

もしもダークマターがなかったら、どんな宇宙になるか

横須賀高校Principia-IIダークマター研究グループ：

渡辺 桃加、唐木 京美、黒沼 颯太、森田 晴貴、細川 伶太郎（高2）【神奈川県立横須賀高等学校】

【序論/目的】

私たちは1年から2年間宇宙物理学を学んできた。1年次に抱いたダークマターの及ぼす重力レンズ効果や銀河回転への作用の不思議さを、2年次は逆説的に「もし、ダークマターが存在しなかったら...」を追求することでその存在を確信しようと考えた。

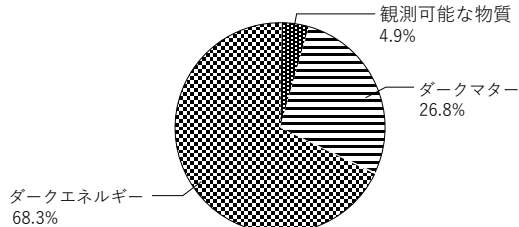


図1 宇宙の組成^[1]

【研究】ダークマターの存在を否定する。

1. ダークマターに代わる物理量の検討

ダークマターの存在の根拠となる2つのケースで
 (1) 重力レンズ効果：光の経路を曲げる作用素として「真空度」による時空間への力学作用を提案。
 (2) 大規模銀河の周縁部の回転速度の維持：「真空度」による周縁物質への力学作用を提案。「真空」は「無」ではなく、電磁気学の「仮想接地」すなわち平衡する正負の力の中点的作用ではないか。アインシュタインが宇宙項を真空の負の圧力とし^[2]、ホーキングの宇宙誕生以前のエネルギーが3次元と「直交」する次元に蓄えられていたとの説と電気「平衡」・「不平衡」が直交することに基づく。

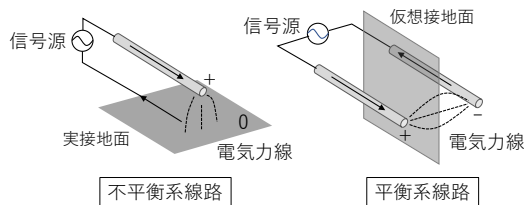


図2 電気信号における不平衡・平衡と仮想接地

2. 宇宙創生時にダークマターをゼロにする

ダークマターは存在するものとして、これを否定する。その時期を宇宙創生時とする。宇宙を表す基本法則はアインシュタイン方程式(1)ととらえ、その宇宙創生時近くを表す変形がフリードマン方程式(2)であると理解した。

これらの式に含まれるダークマター要素をゼロにして宇宙の変化を求める。

<アインシュタイン方程式>^{[1],[2]}

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \quad \dots (1)$$

ここで Λ はアインシュタインの宇宙項である。

<フリードマン方程式>^{[1],[2]}

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 + \frac{1}{a^2}kc^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{\Lambda c^2}{3} \quad \dots (2)$$

a は空間の宇宙中心（膨張前の中心）からの距離

宇宙創生時はすべてがエネルギーのみとした場合に式(2)において曲率 K と質量密度 ρ をゼロとして式(3)となると考える。ここで H は膨張率を表す。

ここで、 Λ を構成するエネルギー要素から、まずはダークマター由来の作用をゼロとする。

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{\Lambda c^2}{3} = H^2, \quad \frac{da(ct)}{dct} = Ha(ct) \Rightarrow a \propto e^{Hct} \quad \dots (3)$$

ダークエネルギーは、宇宙の急激な膨張が収まったのちの再度の膨張を司っていると考えられている。私たちは、ダークエネルギーは宇宙創生時から膨張の一役を担っていたのではと考え、一旦膨張が収まったのちに作用が顕在化したものと考えた。(図3)

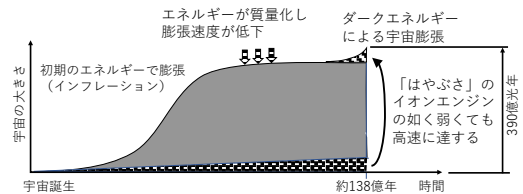


図3 ダークエネルギーによる宇宙膨張の解釈
 また、ダークマターを生成した源がダークエネルギーであるとの説もありダークマターの存在をゼロにしてもダークエネルギーから新たなダークマターが生成されると想定。以上から通常の膨張率は $H=0.57735$ 、ダークマター=0では $H=0.49396$ 、ダークエネルギーもゼロとした場合は $H=0.12780$ として、3者の膨張度合いを時間 0.5μ 秒まで計算したものを図4に示す。

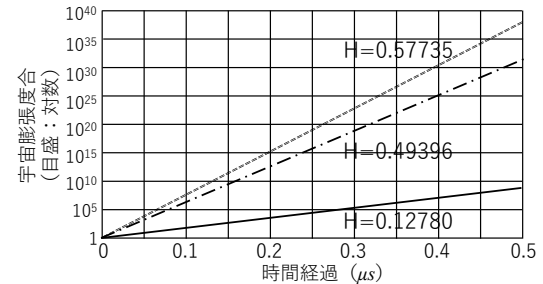


図4 ダークマター/ダークエネルギーの有無と膨張
 ダークマター/ダークエネルギーがある場合(破線)は 0.5μ 秒で約 10^{37} 倍となるが、無い場合(実線)はわずか 10^8 倍となる。しかしインフレーション理論が示す 10^{-36} 秒から 10^{-34} 秒の間に 10^{33} 倍膨張した図にはなっていない。

【結論】ダークマター/ダークエネルギーを否定する上で、1.代替力に「真空度」ととらえ、時空に直交する次元と背反する物理量の存在を仮定した。2.宇宙創生時でダークマターをゼロとし膨張を試算し膨張が著しく低下することを確認した。しかしインフレーション理論の時間尺度での数値は得られていない。

【考察・課題】以下、今後の検討課題を示す。

- ・宇宙初期 10^{-36} 秒から 10^{-34} 秒の間での膨張の理論式
 - ・宇宙真空部におけるダークマター以外の引力要素
 - ・ダークマターとダークエネルギーの関係性
- なお本研究は文部科学省Super Science Highschool事業の一環として行われた。指導の榊YRPに感謝する。
 <参考資料>

[1] 小玉英雄ほか,“宇宙物理学,” 共立出版, 2014
 [2] 高原文郎,“宇宙物理学,”新版 朝倉書店, 2015
 [3] 小松英一郎訳,“ワインバーグの宇宙論,上・下”日本評論社,2013