The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Exoplanet Search toward the Inner Bulge of the Milky Way via Gravitational Microlensing
Author(s)	近藤, 依央菜
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92191
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　近藤　依央菜　）	
論文題名	Exoplanet Search toward the Inner Bulge of the Milky Way via Gravitational Microlensing (重力マイクロレンズ法を用いた天の川銀河中心領域における太陽系外惑星探査)

論文内容の要旨

現在までに5200個以上の太陽系外惑星が発見されており、9割は海王星質量～木星質量の重くて主星に近い軌道を持つ惑星である。一方、マイクロレンズ法は、雪線以遠の地球質量程度の惑星まで感度を持つ唯一の方法で、他の手法と相補的である。雪線とはH_2Oが氷になる境界で、その外側では惑星形成が活発になると理論的に予測されている。Suzuki et al. (2016) ではマイクロレンズ法で発見した29個の惑星から惑星質量比に対する存在頻度分布を測定し、海王星質量比の惑星が最も多いことを初めて解明した。

しかし、マイクロレンズ法は確率的な増光現象を利用するため発見された惑星数は140個程度と少ない。また、低質量比の惑星発見数がさらに少ないため、存在頻度分布の低質量比側は制限がつけられていない。そこで本論文の目的は将来の統計解析のために、低質量比惑星を含むマイクロレンズ惑星サンプルを増やすこととする。

本研究ではまず、地上望遠鏡と*Spitzer* 宇宙望遠鏡で同時観測されたマイクロレンズイベントOGLE-2018-BLG-1185の解析を行った。増光曲線のモデリングにより質量比は$q{\sim}6.9\times10^{-5}$と非常に小さいことがわかった。*Spitzer* 宇宙望遠鏡で観測されたシグナルはわずかだったがスペースパララックスの分布を得ることができた。まず地上望遠鏡のみのデータから得られた制限で銀河系モデルを事前確率としベイズ推定を行った結果、レンズ系は$M_{host}{\sim}0.37M_{\odot}$のM型星に付随する$m_p{\sim}8.4M_{\oplus}$のスーパーアースである可能性が高いことがわかった。しかし、スペースパララックスの制限も含めると、レンズ系は$M_{host}{\sim}0.09M_{\odot}$のM型星に付随する$m_p{\sim}2.1M_{\oplus}$のスーパーアースである可能性が高いことがわかった。将来の高解像度撮像による追観測でレンズ系の質量により強い制限が与えられることが期待される。

さらに、本研究では、新しい近赤外線望遠鏡によるマイクロレンズ探査の惑星発見数とマイクロレンズイベント検出数を見積もった。PRIME(PRime-focus Infrared Microlensing Experiment)望遠鏡は世界で初めて近赤外線でマイクロレンズ系外惑星探査を行う。近赤外線では、従来の可視光では不可能だった星間減光が強い銀河系中心近くの星数密度の高い領域を観測可能である。PRIMEによるマイクロレンズ探査の主要目的は、銀河系中心付近のイベントレートを測定し、将来のRoman宇宙望遠鏡の観測戦略最適化への貢献と、世界で初めての銀河系中心付近での惑星存在頻度分布の測定である。銀河系中心方向に最適化された銀河系モデルを使用してPRIMEのマイクロレンズ観測をシミュレーションを行い、惑星発見数と発見できる惑星の質量範囲を異なる観測戦略で見積もった。その結果、PRIMEは1年間で42-52個の惑星($M_p \le 1M_{\oplus}$が1-2個、$1M_{\oplus} \le M_p \le 100M_{\oplus}$が22-25個、$100M_{\oplus} \le M_p \le 10000M_{\oplus}$が19-25個)を発見できることが分かった。このシミュレーションの結果はPRIME望遠鏡の最初の観測戦略の選定に役立ち、また実際の観測結果と比較することで使用した銀河系モデルや仮定した惑星存在頻度分布等に制限を与えられると期待できる。

これら二つの研究は将来のマイクロレンズ統計解析に貢献するだけでなく、スペースパララックスの解析や系統誤差の理解、及びRomanの観測戦略の最適化という点で将来のRoman宇宙望遠鏡によるマイクロレンズ探査にも貢献すると期待される。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　近藤 依央菜　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	住　貴宏
	副 査　教授	松本　浩典
	副 査　教授	佐々木　晶
	副 査　准教授	井上　芳幸
	副 査　助教	増田　賢人

論文審査の結果の要旨

博士論文 Exoplanet Search toward the Inner Bulge of the Milky Way via Gravitational Microlensing（重力マイクロレンズ法を用いた天の川銀河系中心領域における太陽系外惑星探査）の論文審査の結果の要旨は次のとおりである。

1995 年に初めて系外惑星が発見されて以来、これまでに 5000 個以上の系外惑星が発見されている。しかし、ほとんどは太陽系惑星とは異なる軌道長半径や質量を持ち、軌道周期が長く質量が小さい惑星の分布はまだ理解が進んでいない。惑星形成の標準理論では、主星から離れた領域で惑星形成が活発になると予測されており、観測的にこの領域の惑星分布を解明する事で理論に重要な示唆を与える事が期待される。重力マイクロレンズ法は、主星から遠くの軽い惑星にも感度があるユニークな手法である。

重力マイクロレンズ法は、レンズ天体が、背景天体の前を通過する際に、その重力によって背景天体からの光を曲げて、増光させる現象である。レンズ天体の周りに惑星が付随すると、その重力により増光にズレが生じる。これを観測することで惑星を検出できる。ただ、レンズ天体の物理量(質量や距離)は一般的には求まらず、これが当分野の最重要課題の１つになっている。しかし、光度曲線上で高次効果が検出できた場合はモデル解析から物理量を直接決定できる。

本研究では、地上望遠鏡と Spitzer 宇宙望遠鏡で同時観測されたマイクロレンズイベント OGLE-2018-BLG-1185 の解析を行った。地上望遠鏡の増光曲線から、このレンズ系は、惑星と主星の質量比が 6.9×10^{-5} と非常に軽い惑星系であることを発見した。また、地上望遠鏡と Spitzer 宇宙望遠鏡で観測された光度曲線の差である「スペースパララックス」の観測に成功し、その惑星質量に制限を与えることに成功した。地上望遠鏡のデータのみを用いた結果と、Spitzer のデータを合わせた結果ともに、レンズ系はＭ型星に付随するスーパーアースであることを示した。これは今後の統計解析に重要なサンプルの一つとなる。地上観測のみの結果と、Spitzer データを合わせた結果との比較に基づき、Spitzer のようなスペースからのデータの取り扱いに注意が必要であることを指摘し、将来のスペースからの観測へ向けた重要な知見を得た。さらに、将来の高解像度撮像による追観測で２つの異なるシナリオを見分けることができるとことを示した。

さらに、本研究では、新しい PRIME 近赤外線望遠鏡によるマイクロレンズ探査の惑星発見数とマイクロレンズイベント検出数を、シミュレーションによって見積もった。このシミュレーションの結果は PRIME 望遠鏡の最初の観測戦略の選定に役立ち、また実際の観測結果と比較することで使用した銀河系モデルや仮定した惑星存在頻度分布等に制限を与えられると期待でき、重要な成果である。

この様に、本研究は、系外惑星の研究に重要で独創的な成果であり、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。