

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料  
〔平成31（2019）年度研究進捗評価用〕

平成28（2016）年度採択分

令和元（2019）年5月17日現在

研究課題名（和文） **近赤外線重力マイクロレンズ観測による冷たい系外惑星及び浮遊惑星の探索**  
研究課題名（英文） **Search for cold exoplanets and free-floating planets by near infrared gravitational microlensing observation**  
課題番号： 16H06287  
研究代表者  
**住 貴宏** (SUMI TAKAHIRO)  
大阪大学・理学研究科・教授



研究の概要：

本研究は、南アフリカ共和国に1.8m広視野望遠鏡を建設し、**世界最大級の近赤外線カメラ**を搭載して、**世界で初めて近赤外線での重力マイクロレンズ系外惑星探索**を行う(PRime focus Infrared Microlensing Experiment :PRIME)。近赤外線では、従来の可視光での探索に比べて以下の様な利点がある。星間減光が強い銀河系中心近くを観測可能。星数密度が高く、惑星発見数が増える。星数密度が高い領域での惑星頻度を世界で初めて見積もり、環境による惑星頻度の違いを検証できる。これにより、感度を従来の数倍に上げて、本研究期間内に、系外惑星の発見数を増やし、存在量、質量関数、軌道長半径分布を見積もる。主星を伴わない浮遊惑星の存在量、質量関数を見積もる。さらに、NASAのWFIRST衛星の観測領域を最適化する。これらにより**惑星形成、進化の過程を解明する**。

研究分野：天文学

キーワード：系外惑星、重力マイクロレンズ、赤外線

1. 研究開始当初の背景

(1) 太陽以外の恒星を回る惑星、“系外惑星”は、1995年に初めて発見されてから、視線速度法、トランジット法、直接撮像法等により、今迄に4千個以上発見されている。これらの惑星の多くは木星質量-海王星質量程度で、最近見つかри始めた数倍地球質量の「スーパーアース」や地球半径の惑星も小軌道半径に限られ、惑星形成の全体像はまだ十分理解されていない。重力マイクロレンズ法は、主星から比較的離れた冷たく軽い惑星や、主星の周りを回っていない浮遊惑星にも感度があり、他の方法とは相補的である。

(2) 我々MOAグループはニュージーランドのMt.John天文台の1.8m広視野望遠鏡を使用し、重力マイクロレンズによる系外惑星探索を行っている。これまでに、世界で初めてマイクロレンズを使って系外惑星を発見し、さらに当時最小の5.5倍地球質量惑星を発見した。そして、海王星質量惑星が木星質量惑星の3倍以上多い事を見つけた。しかし、まだ地球質量の2倍程度の惑星までしか検出できておらず、地球質量の惑星がどれくらい存

在するか分かっていない。より軽い惑星まで、より多く発見するには、銀河系中心部の星が密集した領域を観測する必要があるが、従来の可視光観測では、星間ダストによる吸収で観測できない。これには近赤外線での観測が必要だが、近赤外線検出器が高価なため、広視野化が困難で実現していなかった。

2. 研究の目的

(1) 星間減光が強いが、星数密度が高い銀河系中心近くを観測して、系外惑星の発見数を増やす。これにより、系外惑星の存在量、質量関数、軌道長半径分布を見積もる。また、主星を伴わない浮遊惑星の存在量、質量関数を見積もる。

(2) 星数密度が高い領域での惑星頻度を世界で初めて見積もり、環境による惑星頻度の違いを検証できる。

(3) 銀河系中心部のイベントレートのマップを作ることで、NASAのWFIRST衛星の観測領域を最適化する。

これらにより**惑星形成、進化の過程を解明する**。

### 3. 研究の方法

(1) 背景天体の前を他の星（レンズ天体）が通過すると、その重力がレンズの様な働きをして背景天体からの光を一時的に増光し、マイクロレンズイベントとして観測される。この時レンズ天体の周りに惑星があると、この惑星の重力によりさらにレンズを受けさらに増光する(図1)。多くの星の明るさを継続的に、しかも高頻度でモニターすることで、この惑星による増光を検出する。

(2) 本研究は、南アフリカ共和国に1.8m広視野望遠鏡を建設し、世界最大級の近赤外線カメラを搭載して、世界で初めて近赤外線での重力マイクロレンズ系外惑星探査を行う。これは、NASAの将来計画WFIRST宇宙望遠鏡のチームが所有する最先端の大型近赤外線検出器を借りる事で初めて実現可能となった

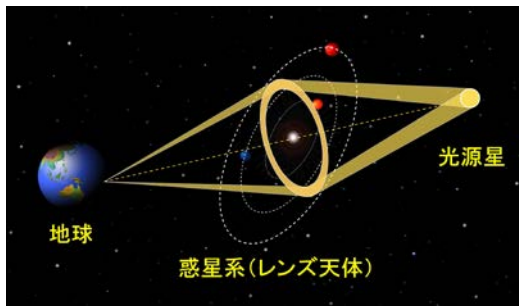


図1：重力マイクロレンズの模式図。光源星の光がレンズ天体の重力で曲げられ増光して見える。惑星の重力により、さらに短く増加

### 4. これまでの成果

(1) 平成28-30年度、MOA-II望遠鏡による高銀緯バルジの可視光観測は順調に進展している。現在は、PRIME望遠鏡に集中できるように、ニュージーランド現地観測員を増やしているが、大学院生に観測の経験を積ませ、南アフリカでの観測に役立てるために、日本のメンバーのべ33人が現地に行き観測をした。この期間に、マイクロレンズイベントを1542個、系外惑星候補を15個発見し、D. Bennett氏(NASA/GSFC、米国)や、阪大の大学院生と共にデータ解析をして成果を論文にまとめている。また、これまで発見された惑星サンプルから、惑星の質量比分布を求めた(Suzuki et al. 2016)。これら可視光での高銀緯領域の結果は、本研究の赤外線観測の結果と比較するために必須だが、順調に成果が出ている。

(2) 赤外線望遠鏡、カメラの製作に関しては、一年程の遅れが生じているが、それ以降は概ね予定通り進行中である。望遠鏡は、架台、鏡筒、主鏡セル、制御器等の機械部分は全て完成して、主鏡の製作もロシアで順調に進んで

おり、間もなく日本に到着する予定である。カメラ製作は、NASA/メリーランド大のエンジニアによる機械設計、熱設計等の詳細設計を完了し、装置の成立性が検証できた。おおよそ1年程遅れてはいるが、装置の性能自体は予定通り達成できる見込みである。

### 5. 今後の計画

(1) ニュージーランドでのMOA-IIによる可視光重力マイクロレンズ系外惑星探査は順調に進展しており、今後も計画通り進めていく。

(2) 2019年中に赤外線望遠鏡全体の国内組み立て及び光学調整を完了する予定である。そして、同年度内には、南アフリカのサザランド観測所に移設し、現地組み立て及び調整を行う。並行して、南アフリカ天文台と連携して、現地でのドーム建物の建設の準備をしており、年内に完成する予定である。赤外線カメラも2020年度初めには完成させ、南アフリカに移送し、望遠鏡に設置できる様に進めている。この様に、おおよそ1年程遅れてはいるが、装置の性能自体は予定通り達成できる見込みであり、2020年度内に観測を開始して、系外惑星の探査能力の評価と系外惑星の初観測達成を目指す。そして、2021年度までには、当初予定していた目標の達成を予定している。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)  
研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者(平成29年度(2017年度)まで)は点線を付してください。

- (1) 第21回日本天文学会林忠四郎賞
- (2) Miyazaki, S.; Sumi, T. (2番目) 他60名, "MOA-2015-BLG-337: A Planetary System with a Low-mass Brown Dwarf/Planetary Boundary Host, or a Brown Dwarf Binary", The Astronomical Journal, Volume 156, Issue 3, article id. 136, 11 pp. (2018), 査読有
- (3) Koshimoto, N., Sumi, (11番目) 他63名, "MOA-2016-BLG-227Lb: A Massive Planet Characterized by Combining Light-curve Analysis and Keck AO Imaging", The Astronomical Journal, Volume 154, Issue 1, article id. 3, 15 pp. (2017), 査読有
- (4) Suzuki, D. Sumi, T., (3番目) 他27名, "The Exoplanet Mass-ratio Function from the MOA-II Survey: Discovery of a Break and Likely Peak at a Neptune Mass", The Astrophysical Journal, Volume 833, Issue 2, article id. 145, 26 pp. (2016), 査読有