

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23244038

研究課題名(和文)太陽系外惑星系探索の自動化

研究課題名(英文)Automation of exoplanet search

研究代表者

泉浦 秀行(izumiura, hideyuki)

国立天文台・岡山天体物理観測所・准教授

研究者番号：00211730

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,700,000円

研究成果の概要(和文)：太陽の1.5～5倍程度の質量を持つ中質量星における惑星系の姿を明らかにするため、観測システムの自動化を図り、約600の中質量G、K型巨星に対し、中心星から3天文単位以内にある土星質量(1/4木星質量)以上の惑星をドップラー法で網羅的に探索した。その結果、16の惑星(うち3つは独立な確認)と2つの褐色矮星を検出し、これまでで最も重い星のまわりを公転する惑星、最も遠くの軌道を公転している惑星、最も質量の小さい惑星を検出し、より多様な惑星系の姿を明らかにした。さらに、同一平面内を逆方向に公転していると解釈可能な初の二重惑星系を発見した。総合的な惑星形成過程の理解に向け前進した。

研究成果の概要(英文)：Renovating the observing system for automation, we have performed a Doppler survey of about 600 G,K giant stars of intermediate mass of 1.5-5 solar masses in order to reveal the diversity of planetary systems in those stars, with a sensitivity that allows detecting Saturn-mass planets within 3 AU from the central stars. We find 16 planets, three of which are independent confirmation of previous results, and 2 brown dwarfs. Of the 16, one planet orbits the most massive star among planet hosting G,K giants, one does the most distant place, and one is the least massive, which further expands the diversity of planets in the intermediate-mass G, K giant stars. Furthermore, a double planet system that is possibly in mutually retrograde orbits is found. Our findings have advanced our comprehensive understanding of the formation of exoplanets.

研究分野：恒星物理学

キーワード：光赤外線天文学 太陽系外惑星系 中質量 巨星 ドップラー法 褐色矮星 自動化

1. 研究開始当初の背景

(1) 惑星による恒星の周期的揺動を視線速度変動から検出するドップラー法により、1995年に初めて太陽のような主系列星(太陽型星)のまわりで惑星質量天体(系外惑星)が発見され(引用文献①)、太陽型星の系外惑星探索が急激に進化した。本研究課題申請時の2010年末時点での系外惑星検出数は500強であり、その8割がドップラー法による発見であった。その結果から太陽系とは大きく異なる軌道や質量を持つ多様な惑星の姿が明らかになっていった(例えば引用文献②)。実際、引用文献①で最初に発見された惑星そのものが、恒星のごく近傍を数日で周回する巨大ガス惑星(ホットジュピター)という驚きの結果であった。

(2) 一方、主に太陽系を再現することに主眼が置かれ、既に完成の域に近づいていたコア集積モデルは、微惑星が合体を繰り返し成長する過程に基づく惑星形成論であるが(例えば引用文献③)、系外惑星の多様な姿を説明するため、より一般的な惑星形成論へと発展した。原始惑星系円盤と惑星との相互作用、惑星同士の相互作用、中心星の進化の影響などによる軌道変化が詳細に研究され、コア集積モデルの拡張で系外惑星の多様性が説明可能となり、系外惑星系は統一的に理解されたかに見えた(例えば引用文献④、⑤など)。

(3) しかし、2008年に太陽型星よりもやや質量の大きいA型星(太陽質量の2倍前後)のFomalhautとHR8799に、太陽系の海王星軌道よりずっと大きい軌道に木星質量を超える巨大惑星が直接撮像により発見されたことで、惑星形成過程の理解には一段の発展が必要となった(引用文献⑥、⑦)。コア集積モデルでは、それら遠方の軌道における微惑星の合体・成長の時間尺度が、原始惑星系円盤のガス散逸の時間尺度より長くなるため、巨大惑星存在の説明が困難であった。重力不安定性による原始惑星系円盤の分裂など、時間尺度の短い他の惑星形成過程の有効性を示唆する結果であった。統一的な惑星形成過程の理解には、太陽より質量の大きい星についても、太陽型星と同等の観測事実の集積が必要となっていた。

(4) 太陽型星より質量の大きい中質量星(1.5~5太陽質量)における惑星系の様相は、本研究課題申請時点では太陽型星に比べてあまり良く分かっていなかった。太陽型星ではドップラー法が極めて有効であったが、中質量星は主系列星段階で早期スペクトル型の高温度星で、その放射スペクトルに吸収線が少なく、高速に自転していて線幅が広い場合も多く、高精度の視線速度測定が容易でないためである。

(5) 本研究課題の研究代表者と連携研究者

の多くを含む研究グループ(本研究グループ)では、2001年という世界的に見ても最も早い段階から、中質量星が主系列星段階から進化した姿だと考えられるG、K型巨星に着目し、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、ドップラー法により惑星探索を進めていた。G、K型巨星では太陽型星(FG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、大気震動の振幅も小さく、ドップラー法による惑星探索が、太陽型星と同程度に実施可能と期待された(引用文献⑧)。そして2003年に我が国初の系外惑星検出に成功し(引用文献⑨)、2007年には世界初の散開星団中の星の惑星を発見した(引用文献⑩)。2010年末までには10の惑星と4つの褐色矮星の検出を達成した(引用文献⑪)。本研究グループは巨星まわりの惑星検出数で当時世界トップの座にあり、巨星における全検出数の1/3以上を占めていた。

(6) その当時までのG、K型巨星の惑星探索の結果は次の通りであった。まず、見つかっていた惑星はすべて木星型のガス惑星と考えられ、中心星から軌道長半径0.7AU(金星軌道相当)以上離れた軌道を回っていた。それより内側には木星質量以上の惑星は存在していなかった。さらに、質量の大きめの星(≥ 3 太陽質量)では、木星質量($< \sim 10$ 木星質量)の伴天体が3AU以内には見つからなかった。それに比べ太陽型星の場合には、0.7AUより内側に木星型惑星の存在が明らかにされていた。次に、太陽型星の場合、引用文献⑫と異なり、巨星では惑星の検出確率と中心星の金属量との間には明確な相関が見られなかった。さらに、太陽の2倍以下の質量の巨星では、巨大惑星の検出頻度と中心星の質量との間に正の相関が報告され(引用文献⑬)、原始惑星系円盤の質量との関係が示唆されていたが、中質量星でもより大きな質量の星で大きな惑星や褐色矮星の存在確率がより高いことが示唆されていた。しかしながら、惑星の検出されたG、K型巨星はそれまで比較的少数に留まっていた。

2. 研究の目的

(1) 本研究課題の目的は、本研究グループが本研究課題申請の時点までに10年にわたり進めてきていた、太陽に比べ質量の大きな中質量星(1.5~5太陽質量)が進化した段階にあるG、K型巨星のまわりの惑星探索をさらに発展させ、中質量星における惑星系の姿を格段に多くの例について明らかにし、太陽型星とは異なる環境下での惑星系の形成過程と軌道進化に関し広く知見を得て、普遍的な惑星形成論の確立に貢献することである。例えば、コア集積モデルでは、ある星に惑星が形成される確率はその星の質量に依存し、ピークが3太陽質量の付近に来ること、そして、

ピークの位置は様々な要因によって影響を受けることが予測されている。太陽より質量の大きい星を公転する惑星をより多く観測することで、そのような予測を観測から検証できるようになると期待される。また、色々な質量の中質量星における惑星系の様相を広く知ることは、ディスク不安定性モデル(引用文献⑭)の実効性の検証にもなる。

3. 研究の方法

(1) 本研究課題では、まず、2001年から継続してきた中質量巨星におけるドップラー法惑星探索を継続・拡張することを第一の方法とする。そのため国立天文台岡山天体物理観測所の188-cm望遠鏡と高分散分光器の観測時間を年間80夜前後確保する努力を続ける。そしてVバンドで7等級より明るいおよそ600星のG、K型巨星においてドップラー法による系外惑星探索を進める。この明るさの星に対して、15分の観測で5m/s前後の精度で視線速度を測定でき、主星から3AU(公転周期~5年)のところを回る土星(1/4木星)質量程度までの惑星を網羅的に探索する。600星のサンプル構築には、既に観測してきた300星に加え、新たに300星を追加して5回ほど初期スクリーニングする必要がある。そのためには延べ300x5=1500測定の追加が必要で、少なくとも正味50夜の観測時間が求められる。晴天率50%を考慮し、延べ100夜ほどである。一方、これまでの300星のモニター観測にも年間50夜程度が必要である。従って、総計で年間80夜の観測時間が確保できた場合、新規300星に対する延べ100夜のスクリーニング観測には、3年間に年間30夜程度を割り当てることで目的を達成する。

(2) このドップラー法探索と並行して、これまで本研究グループが利用してきた岡山天体物理観測所188-cm反射望遠鏡を、観測の自動化に対応させるため、改修する。望遠鏡の駆動系、制御系の更新とドーム制御系の更新を行い、高い信頼性と駆動性能を達成し、観測効率を向上させる。そのうえで観測システムの自動化を進める。

(3) 自動化により効率化された観測システムにより、申請時点の倍の約600星の視線速度を、5m/sの精度でモニターしていく。最低3年、最長15年に亘る視線速度データから、少なくとも中心星の3AU以内にある土星(1/4木星質量)以上の質量の惑星の存在を網羅的に突き止め、その質量や軌道要素を明らかにする。これにより惑星の検出例を積み上げて統計精度を向上させ、中質量星における惑星系の姿や特質をより明確にする。

4. 研究成果

(1) 岡山天体物理観測所において、目標の年間80夜の観測時間を獲得できず50夜程度に留まる期間が3年あったが、国際協力によ

る中国国家天文台興隆観測所、韓国天文学研究所普賢山光学天文台、トルコトックタク天文台での観測も推し進めることで、合計で約600の中質量G、K型巨星についてドップラー法により惑星探索を進める状況を達成するに至った(たとえば雑誌論文①、④、⑤、⑫)。

(2) 2012年度に188-cm望遠鏡の駆動系と制御系、ならびにドーム制御系の改修を実施し、2013年度にそれらの入念な調整を行った。この新制御系を既存の観測所制御フレームワークに適合させる新たな制御インターフェースを開発し、望遠鏡駆動・制御系の高い操作性を実現した。新しい駆動系と制御系による望遠鏡の駆動性能の評価を実施し、188-cm望遠鏡の鏡筒に設置したガイド望遠鏡では、指向精度1.2秒角rms、追尾性能0.1~0.2秒角という結果を得た。望遠鏡指向は改修前より4倍速くなり、指向の失敗もなくなった。カセグレン焦点で計測された微小角移動性能は0.3秒角rmsであった。188-cm反射望遠鏡の駆動と制御の速度、精度、信頼度の大幅な改善を実現することができた。これらの改善された機能をもとに、さらに観測の自動化の研究開発を進め、観測指示書に従う半自動観測の試験を開始するに至った。将来の自動観測への確かな見通しを得ることができた。

(3) 本研究課題申請時点で本研究グループによりG、K型巨星に10の惑星と4つの褐色矮星が検出されていた。本研究課題の期間には16の惑星(うち3つは独立な確認)と2つの褐色矮星が発見された。つまり、2001年から2010年までの10年間の成果に対し、2011年から2015年までの5年間で、中質量G、K型巨星の惑星検出数を倍増以上にした。合計すると本研究グループは、29のG、K型巨星に26の惑星(うち3つは独立な確認)と6つの褐色矮星を検出した。

(4) 本研究課題の成果として、質量の推定値には議論の余地が残るが、太陽の3倍を超す質量の星の周りに惑星を検出し、惑星を持つ星の質量範囲を大きい側へと広げることができた(図1、雑誌論文⑩)。新発見の惑星の位置を▲で表してある。見つかった惑星はいずれも木星より大きい質量を持っており、巨大ガス惑星と考えられる。o UMa bは今まで知られている中で最も質量の大きい恒星のまわりをまわる惑星である。一方、中質量巨星では最も質量の小さな惑星HD5608bを検出した。より質量の大きな恒星に、より質量の大きな伴天体(=惑星、褐色矮星)が見つかる傾向が依然として見られるが、その確立にはさらに多くの事例の追加が必要であろう(破線と点線は1AUのところを回る惑星によって中心星に生じる視線速度の揺れの片側振幅が40m/sと20m/sとなる点の軌跡であり、等検出感度線を示している)。このほ

か図 2 (雑誌論文⑩) では、恒星の質量が大きいほど木星質量以上の伴天体はより遠くの軌道を巡っている傾向が見られた。

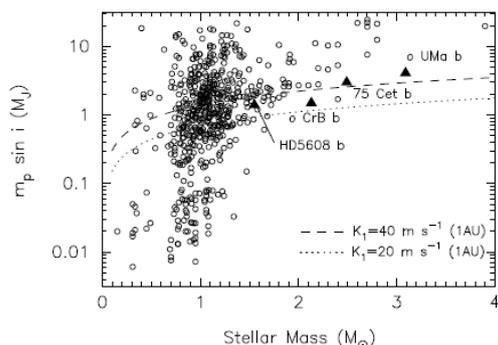


図 1 中心星質量と惑星質量の関係

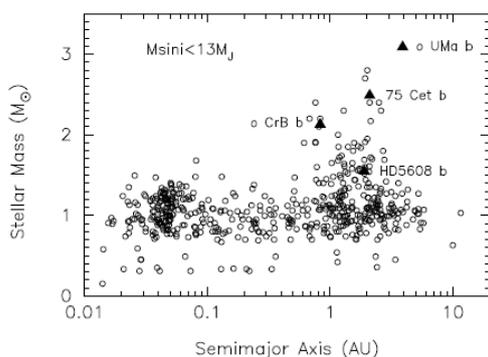


図 2 惑星の軌道半長径と中心星質量の関係

(5) 中質量 G、K 型巨星には 0.6 AU より小さな軌道半長径を持つ惑星が検出されない特徴が一層はっきりした (図 3、雑誌論文⑥)。赤印が中質量 G、K 型巨星 ($\geq 1.5 M_{\text{sun}}$) のまわりの惑星を示す。破線は左から、近星点距離が 0.3, 0.5, 0.7 AU になる場所である。この結果は 0.6 AU より内側で惑星が作られないか、0.6 AU より内側の惑星は親星に飲み込まれてしまったことを示唆している。ただし、最近 KEPLER 衛星により 0.1 AU の付近に初の惑星検出が報告されたので、結論を下すには一層の探索が必要である。一方、ドップラー法でこれまで見つかった中で最も遠い軌道 (半長径 4.6AU) を公転する惑星 HD4732b を得た (雑誌論文⑨)。

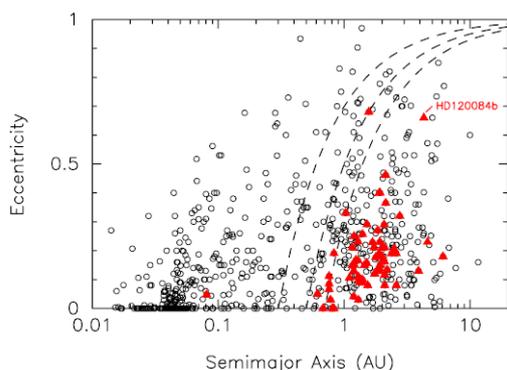


図 3 惑星の軌道半長径と離心率の関係

(6) 公転軌道の離心率は 0.08 から 0.66 まで分布し、円に近い軌道から、かなり扁平な軌道まで見られた (図 3)。一方、離心率の大きい軌道の惑星に、軌道長半径が大きく公転周期の長いものがある。このような惑星の存在は太陽型星でも知られており、惑星系としては珍しくない存在なのかもしれない。

(7) 中質量 G、K 型巨星では、惑星の親星の金属量が太陽より多い星と少ない星の数がほぼ同数になっており、惑星の有無が親星の金属量にはほとんど依存しないことが一層はっきりした。太陽型星では金属量の多い星に、より頻りに惑星が見つかる明瞭な傾向があり、対照的である。

(8) 以上のほか、複数の巨大ガス惑星を持つ系 (HD 4732、雑誌論文⑨)、ならびに、複数の褐色矮星を持つ系 (ν Oph、雑誌論文⑩) が検出されている。複数惑星系は太陽型星でも数多く見つかったが、複数褐色矮星系は数が非常に少なく、中心星の質量の違いに由来するのかもしれない。また、思いがけない成果として、同一平面内を逆方向に公転している可能性のある惑星系が見つかった (雑誌論文①)。逆行かどうかを判別するため、さらなる観測を蓄積していく。

<引用文献>

- ①Mayor & Queloz 1995, Nature, 378, 355
- ②Butler et al. 2006, ApJ, 629, 535
- ③Pollack et al. 1996, Icarus, 123, 62
- ④Ida & Lin 2004, ApJ, 604, 388 ~2008, ApJ, 685, 584 の一連の論文
- ⑤Aliberta et al. 2005, AA, 434, 343
- ⑥Kalas et al. 2008, Science, 322, 1345
- ⑦Marois et al. 2008, Science, 322, 1348
- ⑧Sato et al. 2005, PASJ, 57, 97
- ⑨Sato et al. 2003, ApJ, 597, L157
- ⑩Sato et al. 2007, ApJ, 661, 527
- ⑪Sato et al. 2010, PASJ, 62, 1063
- ⑫Fischer and Valenti 2005, ApJ, 622, 1102
- ⑬Johnson et al. 2007, ApJ, 622, 1102
- ⑭Boss 2005, ApJ, 629, 535

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

①Sato, B., Wang, L., Liu, Y.-J., Zhao, G., Omiya, M., Harakawa, H., Nagasawa, M., Wittenmyer, R. A., Butler, P., Song, N., He, W., Zhao, F., Kambe, E., Noguchi, K., Ando, H., Izumiura, H., Okada, N., Yoshida, M., Takeda, Y., Itoh, Y., Kokubo, E., Ida, S., "A Pair of Giant Planets around the Evolved Intermediate-mass Star HD 47366: Multiple Circular Orbits or a Mutually Retrograde Configuration", The Astrophysical Journal, 査読有, 819, 2016,

id.59 (11pp),
DOI:10.3847/0004-637X/819/1/59

②Harakawa, H., Sato, B., Omiya, M., Fischer, D. A., Hori, Y., Ida, S., Kambe, E., Yoshida, M., Izumiura, H., Koyano, H., Nagayama, S., Shimizu, Y., Okada, N., Okita, K., Sakamoto, A., Yamamuro, T., "Five New Exoplanets Orbiting Three Metal-rich, Massive Stars: Two-planet Systems Including Long-period Planets and an Eccentric Planet", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 806, 2015, id.5 (11 pp),
DOI:10.1088/0004-637X/806/1/5.

③黒田大介、泉浦秀行、柳澤顕史、神戸栄治、小矢野久、福井暁彦、筒井寛典、浮田信治、沖田喜一、戸田博之、坂本彰弘、今田明、清水康廣、岡山天体物理観測所 188-cm 望遠鏡の改修、国立天文台報、査読有、17, 2015, 19-39
<http://www.nao.ac.jp/contents/about-naoj/reports/report-naoj/17-2.pdf>

④Yilmaz, M., Bikmaev, I., Sato, B., Selam, S. O., Galeev, A. I., Keskin, V., Izumiura, H., Irtuganov, E. N., Kambe, E., Ozavci, I., Melnikov, S. S., Zhuchkov, R. Ya., Okada, N. "Low mass stellar companions around four giant stars", *New Astronomy*, 査読有, 34, 2015, 108-113,
DOI:10.1016/j.newast.2014.06.005

⑤Wang, L., Sato, B., Omiya, M., Harakawa, H., Liu, Y.-J., Song, N., He, W., Wu, X., Izumiura, H., Kambe, E., Takeda, Y., Yoshida, M., Itoh, Y., Ando, H., Kokubo, E., Ida, S., Zhao, G.. "A long-period eccentric substellar companion to the evolved intermediate-mass star HD 14067", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 66, 2014, id.118 (9pp),
DOI:10.1093/pasj/psu113

⑥Sato, B., Omiya, M., Harakawa, H., Liu, Y.-J., Izumiura, H., Kambe, E., Takeda, Y., Yoshida, M., Itoh, Y., Ando, H., Kokubo, E., Ida, S., "Planetary Companions to Three Evolved Intermediate-Mass Stars: HD 2952, HD 120084, and ω Serpentis", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 65, 2013, Article No.85 (12pp), DOI:10.1093/pasj/65.4.85

⑦Yilmaz, M., Selam, S. O., Sato, B., Izumiura, H., Bikmaev, I., Ando, H., Kambe, E., Keskin, V. "Extrasolar planet searches at the TUG: Test observations and capabilities", *New Astronomy*, 査読有,

20, 2013, 24-29,
DOI:10.1016/j.newast.2012.05.012

⑧Kambe, E., Yoshida, M., Izumiura, H., Koyano, H., Nagayama, S., Shimizu, Y., Okada, N., Okita, K., Sakamoto, A., Sato, B., and Yamamuro, T., "A Fiber Link between Okayama 188-cm Telescope and High Dispersion Spectrograph, HIDES", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 65, 2013, Article No.15 (10 pp), DOI:10.1093/pasj/65.1.15

⑨Sato, B., Omiya, M., Wittenmyer, R. A., Harakawa, H., Nagasawa, M., Izumiura, H., Kambe, E., Takeda, Y., Yoshida, M., Itoh, Y., Ando, H., Kokubo, E., Ida, S., "A Double Planetary System around the Evolved Intermediate-mass Star HD 4732", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 762, 2013, id.9 (7pp),
DOI:10.1088/0004-637X/762/1/9

⑩Sato, B., Omiya, M., Harakawa, H., Izumiura, H., Kambe, E., Takeda, Y., Yoshida, M., Itoh, Y., Ando, H., Kokubo, E., Ida, S., "Substellar Companions to Seven Evolved Intermediate-Mass Stars", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 64, 2012, Article No.135 (14 pp), DOI:10.1093/pasj/64.6.135

⑪Wang L., Sato B., Zhao G., Liu Y.-J., Noguchi K., Ando H., Izumiura H., Kambe E., Omiya M., Harakawa H., Liu F., Wu X.-S., Takeda Y., Yoshida M., Kokubo E. "A possible substellar companion to the intermediate-mass giant HD 175679", *Research in Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 12, 2012, pp. 84-92,
DOI:10.1088/1674-4527/12/1/007

⑫Omiya, M., Han, I., Izumiura, H., Lee, B.-C., Sato, B., Kim, K.-M., Yoon, T. S., Kambe, E., Yoshida, M., Masuda, S., Toyota, E., Urakawa, S., Takada-Hidai, M., "A planetary companion to the intermediate-mass giant HD 100655", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 64, 2012, Article No.34, 8pp.,
DOI:10.1093/pasj/64.2.34

〔学会発表〕 (計 9 件)

①泉浦秀行、黒田大介、神戸栄治、柳澤顕史、福井暁彦、筒井寛典、坂本彰弘、戸田博之、今田明、浮田信治、小矢野久、沖田喜一、清水康廣、「国立天文台岡山 188cm 望遠鏡の改修 I : 全体像」、日本天文学会、2013 年 9 月 11 日、東北大学 (宮城県・仙台市)

②黒田大介, 小矢野久, 泉浦秀行, 柳澤顕史, 神戸栄治, 福井暁彦, 筒井寛典, 浮田信治, 沖田喜一, 戸田博之, 坂本彰弘, 今田明, 清水康廣、「国立天文台岡山 188cm 望遠鏡の改修 II: 駆動系・制御系」、日本天文学会、2013年9月11日、東北大学(宮城県・仙台市)

③神戸栄治, 泉浦秀行, 黒田大介, 坂本彰弘, 筒井寛典, 小矢野久, 今田明, 沖田喜一, 清水康弘, 戸田博之, 福井暁彦, 柳澤顕史, 浮田信治、「国立天文台岡山 188cm 望遠鏡の改修 III: ドーム制御系」、日本天文学会、2013年9月11日、東北大学(宮城県・仙台市)

④筒井寛典, 泉浦秀行, 黒田大介, 浮田信治, 神戸栄治, 柳澤顕史, 福井暁彦, 坂本彰弘, 戸田博之, 今田明, 小矢野久, 清水康廣, 沖田喜一、「国立天文台岡山 188cm 望遠鏡の改修 IV: 光学系支持機構」、日本天文学会、2013年9月11日、東北大学(宮城県・仙台市)

⑤福井暁彦, 泉浦秀行, 黒田大介, 神戸栄治, 柳澤顕史, 筒井寛典, 坂本彰弘, 戸田博之, 今田明, 浮田信治, 小矢野久, 沖田喜一, 清水康広、「国立天文台岡山 188cm 望遠鏡の改修 V: 改修効果の評価」、日本天文学会、2013年9月11日、東北大学(宮城県・仙台市)

⑥佐藤文衛, 大宮正士, 原川紘季, 長沢真樹子, Robert Wittenmyer, Liu Yujuan, 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、「中質量 GK 型巨星を周回する新たな惑星系の発見: HD4732, HD2952, HD120084, omega Serpentis」、日本天文学会、2013年9月11日、東北大学(宮城県・仙台市)

⑦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、「岡山/HIDES による中質量 GK 型巨星を周回する新たな惑星系の発見」、日本天文学会、2012年9月20日、大分大学(大分県・大分市)

⑧大宮正士, 比田井昌英, 佐藤文衛, 泉浦秀行、「ドップラー法による 3~4 太陽質量の中質量巨星における惑星探索」、日本天文学会、2012年9月20日、大分大学(大分県・大分市)

⑨大宮正士, 泉浦秀行, 神戸栄治, 佐藤文衛, 吉田道利, 豊田英里, 浦川聖太郎, 増田盛治, 比田井昌英, Han Inwoo, Kim Kang-Min, Lee Byeong-Cheol, Yoon Tae Seog、「G 型巨星における惑星系の日韓共同探査. VIII: 中質量巨星 HD100655 を周回する惑

星の発見」、日本天文学会、2012年3月22日、龍谷大学(京都府・京都市)

[その他]

ホームページ等

<http://www.oao.nao.ac.jp/public/research/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

泉浦 秀行 (IZUMIURA, Hideyuki)
国立天文台・岡山天体物理観測所・准教授
研究者番号: 00211730

(3) 連携研究者

神戸 栄治 (KAMBE Eiji)
国立天文台・岡山天体物理観測所・専門研究職員、特任助教
研究者番号: 80435510

佐藤 文衛 (SATO Bun'ei)
東京工業大学・理工学研究科・准教授
研究者番号: 40397823

竹田 洋一 (TAKEDA Youichi)
国立天文台・光赤外研究部・准教授
研究者番号: 50373189

安藤 裕康 (ANDO Hiroyasu)
国立天文台・光赤外研究部・名誉教授
研究者番号: 90111559

吉田 道利 (YOSHIDA Michitoshi)
広島大学・宇宙科学センター・教授
研究者番号: 90270446

柳澤 顕史 (YANAGISAWA Kenshi)
国立天文台・岡山天体物理観測所・助教
研究者番号: 90311183

黒田 大介 (KURODA Daisuke)
国立天文台・岡山天体物理観測所・専門研究職員
研究者番号: 30435507

浮田 信治 (UKITA Nobuharu)
国立天文台・岡山天体物理観測所・准教授
研究者番号: 20184989

福井 暁彦 (FUKUI Akihiko)
国立天文台・岡山天体物理観測所・特任研究員
研究者番号: 60632049