卒業研究発表会予稿集原稿作成見本

物理・システム工学コース 福島太郎

概要

一様等方宇宙モデルでは、Hawking-Penrose の特異点定理により、エネルギー密度と圧力が強いエネルギー条件に 従う場合、時間をさかのぼると無限のエネルギーと密度を持つ時空特異点に到達することが知られているが、そこ では古典的な一般相対論では物理的に説明することができないという初期特異点問題が存在する。この初期特異点 問題は、現在最も一般的な宇宙論であるインフレーション理論でもその解決には至っていない。

1 研究背景

一様等方宇宙モデルでは、Hawking-Penrose の特異点定理により、エネルギー密度と圧力が強いエネルギー条件に従う場合、時間をさかのぼると無限のエネルギーと密度を持つ時空特異点に到達することが知られているが、そこでは古典的な一般相対論では物理的に説明することができないという初期特異点問題が存在する。この初期特異点問題は、現在最も一般的な宇宙論であるインフレーション理論でもその解決には至っていない。

2 研究目的

本研究では、空間曲率が正である R^2 型の非特異バウンス宇宙モデルについて、バウンス前後におけるスカラー場の運動方程式とフリードマン方程式の時間発展を数値的に解析し、バウンス解のダイナミクスを明らかにする。また、バウンス前後におけるスカラー場の時間発展と各種エネルギー条件の振る舞い、状態方程式の時間発展の関連性を調べ、モデルの安定性に関する考察を行う。

3 非特異バウンス宇宙モデル

3.1 作用時空の線素はフリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー(FLRW)計量で記述される一様等方背景のもと次の形で与えられる。

$$ds^{2} = -dt^{2} + a^{2}(t) \left(\frac{dr^{2}}{1 - kr^{2}} + r^{2}d\theta^{2} + r^{2}\sin^{2}\theta d\phi^{2} \right) \quad (1)$$

ここで、a(t) は宇宙の大きさを表すスケール因子、k は空間 曲率である。また、本研究では、スカラー場 ϕ とスカラー曲 率 R が非最小結合した Starobinsky 項 $(R^2$ 項) を含む次の 作用を考える。

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{1}{2} (M_{\rm Pl}^2 - \alpha \phi^2) R + \frac{1}{2} A R^2 - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \partial_{\mu} \phi \partial_{\nu} \phi - V(\phi) \right]$$
(2)

ここで, $M_{\rm Pl}$ は換算プランク質量, α はスカラー場と一般相対論の結合定数, ϕ はインフレーションを引き起こすスカラー場であるインフラトン,A は Starobinsky 項の修正定数である。ポテンシャルは次の通りである。

$$\frac{V(\phi) = \frac{m^2}{2}\phi^2 + \frac{\beta}{3}\phi^3 + \frac{\lambda}{4}\phi^4}{\text{指導教員: 馬塲—晴教授 2}}$$

4 結果

 ***</td

5 結論

本研究では、空間曲率が正である R^2 型の非特異バウンス宇宙モデルについて、バウンス前後におけるスカラー場の運動方程式の時間発展を中心に数値的に解析した。その結果、スカラー場とスカラー曲率の非最小結合により、ヌル・エネルギー条件を満たした状態でバウンスが実現できることを確認

参考文献

1. 福島太郎, 大学あゆみ, 材料, 53, pp. 555-562 (2004).

- 2. H.Harada and T.Yoshida, Proc. M. Soc., A-123, pp. 321-326 (1999).
- 3. C. Kittel "Introduction to solid state physics" pp.56-87 (1976) John Wiley & Sons.