



Title	X-ray study of the dark matter distribution in clusters of galaxies
Author(s)	Katayama, Haruyoshi
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/27627">https://hdl.handle.net/11094/27627</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	片 山 晴 善
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 17565 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学 位 論 文 名	X-ray study of the dark matter distribution in clusters of galaxies (銀河団における暗黒物質分布の X 線による研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 常深 博 (副査) 東京都立大教授 大橋 隆哉 教 授 高原 文郎 教 授 川村 光 助教授 林田 清

### 論 文 内 容 の 要 旨

銀河団は数十から数千の銀河の大集団で、宇宙で最も大きな重力束縛系である。しかし、可視光で見える銀河は銀河団の質量の数%にすぎず、質量の 20%程度は、銀河間空間を満たす高温ガスが占め、残りの約 80%は、観測にかかる暗黒物質（ダークマター）が占めている。銀河団中の高温ガスは、銀河団のポテンシャルに閉じ込められている為、この高温ガスの温度と密度分布を X 線により観測することで、静水圧平衡の仮定のもとに銀河団の質量分布を求めることができる。すなわち間接的にダークマターの分布を求ることになる。銀河団のような宇宙の大規模構造の形成は、従来 Cold Dark Matter (CDM) モデルにより説明してきた。銀河団における暗黒物質の分布は、この CDM モデルを検証する上で重要なテーマとなっている。

我々は、チャンドラ X 線天文衛星で観測された 23 の銀河団のデータを用い、これらの銀河団の質量分布を求めた。チャンドラの優れた空間分解能と新しいデプロジェクション法により、銀河団の中心部における高温ガスの温度と密度プロファイルを半径の関数として測定することができた。さらに、静水圧平衡を仮定することで、これらの銀河団の質量プロファイルを得た。

CDM シミュレーションでは、質量プロファイルは、銀河団の特徴的な大きさと質量を示すビリアル半径 ( $r_{200}$ ) とビリアル質量 ( $M_{200}$ ) を用いてスケールすることができると予想されている。しかし、我々が求めた質量プロファイルは、 $r < 0.1r_{200}$  となる中心付近で、大きなばらつきを示した。

我々は、さらに、ダークマターの密度プロファイル ( $\rho \propto r^{-\alpha}$ ) の中心部での勾配  $\alpha$  を質量プロファイルから求めた。CDM を仮定したシミュレーションでは、中心部での勾配  $\alpha$  は  $1 < \alpha < 2$  となることが予想されている。ところが、我々が求めた  $\alpha$  の値は  $0 < \alpha < 2.3$  の間で大きくばらついていた。また  $\alpha$  を求めることができた 20 の銀河団のうち、6 つの銀河団は CDM モデルが予想するよりもフラットなプロファイル ( $\alpha < 1$ ) を示した。これらは CDM シミュレーションの予想とは矛盾する結果である。

次に、我々は、様々な観測量と  $\alpha$  の値との関係を調べた。その結果、中心でガスリッチな銀河団程、フラットな質量プロファイルを示すことが判った。また銀河団の中心部では、ダークマターよりも高温ガスのほうが中心に集中していることも明らかにした。このことは、銀河団中心部での質量プロファイルに高温ガス等のパリオンが深く関係し

ていることを示唆している。

CDM シミュレーションの予想に反してダークマターの分布が中心でフラットになる問題は、矮小銀河などの回転曲線の観測からも指摘されていた。今回我々は、多数の銀河団の系統的な解析により、このダークマター分布のコア問題が、銀河だけでなく、銀河団に付随するダークマターでも見られることを、初めて明らかにした。我々は、最後にこのコア問題を解決する為に提案されている幾つかのモデルと、我々の観測結果とを比較した。その結果、ダークマターとガスの間に働くダイナミカルフリクションの影響を考慮したモデルは、CDM モデルの枠内で、我々の観測結果をうまく説明できる事が判った。

#### 論文審査の結果の要旨

申請者（片山 晴善）の行った銀河団におけるダークマター分布の研究は、宇宙の大規模構造の形成を明らかにする鍵である Cold Dark Matter (CDM) モデルを検証するための重要なテーマである。

申請者は、チャンドラ X 線天文衛星で観測された 23 個の銀河団のデータを用い、独自の方法で、これらの銀河団の質量分布を求めた。チャンドラの優れた空間分解能と新しい手法により、多数の銀河団の中心部（コア）の質量分布を求めた。

この結果、申請者は、銀河団中心部では従来の CDM シミュレーションの予想に反して、ダークマターの分布が、大きなばらつきを示していることを明らかにした。また幾つかの銀河団では、CDM シミュレーションが予想するよりフラットな分布をしていることも明らかにした。

CDM シミュレーションの予想に反して、ダークマターの分布が中心でフラットになると言うコア問題は、矮小銀河などの回転曲線の観測からも指摘されている。今回申請者は、多数の銀河団の系統的な解析により、このダークマター分布のコア問題が、銀河だけでなく、銀河団に付随するダークマターでも見られることを、初めて観測的に明らかにした。申請者の観測結果は、従来の CDM シミュレーションでは殆ど考慮されていなかった銀河団コアでのバリフォン分布が、ダークマター分布に影響を与えていることを示しており、今後の CDM シミュレーションは申請者の結果を念頭においてなされなければならない。

以上のような新しい発見を含む申請者の論文は、博士（理学）の学位論文として十分に価値のあるものと認める。