

論文審査の結果の要旨

氏名 大栗 真宗

強い重力レンズ現象とは、銀河団などの天体の重力場により背景にある銀河が非常に歪んだアーク状に観測されたり、背景のもともと1つのクエーサーが複数像として観測される現象のことである。この現象は一般相対性理論から予想される現象であり、宇宙の質量密度分布を直接測定できるため、宇宙論の研究に幅広く応用されている。特に通常の電磁波を用いた観測で直接観測できない宇宙の暗黒物質の研究に有力な手法とされている。

論文は八章から構成されている。研究の背景を簡単に説明する序章にはじまり、第二章と第三章において現在の構造形成の標準理論である冷たい暗黒物質モデル(CDMモデル)の成功点と問題点の詳細なレビューがなされている。第四章では、本論文で使われる重力レンズモデルについて述べられている。重力レンズの確率の計算において、従来はレンズ天体は球対称であるとして計算されていたが、本論文では非球対称性を取り込んだ三軸不等楕円体モデルの重力レンズ効果を新たに考えている。具体的には、Jing & Suto(2002)において提唱された三軸不等楕円体モデルを使い、楕円体を任意の方向に投影し、重力レンズ断面積をモンテカルロ法を用いて計算する方法を新たに開発した。これにより、CDMモデルが予想する非球対称性とその分布を取り込むことになり、また視線方向の歪みも同時に考慮した計算が可能となっている。

主要な成果は第五章から第七章に記述されている。第五章において、第4章で構築した非球対称重力レンズモデルを用いた重力レンズアークの統計が行なわれている。非球対称モデルと球対称モデルのそれぞれにおいて銀河団中のアークの数を計算し、非球対称モデルの場合予想されるアーク数が三倍から一桁増えることを示し、アーク統計の理論予言において非球対称性を考慮することが必要不可欠であることを指摘した。さらに、銀河団中のアークの観測数と今回の理論予言を比較し、CDMモデルを仮定した非球対称モデルによって観測を説明できることを示している。本論文では、銀河団の選択効果や背景銀河の数密度の不定性などについても慎重に議論がなされており、信頼性の高い結果であると言える。

第六章では、同じモデルを用いてクエーサーの大分離角重力レンズ確率を計算している。この章では、全重力レンズ確率の計算だけでなく重力レンズの複

数像の個数の統計も新たに考えている。主な結論は、非球対称性が全重力レンズ確率を数倍増やすこと、および発見例の極めて少ない三個の複数像を持つ大分離角重力レンズが無視できない割合で観測されるであろうという二点である。特に、像の個数の統計は従来の球対称モデルでは予言することのできなかつた新しい統計であり、本論文においてそれが CDM モデルを検証する極めて強力な統計となることが示されている。第七章では、SDSS のデータを使った初の大分離角クエーサー重力レンズ SDSS J1004+4112 の発見とその理論的示唆が述べられている。まず SDSS のデータを用いた探索方法と候補天体の発見、他の大型望遠鏡を用いた追観測の解析結果が詳細に述べられ、この天体が重力レンズ天体に間違いのないであろうことが議論されている。次に、第六章で計算された理論予言と今回の発見を比較し、SDSS J1004+4112 が四重像であること、および約三万個の SDSS クエーサーの探索から発見されたことのいずれも CDM モデルの予言と良く一致していることが示されている。

第八章では以上の結果をまとめて、重力レンズアークの統計とクエーサーの大分離角重力レンズ統計のいずれも CDM モデルに基づく理論予言と観測が良く一致しており、従って CDM モデルは強非線形領域においても観測を良く説明するモデルであると結論づけられている。

以上述べたように、本論文は重力レンズ統計において非対称性を考慮することの重要性を指摘し、観測データを説明する上でも本質的であることを示した。また、これまで観測例のなかつた大分離角クエーサー重力レンズを初めて発見し、暗黒物質研究の新たな道を切り開いた。さらに、重力レンズ像の個数の統計というこれまでにはなかつた新たな統計手法の提案も行っている。いずれの研究も、いまだに謎の多い暗黒物質の性質に迫る上で重要な知見となるものであり、その宇宙物理学に対する貢献は大きい。本論文の主要部分の内容は、Jounghun Lee、須藤靖、Charles R. Keeton、SDSS 研究グループとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって定式化、解析および考察を行っており、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

また、本論文の内容は理論計算、観測データの解析、大型望遠鏡による実際の観測と宇宙物理学の研究において必要となる幅広い手法を駆使しており、関連分野の研究者との共同研究も積極的に行い、主導的役割を果たしている。よって、本論文提出者は修業年限特例にふさわしい卓越した研究遂行能力を備えているものと認められる。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。