

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05288

研究課題名(和文) ケプラー宇宙望遠鏡と星震学手法による不可視連星大質量天体と褐色矮星及び惑星の探査

研究課題名(英文) Search for unseen massive objects, brown dwarfs and exoplanets in binary systems by applying an asteroseismic method to the photometric data taken with the Kepler space telescope

研究代表者

柴橋 博資 (Shibahashi, Hiromoto)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・名誉教授

研究者番号：30126081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ケプラー宇宙望遠鏡によるA型星の測光データのみから、既知の連星数を大きく上回る大量の連星を極めて効率的に検出することに成功し、その軌道要素、質量関数を決定した上で、カタログを作成した。これを使った統計的議論により連星の軌道進化や成因について多くの新たな知見が得られた。この過程において、A型主系列星のハビタブルゾーンにある巨大系外惑星を初めて検出した。また、X線では静穏なブラックホール候補天体を検出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

距離が測れる近傍の連星は、宇宙を理解するための基本的な情報源である。実視連星は、軌道決定に長期の時間が必要となり、数は限定的である。食連星と分光連星の場合には、地上の望遠鏡による個々の星の分光観測が必要であり、望遠鏡の都合や天候等によるため、多大な時間と労力が必要となる。結果として、近傍で且つ軌道が決定されている連星は限定的なものであった。ケプラー宇宙望遠鏡によるA型星の測光データのみから、大量の連星を極めて効率的に検出することに成功し、その軌道要素、質量関数カタログを作成した。これを使った統計的議論により多くの新たな知見が得られた。また、系外惑星、ブラックホール候補天体を検出した。

研究成果の概要(英文)：We have succeeded in extremely efficiently detecting a large number of binary stars that greatly exceed the number of known binary stars from only the photometric data of type A stars by the Kepler Space Telescope. After determining their orbital elements and mass functions, we created a on-line binary catalog for open use. A lot of new knowledge about binary orbital evolution and origin was obtained by the statistical investigation based on the catalog. In this process, we first detected a giant exoplanet in the habitable zone of A-type main sequence stars. In addition, we detected X-ray quiet black hole candidates.

研究分野：天体物理学

キーワード：星震学 連星 恒星 系外惑星 ブラックホール

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 距離が測れる程の近傍の連星は、質量や光度などを観測的に決定することが出来るので、重要な基本的な情報源である。こういった近傍の連星のうち実視連星は、二つの星が分離して観測出来ることが必要だから、軌道が大きく軌道周期も長いのが普通で、軌道決定には長期の時間が必要となり、基本情報が決定される連星は限定的である。食連星と分光連星の場合には、スペクトル線の視線速度の測定が必要だが、そのためには、それなりの規模の地上の望遠鏡による一つ一つの星の分光観測が必要であり、望遠鏡時間の確保の都合や天候等によるため、軌道周期の位相を十分に覆うには多大な時間と労力が必要となる。結果として、近傍にあり、且つ軌道が決定されている連星の数は限定的なものであった。

(2) ケプラー宇宙望遠鏡による、大気の影響を受けずに而も昼夜に関係なく長時間連続的に行われる測光観測は、地上観測では及ぶべくもない高い精度と中断のない連続観測、それに4年間に亘って、はくちょう座とこと座の一角、19万個にも及ぶ星を30分毎若しくは1分毎に観測するという、空前の量の観測データによって、従前の地上測光観測を圧倒的に凌駕する、正に革命的な進展を齎した。当研究代表者は、当研究開始に先立ち、(1) 連星中の脈動星では光路長の周期変化が測光観測データに現れることから、測光観測だけから連星の軌道要素を求めることが出来ること (Shibahashi, Kurtz & Murphy 2015, Murphy & Shibahashi 2015)、(2) データ取得時刻が周期変動する場合には、ナイキスト周波数より高い脈動であっても正しく求めることが出来ること (Murphy, Shibahashi & Kurtz 2013)、という2つの重要な事実を導いており、ケプラー宇宙望遠鏡による測光観測から、従来の地上観測からは得られない程の多数の連星の軌道要素を短期間に決定出来ることを予測するに至った。

(3) 主系列星到達時点の質量が太陽の30倍以上の大質量星はブラックホールに、8倍から30倍までの星は中性子星になるとされている。であるとすれば、恒星起源のブラックホールや、中性子星は高い頻度で存在する筈であるが、実際に観測的に同定されているのは、前者については Cyg X-1 など活動的 X 線連星天体として同定されているもの30弱、後者もパルサーや X 線バースターに限られている (Casares 2006, IAU 238, 3-12)。このことから逆に、屢々、ブラックホールは活動的 X 線連星としてしか観測されることは出来ないと言われていたりするが、それは観測統計からのバイアスの掛かった誤謬に過ぎず、長周期の連星となっている場合を考えれば、静穏なブラックホール連星も多数存在する筈であり、その数は銀河系内に  $10^8$  から  $10^9$  個 (Agol & Kamionkowski 2002, MNRAS, 334, 553-562) とも見積もられる。ブラックホールそのものが光を発しない以上、そういった連星ブラックホールは、相手の星の連星軌道運動を捉えるしかない。それには、多大な時間と労力を要する、アストロメトリーか、分光によるドップラー効果の検出しかないようように思われていたので、静穏な連星ブラックホールの検出は、現実的には困難であろうと思われていた。然し乍ら、上の(2)に記した方法を活用すれば、必ずしも困難ではなかろうと当研究代表者は考えるようになった。

(4) 上で考えたブラックホール、中性子星は、連星中にある質量の大きい見えない星であるが、逆に見えない小質量の伴星として、白色矮星、褐色矮星、惑星も、ケプラー宇宙望遠鏡による測光観測により検出が可能ではないかと考えるようになった。系外惑星は、トランジットの検出、もしくは親星のスペクトル線のドップラーシフトから探査がなされてきたが、いずれも対象となる親星は太陽並みの G 型若しくはそれより晩期型星に限られていた。ドップラー法は分光観測に基づくものである故、多大な時間と労力を要するので探査手段としては非効率であり、一方トランジット法も地上からの測光観測では非効率であり、だからこそケプラー宇宙望遠鏡による測光観測がなされたのであった。それでもそもそも軌道傾斜角が90度に近い系にしか適用出来ない。脈動星の測光観測による本研究は、食を起こさない系にも適用出来る上、トランジット法では減光が小さすぎて検出困難となる早期型星を親星とする惑星をも検出することを可能とすると思われた。

### 2. 研究の目的

(1) ケプラー宇宙望遠鏡による A 型星の測光データを整約し、多数の連星を検出し、その軌道要素、質量関数カタログを作成する。これにより、統計的議論ができる程に連星のサンプル数を従来に比べて大幅に増やす。

(2) 増大した連星のサンプルから、質量関数等の分布を明らかにする。

(3) 相手の星の質量から、ブラックホール、中性子星、または、褐色矮星、惑星を探査する。この中で最も可能性の高いのは褐色矮星である。存在数も多いと考えられるし、検出の成功率も高いと見なせるからである。惑星については、木星の数倍程度のものは検出し易く、現実的に可能であろうと考えている。地球型惑星は、親星に対する重力的影響が大きくないため、こ

の方法によっても検出は困難であると予想される。ブラックホールは、10万個の星のサンプルをもってしても期待される数は数十程度と考えられ、実際に巡り会えるかはやってみなければわからないが、何しろ他に方法がないのであるから、これは探査してみるしかない。

### 3. 研究の方法

(1) 脈動の位相が周期的に変化している脈動星を探査する。脈動星はその特質によって何種類もの型に分類されるが、連星の軌道運動による脈動位相の変化が検出されるには、脈動位相が長期間に亘って安定していることが必要なので、熱機関として自律的に脈動している星が探査の対象となる。変光の振幅が大きい方が雑音誤差が小さくなるので望ましいこと、その型に属する星の数が多く統計的な意味が大きいことから、盾座デルタ型脈動星を探査することとした。

(2) ケプラー宇宙望遠鏡の測光データから A 型星のデータを抜き出し、さらに振動周波数スペクトル等の特徴から盾座デルタ型脈動星を抜き出し、その脈動位相に連星の軌道運動に起因する光路長の周期的変化に因る周期変動の有無を調べる。

① 具体的には、観測データを短い時間区分（例えば 10 日）ずつに区切って、それぞれの星の各脈動モードのその期間での位相を決定する。

② これを全観測期間に亘って行うことによって、位相の周期変動の有無を調べる。

③ 周期変動がある場合には、位相を振動数で除することによって、星からの光の到達時間の遅延変動に変換する。

④ 検出される時間遅延変動が、複数の脈動モードで誤差範囲内で同一であれば、時間遅延変動は連星の軌道運動による光路長の変動に起因すると結論する。

(3) こうした光路長変動から、個々の連星の軌道要素を決定する。

① Murphy & Shibahashi 2015 で示した半解析的方法が有効だが、多数の星を解析するには自動化して効率良く軌道要素を決定するのが望ましい。

② そのために、マルコフチェイン・モンテカルロ法を応用出来るようにする。

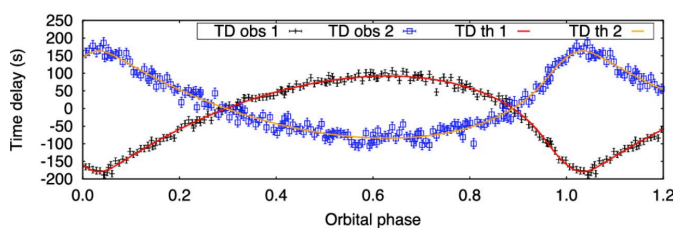
(4) 光路長変動から質量関数を決定したら、盾座デルタ型脈動星の質量は狭い範囲にあることに着目して、連星の相手の星（伴星）の質量を推定する。

① 質量関数から伴星質量としてあり得る最小値が決まるから、この最小値が盾座デルタ型脈動星の質量よりも大きいにも関わらず、伴星が不可視の場合は、その伴星は中性子星かブラックホールと考えられ、地上大望遠鏡による分光観測を試みる。

② 逆に質量関数が極端に小さい場合には、伴星は褐色矮星もしくは惑星であると推定する。

### 4. 研究成果

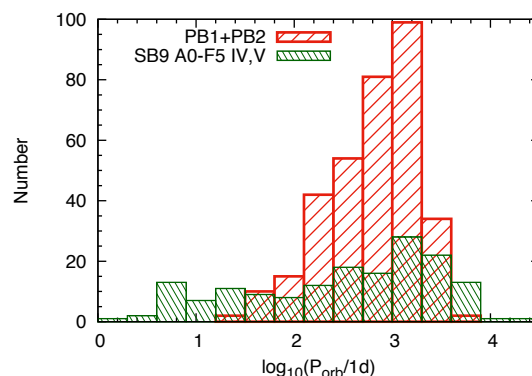
(1) 方法論の正しさを証明し、その検出精度と検出限界を明らかにすることを目的として、ケプラー望遠鏡データの信号雑音比を模した擬似データを作成し、解析した。擬似データの作成とその解析は、研究協力者と共に行い、擬似データを解析する側はどのようなデータであるかは



全く知らされずに解析を行うことによって、解析の信憑性と有効性を担保した。その結果、公転周期が 20 日以上で、伴星質量が木星程度であれば、不可視伴星を検出出来ること、及び誤差の程度を確定させることが出来た。論文は Murphy, S. J., Shibahashi, H. & Bedding, T. R.

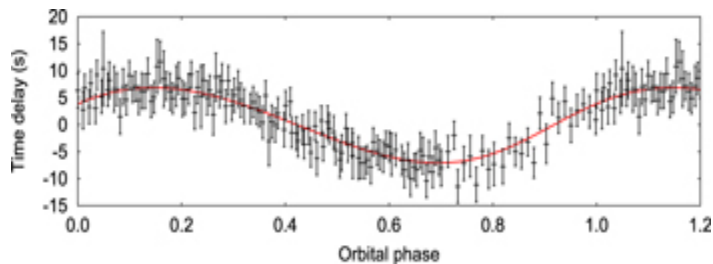
2016, MNRAS, 461, 4215-4226。

(2) ケプラー宇宙望遠鏡の測光データから A/F 型主系列星を抜き出し、2224 の星の光度曲線を解析した。位相変動を捉えることにより、そのうち、341 個の星が食は起こさないが連星であることを見出した。317 の星は、連星中の片方の星だけが脈動星であり、24 の星は連星の双方の星が共に脈動していることを見出した。これにより、A/F 型主系列星で検出された連星の数は従来の 3 倍となり、有為な統計的研究が可能となった。右図は公転周期に対する頻度分



布を表示したもので、従来のカタログを緑、今回の検出を赤で示している。大量の連星の軌道要素を計算機で効率よく解くために、マルコフチェイン・モンテカルロ法を組み込んだ解法を編み出した。こうして 341 の星の連星軌道要素を決定し、オンラインカタログとして公表した (VizieR On-line Data Catalog: J/MNRAS/474/4322)。論文は、Murphy, S. J., Moe, M., Kurtz, D. W., Bedding, T. R., Shibahashi, H & Boffin, H. M. J. 2018, MNRAS, 474, 4322-4346。

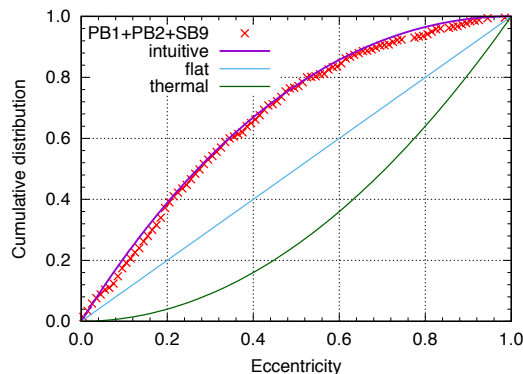
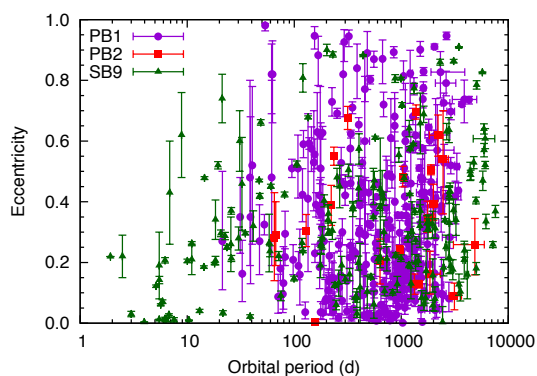
(3) その過程において、1つの盾座デルタ型脈動星 (A 型主系列星) を周る公転周期 840 日の木星の約 12 倍の質量の惑星を見出した。図は、検出された脈動の時間遅延変動を示す。これを



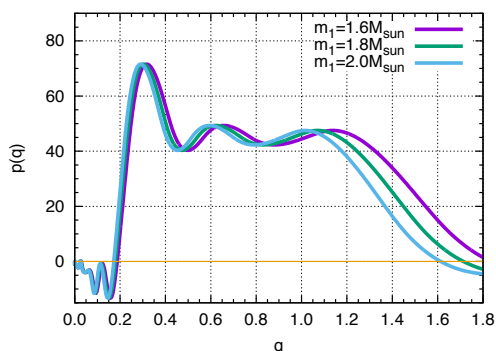
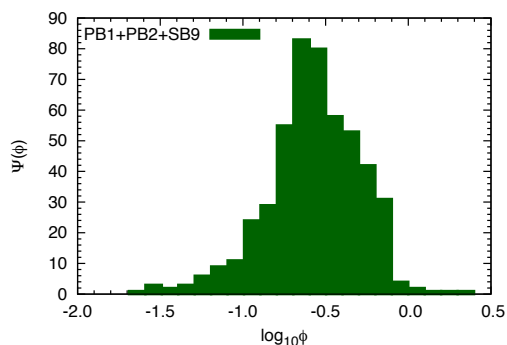
解析して、惑星の質量や軌道特性が判明した。これまで系外惑星は、トランジット法かドップラー法による探査が殆どであったが、トランジット法は軌道傾斜角が 90 度に近い系にしか適用出来ない上、早期型主系列星では食が浅過ぎて適用が困難であった。また、ドップラー法も早期型主系列星

では自転が早いためにスペクトル線幅が広がっているために、これらの星には適用困難であった。そのため、A 型主系列星の周りの惑星の発見は 3 例に限られていた。今回の検出は、系外惑星の検出法として初めての方法であること、公転半径が、ハビタブルゾーンと呼ばれる水を液体状態で保てる位の大きさにある A 型主系列星周りの惑星の初めての検出であること、という強いインパクトを与えるものであった。論文は Murphy, S. J., Bedding, T. R & Shibahashi, H. 2016, ApJ, 827, L17。

(4) 上記(2)で検出した連星数はこれまでの 3 倍となったため、統計的研究を行った。離心率を軌道半径に対してプロットした下左の図からは、軌道が時間と共に小さくなるにつれ、離心率が小さくなるという従来からの理論予想を、観測事実は支持することが判明した。一方、下右図に示した離心率分布の累積数分布の結果は、重力的相互作用によって最終的には熱平衡的な分布状態に進化する様になるという従来提唱されていた理論予想が全く正しくなかったことを明瞭に示すこととなった。論文は、Murphy, S. J., Moe, M., Kurtz, D. W., Bedding, T. R., Shibahashi, H & Boffin, H. M. J. 2018, MNRAS, 474, 4322-4346。

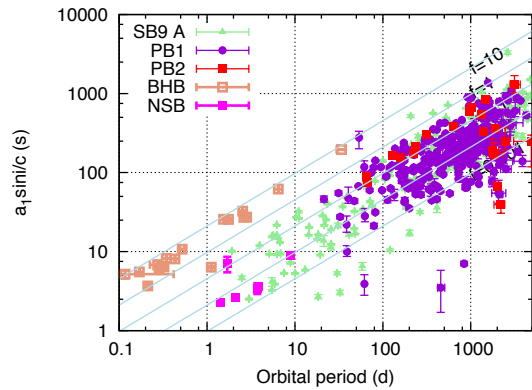


(5) 質量関数の分布もサンプル数が増えたことによって、より意味のあるものとなった。質量関数には軌道傾斜角の正弦が掛かっており、その不定性の存在は従来は避けようがなかったのである。サンプル数が増えたことにより、軌道傾斜角の分布はランダムであるとして統計的に扱える可能性がある。その結果、軌道傾斜角の正弦の項のない量の分布を、質量関数の立方根

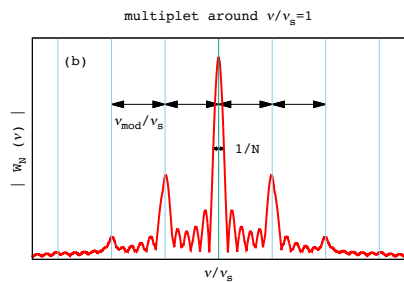


分布(左図)を既知量とするアーベル型積分方程式の解として求めるという定式化に成功した。主星がA型主系列星であることから、主星の質量は太陽質量の1.6~2.0倍であると見積もられることから、伴星の質量分布を求めた結果、右図に示した様に太陽質量の約0.5倍の付近に極大を持つことが判明した。これは伴星が進化を終えて白色矮星となっている系が多いということを示唆している。論文は、Shibahashi, H. & Murphy, S. J. 2018, Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege, 88, 147-162。

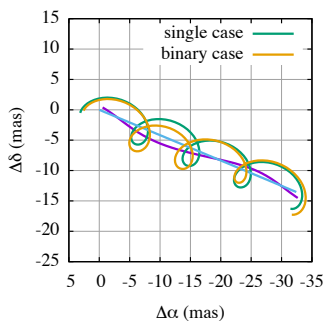
(6) 質量関数が1より有意に大きい系を4つ検出した。主星よりも重いのに不可視であることから、中性子星もしくはブラックホール候補と考えられる。ウィリアムズ・ハーシェル望遠鏡やKeck望遠鏡に分光観測による確認を依頼した。その結果、一つは伴星自体が小質量星の多体系であることが判明し、もう一つは離心率が非常に大きい系であったために質量関数が大きく見積もられ過ぎていたことが判明した。しかし残る2つの天体は、ブラックホールである可能性が残っている。追観測を必要としている。論文は、Shibahashi, H. & Murphy, S. J. 2019, Proceedings of the Stars and their variability observed from space (in press)。



(7) スペースからの測光観測と雖も、テレメトリーの制限から、測光のサンプリング時間間隔に自ずと制限が課せられ、必ずしも観測対象に最適化されないことが多い。その結果、サンプリング周波数による折り返し偽信号(エイリアス)の問題が生じ、脈動星の真の振動数を決定出来ないことになる。サンプリング間隔を一定とはせず敢えて正弦的な変動を加えて窓関数に左図の様にサイドピークを出現させることにより、この問題を克服出来ることを証明し、欧州宇宙機構の将来計画であるPLATOに採用を提唱した。残念なことに、PLATOの設計は既に成されているために設計変更を要する提唱は採択されない見通しだが、将来の計画には考慮が成されることを期待する。論文は、Shibahashi, H. & Murphy S. J. 2018, Proceedings of the PHOST "Physics of Oscillating Stars"。



(8) 今後の課題と展望：スペースからの測光観測整約の方法論としては確立させたと思う。静穏なブラックホール探査は、本研究と期を同じくして、地上分光観測からも有力な候補天体が2例報告され、世界的にホットな研究課題となっている。ケプラー宇宙望遠鏡は活動を終了したが、現在は米国航空宇宙局のTESS衛星がスペースから全天の測光観測を実行中であり、この



方法の適用の成果が期待される。静穏な大質量中性子星若しくはブラックホールという不可視の大質量天体の検出法としては、この方法の他に、左図にシミュレーション結果を示した様な、欧州宇宙機構の位置観測衛星Gaiaによるアストロメトリー観測が挙げられる。今後、測光観測、アストロメトリー観測、それに地上からの分光観測の有機的連携により、不可視大質量天体の存在は同定されていくことが期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 14件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Romero, A. D., Amaral, L. A., Kepler, S. O., Fraga, L, Kurtz, D., Shibahashi, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Pulsation in the white dwarf HE 1017-1352: confirmation of the class of hot DAV stars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) -	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 Shibahashi, H., Murphy, S. J.	4. 巻 -
2. 論文標題 Search for quiet stellar-mass black holes by asteroseismology from space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the conference "Stars and their Variability - observed from Space"	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) -	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 Shibahashi, H., Murphy, S. J.	4. 巻 88
2. 論文標題 Asteroseismology as a new window to statistics of binaries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege	6. 最初と最後の頁 147-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.25518/0037-9565.9288	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 Saio Hideyuki, Bedding Timothy R, Kurtz Donald W, Murphy Simon J, Antoci Victoria, Shibahashi Hiromoto, Li Gang, Takata Masao	4. 巻 477
2. 論文標題 An astrophysical interpretation of the remarkable g-mode frequency groups of the rapidly rotating Dor star, KIC 5608334	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2183-2195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty784	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 Holdsworth Daniel L, Cunha M S, Shibahashi H, Kurtz D W, Bowman D M	4. 巻 480
2. 論文標題 K2 observations of the rapidly oscillating Ap star 33 Lib (HD 137949): new frequencies and unique non-linear interactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2976-2984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty2053	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 Simon J. Murphy, Maxwell Moe, Donald W. Kurtz, Timothy R. Bedding, Hiromoto Shibahashi, Henri M. J. Boffin	4. 巻 474
2. 論文標題 Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler: V. Orbital parameters, with eccentricity and mass-ratio distributions of 341 new binaries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4322-4346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx3049	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 Masahide Takada-Hidai, Donald W. Kurtz, Hiromoto Shibahashi, Simon J. Murphy, Masao Takata, Hideyuki Saio, Takashi Sekii	4. 巻 470
2. 論文標題 Spectroscopic and aster-seismic analysis of the remarkable main-sequence A star KIC 11145123	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4908-4924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx1506	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 Hiromoto Shibahashi, Simon Murphy, Tim Bedding	4. 巻 152
2. 論文標題 Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 id.03003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201715203003	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 Hiromoto Shibahashi	4. 巻 152
2. 論文標題 The Blazhko RR Lyrae variables and phase modulation in binary systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 id.03006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201715203006	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 Leila M. Calcaferro, Alejandro H. Corsico, Maria E. Camisassa, Leandro G. Althaus, Hiromoto Shibahashi	4. 巻 152
2. 論文標題 Pulsational instability of high-luminosity H-rich pre-white dwarf star	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 id.06012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201715206012	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 S. J. Murphy, H. Shibahashi, T. R. Bedding	4. 巻 461
2. 論文標題 Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler - IV. Detection limits and radial velocity verification	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4215-4226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stw1622	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 S. J. Murphy, T. R. Bedding, H. Shibahashi	4. 巻 827
2. 論文標題 A planet in an 840 day orbit around a Kepler main-sequence A star found from phase modulation of its pulsations	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L17 (4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8205/827/1/L17	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 M. E. Camisassa, A. H. Corsico, L. G. Althaus, H. Shibahashi	4. 巻 595
2. 論文標題 Pulsations powered by hydrogen shell burning in white dwarfs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A45 (7pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201628857	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 L. Gizon, T. Sekii, M. Takata, D. W. Kurtz, H. Shibahashi, M. Bazot, O. Benomar, A. Birch, K. R. Sreenivasan	4. 巻 2
2. 論文標題 Shape of a slowly rotating star measured by asteroseismology	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 e1601777 (7pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1226/sciadv.1601777	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 Shibahashi, H., Murphy, S. J., Kurtz, D. W.	4. 巻 29B
2. 論文標題 Asteroseismic search for invisible binary companions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the IAU	6. 最初と最後の頁 642-647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1743921316006244	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

[学会発表] 計8件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Shibahashi Hiromoto
2. 発表標題 Search for quiet stellar-mass black holes by asteroseismology from space
3. 学会等名 Conference "Stars and their Variability - observed from Space" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shibahashi Hiromoto
2. 発表標題 Super-Nyquist Asteroseismology with Future Space Missions
3. 学会等名 PHOST "Physics of Oscillating Stars" conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shibahashi Hiromoto
2. 発表標題 Asteroseismology as a new window to statistics of binaries
3. 学会等名 Workshop to celebrate Arlette Grotzsch 75th birthday and her career achievements (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Shibahashi
2. 発表標題 The Blazhko RR Lyrae variables and phase modulation in binary systems
3. 学会等名 Understanding the roles of rotation, pulsation and chemical peculiarities in the upper main sequence (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Shibahashi, S. Murphy, T. Bedding
2. 発表標題 Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler
3. 学会等名 Chile-Japan academic forum 2016 at Patagonia (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Shibahashi, S. Murphy, T. Bedding
2. 発表標題 Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler
3. 学会等名 Wide-field variability surveys: a 21st-century perspective (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Shibahashi
2. 発表標題 The Blazhko RR Lyrae variables and phase modulation in binary systems
3. 学会等名 Wide-field variability surveys: a 21st-century perspective (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 L. M. Calcaferro, A. H. Corsico, M. E. Camisassa, L. G. Althaus, H. Shibahashi
2. 発表標題 Pulsational instability of high-luminosity H-rich pre-white dwarf stars
3. 学会等名 Wide-field variability surveys: a 21st-century perspective (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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