

卒業研究概要

提出年月日 2014 年 1 月 31 日

卒業研究課題

宇宙論パラメータによる宇宙膨張則の比較ツールの作成

学生番号

C10-075

氏名

東田 有記

概要（1000字程度）

指導教員

真貝 寿明

印

現在の宇宙は加速しながら膨張していることが観測によってわかっている。本研究では、宇宙論から導き出すことができる宇宙の膨張の様子が、いくつかの宇宙論パラメータの設定によってどのように変化するかを、可視化するシミュレータ開発を行った。

標準ビッグバン宇宙モデルの基礎となるのはフリードマン方程式である。アインシュタイン方程式から導き出されたこの方程式より、宇宙の大きさを示すスケール項 a の時間変化についての運動方程式を得ることができる。

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} a (\rho + 3p) + \frac{\Lambda a}{3} \quad (1)$$

ここで、 G は重力定数、 ρ は密度、 p は圧力、 Λ は宇宙項を示す。また、宇宙空間では曲率が正、0、負の3種類のみであることが知られている。宇宙を記述する密度パラメータ Ω_{tot} 、宇宙項パラメータ Ω_{Λ} 、曲率パラメータ Ω_k の宇宙論パラメータは、フリードマン方程式によって、以下の条件を満たすことになる。

$$\Omega_{tot} + \Omega_{\Lambda} + \Omega_k = 1 \quad (2)$$

この条件の下で、宇宙のスケール項の時間変化を得ることができる。常微分方程式の近似解を求める Runge-Kutta 法を使用したプログラムを、Java 言語で作成した。さらに、これらのパラメータの変化による宇宙の膨張の様子を比較し学習することができるアプリケーションを作成した。その画面の例を図1、図2に示す。

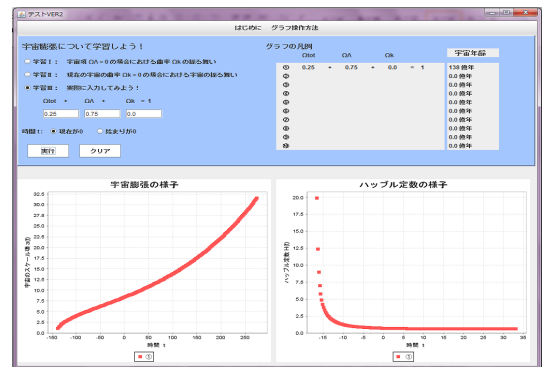
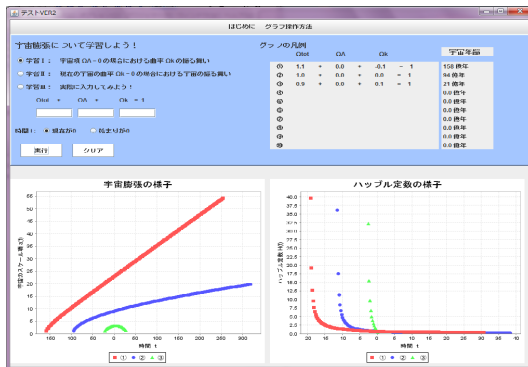


図1: 曲率が正・0・負の3モデルの比較

図2: $\Omega_{tot} = 0.25, \Omega_{\Lambda} = 0.75, \Omega_k = 0.0$ のモデル

左図の横軸は時間、縦軸は宇宙のスケール項 a である。図1では、入力パネルから学習Iを選択することで、曲率の違いによる宇宙膨張の様子の違いを比較したものである。このように、学習を選択し、実行することで宇宙膨張の時間変化及びその宇宙年齢が表示され、宇宙膨張を視覚的にとらえることができる。ユーザーが実際に入力できる学習も作成した。時間変化の表示は、現在の時間を $t=0$ とした場合と、宇宙の始まりを $t=0$ とする2種類を用意した。また、凡例を表示させることによって、パラメータの式の値が一目でわかるよう工夫した。Planck 衛星による宇宙背景放射の観測データなどから得られたパラメータを代入した宇宙膨張の様子を図2に示す。この結果より、宇宙が現在では加速膨張していることがわかる。