

卒業研究課題 宇宙膨張と宇宙論パラメータ

学生番号 A05-053

氏名 黒田 雅敏

概要 (1000字程度)

指導教員 真貝 寿明

印

本研究では、標準ビッグバンモデルにおけるパラメータの違いで、宇宙膨張がどのように異なるかを視覚化できるアプリケーションを開発した。標準モデルとは、宇宙を一様で等方な時空であると仮定し、物質が摩擦のない完全流体として記述できるとするモデルである。

1998年の超新星の統計データ観測以来、宇宙は現在、加速膨張していると考えられている。しかし、通常物質だけではアインシュタイン方程式から加速膨張が説明できないため、重力に反発する仮想のエネルギーとして宇宙項やダークエネルギーの導入が必要である。また、2001年に打ち上げられた宇宙探査機 WMAP により宇宙の組成は通常物質、ダークマター、ダークエネルギーがそれぞれ 4%、23%、73% であるとされている。

宇宙の大きさを示すスケール因子 R は、アインシュタイン方程式から

$$\frac{d^2 R}{dt^2} = -4\pi G\rho_0 \frac{R^3}{3R^2} + \frac{\Lambda R}{3}$$

の 2 階微分方程式に従う。ここで、 G は重力定数、 ρ は宇宙の平均密度、 Λ は宇宙項である。また、下付き添え字 0 は現在値を表す。また、 Λ はエネルギー保存則より

$$\Lambda = 3H_0^2 \left(\frac{1}{2} \Omega_0 - q_0 \right)$$

となる。 H はハッブル定数、 Ω は密度パラメータ、 q は減速パラメータで、このうち Ω と q はフリーパラメータである。これら 2 つのパラメータを変化させ、様々な宇宙モデルの膨張・収縮の様子をユーザの入力によって表示、比較できるプログラムを作成した。また、作成には Java 言語を使用した。

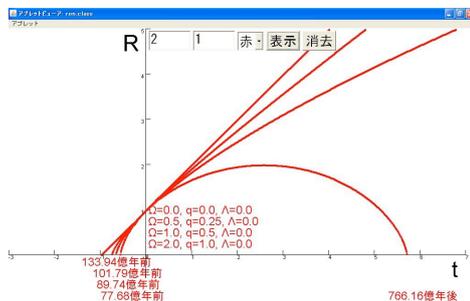


図1 宇宙項 0 のモデル

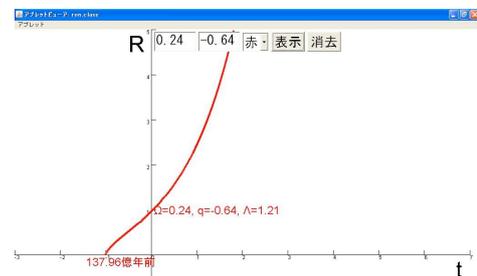


図2 観測されたパラメータと合致するモデル

上図の横軸は時間、縦軸はスケール因子で、初期値はそれぞれ 0 と 1、膨張率は 1 である。図 1 の宇宙項 0 のモデルではどのようなパラメータを与えても宇宙は加速膨張に転じることは無く、現在観測されている加速膨張を説明するためには宇宙項が必要であることがわかる。図 2 は平らな宇宙を考えたとき、現在得られているパラメータを入力したもので、宇宙の年齢は 137 億年となる。

ユーザが値を入力したのちに、宇宙の膨張を比較できるよう、表示の順や、設定に工夫を行った。最終的には web にて公開する。