
銀河団の観測によるインフレーション理論の検証 ～宇宙の始まりを探る～

もし天(もしも君が杜の都で天文学者になったら) MGX(もしGreen X)班
柴田優帆(高2)【國學院大學栃木高等学校】、田井遥華(高1)【豊島岡女子学園高等学校】、
丹羽 駿輔(高1)【滝高等学校】、秋山禄斗(高2)【岡山県立岡山城東高等学校】

要旨

我々は宇宙に微小な温度ゆらぎがあることを疑問に思い、銀河団を観測して得られるデータから宇宙背景放射のゆらぎの原因とされるインフレーション理論の妥当性の再検証を目指した。

○研究方法

インフレーション理論は宇宙に臨界密度が存在し、加速膨張していることを予言している。つまり、宇宙全体の密度を観測及び文献値を用いて算出し、実際の宇宙の臨界密度と比較すると、インフレーション理論の妥当性を検証することができる。そのためには宇宙全体のバリオン、ダークマター、ダークエネルギーの密度を知る必要がある。

そこで今回の観測では銀河団を観測対象とし、観測によって得られたデータから宇宙全体のバリオンの密度を、文献値からダークマター、ダークエネルギーの密度を算出する。観測対象に銀河団を選んだ理由は、宇宙にあるバリオンは、ほぼ銀河団に属する銀河を構成する恒星だからである。

○観測、検証方法

・バリオン

仙台市天文台ひとみ望遠鏡(口径1.3m)を用いたルミネンスフィルターでの撮像観測により得られたデータから銀河団の明るさを測定し、mass-luminosity relationを用いて銀河団の質量を求める。

なお、ここでの「銀河団の明るさ」は、数値の偏りを防ぐために我々が独自に定めた

- ・視野内のすべての銀河の光度の平均
- ・視野内で十番目に明るい銀河の光度の平均
- ・一番明るい銀河以外で視野内のすべての銀河の光度の平均

の三通りで計算し、三通りの結果を導くこととした。

観測対象の天体はAbell Catalogから赤方偏移等を考慮して選定した。しかし、悪天候により観測ができなかったため、もし天のアーカイブデータとほかの班の観測データを用いた。以下が解析したデータの一覧である。

(Abell No.: 撮影日, 積分時間[s])

1656(Coma Cluster): 2017.12.25, 420 / 260: 2013.12.24, 240 / 426: 2013.12.24, 60 / 671: 2013.12.24, 120

・ダークマター

文献値から引用した、X線観測で得られた銀河団の温度の値を用いてダークマターとバリオン合計質量を算出する。その値と先に求めたバリオンの密度から宇宙全体のダークマターの密度が算出される。

・ダークエネルギー

地球からの距離がすでに分かっているComa Clusterの明るさと、観測によって求められた銀河団の明るさを比較し、それぞれの銀河団と地球との距離を算出する。その値を用いて銀河の後退速度に関するグラフを描き、その傾きから宇宙の膨張する加速度を求め、密度を算出する。

○計算結果

・バリオン

- ・視野内のすべての銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.38075 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・視野内で十番目に明るい銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.35215 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・一番明るい銀河以外で視野内のすべての銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.38946 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・ダークマター: $1.07 \times 10^{-18} \text{ kg/km}^3$
- ・ダークエネルギー: $8.11692 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$

○結論

今回求めた密度の合計は文献から引用した宇宙の臨界密度の約25%程度であり、それぞれの物質の割合はバリオンが30%、ダークマターが25%、ダークエネルギーが45%となった。実際の割合は、文献によると、バリオンが4%、ダークマターが22%、ダークエネルギーが74%と言われている。

○考察

加速度を算出することができたため、ダークエネルギーの存在を確認することができたといえる。しかし、赤方偏移の値と算出した距離が矛盾しており、Coma Clusterの明るさを大きく見積もりすぎて距離に誤差が生じたと考えられる。また、今回は我々の手で観測したデータがないため、日時や天候といった条件を考慮した際、解析対象としては不十分だったのではないかと考えられる。以上の原因から正確なデータが得られなかった可能性が高い。