

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2022

課題番号：16K05336

研究課題名(和文) ダークエネルギーの時間依存性と微視的理論の研究

研究課題名(英文) Time dependence of dark energy and microscopic theory

研究代表者

北澤 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・その他部局等・シニアフェロー

研究者番号：10195258

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)：宇宙の一樣性と微少な破れは、インフレーション宇宙論で説明できます。この理論は、ランダムウォークと双対な関係にあります。de Sitter エントロピー S は、計量の共形ゼロモード (t, \dots) の分布エントロピーと同定できます。半古典的には、双方とも重力結合 $1/g = \log N/2$ ($g = GN H^2$)、 N は e 折り数) に一致します。分布関数は、フォッカー・プランク方程式 (GFP) とランジュバン方程式に従います。ガウス近似では、これらは簡単な一次偏微分方程式に要約されます。同一の方程式は、インフレーション時空における熱力学によって導出されます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インフレーション理論は、ブラウン運動におけるランダムウォークと双対な関係にあります。de Sitter エントロピー S は、計量の共形ゼロモード (t, \dots) の分布エントロピーと同定できます。半古典的には、双方とも重力結合 分布関数は、フォッカー・プランク方程式 (GFP) とランジュバン方程式に従います。ガウス近似では、これらは簡単な一次偏微分方程式に要約されます。同一の方程式は、インフレーション時空における熱力学によって導出されます。inflaton と計量の共形ゼロモードを同一視することによって、ds 双対性が明白となる。

研究成果の概要(英文)：The scale invariance of the universe is slightly broken by slow roll parameters. It is likely the inflation is dual to the random walk. We investigate the distribution function of the conformal zero mode. We identify de Sitter entropy S with the distribution entropy of the conformal zero mode (t, \dots) . We have collected convincing support on our postulate. The semiclassical evidence is that the both are given by the gravitational coupling $1/g = \log N/2$ where $g = GN H^2$ and N is the e -folding number. We show the renormalized distribution function obeys gravitational Fokker-Planck equation (GFP) and Langevin equations. Under the Gaussian approximation, they boil down to a simple first order partial differential equation. The identical equation is derived by the thermodynamic arguments in the inflationary space-time. GFP determines the evolution of de Sitter entropy of the universe.

研究分野：quantum gravity

キーワード：slow roll inflation random walk

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

時空と物質の生成発展に関して、その理解が大きく発展している。初期宇宙に関しては、宇宙背景輻射の一様等方性から、ビッグバン宇宙論が、元素合成の理解等において大きな成功を収めた。また、10 万分の 1 程度の宇宙背景輻射の温度ゆらぎが観測されており、ビッグバン宇宙以前のインフレーション宇宙の理解が進展している。さらに宇宙は、宇宙初期と同様に、現在加速膨張を始めており、これは宇宙項的なダークエネルギーの存在を示唆する。ダークエネルギーは宇宙項とは異なり、時間依存性を有する可能性が存在する。インフレーション宇宙、およびダーク重力エネルギーの理解には、微視的重力理論の研究が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、加速膨張する時空の双対的記述である。AdS / CFT 対応においては、bulk 重力と boundary CFT が双対であるが、インフレーション理論においては、bulk slow roll parameters と、boundary Fokker-Planck 方程式に対応がみられる。重力においては、boundary におけるコンフォーマルモードの分布関数から、エントロピーが決定され、分布関数は、FP 法定式に従う。FP 方程式の解として、slow roll インフレーション理論が理解できることを示した。

3. 研究の方法

インフレーション理論の bulk slow roll 解が、FP 方程式の解と一致することを示した。Entangled Entropy の特徴として、インフラトンのポテンシャルは、concave な関数となることを指摘した。

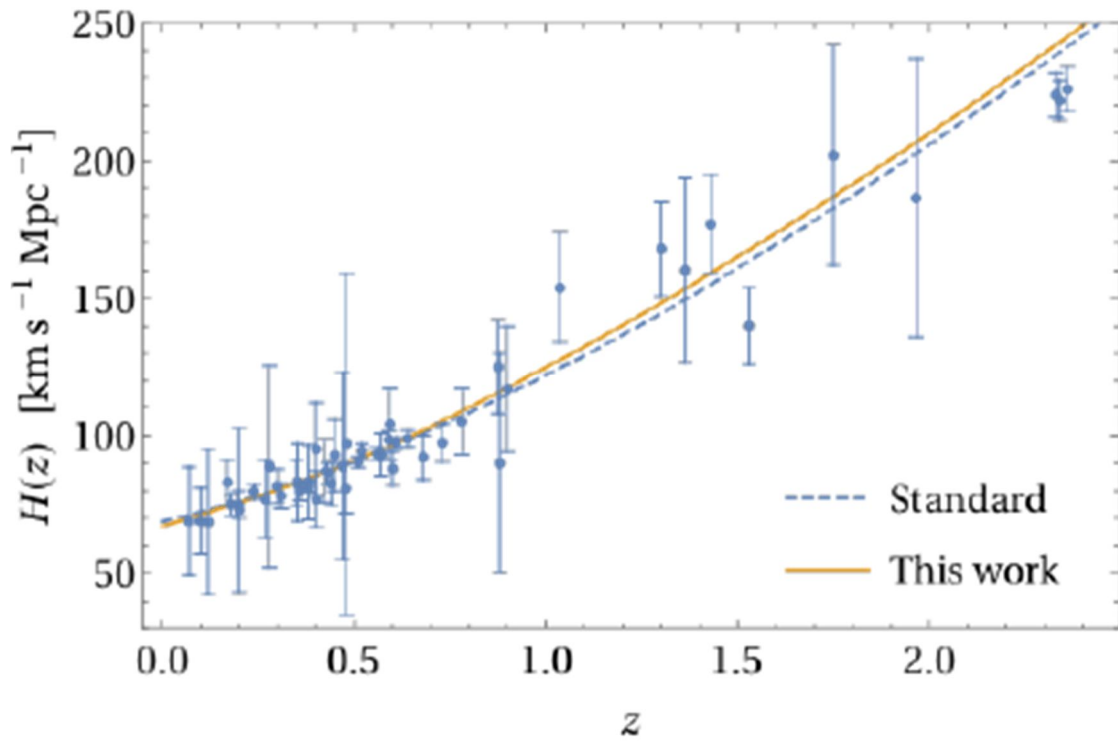
4. 研究成果

インフレーション時空において、bulk slow roll 解は、FP 法定式を満たす。すなわち、重力理論は、ストカスティックな理論と双対である。観測可能な slow roll parameter は、 N を e-folding number として $O(1/N)$ であり、観測値からの制限と整合している。

我々の預言： $1 - n_s \geq 0.02(0.016)$, $r \leq 0.08(0.066)$ for $N =$

$50(60)$.

Dark energy に対する予言 :



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yoshihisa Kitazawa	4. 巻 91
2. 論文標題 Holographic Function in de Sitter Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J.Phys.Soc.Jap. 91 (2022) 7, 074003	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.074003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshihisa Kitazawa	4. 巻 2021, Issue 10
2. 論文標題 Curvature perturbations and anomaly explain dark energy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2021, Issue 10, October 2021	6. 最初と最後の頁 103B01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab083	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitamoto Hiroyuki, Kitazawa Yoshihisa, Matsubara Takahiko	4. 巻 101
2. 論文標題 de Sitter duality and logarithmic decay of dark energy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1 - 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.023504	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, and Takahiko Matsubara	4. 巻 D 101
2. 論文標題 de Sitter duality and logarithmic decay of dark energy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D 101, 023504	6. 最初と最後の頁 023504-1,22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.023504	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Kitamoto and Yoshihisa Kitazawa	4. 巻 D 99
2. 論文標題 Entropy generation at the horizon diffuses the cosmological constant in 2D de Sitter space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D 99, 085015	6. 最初と最後の頁 085015-1,22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.085015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Kitamoto and Yoshihisa Kitazawa	4. 巻 D.99
2. 論文標題 Entropy generation at the horizon diffuses the cosmological constant in 2D de Sitter space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D 99, 085015	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.085015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, Ryota Kojima	4. 巻 96
2. 論文標題 Non-Gaussian and loop effects of inflationary correlation functions in BRST formalism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys.Rev.D	6. 最初と最後の頁 23535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.023535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa	4. 巻 95
2. 論文標題 Effective Lagrangian in de Sitter Spacetime	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev.D	6. 最初と最後の頁 025017-1,11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.025017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 Holographic Function in de Sitter Space
3. 学会等名 Quantum Physics 2022 May 23-24 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yshihisa Kiazawa
2. 発表標題 Curvature perturbations and anomaly explain dark energy
3. 学会等名 日本物理学会秋の総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 Curvature Perturbations and Anomaly explain Dark Energy
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 de Sitter duality and logarithmic decay of dark energy
3. 学会等名 East Asian Joint Workshop on Fields and Strings (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 Infra-red Effects in de Sitter Space-time
3. 学会等名 2nd East Asian Joint Workshop on Fields and Strings (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 Effective Lagrangian in de Sitter Spacetime
3. 学会等名 1st East Asian Joint Workshop on Fields and Strings (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoshihisa Kitazawa
2. 発表標題 Effective Lagrangian in de Sitter Spacetime
3. 学会等名 NCTS Annual Theory Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 Strings 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 2nd East Asian Joint Workshop on Fields and Strings	開催年 2017年～2017年

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------