

学位申請論文公開講演会

日時：2026 年 7 月 30 日(木) 13:00~

申請者：Ma Haixia (Ω 研)

場所：物理会議室 (C207)

題目：DATA DRIVEN INFERENCE OF MULTI-SCALE GRAVITATIONAL MASS DISTRIBUTIONS (データ駆動型推論によるマルチスケール重力質量分布の推定)

主論文の要旨

宇宙の質量分布は、星や銀河の運動、銀河団の構造、重力レンズ効果などを通して推定される。観測される通常の物質だけでは重力場を説明できない場合が多く、その差は暗黒物質の存在、または重力法則の修正として議論されてきた。本論文では、観測可能な天体をトレーサーとして用い、銀河群と天の川銀河という異なる空間尺度で、見えない質量分布を推定する方法を検討した。

銀河群の研究では、広域銀河観測から同一の暗黒物質ハローに属する銀河を抽出する手法 sOPTICS を開発した。赤方偏移から距離を推定すると、銀河団内部の速度分散により構造が視線方向へ引き伸ばされて見える。この赤方偏移空間歪みを考慮して視線方向の距離尺度を補正し、密度に基づくクラスタリング手法 OPTICS を銀河群探索に適用した。数値シミュレーションと SDSS DR7 データによる検証では、既存の銀河群カタログとの対応を確認し、118 個の既知の銀河団中心銀河のうち 115 個を同定した。

天の川銀河の研究では、Gaia、SkyMapper および LAMOST による赤色クランプ星の位置・速度データを用いた。恒星の空間分布と速度分布から重力場を求める Jeans 解析により、銀河円盤に沿う半径方向と円盤に垂直な鉛直方向の重力加速度を再構成した。可視物質のみでは観測された重力場を説明できず、暗黒物質ハローモデルと準線形修正ニュートン力学 (QUMOND) は多くの領域で近い予測を与えた。一方、両者の差は加速度の大きさよりも、半径方向と鉛直方向を合わせた重力場の三次元形状に現れた。

さらに、ガウス過程回帰で薄い円盤と厚い円盤の恒星速度分布を平滑化し、再構成した重力加速度場に一般化暗黒物質ハロープロファイルを適合させた。推定された天の川銀河ハローは球対称からやや扁平で、内側密度勾配は約 0.62、軸比は約 0.78 であった。内側の密度増加は標準的な Navarro-Frenk-White プロファイルより緩やかであり、中心部で密度が急増しないコア状の分布と整合した。

以上より、質量分布の推定は重力モデルだけでなく、星や銀河の選び方と観測歪みの扱いにも依存する。本論文は、銀河群の所属判定、天の川銀河の三次元重力場の再構成、暗黒物質ハローの密度・形状推定を通じ、複数の空間尺度におけるデータ駆動型推定法を整理した。