



Title	Search for Exoplanets and Compact Objects in the Milky Way through Gravitational Microlensing
Author(s)	桐川, 凜太郎
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/96418">https://hdl.handle.net/11094/96418</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*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 ( 桐 川 凜 太 朗 )

## 論文題名

Search for Exoplanets and Compact Objects in the Milky Way through Gravitational Microlensing  
(重力マイクロレンズ法を用いた天の川銀河内の太陽系外惑星・コンパクト天体探査)

## 論文内容の要旨

重力マイクロレンズ法は太陽系外惑星、褐色矮星、コンパクト天体などの暗い天体を検出することが可能な、数少ない天体発見手法である。2004年にマイクロレンズ法で初めて惑星が発見されて以来、現在までに本手法で発見された惑星数は200個を超える。これに対して、コンパクト天体がマイクロレンズ法によって発見され始めたのは最近になってからである。2021年に白色矮星を主星とする惑星系が初めて本手法で発見され、続く2022年には伴星を持たない孤立したブラックホールの発見が世界で初めて報告された。これまでにマイクロレンズ法による発見が認められたコンパクト天体は、この白色矮星系と孤立ブラックホールの2例である。また、本手法は恒星質量ブラックホールと超大質量ブラックホール間のミッシングリンクとして知られる、中間質量ブラックホール( $10^2 - 10^5 M_{\odot}$ )の探査にも有効である。しかし、これまでに候補天体すら発見されていない。

本研究では2014年に惑星候補イベントとして発見されたマイクロレンズイベントOGLE-2014-BLG-0221の解析を行った。光度曲線のモデル解析の結果、発見天体が木星質量比の連星系であることを示す2つのモデルが存在することがわかった。また、どちらのモデルも長周期であったため、発見天体の質量が大きい可能性が示唆された。銀河系モデルを事前確率にベイズ推定を行った結果、発見天体がコンパクト天体候補であり、恒星・白色矮星・中性子星を主星に持つ惑星またはブラックホールを主星に持つ褐色矮星・低質量星による系であることが明らかになった。主星が白色矮星の場合はマイクロレンズ法で発見された2例目の惑星-コンパクト天体系であり、ブラックホールの場合はこれまで見つかった中で最も連星間距離の離れたブラックホール連星であると考えられる。また、将来観測によって主星が恒星である場合とコンパクト天体である場合の異なるシナリオを切り分けられる可能性を示した。本研究ではさらにマイクロレンズ法によるコンパクト天体の発見を目的として、MOAグループが2006-2014年の9年間のマイクロレンズサーベイで発見した6111個のマイクロレンズ候補イベントの解析を行った。特に、最も増光期間の長い3イベント(MOA-9y-95, MOA-9y-1170, MOA-9y-2247)に対して詳細解析を行った結果、3イベント中2イベントがコンパクト天体候補であり、ブラックホールである可能性が最も高いことが明らかになった。その中でも最も長周期のMOA-9y-95は発見天体が中間質量ブラックホールである可能性を示唆しており、現在も増光が続いているため今後の測光、分光および高分解能観測による検証が重要である。また、既に増光が終了して10年以上が経つMOA-9y-1170とMOA-9y-2247について、高分解能観測による発見天体と背景天体の分離の可能性の検討を行ったところ、MOA-9y-1170は発見天体が背景天体に比べて暗すぎ、MOA-9y-2247は現在の離角が小さすぎるため、高分解能観測による分離が可能となるにはまだ時間を要する可能性が高いと結論づけられた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 桐 川 凜太郎 )		
	(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 近藤 忠
	副 査	助教 鈴木 大介

## 論文審査の結果の要旨

博士論文：Search for Exoplanets and Compact Objects in the Milky Way through Gravitational Microlensing（重力マイクロレンズ法を用いた天の川銀河内の太陽系外惑星・コンパクト天体探査）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。重力マイクロレンズ法は太陽系外惑星、褐色矮星、コンパクト天体などの暗い天体を検出することが可能な、数少ない天体発見手法である。2004年にマイクロレンズ法で初めて惑星が発見されて以来、現在までに本手法で200個以上発見されている。しかし、恒星進化の最終段階であるコンパクト天体の周りを回る惑星は、2021年に白色矮星を主星とする惑星系が初めて本手法で発見されたのみである。また、伴星を持たない孤立したブラックホールの発見は、2022年に世界で初めて報告されたのみである。この様なコンパクト天体の存在量、またその周りの惑星存在量は、まだ良く分かっていない。本研究は、惑星質量比の伴星を持つ系を発見し、その主星は白色矮星、中性子星、ブラックホール等のコンパクト天体である可能性が高いこと示した点は非常に重要である。

本研究はマイクロレンズイベント OGLE-2014-BLG-0221 の解析を行った結果、レンズ天体が木星質量比の連星系である2つのモデルを発見した。これらの増光期間は長いため、レンズ天体の質量は大きい可能性が高い。銀河系モデルを事前確率にベイズ推定を行った結果、レンズ天体がコンパクト天体候補であり、恒星・白色矮星・中性子星を主星に持つ惑星またはブラックホールを主星に持つ褐色矮星・低質量星による系であることを明らかにした。主星が白色矮星の場合はマイクロレンズ法で発見された2例目の惑星-コンパクト天体系であり、ブラックホールの場合はこれまで見つかった中で最も連星間距離の離れたブラックホール連星であると考えられる。さらに、将来観測によって主星が恒星かコンパクト天体であるかを切り分けられる可能性を示した。本研究はさらにマイクロレンズ法によるコンパクト天体の発見を目的として、MOAグループが2006-2014年の9年間に発見した6111個のマイクロレンズイベントの解析を行った。特に、最も増光期間の長い3イベント(MOA-9y-95、MOA-9y-1170、MOA-9y-2247)に対して詳細解析を行った結果、3イベント中2イベントがコンパクト天体候補であり、ブラックホールである可能性が高いことを示した。その中で最も増光期間の長いMOA-9y-95は中間質量ブラックホールである可能性があり、現在も増光が継続しているため今後の測光、分光および高分解能観測による検証が重要である。また、他の2イベントについても、高分解能観測によるレンズ天体の同定の検討を行った。これらは、コンパクト天体周りの伴星の形成過程の研究において、非常に重要な成果である。

この様に、本研究は、コンパクト天体及びその周りの惑星質量比伴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。