

# 宇宙膨張と重力による収縮の境界を密度から探る ～宇宙膨張 VS 重力～

もし天2020 (OaO) : 管野 瑠海 (高1) 【昭和薬科大学附属高等学校】 木村 萌恵 (高2) 【東京都立日比谷高等学校】 篠田 賢佑 (高2) 【函館ラ・サール高等学校】 橋沼 宗慶 (高2) 【宮城県仙台第二高等学校】

## 要旨

宇宙は膨張しているが、銀河は膨張せず自身の重力によってまとまっている。対して、銀河団はまとまりきっていないものも観測されている。一つの構造としてまとまっていられるかどうかの境界は、宇宙膨張の効果がみられる境界と同じであると考えられる。そのため、銀河団内に宇宙膨張の効果がみられる境界があると考えた。銀河団及びその周辺が一樣な球であると仮定してその密度を観測によって求め、銀河団としてまとまっていられる限界の距離すなわち宇宙膨張の効果が重力の効果を上回る規模を考察した。

### 1. 研究動機

宇宙規模では膨張が起こっているにもかかわらず、銀河同士などの比較的小さい規模では膨張の効果がみられず衝突することがある。そこでより大きな規模である銀河団では膨張の効果が現れるのではないかと予想した。これを検証するため、重力が宇宙膨張を振り切って銀河団としてまとまっていられる場合と、宇宙膨張が重力を振り切って天体同士が離れていく場合を分ける境界を調べようと考えた。

### 2. 観測

観測機器：仙台市天文台のひとみ望遠鏡 撮像観測  
フィルター無し (ルミノランス)

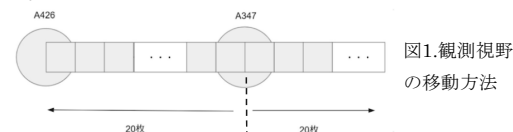
積分時間：60秒

観測天体：ペルセウス座・うお座超銀河団に含まれる  
銀河団A347近傍

観測日時：2020年12月21日 18時30分～21時  
12月24日 18時～19時30分

### 3. 方法

(1) 図1のようにA347の中心から、隣接する銀河団A426の中心まで視野を移動させて20枚撮像する。また、A347からA426とは反対側へ同様に20枚撮像する。



(2) 撮像した1枚あたりの銀河の個数を数え、銀河団の中心から撮像した地点を半径とする球内の銀河の平均密度を求める。これに銀河の質量<sup>\*1</sup>をかけて銀河団の平均密度<sup>\*2</sup>を求める。ここでは、銀河間のダークマターや銀河間ガスの質量を、銀河の総質量の9倍と仮定した。(つまり、銀河団の中心から観測した領域までを半径とする球形領域内の物質の総質量=1つの銀河の質量×その球体内の銀河の個数×10)

\*1：標準的な大きさの銀河である天の川銀河の質量 (銀河内のダークマターを考慮)

\*2：銀河団の中心から、撮像した部分までを半径とする球の総質量/体積

(3) エネルギー保存則を用いて、膨張による運動エネルギー<sup>\*3</sup>と重力による万有引力のエネルギー<sup>\*4</sup>の方程式を立てる。(式1、式2)

\*3：式のvにハッブル則 $v=Hr$ を代入する。

\*4：式を平均密度 $\rho$ を用いて表し、②で求めた平均密度を代入する。

(4) 式より、膨張による運動エネルギーの方が大きくなると考えられる銀河団の中心からの距離を求める。

$$\text{式1. } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{r} \quad \text{式2. } M = \frac{4\pi r^3}{3}\rho$$

(r：任意の天体の、銀河団の中心からの距離)

### 4. 結果

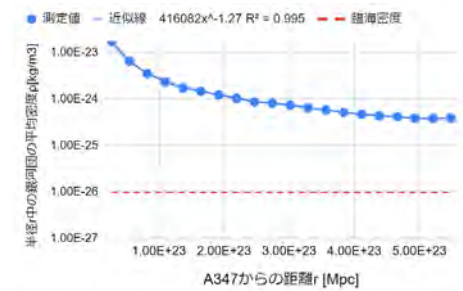


図2. 銀河団の中心からの距離と銀河団の平均密度分布 (銀河間のダークマター考慮) の関係

今回の観測から得られた結果は図2の通りである。なお、グラフ上の赤線は、宇宙の臨界密度<sup>5)</sup>を示す。<sup>\*5</sup>：宇宙空間全体の平均密度のこと。ある領域がこの密度より大きければ収縮し、小さければ膨張する。

### 5. 考察

図2より、銀河団の中心から570Mpcの距離 (近似線と臨界密度の線の交点) で境界が現れると考えられるが、ペルセウス座・うお座超銀河団の大きさは30.66Mpcである。ゆえに、観測領域内では宇宙膨張より重力の影響の方が大きく、収縮するといえる。

ただし、解析をする際、いくつかの仮定を導入したため、以下の物理量について実際の量と誤差が生じている可能性がある。表1は、各場合での結果に与える影響についての考察である。

表1. 考えられる誤差

銀河の個数	仮定<実際	仮定>実際
各銀河の質量	仮定<実際	仮定>実際
ダークマターの質量	仮定<実際	仮定>実際
その結果どうなるか?	境界が遠くなる	境界が近くなる

### 6. まとめ

今回の観測領域の大きさが銀河団の一般的な例であると考えられるならば、銀河団同士の規模でも宇宙膨張よりも重力の効果の方が大きく、宇宙膨張による効果が現れてくるのは超銀河団よりも大きい規模であると言えるだろう。

### 7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただきましたもし天関係者の皆様に感謝申し上げます。