



宇宙膨張と宇宙論パラメータ

Astrophysics Group, OIT

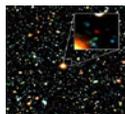
黒田雅敏

目標

- 宇宙膨張・収縮をさまざまな宇宙モデルから検証し、宇宙の過去、現在、未来の状態をシミュレートする。
- 時間変化に伴うスケール因子(宇宙の大きさ)の変化を表示させ、現在加速膨張していると言われる宇宙とダークエネルギーの関係を検証する。

宇宙膨張

- 1929年、ハッブルがほかの銀河のスペクトルを調べ、それらすべてが赤色偏移したスペクトル線を示していることを見つけた。このことは、銀河がわれわれから遠ざかりつつあることを意味する。さらに銀河の後退速度が距離に比例していることも明らかになった。



ビッグバン

- 宇宙誕生から約38万年後、宇宙の温度は約3000Kだったが、宇宙膨張によりさらに温度は下がっていった。
- このときの状態を表す宇宙背景放射(天球上の全方向からほぼ等方的に観測されるマイクロ波)は、ビッグバン理論について現在得られる最も良い証拠であると考えられている。
- 1989、2001年に打ち上げられた宇宙背景放射探査衛星(COBE、WMAP)の成果により、2.726Kという初期宇宙の名残の温度を検出し、ビッグバン理論による予想と一致した。また、ハッブル定数が修正され、宇宙の年齢は137億歳であるとされた。

アインシュタイン方程式

- 一般相対性理論から導いた、万有引力・重力場を記述する場の方程式。
- 本研究では一様・等方・球対称を仮定したフリードマン方程式から、圧力のない物質を考えたモデルにして以下の式を扱う。

$$\left(\frac{d^2R}{dt^2}\right) = -4\pi G\rho\frac{R_0^3}{3R^2} + \frac{\Lambda R}{3}$$

- R =スケール因子、 G =重力定数、 ρ =平均密度、 Λ =宇宙項

宇宙項・ダークエネルギー

- もともと宇宙項はアインシュタインが静的な宇宙モデルを実現するために導入したものである。
- 宇宙膨張が観測的に確認されたあと、アインシュタインは取り下げた。
- しかし、近年では遠方の超新星を用いた観測によって宇宙膨張は加速していることが示された。
- 膨張を加速させている斥力として、ダークエネルギーが提案されており、ダークエネルギーは方程式上では宇宙項で示している。
- ダークエネルギーは宇宙に存在するエネルギーの約70%を占めるとされるが正体が明らかでないエネルギーである。

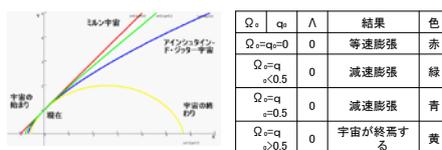
パラメータ

- ハッブル定数 $H_0 = 73 \left(\frac{km}{s}\right) / Mpc$
- 密度パラメータ $\Omega_0 = \frac{4}{3}\pi\rho_0GH_0^{-2}$
- 減速パラメータ $q_0 = -\frac{R_0''}{R_0}H_0^{-2}$
- 宇宙項 $\Lambda = 3H_0^2(\Omega_0 - q_0)$

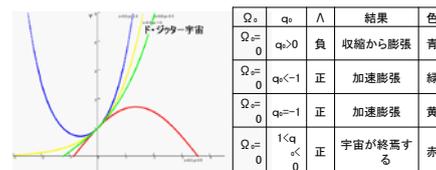
パラメータ

- スケール因子 $Y = \frac{R}{R_0}, Y_0 = 1$
- 時間座標 $X = H_0 t, X_0 = 0$
- 現在の膨張速度 $\left(\frac{dY_0}{dX}\right) = 1$
- (X, Y)座標で表す式 $\left(\frac{d^2Y}{dX^2}\right) = -\frac{\Omega_0}{Y^2} + (\Omega_0 - q_0)Y$

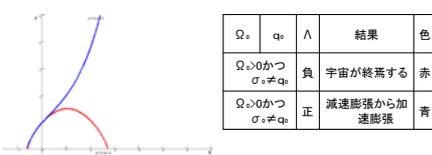
$\Lambda=0$ (宇宙項ゼロ)のモデル



$\Omega_0=0$ (密度ゼロ)のモデル

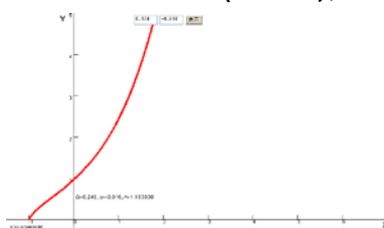


その他のモデル($\Omega_0>0$ かつ $\Omega_0 \neq q_0$)



観測から得た宇宙膨張

- 現在の観測からのbest fit ($\Omega_0=0.124, q_0=-0.616$)



課題

- さまざまな宇宙モデルをシミュレートして、宇宙項の大きさがどのような結果の違いを見せるのかを調べたい。
- 現在は圧力が0のモデルを用いているが、初期の宇宙を考えたとき、圧力0では良い近似とはいえないので、他のパラメータを用いた宇宙モデルを考えてみたい。