

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Cosmological Applications of Disformal Transformations
著者(和文)	Chibana De Castro Fabio
Author(English)	Fabio Chibana De Castro
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11568号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 昌英,伊藤 克司,慈道 大介,今村 洋介,須山 輝明
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11568号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		Fabio Chibana de Castro	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	山口 昌英		教授		須山 輝明	准教授
	審査員	伊藤 克司		教授	審査員		
		慈道 大介		教授			
		今村 洋介		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

宇宙の加速膨張の解明を動機として、一般相対論を拡張した修正重力理論が盛んに研究されている。修正重力理論を研究するための道具として、計量間の変換、特に disformal 変換が用いられてきた。本論文(Cosmological Applications of Disformal Transformations)は、disformal 変換とそれを用いた結合に関する著者の二つの主な研究成果をまとめたものである。一つ目は、disformal 変換による物理量の変化を調べたものであり、二つ目は、暗黒物質が重力とどのように結合しているか、特に、暗黒エネルギーと disformal 結合をしている場合に、観測的に結合を調べる手法を考察したものである。

第 1 章「Introduction」では、一般相対性理論を拡張した修正重力理論と計量間の変換を考える動機とその歴史的な発展が紹介されている。

第 2 章「General Relativity and FLRW Cosmology」では、本論文で扱う事柄の基礎をなす一般相対性理論並びに一様等方宇宙論に関する基本的な事柄が解説されている。特に、曲がった時空における距離の定義、一様等方宇宙とその上の揺らぎの性質、特異速度による銀河分布の赤方偏移空間における歪み(redshift space distortions, RSD)等が解説されている。

第 3 章「Disformal Transformations」では、conformal 変換と disformal 変換の基本的な事柄並びにその重力理論への応用が解説されている。Disformal 変換を conformal 変換の拡張として定義することにより、変換によるフレームの概念を同じ理論の異なった表現として導入し、フレーム間でテンソル量やテンソル方程式がどのように変換するかを説明した。

第 4 章「Cosmological Observables and Disformal Transformations」では、disformal 変換の下での物理量の不変性/非不変性について議論を行った。Conformal 変換の場合と同様に、disformal 変換も物理量を測定する際の単位の変化とみなせるため、本質的に観測量を変えることはないはずである。この事実を、ニュートンの重力定数、宇宙膨張による赤方偏移、宇宙論的な距離の測定、宇宙背景放射のスペクトル等について、変換前後のフレームでの表式を具体的に得ることにより確認した。

第 5 章「RSD I: the Modied Kaiser Formula」では、通常物質(バリオン)と暗黒物質がどのように重力や暗黒エネルギーと結合しているかを調べた。特に、通常物質が重力と最小結合している一方、暗黒物質は重力と最小結合しているのではなく、disformal 計量を通して暗黒エネルギーを表すスカラー場とも結合している場合を考察した。最小結合の場合には、連続の方程式が成り立つため、銀河や銀河団等の大規模構造の成長率と特異速度が直接的に関係付き、赤方偏移空間における歪みを調べることで、構造の成長率を得ることが出来る。一方、非最小結合している場合には、一般に、赤方偏移空間における歪みは構造の成長率と非最小結合の両方で記述される。そこで、暗黒エネルギーが k-essence で記述される場合の具体的な表式を導いた。この表式より構造の成長率を別の独立な観測により得ることが出来れば、赤方偏移空間における歪みより暗黒物質の結合の仕方が決定される。

第 6 章「RSD II: Cosmological Examples and Forecast」では、第五章で確立した手法を定量的に実行するために、3つの具体的な結合の場合を考え、それぞれの場合に対して、次世代の銀河サーベイからどのくらい結合を決定することが出来るか、定量的な予言を行った。

以上をまとめると、本論文は、disformal 変換による観測量の不変性を具体的に確かめ、また、通常物質と暗黒物質が重力とどのように結合しているかを観測的に確かめる手法を与え、将来的な観測でどこまで決定することが出来るかの定量的な予言を行った。本分野の発展に重要な寄与をする成果である。また、すでに公表されている論文の質の高さからも、本人の学識の深さとこの研究分野の活性化への貢献が大きいことが分かり、博士(理学)を与えるのに十分であると判断できる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。