

論文審査の結果の要旨

氏名 稲田直久

一般相対性理論によると、物体の重力はその物体の周りの時空の「歪み」として記述される。時空の歪みは時空を通過する光の経路を曲げる。銀河や銀河団などの大質量の天体の背景に銀河やクエーサーが存在すると、その光の経路は強く曲げられ、見かけ上の像を歪め、1つの天体が複数の像として観測されるような現象がもたらされる。このような天体現象を「重力レンズ現象」と呼び、とくに重力レンズの影響をうけたクエーサーは「重力レンズクエーサー」あるいは、レンズクエーサーと呼ばれる。

重力レンズ現象は宇宙物理学において主として、(1) 光を出さない暗黒物質を含めたレンズ天体の全質量分布の測定、(2) レンズによる拡大（増光）を利用した遠方天体の研究、(3) レンズ天体と被レンズ天体の空間密度などレンズ現象の統計的議論からの宇宙の大構造への制限と宇宙論モデルの検証、という3つの側面から重要である。

レンズクエーサーを宇宙論の検証として用いる場合には、大規模でかつ一様なレンズクエーサー探査が必要となる。過去幾つかの電波望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡を用いた探査が行われてきたが、宇宙論検証に十分な広さの探査には至っていない。日本・アメリカ・ドイツの共同プロジェクトであるスローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS) は本来銀河やクエーサーの全天地図を作成するために行われている巨大プロジェクトであるが、その観測領域の広さやデータの一様性からレンズクエーサー探査にも威力を発揮する可能性が指摘されていた。ところが、実際には、SDSSの空間分解能の制限から本論文の研究が行われる以前は、SDSSで重力レンズ天体を発見することができなかった。

本学位論文の主な目的は、(1) 約4万5千個のSDSSクエーサー候補天体の中から、確度の高いレンズクエーサー候補を見落とさなく探し出す方法を確立すること、(2) その方法をSDSSクエーサー候補天体に適応し、レンズクエーサー候補天体をリストアップすること、(3) レンズクエーサー候補天体の中のできるだけ多くに対してSDSSに比べてよい空間分解能を持つ大望遠鏡でfollow up観測を行い、レンズクエーサーを確認しそのリストを作成すること、である。

本論文の中で、論文提出者は、独自の手法による効率の高いレンズクエーサー候補天体探査の方法を考案・確立し、それをSDSSデータに適応した。レンズクエーサーは銀河もしくは銀河群程度の質量のレンズ天体によって、小さな離隔の複数像に分離した小角度レンズクエーサーと、銀河団の大質量によって大角度に分離した大角度レンズクエーサーに分けることができる。これまで、後者は1つも見つかっていない。論文提出者はそれぞれの新しいレンズクエーサー候補を40個および35個探し出した。前者の中に既知のレンズクエーサーはすべて含まれており、これは論文提出者の考案した方法の有効性を示している。次に、論文提出者はこれらの天体のfollow up観測を、SDSS計画の共同研究者たちと共同で進めた。follow up観測はまだ進行中であるが、

11個の小角度レンズクエーサーを新たに発見し、さらに大角度レンズクエーサー1個を史上初めて見つけ出した。

follow up 観測は進行中であり、レンズクエーサーの統計に関する本格的な議論は今後の課題となる。しかし、大角度レンズクエーサーについては、1個発見されただけでも、ある程度の宇宙論モデルの検証が可能である。その結果は、標準的な宇宙論モデルと暗黒物質分布モデルを支持するものであった。

論文提出者は、上記の内容を9章とふたつのAppendicesの論文にまとめている。その第1, 2, 3章はそれぞれ、重力レンズに関する歴史的レビューと重要性の議論、使用した観測データであるSDSSの記述、重力レンズ効果の理論的レビューにあてられ、第4章でSDSSデータからレンズクエーサー候補を効率よく見つけ出す方式を研究・開発しその検証を行っている。第5章と第6章は小角度レンズクエーサー候補とfollow up観測で確認されたレンズクエーサーについて述べられている。第7章では大角度レンズクエーサー候補とfollow up観測で確認された大角度レンズクエーサーの観測結果とそれによる宇宙論モデルの検証が述べられている。第8章では第4章で開発された方法以外で発見された2つのレンズクエーサーの結果が述べられ、第9章に論文全体の結論がまとめられている。最後に、二つのAppendicesではfollow up観測がまとめられている。

本論文で論文提出者は、SDSSデータから重力レンズ天体を抽出する手法を確立し、それを実データに適用しSDSSデータによる重力レンズ天体研究の有効性を示した。本論文は、将来の大規模な重力レンズ天体研究の大きな第一歩となるものである。本論文は宇宙物理学の研究として新規性に富みかつ十分に意義の大きなものであり、研究内容とその結果は博士（理学）の学位に相応しいものである。

また、本論文の研究は、岡村を代表とするSDSSチームとの共同研究であるが、論文の主要な成果である新しいレンズクエーサー探索手法の開発とそのSDSSデータへの適用は論文提出者が独自に行ったものである。follow up観測とその結果の解釈は、これらに比べると共同研究者の寄与が大きいものの、論文提出者がチームをリードしながら研究を進めており、論文提出者の主体性と寄与は博士論文として認めるのに十分であると判断する。

したがって、本論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。