

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540285

研究課題名(和文)宇宙項問題と重力ループおよびインスタントン補正

研究課題名(英文)Cosmological constant problem, gravity loop and instanton corrections

研究代表者

稲見 武夫 (Inami, Takeo)

独立行政法人理化学研究所・仁科加速器研究センター・客員研究員

研究者番号：20012487

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：1)素粒子論に基づいた宇宙インフレーションの機構，2)極端に小さな宇宙項の導出という課題について成果があった．1)では，a)高次元ゲージ理論に基づいたHiggs inflation 模型，b)高次元重力理論に基づいたradion infaltion 模型を提唱した．c)さらに両者を融合して高次元重力・ゲージ理論に基づいたradion-Higgs inflation 模型を作り，天体観測データとの一致を確かめた．この模型は世界で我々が始めて提唱した．2)では，2次元重力理論に特化し，量子Liouville 理論に基づいたdS 空間上の2次元量子重力理論を作った．

研究成果の概要(英文)：We have addressed the questions: 1) to clarify the inflation mechanism based on particle physics theory and 2) to explain the smallness of the observed cosmological constant. We have obtained a few results on these two questions as written below. Concerning 1) we have constructed three new models, a) Higgs inflation model based on higher-dimensional gauge theory, b) radion inflation model based on higher-dimensional gravity, c) radion-Higgs inflation based on the higher-dimensional gravity and gauge theory. The idea of c) was first proposed by us. Concerning 2), focusing on the two dimensional gravity theory, we have constructed quantum Liouville theory with matter on de Sitter space.

研究分野：素粒子論

キーワード：cosmological problem quantum gravity de Sitter space infrared divergence cosmological inflation higher dimensions

1. 研究開始当初の背景

1) 素粒子・宇宙論の大問題として2つを考えた。1) 宇宙 inflation の機構を明らかにし、素粒子・重力理論に基づいた inflation 模型を作る、2) 現在の宇宙項の極端に小さな観測値を説明する手がかりを探る、の2つである。1) に関しては、宇宙インフレーションは以前から活発に研究されて来たが、素粒子・重力理論を正確に取り入れた立場からの研究はほとんどなされていない。

2) に関しては、正の dS のため、ド・ジッター (dS) 空間上の場の量子論で扱う必要が有る。それに付随した赤外 (IR) 発散が宇宙項問題の解決の鍵を握ると疑われている。最近になって、ド・ジッター (dS) 空間上の場の量子論の研究で進展が有り、宇宙項問題解決の機運が高まっている。

2. 研究の目的

1) これまでの宇宙論研究では素粒子論の知識 (弦理論、高次元理論など) と方法 (量子補正など) が正確に取り入れられていない。これらの宇宙論研究を越えて、素粒子、重力理論を正確に取り入れた立場から宇宙インフレーションの機構を明らかにする。特に、代表者自身がずっと研究してきた高次元理論の考え方は、宇宙論に適用して正しいかどうかを知りたい。

2) 極端に小さな宇宙項観測値を説明したい。この観点から、de Sitter 空間上の場の量子論、重力理論に於いてエネルギー・運動量テンソルへの量子補正を評価する。量子補正として、摂動論的なものと非摂動論的なもの両方を考える。

3. 研究の方法

1) 高次元重力、ゲージ理論にはスカラー場が含まれる。これらのスカラー場が inflaton の役割を担うのではないかという解釈は自然である。この新しい視点を積極的に進め、高次元理論に基づいて新しい inflation 模型を作る。量子補正の計算が重要なファクターである。最近の精密天体観測データと比較して、模型の妥当性を探る。

2) de Sitter 空間上の重力、場の量子論で量子補正を評価し、宇宙項への補正を調べる。4次元 de Sitter 重力理論における重力ループの計算がメインな課題である。一方で、低次元 de Sitter 重力理論の両方を平行して進める。後者は厳密に解ける可能性が有り、宇宙項の赤外遮蔽が正確に見える可能性を念頭に置いている。摂動論と非摂動論の両方を考慮する。

4. 研究成果

我々は上の2つの問題の研究を進め、以下のような新しい視点を打ち出し、具体的な結果を得た。関連する論文を3編発表出来た。

1) に関して、a) 高次元ゲージ理論に基づいた Higgs inflation 模型を作り、天体観測

データの解析から、Higgs inflation の可能性を提唱した。b) 高次元重力に基づいて radion inflation 模型を作った。c) 高次元重力・ゲージ理論の考え方を先に進めて、radion-Higgs inflation 模型が作れた。これは世界的にも初めての研究である。天体観測データの解析から、Higgs 場が inflation を担い、radion は補助的な役割を果たすことが示された。この結論も今までに知られていない新しい結論である。

2) に関して、長い間の多数の研究でも定まった結論が出ていない。この事実を受け入れ、4次元量子重力よりも簡単で、厳密に解けそうな2次元重力理論の研究を並行して進めた。量子 Liouville 理論に基づいて dS 空間上の2次元重力理論を構成した。この研究は世界的に新しい考え方である。

5. 主要発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9件)

T. Fujimori, T. Inami, K. Izumi and T. Kitamura,
Power-counting and renormalizability in Lifshitz scalar theory,
Phys. Rev. D91, 査読有, 2015, 2015, p.125007,
DOI: 10.1103/PhysRevD.91.125007

T. Inami, Y. Koyama, Yu Nakayama and M. Suzuki,
Is cosmological constant screened in Liouville gravity with matter?,
Prog. Theor. Exp. Phys. 査読有, 2015, 2015, 5, p.053B05,
DOI: 10.1093/ptep/ptv062

Y. Abe, T. Inami, Y. Kawamura and Y. Koyama,
Radion stabilization in the presence of a Wilson line phase,
Prog. Theor. Exp. Phys. 査読有, 2014, 2014, 7, p.073B04,
DOI: 10.1093/ptep/ptu097

Y. Fukazawa, T. Inami and Y. Koyama,
Radion Inflation in Higher-Dimensional Gravity Theory,
Prog. Theor. Exp. Phys. 査読有, 2013, 2013, p.021B01,
DOI: 10.1093/ptep/pts088

Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, "Time Dependent Couplings as Observables in de Sitter Space", Int.J.Mod.Phys. 査読有 A29, 8, 2014, p.1430016,
DOI: 10.1142/S0217751X14300166

Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, "Soft gravitational effects in Kadanoff-Baym approach", JHEP, 査読有, 1310, p.145,
DOI: 10.1007/JHEP10(2013)145

Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, "Soft gravitons screen coupling in de Sitter space", Int.J.Mod.Phys.Conf.Ser. 査読有 21, pp.161-162,
DOI: 10.1142/S0217751X14300166

Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, "Scheme dependence of quantum gravity on de Sitter background", Nucl.Phys., 査読有, B873, 2013, pp.325-342,
DOI: 10.1016/nuclphysb.2013.04.019

Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, "Soft graviton effects on gauge theories in de Sitter space", Phys. Rev. D87, 査読有, 2013, 12, 2013, p.124007,
DOI: 10.1103/PhysRevD.87124004

〔学会発表〕(計 11件)

北村比孝, 稲見武夫, "Relation between tree unitarity and renormalizability in Lifshitz scalar theory", JGRG24, IPMU(柏市), 2014年11月10日~2014年11月14日.

北村比孝, 稲見武夫, "Lifshitz scalar 理論における繰り込み可能性とTree Unitarityの関係", 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学・早稲田キャンパス, 2015年03月21日~2015年03月24日.

阿部裕悟, 中部夏の学校2014, "高次元理論に基づくインフレーションモデ

ル", 東海大学山中湖セミナーハウス(山梨県), 2014年09月05日~2014年09月08日.

阿部裕悟, 稲見武夫, 川村嘉晴, 小山陽次, "Inflation from Higher-Dimensional Gravity and Gauge Theory", 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学・早稲田キャンパス, 2015年03月21日~2015年03月24日.

阿部裕悟, 稲見武夫, 川村嘉晴, 小山陽次, "Inflation from Higher-Dimensional Gravity and Gauge Theory", 2nd International Workshop on Particle Physics and Cosmology after Higgs and Planck, 台湾(新竹, 佛光山), 2014年10月08日~2014年10月11日.

Mariko Suzuki, "A 2D Model for Gravity and Matter Loop Corrections to the Cosmological Constant", KEK Theory Workshop 2015, 高エネルギー加速器研究機構(茨城県) 2015年01月28日~2015年01月31日.

Y Abe, "Inflation from Higher-Dimensional Gauge and Gravity Theory", PASCOS 2013, 2013/11/20~26, Taiwan University.

Y Enomoto, "Tree unitarity in Einstein gravity", PASCOS 2013, 2013/11/20~26, Taiwan University.

T Kitamura, "Quantization and unitarity of Hořava-Lifshitz gravity", PASCOS 2013, 2013/11/20~26, Taiwan University.

Y Koyama, "Cosmological constant problem and lower-dimensional field theory, Liouville theory on de Sitter space", PASCOS 2013, 2013/11/20~26, Taiwan University.

鈴木真理子, 稲見武夫, 小山陽次, 中山優, "宇宙項問題と低次元de Sitter空間に置ける場の理論、Liouville理論", 日本物理学会年次大会, 高知大学, 2013年9月20日~23日.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等 無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲見武夫 (Inami, Takeo)
理化学研究所・仁科加速器研究センター・客
員研究員
研究者番号：20012487

(2) 研究分担者

北沢良久 (Kitazawa, Yoshihisa)
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研
究機構・素粒子原子核研究所・教授
研究者番号：10195258

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：