

立教大学学術推進特別重点資金（立教 S F R）

大学院学生研究

2 0 2 5 年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院			理学研究科	物理学専攻
研究代表者 (2026 年 3 月現在 のものを記入)	在籍課程・学年		氏 名		
	☐ 博士前期課程 年 ☒ 博士後期課程 3 年		高 寺 俊 希		
指導教員	所属部局・職名		氏 名		
	理学部・教授		小 林 努		
自然・人文・社会の別	自然 ・ 人文 ・ 社会		個人・共同の別	個人 ・ 共同 名	
研究課題	大規模構造の構造形成を用いた包括的なスカラー・テンソル理論の非線形効果の探索				
研究組織 (共同研究者が いる場合のみ、 2026 年 3 月現在 のものを記入)	在籍研究科・専攻・課程・学年		氏 名		
研究期間	2 0 2 5 年度				
研究経費 (1 円単位)	(支出金額) 242, 505 円 / (採択金額) 250, 000 円				

研究の概要 (200～300 字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)
当該研究の研究目的を含むこと。 近年、様々な理由から一般相対性理論を拡張した「修正重力理論」に関する研究が盛んにおこなわれている。本研究では、修正重力理論の一種であるスカラー・テンソル理論について、縮退高階スカラー・テンソル (DHOST) 理論や一般化ディスフォーマルホルンデスキ (GDH) 理論と呼ばれる包括的な理論を考え、その性質を宇宙の大規模構造を用いて解析することを目的とした。具体的には、これらの理論において球対称なハローとボイドと呼ばれる宇宙の大規模構造の構成要素の進化やその統計量を、ダークエネルギーの有効場の理論と呼ばれる手法を用いて計算した。また、GDH 理論に関しては近年提案された理論ということもあり、その性質について未知な部分が多いため、その非線形効果についても調べる。
キーワード (研究内容をよく表しているものを 3 項目以内で記入。)
[修正重力理論] [宇宙論] [構造形成]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

以下の視点を含めて記載のこと。

- ・当該研究は何をどこまで明らかにできたのか (できなかったのか)。
 - ・何をもって研究成果 (経過) を達成できた (できなかった) と考えられるのか。
- 自身が設定した研究目的・目標に照らして、その根拠がわかるよう記載のこと。

本研究において、私は包括的なスカラー・テンソル理論の性質について、宇宙の大規模構造を用いて調べた。当初の目標は、現在提案されている中で最も一般的なスカラー・テンソル理論である一般化ディスフォーマルホルンデスキ (GDH) 理論について、【A】この理論の持つ可能性のある非線形効果である Vainshtein 機構について調べ、【B】その非線形有効場の理論を構築し、【C】密度ゆらぎの非線形成長を計算することで構造形成の様子を探ることであった。しかし、GDH 理論の性質が想定よりも複雑であったため、現時点では【A】の途中までしか達成できなかった。具体的には、GDH 理論特有の効果が入った最も簡単なモデルを考え、その線形理論の性質を調べた。その結果、これまで調べられていたホルンデスキ理論や縮退高階スカラー・テンソル (DHOST) 理論にはなかった構造が方程式にあることがわかった。この構造をうまく処理し、Vainshtein 機構の働きを調べていくことが次の目標となる。

一方で、構造形成の理論の研究【C】に関して一つ予定していなかった進展があった。当初予定していたのは球対称ハローの成長を調べることであったが、大規模構造の別の構成要素であるボイドの形成やその存在量を一般的なスカラー・テンソル理論の枠組みで調べることができた。具体的には、運動方程式が 2 階微分までを含むような最も一般的なスカラー・テンソル理論であるホルンデスキ理論について、重力の修正の効果をわかりやすく表現する方法であるダークエネルギーの有効場の理論と呼ばれる手法を用いて球対称ボイドの成長を調べることができた。この際、ホルンデスキ理論まで理論を拡張した際に現れるパラメータを変化させながら、ボイド形成の閾値となる臨界密度ゆらぎの値を計算した。また、この計算結果を用いてボイドの存在量を表すボイドサイズ関数を計算し、修正重力理論のパラメータを変化させた際のボイドサイズ関数の変化を調べた。さらに、ボイドサイズ関数を構成するどの要素への修正の効果が最も影響を与えるかを調べた。その結果、線形密度ゆらぎのパワースペクトルの修正の効果がボイドサイズ関数へ大きな影響を与えることがわかった。

本研究結果は学術論文としてまとめられ[1]、Journal of Cosmology and Astroparticle Physics に掲載されることが決まっている。

研究成果の概要 (つづき)

※この(様式2)に記入の成果の公開を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差控え期間等を記入した調書(A4縦型横書き1枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。なお、成果発表を確認できる資料を合わせて研究成果報告書提出フォームより提出してください(紙媒体等、研究成果報告書提出フォームから提出できない場合は、別途リサーチ・イニシアティブセンターへ提出してください)。

①雑誌論文(著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)

②図書(著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)

③シンポジウム・公開講演会等の開催(会名、開催日、開催場所)

④その他(学会発表、研究報告書の印刷等)

※修士論文・博士論文は含みません。

① 雑誌論文

[1] T. Takadera, S. Hirano and T. Kobayashi, “Abundance of cosmic voids in EFT of dark energy”, arXiv:2512.20171. (Accepted by JCAP)

② 図書

該当なし。

③ シンポジウム

該当なし。

④ その他

(4-1)国際会議

[2] T. Takadera, “Halos and Voids in EFT of dark energy”, JGRG34 (The 34th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan), Jan. 2026, Kyoto University.

(4-2)国内会議

[3] 高寺俊希, “Cosmic void in EFT of dark energy”, 第 14 回観測的宇宙論ワークショップ, 2025 年 10 月, 岡山コンベンションセンター.

[4] 高寺俊希, 平野進一, 小林努, “Cosmic void in EFT of dark energy”, 第 80 回日本物理学会年次大会, 2025 年 9 月, 広島大学.

(4-3)招待講演

[5] T. Takadera, “Halos and voids in the EFT of dark energy”, IBS seminar, Mar. 2026, IBS.

[6] 高寺俊希, “Halos and voids in the EFT of dark energy”, 名古屋大学理学研究科 C 研セミナー, 2026 年 2 月, 名古屋大学.