

令和 4 年 9 月 19 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02169

研究課題名（和文）高分散分光ロボット望遠鏡による大規模系外惑星探索

研究課題名（英文）Large-scale Exoplanet Search with High Dispersion Spectroscopic Robotic Telescope

研究代表者

泉浦 秀行（Izumiura, Hideyuki）

国立天文台・ハワイ観測所・准教授

研究者番号：00211730

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,600,000円

研究成果の概要（和文）：国立天文台の188cm反射望遠鏡を自律的なロボット望遠鏡に進化させることに成功し、G型巨星における大規模な系外惑星探査を5年にわたり継続することができた。その結果、本研究申請時までに24個の惑星質量候補天体と6個の褐色矮星質量天体の検出を達成していたが、本研究終了時までに15個の惑星質量候補天体の検出を新たに加えることができた。新規の褐色矮星質量候補天体の追加はなかった。全体では39の惑星質量候補天体と6の褐色矮星質量候補天体に至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

独自のロボット望遠鏡システムを開発することで巨星における太陽系外惑星の探索を大規模に進め、世界的に見ても有意な数の惑星質量候補天体の検出を達成した。系外惑星の存在そのものやその一般性や特殊性を明らかにすることで、宇宙や宇宙の中の地球の存在というものについて身近に感じ考える機会を社会に提供した。

研究成果の概要（英文）：NAOJ's 188cm reflector telescope was successfully renovated into an autonomous robotic telescope, which allowed us to continue our large-scale exoplanet search in G-type giant stars for five years. As a result, while 24 planetary mass candidates and 6 brown dwarf mass sources had been detected by the time of this research application, 15 new planetary mass candidates were added by the end of this research. No new brown dwarf mass candidates were added. In total, we reached 39 planetary mass candidates and 6 brown dwarf mass candidates.

研究分野：天文学

キーワード：光赤外線天文学 太陽系外惑星 ドップラー法 G型巨星 188cm望遠鏡 高分散分光器

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 1995年の最初の発見(Mayor & Queloz 1995, Nature, 378, 355)から研究申請時までに太陽型星まわりの惑星は、精密視線速度測定法(ドップラー法)による検出例が約600、トランジット法(惑星の恒星面通過検出法)の確定例が約1,300に達していた(NASA Exoplanet Archive)。それら惑星のなす系は太陽系とは大きく異なる軌道、質量、密度等の特性を持つ多様な姿を示していた(Butler et al. 2006, ApJ, 629, 535; Batalha et al. 2013, ApJS, 204, id.24 and references therein)。主に太陽系の再現に主眼を置いてきたコア集積モデルに基づく惑星形成論(例えばPollack et al. 1996, Icarus, 123, 62)は、多様な惑星の存在を突きつけられ急速に進化し、ついには系外惑星の多様性を統一的に説明したかに見えた(例えばIda and Linのシリーズ論文2004, ApJ, 604, 388~2008, ApJ, 685, 584; Aliberta et al. 2005, AA, 434, 343)。しかし、A型星のFomalhautとHR8799で、土星軌道よりずっと大きな軌道長半徑を持ちながら、木星よりずっと大きな質量を持つ惑星系が直接撮像で発見され、A型星のように太陽型星より重い星でコア集積モデル以外の惑星形成過程が有効な可能性が示唆された(Kalas et al. 2008, Science, 322, 1345; Marois et al. 2008, Science, 322, 1348)。太陽型星に比べ質量の大きな恒星まわりの系外惑星研究が、より一般的な惑星形成論の構築に重みを持ち始めていた。

(2) 太陽型星より重い主系列星(>1.5 太陽質量)における惑星系の様相は、研究申請時には太陽型星に比べ検出例が圧倒的に少なく、ほとんど分かっていなかった(図1、2、NASA Exoplanet Archiveより)。これは太陽型星より重い星は、主系列星の段階で早期型スペクトル(O, B, A型)を示す高温星で、その放射スペクトルが吸収線をほとんど示さず、高速自転により線幅が広がられていることも多く、ドップラー法による惑星検出に適さないためである。

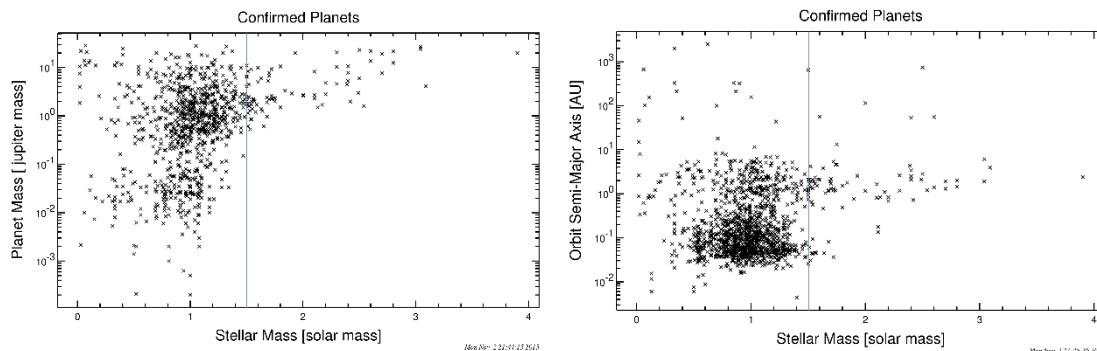


図1: 中心星質量に対する惑星の質量分布。横軸1.5太陽質量のところに縦線を入れた。

図2: 中心星質量に対する惑星軌道長半徑分布。横軸1.5太陽質量のところに縦線を入れた。

(3) 太陽型星より重い星の系外惑星探索における前述の困難を克服するため研究代表者らは、世界的に最も早い段階から中質量主系列星(1.5~8太陽質量)が進化した姿だと考えられるG型のスペクトルを示す巨星に着目し、岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡と高分散分光器HIDESに波長標準としてヨードセルを導入し、ドップラー法による惑星探索を進めてきた。G型巨星では太陽型星(F, G型矮星)と同様に幅が狭く十分な深さの線スペクトルが稠密に現れ、また、大気震動の振幅も比較的小さいと期待され、ドップラー法による惑星探索が適用可能と考えられた。実際、2003年に最初の惑星候補を検出し(Sato et al. 2003, ApJ, 597, L157)、2007年には世界で初めて散開星団中の星に惑星候補を見出し(Sato et al. 2007, ApJ, 661, 527)、その後も検出例を積み重ねた。特に平成23~27年度の5年間には、基盤研究(A)(一般)(研究代表者: 泉浦秀行)を受け188cm望遠鏡での探索を推し進め、13の惑星質量を持つ天体と3つの褐色矮星質量を持つ天体を検出し、6編の査読論文として公表した。そして研究代表者らのG型巨星における恒星未満の伴天体の検出数を14(惑星11+褐色矮星3)から30(惑星24+褐色矮星6)へと増大させた。これは当時ドップラー法で巨星に見つけられていた惑星・褐色矮星の総数約90の三分の一に当たっていた。

(4) 研究申請時に分かっていたG型巨星まわりの惑星の特徴は、太陽型星まわりの惑星と共通するところが多かった。しかし、見つかった惑星はどれも木星型の巨大ガス惑星だが、軌道長半徑0.6天文単位(金星軌道程度)より内側には見つからず、惑星の検出確率と中心星の金属量との間に相関が見られないなど、太陽型星の場合と異なる側面も浮かび上がってきていた。しかし、ケプラー衛星と地上ドップラー法観測の両方から、1.3~1.4太陽質量という中質量星に近い質量の巨星にホットジュピターが見つかり始めたため、将来のドップラー法探索でG型巨星(中質量星)にも同様の惑星が見つかる可能性、そして、これまでの探索が不十分であった可能性が明らかになっていった。

2. 研究の目的

本研究では、まず、2017 年度末で共同利用を終了予定であった国立天文台岡山天体物理観測所の 188cm 反射望遠鏡を、世界的にみても独自性の高い高分散分光観測専用のロボット望遠鏡へと進化させることを目指した。研究申請当時、分光専用、特に高分散分光専用の施設は唯一、米国リック (Lick) 天文台の Automated Planet Finder (APF) のみであった。同時に高分散分光器 HIDES の性能向上を目指した。その上で研究代表者らのこれまでの G 型巨星まわりの惑星探索を、2018 年度以降、申請当時の年間 60 夜程度から最大で年間 300 夜程度へと観測の規模を拡大して検出数を伸ばし、他を寄せ付けない G 型巨星ドップラー法惑星探索を展開することを目指した。以上により G 型巨星の惑星系の観測的特徴を統計的により高い信頼度で描き出し、太陽型星より重い中質量星における惑星系の特徴をより詳しく知ること、太陽型星とは異なる環境下での惑星系の形成過程に関する情報を獲得し、包括的な惑星系形成論の発展に寄与することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 2016、2017 年度は共同利用の枠内で岡山天体物理観測所の 188cm 反射望遠鏡と高分散分光器 HIDES を用いて、従来通りに G 型巨星まわりの惑星探索を進める。並行して、188cm 反射望遠鏡とそのドームと HIDES を一つの観測システムへ統合を進め、人間の判断を容れずに自律的に観測を遂行できる高分散分光専用ロボット望遠鏡を準備する。取得されたスペクトル画像生データの一次整約の自動化の準備も進める。そして、多数夜の観測を少数の研究者で実施できる態勢を整えて行く。さらに高分散分光器 HIDES も、光学素子の検討による感度 20%程度の改善、新たな恒温環境の整備による温度安定性の向上、分光器光学系の光学定盤上への移設による温度安定性の向上などの高感度化・高安定化を 2018 年度以降に施す準備を進める。

(2) 2018 年度には、高分散分光専用ロボット望遠鏡システムの改良を続け実用レベルに至らせる。また、高分散分光器 HIDES の高感度化・高安定化を実行に移す。そして G 型巨星に対する太陽系外惑星の大規模自動探索を開始する。それまでの年間 60 夜前後の観測から最大で 300 夜まで拡大を目指す。2019 年度以降も同様に観測を継続する。2018 年度以降は 188cm 反射望遠鏡の運転資金が必要になるが、系外惑星探索を共に目指す国内外の複数の研究機関・研究者が分担して調達する。そのうえで競争的資金の獲得も積極的に進めて行く。観測時間の増大、分光器の感度と安定性の改善による測定精度の向上により、系外惑星探索を一層強力に推し進め、より大きな規模の標本集団を構築し、より信頼度の高い統計的研究を行い、研究目的を達成する。

(3) 2015 年度から、JST の ERATO 美濃島知的光シンセサイザープロジェクトのもと産業技術総合研究所等との協力により、188cm 反射望遠鏡へ次世代の高精度光波長標準である光周波数コムを導入を進めており、高分散分光器 HIDES の高安定化によりその能力をフルに引き出して天体視線速度の測定精度の向上につなげる。

4. 研究成果

(1) 188cm 望遠鏡の分光ロボット望遠鏡化については 2018 年度までに、観測者が事前に定型の目的天体リストを用意すれば、人が立ち会わずとも、望遠鏡とドームと観測装置が連携して動作し、ドームの開け閉め、観測天体の選定、露出時間の決定、天候の判断、天候に伴う観測の一時停止と再開などを自律的に行い、自動的にキューを生成しかつ修正をかけながら、目的天体や校正光源のスペクトルデータを取得し続け、一晩の観測を自動で完了することのできるシステムを連携研究者や研究協力者の協力を得て稼働させることができた。2019 年度以降はこのロボット望遠鏡システムに小改良を加えながら観測を継続することができた。

(2) 高分散分光器 HIDES の高安定化と高感度化については、188cm 反射望遠鏡の共同利用終了後 (2017 年度の終わり) に分光器設置環境を改造し恒温設備を整備した。また、大型光学定盤を導入し温度変動と震動に対する安定環境を整備した。一方、高感度化については、鏡類のコートを改善することで約 20%の総合効率の向上を獲得した。続く 2018 年度に前年度に一旦分解した HIDES を大型光学定盤の上で再構築した。その結果、環境の温度変動に対する検出器上でのスペクトル像移動の感受性が従来の約 10 分の 1 に低減した。2020 年度には分光器設置環境の気温安定性を、年間を通して P-V で約 0.1°C に収めるに至った。

(3) 系外惑星探索で取得したデータの処理の自動化については、2018 年度までは従来通り手動で進めたが、研究協力者と連携して 2019 年度からロボット望遠鏡で日々取得される二次元スペクトル画像の生データから、一次元化されたスペクトルデータを取り出す一次処理の段階を自動化することができた。

(4) 系外惑星探索においては、2016年度は約70夜の観測時間を確保し、約500星の巨星についてドップラー法探索を継続した。2017年度は約50夜の観測を実施し、約500星の巨星についてのドップラー法探索を継続した。188cm反射望遠鏡はこの年度で共同利用を終了した。2018年度になり188cm反射望遠鏡を使った観測が、一夜当たり一定の額を支払って利用する形態に移行したが、予想外に利用希望が集まり、一つの観測課題で占有するのは困難な状況となった中、最大限観測時間を確保した。高分散分光器の改造に伴い観測を一旦停止したが、前年度までに進めてきた約500星の巨星についてのドップラー法探索を再開し、約80夜の観測を実施した。2019年度には約40夜の観測を実施し、前年度までに進めてきた約500星の巨星についてのドップラー法探索を継続するとともに、新たな基準で選出した天体リストから約50星について探索を開始した。2020年度には80夜の観測を実施し、前年度までに進めてきた約500星の巨星についてのドップラー法探索を継続するとともに、新たな基準で選出した天体リストから約50星についての探索も継続した。これらの観測により以下の成果を得た。

① これまでの系外惑星探索の中で見つかった視線速度の長周期変動を示す6つのG型巨星について、すばる望遠鏡で高コントラスト撮像観測を行い、伴天体の存在の兆候を探った結果、3星に固有運動を共有する低質量の伴星を見つけた。残りの3星には30-60木星質量より重い伴天体が1"-7"の見かけ角距離の範囲内には無いことを示した。6星に既に見ついている内側の軌道の惑星のうち、大きな離心率を示すものの存在は、古在機構によって説明が可能であることを見出した。

② トルコとロシアの研究者との国際共同研究により、K0型巨星に1.4木星質量という、巨星まわりで見つかった伴天体の中では最も軽い部類の惑星質量天体の発見を報告した。

③ 韓国とタイの研究者との国際共同研究により、3つのK型巨星のそれぞれに数木星質量の伴天体の一つずつ検出したこと、その3つともが離心率0.25前後の軌道を周回していることを報告した。

④ 二つの巨星、24 Boo(G3 IV)と γ Lib(K0 III)の周りに惑星の存在を報告した。24 Booは金属量[Fe/H]=-0.77の巨星で、下限値で木星の0.91倍の質量、公転周期30.4日の惑星が検出された。この星は現在知られている惑星を伴う恒星の中で最も金属量が少ないものの一つであることが分かった。 γ Libは金属量[Fe/H]=-0.30の巨星である。この星は下限値で木星の1.0倍と4.6倍の質量を持つ2つの惑星を伴い、2つ以上の惑星を持つ巨星の中では2番目に低い金属量を持つ。惑星の公転周期はそれぞれ415日と964日で、7:3の平均運動共鳴状態にあることが示唆された。

⑤ 9つのG,K型巨星について周期的視線速度変動を検出し、うち8星は惑星の、残り1星は惑星候補の伴天体起源とすることで最もよく説明できることを示した。ただし、5星の変動周期が280日近辺の値であり、全9星が色等級図上でごく近くにある似た性質の星々のため、恒星起源の変動性を完全に排除することはできなかった。変動が惑星起源とした場合、軌道周期は255日から555日で、巨星におけるいわゆる「惑星砂漠」より外側の軌道にあり、巨星への落下を免れた天体かもしれない。9つの惑星は下限質量として0.45木星質量から1.34木星質量を持ち、うち7つはG,K型巨星まわりで見つかったもっとも質量の小さい巨大惑星となった。

本研究申請時までに24個の惑星質量候補天体と6個の褐色矮星質量天体の検出を達成していたが、本研究終了時までに14個の惑星質量天体と1個の惑星質量候補天体の検出を新たに加えることができた。新規の褐色矮星質量天体の追加はなかった。全体では39個の惑星質量候補天体と6個の褐色矮星質量天体に至った。特に軌道周期の長い、視線速度変動の振幅の小さい惑星の検出数を増やすことができた。同期間に世界的には約60個の惑星質量候補天体が巨星で確認されており、約1/4を占めた。データ解析が進むにつれて惑星の検出がまだ続いており、さらに検出数を増やしたうえで、世界の動向も取り入れてG型巨星における惑星系の統計的性質の再吟味を今後進めていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Yilmaz, M.; Selam, S. O.; Izumiura, H.; Bikmaev, I.; Sato, B.; Keskin, V.; Kambe, E.	4. 巻 49
2. 論文標題 A highly eccentric spectroscopic binary star: HD 5624	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso	6. 最初と最後の頁 pp.450-452
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Takarada, Takuya; Sato, Bun'ei; Omiya, Masashi; Harakawa, Hiroki; Nagasawa, Makiko; Izumiura, Hideyuki; Kambe, Eiji; Takeda, Yoichi; Yoshida, Michitoshi; Itoh, Yoichi; Ando, Hiroyasu; Kokubo, Eiichiro; Ida, Shigeru	4. 巻 70
2. 論文標題 Planets around the evolved stars 24 Bootis and Libra: A 30 d-period planet and a double giant-planet system in possible 7:3 MMR	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 id.59, 16pp
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psy052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yilmaz, M.; Sato, B.; Bikmaev, I.; Selam, S. O.; Izumiura, H.; Keskin, V.; Kambe, E.; Melnikov, S. S.; Galeev, A.; Ozavci, I.; Irtuganov, E. N.; Zhuchkov, R. Ya.	4. 巻 608
2. 論文標題 A Jupiter-mass planet around the K0 giant HD 208897	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 id.A14, 8pp
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/0004-6361/201731184	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Jeong, G.; Lee, B.-C.; Han, I.; Omiya, M.; Izumiura, H.; Sato, B.; Harakawa, H.; Kambe, E.; Mkrtychian, D.	4. 巻 610
2. 論文標題 Detection of planet candidates around K giants. HD 40956, HD 111591, and HD 113996	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 id.A3, 8pp
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/0004-6361/201629185	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Ryu, Tsuguru; Sato, Bun'ei; Kuzuhara, Masayuki; ... Izumiura, Hideyuki et al. (65 authors)	4. 巻 825
2. 論文標題 High-contrast Imaging of Intermediate-mass Giants with Long-term Radial Velocity Trends	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.127, 13pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/0004-637X/825/2/127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yilmaz, Mesut; Selam, Selim Osman; Sato, Bunei; Bikmaev, Ilfan; Izumiura, Hideyuki; Keskin, Varol; Kambe, Eiji	4. 巻 -
2. 論文標題 The Line Bisectors of G Type Giant Star HD199719	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The 19th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS19)	6. 最初と最後の頁 id.69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5281/zenodo.57780	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Teng, Huan-Yu; Sato, Bun'ei; Takarada, Takuya; Omiya, Masashi; Harakawa, Hiroki; Izumiura, Hideyuki; Kambe, Eiji; Takeda, Yoichi; Yoshida, Michitoshi; Itoh, Yoichi; Ando, Hiroyasu; Kokubo, Eiichiro	4. 巻 74
2. 論文標題 Regular radial velocity variations in nine G- and K-type giant stars: Eight planets and one planet candidate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 92-127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 大宮正士, 泉浦秀行, 神戸栄治, 原川紘季, Gwanghui Jeong, Byeong-Cheol Lee, Inwoo Han, 佐藤文衛, David Mkrtchian
2. 発表標題 G型巨星における惑星系の日韓共同探査 .IX : K型巨星を周回する惑星の発見
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前原裕之, 神戸栄治, 浮田信治, 黒田大介, 柳澤顕史, 筒井寛典, 泉浦秀行
2. 発表標題 岡山 188cm 望遠鏡と高分散分光器 HIDES-F の全自動観測システムの構築
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前原裕之, 神戸栄治, 浮田信治, 黒田大介, 泉浦秀行
2. 発表標題 岡山 188cm 望遠鏡と高分散分光器 HIDES-F のキューモード観測環境の構築
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宝田拓也, 佐藤文衛, 大宮正士, 原川紘季, 泉浦秀行, 神戸栄治, 竹田洋一, 安藤裕康, 小久保英一郎, 吉田道利, 伊藤洋一, 井田茂
2. 発表標題 視線速度法によるG, K型巨星周りでの短周期惑星および複数惑星系の発見
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原川紘季, 泉浦秀行, 佐藤文衛, 大宮正士, ほかHIDES-F運用チーム
2. 発表標題 岡山188cm反射望遠鏡 / HIDES-Fの全自動データリダクションツールの開発・運用状況について
3. 学会等名 日本天文学会年秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Huan-Yu Teng, Bun 'ei Sato, Takuya Takarada, Masashi Omiya, Hiroki Harakawa, Hideyuki Izumiura, Eiji Kambe, Yoichi Takeda, Michitoshi Yoshida, Yoichi Itoh, Hiroyasu Ando, and Eiichiro Kokubo
2. 発表標題 Regular radial velocity variations in Nine G- and K-type Giant Stars: Eight Planets and One Planet Candidate
3. 学会等名 日本天文学会年春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>巨星を巡る新たな複数巨大惑星系の発見 http://www.oao.nao.ac.jp/2017/03/10/hd47366/</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	佐藤 文衛 (Sato Bun'ei) (40397823)	東京工業大学・理学院地球惑星科学系・教授 (12608)	
研究協力者	前原 裕之 (Maehara Hiroyuki) (40456851)	国立天文台・ハワイ観測所岡山分室・助教 (62616)	
研究協力者	神戸 栄治 (Kambe Eiji) (80435510)	国立天文台・ハワイ観測所・特任准教授 (62616)	

6. 研究組織 (つづき)

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	長谷川 椋 (Hasegawa Ryou)	東京工業大学・理学院地球惑星科学系 (12601)	
研究協力者	原川 紘季 (Harakawa Hiroki)	国立天文台・ハワイ観測所・RCUH職員 (30771927)	
研究協力者	大宮 正士 (Omiya Masashi)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構・大学共同利用機関法人自然科学研究機構・特任研究員 (20624696)	
研究協力者	寶田 拓也 (Takarada Takuya)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構・アストロバイオロジーセンター・特任研究員 (70896852)	
研究協力者	柳澤 顕史 (Yanagisawa Kenshi)	国立天文台・ハワイ観測所・助教 (90311183)	
研究協力者	筒井 寛典 (Tsutsui Hironori)	国立天文台・ハワイ観測所・主任技術員 (20647383)	
研究協力者	黒田 大介 (Kuroda Daisuke)	京都大学・大学院理学研究科附属天文台・特定助教 (30435507)	
研究協力者	福井 暁彦 (Fukui Akihiko)	東京大学・大学院総合文化研究科・特任助教 (60632049)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	Teng Huan - Yu (Teng Huan-Yu)	東京工業大学・理学院地球惑星科学系・博士課程大学院生 (12601)	
連携研究者	浮田 信治 (UKITA NOBUHARU) (20184989)	国立天文台・岡山天体物理観測所・准教授 (62616)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会	開催年
10th Workshop on Astronomy with Precise Radial Velocity Measurements -Extra-Solar Planet Search and Asteroseismology -	2017年～2017年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
トルコ	アンカラ大学	エーゲ大学		
ロシア	カザン連邦大学			
韓国	韓国天文宇宙科学研究院			
中国	国家天文台			
ドイツ	ミュンヘン大学			