

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大野博司

本論文は6章からなり、第1章は研究内容の概説であり、第2章では宇宙論における「冷たい暗黒物質」モデルについて概括するとともに、論文提出者が銀河団の進化に関して提案した暗黒物質の崩壊モデルについて述べ、第3章は銀河団の磁場構造を探る手段としての宇宙背景放射の偏光について述べ、第4章では論文提出者らが提案した宇宙背景放射の偏光の観測を用いて銀河間の磁場を探る方法について述べ、第5章では論文提出者らが提案した複数の観測量を用いて銀河団の重力ポテンシャルを三次元に逆投影する方法について述べ、第6章では以上で議論した銀河団の探究の方法についてのまとめを行っている。また、付録ではスピンの加重した球面関数、偏光の散乱行列、アインシュタイン方程式のスカラー・ベクトル・テンソルへの分解について記している。

銀河団は50から数千個ほどの銀河の集団で、典型的には10Mpcほどの大きさを持つ。銀河団間空間には、X線観測から1億度に及ぶ高温ガスが存在すること、大量の暗黒物質が重力場を形成していること、さらに数 $\mu\text{G}$ の磁場が存在することなどが知られている。これらの物理量は、視線方向について積分した二次元分布の量としてのみ観測可能であるが、銀河団の構造形成や磁場の起源など十分理解されていない問題の解決のためには、三次元的な詳細構造を知ることが不可欠である。

本論文の主眼は、第4章と第5章で述べられた、視線方向に積分された二次元の観測量から、天体における物理量の三次元的な分布を導出する手法を開発し、モデル計算を通じて実証して見せたことにあるといえる。

銀河団の磁場は電波源の偏光に対するファラデー回転により観測されてきたが、電波源ではその数が限られ、詳細構造を知るのは困難である。論文提出者は銀河団中を通過してきた宇宙背景放射の偏光のファラデー回転の観測を用い、どの銀河団にも適用可能な方法を考えた。ファラデー回転は電子密度と視線方

向の磁場を掛け合わせたものであるので、磁場単独の情報を取り出すため、さらに X 線の輝度分布と Sunyaev-Zel'dovich 効果の観測を用い、縮退を解く方法を考案した。この方法の有効性を検証するため、銀河団のシミュレーション結果に適用し、球対称性を仮定して磁場構造の再構築を試み、実際に機能することを示した。近い将来観測量の精度が上がれば実際のデータへ適用し、銀河団の磁場構造が解明されることが期待される。

銀河団の重力場は WMAP 衛星の観測などで主に暗黒物質が担うとされているが、銀河団の中心部付近で暗黒物質の密度分布の観測に基づく推測が理論と一致しないという問題がある。暗黒物質の性質に関する問題を明らかにする糸口としても重力場の再構築は重要である。論文提出者は、Richardson-Lucy アルゴリズムと呼ばれる逆変換手法を利用し、X 線の輝度分布と Sunyaev-Zel'dovich 効果に加えて、重力レンズ効果の観測を用いて空間情報を補完し、逐次近似によって三次元的な重力場の再構築を試みた。King モデルと呼ばれる楕円体型密度分布を持つ銀河団モデルにこの手法を適用し、対称軸の決定も含めて重力場を再構築することに成功した。将来的には磁場と重力場を同時に再構築し、より整合性の高い手法へと発展することが期待される。

また、本論文の第 2 章は標準宇宙論についての概説が主であるが、6 節では論文提出者らによる研究として、暗黒物質が有限の寿命で崩壊するような宇宙における構造形成について述べ、形成される銀河団の数の寿命依存性について調べた結果、初期宇宙における銀河団の数の超過を説明できる可能性について示している。

なお、本論文第 2 章 6 節は大栗真宗、高橋慶太郎、固武慶との共同研究であり、第 4 章、第 5 章は高田昌弘、Klaus Dolag、Matthias Bartelmann、杉山直との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を行ったもので、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。