

氏 名	よね はら あつ のり 米 原 厚 憲
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2300 号
学位授与の日付	平成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Microlensing Diagnosis of Quasar Structure (クエーサーの構造のマイクロレンズ現象による診断)

論文調査委員 (主 査) 助教授 嶺 重 慎 教 授 舞 原 俊 憲 教 授 稲 垣 省 五

論 文 内 容 の 要 旨

申請者は、クエーサー中心のブラックホールをとりまくガス円盤の構造を、重力マイクロレンズ現象を利用することにより明らかにする方法論を確立し、これを実際の観測結果に適用して、莫大なエネルギーの放射領域の大きさに制限を与えることに成功した。

クエーサーをはじめとする活動銀河核の中心部には、超巨大ブラックホールとそれを取り巻く回転ガス円盤(降着円盤と呼ばれる)が存在すると考えられている。しかし、その降着円盤の見かけ上の大きさは、わずか $1\mu\text{as}$ (マイクロ秒角)にすぎず、既存のいかなる観測機器を用いても、その構造を直接空間分解することは事実上不可能である。

ところで、クエーサーの前を、太陽程度の質量の天体が横切ることによって起きるマイクロレンズ現象では、アインシュタインリング半径と呼ばれる、ごく小さな領域が選択的に増光される。その大きさは場合により $1\mu\text{as}$ 程度になる。すなわち、クエーサーのマイクロレンズ現象が起きてクエーサー中心のごく狭い領域からの光を順に増幅させていくと、降着円盤中心の放射分布が、全放射量の時間変化に焼き直されて観測されることになる。この光度曲線から、ソースの空間構造を暴くことが可能となるのである。申請者は、このマイクロレンズ現象を使えば、望遠鏡で分解できない微細構造を明らかにできるのではないかと考え、研究を行った。

ターゲットはアインシュタインクロス(Q2237+0305)と呼ばれる天体である。これは、遠方($z\sim 1.7$)にあるクエーサーが近傍($z\sim 0.04$)の銀河による重力レンズ効果(マクロレンズ)を受けて4つの像に観測されているもので、それぞれの像からの光の伝搬時間が一日以下の精度で一致するため、クエーサー自身の光度変動とマイクロレンズを容易に区別できる。すなわち、クエーサー自身に起因する光度変動は全ての像においてほぼ同時に同様の変動を引き起こし、マイクロレンズによる変動は、それぞれの像で独立な光度変動を引き起こすからである。実際このソースでは、これまで何例ものマイクロレンズ現象が発見されている。

最近になってOGLEとよばれるグループが、このクエーサーにおける新たなマイクロレンズ現象を捕えた。この観測データを用いて、申請者は光度曲線の再現を試みた。簡単のため、光源は有限のサイズを持つが輝度は一定と仮定し、また増光のパターンに関しては、大きな増光を示す典型的なパターンの解析的な近似式を適用した。そして、光源のサイズ、増光のパターンに対する速度などをパラメーターとし、理想的な場合のマイクロレンズ現象時の光度曲線を計算した後、観測データと比較し、ベストフィットモデルを見出した。この結果、天体の質量を0.1倍の太陽質量程度、ハッブル定数を 70km/s/Mpc として通常の宇宙論パラメータを仮定すると、光源の大きさは2000天文単位(太陽系のサイズの約20倍)より小さくなくてはならないことがわかった。すなわち、クエーサー中心部に、主な輻射源としてブラックホールと降着円盤があることを、今までにない確かさで証明することができた。

論文審査の結果の要旨

クエーサーからの莫大なエネルギー放出は、ブラックホールへのガス降着に由来すると一般に信じられている。その証明は現代天文学の大きな課題の一つであるが、とてもブラックホールのまわりを望遠鏡で分解することは不可能であり、何らか別の手段が必要となる。

ところで、アインシュタインによる一般相対性理論の理論的帰結の一つに、強い重力による光の行路の折れ曲がりがある。これを重力レンズとよび、実際、遠方の天体の像が、より近くの天体による重力レンズを受けてアーチ状に引き延ばされたり、多重像として観測されるケースが続々と見つかっている。これらはマクロレンズと呼ばれる現象であるが、マクロレンズを起こす大質量天体（例えば銀河）の中の小質量天体（例えば星）が、マクロレンズ像のごく一部の領域に対して重力レンズ効果を及ぼすと、重力レンズは像全体の増光として観測される。これがマイクロレンズ現象である。この場合、レンズ天体がクエーサー像の前を通過していくことにより、クエーサー像の明るさが刻一刻変化することになる。光度変動曲線は光源のサイズや輝度分布に依存するため、マイクロレンズ現象時の光度変動から降着円盤の構造を知ることが可能となる。

申請者はこの点に注目し、クエーサー中心のマイクロレンズ現象を用いて、降着円盤構造を明らかにする手法を確立し、現実には得られた光度曲線から、ソースサイズに、今までにない小さな制限を与えることができたことは、画期的な成果と高く評価できる。

申請者は具体的には、1999年夏にアインシュタインクロスにみられたマイクロレンズ現象に注目した。時間に対し対称的な光度変化から、この現象はコースティックと呼ばれるマイクロレンズ増光パターン曲線をまっすぐ横切ったもの、あるいはカスプ状にとがったコースティックの先端をかすめたものといったいくつかの可能性が考えられる。申請者は、考えられる限りあらゆるコースティックパターンをすべて考慮して、それぞれについてソースサイズに対する制限を求め、一番大きなケースでも2000AU、もっともありそうなケースについては、さらに一桁小さい制限を与えることに成功した。これは、メーザーを用いたクエーサー中心の質量集中のサイズをはるかに下回るもので、重力レンズモデルの不定性を考慮しても、ブラックホール降着流の、一番確かな証拠というべきものである。まさに、世界的にも誇れる優れた結果といえる。

以上、マイクロレンズのもつ潜在的可能性をクエーサー中心の物理理解にうまく組み合わせて一連の仕事をなしとげ、両分野にユニークな研究分野を切り開いた功績は大きく、本論文は当該分野における極めて重要な成果と位置づけられる。よって、本申請論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認めた。なお、本論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。