OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Exploring Exoplanets with Detailed Analysis of Gravitational Microlensing Events including High-order Effects
Author(s)	宮﨑, 翔太
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82042
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　（　　宮崎　翔太　　）	
論文題名	Exploring Exoplanets with Detailed Analysis of Gravitational Microlensing Events including High-order Effects （高次効果を用いた重力マイクロレンズイベントの詳細解析による系外惑星の研究）

論文内容の要旨

これまで4000個以上の太陽系外惑星が発見されているが、その大半が主星近傍を周回する短周期惑星系であり、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、他の手法では検出が難しい長周期の軽い惑星にまで検出感度のある唯一の手法である。

重力マイクロレンズは、光源星(ソース)の前をレンズ天体が横切る事でソースが一時的に増光する現象である。レンズに惑星が付随していると光度曲線上に偏差が観測される場合があり、それをモデル解析する事で惑星を発見する事ができる。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、マイクロレンズイベントOGLE-2013-BLG-0911の光度曲線をモデル解析し、主星/伴星質量比0.03の巨大ガス惑星を検出した。そして、詳細解析から高次効果を検出する事に成功し、レンズ系が主星質量$0.30^{+0.08}_{-0.06}M_{sun}$、惑星質量$10.1^{+2.9}_{-2.2}M_{Jup}$のM型星に付随する巨大ガス惑星系である事を観測量から直接導いた。さらに、ソース天体の公転運動の高次効果である「Xallarap効果」を検出する事に成功し、ソース系がG型星とM型星の短周期連星系である事を導いた。Xallarap効果からソースに付随する天体の物理量を精度よく導いたのは本研究が初であり、この効果でソース伴星の探査が可能である事の実証を行った。

さらに、本研究ではXallarap効果を用いた新たな惑星探査の手法を提案した。本提案手法を2020年代にNASAが打ち上げ予定のRoman望遠鏡の観測データに適用する事で、従来手法では探査が不可能であった「銀河系中心領域の短周期惑星系」を探査できる事を示した。Roman望遠鏡の観測と本手法を組み合わせる事で、銀河系中心領域の短周期惑星・連星系の形成過程について示唆が得られる事が期待される。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　宮﨑　翔太　）	
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教授	住　貴宏
	副 査　教授	松本　浩典
	副 査　教授	長峯　健太郎
	副 査　教授	佐々木　晶
	副 査　准教授	井上　芳幸

論文審査の結果の要旨

1995 年に初めて太陽以外の恒星の周りを回る惑星、系外惑星が発見されて、これまでに 4000 個以上の系外惑星が発見されているが、その大半が主星近傍を周回する短周期惑星系であり、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、他の視線速度法、トランジット法、直接撮像法と相補的で、より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、申請者は、マイクロレンズイベント OGLE-2013-BLG-0911 の光度曲線をモデル解析し、主星/伴星質量比 0.03 の巨大ガス惑星を検出した。そして、詳細解析から高次効果を検出する事に成功し、レンズ系が主星質量$0.3^{+0.08}_{-0.06}$太陽質量、惑星質量$10.1^{+2.9}_{-2.2}$木製質量の M 型星に付随する巨大ガス惑星系である事を観測量から直接導いた。さらに、ソース天体が連星であり、その公転運動の高次効果である「Xallarap 効果」を検出する事に成功し、ソース系が G 型星と M 型星の短周期連星系である事を導いた。Xallarap 効果からソースに付随する天体の物理量を精度よく導いたのは本研究が初であり、この効果でソース伴星の探査が可能である事の実証を行った。

さらに、申請者は上記の研究から発想を得て、Xallarap 効果を用いた新たな惑星探査の手法を提案した。本提案手法を 2020 年代に打ち上げ予定の Roman 望遠鏡の観測データに適用する事で、従来手法では探査が不可能であった「銀河系中心領域の短周期惑星系」を探査できる事を示した。Roman 望遠鏡の観測と本手法を組み合わせる事で、銀河系中心領域の短周期惑星・連星系の形成過程について情報が得られる事が期待される。これは、Roman 望遠鏡の従来の観測対象である、レンズ星周りの長周期惑星とは異なるパラメーター領域で、惑星系形成過程の解明のために相補的な情報を得られる。本提案は、申請者が独自に発案し、数値計算により証明した非常にユニークなもので、NASA Roman 宇宙望遠鏡 home page や一部オンラインメディアでも紹介された。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。