

Study of Galaxy Groups Lensing: Concentration-Mass (c-M) Relation up to High Redshift

著者	JAELANI Anton Timur
号	80
学位授与機関	Tohoku University
URL	http://hdl.handle.net/10097/00122930

論文内容要旨

(NO. 1)

氏名	Anton Timur Jaelani	提出年	平成 29 年
学位論文の 題目	Study of Galaxy Groups Lensing: Concentration-Mass (c-M) Relation up to High Redshift (銀河群重力レンズの研究：高赤方偏移到渡る質量中心集中度と質量の関係)		

論文目次

1 Introduction

- 1.1 Structure of the Universe
- 1.2 Galaxy Group
- 1.3 Gravitational Lensing
- 1.4 Previous Studies of c – M Relation of Galaxy Group Lensing
- 1.5 Purpose of this Thesis

2 Lens Sample and Data Analysis

- 2.1 Sample Selection
- 2.2 Photometric Data
- 2.3 Spectroscopic Redshift

3 Methodology

- 3.1 Lens Modelling
- 3.2 Richness-based Mass
- 3.3 Lens samples from previous studies
- 3.4 Combining Stellar Mass, Strong Lensing and Mass-Richness

4 Concentration and c – M relation

- 4.1 Einstein Radius-Mass Relation
- 4.2 Mass Distribution
- 4.3 Concentrations and c – M relation

5 New Sample of Group/Cluster scale Lensing from HSC S16A Map

- 5.1 HSC SSP Survey
- 5.2 Finding New Sample
- 5.3 Preliminary Studies
- 5.4 Summary

6 Conclusion and Future Remarks

- 6.1 Conclusion

6.2 Future Remarks

Appendix Markov-Chain Monte Carlo (MCMC) Analysis

Structure formation from numerical simulations of cold dark matter suggests universal mass density profiles within gravitationally bound halos from the most massive down to the least massive systems. This universal density profile is often represented by concentration-Mass (c - M) relation. Observational studies using methods such as weak lensing, X-rays and strong lensing have found a c - M relation almost consistent with expectation from simulations at the massive scales i.e. clusters but our understanding of the mass distribution at the less massive scales, in groups, is still incomplete. We present the first measurements of the concentrations and the c - M relation at intermediate-high redshifts ($z \approx 0.4 - 1.0$) from strong lensing galaxy groups by combining strong lensing mass with the halo masses derived using optical mass-richness relation. We find that our lenses have much smaller Einstein radii (suggesting increased concentrations) than expectations from the standard model, unless our halo masses are systematically biased due to them being at lower masses and at higher redshifts compared to lens samples from the literature. After combining with low-intermediate redshift lenses from the literature, we find that the slope of the c - M relation is -0.179 ($+0.177$ -0.141) for system with Einstein radius < 5.0 . The projected mass distributions of our combined samples are also compared with simulations with different physics. Our constraints can easily be improved if spectroscopic redshifts for all of the lensed sources can be measured and if additional mass probes such as stellar and group dynamics can be used. We also consider comparison between the highest redshift systems with the lowest redshift counterparts, but the scatter in predictions themselves is large enough that the concentrations at the lowest and highest redshift bin are consistent within 1σ . We can improve this issue if we have more systems in the future. Finally, we describe the possibility to extend this study using new group lenses sample from HSC SSP Survey. Owing the wide and deep imaging of this survey, we can extend strong lenses sample up to high redshift.

論文審査の結果の要旨

重力レンズは天体の力学状態、組成に関わらずその質量分布を明らかにでき、またその観測量は宇宙の大域的な構造にも依存するので、現代天文学、宇宙論において重要な役割を果たしている。特に、宇宙の物質密度を支配している暗黒物質の存在形態を調べる上で、重力レンズを用いた手法は大変有力である。とりわけ、現在の暗黒物質の標準理論である冷たい暗黒物質に基づいた構造形成論によれば、暗黒物質ハローはどの空間スケールにおいてもユニバーサルな質量密度分布を示すと予言されている。この理論予言を検証すべく、これまでは銀河団あるいは銀河スケールに関して研究が推進されてきたが、中間的な空間スケールである銀河群では観測データの不完備や理論解析の不十分さからあまり理解が進んでいなかった。本博士論文は、まだ理解が進んでいない銀河群スケールにおける暗黒物質の分布について、重力レンズの方法を駆使して研究したものである。

本論文では、銀河群スケールにおける観測データとして、カナダ・フランス・ハワイ望遠鏡を用いた重力レンズサーベイによって得られたサンプルをベースにし、その中から質の良い10個の銀河群スケールのレンズシステムを選択した。そして、これらについて測光・分光データを集積し、特に分光データについては欠如があることから、独自に観測プロポーザルを提出してデータを獲得し解析を行っていることは特筆すべきである。本論文ではこれらのサンプルに対して詳細な重力レンズのモデル解析を施し、それぞれに対してアインシュタイン半径と呼ばれる質量分布の広がり の指標とその半径内の銀河群の質量を導出した。さらに、銀河群における銀河数と銀河群の総質量との間の関係を組み合わせ、さらに、暗黒物質ハロー内におけるバリオン成分の収縮とその影響を丁寧に計算して、銀河群スケールの暗黒物質ハローに対して質量とその中心集中度との関係を導いた。本論文では、これまでの先行研究と違って、バリオンの効果を適切に取り扱って解析した点は評価される。これらの解析の結果、観測データから得られた銀河群における暗黒物質ハローの中心集中度は、冷たい暗黒物質から予言されるものに比べて若干高い傾向があることが見出された。この解釈は一意ではないが、観測誤差の一定の影響が無視できない状況であることが指摘されている。このように、詳細な観測データの解析と理論計算に基づいて、銀河群スケールにおける暗黒物質の存在形態に対して現実的な制限を得たのははじめてであり、宇宙における暗黒物質の階層的合体と集積過程に関して、新しくかつ重要な知見を与えたと評価される。

以上から、著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、ジャエラニ・アントン・ティムル提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。