまで発見されていなかった惑星の発見は、惑星形成理論の見直しや検証につながるため、研究計画では想定していなかった重要な副産物の成果と言えます。

#### ● 追加の成果 2 「MuSCAT3 の開発」

本研究の 2 年目である 2018 年度に、私が研究分担者として参加する新学術領域研究が採択され、MuSCAT3 の開発を行うことが決まりました。しかし、減額されての採択だったため、装置開発に必要な予算を確保すると MuSCAT3 の受け入れ先となるアメリカの研究機関との打ち合わせや望遠鏡の実地調査を行う旅費が不足することとなりました。

この MuSCAT3 の開発は、本研究の当初の計画には含まれていませんでしたが、MuSCAT3 が早期に完成すれば本さきがけ研究でも利用することができ、MuSCAT・MuSCAT2 と合わせて運用することでトランジットの観測機会が増え、長周期のトランジット惑星候補などの観測も可能となることから、MuSCAT3 の開発にかかる海外旅費の増額を認めていただき、本さきがけ研究の一環としても MuSCAT3 の開発を行うこととしました。

コロナ禍によって約半年の開発の遅れが生じたものの、MuSCAT3 は 2020 年 9 月 28 日にアメリカ・マウイ島のハレアカラ山頂にある 2m 望遠鏡でファーストライトを迎えました(図 3)。残りの研究期間では、この MuSCAT3 も用いて TESS の惑星候補の発見確認観測を実施します。

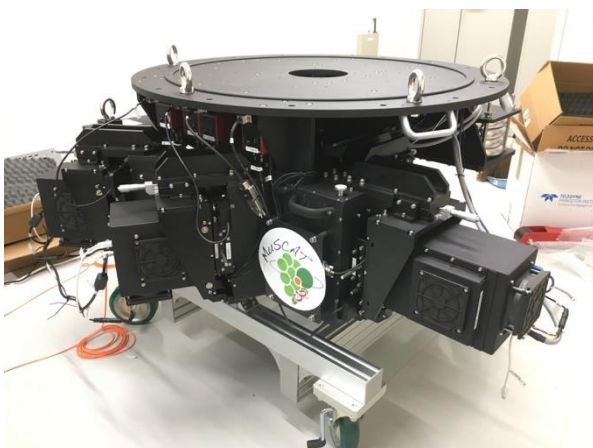


図 3: 左は東京大学で完成した MuSCAT3 の写真(2020 年 8 月)。右はマウイ島ハレアカラ山頂にある 2m 望遠鏡に MuSCAT3 を搭載した写真(2020 年 9 月)。

#### ● 追加の成果 3 「国際強化支援による海外派遣の成果」

2019 年度に、ヨーロッパとの国際共同研究の推進のための海外旅費の増額を認めていただきました。当初の予定では、2029 年以降に打ち上げ予定の欧州宇宙機関 ESA の衛星計画

Ariel の共同研究に加わることで、スイスの研究者と系外惑星大気に関する国際共同研究を行うことを目的として、2 回の海外出張を行うことになっていました。しかし、後者はコロナ禍の影響でキャンセルとなりました。

Ariel は、TESS で発見されたものを含めて 1,000 個ものトランジット惑星の大気を観測し、系外惑星の大気の性質を明らかにするという将来の大型衛星計画です。この海外派遣では、オランダで行われた Ariel の会議に参加して MuSCAT シリーズを紹介する講演と衛星計画への参加について議論を行い、その後 Ariel の PI であるユニバーシティ・カレッジ・ロンドンの Giovanna Tinetti 教授のもとを訪問し、共同研究の議論を行いました。その結果、正式に Ariel のサイエンスチームに参加することとなり、ワーキンググループの活動を行うこととなりました。将来の大型衛星計画に加わることは国際共同研究を推進することにつながるため、この海外派遣には大きな成果があったと考えています。

### 3. 今後の展開

本研究では、当初掲げた目的の通り、TESS で発見されたトランジット惑星候補の中から、MuSCAT シリーズを用いて本物の地球型惑星を複数発見確認することに成功しました。しかし、TESS が発見した北天のトランジット惑星候補は 1,000 個以上あり、これまでに MuSCAT シリーズで発見確認観測を実施することができた 180 個余りはその一部に過ぎません。また、コロナ禍の影響もありしばらく観測を実施できない期間もあったため、観測できていない面白い惑星候補がまだ多数あります。そのため、今後も継続した発見確認観測が必要です。

そこで、今後も生命居住可能惑星候補を含む地球型惑星の発見確認観測を MuSCAT シリーズで行い、さらにすばる望遠鏡による惑星質量の測定などを行って新しい惑星の発見と物理的性質の解明を続けます。また、本研究により正式に参加することが決まった将来の衛星計画 Ariel による惑星大気の性質調査に向け、今後も国際共同研究を進め成果を挙げていきたいと考えています。

### 4. 自己評価

#### ● 研究目的の達成状況

本研究では、最先端の観測装置による高精度観測と統計手法を駆使した高精度解析の融合によって、第二の地球と呼べるような惑星を発見することを目的としていました。

主な研究成果リストに挙げたように、2020 年 10 月までに MuSCAT シリーズによる観測から複数の地球型惑星を発見することができており、この当初の目的は予定通り達成することができたと考えています。

なお 2020 年 10 月の時点では、生命居住可能領域にある惑星を MuSCAT シリーズで発見確認したという論文は発表されていませんが、TESS がそのような惑星候補を北天で複数発見しており、現在 MuSCAT シリーズによる発見確認観測を実施しています。そのため、残りの研究期間で発見確認観測を実施して、順次発表していきたいと考えています。

一方、一部のアドバイザーの方から勧められた、機械学習などのさらに新しい統計手法を本研究に取り入れるところまで至らなかったことは一つの心残りです。ただ、あれもこれもと手を出すのではなく、当初掲げた目標をきちんと果たすことも重要であるという研究総括のコメントもありましたので、今回の研究期間の中では当初の計画に従って目的を達成することを優先しました。

新しい手法の導入は、残りの研究期間での共同 FS と、本研究領域や他のさきがけ・CREST 研究領域の研究者との今後の継続的な交流を通じた課題としていきたいと考えています。

- 研究の進め方(研究実施体制及び研究費執行状況を含む)

本研究では、TESS が北天のサーベイを始める 2019 年度までに観測装置、リモート観測環境、解析環境の整備を行い、MuSCAT シリーズで発見確認観測ができる惑星候補が発表されるようになってからは MuSCAT シリーズによる集中的な観測を行い、地球型惑星を発見していくという計画を提案していました。

実際の本研究の進行については、概ね当初提案していた計画通りに進みました。一方、本研究提案時に想定していなかったことが 2 つあり、その対応は以下のように行いました。

まず、2018 年度に私が研究分担者として参加する科学研究費補助金の新学術領域・計画研究が採択され、MuSCAT3 の開発が決定しました。MuSCAT3 を本研究期間中に完成させることができれば本研究をさらに加速することができるため、開発に必要な海外旅費の増額申請を行い、本研究の一環としても MuSCAT3 の開発を進めることとしました。

もうひとつは、2019 年度末から 2020 年度にかけて新型コロナウイルスの発生による影響を受け、数ヶ月にわたる観測の中断と、約 6 ヶ月の MuSCAT3 の開発の遅れが生じました。このため、来年度の半年間にわたる本研究の延長支援を申請する予定です。

研究実施体制については、計 4 名の大学院生に研究補助者・学生として本研究に参加してもらい、岡山、スペインなどでの MuSCAT シリーズの観測と解析に貢献してもらいました。

また、研究費の執行については、3 年目までは概ね計画した通りに執行することができました。ただ、コロナ禍の影響で 2020 年 3 月の国際強化支援の海外出張をキャンセルしたため一部の海外旅費を返金したほか、2020 年度もコロナ禍の影響で MuSCAT シリーズの観測ができない状態がしばらく続いたため、望遠鏡利用料と国内・海外旅費の多くが執行できていません。そのため、2020 年度の研究経費については延長支援により来年度にかけて執行していく予定です。

以上のように、研究の進め方については多少の変更があったものの、全体としては当初の計画通り順調に進めることができたと考えています。

- 研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果

本研究では MuSCAT シリーズを用いて TESS で発見された多数のトランジット惑星候補の発見確認観測を行い、新しく MuSCAT3 の開発も行いました。その結果、本研究を通して世界の天文学コミュニティにおいて MuSCAT シリーズの知名度が高まりました。これによりトランジット惑星に限らず、様々な天体の観測依頼を受けるようになり、MuSCAT シリーズによる幅広い国際共同研究につながりました。今後も MuSCAT シリーズは天文学の新しいインフラとして国内外の研究者に活用されると見込まれます。このように、本研究は当初の想定を超えて新たな国際共同研究を開拓する波及効果があったと考えています。

また、主な研究成果リストのその他の成果でまとめているように、本研究の成果は多くのメディアで取り上げられました。また、私が一般向けに行っている講演や執筆した書籍等でも本研究の成果を紹介していることから、社会への波及効果もあったと考えています。一方、本研究からの経済への直接的な波及効果はなかったものと認識しています。

## 5. 主な研究成果リスト

### (1) 代表的な論文(原著論文)発表

研究期間累積件数: 59件

<p>1.</p> <p>著者: <u>Narita, Norio</u>; Fukui, Akihiko; Kusakabe, Nobuhiko; Watanabe, Noriharu; Palle, Enric; Parviainen, Hannu; Montañés-Rodríguez, Pilar; Murgas, Felipe; Monelli, Matteo; Aguiar, Marta; Perez Prieto, Jorge Andres; Oscoz, Álex; de Leon, Jerome; Mori, Mayuko; Tamura, Motohide; Yamamuro, Tomoyasu; Béjar, Victor J. S.; Crouzet, Nicolas; Hidalgo, Diego; Klagyivik, Peter Luque, Rafael; Nishiumi, Taku</p> <p>タイトル: MuSCAT2: four-color simultaneous camera for the 1.52-m Telescopio Carlos Sánchez</p> <p>掲載雑誌情報: Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, Volume 5, id. 015001 (2019).</p> <p>引用数: 33 (2021年7月13日時点)</p> <p>概要: 本論文は、スペイン・テネリフェ島の TCS1.52m 望遠鏡用の 4 色同時撮像カメラ MuSCAT2 の観測装置の仕様と性能について報告した論文です。私はこの観測装置の研究代表者を努めており、約 20 名からなる日本とスペインの国際共同研究チームを取りまとめて、観測装置の開発をリードしてきました。本論文では、この観測装置の主な仕様(視野角、フィルター・ダイクロイックミラー・CCD の特性、装置のスループット・限界等級など)と合わせて、試験観測で得られた既知の惑星のトランジットに対する時系列データの解析結果を報告しました。その結果、特にガウス過程を取り入れた解析を行うことで、MuSCAT2 は 4 色全てで 0.1% を切る非常に高い測光精度を達成できることを実証しました。</p>
<p>2.</p> <p>著者: Nowak, G.; Luque, R.; Parviainen, H.; Pallé, E.; Molaverdikhani, K.; Béjar, V. J. S.; Lillo-Box, J.; Rodríguez-López, C.; Caballero, J. A.; Zechmeister, M.; Passegger, V. M.; Cifuentes, C.; Schweitzer, A.; <u>Narita, N.</u>; Cale, B.; Espinoza, N.; Murgas, F.; Hidalgo, D.; Zapatero Osorio, M. R.; Pozuelos, F. J. Aceituno, F. J.; Amado, P. J.; Barkaoui, K.; Barrado, D.; Bauer, F. F.; Benkhaldoun, Z.; Caldwell, D. A.; Casasayas Barris, N.; Chaturvedi, P.; Chen, G.; Collins, K. A.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Crossfield, I. J. M.; de León, J. P.; Díez Alonso, E.; Dreizler, S.; El Mufti, M.; Esparza-Borges, E.; Essack, Z.; Fukui, A.; Gaidos, E.; Gillon, M.; Gonzales, E. J.; Guerra, P.; Hatzes, A.; Henning, Th.; Herrero, E.; Hesse, K.; Hirano, T.; Howell, S. B.; Jeffers, S. V.; Jehin, E.; Jenkins, J. M.; Kaminski, A.; Kemmer, J.; Kielkopf, J. F.; Kossakowski, D.; Kotani, T.; Kürster, M.; Lafarga, M.; Latham, D. W.; Law, N.; Lissauer, J. J.; Lodieu, N.; Madrigal-Aguado, A.; Mann, A. W.; Massey, B.; Matson, R. A.; Matthews, E.; Montañés-Rodríguez, P.; Montes, D.; Morales, J. C.; Mori, M.; Nagel, E.; Oshagh, M.; Pedraz, S.; Plavchan, P.; Pollacco, D.; Quirrenbach, A.; Reffert, S.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G. R.; Rose, M. E.; Schlecker, M.;</p>



Schlieder, J. E.; Seager, S.; Stangret, M.; Stock, S.; Tamura, M.; Tanner, A.; Teske, J.; Trifonov, T.; Twicken, J. D.; Vanderspek, R.; Watanabe, D.; Wittrock, J.; Ziegler, C.; Zohrabi, F.

タイトル:

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Two planets on opposite sides of the radius gap transiting the nearby M dwarf LTT 3780

掲載雑誌情報:

Astronomy & Astrophysics, Volume 642, id. A173, 21 pp. (2020)

引用数:19 (2021年7月13日時点)

概要:

本論文では、太陽系から約 70 光年のところにある赤色矮星 LTT 3780 (TOI732)の周りの 2 つのトランジット惑星の発見とその物理的性質について報告しています。この赤色矮星では TESS によって TOI732.01 と TOI732.02 という 2 つのトランジット惑星候補が発見されました。私は MuSCAT2 を用いた TOI732.01 と TOI732.02 の多色トランジット観測をリードし、その惑星候補が本物の惑星(LTT 3780b と LTT 3780c)であることを確認しました。内側を公転する LTT 3780b は、公転周期が 0.77 日、半径が 1.35 地球半径、質量が 2.34 地球質量の地球型惑星であることがわかりました。また、外側を公転する LTT 3780c は、公転周期が 12.25 日、半径が 2.42 地球半径、質量が 6.29 地球質量であり、水素大気を持つ海王星型惑星であることがわかりました。

3.

著者:

Kemmer, J.; Stock, S.; Kossakowski, D.; Kaminski, A.; Molaverdikhani, K.; Schlecker, M.; Caballero, J. A.; Amado, P. J.; Astudillo-Defru, N.; Bonfils, X.; Ciardi, D.; Collins, K. A.; Espinoza, N.; Fukui, A.; Hirano, T.; Jenkins, J. M.; Latham, D. W.; Matthews, E. C.; Narita, N.; Pallé, E. Parviainen, H.; Quirrenbach, A.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G.; Schlieder, J. E.; Seager, S.; Vanderspek, R.; Winn, J. N.; Almenara, J. M.; Béjar, V. J. S.; Bluhm, P.; Bouchy, F.; Boyd, P.; Christiansen, J. L.; Cifuentes, C.; Cloutier, R.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Crossfield, I. J. M.; Crouzet, N.; de Leon, J. P.; Della-Rose, D. D.; Delfosse, X.; Dreizler, S.; Esparza-Borges, E.; Essack, Z.; Forveille, Th.; Figueira, P.; Galadí-Enríquez, D.; Gan, T.; Glidden, A.; Gonzales, E. J.; Guerra, P.; Harakawa, H.; Hatzes, A. P.; Henning, Th.; Herrero, E.; Hodapp, K.; Hori, Y.; Howell, S. B.; Ikoma, M.; Isogai, K.; Jeffers, S. V.; Kürster, M.; Kawauchi, K.; Kimura, T.; Klagyivik, P.; Kotani, T.; Kurokawa, T.; Kusakabe, N.; Kuzuhara, M.; Lafarga, M.; Livingston, J. H.; Luque, R.; Matson, R.; Morales, J. C.; Mori, M.; Muirhead, P. S.; Murgas, F.; Nishikawa, J.; Nishiumi, T.; Omiya, M.; Reffert, S.; Rodríguez López, C.; Santos, N. C.; Schöfer, P.; Schwarz, R. P.; Shiao, B.; Tamura, M.; Terada, Y.; Twicken, J. D.; Ueda, A.; Vievard, S.; Watanabe, N.; Zechmeister, M.

タイトル:

Discovery of a hot, transiting, Earth-sized planet and a second temperate, non-transiting planet around the M4 dwarf GJ 3473 (TOI-488)

掲載雑誌情報:

Astronomy & Astrophysics, Volume 642, id. A236, 20 pp. (2020)

引用数:4 (2021年7月13日時点)

概要:

本論文では、太陽系から約90光年のところにある赤色矮星 GJ 3473 (TOI488)を公転するトランジット惑星 GJ 3473b の発見とその物理的性質、そしてその外側を公転する別のもうひとつの惑星 GJ 3473c の発見を報告しています。この赤色矮星では TESS によって TOI488.01 というトランジット惑星候補が発見されました。私は MuSCAT と MuSCAT2 を用いたこの惑星候補の多色トランジット観測をリードし、本物の惑星(GJ 3473b)であることを確認しました。また、私が研究代表者として獲得したすばる望遠鏡の赤外線視線速度測定装置 IRD の観測などによって、この惑星の質量も決定されました。その結果、GJ 3473b は、公転周期が 1.20 日、半径が 1.26 地球半径、質量が 1.86 地球質量であることがわかりました。さらに、IRD などによって測定した視線速度から、GJ 3473b の外側の公転周期 15.5 日のところに質量の下限値が 7.4 地球質量の別の(トランジットをしない)惑星があることも発見しました。

## (2)特許出願

研究期間累積件数:0件(特許公開前のものも含む)

## (3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. 2021年6月1日 受賞  
日本地球惑星科学連合 第4回地球惑星科学振興西田賞  
<http://www.jpgu.org/nishidaprize/2021-norio-narita/>
2. 2021年3月5日 プレスリリース  
大気の詳細調査に適した地球型の系外惑星を発見  
<https://www.c.u-tokyo.ac.jp/info/news/topics/files/20210305naritanosobun01.pdf>
3. 2021年1月6日 メディア掲載  
NHK World Science View、「Special Episode: Life Beyond Earth – The Search for Habitable Worlds in the Universe」  
<https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/tv/scienceview/20210106/2015249/>
4. 2020年9月21日 プレスリリース  
超高温・超短周期の海王星型惑星を発見  
[https://www.c.u-tokyo.ac.jp/info/news/topics/files/20200922\\_naritansobun01.pdf](https://www.c.u-tokyo.ac.jp/info/news/topics/files/20200922_naritansobun01.pdf)
5. 2020年9月17日 プレスリリース  
燃え尽きた星をめぐる無傷の巨大惑星候補の発見  
[https://www.c.u-tokyo.ac.jp/info/news/topics/files/20200917\\_naritansobun01.pdf](https://www.c.u-tokyo.ac.jp/info/news/topics/files/20200917_naritansobun01.pdf)
6. 2020年8月25日 メディア掲載  
聖教新聞 10面 文化、「地球外生命の兆候を探す 系外惑星研究の最前線」、
7. 2020年6月25日 プレスリリース  
若い恒星「けんびきょう座 AU 星」をめぐる惑星を発見  
[http://abc-nins.jp/press/20200625\\_AU\\_Mic\\_Narita.pdf](http://abc-nins.jp/press/20200625_AU_Mic_Narita.pdf)
8. 2020年6月17日 メディア掲載

- 読売新聞 朝刊 15 面 理科子先生と学ぼう、「水の星」生き物いるかも”、
9. 2020 年 3 月 18 日 著作物  
「地球は特別な惑星か？ 地球外生命に迫る系外惑星の科学」(講談社ブルーバックス)
  10. 2020 年 1 月 6 日 受賞  
2019 年度国立天文台若手研究者奨励賞
  11. 2019 年 11 月 10 日 メディア掲載  
産経新聞 朝刊 9 面 科学、「太陽系外惑星発見にノーベル賞 「第二の地球」へ高まる熱気”
  12. 2019 年 9 月 26 日 メディア掲載  
NHK BS コズミックフロント☆NEXT、「エイリアン・ワールド 生命の惑星を探し出せ!”、
  13. 2019 年 8 月 21 日 メディア掲載  
産経新聞 朝刊 1 面 新時代 第8部 宇宙の攻防、「地球外生命「発見近い」木星の衛星や太陽系外も探査”
  14. 2019 年 6 月 23 日 メディア掲載  
NHK スペシャル スペース・スペクタクル、「第 1 集 宇宙人の星を見つけ出せ”
  15. 2019 年 5 月 16 日 メディア掲載  
NHK BS コズミックフロント☆NEXT、「密着!プラネット・ハンター 地球外生命探査の最前線”
  16. 2018 年 12 月 17 日 プレスリリース  
第二の地球を発見するための新しい多色同時撮像カメラが完成  
[http://abc-nins.jp/press/20181217/20181217\\_Narita\\_main.pdf](http://abc-nins.jp/press/20181217/20181217_Narita_main.pdf)
  17. 2018 年 6 月 8 日 メディア掲載  
日本経済新聞 朝刊 29 面 かがくアゴラ、「太陽系外惑星を探索”
  18. 2018 年 5 月 25 日 メディア掲載  
日経サイエンス 2018 年 7 月号、「特集 系外惑星探索の新時代 本命を絞り込む地上観測網”
  19. 2018 年 5 月 13 日 メディア掲載  
しんぶん赤旗 14 面、「ご近所で”第 2 の地球”を探せ!!”
  20. 2018 年 4 月 19 日 メディア掲載  
テレビ朝日 報道ステーション、「NASA 衛星 第2の地球 探索へ”
  21. 2018 年 4 月 16 日 メディア掲載  
日本経済新聞 朝刊 9 面、「太陽系外惑星探す衛星 東大など追跡で協力”、
  22. 2017 年 12 月 13 日 受賞  
平成 29 年度東京大学卓越研究員