



Title	Influence of Short Period Xallarap Effect on Binary Lens Parameters in the Analysis of OGLE-2019-BLG-0825
Author(s)	佐藤, 佑樹
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/95937">https://doi.org/10.18910/95937</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名 ( 佐藤 佑樹 )

論文題名

Influence of Short Period Xallarap Effect on Binary Lens Parameters in the Analysis of OGLE-2019-BLG-0825  
(OGLE-2019-BLG-0825の解析における短周期ザララップ効果が連星レンズパラメータに与える影響)

## 論文内容の要旨

重力マイクロレンズ現象とは、光源となる天体（以下、光源星）と観測者の間を重力源（以下、レンズ天体）が横切る際、レンズ天体の重力によって光源星の光が曲げられ、光源星の明るさが時間変化して観測される現象のことである。本研究では、銀河系中心方向で観測された重力マイクロレンズ現象OGLE-2019-BLG-0825の詳細解析を行った。チリで探査を行っているOGLEや、ニュージーランドで探査を行なっているMOA、チリ・オーストラリア・南アフリカ共和国で探査を行っているKMTNetが本イベントをそれぞれ独立して発見している。さらにチリのDanish望遠鏡でfollow-up観測が行われた。解析にはこれらの研究グループの測光データを用いた。

重力マイクロレンズ現象で考えられる様々な高次効果やそれらの組み合わせの検討を行った結果、光源星に伴星がいて、共通重心を公転しているという効果(以下、xallarap効果)を入れたモデルで、観測された光度曲線をよく説明できることが分かった。さらに光源星の観測された色等級と、恒星進化の等時曲線を用いて、光源連星系の物理量推定を行った。以上の解析の結果、太陽型主星の周りを約5.5日で公転する、軌道長半径が約0.06au、質量が約0.05 $M_{\odot}$ の褐色矮星OGLE-2019-BLG-0825Sbの発見に成功した。

この光源伴星OGLE-2019-BLG-0825Sbは重力マイクロレンズ法を用いて発見された褐色矮星としては、最も軌道長半径が小さい。さらに重力マイクロレンズ現象の光源星系で発見された、初めての褐色矮星である。光源主星OGLE-2019-BLG-0825Sのような太陽型星において、褐色矮星伴星は100個以下しか発見されておらず、このパラメータ領域は褐色矮星砂漠と言われている。褐色矮星砂漠においても、特に軌道周期100日以下の褐色矮星はほとんど見つかっていない。したがってOGLE-2019-BLG-0825Sbは、褐色矮星砂漠の最も乾燥した領域の住人であり、褐色矮星伴星の形成を調べる上で非常に貴重なサンプルとなる。またxallarap効果の検出が、通常難しい銀河系中心部に存在する褐色矮星の発見や、詳細な物理量推定につながる可能性を示した点で、今回の物理量推定の成功は非常に意義深い。

本解析では xallarap 効果を入れる前後で、レンズ系の主星伴星質量比 $q$ とアインシュタイン半径で規格化した主星伴星距離 $s$ の $\Delta\chi^2$ 平面が大きく変化するという発見があった。本発見は $q, s$ の格子状の組み合わせをそれぞれ初期値に入れて高次効果の検証を行ったという、新規性によるものが大きい。その結果、質量比 $q$ の最適解が $\sim 10^{-3}$ から $\sim 10^{-1}$ に移り、低質量惑星候補だった初期解析と異なる値の推定や不定性の正しい評価を行うことに成功した。従来の重力マイクロレンズ現象の解析では、xallarap効果がレンズ系パラメータに与える影響は小さいと考えられていた。それに対して本研究は、短周期の光源連星の公転による光度変動が、レンズ系伴星のパラメータに影響を与えることを、初めて示した。この事実はxallarap効果を考慮しない解析が、重力マイクロレンズ法による惑星の偽検出や、間違った物理量の推定につながる可能性を示している。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 佐 藤 佑 樹 )		
	(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 寺田 健太郎
	副 査	助教 鈴木 大介

## 論文審査の結果の要旨

博士論文 Influence of Short Period Xallarap Effect on Binary Lens Parameters in the Analysis of OGLE-2019-BLG-0825 (OGLE-2019-BLG-0825 の解析における短周期ザララップ効果が連星レンズパラメータに与える影響) 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。一方で、惑星と恒星の中間の質量を持つ褐色矮星は、主星に近い領域ではあまり存在しない(褐色矮星砂漠)と言われている。観測的にこの領域の惑星及び褐色矮星の分布を解明する事でそれらの形成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、惑星や褐色矮星に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。

本研究では、重力マイクロレンズイベント OGLE-2019-BLG-0825 を解析した。本研究に先立ち行われた即時解析から、レンズ系は主星との質量比 $q \sim 10^{-3}$ の惑星で構成される系であると予想されていた。その後、本研究で行った連星レンズのモデルの解析でもその結果を確認することができたが、モデルと観測データに系統的な残差があることが分かった。そこで、重力マイクロレンズ現象で考えられる様々な高次効果やそれらの組み合わせの検討を行った。その結果、光源星に伴星がいて、共通重心を公転しているという効果(以下、xallarap 効果)を入れたモデルで、観測された光度曲線をよく説明できることが分かった。さらに光源星の観測された色等級と、恒星進化の等時曲線を用いて、光源連星系の物理量推定を行った。以上の解析の結果、太陽型主星の周りを約5.5日で公転する、軌道長半径が約0.06au、質量が約 $0.05M_{\odot}$ の褐色矮星 OGLE-2019-BLG-0825Sb の発見に成功した。この光源伴星 OGLE-2019-BLG-0825Sb は重力マイクロレンズ法を用いて発見された褐色矮星としては、最も軌道長半径が小さい。さらに重力マイクロレンズ現象の光源星系で発見された、初めての褐色矮星である。太陽型星において、特に軌道周期100日以下の褐色矮星はこれまでほとんど見つかっていおらず、褐色矮星伴星の形成を調べる上で非常に貴重なサンプルとなる。また、この結果は、xallarap 効果を考慮しない解析が、重力マイクロレンズ法による惑星の偽検出や、間違った物理量の推定につながる可能性も示している。つまり、今後のレンズ系物理量推定における xallarap 効果検証の必要性を強く示唆しており、今後の惑星存在頻度分布等の解明においても、非常に重要な成果である。

この様に、本研究は、褐色矮星及び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。