

Title	Higgs inflation with nonminimal couplings
Author(s)	中西, 由香理
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69328
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (中西 由香理)

論文題名

Higgs inflation with nonminimal couplings
(非最小結合のあるヒッグスインフレーションモデル)

論文内容の要旨

インフレーションは、宇宙初期に起こったと考えられている空間の加速的膨張である。この機構によって宇宙論における未解決問題を複数解決できることから、観測・理論の双方で盛んに研究されている。インフレーションの性質は宇宙背景放射の温度ゆらぎや偏光を観測することで推測でき、現在は単一スカラー場のポテンシャルを利用したスローロール機構が、インフレーションを起こす機構として最も有力な候補の一つと考えられている。一方、素粒子標準模型では、ヒッグス粒子が唯一のスカラー場として存在が確認されている。ヒッグス粒子がインフレーションを起こしたと考えれば標準模型の中でインフレーションを説明できそうだが、ヒッグスポテンシャルは四次の項を含んでいる。四次ポテンシャルの単一スカラー場のインフレーションモデルは観測からほぼ棄却されているため、通常は重力とヒッグス間の非最小結合を新たに加え、計量を変換することでポテンシャルをインフレーションに適した形に変形させる。

本研究では、非最小結合があるヒッグスインフレーションモデルにおける問題を考えた。まず、計量を変換し、物理が計算されるフレームを乗り移ることで物理に変化が無いかを調べた。古典理論の範囲では、計量変換によって物理が変化しない事は明白だが、量子論においても不変性が成り立つかどうかは長い間議論されてきた。また、くりこみスケールの取り方(処方箋)は理論が定義されているフレームと一対一対応をしていると考えられていたが、本研究では処方箋の違いはフレームに関係なく理論の高次項に吸収可能であることを示した。一方、ヒッグスと他の場との非最小結合を加えれば、従来は大きな重力との非最小結合が必要だった処方箋でも結合を小さく出来ることを示した。しかし、標準模型のヒッグス四点結合は高エネルギーで十分ゼロに近づく可能性もある。その場合は重力との非最小結合は小さくて良いが、その分インフレーションが起こるエネルギースケールが高くなる。既知の低エネルギー有効理論が成り立つ範囲よりも高いエネルギースケールでインフレーションが起こった場合でも、インフレーションがスローロール機構である限り、初期ゆらぎのテンソル成分とスカラー成分の振幅の比に下限を付けられることを示した。具体的な低エネルギー有効理論として、ヒッグスとの結合があるスカラーダークマターモデルを仮定し計算を行ったところ、理論的なテンソル-スカラー比の下限及びダークマター質量の上限から、近い将来、観測によってこのモデルを検証できる可能性がある事を示した。また、重い右巻きニュートリノの寄与を含めた計算では、テンソル-スカラー比の下限はそれらの寄与が無い場合よりも数桁小さくなるが、ダークマター質量には上限が存在することを発見した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (中 西 由 香 理)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 兼村 晋哉
	副 査	教授 窪田 高弘
	副 査	教授 長峯 健太郎
	副 査	准教授 尾田 欣也
	副 査	助教 田中 実
論文審査の結果の要旨		
<p>博士論文「Higgs inflation with nonminimal coupling (非最小結合のあるヒッグスインフレーションモデル)」の論文審査の結果の要旨は、下記の通りである。</p> <p>インフレーションは宇宙初期に生じたとされる空間が加速膨張する現象である。平坦性問題や地平線問題等の宇宙論の未解決問題を複数同時に解決できることから、観測と理論の双方で盛んに研究されている。インフレーションには様々なモデルがあるが宇宙マイクロ波背景放射の温度ゆらぎや偏光の観測によって区別できる。現在は単一のスカラー場のポテンシャルを利用したスローロール機構が、インフレーションを起こす機構として有力と考えられている。一方素粒子標準理論ではスカラー場としてヒッグス粒子の存在が確認されている。ヒッグスポテンシャルは四次の項を含んでいるためヒッグスを単一スカラー場とするインフレーションモデルは観測からほぼ棄却されるので、通常は重力とヒッグス間の非最小結合を新たに加え、計量を変換することでポテンシャルをインフレーションに適した形に変形させる。</p> <p>本博士論文では非最小結合があるヒッグスインフレーションを考察している。まず計量を変換し、物理が計算されるフレームを乗り移ることで物理に変化が無いかを調べた。古典理論の範囲では計量変換で物理が変化しない事は明白だが、量子論でこの不変性が成り立つかどうかは長く議論されてきた。くりこみスケールの取り方(処方箋)は理論が定義されているフレームと一対一対応をしていると考えられていたが、本博士論文では処方箋の違いはフレームに関係なく理論の高次項に吸収可能であることを明らかにした。またヒッグス場と他の場との非最小結合を加えることで従来は大きな重力との非最小結合が必要だった処方箋でも結合を小さく出来ることを示した。</p> <p>本博士論文では、標準理論のヒッグス四点結合が高エネルギーで十分ゼロに近づくような場合も研究している。その場合、重力との非最小結合は小さくて良いが、その分インフレーションが起こるエネルギースケールが高くなる。本博士論文では、既知の低エネルギー有効理論が成り立つ範囲よりもはるかに高いエネルギースケールでインフレーションが起こった場合でも、インフレーションがスローロール機構である限り、初期ゆらぎのテンソル成分とスカラー成分の振幅の比に下限を付けられることを示した。そして具体的な低エネルギー理論としてヒッグス場と結合するダークマターモデルと、それに重い右巻きニュートリノを加えニュートリノ質量も説明するモデルを考えて、ダークマター質量とテンソル-スカラー比の関係を計算した結果、将来検証可能なテンソル-スカラー比の下限及びダークマター質量の上限を得ることに成功した。</p> <p>本博士論文で得られた新結果を用いれば将来実験でモデル検証が可能となる。以上により本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。</p>		