

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系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いるが、それらのほとんどは太陽系惑星と異なる軌道長半径や質量を持つ。このような惑星系の多様性を理解するためには、惑星系の形成・進化過程の解明が必要である。また、発見された太陽系外惑星の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、主星から比較的離れた雪線以遠の地球質量程度の低質量惑星や、主星の周りを回っていない自由浮遊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H₂Oが氷になる境界で、雪線以遠では惑星形成が活発になると理論的に予測されている。

マイクロレンズは天球上でソース天体(光源星)の手前をレンズ天体(惑星系)が横切る時に起こる一時的な増光現象である。確率的な現象を利用するため発見された惑星数は130個程度と少ない。また、増光曲線からえられるのは一般的にレンズ系の質量比のみで、質量や距離の導出には特別な観測量を得ることが必要である。

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。地上望遠鏡の増光曲線から有限ソース効果を検出でき、また質量比は $q \sim 6.9 \times 10^{-5}$ 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。観測量「スペースパララックス」は、地上と宇宙でマイクロレンズイベントを同時観測することで、その視点の違いを利用して測定できる。「スペースパララックス」はレンズ系の質量と距離の情報を持つ重要な観測量で、この観測量を多くの惑星で測定するために2014-2019年の期間に地上望遠鏡と*Spitzer* 宇宙望遠鏡での同時観測キャンペーンが行われた。*Spitzer* 宇宙望遠鏡でスペースパララックス効果が検出できた惑星イベントは十数イベントと少ないが、将来*Roman*宇宙望遠鏡と地上望遠鏡を用いてこの効果を利用して多くの惑星イベントに対して質量と距離を直接求めることができる期待される。したがって将来のマイクロレンズ探査を行うにあたって、「スペースパララックス」を含むモデリングに関する知見を深めることが重要である。本イベントでは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。その結果、レンズ系は $M_{host} = 0.37^{+0.35}_{-0.21} M_{\odot}$ のM型星に付随する $m_p = 8.4^{+7.9}_{-4.7} M_{\oplus}$ 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」の制限も含めてベイズ推定を行うと、レンズ系は $M_{host} = 0.09^{+0.06}_{-0.02} M_{\odot}$ のM型星に付随する $m_p = 2.1^{+1.5}_{-0.4} M_{\oplus}$ 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2つの異なるシナリオを見分け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)望遠鏡は近赤外線で最大級の視野を持ち、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の決定のための手助けを行うことと、銀河系中心付近での惑星分布を世界で初めて明らかにすることである。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4つの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($M_p \leq 1M_{\oplus}$ が1-2個、 $1M_{\oplus} \leq M_p \leq 100M_{\oplus}$ が22-25個、 $100M_{\oplus} \leq M_p \leq 10000M_{\oplus}$ 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。