

論文審査の結果の要旨

氏名 並河 俊弥

本論文は、7章からなり、第1章は序章として、最近の宇宙論的観測の精密化とその中での弱い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なされている。

第2章では、3章以降に関連する宇宙論の基礎的事項とマイクロ波宇宙背景放射(CMB)の非等方性の生成とその観測についてまとめられ、本論文のテーマであるCMBと銀河像の弱い重力レンズ効果についてレビューされている。

第3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。まず、重力場にスカラー、ベクトル、テンソル摂動が存在する場合において、CMBの光の軌道が重力レンズ効果によって曲げられる角度や銀河の像の歪みといった観測量と重力場の摂動を関係づける式の導出が行われている。論文提出者は、これまでの研究で主に考えられてきたスカラー摂動では偶パリティをもった観測量だけしか生じないが、ベクトル、テンソル摂動では奇パリティ成分も生じることに着目し、観測量が偶・奇パリティ両方を含んだ場合に従来の議論を拡張し、定式化を行っている。

第4章では、第3章で導出された表式を基にFisher解析を用いて、偶パリティ成分を利用したニュートリノ質量の制限の可能性、さらに、奇パリティ成分を生み出すインフレーション起源の重力波や大統一理論・超弦理論で予言される宇宙紐の検証可能性について述べられ、ニュートリノの質量和が 0.1eV であれば 2σ レベルで質量のない場合を棄却できること、重力波については検出が容易でないが、宇宙紐に関しては将来の観測で検証できる可能性があることが示さ

れている。

第5章では、CMBの重力レンズによる曲がり角が偶・奇パリティ成分両方を含む場合にそれぞれの成分を推定する手法が導出されている。従来、CMBの弱い重力レンズ測定では曲がり角の偶パリティ成分を推定する手法は存在したが、奇パリティ成分の推定は経験的に導かれたものしかなく、また、偶パリティ成分の推定法は奇パリティ成分の存在によってバイアスされると考えられていたが、論文提出者はそれぞれの成分をバイアスなく独立に推定できることを示している。この章ではさらに偶・奇パリティの推定量から、角度パワースペクトラムを推定する方法が述べられている。

第6章では、CMBの弱い重力レンズ効果によるレンズ場の推定の新たな手法が述べられている。CMBの弱いレンズ測定では温度揺らぎの異なるフーリエ成分の相関を見ることでレンズ場を推定するが、この相関は有限観測領域や点光源マスク等の様々な効果でも生じ、推定量がバイアスされる。そこで、論文提出者はこれらのバイアスを抑制するように従来の推定法を改良した新たな手法を提案している。さらに、提案した推定法を実データに適応し、曲がり角のパワースペクトルの測定を行い、偶パリティ成分に関しては従来の手法と無矛盾な結果が得られ、奇パリティ成分に関してはゼロと無矛盾な結果が得られることを示している。最後に、第7章で本論文のまとめが述べられている。

このように本論文は弱い重力レンズを用いた将来の精密測定を見据えて、観測量と重力場の摂動を関係づける包括的な定式化を行い、観測データから重力レンズ効果を推定する手法の開発とその有効性についてまとめたもので、その学問的意義は高いと考えられる。なお、本論文3章以降6章までが論文提出者の研究に基づいて書かれており、樽家氏（第3、4、5章）、山内氏（3、4、5章）、高橋氏（6章）、Hanson氏（6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。