

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 31日現在

機関番号：62616

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23840046

研究課題名（和文） 太陽系近傍のM型星を公転するトランジット地球型惑星の探索と特徴付け

研究課題名（英文） Search and Characterization of Transiting Planets around Nearby M Dwarfs

研究代表者

成田 憲保 (NARITA NORIO)

国立天文台・太陽系外惑星探査プロジェクト室・特任助教

研究者番号：60610532

研究成果の概要（和文）：本研究では、太陽系の近くにある低温度星（太陽より温度の低い恒星）のまわりに、地球に近いサイズの惑星を発見し、その惑星がどのような大気を持つのかを調べることを目的として、観測を実施した。そのために、まずそのような観測を実現するための高精度観測の方法論を確立し、その方法を用いて岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡を用いて新しい惑星の探索を行った。探索はまだ継続中だが、候補天体の約半分の観測を終え、初期成果を論文にまとめている。また、既知の低温度星まわりの惑星であるGJ1214bとGJ3470bという2つの惑星に対して高精度観測を行い、2つの惑星がどのような大気を持つのかについて論文にまとめた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have aimed to search and characterize Earth-like or super-Earth planets around nearby M dwarfs (stars with lower temperature than the Sun). To realize such studies, we first established a methodology to achieve high precision observations, and then we conducted a survey for new exoplanets using 188cm telescope at Okayama Astrophysical Observatory. The survey is still ongoing, but we are preparing a paper for our initial results. In addition, we observed two known such exoplanets, named GJ1214b and GJ3470b, and revealed atmospheric nature of those planets.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

 キーワード：太陽系外惑星・トランジット・分光観測・測光観測・  
直接撮像観測・惑星探索・惑星大気・惑星形成

## 1. 研究開始当初の背景

低温度星は宇宙に最も多く存在している低質量（太陽の0.1倍から0.5倍程度）の恒星であり、太陽系の近傍にも数多く存在している。近年、これらの低温度星を公転するトランジット惑星の探索が注目されてきた。これはトランジットを起こすような惑星系では、惑星の質量、半径、密度から、大気組成、内部構造、そして軌道進化の仕方まで、惑星と惑星系に関する重要な情報を引き出すことができ、さらに太陽系に近い低温度星なら高精度な観測が可能になるためである。しかし、本研究の開始時点では低温度星を公転する惑星はGJ436bとGJ1214bの2つしか発見されておらず、特に地球型と考えられる低質量の惑星（スーパーアース）はGJ1214bの1つしか知られていなかった。また、低温度星は近赤外領域でとても明るくなるということが知られているが、近赤外領域で高精度なトランジット観測は困難であることも知られており、研究開始時点ではその方法論の確立がまだなされていなかった。

## 2. 研究の目的

上記の背景のもと、本研究では(1)これまで発見数が極めて少なかった太陽系近傍の低温度星まわりのトランジット（地球型）惑星の発見数を増やすこと、(2)発見されたトランジット惑星の性質（特に惑星の大気組成）を明らかにすること、(3)上記の2つの目的のために必要となる近赤外高精度測光観測を実現することの3つを目的として研究を実施した。

## 3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、(1)近赤外高精度測光観測の試験と実現、(2)地上トランジットサーベイチームSuper-WASPのアーカイブデータからトランジット惑星候補を選定し、その高精度測光確認観測を実施、(3)既知の低温度星まわりのトランジット惑星に対して高精度多色測光観測を実施、という3つの方法で研究を行った。以下でこれらの詳細を述べる。

(1)本研究の開始時点では、近赤外での高精度測光観測は困難であることが知られていた。その主な原因は近赤外線の見出し器の均一性が悪く、その較正も難しいことにあった。そこでその解決策として、観測中に観測天体が見出し器上で動かないように位置を固定するという方法論が考えられた。そこで我々は、その実現のため岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡ISLEと南アフリカ天文台IRSF1.4m望遠鏡のSIRIUS、およびチリのminiTAO 1m望遠鏡のANIRでこの方法論の試験を行い、実際に低温度星まわりのトランジット地球型惑星GJ1214bの観測を行った。

(2)新たな低温度星まわりのトランジット惑星を発見するため、我々はまず地上のトランジットサーベイチームSuper-WASPが取得したアーカイブデータを用いてトランジットらしく周期的な減光が見られる候補天体を77個選定した。この中から岡山の188cm望遠鏡で観測可能な52個の候補について観測を行うため、岡山天体物理観測所の共同利用観測時間を48夜獲得した。この観測時間と、(1)を通して実現した高精度近赤外測光観測により、日本で初となる低温度星まわりのトランジット惑星探索を実施した。

(3)これまでに発見されていた唯一の低温度星まわりのトランジット地球型惑星GJ1214bの観測をIRSF1.4m望遠鏡とすばる望遠鏡を用いて行った。また、2012年に新しく発見された低温度星まわりのトランジット・スーパーアースであるGJ3470bの観測を岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡ISLEとMITSuME50cm望遠鏡を用いて行った。

## 4. 研究成果

研究の方法で述べた(1)-(3)の内容に即して成果を以下にまとめる。

(1)研究の方法で述べたように近赤外領域で高精度な測光観測を実現するためには観測中に天体の位置が見出し器上で動かないよう固定することが必要になる。これを実現するため、岡山の188cm望遠鏡のISLEではオートガイダーを用いて観測を行い、IRSF 1.4m望遠鏡のSIRIUSとminiTAO 1m望遠鏡では、天体の位置がずれた時に望遠鏡に対してフィードバックを行うソフトウェアをインストールし、観測を行った。その結果、全ての望遠鏡で観測中の天体の位置の変化がだいたい2ピクセル以内に収まった。これにより、近赤外領域で0.1%程度という高い測光精度を達成することができた。日本の望遠鏡でこのような高精度が達成されたのは初めてのことで、世界の最高精度と肩を並べる結果を得ることができた。

(2)岡山天体物理観測所の共同利用観測で得た48夜の観測時間と、ハワイ大学の共同研究者らの観測により、候補の約半数に対して高精度確認観測を実施した。この観測によって偽検出（本物の惑星ではなく、別の要因による減光だったもの）を22個取り除くことができた。残りの未観測の候補の確認観測と、惑星と矛盾しないことがわかった候補のさらなる観測は、2014年度まで継続して行う予定となっている。また、2012年度までの初期観測の結果については、現在ハワイ大学の共同研究者らと共に論文にまとめている。

(3) 研究開始時点で唯一の既知の存在だったGJ1214bに対する高精度測光観測を2011年・2012年に実施した。下の図は2011年南アフリカのIRSF1.4m望遠鏡のSIRIUSで観測したGJ1214bのトランジットである。この結果近赤外領域のJHKsバンドという3つの波長帯で~0.1%の高精度な測光観測を実現し、この惑星の半径の波長依存性を調べることができた。さらにこの惑星は2012年にもIRSF1.4m望遠鏡とすばる望遠鏡で観測を行い、可視領域から近赤外領域にわたる惑星半径の波長依存性を調べた。この結果、この惑星が水蒸気を主体とした大気か、厚い雲に覆われた水素大気を持つと考えられることを明らかにした(Narita et al. 2013)。

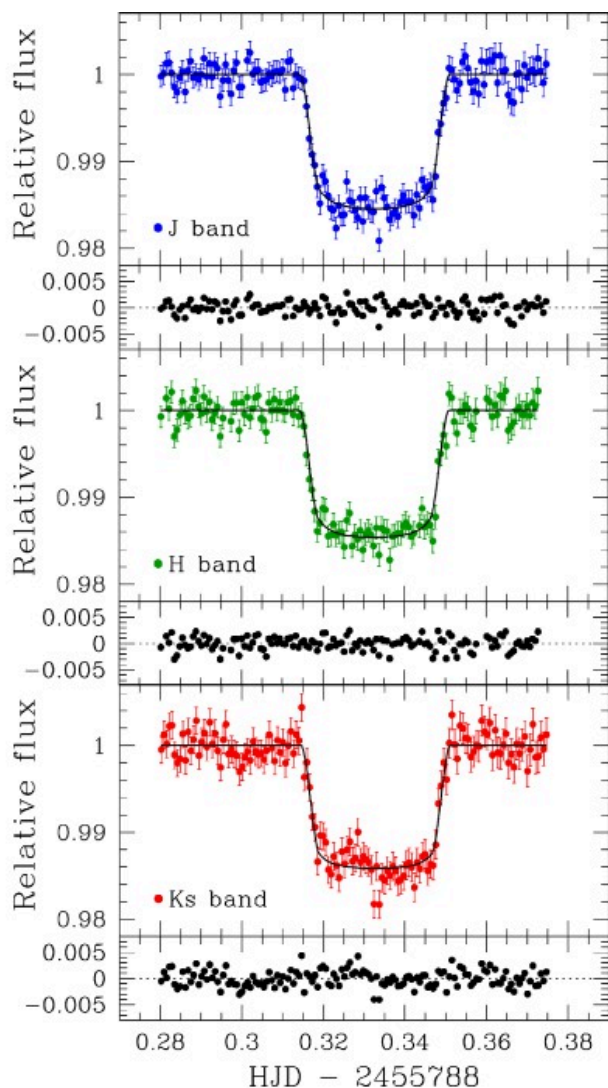


図1：南アフリカ天文台IRSF1.4m望遠鏡のSIRIUSカメラで観測したGJ1214bのトランジット(惑星の食)。上からJバンド、Hバンド、Ksバンドのデータ。

また、この他に2012年に新しく発見された低温度トランジット惑星GJ3470bについても、岡山の188cm望遠鏡ISLEで観測を行い、高精度観測を実施した。こちらの結果からは、この惑星が水素を主体とした大気を持ち、空が晴れているらしいという示唆を得た(Fukui, Narita, et al. 2013)。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計15件)

① Norio Narita et al. 2013, 査読あり, IRSF SIRIUS JHKs Simultaneous Transit Photometry of GJ1214b, PASJ, vol 65, id.27 <http://pasj.asj.or.jp/v65/v65n2.html>

② Norio Narita et al. 2012, 査読あり, A Common Proper Motion Stellar Companion to HAT-P-7, PASJ, vol.64, id.L7 <http://pasj.asj.or.jp/v64/v64n6.html>

③ 成田 憲保, 2012, 査読なし, 太陽系近傍の低温度星を公転する新しいトランジット惑星の探索, 天文月報2012年4月号, pp. 238-247 [www.asj.or.jp/geppou/contents/2012\\_04.html](http://www.asj.or.jp/geppou/contents/2012_04.html)

④ 成田 憲保, 2012, 査読なし, トランジット惑星探しの歴史, 天文月報2012年1月号, pp. 7-15 [www.asj.or.jp/geppou/contents/2012\\_01.html](http://www.asj.or.jp/geppou/contents/2012_01.html)

⑤ Norio Narita et al. 2011, 査読あり, XO-2b: a Prograde Planet with Negligible Eccentricity and an Additional Radial Velocity Variation, PASJ, vol 63, pp.L67-L71 <http://pasj.asj.or.jp/v63/v63n6.html>

[学会発表] (計36件)

①Norio Narita, Transmission Spectroscopy of a Transiting Super-Earth GJ1214b, Subaru User's Meeting 2012, 2013年1月16日, 国立天文台, 東京, 日本

②Norio Narita, Time-Resolved Photometry and Spectroscopy of Transiting Exoplanetary Systems, TMT Science and Instrumentation Workshop 2012, 2012年12月11日, The Inter University Center for Astronomy and Astrophysics, Pune, India

③Norio Narita, Photometric Studies of Transiting Exoplanets, GUAS/SOKENDAI Asian Winter School 2012, 2012年12月3日, 国立天文台, 東京, 日本

④成田憲保、スーパーアースの透過分光研究の現状、若手研究者による分野間連携研究ワークショップ「トランジット観測によるスーパーアースの大気組成と起源の解明」、鴨方・遙照山ホテル、岡山、日本 2012年9月25日

⑤成田憲保、これまでにわかった太陽系外惑星の世界、若手研究者による分野間連携研究セミナー、「太陽系外惑星と光合成」、基礎生物学研究所、愛知、日本 2012年8月28日

⑥Norio Narita, Searching and Characterizing new transiting exoplanets around cool stars with Japanese facilities, Transiting Planets in the House of the Sun: A Workshop on M Dwarf Stars and Their Planets, 2012年6月6日, Maui, Hawaii, USA

⑦成田憲保、Search for New Transiting Exoplanets around Nearby Cool Dwarfs and their Characterization、第8回太陽系外惑星大研究会、熱海・ニューフジヤホテル、静岡、日本、2012年4月19日

⑧成田憲保、TMTで見る太陽系外惑星、2011年度日本天文学会春季年会 TMT特別セッション、龍谷大学、京都、日本、2012年3月21日

⑨成田憲保、系外惑星探査の歴史：これまでとこれから、第5回宇宙総合学研究ユニットシンポジウム、京都大学、京都、日本、2012年2月4日

[その他]

(1)アウトリーチ活動情報

小学生向け出張講師：2件

高校生向け出張講師：1件

大学生向け観測体験企画講師：1件

一般向けサイエンスカフェ講師：3件

一般向け出張講演：5件

天文学会向け解説記事執筆：2件

一家に1枚 宇宙図 2013の共同製作

(2)ホームページ等

<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~narita/>  
(上記アウトリーチ活動情報も掲載)

6. 研究組織

(1)研究代表者

成田 憲保 (NARITA NORIO)

国立天文台・太陽系外惑星探査プロジェクト室  
・特任助教

研究者番号：60610532

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし