

論文審査の結果の要旨

氏名 白崎 正人

本論文は、6 章からなり、第 1 章は序章として、最近の宇宙論的観測による研究の進展、特にダークマター、ダークエネルギーの正体不明の宇宙のダーク成分の問題がレビューされており、そのあとで宇宙論的重力レンズの観測の位置づけと意義が述べられ、本研究の物理的動機付けが与えられている。

第 2、3 章では、4 章以降に関連する宇宙論、宇宙の構造形成、および宇宙論的重力レンズの基礎的事項がまとめられ、本論文のテーマである宇宙論的重力レンズの観測統計量とダークエネルギー、ダークマターを記述する宇宙論パラメータの関係についてレビューされている。また、本研究では宇宙の構造形成の数値シミュレーションによる重力レンズ観測量の模擬カタログが用いられているが、シミュレーションの詳細およびその方法が述べられている。

第 4 章からが論文提出者の研究に基づく結果が述べられている。宇宙の構造形成の非線形成長による非ガウス性のために、宇宙背景放射などの通常の宇宙論解析で用いられる 2 点相関関数は、重力レンズ場の全ての宇宙論情報を引き出すことができないことが知られている。このため、重力レンズ場から如何に最大限の宇宙論的情報を引き出すことができるか、またどのような統計量を用いれば良いか、という問題は未だ解決されていない。本論文提出者らは、ミンコフスキー汎関数と呼ばれる統計量に着目し、この統計量が如何に重力レンズ場の宇宙論的情報を引き出すことができるかという問題を、数値シミュレーションを用い、注意深く調べた。特に、明るい星などによるマスク、銀河の赤方偏移分布、観測領域の非一様性などの観測的効果も模擬カタログに考慮した。この重力レンズ効果の模擬カタログを用いて仮想実験を行い、ミンコフスキー汎関数が通常の 2 点相関関数に相補的であること、さらに高次相関の非ガウス性の信号を引き出すことができることを示している。開発した方法を Canada-France-Hawaii-Telescope Lens Survey(CFHTLenS) のデータへ適用

し、宇宙論パラメータを制限した。その結果、ミンコフスキー汎関数の測定を加えることにより、2点相関関数による宇宙論的制限を改善することができることが示されている。

第5章では、CFHTLenSデータから復元したダークマターの分布とフェルミガンマ線衛星によるガンマ線背景放射の相相関関数を調べた結果が述べられている。この異なるデータの相相関関数を用いることにより、観測が示唆するダークマターの存在量を説明する、初期宇宙で熱平衡にあり、宇宙の膨張と共に凍結し、残存した未発見素粒子のモデルを制限することができる。本研究の結果は、相相関関数を有意に検出することはできなかったが、これは単純なダークマター素粒子モデルが预言するパラメータ（質量および対消滅断面積）の値と矛盾しない。将来のより広天域の重力レンズサーベイにより、さらに制限を改善することができることが議論されている。

最後に、第6章では、本論文のまとめが述べられている。

このように本論文は、宇宙論重力レンズ観測量からダークマター、ダークエネルギーの性質を解明することを目的とした新たな統計的手法の開発、実際の観測データへの適用、また宇宙論的制限・示唆の導出をまとめたもので、その学問的意義は高いと考えられる。また、現在稼働中、あるいは計画されているより広天域の大規模重力レンズサーベイへの適用も期待できる。なお、本論文4章以降5章までが論文提出者の研究に基づいて書かれており、吉田氏（第4、5章）、浜名氏（4章）、堀内氏（5章）との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。